



**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



Doktora Tezi

**TÜRKİYE’DEKİ KOBİ’LERİN ENDÜSTRİ 4.0 FAALİYETLERİ
AÇISINDAN ERP KULLANIM DÜZEYLERİNİ ETKİLEYEN
FAKTÖRLERİN ANALİZİ**

Doğuş AYGÜN

Enformatik Anabilim Dalı

Enformatik Programı

**DANIŞMAN
Doç. Dr. Zümrüt ECEVİT SATI**

Temmuz, 2021

İSTANBUL

Bu çalışma, 8.07.2021 tarihinde aşığıdaki jüri tarafından Enformatik Anabilim Dalı, Enformatik Programında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Doç. Dr. Zümrüt ECEVİT SATI(Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Siyasal Bilimler Fakültesi

Prof. Dr. Sevinç GÜLSEÇEN
İstanbul Üniversitesi
Enformatik Bölümü

Prof. Dr. Akın MARŞAP
İstanbul Aydın Üniversitesi
İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi

Prof. Dr. Necmi Emel DİLMEN
Marmara Üniversitesi
İletişim Fakültesi

Doç. Dr. Çiğdem SELÇUKCAN EROL
İstanbul Üniversitesi
Enformatik Bölümü

İntihal Programı Beyanı

20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi’nin aboneli olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

Tezden Üretilmiş Yayınların Künye Bilgileri

Aygün, D. and Sati, Z.E., 2020, Doğu Asya’da Ortaya Çıkan Dijital Dönüşüm Kavramları Üzerine Bir Analiz, *Strategic Public Management Journal*, 6 (12), 149-159.

Aygün, D., Yılmaz, İ.G. and Sati, Z., 2019, Industry 4.0 Awareness: A Research on Postgraduate Students, *The 6th International Management Information Systems Conference Proceedings*, 9-12 October 2019, Kadir Has University, Istanbul, 289-301.

ÖNSÖZ

Enformatik Doktora programına başladığım ilk günden itibaren bilgi ve tecrübesiyle, öneri ve yönlendirmeleriyle hem kişisel, hem akademik gelişimimde büyük bir pay sahibi olan, tez konusunun seçilmesi aşamasında ve çalışmanın bütün süreçlerinde çok destek gördüğüm Doç. Dr. Zümrüt ECEVİT SATI hocama,

Öğrenciliğim boyunca birçok dersini aldığım, akademik gelişimimde ve tez sürecinde büyük katkıları bulunan Prof. Dr. Sevinç GÜLSEÇEN hocama,

Tez izleme sürecinde samimiyeti ve eleştirel yaklaşım tarzıyla çalışmaya çok önemli katkılar sunan hocam Prof. Dr. Akın MARŞAP hocama,

Sunduğu eğitim ve samimi ortam için değerli Enformatik ailesine,

Beni bugünlere getiren ve her zaman destekleyen aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Temmuz 2021

Doğuş AYGÜN

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
ŞEKİL LİSTESİ	ix
TABLO LİSTESİ.....	xi
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ	xiii
ÖZET	xv
SUMMARY	xvii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL KISIMLAR.....	5
2.1 ENDÜSTRİ 4.0 VE DİJİTAL DÖNÜŞÜM.....	5
2.1.1 Endüstri 4.0 Kavramı ve Önemi	5
2.1.1.1 Endüstri 3.0 ve Endüstri 4.0 Karşılaştırması	7
2.1.1.2 Dijital Dönüşüm.....	9
2.1.2 Endüstri 4.0 ve İlgili Teknolojiler	12
2.1.2.1 Büyük Veri ve Analitik	12
2.1.2.2 Bulut Bilişim	14
2.1.2.3 Otonom Makineler ve Siber-Fiziksel Sistemler	16
2.1.2.4 Arttırılmış ve Sanal Gerçeklik	17
2.1.2.5 Siber Güvenlik	19
2.1.2.6 Yatay ve Dikey Entegrasyon	20
2.1.2.7 Nesnelerin İnterneti	21
2.1.2.8 Üç Boyutlu Yazıcılar.....	21
2.1.3 Endüstri 4.0'ın Öne Çıkan Faydaları.....	22
2.1.3.1 Maliyet ve Verimlilik.....	22
2.1.3.2 İstihdamdaki Değişiklikler.....	22
2.1.3.3 Hız ve Esneklik.....	23
2.1.3.4 İş Modelleri ve Müşteri İlişkileri	23
2.2 KOBİ KAVRAMI VE ENDÜSTRİ 4.0.....	23
2.2.1 KOBİ Kavramı ve Gelişimi.....	23
2.2.2 KOBİ'lerin Türkiye Ekonomisindeki Yeri.....	25

2.2.3 KOBİ'ler ve Endüstri 4.0	28
2.2.3.1 KOBİ'lerde İnsan Kaynakları ve Kurumsal Yapı	28
2.2.3.2 Türkiye'de KOBİ'lerin Yapısı ve Teknoloji Kullanım Düzeyleri	30
2.2.3.3 KOBİ'ler ve İnovasyon	33
2.2.3.4 Dijital Dönüşüm ve Yeni İş Modelleri	35
2.2.3.5 KOBİ'lerde Teknoloji Yönetimi	38
2.2.4 KOBİ'lerde Endüstri 4.0 Olgunluk Değerlendirmesi	41
2.2.4.1 Endüstri 4.0 Olgunluk Seviyesi Modelleri	42
2.3 ERP SİSTEMLERİ	48
2.3.1 ERP Sistemleri ve Özellikleri	48
2.3.1.1 Türkiye'de ERP Sistemleri	50
2.3.1.2 ERP Sistemlerinin Aşamaları	50
2.3.1.3 KOBİ'lerde ERP Yapıları ile İlişkili Sistemler	51
2.3.2 ERP Sistemleri, Endüstri 4.0 ve KOBİ İlişkisi	54
2.3.2.1 Türkiye'deki KOBİ'lerin Endüstri 4.0'a Geçişİ	57
2.3.3 KOBİ'lerde ERP Sistemlerinin Hazır Olma Durumu	59
2.3.4 KOBİ'ler için ERP Uygulama Sürecinde Kritik Başarı Faktörleri	61
2.3.5 KOBİ'lerde ERP ile İlgili Karşılaşılan Sorunlar	62
2.3.6 KOBİ'lerde ERP Sistemleri ve ERP Sistemleri Kullanımı Konusunda Öne Çıkan Kavramlar	64
2.3.7 Endüstri 4.0 Koşullarına Hazır Olma Açısından KOBİ'lerin ERP Kullanım Düzeylerini Etkileyebilecek Faktörlerin İncelenmesi	66
2.3.7.1 İşletmenin Özellikleri	66
2.3.7.2 Çevresel Özellikler ve Gelişmeler	69
2.3.7.3 ERP Sistemi Kullanımı	70
2.3.7.4 İşletmenin Endüstri 4.0 Yol Haritası ve İş Modelleri	75
2.3.7.5 Çalışanların Endüstri 4.0 Yetkinliği	76
2.3.7.6 İşletmenin Finansal Gücü	76
2.3.7.7 Kurumsal İşbirlikleri ve Müşteri-Tedarikçi İlişkileri	77
2.3.7.8 Örgütsel Öğrenme	77
2.3.7.9 Liderlik ve Üst Yönetim Desteği	78
2.3.7.10 Organizasyonun Yapısı ve Kültürü	79
2.3.7.11 Kurumsal Süreç Yönetimi ve Dijitalleşme	80
2.3.7.12 Bilgi Teknolojileri Yönetişimi	81
2.3.7.13 Ar-Ge ve İnovasyon	82

2.3.7.14 Dijital Teknolojilerin Operasyonel Kullanımı.....	83
2.3.7.15 Veri Yönetimi ve Veri Kalitesi	85
2.3.7.16 Bilgi Teknolojileri ve ERP Esnekliği	87
2.3.7.17 Modern ve Entegre Bilgi ve İletişim Teknolojileri Altyapısı	87
2.4 ENDÜSTRİ 4.0 KOŞULLARI	88
2.4.1 KOBİ'lerin Endüstri 4.0 Dönüşümünde Karşılaştıkları Zorluklar	88
2.4.1.1 Finansal Kaynak Yetersizliği.....	91
2.4.1.2 Dijital Stratejinin Yetersizliği.....	92
2.4.1.3 Endüstri 4.0 Farkındalığı ve Bilgisinin Yetersizliği	93
2.4.1.4 İnsan Kaynakları: Yetersiz Kalifiye Eleman ve Çalışanların Sürekli Eğitimi.....	94
2.4.1.5 Standartların ve Mevzuatların Yetersizliği.....	97
2.4.1.6 Örgütsel Direnç	98
2.4.1.7 Operasyon: Dijital Teknolojilerin Operasyonel Kullanımı ve Operasyonel Süreçlerin Yetersizliği	98
2.4.1.8 Bilgi Teknolojileri Güvenliği Sorunları.....	100
2.4.1.9 Bilgi Teknolojileri ve Sistemlerinin Güvenilirliği ve Sağlamlığı.....	102
2.4.2 Endüstri 4.0'ın Uygulandığı Ülkeler ve Koşullar.....	102
2.4.2.1 Polonya: Morawiecki Plan	104
2.4.2.2 Asya Ülkeleri: Japonya, Çin ve Malezya.....	104
2.4.3 Covid-19 Süreci ve Endüstri 4.0	106
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	109
3.1.1 Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri	111
3.1.1.1 Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP).....	113
3.1.1.2 DEMATEL	114
3.1.2 Literatür Taraması Sonucunda Tespit Edilen Faktörler	114
3.1.2.1 Kriterler ve Açıklamaları.....	116
3.1.3 Karar Vericiler.....	122
3.1.4 Ön-Önceliklendirme Aşaması	123
3.1.4.1 Önceliklendirilmiş Faktörler: Yeni Hiyerarşi	123
3.1.5 Analitik Hiyerarşi Sürecinin Uygulanması	124
3.1.5.1 Birinci Aşama: Hiyerarşinin Kurulması.....	124
3.1.5.2 İkinci Aşama: Öncelik Ölçeğinin Belirlenmesi.....	125
3.1.5.3 Üçüncü Aşama: İkili Karşılaştırma Matrisinin Oluşturulması	126
3.1.5.4 Dördüncü Aşama: Normalizasyon.....	128

3.1.5.5 Beşinci Aşama: Tutarlılık Oranının Hesaplanması.....	129
3.1.6 DEMATEL Yönteminin Uygulanması.....	130
3.1.6.1 Birinci Aşama: Direkt İlişki Matrisinin Oluşturulması.....	131
3.1.6.2 İkinci Aşama: Normalleştirilmiş Direkt İlişki Matrisinin Belirlenmesi	132
3.1.6.3 Üçüncü Aşama: Toplam İlişki Matrisinin Elde Edilmesi	133
3.1.6.4 Dördüncü Aşama: İlişki Matrisi ve Gönderici ve Alıcı Grubu Hesaplanması.....	134
3.1.6.5 Beşinci Aşama: Eşik Değerinin Bulunması ve Etki Yönlü Diyagramın Elde Edilmesi	135
4. BULGULAR.....	136
4.1 AĞIRLIKLAR VE ETKİLER	136
4.1.1 Boyutların ve Kriterlerin Ağırlıkları	136
4.1.2 Kriterlerin Birbirleri Üzerindeki Etkileri.....	138
4.1.2.1 İlişki Dağılım Grafiği (R-C, R+C).....	138
4.1.2.2 Etki Yönlü Diyagramlar.....	141
4.2 KOBİ'LER İÇİN ERP TEMELLİ BİR ENDÜSTRİ 4.0 OLGUNLUK MODELİ GELİŞTİRİLMESİ.....	149
4.2.1 Olgunluk Modeli Kavramı ve Tasarımı	149
4.2.2 Olgunluk Modelinin Boyutları ve Seviyeleri	151
4.2.2.1 Strateji / Yol Haritası.....	153
4.2.2.2 İnovasyon.....	155
4.2.2.3 İşletmenin ERP Sistemi.....	158
4.2.2.4 Liderlik.....	159
4.2.2.5 Yatırımlar.....	161
4.2.2.6 Dijital Teknolojilerin Kullanımı	164
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	168
KAYNAKLAR.....	173
EKLER	208
EK 1. Önceliklendirme Anketi	208
EK 2. Analitik Hiyerarşi Süreci.....	210
EK 3. DEMATEL.....	211
ÖZGEÇMİŞ	217

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1: Endüstri 4.0 teknolojileri (Qin ve diğ., 2016).....	6
Şekil 2.2: Dijital dönüşüm aşamaları (Bloomberg, 2018).....	11
Şekil 2.3: 24.06.2018 tarihli yönetmeliğe göre KOBİ sınıflaması (KOSGEB, 2018).....	25
Şekil 2.4: KOBİ strateji eylem planı 2015-2018 verileri.	27
Şekil 2.5: KOBİ'lerin teknoloji düzeyleri (TÜİK, 2016).....	31
Şekil 2.6: İçsel ve dışsal yenilik kaynakları (Drucker, 1985).	34
Şekil 2.7: KOBİ'lerin teknoloji ve yönetim alanında zayıf noktaları (KSEP, 2015).....	39
Şekil 2.8: Modern üretim sistemlerinde otomasyon piramidi (Rojko, 2017).	52
Şekil 2.9: İş karmaşıklığı (Tagliavini ve diğ., 2002).	68
Şekil 2.10: ERP kullanımı modelinin bir parçası (Rajan ve Baral, 2015).	72
Şekil 2.11: ERP değeri (Johansson ve diğ., 2012).	74
Şekil 2.12: Örgütsel öğrenme yeteneği ile ERP ilişkisi (Nwankpa ve Roumani, 2014).....	78
Şekil 2.13: ERP uygulama başarısını etkileyen faktörler (Mavrogiannakis, 2012).....	80
Şekil 3.1: Araştırma yöntemi ve tasarımı.....	110
Şekil 3.2: AHP hiyerarşisi.....	125
Şekil 3.3: AHP önem seviyeleri (Saaty, 1994).	126
Şekil 3.4: Örnek ikili karşılaştırma matrisi.	127
Şekil 3.5: Konsolide matris.	128
Şekil 3.6: Normalize matris ve ağırlıklar.	129
Şekil 3.7: Rassal endeks (Saaty, 1980; Dabous ve Alkass, 2008).	130
Şekil 3.8: Dematel etki seviyeleri (Aksakal ve Dağdeviren, 2010).	131
Şekil 3.9: Konsolide edilmiş ilişki matrisi.	132
Şekil 3.10: Normalize edilmiş direkt ilişki matrisi.	133

Şekil 3.11: Toplam ilişki matrisi.....	134
Şekil 3.12: İlişki ve önem matrisi.	135
Şekil 4.1: İlişki dağılım grafiği.	138
Şekil 4.2: Tüm ilişkileri içeren etki yönlü diyagram.	141
Şekil 4.3: Eşik değeri uygulanmış matris.....	142
Şekil 4.4: İşletmenin büyüklüğünün diğer kriterler ile etkileşimi.....	143
Şekil 4.5: İşletmenin finansal gücünün diğer kriterler ile etkileşimi.	144
Şekil 4.6: Rekabetin yoğunluğunun diğer kriterler ile etkileşimi.	146
Şekil 4.7: Liderlik ve üst yönetim desteğinin diğer kriterler ile etkileşimi.....	147
Şekil 4.8: Ar-Ge ve inovasyonun diğer kriterler ile etkileşimi.	148
Şekil 4.9: ERP temelli KOBİ Endüstri 4.0 olgunluk modeli.	152
Şekil 4.10: Strateji ve yol haritası olgunluk seviyeleri.	153
Şekil 4.11: İnovasyon olgunluk seviyeleri.....	157
Şekil 4.12: İşletmenin ERP sistemi olgunluk seviyeleri.	158
Şekil 4.13: Liderlik olgunluk seviyeleri.....	160
Şekil 4.14: Yatırımlar olgunluk seviyeleri.	163
Şekil 4.15: Dijital teknolojilerin kullanımı olgunluk seviyeleri.	166

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1: Endüstri 4.0 bileşenleri (Qin ve diğ., 2016).	7
Tablo 2.2: Endüstri 3.0 ve 4.0 karşılaştırması (Torn ve Vaneker, 2019).	8
Tablo 2.3: Endüstri 4.0 için aşılması gereken zorluklar (Sommer, 2015).	9
Tablo 2.4: Yapay zekanın dört çeşidi (Geissbauer ve diğ., 2018).	13
Tablo 2.5: Günümüzün fabrikası ve Endüstri 4.0 fabrikası karşılaştırması (Lee ve diğ., 2014b).	17
Tablo 2.6: Endüstri 4.0 olgunluk seviyesi modelleri.	43
Tablo 2.7: Geleneksel ERP özellikleri ve kabiliyetleri (Toolbox, 2015).	49
Tablo 2.8: ERP aşamaları (Haddara ve Zach, 2012).	50
Tablo 2.9: İmalat işletmelerinin dijitalleşmesinde ERP'nin rolü (Basl, 2018).	52
Tablo 2.10: ERP sistemleri ile ilişkili sistemler (Cocca ve diğ., 2018).	53
Tablo 2.11: KOBİ'lerde Endüstri 4.0 dönüşümü için gerekenler (Moica ve diğ., 2018).	59
Tablo 2.12: KOBİ'ler için ERP uygulama sürecindeki kritik başarı faktörleri.	62
Tablo 2.13: KOBİ'lerde ERP uygulamasında engeller (Grandhi ve Chugh, 2012).	63
Tablo 2.14: ERP sistemleri kullanımında öne çıkan kavramlar.	64
Tablo 2.15: İşletmelerin ERP sistemlerini kullanma sebepleri.	71
Tablo 2.16: ERP kullanımını etkileyen faktörler (Rajan ve Baral, 2015).	72
Tablo 2.17: ERP kullanım ölçütü 4 boyutu (Jonas ve Björn, 2013).	74
Tablo 2.18: Dijital teknolojiler ve operasyonel kullanımları.	83
Tablo 2.19: KOBİ'lerin Endüstri 4.0 dönüşümünde karşılaşılabilecekleri zorluklar.	91
Tablo 2.20: İnsan kaynaklarında karşılaşılan zorluklar (Karnouskos ve diğ., 2014).	95
Tablo 2.21: Endüstri 4.0 tehditlerinin sınıflandırılması (ENISA, 2018).	101
Tablo 2.22: Endüstri 4.0'ı ele alan ülkeler ve gruplar (Davutoğlu ve diğ., 2017).	103

Tablo 3.1: Boyutlar ve kriterler.	115
Tablo 3.2: Kriterler ve açıklamaları.....	116
Tablo 3.3: Karar vericiler.	122
Tablo 3.4: Yeni hiyerarşi.	124
Tablo 4.1: Boyut ve kriterlerin önem derecesine göre oranları.	136
Tablo 4.2: R-C değerine göre büyükten küçüğe sıralanmış kriterler.....	139
Tablo 4.3: R+C değerine göre büyükten küçüğe sıralanmış kriterler.....	140
Tablo 4.4: Olgunluk seviyesi oluşturma ilkeleri (Zapata ve diğ., 2020).	150



SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
a	: Matris üzerindeki bir hücre değeri
C	: Sütunlar toplamı
E	: Karar verici
F	: Faktör
i	: Karşılaştırılan faktör 1
j	: Karşılaştırılan faktör 2
l	: Karar verici sayısı
n	: Öge sayısı
R	: Satırlar toplamı
T	: Toplam ilişki matrisi
w	: Dematel önem ağırlığı
X	: Normalleştirilmiş direkt ilişki matrisi
Z	: Konsolide edilmiş direkt ilişki matrisi
λ_{max}	: Matrisin en yüksek öz değeri

Kısaltmalar	Açıklama
AB	: Avrupa Birliği
AHP	: Analytical Hierarchy Process
Ar-Ge	: Araştırma ve Geliştirme
ASEAN	: Association of Southeast Asian Nations
BPM	: Business Process Management
BİT	: Bilgi ve İletişim Teknolojileri
BT	: Bilgi Teknolojileri
CAD	: Computer Aided Manufacturing
CAPEX	: Capital Expenditures
CEO	: Chief Executive Officer
CI	: Consistency Index
CIM	: Computer Integrated Manufacturing
CIO	: Chief Information Officer

CR	: Consistency Ratio
ÇKVV	: Çok Kriterli Karar Verme
COSME	: Competitiveness of Enterprises and Small and Medium-sized Enterprises
CRM	: Customer Relationship Management
DEMATEL	: Decision Making Trial and Evaluation Laboratory
EBITDA	: Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization
ENISA	: The European Union Agency for Cybersecurity
ERP	: Enterprise Resource Planning
FMS	: File Management System
KOBİ	: Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmeler
KOSGEB	: Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı
KÜSGEM	: Küçük Sanayi Geliştirme Merkezi
KÜSGET	: Küçük Sanayi Geliştirme Teşkilatı
MES	: Üretim Yönetim Sistemi
MOOC	: Massive Open Online Courses
OLC	: Organizational Learning Capability
PLM	: Product Lifecycle Management
RFID	: Radio-Frequency Identification
RI	: Random Index
SAP	: Systemanalyse Programmentwicklung
SEGEM	: Sınai Eğitim ve Geliştirme Merkezi
SRM	: Supplier Relationship Management
Start-up	: Yeni girişim
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu

ÖZET

DOKTORA TEZİ

TÜRKİYE'DEKİ KOBİ'LERİN ENDÜSTRİ 4.0 FAALİYETLERİ AÇISINDAN ERP KULLANIM DÜZEYLERİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN ANALİZİ

Doğuş AYGÜN

İstanbul Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Enformatik Anabilim Dalı

Danışman : Doç. Dr. Zümrüt ECEVİT SATI

Endüstri 4.0 ve Dijital Dönüşüm günümüz dünyasındaki ekonomik ve sosyal dönüşümün gerisinde kalmamak ve ortaya çıkacak fırsatları değerlendirebilmek için önemi her geçen gün artan bir konu haline gelmiştir. Türkiye, Endüstri 4.0 yol haritası olan ülkelerden biridir. Türkiye'deki sanayi birçok ülkede olduğu gibi KOBİ'lerden oluşmakta ve KOBİ'ler dijital dönüşümünde Türkiye'nin omurgasını oluşturmaktadır. KOBİ'lerin fırsatları kaçırmaması ve rekabet avantajlarını kaybetmemeleri için dijitalleşmeleri ve yeni iş modellerini benimsemeleri gerekmektedir. Bu noktadan hareketle KOBİ'lerin Endüstri 4.0 kavramını benimsemesi incelenmesi zorunlu bir konu haline gelmiştir. Çalışmada, Endüstri 4.0'ın bel kemiği olarak adlandırılan ERP sistemlerinin etkin kullanımının benimsenmesi, KOBİ'lerin Endüstri 4.0 dönüşümlerinde nerede olduklarının görülebilmesi ve hazır olma durumlarının tespit edilebilmesinin desteklemesi açısından ERP Temelli KOBİ Endüstri 4.0 Olgunluk Modeli tasarlanmıştır. Çalışmada yöntem olarak Çok Kriterli Karar Verme tekniklerinden Analitik Hiyerarşi Süreci ve DEMATEL yöntemleri kullanılmıştır. Literatürde ERP-KOBİ-Endüstri 4.0 bağlamında öne çıkan kavramlar Dijitalleşme, Endüstri 4.0 ve ilgili alanlarda uzmanlığı bulunan karar vericilere sunulmuş ve karar vericilerin tercihleri doğrultusunda ortaya çıkartılan faktörler incelenmiş ve olgunluk modelinin boyutları bu doğrultuda belirlenmiştir. Çalışmanın çıktısı olarak KOBİ'lere sektör fark etmeksizin Dijitalleşme, ERP ve Endüstri 4.0 konusunda olgunluklarını ve hazır olma durumlarını tespit edebilmeleri ve gelişimleri açısından yol haritası sunabilecek bir model oluşturulmuştur.

Temmuz 2021, 236 sayfa.

Anahtar kelimeler: Endüstri 4.0, kobi, erp, olgunluk modeli.



SUMMARY

Ph.D. THESIS

ANALYSIS OF THE FACTORS AFFECTING THE ERP UTILIZATION LEVEL IN REGARD TO INDUSTRY 4.0 ACTIVITIES OF SMEs IN TURKEY

Doğuş AYGÜN

İstanbul University

Institute of Graduate Studies in Sciences

Department of Informatics

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Zümrüt ECEVİT SATI

Industry 4.0 and Digital Transformation has become an increasingly important issue in order not to fall behind the economic and social evolutions in our era as well as to take advantage of emerging opportunities. Turkey is one of the countries that has an Industry 4.0 roadmap. The industry in Turkey is primarily based upon SMEs as in many other countries, and SMEs form the backbone of Turkey in its digital transformation. SMEs need to digitalize and adopt new business models in order to be able to benefit from emerging opportunities as well as to not lose their competitive advantage. Therefore, the issue of SMEs adoption of Industry 4.0 concept has become a significant subject to be examined. In this study, an ERP Based SME Industry 4.0 Maturity Model is designed in order to adopt the effective use of ERP systems which are addressed as the backbone of Industry 4.0, for SMEs to perceive their position of development within the Industry 4.0 transformation and to support their readiness. Among the Multi-Criteria Decision Making techniques, Analytical Hierarchy Process, and DEMATEL method are adopted in this study. Prominent concepts in the literature within the context of ERP-SME-Industry 4.0 are presented to decision makers who have expertise in Industry 4.0, digitalization, and related fields. Afterwards, the factors identified in line with the decision makers' preferences were examined to form dimensions of the maturity model. The outcome of the study forms a model that can provide a roadmap for SMEs to determine their maturity and readiness for Digitalization, ERP, and Industry 4.0 which is applicable regardless of their sector.

July 2021, 236 pages.

Keywords: Industry 4.0, smes, erp, maturity model.



1. GİRİŞ

Günümüzde Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin gelişimi ile beraber sanayi ve toplum üzerinde değişimler meydana gelmektedir. Dijital dönüşüm kavramı sanayi politikalarının temeli haline gelmiştir (Savanevičienė ve diğ., 2019). Büyük veri, bulut bilişim ve mobil internet gibi yeni nesil teknolojilerin popülerleşmesiyle geleneksel bilgi toplumundan akıllı bilgi toplumuna geçiş aşamasına girmiştir (Wang ve diğ., 2019). Küreselleşme ve dijital teknolojilerin hızlı bir biçimde evrim geçirmesi ile beraber bu teknolojilere ek olarak nesnelerin interneti, yapay zeka gibi teknolojiler toplum üzerinde değişimlere yol açmaktadır (Fukuyama, 2018). Bu değişimler toplumda özel hayat, kamu yönetimi, sanayi yapısı ve istihdam gibi alanlar yönünden olmakla beraber değişimin temelinde dijital dönüşüm bulunmaktadır (Keidanren, 2018). Endüstri 4.0, dünyayı birbirine bağlamakta ve daha esnek ve uyumlu bir hale getirmektedir (Morrar ve diğ., 2017). “İşletmeler dijitalleşme düzeylerini geliştirme, üretim hatlarını yeni teknolojilere uyarlama ve insanın Endüstri 4.0 devriminde tam olarak nerede durduğunu tanımlama baskısı ile karşı karşıya kalmaktadır” (Pessl ve diğ., 2017). Dolayısıyla, ekonomik ve sosyal yaşamdaki değişimler, endüstrinin dijitalleşmesini destekleyen politikalarla sonuçlanmıştır (Türkeş ve diğ., 2019).

Dünya Ekonomik Forumunun kurucusu Schwab (2017) kitabında Endüstri 4.0 ile ilgili "Yaşama, çalışma ve birbirimizle ilişki kurma tarzımızı kökten değiştiren bir devrimin başında bulunuyoruz. Ölçeği, kapsamı ve karmaşıklığı bakımından insanlığın daha önce yaşadıklarının hiçbirine benzemiyor" demiştir. Endüstri 4.0 kavramında da teknoloji ön planda gözükmeye karşın bu sanayi devrimi sadece teknolojiden ibaret değildir. Geissbauer ve diğ. (2014), “Endüstri 4.0, değer zincirlerinin ağını, ürünlerin dijitalleştirilmesini ve yeni iş modellerini içermektedir”. Ancak çok sayıda tanımın bulunmasına rağmen , Endüstri 4.0’ın çok yüzeysel veya aşırı karmaşık tanımları sebebiyle birçok şirket Endüstri 4.0’ı sadece teknolojik bir ilerleme olarak görmektedir (Erol ve diğ., 2016). Endüstri 4.0 kavramı, teknolojiye ilişkin ilerlemeler ve küresel sanayi sektöründeki gelişmeler nedeniyle ortaya çıkmıştır. Terim, endüstriyel manzaradaki büyük değişikliği temsil etmektedir. Endüstri 4.0 kavramı sadece iş dünyasında değil akademide de büyük ilgi görmekte ancak konuya artan ilginin aksine, kavram halen tanım bağlamında tartışmalı olarak kabul edilmektedir (Motyl ve diğ., 2017). Endüstri 4.0, günümüzdeki mevcut sayısallaştırma ve otomasyon için kullanılan bir terimdir (Vrchota

ve diğ., 2019). Endüstri 4.0, yeni endüstriyel devrimi temsil etmekte ve üretimi geliştirmek için veri bilimini sanayinin içine gömerek akıllı fabrikalar oluşturmayı hedeflemektedir (Bayram and İnce, 2018). Günümüz iş dünyasında dikey ve yatay değer zincirindeki dijital dönüşüm ve işletmelerin sundukları ürünler/hizmetler Endüstri 4.0'ın arkasındaki gücü oluşturmaktadır. Endüstri 4.0 ortaya çıktığı dönemde “ilk dalgada” yakalayan işletmeler fırsatları yakalamışlar, rekabet avantajı kazanmışlar ve pazar paylarını güvence altına almışlardır. Ancak “ikinci dalga” KOBİ'leri de içine katmaktadır. Fakat, halihazırda KOBİ'lerin çoğunluğu henüz fayda-maliyet analizi aşamasında olduğu belirtilmektedir (Jovanovski ve diğ., 2019).

Günümüzde Endüstri 4.0'a doğru yönelim ile beraber işletmeler zeki sistemler kullanarak maliyetleri azaltma ve müşterilerini tatmin etmek için kaliteyi artırarak diğer işletmeler ile güçlü rekabet içine girmektedirler (Onursal ve diğ., 2019). Özellikle yakın geçmişte ERP sistemleri işletmeler arasında önem kazanmakla birlikte işletmelere rekabet avantajı yaratmaktadır (Koç ve diğ., 2019). ERP sistemleri işletmelerde bilgi sistemlerinin kullanımı konusunda devrim yaratarak iş süreçlerini kolaylaştırarak ve belirli bir düzene sokarak birçok kez operasyonel anlamda başarılı olduğunu kanıtlamıştır (Siau ve Messersmith, 2009). KOBİ'lerin ülke ekonomileri üzerindeki etkileri ve işletmeler için ERP sistemlerinin önemi göz önüne alındığında ERP sistemlerinin KOBİ'lerde kullanımı araştırma yapılması gereken önemli bir alandır (Kocaaga ve diğ., 2019). İngilizce “utilization” kelimesi Türkçede “kullanım” veya “faydalanma” anlamına gelmekte ancak ilgili kavram İngilizce “use” yani “kullanım/kullanmak” kavramı ile denk olarak kullanılabilir (Mouakket, 2010). DeLone ve McLean (2003) çalışmalarında “kullanım” kavramı ile ilgili eksiklikler bulunduğunu belirtmişlerdir. ERP sistemleri yalnızca bir dereceye kadar teknoloji ile ilgili olmakla birlikte literatürde kavramın tanımlanması konusunda ilerleme kaydedilmesinin gerekliliği ve yapılacak araştırmalarda organizasyonel bir bakış açısı ile beraber sistemsal bir bakış açısının beraber kullanılması tavsiye edilmiştir (Jonas ve Björn, 2011). Haddara ve Elragal (2015) ise ERP sistemlerinin hazır olma durumu konusunda daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğunu belirtmişlerdir.

ERP sistemleri yalnızca karmaşık süreçleri olan işletmeler için değil aynı zamanda KOBİ'ler içinde kaçınılmaz hale gelmiştir. Bunun sebebi öncelikli olarak KOBİ'lerin verilerini yönetmeleri ve müşterileri için gereken çözümleri en kısa sürede sunmalarının gerekliliği olarak söylenebilir (Koç ve diğ., 2019). Ülkelerin ekonomileri birçok farklı özelliklere sahip olsa da

KOBİ'ler işletmelerin çok büyük bir oranını oluşturmakta, ekonomideki pozisyonları gün geçtikçe güçlenmekte ve ülke ekonomilerinin dinamosu olarak tanımlanmaktadır (Sönmez, 2008). Yüzdesel olarak KOBİ'lerin toplam işletmeler içindeki payı %99 dur (KSEP, 2015).

Türkiye, devlet politikası gereği KOBİ'lerin inovasyonu ve dijitalleşmeleri konusunda bazı adımlar atmakta olup bu adımlar kalkınma planları, teşvikler ve KOBİ'ler için özel krediler olarak örneklendirilebilir. Ayrıca, yine devlet politikası gereği KOBİ'lerin Endüstri 4.0 dönüşümünde destek olmak amaçlı dijital dönüşüm merkezlerinin açılması ve danışmanların yetiştirilmesi planlanmıştır (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2017). Devlet, KOBİ'leri KOSGEB ve TÜBİTAK aracılığı ile desteklemekte ve bu desteğin hedeflerinden bazıları KOBİ'lerin güncel donanım, yazılım sistemleri, akıllı sensörler, mobil uygulamalara erişimlerinin olması olarak belirtilebilir (Cagle, 2020).

Endüstri 4.0'ın getirdiği yeni teknolojiler ve yaklaşımlar özellikle KOBİ'ler için iş ortamının değişmesi anlamına gelmesinden kaynaklı olarak; KOBİ'ler rekabet üstünlüklerini korumak ve doğru bir şekilde gelişim gösterebilmek için bu yeni trende uyum sağlamak zorundadırlar (Jovanovski ve diğ., 2019). Nuroğlu ve Nuroğlu (2018) Endüstri 4.0 konusunda Türkiye'nin teoride Almanya'nın 5 yıl gerisinden geldiğini, Kağnicioglu ve Özdemir (2017) ise KOBİ'lerin Endüstri 4.0 ile ilgili yeterli düzeyde bilgi sahibi olmadıklarını belirtmişlerdir. Ayrıca, Türk sanayisi Endüstri 2.0 ile Endüstri 3.0 arasında bir düzeyde yer almakta ve genel anlamda düşük seviyede bir Endüstri 4.0 farkındalığı mevcut durumdadır (Nuijens, 2017). Endüstri 4.0 Türk sanayisi için yeni bir fırsat potansiyeli taşımaktadır. Bu gerçekler göz önüne alındığında Türkiye ekonomisinin lokomotifi olan KOBİ'lerin Endüstri 4.0 perspektifinden incelenmeleri gerekmektedir (Gergin ve diğ., 2019).

Çalışmanın amacı Endüstri 4.0 koşullarına hazır olma açısından KOBİ'lerin ERP kullanım düzeylerini etkileyen faktörleri değerlendirerek, bilimsel literatüre içinde ERP sistemlerini ve KOBİ'leri odak noktası olarak alan ERP bazlı bir Endüstri 4.0 olgunluk modeli geliştirerek katkı sunmaktır. Bu amaç doğrultusunda literatür taraması ile ilgili faktörler tespit edilerek Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Süreci tekniği kullanılarak önceliklendirilmiş ve bununla beraber DEMATEL yöntemi ile kriterler arasındaki ilişkiler tespit edilmeye çalışılmıştır. Çalışmanın literatür kısmı ile bulgular temel alınarak ERP Temelli KOBİ Endüstri 4.0 Olgunluk Modeli oluşturulmuştur.

Tez içerisinde aşağıdaki bölümleri barındırmaktadır:

Çalışmanın genel kısımlar başlığı altında ilk bölümde Endüstri 4.0 kavramına giriş; tanımı ve önemi, ikinci bölümde KOBİ'lerin yapısı, özellikleri, işleyişi, teknoloji kullanım düzeyleri ve yeniliklere açık olma durumlarının Endüstri 4.0 koşulları açısından değerlendirilmesi, üçüncü bölümde ERP sistemleri ve Endüstri 4.0 koşullarına hazır olma açısından KOBİ'lerin ERP kullanım düzeylerini etkileyen faktörlerin tartışılması, dördüncü bölümde ise KOBİ'lerin Endüstri 4.0 dönüşümlerinde karşılaşılabilecekleri zorlukların tartışılması ile beraber Endüstri 4.0'ın uygulandığı bazı ülkelerden örnekler verilmiştir. Yöntem kısmında çalışmada izlenen yol ve kullanılan AHP ve DEMATEL yöntemleri incelenmiş, yapılan hesaplamalar ilgili yöntemlerin yapısı gereği aşamalara bölünerek gösterilmiştir. Bulgular kısmında karar vericilerin tercihlerinin sonuçları analiz edilerek yorumlanmış, KOBİ'ler için altı boyut ve dört seviyeden oluşan “ERP Temelli KOBİ Endüstri 4.0 Olgunluk Modeli” tasarlanmıştır.

2. GENEL KISIMLAR

2.1 ENDÜSTRİ 4.0 VE DİJİTAL DÖNÜŞÜM

2.1.1 Endüstri 4.0 Kavramı ve Önemi

Endüstri 4.0 yakın geçmişte ortaya çıkmış bir kavram olmakla birlikte kavram olarak içinde internet, zeki makineler yeni iş modelleri vb. çok fazla yeni teknolojik terimi içinde barındırmaktadır. 2011 yılının Kasım ayında “Endüstriyel 4.0”, 2020 için yüksek teknoloji stratejisi adı altında bir terim Alman Hükümeti tarafından yayınlanan bir makalede ilk kez geçmekteydi. İki yıldan daha kısa bir süre sonra Nisan 2013’de Almanya’nın Hannover şehrindeki bir endüstri fuarında Endüstri 4.0 terimi ilk kez kullanıldı ve bu terim Almanya’nın ulusal stratejisi haline geldi (Zhou ve diğ., 2015).

Endüstri 4.0 kavramı halen tartışmalı bir kavram olmakla beraber, bu kavramdaki yanlış anlaşılma aslında Endüstri 4.0’ın neleri içerdiği, anlamı ve neler getireceği konuları temellidir (Pereira ve Romero, 2017). Endüstri 4.0 "şemsiye tabir veya genel-kapsayıcı bir terim" olarak sınıflandırılabilir. Bu sebeple “Endüstri 4.0 kavramı karmaşık ve anlaşılması zor bir kavram olarak değerlendirilmektedir (Moeuf ve diğ., 2017; Yılmaz ve diğ., 2017). Endüstri 4.0’ın kabul edilmiş ve net bir tanımının olmaması teori inşası ve araştırmaların karşılaştırılabilirliği konularında sınırlılıklara sebep olmaktadır (Culot ve diğ., 2020). Endüstri 4.0’ı sadece teknolojik gelişmelerden ibaret olarak görmek doğru olmamak ile birlikte bazı işletmeler tarafından Endüstri 4.0 kavramının sadece “teknolojik gelişme” olarak görülmesi aslında Endüstri 4.0 paradigmasının çok karmaşık ve anlaşılması güç bir tanıma sahip olmasından kaynaklanmaktadır (Erol ve diğ., 2016). “Endüstri 4.0’ın çok yeni bir kavram olmasından dolayı henüz kapsamı ve içeriğine dair yeterli bir bilgi birikimi oluşmamış durumdadır. Aynı nedenden ötürü kesin bir tanımlı da yapılamamıştır” (Kağnıcıoğlu ve Özdemir, 2017).

Endüstri 4.0, Dördüncü Sanayi Devrimini anlatan bir terimdir. Organizasyonun geldiği yeni seviyeyi, ürünlerin yaşam döngüleri ve buna bağlı değer zincirinin üzerinde tam kontrolü ve bireysel müşteri ihtiyaçlarına odaklanmayı temsil eder (Vaidya ve diğ., 2018). Gilchrist’e (2016) göre Endüstri 4.0 tanımı karmaşık olup, literatürde “üretimi tamamen bilgisayarlaştırmak” şeklinde tanımlar mevcut iken aynı zamanda “üretimi sanallaştırmak” olarak da ele alınmaktadır. Hermann ve diğ. (2016) yaptıkları geniş kapsamlı literatür

araştırmasının sonucunda Endüstri 4.0'ı “değer zinciri organizasyonu teknolojileri ve kavramları için kolektif bir terim” olarak tanımlamışlardır.

Rüßmann ve diğ. (2015) toplamda dokuz farklı teknolojinin Endüstri 4.0'ın omurgasını oluşturduğunu belirtmişlerdir. Bu teknolojiler otonom robotlar, simülasyonlar, yatay ve dikey sistem entegrasyonu, endüstriyel nesnelerin interneti, siber güvenlik, büyük veri ve analitik, bulut bilişim, üç boyutlu üretim ve artırılmış gerçeklik olarak sıralanmıştır.



Şekil 2.1: Endüstri 4.0 teknolojileri (Qin ve diğ., 2016).

Xu ve Duan (2018) günümüzde halen Endüstri 4.0'ın başlangıç aşamasında olduğunu ve araştırmaların çok fazla sınırlılık barındırdığını belirtmişlerdir. Buna paralel olarak Moeuf ve diğ. (2017) Endüstri 4.0 döneminin henüz başlangıcında bulunulduğundan, Endüstri 4.0'ın KOBİ'lere yönelik gerçek faydalarının ve gereksinimlerinin henüz tam olarak bilinmemekte olduğunu iddia etmişlerdir. Avrupa'da ABD'de ve Asya'daki şirketler Endüstri 4.0 unsurlarını benimseme yarışına girmişlerdir ve Almanya incelendiğinde Rüßmann ve diğ. (2015) Endüstri 4.0'ın Almanya'ya toplamda dört alanda fayda sağlayacağını belirtmişlerdir. Bu faydalar Endüstri 4.0'ın benimsenmesinden dolayı artacak olan üretim kapasitesi Alman imalat sektörünü büyütecek olmasından dolayı Üretim, imalat sektöründe ki işletmelerin daha gelişmiş ekipman talepleri ve müşterilerin daha geniş çeşitlilikte ve kişiselleştirilmiş ürün talep edecek olmasından kaynaklı olarak gelir artışı, ve imalat sektöründe ki büyümeden kaynaklı olarak

istihdamda ve yatırımlarda yaşanacak artışlardır. Araştırmacılar tarafından genel olarak kabul gören ve Endüstri 4.0'ı oluşturan bileşenler Tablo 2.1'de gösterilmiştir.

Tablo 2.1: Endüstri 4.0 bileşenleri (Qin ve diğ., 2016).

BİLEŞENLER	AÇIKLAMA
Fabrika	Endüstri 4.0'ı oluşturan ana bileşenlerden biri olan “Gelecekteki Fabrika” kavramı sadece imalat cihazlarının (sensörler, makineler, robotlar, konveyörler vb.) birbirleri ile otomatik olarak bilgi paylaşması ile kalmamakta bununla beraber fabrika, “bilinçli” ve “zeki” olarak öngörülebilir bulunur, makinelerin bakımını yapar, sürdürür ve fabrika sistemini yönetir. Bununla birlikte ürün tasarımı, üretim planlama, üretim mühendisliği ve üretim ve hizmetleri gibi bir çok imalat süreci modüler olarak simüle edilecek ve bir uçtan diğer uca bağlanacaktır. Süreçler sadece sistemden yönetilmeyecek ayrıca bağımsız bir şekilde kontrol edilebilecektir. Bu tipteki fabrikalar “Akıllı Fabrika” olarak bilinmektedir.
İşletme	Endüstri 4.0, çeşitli şirketler, fabrikalar, tedarikçi, lojistik, kaynaklar, müşteriler vb. arasında eksiksiz bir iletişim ağı olacağı anlamına gelir. Her taraf, ağdaki ilgili bölümlerin taleplerine ve durumuna bağlı olarak yapılandırmalarını gerçek zamanlı olarak optimize eder. Tüm taraflar için sınırlı kaynak paylaşımı yaparak maksimum karlılığı sağlar.
Ürünler	Endüstri 4.0 dan yararlanılarak imalatla akıllı ürün ismi verilen yeni bir ürün yaratılacaktır. Bu tip ürünler sensörlere, işlemciler ve tanımlanabilir özelliklere sahiptirler ve fonksiyonel rehberliği müşterilere iletmek için bilgi taşırlar ve kullanım geribildirimlerini imalat sistemine iletirler. Bu unsurlar baz alınarak; ürünlere, örneğin ürünlerin veya kullanıcıların durumunu ölçmek, bu bilgileri taşımak, ürünleri izlemek ve bilgilere bağlı olarak sonuçları analiz etmek için birçok işlev eklenebilir.
Müşteriler	Müşteriler ayrıca Endüstri 4.0 kapsamında birçok avantaja sahip olacaktır. Müşterilere yeni bir satın alma yöntemi sunulacak, ürünlerin hangi özellikleri olmasını isteniyorsa olabilecek ve tek bir tane dahi olsa istenilen sayıda olabilecektir. Buna ek olarak müşteriler üretim esnasında dahi siparişlerini değiştirebileceklerdir.

2.1.1.1 Endüstri 3.0 ve Endüstri 4.0 Karşılaştırması

2016 Dünya Ekonomik Forumu'nda konuşulmuş kilit konulardan birisi Endüstri 4.0 koşullarını ve buna bağlı olarak ortaya çıkan teknolojilerin, insanlara ve topluma yeni fırsatlar ve faydalar getirme koşullarını nasıl yaratabileceklerini, topluma son üç devrimin yol açtığı zararı

gidermeye yardımcı olma hedefidir (Morrar ve Arman, 2017). Tablo 2.2’de Endüstri 3.0 ve 4.0 karşılaştırması sunulmuştur.

Tablo 2.2: Endüstri 3.0 ve 4.0 karşılaştırması (Torn ve Vaneker, 2019).

ÖZELLİK	ENDÜSTRİ 3.0	ENDÜSTRİ 4.0
Süreçler	Otomasyon	Otonom Karar Verme
Endüstriyel Teknoloji	Endüstriyel Robotlar	Ortak Çalışan Robotlar
Üretim Planlama	Talep Tahmini	İsteğe-bağlı İmalat
Sıralama	Birbirine Bağlı Üretim Süreçleri	Birbirine Bağlı Değer Zinciri
Çeşitlilik	Sınırlandırılmış Çeşitlilik	Ayrı Ayrı Özel Ürünler
Hedef	Verimlilik	Esneklik
Gelir Modelinin Temeli	Ürün Satışı	Hizmetleştirme

Torn ve Vaneker (2019) Endüstri 4.0’ın el sanatları üretimi dönemine benzeyen yüksek düzeyde kişiselleştirme ile ürünleri imal etmek için üretim işlemlerinde daha fazla esneklik sağladığını belirtmişlerdir. Bu sebeple Endüstri 4.0 kavramı KOBİ’lerin sahip oldukları çeviklik ve esneklikten dolayı KOBİ’ler için çok uygundur. Buna ek olarak, KOBİ’ler yüksek marjlı ürünlere ve üretim süreçlerinde inovasyona odaklanarak ve kişiselleştirilmiş ürünler ve hız ile uluslararası çapta rekabet üstünlüğü sağlayabilir ve bunu sürdürebilirler. Ancak bu sanayi devrimi sadece üretim süreçlerini değiştirmek ile sınırlı değildir. Yönetim ve organizasyonda, iş tanımlarında ve çeşitlerinde de değişiklikler meydana getirmesi söz konusu olmakla beraber Endüstriyel Veri Bilimciliği, Dijital Süreç Mühendisliği, Bulut Hesaplama Uzmanlığı, Veri Güvenliği Uzmanlığı, Giyilebilir Teknoloji Tasarımcılığı gibi yeni mesleklerinde ortaya çıkması beklenmektedir (Satı, 2018). Bunlara ek olarak, Hizmetleştirme gibi yeni iş modeli kavramları ortaya çıkmıştır. Hizmetleştirme ve Endüstri 4.0 kavramları son dönemde sanayi işletmelerini dönüştüren trendlerin başında gelmektedir. Hizmetleştirme müşteriye değer katmaya odaklı iken Endüstri 4.0 sıklıkla üretim sürecine değer katma ile ilgilidir. Frank ve diğ. (2019) iki kavramında birbirlerini tamamlayıcı kavram olarak

bilindiklerini ancak aradaki bağlantının tam olarak ne olduğu konusunda yeterli kanıtın bulunmadığını savunmuşlardır.

Karaçay ve Aydın (2018) 1995-2005 yılları arasında Endüstri 4.0'ın ilk aşamasının web sayfası ve bazı işletme uygulamaları ile şekillendiğini söylemişler ve ikinci aşamanın 2005 yılı sonrasında günümüze kadar gelen süreç olduğunu ve bu süreci telefonların ve mobil uygulamaların yoğun piyasasının var olduğu dönem olarak tanımlamışlardır. Buna ek olarak günümüzden başlayarak Dördüncü Sanayi Devriminin üçüncü devresini tecrübe edeceğimiz belirtilmiştir. Bu bağlamda gelecekteki değişim iş süreçlerinin geniş kapsamlı dönüşümleri ve tamamen yeni iş modellerinin ortaya çıkması ile büyük bir değişim sayılabilir.

Sommer (2015) çalışmasında işletmelerin Endüstri 4.0'ı uygulama konusunda istekli olduklarını ancak karşılaştıkları risklerin ve engellerin hazır olma seviyelerini düşürdüklerini veya bu süreci yavaşlattığını belirtmiştir. Bunun dışında işletme büyüklüğü bu çalışmada bir kriter olarak alınmış ve riskler ile karşılaşma konusunda büyüklüğün önemli bir rolü olduğu savunulmuştur. Bunun sebebi büyük işletmelerin kendilerini küçük işletmelere göre Endüstri 4.0'a daha hazır görmeleri olarak belirtilmiştir. Bu bilgilere dayanarak toplamda 5 adet giderilmesi gereken zorluk Tablo 2.3'de gösterilmiştir.

Tablo 2.3: Endüstri 4.0 için aşılması gereken zorluklar (Sommer, 2015).

SIRA	ZORLUK
1	Zarara Uğrama Riski-Güvenilmezliğin Azaltılması
2	Endüstri 4.0'ın Vizyon Seviyesinden Gerçeklik Seviyesine Getirilmesi
3	Endüstri 4.0 Yatırımları için Kamu Finansmanı Sağlanmasının Teşvik Edilmesi
4	Çalışanlar İçin Yeterlilik, Üniversiteler İçin ise Eğitim Programlarının Oluşturulması
5	KOBİ'lerin Zorlukları Büyük İşletmelere Oranla Daha Fazla Olduğundan KOBİ'lerin Ayrı Olarak Desteklenmesi

2.1.1.2 Dijital Dönüşüm

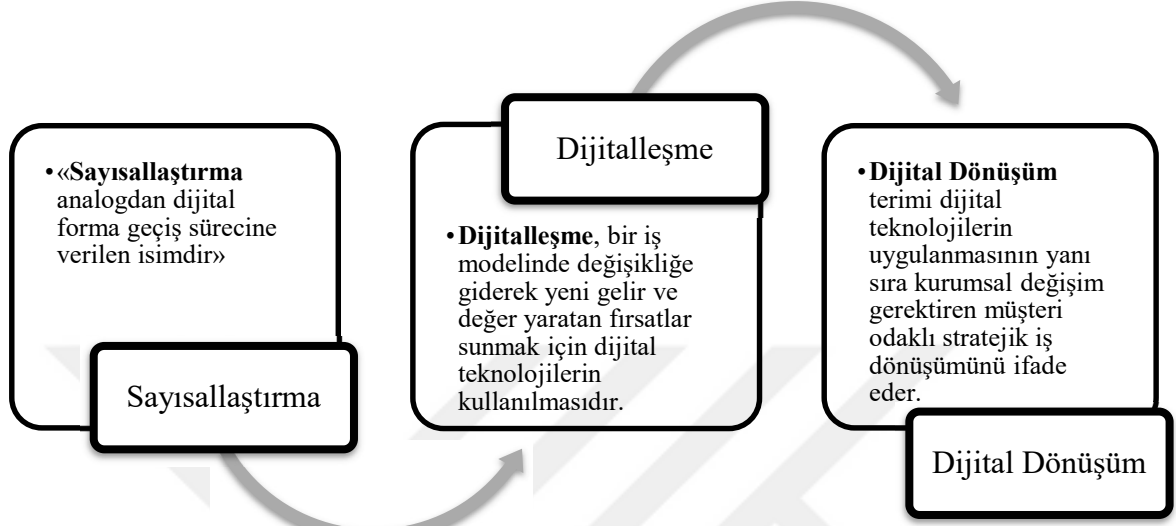
İşletmenin dönüşümünü anlamak için Endüstri 4.0 paradigmasının getirdiği iş süreçlerindeki değişimin derinlemesine anlaşılması gereklidir. (Cimini ve diğ., 2017). Özellikle son 25 yılda iş süreçlerinin yeniden tasarlanması ve kurumsal kaynak planlaması (ERP) bir çok finansal

fayda sağlamıştır. Westerman ve diğ. (2014) standartlaştırmanın otomasyonu mümkün kılmakta olduğunu ve standartlaştırmanın insanların çalışmalarını daha verimli kıldığını, devamlı ve tutarlı veri akışı sayesinde ERP sistemleri çalışanların işlerini daha iyi yapmalarını sağlamakta olduğunu iddia etmiştir. Ayrıca, Westerman ve diğ. (2014) eskiden yöneticilerin operasyonel paradokslar ile karşılaştıklarında çeşitliliği ve esnekliği azaltma yoluna gittiklerini ve süreçleri tek tip ve daha kontrollü hale sokmaya çalıştıklarını belirtmişlerdir. Ancak bu yaklaşım dijital teknolojiler ortaya çıktıktan sonra geçerliliğini yitirdiğini ve bunun sebebinin standartlaştırmanın yaratıcılığı ortadan kaldırması ve aşırı kontrolün süreç çeşitliliğini düşürmesi sonucunda inovasyon ihtimalinin azalması olarak açıklamışlardır.

“Son gelişmeler neticesinde işletmeler dijitalleşme seviyesini güçlü bir şekilde artırma, üretim hatlarını yeni teknolojilere uyarlama ya da yeni süreçlerde insanın bu devrimdeki rolünü tanımlama baskısı ile karşı karşıya kalmaktadır” (Pessl ve diğ., 2017). Westerman ve diğ. (2014) bilgisayarların kapasitelerinin arttıkça makinelerin insanların yerini almaya başlayacağını zira robotların 24 saat çalışabildiklerini ve tehlikeli işleri yaparken ise insan çalışanlara nazaran güvenlik önemlerine ihtiyaç duymadıklarını belirtmiştir. Ancak Haddara ve Elragal (2015) Endüstri 4.0 ın çalışanlar için kötü haber olduğu argümanına katılmadıklarını savunmuşlar ve 4. sanayi devriminde artık izleme faaliyetlerinin çok önem kazandığını yanlış algoritmaların ve analitiğin yanlış karar verme ile sonuçlanacağını bu yüzden daha çok çalışanlara ihtiyaç olacağını altını çizmişlerdir. Endüstri 4.0 ile beraber özellikle tehlikeli sayılabilecek iş tipleri sebebiyle sağlık ve sosyal kurumların karşılaştığı meslek hastalıklarının da azalması “penceresiz fabrikalar” ile mümkün olup bu aynı zamanda sağlığa yapılan harcamalarında azalması anlamına gelmektedir (Macit, 2017).

Satı (2018) geçmiş sanayi devrimlerinin mavi yakalı işçisine ihtiyacın kalmayacağını ve beyaz yakalı işçilerin de yalnızca işleri otomasyona girmeyenlerin işlerini koruyacakları görüşünün hakim olmaya başladığını belirtmiştir. Başka bir görüşe göre geleceğin fabrikasında “dijital beceri” ihtiyacı artarken mavi yaka ihtiyacı azalacak ve çalışanların işlerini verimli bir şekilde gerçekleştirebilmeleri için gerçek zamanlı ve tam olarak gereken bilgi sağlanırken sağlanan veri analizi bilgileri ile çalışanlar üretim süreçlerini izleyebilecek ve kontrol edebileceklerdir (Petrillo ve diğ., 2018). Ancak var olan literatür Endüstri 4.0’ın sonucunda sanayide çalışan sayısının artacağı veya azalacağı konusunda ortak bir perspektif sunamamaktadır (Bonekamp ve Sure, 2018).

Günümüzde işletmeler Endüstri 4.0 için temel koşulları sağlama konusunda bir zorunluluk ile yüzleşmekte ancak kavram olarak dijitalleşme, Endüstri 4.0'ın tam olarak bir parçası olmamakla beraber uygulanması için temel bir gereksinimdir (Schuh ve diğ., 2017).



Şekil 2.2: Dijital dönüşüm aşamaları (Bloomberg, 2018).

Dijital dönüşümle beraber veri bilimi gibi yeni sektörler, “platformlar” şeklinde yeni iş modelleri, bulut bilişim sağlayıcıları gibi yeni işletme türleri ve sosyal medya hesap yöneticileri gibi organizasyon rolleri yaratılmıştır (Karaçay, 2018).

Besson ve Rowe (2012) yaptıkları çalışmada bilişim sistemlerinin önünü açtığı organizasyonel dönüşüm hakkında geçmişe 1995 yılına kadar yapılmış araştırmalara ulaşabilmişlerdir. Dijitalleşme konusunda özellikle yakın geçmişe baktığımızda e-ticaret ve sosyal medya'nın işletmeler tarafından benimsenmiş olduğu görülmektedir. Ayrıca birçok şirket daha akıllı bir dijital tedarik zincirine yatırım yaparken, mevcut ERP kullanıcılarının tedarik zincirlerini de dijitalleştirme seçeneklerine bakmaları çok önem arz etmektedir (Majeed ve Rupasinghe, 2017). 2016 yılında yapılan bir araştırmada KOBİ'lerin halen 40%'ının dijitalleşmenin değer zincirlerine yapacağı etkiyi öngöremedikleri için dijitalleşme ile alakalı fırsatları değerlendirmedikleri görülmüştür (Smit ve diğ., 2016).

2.1.2 Endüstri 4.0 ve İlgili Teknolojiler

2.1.2.1 Büyük Veri ve Analitik

Endüstri 4.0'ın uygulanması için birçok gereksinim bulunmaktadır. Dijital beceriler en önemli faktör olmakla beraber otomasyon ve tüm paydaşları bir sisteme bağlayıp, gerçek zamanlı veri iletebilen akıllı ağ kurulması neticesinde büyük veri analizi önemli unsurların başında gelmektedir (Petrillo ve diğ., 2018). Günümüzün rekabetçi iş dünyasında şirketler daha iyi verimlilik için hızlı karar verme ve büyük veri konularında zorluklar ile karşılaşmaktadırlar (Lee ve diğ., 2014a). Günümüzde büyük veri sözcüğünün kullanımı son zamanlarda çok yaygınlaşmıştır. Feinleib (2014) büyük veri kavramının bu kadar yaygınlaşmasının nedeni olarak Facebook ve LinkedIn gibi büyük firmaların büyük veriden yararlanmalarını öne sürerken, bu platformları kullananlar ise ticari faaliyetler konusunda avantaj sağlaması sebebi ile büyük veriye hızlı ve kolay ulaşmayı istemektedirler. Ancak büyük veri kendisini işlenebilir halde sunmamakta; zira verinin metin, resim vb. birçok farklı çeşidi bulunmaktadır. Bir çok şirket arşivlenmiş büyük miktarda veriye sahip olsa da bu verileri işlemek için yeterli kapasiteye sahip değildirler. Bu şekilde verilerden istifade edebilen işletmeler rekabet üstünlüğü sağlamaktadırlar (Wilder-James, 2012). Endüstriyel evrim günümüz şirketlerini büyük veri ortamında birbirine bağlı sistemlerden maksimum fayda alma konusuna doğru yönlendirmekle birlikte iyi bir vizyona sahip olan işletmeler kurum kültürlerine katabilecekleri yeni metodolojiler sayesinde yakın gelecekte oluşabilecek fırsatları yakalayabileceklerdir (Lee ve diğ., 2014a).

Liebowitz (2013) yakın geçmişte ortaya çıkmış olan büyük verinin birçok çeşit tanımı olduğunu ve büyük verinin ortaya çıkmasından beri iş zekası dahil çok sayıda yeni kavramın farklı anlamlar ifade ettiğini belirtmiştir. İş zekası kavramı veri bilimi kavramından farklı olmakla beraber iş zekası raporlama ile alakalı olup geçmişe yönelik “ne olduğunu” inceler. Ancak veri bilimi neler olacağını/olabileceğini tahmin etmek ile alakalıdır (Liebowitz, 2013). Nesnelerin İnterneti'nin yeni teknolojilerin çoğunun temeli olduğunu, firmaların gelişmiş fonksiyon ve servisler sağlayabileceği verilerin toplanmasına ve iletilmesini sağladığının altı Ardolino ve diğ. (2018) tarafından çizilmiştir. Xu ve Duan (2018) çalışmalarında siber-fiziksel sistemler ve büyük veri kavramlarının birbirlerine sıkı sıkıya bağlı olduğunu altını çizmişlerdir. Nesnelerin İnternetinin asıl amacı birçok elektronik aletin her an bir servis noktasına bağlı bulunmasıdır fakat ERP sistemlerinin bu akıllı nesnelerin karşılıklı bağlantılarına olanak sağlamak için

gerekli olan arayüz ihtiyacını gidermesi gerekmektedir (Majeed ve Rupasinghe, 2017). Nesnelerin İnterneti ile ilgili son gelişmeler ve sensör teknolojisinin ortaya çıkması ile birlikte bir bilgi ağı oluşmuş ve insanları da içine katmış ve bunun sonucunda sektördeki büyük veri ortamını oluşturmuştur (Lee ve diğ., 2014a). Büyük verinin sıradan bir bilgisayar tarafından kabul edilebilir bir zaman diliminde işlenmesi pek mümkün olmamakla beraber büyük veri belirli amaçlar için farklı formatlar şeklinde farklı veritabanları sistemlerinde depolanır (Xu ve Duan, 2018). Bu dönüşüm, bulut bilişimin işlevsel kabiliyetlerinin ortaya çıkması ve IPv4'te eksik olan ve neredeyse sınırsız adresleme kapasitesiyle İnternet'in IPv6 protokolüne geçişi ile mümkün kılınmıştır (Majeed ve Rupasinghe, 2017). Tutarlı verilerin kullanılabilirliği, Endüstri 4.0'a giden yolda önemli bir koşulu olmakla beraber enformasyon, değer oluşturma zinciri boyunca hem dikey hem de yatay olarak tutarlı bir şekilde mevcut olmalıdır (Schröder, 2017). Majeed ve Rupasinghe'nin (2017) bakış açısına göre cihazlar ve makinelerin devamlı bağlantılı ve iletişim halinde olmasından kaynaklı olarak insanlar bunun getirdiği karmaşık süreçlerde çalışmak durumunda kalacak ve sonucunda bu sistemlerin insan-bilgisayar etkileşimi konusunda farklı biçimleri ortaya çıkacaktır.

Büyük veri kavramı ile beraber öne çıkan kavramlar yapay zeka ve makine öğrenmesi olarak söylenebilir (Zhou ve diğ., 2017). PwC'nin yapay zeka tanımına göre yapay zeka; ortamlarını algılayan, düşünen, öğrenen ve uyaranlara yanıt olarak harekete geçebilen bilgisayar sistemleri için kullanılan ortak bir terimdir. Bu uyaranlar, hacimli bilgi toplama programlarından ve görsel, dokunsal ve diğer sensörlerden elde edilen verileri içerebilir. Günümüzde kullanımda olan yapay zeka çeşitleri, dijital asistanları, sohbet botlarını, makine öğrenmeyi vb. diğer çeşitli tipleri içerir. (Geissbauer ve diğ., 2018). Tablo 2.4'de yapay zekanın dört çeşidi gösterilmiştir. Her bir safha farklı türde bir insan-makine etkileşimini temsil eder.

Tablo 2.4: Yapay zekanın dört çeşidi (Geissbauer ve diğ., 2018).

SİSTEMLER	DÖNGÜDE İNSAN MEVCUT	DÖNGÜDE İNSAN MEVCUT DEĞİL
Bütünleşik-spesifik sistemler	Yardımlı Zeka: İşlerin daha iyi ve hızlı bir şekilde yapılmasına yardımcı olur.	Otomasyon: Manuel ve bilişsel işlerin otomasyonudur. Rutin ve rutin olmayan işleri de kapsar.
Uyarlanabilir Sistemler	Arttırılmış Zeka: Daha iyi karar verme konusunda yardımcı olur.	Otonom Zeka: İnsan müdahalesi olmadan karar verme sürecinin otonom hale getirilmesidir.

Rüßmann ve diğ. (2015) analitik kavramının imalat dünyasında yeni olduğunu ve büyük veri analitiğinin üretim kalitesini optimize ettiğini ve enerji tasarrufu sağladığını belirtmişlerdir. Veri analitiğinde üç kavram önce çıkmaktadır; Geçmişçi açıklayan “*Tanımlayıcı Analitik*”, geçmişçi dayanarak gelecekte aynı yada farklı şekilde olacağını açıklayan “*Kestirimci Analitik*” ve gelecekteki ihtiyaçlara göre hazır olmayı açıklayan “*Kuralcı Analitik*” dir (Xu ve Duan, 2018). Lee ve diğ. (2014b) Endüstri 4.0'ın "kestirimci imalat" hakkında olduğunu öne çıkarmıştır. Ayrıca Makine çalışabilirliği kestirimciliğinin ve ortaya çıkarılan enformasyonun ERP sistemini üretimin yönetimini, bakım zamanlarını ve makine güvenliğini optimize edebileceğini öne sürmüştür. Macit (2017) Endüstri 4.0'ın imalat sektörüne çok önemli kazanımlar sağlayacağını belirtmiştir. Ayrıca üretim hattı, işletme yönetimi seviyesi ve tedarik zinciri yönetimi konusunda enformasyon akışı sayesinde üretim yönetimi daha şeffaf ve organize olacaktır. Ancak siber-fiziksel sistemler konusunda Xu ve Duan (2018) siber-fiziksel sistemleri daha verimli hale getirmek için veri analitiği perspektifinde çalışmaların çok az olduğunu belirtmişlerdir.

2.1.2.2 Bulut Bilişim

Bulut bilişim, temelinde daha hızlı ve daha yenilikçi bir yapıyı barındıran esnek bir bilgi işlem hizmeti sağlayıcısıdır. Hizmetleri sunucular, depolama, veritabanları, ağ bileşenleri, yazılım, analitik ve istihbarat sistemi gibi birçok alanı içermektedir. Bu sistem, kullanıcıya güçlü bir altyapı sağlayarak önemli bir rol üstlenmektedir (Hamdaqa, 2012). Bulut bilişim adının sıkça geçtiği bir diğer yeni oluşum ise, Endüstri 4.0'dır.

Nesnelerin İnterneti ile beraber bilgisayarların kapasite ve gücündeki artış sonucunda bulut bilişim teknolojisinin öne çıkmasına neden olmuştur (Ganzarain ve Errasti, 2016). Moeuf ve diğ. (2017) çalışmalarında KOBİ'lerin Endüstri 4.0'ın getirdiği tüm kaynakları kullanmadıklarını ve Endüstri 4.0'ı uygularken kendilerini Bulut Bilişim ve Nesnelerin İnterneti ile sınırlandırdıklarını keşfetmişlerdir. Gelişmeler neticesinde bulut bilişim ve nesnelerin interneti yeni bir alanın doğmasına neden olmuştur: Bu alan bulut tabanlı üretimdir. (Cloud Manufacturing) (Ren ve diğ., 2015). Bulut tabanlı üretim ağlara dayalı yeni bir üretim paradigmasıdır. Üretim kaynaklarını ve üretim imkanlarını üretim hizmetlerine dönüştürmek için ağ, bulut bilişim, hizmet bilgi işlem ve üretim teknolojilerini kullanır (Zhang ve diğ., 2014). Bulut tabanlı imalat bir ürünün tasarım aşamasından başlayarak simülasyon, imalat, test ve bakım aşamalarını kapsayan yaşam döngüsünün hepsini kapsamakla beraber üretim

malzemeleri ve kapasiteleri yönetilebilir. Üretim malzemeleri zeki bir şekilde algılanır ve buluta bağlıdır. RFID ve barkodlar gibi nesnelerin interneti teknolojilerine bağlı teknolojiler sayesinde otomatik olarak yönetilebilmektedir. Hizmet odaklı teknolojiler ve bulut bilişim bu konseptin temellerini oluşturur (Zhong ve diğ., 2017). Bulut Bilişim ve büyük veri artık yaygın olarak kullanılmaktadır ve mevcut değişikliklerin önemli bir sağlayıcısıdır.

Bulut bilişimde ki sorun KOBİ'lerin geniş bir yelpazede seçenekler sunan merkezi bir platforma ihtiyaç duymalarıdır. Bunlar KOBİ'ye en uygun ortaklar, minimum yönetsel efor, etkin işbirliği ve sağlam güvenilirlik şeklinde belirtilebilir (Ren ve diğ., 2015). Bulut Bilişim KOBİ'lere BT teknolojilerinden büyük şirketler kadar faydalanmalarına olanak sağlar (Günebakan, 2016). KOBİ'ler, bulutun faydalarından yararlanmak için daha büyük bir fırsata sahiptir. Çok daha güçlü olan rakiplerinin aksine KOBİ'lerin büyük çoğunluğu, karmaşık ve eski olan bilgi teknolojileri (BT) sistemlerine sahip değildir. Akıllı fabrikalarda endüstriyel işler ile beraber büyük veri analizinden anlamlı veriler çıkararak bu veriyi başka bir akıllı fabrikada aynı sensörlere sahip ve benzer bir iş yapan robota aktarmak hem ağ iletişimi hem de bulut bilişim için önemli bir zorluktur (Bayram ve İnce, 2018).

Amerika Birleşik Devletlerinin en eski iş dergilerinden biri olan Fortune dergisinde yayınlanan makalede dijitalleşme ve akıllı otomasyon ERP sistemlerinde de radikal değişimlere yol açmakta ve ERP sistemleri üretim otomasyonları ile entegre çalıştığından dolayı değişime ayak uydurmaktadır (Şuman, 2016). Xu ve Duan (2018) bu dönemde öne çıkan kavramlardan birisinin bulut bilişim olduğunu ve bulut teknolojisinin internet üzerinden kaynaklara tümleşik erişim sağladığını ve ön ödeme/yatırım maliyetini azalttığını ancak yönetimi üçüncü taraf olan bulut servis sağlayıcısına bıraktığını belirtmişlerdir. ERP konusunda ise özellikle SaaS ön plana çıkmaktadır. SaaS basit olarak bulut üzerinde bulut sağlayıcısı tarafından sağlanan bir ERP yazılımıdır; uygun maliyetli olmasına karşın güvenlik konusunda sakıncaları bulunmaktadır (Al-Ghofaili ve Al-Mashari, 2014). SaaS başlangıç maliyeti olarak bilinen probleminin kolayca aşılmasını sağlamakla beraber daha kolay ve fiyat olarak daha uygun kabul edilen bir erişim imkanı verir.

KPMG'nin 2017 de CIO lar arasında yaptığı bir ankette bulut bilişimin benimsenmesinde çeviklik, hızlı çözüm oluşturmak ve inovasyon ve ürün geliştirmeyi hızlandırmak olduğu ortaya çıkmıştır. Tasarruf ise üçüncü sırada yer almaktadır. Pazardaki değişikliklere hızlı cevap verebilmek ve müşteri deneyimini anlayabilmek için çeviklik önemli olmak ile beraber tasarruf

yapma konusunda uzun vadede yatırım yapabilme gücünü korumak adına önem arz etmektedir (KPMG, 2017).

2.1.2.3 Otonom Makineler ve Siber-Fiziksel Sistemler

Yüksel ve Şener (2017) Endüstri 4.0 kavramının dört adet ana bileşeninin olduğunu ve siber-fiziksel sistemlerin ve nesnelerin internetinin de bu bileşenlerden bazıları olduklarını açıklamışlar ve bunlarla birlikte makineler arası iletişimin nesnelerin internetinin başlatıcısı olduğunu ayrıca belirtmişlerdir. Endüstri 4.0'ı tanımlarken kullanılan siber fiziksel sistemler kavramı, bilgisayar bilimi ve bilişim teknolojileri alanlarında önemli gelişmeleri temsil etmektedir (Pereira ve Romero, 2017). İmalat endüstrisindeki son gelişmeler siber fiziksel sistemlerin sistematik bir şekilde konuşlandırılmasının önünü açmakla beraber fiziksel fabrikanın ve dijital alanın arasında her türlü alakalı bilginin yakından izlenmesi ve senkronize edilmesini sağlamaktadır (Lee ve diğ., 2015). Robotik teknolojisi ve gelişimi sadece ilgili araç ve materyallerin maliyetine bağlı değildir. Bir robotun daha ucuz hale gelmesi için teknolojik bileşenlerin gelişmelerine, daha kaliteli ve daha hızlı ve daha ucuz işlemcilerle sahip sensörlere sahip olması, açık kaynaklı robotik yazılım ve uygulamalara bağlılık durumu ve az enerji tüketmek gibi faktörlere de bağlıdır (Bayram ve İnce, 2018).

Lee ve diğ (2015) toplamda 5 seviyeli bir siber-fiziksel sistem yapısı geliştirmişlerdir. 5C mimarisi adını verdikleri bu yapının amacı adım adım siber-fiziksel sistemlerin imalata uygulanmasıdır. Bir siber-fiziksel sistem iki ana fonksiyonel içerik barındırır. Bu içeriklerden ilki fiziksel dünyadan gerçek zamanlı veri alınması ve siber uzaydan enformasyon geribildirimini alabilecek gelişmiş bir bağlantıdır. İkinci fonksiyon ise akıllı veri yönetimi, analitik ve siber uzayın inşası için hesaplama kapasitesidir. 5C yi oluşturan yapı (1) *Bağlantı Seviyesi* ilk aşama olmakla beraber bu aşamada veri sensörler yada ERP gibi sistemler ile elde edilir. (2) *Veri'yi bilgiye çevirme seviyesi* algoritmalar sayesinde sonucu önceden bilmek ve makinenin durumunu yöneten uygulamalar (kullanım süresi vb.) ile alakalıdır. Bu seviye makinelerle öz farkındalık verir. (3) *Siber seviyesi* ise mimaride bir bilgi merkezi görevi görür. Makine ağını yaratmak için bilgi akışı buradan sağlanır. Bu bilgi toplanırken aynı zamanda spesifik analitiklerde makinelerle ek bilgi sağlamak için yapılır. (4) *Bilişsellik* seviyesinde ise toplanan bilgilerin uzman kullanıcılara sunulması ve bu bilgiler ile doğru karar verme desteklenir. Bu seviyede bilginin kullanıcılara aktarılması için tam ve doğru infografikler kullanılmalıdır. (5) *Konfigürasyon* seviyesi ise siber uzaydan fiziksel dünyaya gelen geribildirimler ile alakalıdır.

Bu seviye direnç kontrol sistemi görevi görür ve düzeltici önleyici kararları uygulanmasını sağlar. Endüstri 4.0 ve Siber-Fiziksel Sistemler gibi gelişmiş kavramların implementasyonu konusunda sadece makineler arası bağlantı ve sensörlerin varlığı tek başına yeterli değildir. Bu gelişmiş kavramlardan yararlanmak için doğru bilgi doğru zamanda var olmalı ve doğru amaç için kullanılmalıdır (Lee ve diğ., 2014b).

Tablo 2.5: Günümüzün fabrikası ve Endüstri 4.0 fabrikası karşılaştırması (Lee ve diğ., 2014b).

KATEGORİ	VERİ KAYNAĞI	GÜNÜMÜZÜN FABRİKASI		ENDÜSTRİ 4.0 FABRİKASI	
		ÖNEMLİ NİTELİKLER	ÖNEMLİ TEKNOLOJİLER	ÖNEMLİ NİTELİKLER	ÖNEMLİ TEKNOLOJİLER
Bileşen	Sensör	Kesinlik	Akıllı Sensörler ve Hata Tespiti	Öz Farkındalık Oto-Kestirim (öngörme)	Bozulum İzleme ve Faydalanma Süresi Tahmini
Makine	Kontrolör	Üretkenlik ve Performans	Durum bazlı İzleme ve Tanılama	Öz Farkındalık Oto-Kestirim (öngörme) ve Oto -Kıyas etme	Kestirimci Faydalanma Süresi İzleme
Üretim Sistemi	Ağa bağlı imalat sistemi	Üretim ve Toplam Ekipman Etkinliği	İş ve İsraf Azaltımı	Oto-Yapılandırma Oto-Sürdürmek Oto-Organize etmek	Sorunsuz Üretim

Otonom makineler, ya da gelişmiş robotik olarak tanımlanabilecek bu teknoloji aslında otonom ve kendi aralarında iş birliği yapan endüstriyel robotları kapsar. Çok sayıda entegre sensör ve standartlaşmış arayüz bu teknoloji altında incelenebilir (Chong ve diğ., 2018).

2.1.2.4 Arttırılmış ve Sanal Gerçeklik

3-D teknolojiler, simülasyon, sayısallaştırma, sanal gerçeklik ve arttırılmış gerçeklik gibi kavramlar günümüzün bilgi toplumunda kilit bir pozisyonundadır. Sanal gerçeklik konusunda özellikle öne çıkan eğitim çözümleri ve bu çözümlerin implementasyonu birçok farkı alandan uzmanlık seviyesinde “know-how” bilgisi gerektirmekte olup sanal gerçeklik yolu ile bilgi

aktarımı konusunda metodolojik yaklaşım Blümel ve diğ. (2012) tarafından dört aşamalı şekilde belirtilmiştir. Bu aşamalar (1) sanal gerçekliğin uygulanmasının potansiyelinin belirlenmesi ile beraber KOBİ’lerde farkındalığın arttırılması, (2) şirketin ihtiyaçlarını belirleme ve operasyonel sorunları yapılandırma amaçlı potansiyel analizi yapmak, (3) temel eğitim ve gelişmiş/ileri eğitim şeklinde eğitimin test edilmesi, (4) şirketlerde somut sanal gerçeklik uygulamalarının test ve değerlendirmeye tabi tutulması.

Tanım olarak arttırılmış gerçeklik sanal nesnelerin kullanımı ile insan algısının bilgisayar destekli olarak “arttırılmasıdır” (Gorecky ve diğ., 2014).

Gorecky ve diğ. (2014) Endüstri 4.0 ile beraber işyerinde her çalışanın çözmesi gereken birçok problemi olacağı ve bu problemlerin planlama ile ilgili ve “mental işler” olacağını varsaymışlardır. Blümel ve diğ. (2012) sanal gerçekliğin mesleki eğitimde kullanılmasının hem ekonomik hemde teknolojik olarak önünün açık olduğunu belirtmişlerdir.

Endüstriyel robotların donanımsal maliyetleri artık azalmış olsada entegrasyon ve programlama maliyetleri KOBİ’ler için pek elverişli değildir. Ameri ve diğ. (2010) yapıları çalışmada Endüstriyel robotları KOBİ sektöründe daha yaygın hale getirmek için, endüstriyel robotların, bir üretim tesisinde üretim hattında çalışan mühendisler tarafından kolayca (yeniden) programlanabilir olmaları gerektiğini belirtmişlerdir. Ayrıca bunu sağlamanın yolunun arttırılmış gerçeklik kullanımı ile mümkün olabileceğini savunmuşlardır. Arttırılmış gerçeklik sayesinde yapılan işle alakalı bilgiler çalışanın görüşüne direkt olarak verilebilir (Gorecky ve diğ., 2014).

Başka bir imkan olarak; iş süreçlerinde ve yapılan işlerde; örneğin kullanma talimatlarını okumak işlerin yapılma hızını olumsuz etkilediğinden çalışanlar arttırılmış gerçeklik sayesinde talimatları iş yaparken aynı anda görebilirler veya basit bir şekilde e-maillerini ellerini bile kıpırdatmadan okuyabilirler (Sappin, 2018). Arttırılmış gerçeklik ve eğitim konusu kullanıcıların veya çalışanların performansını arttırmak amacı taşımasından kaynaklı şirketler için çok önemlidir. Ancak bu özellikte operasyonlar pahalı bileşenler barındırmasından ötürü işletmeler için bir yüküdür. Buna ek olarak şirketler çalışanların verimliliğini arttırmak ve hatalarını azaltabilmek amacıyla sanal modeller geliştirmek için yüksek bütçe ayırmaktadırlar (Esengün ve İnce, 2018). Gorecky ve diğ. (2014) Sanal gerçeklik ve arttırılmış gerçeklik sayesinde kullanıcı ve siber-fiziksel sistemler arasında bir bağdaştırıcı arayüz yaratılabileceğini

belirtmişler ve sanal gerçekliğin kullanıcının siber-fiziksel sistem tabanlı bir üretim sistemini etkileşimli olarak keşfetmesine olanak tanıyacağını savunmuşlardır. Bununda imalat sürecinin haritasını tekrar baştan çıkararak başarılabileceğine bağlamışlardır. Ayrıca Endüstri 4.0'ın getirdiği teknolojilerden birisi olan “Simülasyon” da fiziksel dünyanın sanal gerçekliği oluşturularak operatörler gerçek üretime geçilmeden önce sanal olarak üretimin test edilmesine olanak sağlar. Simülasyon’da fiziksel dünyanın sanal gerçekliği oluşturulur (Davutoğlu ve diğ., 2017).

2.1.2.5 Siber Güvenlik

Endüstri 4.0 güvenliği anlayışında ele alınan siber güvenlik riskleri temel olarak çok dar teknolojik olan sorulara bağlıdır. Bu sorunlar Nesnelerin İnternetinin uygulanması için gereken verilerin imalat ve izleme cihazları arasında ve özel sensörlere kablosuz şekilde iletimi ve kişisel verilerin korunması olarak sıralanabilir (Basl ve Doucek, 2019). Veri güvenliği tüm şirketler için çok önemlidir. Ancak Smit ve diğ. (2016) bu durumun Endüstri 4.0 bağlamında çalışan şirketler için endişe verici olduğunu ve bunun sebebinde Endüstri 4.0 kavramının değer zinciri boyunca makineler arasında otonom bağlantı temelli olması sebebiyle siber-fiziksel sistemler ve nesnelerin internetinin bu kavramın omurgasını oluşturduğunu, ve bir siber saldırının veya veri güvenliğini tehdit edecek bir unsurun direkt olarak şirketin sadece bir parçasına değil tamamına zarar vereceği şeklinde açıklamışlardır.

İngilizce ENISA olarak bilinen Avrupa Birliği Ağ ve Bilgi Güvenliği Ajansı, Kasım 2018 de yayınladığı raporunda siber güvenliğin Endüstri 4.0'ın benimsenmesinde anahtar bir role sahip olduğunu ve bunun sebebinde Endüstri 4.0 siber güvenlik vakalarının giderek artması sonucunda siber direnç kavramının güçlendirilmesinin gerekli olduğu belirtilmiştir (ENISA, 2018). Siber direnç yada diğer adı ile siber esneklik Björck ve diğ. (2015) tarafından “olumsuz siber olaylara rağmen hedeflenen sonucu sürekli olarak ortaya koyma yeterliliği” olarak tanımlanmıştır. Siber güvenlik ve siber direnç farklı iki kavram olmakla beraber birbirlerini bütünleyen iki disiplin olarak görülmelidir (Koç, 2016).

Dijitalleşme ve nesnelerin internetine doğru yönelim özellikle operasyonel faaliyetlerinde endüstriyel kontrol sistemlerini kullanan şirketler tarafından gerçekleştirilmektedir. Ancak Kaspersky'nin (2016) yayınladığı raporda araştırmaya katılan şirketlerin %65'inin siber güvenlik tehlikesinin nesnelerin interneti ile alakalı buldukları ortaya çıkmıştır. Ayrıca şirketler

endüstriyel süreçlerini hızlandırmak için bilgi teknolojilerini yatırım yaparken kullandıkları operasyonel teknolojilerini saldırılara açık bir pozisyonda bırakmaktadırlar. Bilgi İşlem departmanlarında çalışan müdür seviyesindeki çalışanların yarısının kendi endüstriyel kontrol sistemlerinde ki olaylardan habersiz oldukları bu araştırmanın diğer bulguları arasında yer almaktadır.

2.1.2.6 Yatay ve Dikey Entegrasyon

Yatay ve Dikey entegrasyon işletmelerin Endüstri 4.0 seviyesine ulaşmaları için gerekli kavramlardır. Torn ve Vaneker (2019) Yatay ve Dikey entegrasyonu şu şekilde açıklamışlardır: Dikey Entegrasyon bir organizasyonda mevcut olan hiyerarşik yapıdaki çapraz bağları makineler, ürünler, İmalat Yürütme Sistemleri (MES) ve Kurumsal Kaynak Planlaması (ERP) arasında bilgi alışverişi ile tanımlar. Yatay entegrasyon, değer zincirini oluşturan organizasyonların arasında bilgi paylaşımı anlamına gelir ve bu sayede şirketin sınırları dışında bir ağ oluşturulur. Kapsam olarak, sadece satıcı-alıcı arasında olmamakla beraber başka çekirdek işletmeler ile üreticiler arasında olabilmesi örnek verilebilir. Dikey entegrasyon organizasyondaki farklı hiyerarşik seviyelerde bulunan iş birimlerinin akıllı bir şekilde birbirine bağlanmasını ve dijitalleştirilmesini gerektirir. Bu sebeple dikey entegrasyon akıllı fabrikaya oldukça esnek bir şekilde dönüşüm sağlar ve kabul edilebilir karlılık seviyelerine sahip daha kişiselleştirilmiş ürünler üretilmesini sağlar (Salkin ve diğ., 2018).

Chong ve diğ. (2018) yatay ve dikey entegrasyonu “veri aktarımı standartları temel alınarak şirketler arası veri entegrasyonu” şeklinde tanımlamış ve ön şart olarak ise tamamen otomatikleştirilmiş değer zinciri gerektiğini belirtmişlerdir. Yatay değer zincirinin dijitalleştirilmesi bilgi akışını optimize eder ancak bu süreç tüm şirket içi departmanların entegrasyon ve kontrolünü gerektirmektedir. Bununla beraber değer zinciri dış ortaklarının müşterilerin gereksinimlerini karşılaması ve gerekli hizmetleri yerine getirmesi de bu dijitalleştirmenin bir parçasıdır (Geissbauer ve diğ., 2014).

Torn ve Vaneker (2019) KOBİ’lerin sıfırdan bir üretim/imalat merkezi kurmak yerine halihazırda var olan ekipmanlarını yükseltmeyi yada ilk etapta çok kritik olan makineleri değiştirmelerinin daha iyi olacağını zira bu şekilde dönüşüm maliyetlerinin daha uzun vadeye yayılabileceğini belirtmişlerdir. Sistem entegrasyonu kavramı birden fazla sistemin bir araya getirilip tek sistem olarak çalışmasının sağlanmasıdır. Birçok sistemin birbiri ile entegre olması

sayesinde üretimin daha hızlı, esnek ve sorunsuz olması sistem entegrasyonunun amacıdır (Davuoğlu ve diğ., 2017). Ayrıca “geleceğin fabrikası” kavramının temellerinden birisi yatay entegrasyondur. Bunun sebebi imalat yapan işletmelerin ve çalışanlarının şirket ötesinde de bir çok departman ile iletişimde olma durumlarıdır. Bu iletişim açık sistemler ile açık standartlara dayanarak yapılmalıdır (Haddara ve Elragal, 2015). İşletmeler arasındaki yatay süreçler işletme ekosisteminde entegre değer ağlarına dönüşmektedir. Yüksek seviyede yatay entegrasyon, sürekli değişen ve özel taleplere hızlı ve çevik tepkiler sağlar. Ayrıca organizasyon boyunca dikey aktiviteler gittikçe daha fazla otomatik hale getirilmekte ve makineler tarafından yönlendirilmektedir. Sonuç olarak makineler merkezsizleşmiş ve otonom süreç kontrolünü mümkün kılmaktadır (Smits, 2016).

2.1.2.7 Nesnelerin İnterneti

Akıllı fabrika Endüstri 4.0 fikrini kolaylaştıran bir kavramdır. Nesnelerin İnterneti tam bu aşamada devreye girmektedir. Fabrikada makinelerin/cihazların birbirleri ile iletişim halinde olacaklardır. Örneğin hammaddenin azaldığını veya yeni malzemelere ihtiyaç olduğu bilgisini makineler iletecektir. Bu nesneler internet üzerinden “akıllı” bir şekilde iletişim kuracaklardır (Grieco ve diğ., 2017). Nesnelerin internetinde tanımlanabilir nesneler bir bilgisayar ağı kullanarak doğrudan veya dolaylı olarak bilgi toplayabilir, bu bilgiyi analiz edebilir veya bilgi alışverişi yapabilir. Nesnelerin interneti makinelerin operasyonel kısmında doğru ve hızlı karar vermeye olanak sağlar ancak “son kararı” her zaman bir “insan” verir. Otomatik üretim ve endüstriyel otomasyon alanındaki mevcut çözümler, üretim cihazlarının siber-fiziksel sistemler alanındaki katı bilgi entegrasyonu için nesnelerin interneti kavramının kullanılmasının önünü açmaktadır. Kontrol cihazları ve sensörler aracılığıyla, bu sistemler üretim süreçlerindeki verileri izler ve analiz eder, iletişim cihazları ise gerçek zamanlı olarak üretim kaynakları arasında karşılıklı etkileşime olanak sağlar. Bu şekilde, herhangi bir “insan katılımı” olmadan karar verme özerkliği ile karakterize edilen bir siber-fiziksel üretim sistemi ortaya çıkar (Zawadzki ve Zywicki, 2016).

2.1.2.8 Üç Boyutlu Yazıcılar

“3B yazıcılar üç boyutlu bir veriyi elle tutulabilir gerçek nesne biçimine dönüştüren makinelerdir” (Gabaçlı ve Uzunöz, 2017). 3B yazıcılar bir katmanlı üretim süreci olmakla

beraber birçok çeşidi bulunmaktadır. Katmanlı üretimde taşıma mesafesini ve envanteri azaltmak amacıyla merkezi olmayan 3B yazım tesisleri kullanılır (Chong ve diğ., 2018).

2.1.3 Endüstri 4.0'ın Öne Çıkan Faydaları

“Endüstri 4.0 katma değer içermeyen veri manüplasyonunu azaltır, Orjinal Ürün Üreticileri (OEM) ve KOBİ tabanlı tedarik zinciri iletişimini iyileştirir, ve tedarik zinciri performansını geliştirir, işletmenin birlikte işlerlik konusunda sıkıntılarını giderirken yeni kariyer fırsatları yaratarak insanı dijital dünyaya entegre ederek karar vermeyi iyileştirir” (Önday, 2018). Endüstri 4.0'ın öne çıkan faydaları aşağıda daha detaylı olarak açıklanmıştır.

2.1.3.1 Maliyet ve Verimlilik

Endüstri 4.0 sayesinde mühendislik giderleri %30'a kadar azalabilirken %70 lere varan enerji tasarrufu sağlanabilmektedir (Ersoy, 2016). Endüstri 4.0 teknolojilerinin benimsenmesi neticesinde 5-10 yıl arasında tahmin edilen etkiler işletme maliyetleri, işçilik ve genel giderlerin maliyetlerinin %30 oranında azalacağı, (Rüßmann ve diğ., 2015) ve bununla beraber yeni tedarik zinciri yapıları, esnek süreçler ve yüksek ekipman verimliliğinden kaynaklı olarak maliyetten tasarruf ön görülmektedir (Burmeister ve diğ., 2016). İmalat işletmeleri göz önüne alındığında, plan dahilinde olmayan aksaklık süreleri imalat işletmeleri üzerinde ciddi maliyetlere sebep olmaktadır. Endüstri 4.0 ile beraber ortaya çıkan “kestirimci bakım” kavramı aktiflerin kullanımının iyileşmesini ve işletmede karı arttırıcı etkisi bulunmaktadır. Aynı zamanda uzun zamandır imalatçıların hedefinde bir konu olan “operasyonel optimizasyon” sayesinde operasyonel maliyetlerin azalıp süreçlerin iyileşmesi durumu söz konusudur (Tidhar ve diğ., 2018).

2.1.3.2 İstihdamdaki Değişiklikler

Genel anlamda Endüstri 4.0'ın sebebiyle robotların bazı meslekleri insanların elinden alacağı ve bu sebeple büyük bir işsizliğe sebep olacağı inancına bir çok farklı kaynakta rastlamak mümkündür. Haddara ve Elragal (2015) geleceğin fabrikasında insanların çok büyük bir rol oynayacağını ancak oynayacakları bu rolün günümüzdeki becerilerden farklı tipte beceriler içereceğini belirtmişlerdir. İnsanlar geleceğin fabrikasının mimarları ve robotların yöneticileridir. Bu sebeple izleme faaliyetleri önem kazanması beklenmekte zira teknolojiye kaynaklı oluşabilecek teknik bir hata çok ciddi sonuçlar doğurabilecektir. Örneğin bir sensör

arızası sebebiyle hatalı okuma algoritmaları etkileyebilecek ve yanlış karar vermeye sebep olabilecektir.

2.1.3.3 Hız ve Esneklik

Endüstri 4.0 müşteri ihtiyaçlarına günümüzden daha hızlı bir şekilde yanıt verebilmekte, esneklik hız, verimlilik ve kalite konusunda gelişmeler sağlamaktadır (Rüßmann ve diğ., 2015). Endüstri 4.0’da yeni ürünleri pazara sunma süresi %25 ile %50 arasında azalabilmektedir (Ersoy, 2016).

2.1.3.4 İş Modelleri ve Müşteri İlişkileri

Endüstri 4.0 ile beraber klasik rekabet anlayışının değişmesi yatay işbirliği neticesinde mümkün olmaktadır. Ortak bir ekosistemde bulunan işletmeler başka ortak ekosistemde bulunan işletmelere karşı birlikte rekabet etmektedirler. Bu sistemde verinin kalitesi ve genel standartlar ile birlikte pazarda öne çıkabilecekler ve müşterilere daha fazla katma değer sunabileceklerdir (Geissbauer ve diğ., 2014). Müşteriler ile ilgili olarak, aynı zamanda bir ürün henüz üretilmeden Endüstri 4.0’ın getirdiği arttırılmış gerçeklik yada sanal gerçeklik gibi teknolojiler ile müşterilere ürün hakkında daha iyi bir perspektif sunulabilmesi mümkündür. Bu sebeple Endüstri 4.0 müşteri ilişkileri konusunda da büyük değişimlere sebep olacaktır (Oesterreich ve Teuteberg, 2016). Önde gelen sanayi şirketleri, müşteriye arzlarını geniş tutmak amacıyla “yıkıcı” dijital çözümler sunmaktadır. Endüstri 4.0’la beraber farklı iş modellerini esnek bir şekilde müşteri erişimi ile birleştirmek (örneğin, talep üzerine üretim; yerinde üretim ve tüketici mühendisliği) ve böylece yeni üretim yöntemleri oluşturmak mümkündür. Yıkıcı dijital iş modelleri daha yüksek ciroyu hedefleyerek müşteri deneyimini etkileşim ve erişim açısından en uygun hale getirmeye odaklanacaktır (Xing ve Marwala, 2017).

2.2 KOBİ KAVRAMI VE ENDÜSTRİ 4.0

2.2.1 KOBİ Kavramı ve Gelişimi

“KOBİ’ler ekonomide her zaman var olan ancak sanayi toplumundan bilgi toplumuna geçilirken sahip olduğu önemin farkına varılan ekonomik birimlerdir” (Özdemir ve diğ., 2011). Günümüzde KOBİ’lerin birçok kaynakta birçok farklı tanımı bulunmaktadır.

Örücü ve diğ. (2011) KOBİ'ler konusunda tek bir tanım konusunda görüş birliğine varılmasının oldukça zor olduğunu belirtmişler ve bunun sebebini yapılan araştırmalarda KOBİ'leri tanımlamak konusunda kullanılan ölçütlerin farklı olmasına bağlamışlardır. Ayrıca, hem araştırmacıların hem de ülkelerde ki kurumların ve yasaların tanımları konusunda farklılıkların mevcut olduğunu belirtmişlerdir. Buna rağmen bir ülkenin gelişmişlik derecesi ne olursa olsun KOBİ'lerin ekonomiye etkisi çok yüksek olup, genel anlamda dünya ekonomisinin gelişiminde de odak noktasıdır. KOBİ'ler ekonomik sektörlerin yaratılması, ortadan kaldırılması ve yeniden yapılandırılması yoluyla ekonominin rekabet edebilirliğinin artırılmasında önemli bir rol oynamaktadır (Bernaert ve diğ., 2014).

Özellikle Avrupa Birliği ülkeleri, Amerika Birleşik Devletleri ve Avustralya gibi ülkelerde girişimcilik, yaratıcılık ve yenilikçiliğin geliştirilmesi temel amaç olarak benimsenmiştir (Kılıç ve Keklik, 2012). Günebakan (2016) KOBİ'lerin yükselişinin bilgi toplumuna geçiş sürecinde ortaya çıkan önemli bir değişim olduğunu belirtmiştir. KOBİ'ler Avrupa Birliği içerisindeki şirketlerin %99'unu oluştururlar ve %50 ile %70 arasında tam zamanlı çalışanlar KOBİ'lerde istihdam edilmektedir. Bu sebeple KOBİ'ler verimli bir araştırma kaynağıdır (Müller ve diğ., 2018).

Geçmişe bakıldığında KOBİ'lerin tanımı konusunda yapılmış çalışmalara rastlamak mümkündür. Loecher'e (2000) göre sadece sayısal bakış açısı ile bakıldığında her sektörden işletmeler belirlenen barajı geçmesi şartı ile KOBİ kategorisine girmektedir. Ancak işletme büyüklüğünün bilanço tablosu, yapılan yatırımlar, kar, üretim ve satış hacimleri vb. göstergeler baz alınmadan sadece sayısal şekilde belirlenmesi bazı problemlere yol açtığından ilk defa 3 Nisan 1996 yılında tüm Avrupa Birliği genelinde tek bir KOBİ tanımı kabul edilmiştir ve değişen şartlara göre bu tanım zaman geçtikçe değişime uğrayabilmektedir (European Commission, 2015). Aynı şekilde Keskin ve diğ. (2010) KOBİ tanımları konusunda koşulun genellikle ülkelerin ekonomik büyüklükleri olduğunu ve KOBİ kelimesinin aslında hukuki değil ekonomik anlam taşıdığını belirtmişlerdir. Ardic ve diğ. (2011) ülkelerarası bir KOBİ analizi yapmanın önündeki en büyük engellerden birisi olarak KOBİ kavramının evrensel bir tanımının olmaması olarak görmüştür. 24.06.2018 yönetmeliğine göre KOBİ sınıflaması Şekil 2.3'de sunulmuştur.

KOBİ TİPİ	ÇALIŞAN SAYISI	YILLIK HASILAT VEYA BİLANÇO TOPLAMI
Mikro Ölçekli İşletme	1-9	3 Milyon TL'ye kadar
Küçük Ölçekli İşletme	10-49	25 Milyon TL'ye kadar
Orta Ölçekli İşletme	50-249	125 Milyon TL'ye kadar

Şekil 2.3: 24.06.2018 tarihli yönetmeliğe göre KOBİ sınıflaması (KOSGEB, 2018).

KOBİ'leri tanımlayan kanun 2018 yılında değişmiştir. KOBİ, "250 kişiden az yıllık çalışan istihdam eden ve yıllık net satış hasılatı ya da mali bilançosu 125 milyon lirayı aşmayan ve yönetmelikte mikro işletme, küçük işletme ve orta büyüklükteki işletme olarak sınıflandırılan ekonomik birimler" olarak tanımlanmıştır. Değişiklikten önce bir işletmenin KOBİ olarak tanımlanması için, yıllık net satış hasılatı veya mali bilançosu üst sınırının 40 milyon lira olması gerekmekteydi (Ufuk, 2020).

2.2.2 KOBİ'lerin Türkiye Ekonomisindeki Yeri

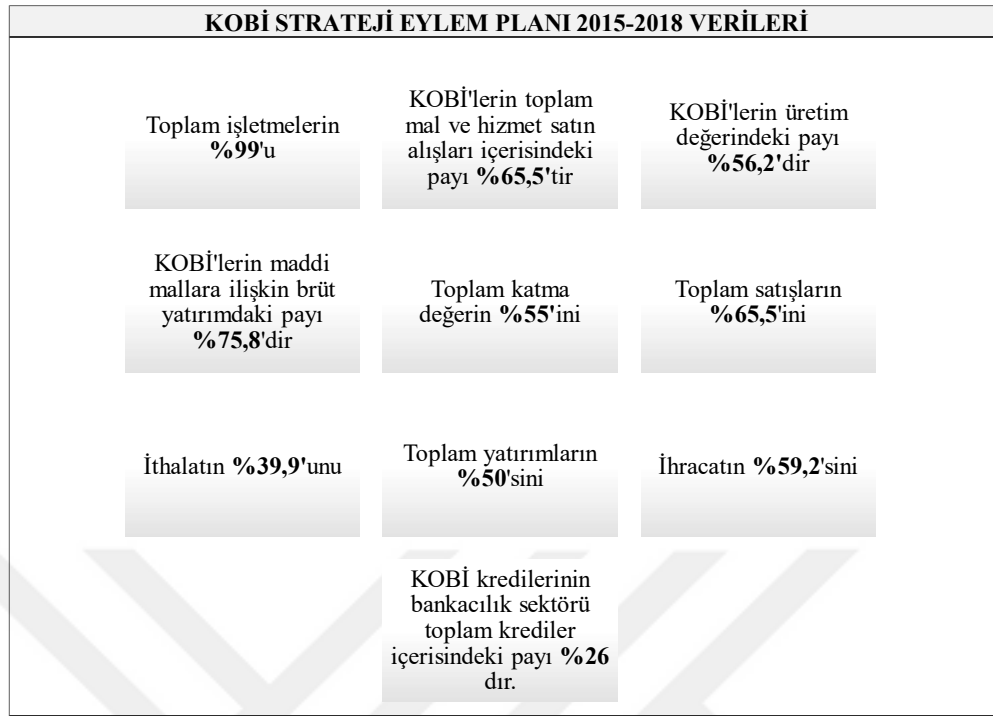
Avrupa ile uyum süreci ile beraber ekonomideki önemli pozisyonundan dolayı KOBİ'ler, doğrudan yada dolaylı olarak bu süreçten ekilenmişler ve çeşitli politikalar sonucunda mali stratejiler oluşturulmuştur. 1980'li yıllarda ciddi ivme kazanan bu sürecin başlangıcı 1960'lı yıllardır. İlgili KOBİ politikalarının uygulanmasını sağlamak amacı ile SEGEM (Sınai Eğitim ve Geliştirme Merkezi) ve KÜSGET (Küçük Sanayi Geliştirme Teşkilatı) kurulmuş ancak ilgili kuruluşlar son olarak KOSGEB (Küçük ve Orta Ölçekli Sanayi Destekleme ve Geliştirme İdaresi Başkanlığı) ismi altında birleşmişlerdir (Tanyeri, 2013). 1973 yılında Sanayi ve Ticaret Bakanlığı bünyesinde kurulmuş olan KÜSGEM, KOSGEB'in temelini oluşturur. 1983 yılında ise "Küçük Sanayi Yayılım Hizmetlerinin Geliştirilmesi" ne dair Uluslararası Anlaşma ile KÜSGET adı altında faaliyetleri yaygınlaştırılmıştır (Özdemir ve diğ., 2011).

Geleneksel yöntemleri kullanarak verimliliği arttırmanın pek mümkün olmadığı 1990'lı yıllarda sanayi ülkelerindeki refah seviyesi artış göstermiştir. Bu refah sonucunda işçilik ücretlerinde yükseliş meydana geldi ve üretim, ucuz işgücü bulunan ülkelere doğru taşınmaya başladı. 2000'li yıllardan beri ise ucuz işgücü bulunan ülkelere de refah seviyesinde artış görülmüş ve işletmeler rekabet avantajı elde etme amacıyla gelişmiş otomasyon ve robot teknolojilerini benimsemeye başlamışlardır (Özlü, 2017). Küreselleşme ile birlikte sanayi

toplumunun temel yapıları olan karma ekonomik yapı yerini piyasa ekonomisine, esnek üretime, kütleli üretim ise yerini çeşitli ekonomisine bırakmıştır (Özdemir ve diğ., 2011). Bu gelişmeler sonucunda dünya üzerinde küreselleşme meydana gelmiş ve 1970-2015 yılları arasında küresel ticaret hacmi 300 milyar dolardan 20 trilyon dolara yükselmiştir. Aynı zamanda, teknolojik gelişmeler sayesinde cep telefonları vb. mobil elektronik ürünlerin kullanımı hızlı yayılmış ve Nesnelerin İnterneti teknolojisi hızlı gelişim göstermiştir (Özlü, 2017).

2016 yılında Türkiye ile Avrupa Komisyonu arasında “İşletmelerin ve KOBİ’lerin Rekabet Edebilirliği Programı” anlaşması 16 Ekim 2014 tarihinde Brüksel’de imzalanmış ve böylelikle Türkiye, Avrupa Birliği ile uyum sürecinde birçok diğer programda yer aldığı gibi KOBİ’lere ve girişimcilere çok önemli fırsatlar sunan COSME (Competitiveness of Small and Medium-Sized Enterprises) Programında yerini almıştır. “COSME, KOBİ’lerin rekabet edebilirliğini arttırmaya yönelik 2014-2020 yıllarını kapsayan bir AB programıdır. COSME programının bütçesi, KOBİ’lerin finansmana erişimin artırılması, pazarlama erişiminin iyileştirilmesi, çerçeve koşulların geliştirilmesi ve girişimciliğin teşvik edilmesi amacıyla 7 yıl için 2,3 milyar Avro olarak öngörülmüştür.” KOSGEB, COSME Programının ulusal koordinasyonunu yapmaktadır (KOSGEB, 2018).

KOBİ Strateji Eylem Planı KSEP (2015) 2015-2018’den alınan veriler Şekil 2.4’de gösterilmiştir.



Şekil 2.4: KOBİ strateji eylem planı 2015-2018 verileri.

KOBİ'lerin esnek organizasyon yapıları piyasalardaki değişmelere eş zamanlı uyum sağlayabilme özelliği yanında teknoloji alanındaki yeniliklere hızlı adaptasyon, çeşitliliği fazla ürün sunabilme, az girdi ile çok çıktı elde edebilme gibi avantajlar sunmaktadır (Türkoğlu ve Çelikkaya, 2011). KOBİ'lerin az sermaye ile çok sayıda işgücüne istihdam imkanı sunması önemli olmakla beraber girişimci ruha sahip insanların kendi girişimlerini kurarak işgücüne katılmaları bir yandan istihdam seviyesini arttırırken diğer taraftan yeni girişimlerin ortaya çıkmasına vesile olmaktadır. Özellikle bir işverenin yanında çalışmayıp kendi girişimini kuran girişimciler ekonomik perspektif açısından çok büyük öneme sahiptirler (Taş, 2019).

Ancak KOBİ'lerin ekonomi üzerinde bu derecede etki sahibi olmalarına karşın genellikle KOBİ'ler düşük sermaye ekipmanları ile çalışırlar ve katma değer üretimleri düşüktür. TÜSİAD (2016) raporunda katma değeri yüksek ürünlerin üretilebilmesi için sanayinin güçlenmesi, dijital dönüşüm sürecinin gerçekleşmesi ve iş gücünün yeni yapılanmaya uygun hale getirilmesi gerekli olduğu belirtilmiştir. Çevik (2019) çalışmasında Endüstri 4.0 kavramının bu değişime cevap verebilecek güce sahip olduğu bakış açısının doğru bir yaklaşım olacağı iddiasında bulunmuştur. KOBİ'lerin Endüstri 4.0'ı başarı ile uygulaması düşük katma değerdeki durumu tersine çevirecek, katma değerli ürünlerin ve süreçlerin geliştirilmesi konusunda bir değişim yaratacaktır.

KOBİ'ler hem ulusal hemde uluslararası pazarda rekabet üstünlüğü elde edebilmek için rakiplerine göre daha kaliteli ürünü daha kısa sürede üretebilmelidirler. Bunu sağlamak için doğru ve uygun bir teknoloji seçmeleri gerekmektedir. Ancak KOBİ'lerin rekabet üstünlüğü sağlamasında bir başka faktör yeni ürün ve hizmetlerin piyasaya sunulmasıdır. Bu aşamada KOBİ'lerin Ar-Ge çalışmalarının yeterli düzeyde olması gerekmektedir (Türkoğlu ve Çelikkaya, 2011).

Türkoğlu ve Çelikkaya (2011) çalışmalarında KOBİ'lerin sürdürecekleri yenilikçi çabaların, ulusal ekonomilerin yenilenmesine de katkıda bulunacak nitelikte olduğunu ve ürün ve üretim yeniliğinin büyük firmalarda düşük, küçük firmalarda ise yüksek olduğunu belirtmişler ve modern ekonomide yeniliklerin çoğunlukla küçük firmaların eseri olduğunun altını çizmişlerdir. KOBİ'lerin Ar-Ge ve inovasyon çalışmalarına yönelmeleri önem taşımakta ancak mali sorunlar başta olmak üzere KOBİ'lerin sahip olduğu diğer sorunlardan kaynaklı olarak Ar-Ge ve İnovasyon çalışmalarına pek yatırım yapılamamaktadır.

2.2.3 KOBİ'ler ve Endüstri 4.0

2.2.3.1 KOBİ'lerde İnsan Kaynakları ve Kurumsal Yapı

Fettig ve diğ. (2018) yaptıkları çalışmada insan kaynakları yönetiminde Endüstri 4.0'ın henüz yer bulamadığını ve özellikle KOBİ'lerin bu potansiyeli hafife aldıkları sonucuna ulaşmışlardır. Haşit (2016) Eskişehir'de KOBİ'ler üzerinde yaptığı çalışmada ankete katılan KOBİ'lerin %75'inin İnsan Kaynakları bölümüne sahip olmadığını, İnsan Kaynakları yönetiminin mali ve idari işler bölümlerinin sorumluluğunda olduğunu ve çalışan sayısının az olması sebebiyle İnsan Kaynakları Departmanına ihtiyaç duyulmaması gibi sebepler öne sürülmüştür.

Ayrıca araştırmaya katılan KOBİ'lerden büyük çoğunluğunun insan kaynakları planına sahip olmamaları, iş analizi yapmamaları ve bu KOBİ'lerin tamamında tek yönlü yöneticiler tarafından performans değerlemesi yönteminin kullanılıyor olması araştırmanın diğer bulguları arasında gösterilmiştir. KOBİ'lerin finansman sıkıntıları göz önüne alındığında doğru bir insan kaynağı seçimi yapılamaması KOBİ'lerin bu sıkıntılarını daha da derinleştirebilecektir (Haşit, 2016). Trotta ve Garengo (2019) insan kaynakları yönetiminin Endüstri 4.0 konusunda firmalarda önemli bir rol oynayabileceğini iddia etmişlerdir. Ancak bu konuda var olan araştırmaların çok az olduğunu ve literatürde önerilen olgunluk seviyesi modellerinin bu konuyu önemsemediklerini, araştırma içeriklerinin strateji ve teknoloji konularına daha çok

odaklanıldığını belirtmişlerdir. Fetting ve diğ. (2018) çalışmalarında şirketlerin Endüstri 4.0 konusunda adım attıklarında yenilikçi bir düşünce yapısı ile yeni imkan ve kabiliyet edinimi yoluna girdiklerini belirtmişlerdir. Özellikle şirketlerde insan kaynaklarını ilgilendiren meslek konusunda meslek tanımları daha geniş kapsamlı bir şekilde yapılmakta ve böylelikle yaratıcılık, inovasyon, gelişim ve karar verme süreçlerine dahil olma konusunda daha fazla imkanlar ortaya çıkmaktadır. Bununla beraber kalifiye bir iş gücüne sahip olmak için kalifiye yeni elemanların alınması gerekmektedir ancak bu eğitim konusuna yatırım yapılmaması anlamına gelmemektedir. İnsan kaynakları gelişimi sadece çalışanların eğitimi ile ilgili değildir. Know-how bilgisi ve yöneticilerin teknolojilerle ve süreçlerle olan etkileşimi önemli bir rol oynamaktadır. Değişim yönetimi çalışanları organizasyonel değişimlere hazır etmek açısından gereklidir (Fetting ve diğ., 2018). Zira bilgi teknolojileri ile ilgili yeterliliklerin sanayi tabanlı iş tanımlarında gelecekte daha sık görüleceği tahmin edilmektedir (Fetting ve diğ., 2018).

Endüstri 4.0'ın istihdam konusunda ciddi etki yaratması beklenmektedir. Endüstri 4.0 ile ilgili en büyük korkulardan birisi istihdam konusunda robotların/makinelerin çalışanların yerini alacağı ve buna bağlı olarak işsizlik probleminin ortaya çıkacağıdır. Geçmişte, üretimdeki yüksek artış istihdamda düşüş ile birlikte ortaya çıkmıştır. Ancak akıllı teknolojiler ile birlikte yeni iş alanları ve yeni fırsatlar getirmesi beklendiğinden aynı zamanda istihdam fırsatı da yaratmış olacaktır (Cimini ve diğ., 2019). Bu şekildeki korkular geçmiş sanayi devrimlerinin başında da yaşanmış olmasına rağmen yeni iş alanları yaratılacağından dolayı işsizliğin uzun vadede problem olması beklenmemektedir. Ayrıca, çalışma sürelerinin kısalması ve kariyer basamaklarında yükselebilmek için iyi bir eğitime sahip olmanın gerekliliği ortaya çıkabilecek bazı sonuçlardır (Taş, 2018).

Bu noktada eğitim politikası öne çıkmakta ve Endüstri 4.0 için eğitim konusunda özel bir çaba harcanması gerekmektedir (Nuroğlu, 2018). Teknolojik alanda yaşanan hızlı gelişmeler ile ticaret ve finans sisteminin giderek serbestleşmesi neticesinde iş yapma biçimi konusunda değişimler meydana gelmekte ve iş gücünün eğitim seviyesi ve gerekli yetkinliklere/becerilere sahip olması her geçen gün daha da önemli hale gelmektedir. Buna dayanarak imalat sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin rekabet gücünün ana belirleyicisi sadece imalat yetkinliği olmamakta, tasarım, lojistik ve dağıtım gibi diğer alanındaki performansına bağlı olabilmektedir. Sonuç olarak sanayi politikası yataylaşmaya doğru gitmekte ve değer zincirinde

direkt olarak imalat ile alakalı olmayan aşamalar hizmet ve destek faaliyetlerini kapsar hale gelmektedir (Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2015).

Türkiye makine üreticisi olmakla beraber aynı zamanda ithalatçısı durumundadır. İthal edilen makinelerin büyük kısmı akıllı makinelerden oluşmakta olup yeterli derecede eğitilmiş personel olmaması sebebiyle akıllı makinelerin üretimi yapılamamaktadır (Bağcı, 2018). Eğitim konusu bir insan kaynakları işlevi olmakla beraber KOBİ’lerde nitelikli insan kaynaklarının elde tutulmasını sağlar (Haşit, 2016). Eğitim konusunda ilerleme kaydedilebilmesi için bireylerin yeteneklerinin erken yaşlarda gelişmesine yönelik bir eğitim sistemi üzerinde uzlaşma sağlanmalıdır. Ayrıca Endüstri 4.0 sürecine geçiş uzun vadeli yatırımlarla mümkün olup buna uygun bir şekilde gerekli hukuksal düzenlemelerinde yapılması gerekmektedir (Bağcı, 2018).

Yazılım sektörü için nitelikli insan kaynağı konusunda Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı’nın (2017) yaptığı plana göre yazılım sektörünün yıllık iş gücü ihtiyacı tespit edilerek bilgisayar kültürünün erken yaşlarda benimsenmesine yönelik müfredat oluşturulması ve nitelikli personel ihtiyacına yanıt verebilmek adına meslek liselerinin müfredatları gözden geçirilecek. Bununla beraber yükseköğretim içinde sektöre paralel müfredatın belirlenmesi ve yurtdışında ilgili alanlarda eğitim gören öğrencilere burslar ve destekler verilmesi planlanmıştır.

2.2.3.2 Türkiye’de KOBİ’lerin Yapısı ve Teknoloji Kullanım Düzeyleri

Bilgi teknolojilerinden faydalanmayan işletmelerin rakiplerine göre avantaj sağlamaları ve varlıklarını idame ettirmeleri pek mümkün değildir (Günebakan, 2016). Çoğu KOBİ son teknolojileri yakalamak ve müşteri taleplerini karşılayabilmek için fuarlar, websiteleri ve sektör özeline yapılan yayınları takip etmektedirler. Öztürk ve Arıcı’nın (2017) yaptıkları araştırmada 2016 yılında KOBİ’lerin %41,2 si teknolojilerinde değişmeye gitmişler ve bu teknolojilerin %68,7 si üretim fonksiyonları ile ilgili olduğunu bulmuşlardır. Bu gelişmeler ülkemizde genel bir KOBİ görüşü sağlanmasında önemli bir adım olarak görülebilir. Ayrıca TÜSİAD’ın (2016) raporunda Endüstri 4.0, Türkiye için düşük katma değerli üretim kısır döngüsünü kırmak adına önemli bir şans olarak değerlendirilmiş olup eğer Almanya Endüstri 4.0 hedeflerine ulaşabilir ise işletme maliyetleri azalacak ve Almanya’nın sahip olacağı bu maliyet avantajı Türkiye’nin sahip olduğu rekabet avantajını azaltacaktır. Deloitte’in (2016) yaptığı Türkiye’nin CEO’larının Dijital Değişim Gündemi” çalışması kapsamında farklı sektörlerden birçok şirketin üst düzey yöneticileri ile görüşülmüş ve araştırmanın sonuçları arasında Türkiye’nin

dijital değişim açısından henüz yolun başında olduğu ortaya çıkarılmıştır. Araştırmalarda, Endüstri 4.0 konusunda öncelikle büyük işletmeler odak noktası olmakla beraber KOBİ’ler büyük şirketlere oranla az önemsenmektedirler (Müller ve diğ., 2018).

Mersin ilinde ki KOBİ’ler üzerinde yapılan bir araştırmaya göre BİT yatırımları işletme performansına yönelik iyi yönde veya orta düzeyde bir katkı sunmaktadır. Genel anlamda ise BİT’e yatırım yapma düzeyi orta ve yüksek seviyededir (Çiçek ve Çelik, 2010). “KOBİ’ler genel olarak teknoloji geliştirememekte, yeni teknolojileri izleyememekte, teknoloji dönüşümü yapmak için çaba ve gayret gösterememektedirler. Ancak ayakta kalabilmeleri de stratejik işbirliği politikalarının konusu olmaları ve hızla bu uygulamalara adapte olmaları zorunludur” (Bayülken ve Kütükoğlu, 2012). Çevik (2019) yaptığı araştırmada birçok işletme yöneticisinin var olan teknolojiler hakkında bilgi yetersizliğinin mevcut olduğunu tespit etmiştir. Bununla beraber ilgili süreçlere ön yargılı yaklaşımları sebebiyle işletmelere eğitim verilmesi ve konu ile ilgili daha fazla çalışma yapılması gerekliliği olduğunu belirtmiştir.

TÜİK (2015) Küçük ve Orta Büyüklükteki Girişim İstatistikleri raporuna göre İnternet erişimine sahip KOBİ’lerin oranı %92,2, iken girişimlerde bilişim teknolojileri kullanımı konusunda 10 ve üzeri çalışana sahip olan girişimlerin %95,5’i internet erişimine sahiptir. Ancak aynı araştırmada web sayfası sahiplik oranının %65,5 olması ilginç bir bulgu olarak gözükmemektedir. Bununla beraber KOBİ’lerin teknoloji düzeylerine bakıldığında; yüksek teknolojinin çok düşük orta-yüksek teknolojinin ise düşük olduğu gözükmemekte, KOBİ’ler ağırlıklı olarak orta-düşük ve düşük teknoloji seviyesinde gözükmemektedirler.

Büyüklük Grubu	Teknoloji Düzeyi			
	Yüksek Teknoloji	Orta-Yüksek Teknoloji	Orta-Düşük Teknoloji	Düşük Teknoloji
Toplam	0,3%	9,1%	30,9%	59,6%
1-19	0,2%	8,3%	31,1%	60,4%
20-49	0,9%	17,6%	28,4%	53,0%
50-249	1,5%	17,4%	31,4%	49,5%
KOBİ (1-249)	0,3%	9,1%	31,0%	59,7%
250 +	2,6%	18,8%	24,7%	54,0%

Şekil 2.5: KOBİ’lerin teknoloji düzeyleri (TÜİK, 2016).

Gergin ve diğ. (2019) alışmalarında Marmara Bölgesindeki KOBİ’leri teknoloji kullanım seviyesi yönünden araştırmışlar ve 4 üzerinden puanlamışlardır. Toplamda 193 işletme

üzerinde yapılan bu araştırmada 66 işletme 2 puanı altında kalmış, ve toplam ortalama 3 olarak belirtilmiştir. KOBİ'ler genel olarak sensör sistemleri, otomasyon ve koruyucu bakım sistemlerini kullanmaktadırlar. Ancak Nesnelerin İnterneti, katmanlı üretim, büyük veri ve artırılmış gerçeklik gibi kavramlar konusunda farkındalıkları düşüktür. KOBİ'lerin Endüstri 4.0 algısı daha çok üretkenlik, piyasa talebi ve maliyetlerde azalma konusundadır. Çoğu KOBİ Endüstri 4.0 dönüşümleri açısından en büyük engelin yüksek maliyet olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmada KOBİ'lerin teknoloji kullanımlarının ve farkındalıklarının henüz yeterli seviyede olmadığı ortaya çıkmıştır.

KOBİ'ler teknolojik süreçleri kendilerine uygularken aynı zamanda bilgi, strateji ve planlama gibi kavramlardaki başa çıkmaları gerekmektedir. İyi bir planlama ile dijital süreçler işletmenin entegrasyonuna dahil olabilir. Endüstri 4.0 faydalarına ve büyük işletmelerin örneklerine bakıldığında halihazırda süreçlerde zorluklarla yüzleşen birçok KOBİ mevcuttur. Teknolojinin sürekli gelişimi ve yeniliklerin sürekli artış göstermes neticesinde işletmelerin izlenmesi ve takip edilmesi zorlaşmaktadır. Bu sebeple bu süreçlerin nasıl uygulanması gerektiği konusunda açıkta kalmaktadır (Sevinç ve diğ., 2018). TÜSİAD ve BCG tarafından 2017 yılında 108 teknoloji kullanıcısı ve 110 teknoloji tedarikçisi şirket ile kapsamlı bir araştırma gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonuçlarından ortaya çıkan bulgulara göre; işletmelerin büyük çoğunluğu sanayide dijital dönüşüm konusunda bilgi ve ilgi seviyelerinin yüksek olduğunu belirtirken, dönüşüme hazır olduğunu düşünen şirketlerin oranı nispeten daha düşük olduğu, sanayi işletmelerinin dijital dönüşüm uygulama alanlarında henüz pilot projeleri gerçekleştirme aşamasında oldukları; işletmelerinin özellikle “strateji ve yol haritası ile yönetim” yetkinliklerinin düşük olduğu ve işletmelerin dijital yetkinlik seviyelerinin sektörlere göre farklılaşmadığı görülmüştür. Bununla birlikte, büyük ölçekteki işletmelerin sanayide dijital dönüşüm yetkinlik seviyeleri küçük ölçekli şirketlere nazaran daha yüksek olduğu belirlenmiştir (TÜSİAD-BCG, 2017).

İngilizcede digitization olarak ifade edilen “sayısallaştırma” kavramı veri kaynaklarının dijital ortama aktarılması ile alakalı iken “dijitalleşme” kavramı ise varolan iş modellerinin dijital teknolojileri kullanılarak dönüşümü ile alakalı olup iş yapış biçimlerinde yapılan değişim sonucunda dijital dönüşüm gerçekleşmiş olmakta ve yenilikçilik kavramı bu aşamada kritik bir noktada yer almaktadır (Vollmuth, 2017).

2.2.3.3 KOBİ'ler ve İnovasyon

İnovasyon sözcüğünün çok farklı tanımları bulunmakta olup homojen bir terim değildir (Kılıç ve Keklik, 2012). İnovasyon sözcüğü Türkçede “yenilik”, “yenilikçilik” veya “yenileme” gibi sözcüklerle karşılanmaya çalışılsa da anlamı tek bir sözcük ile ifade edilemeyecek kadar geniş olmakla beraber, “inovasyon kavramına” karşılık olarak “yenileşim” kullanılmaktadır (Satı, 2013).

Bir KOBİ yeni bir ürün ve/veya bir hizmet geliştirerek ve bunun pazarlanması üzerinde yoğunlaşarak büyük şirketler ile rekabet edebilmektedir. KOBİ'ler “esneklik” lerini kullanarak büyük şirketlerin giremediği pazarlara girmek, üretim alanlarını değiştirmek gibi stratejiler uygulayabilmektedirler. Sonuç olarak KOBİ'ler yeniliğe giderek kendilerine daha geniş bir hareket alanı yaratmaktadır (Kılıç ve Keklik, 2012).

Sabuncu (2014) Denizli ilinde faaliyet gösteren ve KOSGEB'e üye KOBİ'lerin yenilikçi uygulamalarının ve yeniliklerinin belirlenmesi; bunlarla beraber yenilik uygulamalarına engel olan işletme içi ve dışı unsurları tespit etme girişiminde bulunmuştur. Bu çalışmada iç engel olarak işletmelerde yenilik için ayrılan fonların yetersiz olması, dış engel olarak ise devletin verdiği teşvikler konusunda bürokrasinin zor olması durumu tespit edilmiş olup bununla beraber işletme içi ve işletme dışı yenilik engellerinin birbirlerini tetikliyor oluşu çarpıcı birer bulgu olarak görülmektedir.

Çalışmaları ile günümüzde ki modern işletme kurumunun felsefi ve pratik temellerine katkı sunmuş olan Drucker'a (1985) göre bir işletmede içsel yenilik kaynağı olarak dört, dışsal yenilik kaynağı olarak üç unsur mevcuttur. Şekil 2.6'da gösterilmiştir.

İşletme İçi	İşletme Dışı
Beklenmedik Gelişmeler	Demografik değişimler
Uyumsuzluk	Algısal ve Anlamsal değişimler
Süreç Gereği	Bilimsel veya bilimsel olmayan “yeni bilgi”
Endüstri veya Pazar Yapısında ki değişimler	-

Şekil 2.6: İçsel ve dışsal yenilik kaynakları (Drucker, 1985).

KOBİ’ler eksik inovasyon kaynaklarını tespit etmek için sahip oldukları bağlantıları yoğun bir şekilde devreye sokmaları gerekir ve işletmeleri küçük boyutta olduğu için KOBİ’ler kendi sınırları ile yüzleşeceklerdir (Vrande ve diğ., 2009). Büyük işletmeler KOBİ’ler ile karşılaştırıldığında inovasyon konusunda sahip oldukları kaynaklar sebebi ile bir adım öndedirler. Büyük işletmeler hem mali açıdan daha güçlü; kredi bulma konusunda çok daha avantajlı ve sahip oldukları “insan kaynağı” neticesinde çok çeşitli bir bilgi tabanına sahiptirler. Ancak büyük işletmelerde olmayan KOBİ’lerin sahip olduğu esneklik avantajı sayesinde özellikle çevresel gelişmelere ve değişen müşteri ihtiyaçlarına hızlı yanıt verebilmektedirler (Mabenge ve diğ., 2020).

İşletmelerin kendi fikirlerini ürettiği, bunu yönettiği, pazarladığı ve devamlılığını sağladığı innovasyon modeli kapalı inovasyon olarak tanımlanmaktadır. Bu modelde inovasyon konusunda işletme kendi kendine yetebilir bir durumdadır ve işletmeler kendi içinde ki Ar-Ge departmanlarına dolaylı olarak inovasyon yapmalarını önerirler (Vrande ve diğ., 2009). Açık inovasyon modelinde ise yenilikçi fırsatları keşfetmek ve geliştirmek isteyen işletmeler pazara girmek için iç ve dış yolları kullanmaktadırlar (Chesbrough, 2003). Ancak işletme büyüklüğü ve işletmenin sektör bazı farklılıklar yaratabilmektedir. Örneğin Endüstri 4.0 etkisinin en çok görüldüğü sektörlerden biri olan İmalat sektörü; ve hizmet sektörü karşılaştırıldığı zaman imalat sanayinin sahip olduğu fiziksel ürünler ayrıştırılabilir ve homojen yapıya sahiptirler. Buna ek olarak işletmenin faaliyet alanları için Ar-Ge süreçlerinde dışarıdan veya içeriden yeni fikirler ve teknolojiler almak veya ortaya çıkarmak mümkündür. Fakat hizmet sektöründe elle tutulur-fiziksel bir ürün olmadığı ve heterojen yapısından dolayı bunun tam tersi geçerlidir (Vrande ve diğ., 2009). Endüstri 4.0 kavramı ile alakalı olan gelişmeler sürdürülebilir imalatla

bilgi ve iletişim teknolojilerinin kullanımı konusunda çok fazla fırsat barındırmaktadır (Stock ve Seliger, 2016).

Boons ve Lüdeke-Freund (2013) sürdürülebilir bir inovasyon için dört genel unsur belirlemişlerdir; bunlar değer önerisi, tedarik zinciri, müşteri arayüzü ve mali modeldir. Bu unsurlardan değer önerisi işletme-toplum diyalogu kurarken tedarik zinciri tedarikçilerin hem kendileri için hem de merkez işletme için sorumluluk alması ile ilgilidir. Müşteri arayüzü müşterilerin kendi tüketimleri konusunda sorumluluk alması ile ilgili olup buna şirketin kendi paydaşları da dahildir. Mali model ise maliyetlerin ve faydaların iş modelinde yer alan aktörlere dengeli bir şekilde dağıtılması ile alakalıdır. Stock ve Seliger (2016) Endüstri 4.0 paradigmasının üç farklı boyutu olduğunu belirtmişler ve bu boyutları (1) tüm değer yaratma ağı boyunca yatay entegrasyon, (2) tüm ürün yaşam döngüsü boyunca uçtan uca mühendislik ve (3) dikey entegrasyon ve ağılı üretim sistemleri olarak açıklamışlardır.

Boons ve Lüdeke-Freund (2013) yaptıkları literatür araştırmasında sürdürülebilir inovasyon temelli iş modellerini etkileyen toplamda üç unsur keşfetmişlerdir. Bunlar Teknolojik, Kurumsal ve Sosyal inovasyon olarak sıralanmıştır.

Sanayileşmiş ülkelerdeki endüstriyel değer yaratma şu anda Endüstri 4.0 adı verilen endüstrileşmenin dördüncü aşamasına doğru bir gelişme ile şekillenmektedir (Stock ve Seliger, 2016). Gerlitz (2016) yaptığı çalışmada Endüstri 4.0 çağında tasarımın KOBİ'lerin tasarım odaklı iş modellerinin çekirdeği olarak görülmesi gerektiğini ve tasarım yönetimin her zaman birinci öneme sahip olması gerektiğini belirtmiş ve buna ek olarak eski öğretilerin artık geride bırakılması gerektiğini, yüksek teknoloji ve dijitalleştirilmiş endüstriyel paradigmada KOBİ'lerin yeniliklerine, rekabetçiliğine ve büyümesine yönelik yaklaşımların benimsenmesi gerekliliğinin üzerinde durmuştur. Çünkü Endüstri 4.0 ile ilgili literatürden yapılabilecek bir çıkarım var olan iş modellerinin doğruluğunun üzerinde tekrar düşünülmesidir.

2.2.3.4 Dijital Dönüşüm ve Yeni İş Modelleri

Yakın geçmişteki teknolojik gelişmeler ve ekonomik zorluklar halihazırda iş yapan işletmelerin sadece ürünlerinin ve/veya süreçlerinin üzerinde değişmelere değil aynı zamanda iş modellerini de yenilemeye zorlamaktadır (Burmeiser ve diğ., 2016). Bir iş modeli, bir işletmenin müşteriye nasıl değer yarattığını ve aldığı ödemeleri nasıl kara dönüştürdüğünü açıklar. İnovasyondan kar etmek için sadece ürün inovasyonunda değil, iş modeli tasarımında, müşteri ihtiyaçlarını ve

teknolojinin gittiği yönü anlamak gerekmektedir. Ancak başarılı bir iş modeli geliştirmek rekabet avantajı sağlamak için yetersiz kalmaktadır. Bunun sebebi iş modelinin taklit edilebilir olmasıdır. Taklit edilmesi zor ve verimli bir iş modelinin kar etme olasılığı daha yüksektir. İş modeli inovasyonu rekabet avantajını bu şekilde sağlayabilir (Teece, 2010).

Goerzig ve Bauernhansl (2017) birçok işletmenin yeni iş modeli yaklaşımlarının yardımıyla dijital değer yaratma konseptlerini tasarlamaya başladıklarını belirtmişlerdir. Endüstri 4.0 sayesinde müşteri ihtiyaçlarına daha hızlı yanıt verilebilmekte, esneklik, hız, üretkenlik ve üretim süreçlerinin kalitesini arttırmakta, yeni iş modellerinin benimsenmesi ve inovasyon konusunda bir temel oluşturmaktadır (Rüßmann, 2015). Gilchrist (2016) kitabında dijital dönüşüm ve endüstriyel internet ile şirketlerin yeni inovatif iş modelleri benimseme durumlarının olduğunu ve buna ek olarak zaten varolan bir iş modeli üzerinde yapılacak bir değişikliğin kötü sonuçlara yol açabileceği zira yeni bir iş veya fikir geliştirmek için inovasyona ihtiyaç olduğunu belirtmiştir. Endüstri 4.0 ve globalizasyon süreci araştırmacıları esnek işletme ve organizasyon yapıları aramaya itmektedir (Safar ve diğ., 2018).

Montanus (2016) iş modeli unsurlarının 3'e ayırmış olup bunlar şirketin kendine özgü sundukları etmenler yani değer önerisi, ortak ve tedarikçi ilişkisinden satış kanallarına kadar olan bu "sunumun" gerektirdiği kaynaklar ve süreçler, diğer bir deyişle değer yaratma konusunda gerekli olan faaliyetler ve maliyet yapısı ve gelir formülünün temel alınıp karlılık ve ekonomik sürdürülebilirliğin saptanması yani "değer yakalama" modelleridir.

Arnold ve diğ. (2016) yaptıkları çalışmada Endüstriyel Nesnelerin İnternetini iş modellerine adapte etmek isteyen şirketler için dört farklı çıkarımda bulunmuşlardır. Birinci çıkarım operatörlükten daha çok problem çözmeye yönüne doğru değişen bir iş gücüne karşı paralel bir şekile insan kaynaklarında gelişmesi gerekmektedir. Şirketlerin özellikle iktisat, mühendislik, enformatik, matematik gibi alanlar konusunda disiplinlerarası eğitim için çaba göstermelidir. İkinci çıkarım, stratejik ortakların/tedarikçilerin değer zincirindeki önemi sebebi ile güvenilir olmasıdır. Üçüncü çıkarım imalatçıların veri güvenliği konusunda yeterli bilgi sahibi olmamaları ile alakalıdır. Bunun sebebi üretim sistemlerinin veri manipülasyonuna ve veri kaybına uğramamasının gerekliliğidir. Dördüncü çıkarım ise Endüstriyel Nesnelerin İnterneti'nin bilgi teknolojileri konusunda çok yatırım gerektirmesinin yanında aynı zamanda maliyetleri azaltıcı potansiyelinin yöneticiler tarafından göz önünde bulundurulması ve geleceğe yatırım yapmak konusunda fazla çekimserlik gösterilmemesidir. Oxford Economics

tarafından toplamda 17 farklı ülkeye mensup olan katılımcılar üzerinde yapılan işletmelerin dijital dönüşüme geçiş süreçlerinde karşılaştığı fırsatlar ve engeller konusunda bir anket düzenlenmiştir. Bu çalışmaya katılan KOBİ'lerin yarısından fazlası dijital dönüşümü temel bir iş hedefi olarak görmekte ve yeni dijital araçlara yatırım yapma konusunda planlı ve kararlı gözükmemektedirler. Bu araçlardan en çok öne çıkanlar büyük veri (%79) ve nesnelerin interneti (%52) dir (Oxford Economics, 2018). Deloitte (2018) tarafından üst düzey yöneticiler üzerinde yapılan ankette, yöneticilerin iş modellerini dönüştürmek, değer yaratmak için fırsatları yakalamak amacıyla teknolojiyi uygulamak konusunda rahat olmadıkları gözlemlenmiştir.

Ulusoy (2018) Endüstri 4.0 kavramının aynı bir dönem inovasyonda olduğu gibi henüz somuta indirgenemediğini belirtmiş ve bu hususun sadece vakit kaybı değil şirketlerin kaynak ve çabalarını bu yöne yönlendirmelerini olumsuz yönde etkilediğini de iddia etmiştir. Endüstri 4.0 Türkiye imalat endüstrisi için önemli bir fırsat olduğu kesin olmakla beraber hızlı geçiş yapılarak imalatı ileri olan ülkelerin seviyesine ulaşmak için kestirme bir yol olarak görülebilmekte, ancak önkoşullar sağlanmadan bunu hayata geçirmeye çalışmak kaynakların verimsiz kullanılmasına yol açabilecektir. Dijital dönüşüme ayak uyduramayıp değişmeyen KOBİ'lerin geleneksel yöntemler ile hayatta kalabilmeleri pek mümkün gözükmemektedir. Yapılan teknolojik yatırımlara rağmen verimlilik açısından eski yöntemlerle elde edilen sonuçlardan daha kötü sonuçlar alınması yeni teknolojilerin yada süreçlerin doğru bir şekilde adapte edilmediği ve/veya teknolojiyi kullanacak çalışanların kalifiye olmaması gibi sebeplerle açıklanabilir (Varol ve Kaygısız, 2018).

KOBİ'lerin ihtiyaçlarını belirlemek üzere Türkiye'nin 5 büyük ilinde (İstanbul, Ankara, İzmir, Bursa ve Kocaeli) 125 adet KOBİ üzerinde yapılmış araştırmada KOBİ'lerin yerel veri merkezleri ile çalışmayı tercih ettikleri ortaya çıkmış ve katılımcıların %8'i dijital dönüşüme henüz hazır olmadıklarını belirtmişlerdir. Sebepler arasında alışılan sistemi devam ettirme bakış açısı ve finansal sebepler gösterilmiş olup çalışan sayısı azaldıkça dijital dönüşüme hazır olma durumu artış göstermekte ve büyüme hedefi ile dijital dönüşüm paralellik göstermektedir. Araştırmaya katılan KOBİ'lerin %80'i yerel hizmet almayı tercih etmelerine sebep olarak ülkeye katkı sağlaması, ana dilde destek imkanı, fiziksel olarak erişim ve denetleme imkanı ve üst düzey veri güvenliği sağlanması olarak göstermişlerdir (Ünal, 2018).

2018 yılında yapılan KOBİ 18: 1. İstanbul KOBİ'ler ve Bilişim Kongresinde öne çıkan değerlendirmelerde; dijital dönüşüm konusunda Türkiye'nin Endüstri 4.0 a geçiş konusunda iyi

bir noktada olmadığı, Türkiye’de ERP kullanım oranının %20, CRM uygulamalarının kullanımının %15-20 arası ve İş Zekası %6 ve dijitalleşme oranı %60 olduğu göz önüne alındığında Türkiye’nin halen Endüstri 2.0 ile 3.0 arasında bir yerde olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, olumlu bir durum olarak kuruluşlara ERP desteği sunulması gösterilmiş, KOBİ’lerin sürdürülebilirliği doğru bir finans, proje ve teknoloji yönetimi ile mümkün olacağı öngörülmüştür (Türkiye Bilişim Derneği, 2018).

Goerzig ve Bauernhansl (2017)’e göre dijital dönüşüm kavramının ilk noktası aslında dijital bir iş stratejisidir. Dijital bir iş stratejisi aslında bir organizasyonel strateji olup dijital kaynakları kullanarak ve uygulama yaparak farklı bir değer yaratmayı hedefler. Bu strateji BT’yi iş süreçlerinin iyileştirilmesi için bir araç olarak gören geleneksel stratejinin çok ötesine geçmektedir. Ancak dijital dönüşümde her 8 işletmenin yalnızca 1’i dijital dönüşümü başarı ile gerçekleştirebilmekte iken, başarısızlık oranı %84’dür (Rodgers, 2016).

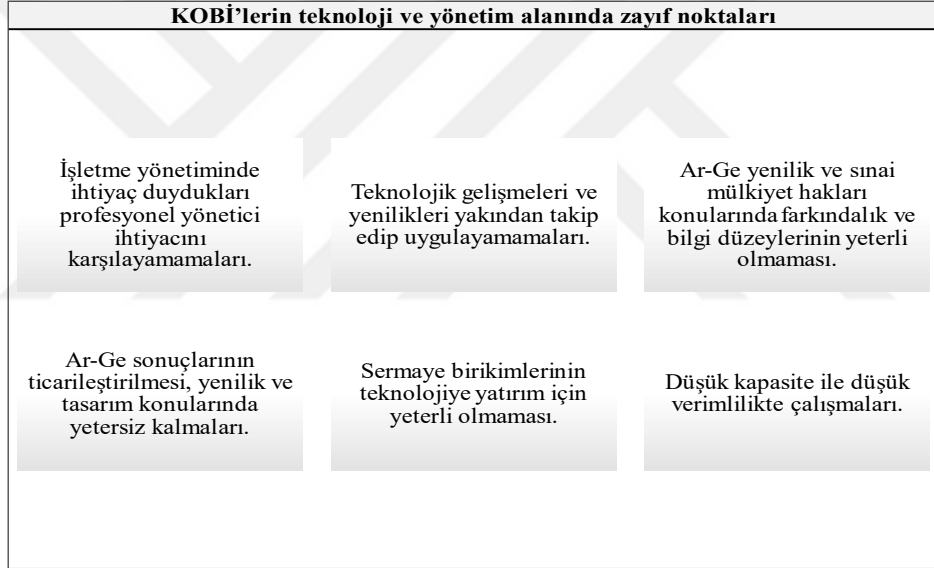
2.2.3.5 KOBİ’lerde Teknoloji Yönetimi

Moeuf ve diğ. (2017) yaptıkları araştırmada yeni teknolojilerin hızla çoğalmasına rağmen KOBİ’lerin bu teknolojilerin bir çoğundan çok az derecede yada hiç yararlanmadıklarını gözlemlemişlerdir. Ayrıca diğer teknolojilere göre daha ucuz ve devrim niteliği daha az olan simülasyon ve bulut gibi teknolojiler KOBİ’lerde en çok kullanılan teknolojiler arasında yer alırken, siber-fiziksel sistemler, büyük veri, işbirlikçi robotlar (Cobot) gibi işletmeyi büyük ölçüde dönüştüren teknolojiler KOBİ’ler tarafından neredeyse yok sayılmaktadır. Nuroğlu (2018) “Türkiye’de Endüstri 4.0’ın uygulanması konusunda KOBİ’lerde ciddi bir tedirginliğin hakim olduğunu” belirtmiştir. Yüksel ve Şener (2017) yaptıkları araştırmada Türkiye’de Endüstri 4.0 konusunda farkındalığın oluştuğunu gözlemlemiştir. Ayrıca Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığının yaptığı araştırmalar ve çalışmaların bu farkındalığın oluşmasında kilit noktada olduğunu belirtmişlerdir. Literatürdeki Endüstri 4.0 konusu ile ilgili dokümanların büyük bir çoğunluğu mühendislik ve bilgisayar bilimi perspektifinden yazılmış olması ve yönetsel bir bakış açısının limitli olması sebebiyle literatürde çoğunlukla teknolojik sorunlar üzerine vurgu yapılmaktadır (Trotta ve Garengo, 2019).

Dijital dönüşüm, şirketlere esneklik, çeviklik ve inovasyon konularında baskı uygulamaktadır (Fettig ve diğ., 2018). KOBİ’lerin esnek yapıları en önemli özelliklerinden olmakla beraber KOBİ’ler sahip oldukları avantajları koruyarak mühendislik ve teknoloji yönetimini

kullanabilmeli, yeni ürün geliştirmede süreç yaklaşımı kullanarak kurumsallaşmalı, bilgi yönetimi uygulayabilmeli ve sayısal ekonominin getirdiği fırsatları değerlendirmelidir. Ancak KOBİ'lerin büyük firmalara göre "ölçek" sebebiyle dezavantajları vardır (Özen ve Bingöl, 2010). Halihazırda varolan siber fiziksel üretim sistemleri gibi Endüstri 4.0 teknolojileri ve kavramları, tedarik zincirinin otonom modifikasyonları ile büyük ölçekli üretime odaklanır. KOBİ'ler niş pazarda faaliyet gösterdiklerinden özel müşteri gereksinimlerine uyan kişiselleştirilmiş parçalar üretirler. KOBİ'lerin tam-otomatikleşmiş imalata geçişleri yakın gelecekte öngörülmemektedir (Ludwig ve diğ., 2018).

KOBİ Stratejisi ve Eylem Planı Raporunda KOBİ'lerin teknoloji ve yönetim anlamında öne çıkan zayıf noktaları Şekil 2.7'de gösterilmiştir.



Şekil 2.7: KOBİ'lerin teknoloji ve yönetim alanında zayıf noktaları (KSEP, 2015).

Türkiye'de , Erzurum, Erzincan ve Bayburt illerindeki 112 sanayi işletmesinde (KOBİ) yapılan araştırma sonuçlarına göre; (1) Bilişim sistemleri kullanma oranı arttıkça yenilik yapma oranında artış olmaktadır. (2) İşletmelerin bilgisayar sahiplik oranı ile dört yenilikçilik türü arasında da doğru yönlü bir ilişki vardır. (3) Bilgisayar sahiplik oranı arttıkça yenilikçilik düzeyleri de artmaktadır. (4) Satış sürecinde bilişim teknolojileri kullanımı ile pazarlama yeniliği arasında doğru yönlü bir ilişki vardır. Bilişim teknolojileri kullanımı arttıkça pazarlama yeniliği de artmaktadır (Özen ve Bingöl, 2010). Vrchota (2019) toplamda 1081 işletme üzerinde yaptığı çalışmada Endüstri 4.0'ın uygulanması ve işletme büyüklüğü arasında bir bağlantı olduğunu tespit etmiştir. KOBİ'ler müşteri ihtiyaçlarına esnek bir şekilde yanıt verebilirken

gerekli mali ve bilgiye dayalı know-how konusunda sıkıntı yaşayabilmektedirler. Büyük işletmelerin geliştirme merkezleri mevcut olmakla beraber bu şirketlerin çalışanları spesifik alanlar ile ilgilenmektedirler. KOBİ'ler için bu garanti edilememektedir. Know-how kavramı fikirleri, Pazar imkanlarını ve entegrasyon imkanlarını da içerir. Örtük bilgi ve kilit noktadaki çalışanlar inovasyon yaratmada ve yeni teknolojilere geçişte önemli bir rol üstlenmektedirler. İnovasyon yaratmanın başka bir yolu ise pazardaki bilgiyi işleyerek yeni trendlere ve müşteri isteklerine esnek bir şekilde yanıt verebilmekten geçmektedir. Bir işletme know-how sayesinde rekabet üstünlüğü sağlamaktadır. KOBİ'lerin bu rekabet gücünü korumaları için yeni teknolojilere çabuk ve kolay bir şekilde adapte olma ve elde edilen bu teknolojileri etkin bir şekilde kullanabilme yetilerini geliştirmeleri ve teknolojiyi yönetebilmeleri gerekmektedir. Özellikle son yıllarda Türkiye'de inovasyon kavramı KOBİ'ler için popülerleşen bir trend olmasına karşın gelişmiş ülkeler seviyesine ulaşmakta yetersiz kalınmasının en önde gelen sebeplerinden birisi varlığından bile haberdar olunmayan inovasyon stratejileridir (Varol ve Kaygısız, 2018).

Orta ve yüksek düzeyde teknolojik üretimin katma değer içinde payı çok düşüktür. Bu durum Türkiye adına dezavantaj yaratmaktadır (Bağcı, 2018). Türkiye'deki imalat işletmeleri Alman imalatının yarattığı katma değer in onda birinden daha azını yaratmakta ve iş gücü verimliliği açısından benzer bir tablo mevcuttur. Çalışanların imalatı yarattığı katma değer Avrupa Birliği ortalamasının dörtte biridir (Özlü, 2017).

KOBİ'lerin farkındalık konusunda problemleri olmakla beraber, çözümlerin ve bunun sonucunda elde edilebilecek katma değer in farkında değillerdir (Türkiye Bilişim Derneği, 2018). TÜBİTAK (2016) tarafından 1000 özel sektör kuruluşu üzerinde yapılan ankette Türkiye'nin "Dijital Olgunluk Seviyesi" henüz Endüstri 2.0 ile Endüstri 3.0 Arasında olmak ile beraber olgunluk seviyesi en yüksek üç sektör olarak: Malzeme (Kauçuk ve Plastik), Bilgisayarlar, Elektronik ve Optik Ürünler ve Otomotiv ve Beyaz Eşya Yan Sanayii sektörleri öne çıkmakla en çok katma değer sağlayacağı değerlendirilen üç teknoloji; Otomasyon ve Kontrol Sistemleri, İleri Robotik Sistemler ve Eklemeli İmalattır.

IFR nin (International Federation of Robotics) imalat sanayi üzerinde 2016 yılında yapmış olduğu araştırmaya göre dünyada endüstriyel robot kullanımı her 10.000 çalışanda 66 iken 2018 yılında bu ortalama 74'e ulaşmıştır. 2016 sonuçlarına göre Türkiye'de her 10.000 çalışana 23

endüstriyel robot düşmektedir. Bu sayı Güney Kore Cumhuriyeti için 631 iken Singapur'da 488, Almanya'da 309 adettir (IFR, 2018).

Küreselleşme ile birlikte önemi anlaşılan KOBİ'ler hem ekonomik hem de sosyal açılardan toplumun önemli birer yapıtaşları olarak kabul edilmiş, gelişmiş ülkeler başta olmak üzere birçok ülkede KOBİ'lere yönelik olarak çok sayıda teşvik ve destek politikaları ortaya çıkmıştır (Özdemir ve diğ., 2011). İmalat sanayi sektöründe faaliyet gösteren KOBİ'lerin üretim ve ilişkili iş süreçlerinde dijital teknolojilerden yararlanma düzeyinin artırılması için KOBİ destek programı başlatılmıştır. Bu destek programında İmalat Sanayi Sektöründe Dijitalleşme Sürecine Katkı Sağlayabilecek Yerli Teknoloji Geliştiricisi KOBİ'lerin Desteklenmesi Projesi ve İmalat Sanayi Sektöründe Faaliyet Gösteren KOBİ'lerin Üretim ve İlişkili İş Süreçlerinde Dijital Teknolojilerden Yararlanma Düzeyinin Arttırılması Projesi isimli projeler olmakla beraber toplamda 250 milyon TL bütçe ayrılmıştır (KOSGEB, 2019).

Avrupa Birliği sanayi politikası da KOBİ'leri önemsemektedir. Mali kuruluşların desteklenmesiyle KOBİ'lere yaklaşık 30 Milyar Euroluk finansman sağlanmış ve 380.000 kişilik istihdam yaratılmıştır. Bununla beraber Girişimcilik 2020 Eylem Planı ile girişimciler için elverişli bir ortam yaratılması amaçlanmıştır (Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2015). Türkiye'de yakın geçmişteki teknoloji varlığı önemli bir konu olmakla birlikte girişimcilik alanında KOBİ'ler girişimciliğin %99'unu oluşturmaktadırlar ve buda endüstrinin sürdürülebilirliği ve gelişimi adına ayrıca önemlidir (Sevinç ve diğ., 2018). Büyük şirketler Endüstri 4.0 zorluklarına karşı gelme konusunda adım atarken orta büyüklükteki şirketlerin hala harekete geçemedikleri görünmektedir (Fettig ve diğ., 2018). KOBİ'ler stratejilerine Endüstri 4.0 kavramını iş ortakları ile bağ kurmak, otonom süreçler kavramının gerçekleştirilebilmesi ve kişiselleştirilmiş ürünlere ulaşabilmek için dahil etmelidirler. KOBİ'lerin Ar-Ge için yeterli kaynakları olmadığından karmaşık çözümleri yönetmekte zorlanmaktadırlar. Bunun sebebi doğrudan üretim süreçlerine odaklanacak uzmanlara sahip olmamalarıdır (Moeuf ve diğ., 2017).

2.2.4 KOBİ'lerde Endüstri 4.0 Olgunluk Değerlendirmesi

Grandhi ve Chugh (2012) genellikle büyük şirketlerin çeşitli işletme fonksiyonlarını destekleyebilecek birden fazla bilgi sistemleri olduğunu ancak bazen bu sistemlerin birbirleri ile bilgi alış verişi yapamadıklarını ve bunda verimsiz iş süreçlerine yol açtığını, bu problemi

ortadan kaldırmak için ERP nin ortaya çıktığını belirtmiştir. Bir işletme ERP teknolojisini daha iyi çıktı amacı için uygular ancak bunun için çalışanlarına odaklanmalıdır zira bu teknolojinin en iyi biçimde kullanılması ve gelecekte karşılabilecek zorluklar konusunda hazırlıklı olmayı gerektirmektedir (Chang ve diğ., 2018). Bu noktadan hareketle, literatürde Endüstri 4.0 olgunluk seviyesi, ERP kullanım seviyesi gibi kavramlar ön plana çıkmaktadır. Frank ve diğ. (2019) çalışmalarında büyük işletmelerin beklenildiği üzere KOBİ'lere oranla Endüstri 4.0'a daha yakın olduklarını ancak olgunluk seviyesi yüksek olan bazı küçük işletmelerde akıllı imalat teknolojilerini benimsediklerini tespit etmişlerdir.

Trotta ve Garengo (2019) KOBİ'lerde Endüstri 4.0 olgunluk seviyesi ile ilgili olarak 4 farklı tespitte bulunmuşlardır:

- (1) İmalat KOBİ'leri mevcut olgunluk seviyeleri katmanlarından yeterince memnun değildir.
- (2) Büyük işletmeler için geliştirilen araçların KOBİ'ler tarafından anlaşılması pek mümkün değildir.
- (3) Endüstri 4.0'ı uygulayan KOBİ'lerin aslında Endüstri 2.0 işletmeleri olmaları yada aslında Endüstri 2.0 dan 3.0'a geçiyor olmaları. (Tübitak Dijital Olgunluk Raporunda Türkiye Endüstri 2.0 ile 3.0 arasında olduğu belirtilmiştir) (TÜBİTAK, 2016).
- (4) Personel açığı ve beceriler konularının KOBİ'ler için bir zorluk olması durumu.

Literatürde öne çıkan olgunluk modelleri çok genel kapsamlı olmasına karşın detaylı bir bakış açısı sunamamakta ve üst yönetim düzeyinde ve işletme genelindeki boyutlara odaklanmaktadırlar. Strateji, kurumsal kültür ve teknoloji gibi kavramlar bu boyutlara örnek olarak gösterilebilir. Birçok modelde teknoloji boyutu olmasına karşın teknoloji ile alakalı kavramlar başka boyutlarda gösterilebilmektedir. Bu boyutlar dijital yönetim, süreçlerin dijitalleştirilmesi ve ürünlerin dijitalleşmesi şeklinde sıralanabilir (Basl ve Doucek, 2019).

2.2.4.1 Endüstri 4.0 Olgunluk Seviyesi Modelleri

Pessl ve diğ. (2017) olgunluk seviyesini belirten bir araç veya yöntem için, işletmelere Endüstri 4.0 kavramını tanıtmak üzere sistematik bir yaklaşıma ihtiyaç duyulmakta olduğunu belirtmiştir.

Endüstri 4.0 Olgunluk Seviyesi Modelleri Tablo 2.6'da gösterilmiştir.

Tablo 2.6: Endüstri 4.0 olgunluk seviyesi modelleri.

KAYNAK	MODELİN ADI	AÇIKLAMA
Rockwell Automation (2014)	Bağlantılı İşletme Olgunluk Modeli	Olgunluk modeli 5 aşamadan oluşmaktadır. 1- Değerlendirme (Altyapı, veri alış-verişi yapan cihazlar, ilgili ağlar, güvenlik ilkelerinin sorgulanması problemlerin tespit edilmesi vb.) 2- Güvenli ve Geliştirilmiş Ağ ve Kontroller (Yeni teknoloji alternatiflerinin değerlendirilmesi tedarikçi yol haritalarının çıkarılması vb.) 3- Tanımlanmış ve Düzenli İşletme Veri Sermayesi (Veri sermayesinin geliştirilmesi, süreçlerin geliştirilmesi, veriden nasıl yararlanılabileceğinin tanımlanması) 4- İçgörü (Analitik) (Gerçek zamanlı veri ile fırsatları değerlendirmek, organizasyonel kültürün değişmeye başlaması, operasyonel iyileşme) 5- İşbirliği (Önceki aşamalardan sonra artık Tedarik ve talep zincirindeki aktiviteleri önceden öngören bir iş ortamı oluşmuştur. Bu seviyede inovatif yöntemler ile zamanında ulaşılamaz olan ileri seviye performans hedeflerine ulaşmaya çalışılır. Entegrasyon ve ortaklıklar(iş birlikleri) öne çıkmaktadır.)
Ganjarain ve Errasti (2016)	KOBİ'ler için Endüstri 4.0'a Yönelik Üç Aşamalı Olgunluk Modeli	Olgunluk Modeli 3 ana başlıktan oluşmaktadır 1- Tasavvur etme Aşaması 2- Devreye Sokma Aşaması. 3- Uygulanma Aşaması Ancak uygulamada her aşamanın alt seviyeleri mevcuttur. 1- Başlangıç (Şirket özelinde Endüstri 4.0 vizyonu yoktur. 2- Yönetilen (Endüstri 4.0 yol haritası mevcut.) 3- Belirlenmiş (Müşteri segmentasyonu, değer önermesi ve önemli kaynaklar belirlenmiştir) 4- Dönüşüm (Stratejiyi somut projelere çevirmek) 5- Detaylı İş Modeli (İş modelinin dönüşümü)

Tablo 2.6 (devam):

KAYNAK	MODELİN ADI	AÇIKLAMA
Erol ve diğ. (2016)	Endüstri 4.0'a Yönelik Stratejik Klavuz: Üç Aşamalı Süreç Modeli	Olgunluk Modeli 3 Aşamadan Oluşmaktadır. 1- Tasavvur etme Aşaması (Şirket özelinde Endüstri 4.0 anlayışı) 2- Devreye Sokma Aşaması (Endüstri 4.0 stratejisinin yol haritası) 3- Uygulanma Aşaması (Dönüşümün hazırlığı ve Endüstri 4.0 projelerinin önerilmesi)
Jung ve diğ. (2016)	Akıllı Üretim Sistemi Hazırlık Değerlendirmesi	Akıllı imalat sistemlerinin hazır olma durumlarının değerlendirilmesinde dört farklı boyut önerilmiştir. 1- Kurumsal Olgunluk 2- Bilgi Teknolojileri Olgunluğu 3- Performans Yönetimi Olgunluğu 4- Bilgi Bağlantısı Olgunluğu
Schumacher ve diğ. (2016)	İmalat İşletmelerinin Endüstri 4.0 Olgunluğunu ve Hazırlığını Ölçme Modeli	Endüstri 4.0 Olgunluk Modeli toplamda 9 boyuttan oluşmaktadır. 1. Strateji 2. Liderlik 3. Müşteriler 4. Ürünler 5. Operasyon 6. Kültür 7. İnsan 8. Yönetişim 9. Teknoloji

Modelde her bir boyut 5 aşamalıdır. 1. Seviyede hiç bir özellik mevcut değildir. 5. Aşamada gerekli tüm özellikler mevcuttur.

Tablo 2.6 (devam):

KAYNAK	MODELİN ADI	AÇIKLAMA
Basl ve Doucek (2019)	Bir İşletmenin Toplum 4.0 İçerisinde Endüstri 4.0'a Hazır Olma Durumunu Gösteren Bir Metamodel	Endüstri 4.0 hazır olma durumunu gösteren bu modelde toplamda 7 seviye bulunmaktadır. 1- Toplum (Ağyapılar İçinde Olmaya Hazırlık Endeksi, Rekabetçilik Endeksi) 2- Toplumsal Alanlar (Endüstri 4.0, Toplum 4.0, Sağlık 4.0, Akıllı şehirler, Akıllı evler vb.) 3- Toplum Alanının Dalı (Otomotiv, Elektronik Gıda Sanayi vb.) 4- İşletme (Endüstri 4.0 ve Olgunluk seviyesi) 5- İşletmenin Alanı (Teknoloji, Stratejiler, Kurumsal Kültür, İnsan Kaynakları ve Dijitalleşme seviyesi) 6- İşletme Alanının Boyutu (Bilgi Teknolojileri, İmalat Teknolojileri, Robotlar, Yapay Zeka, Dikey ve Yatay Entegrasyon vb.) 7- İşletme Alanının Alt Boyutu (ERP Sistemleri, İmalat Sistemleri, Karar Vermeyi Destekleyen Unsurlar vb.)
Schuh ve diğ. (2017)	Endüstri 4.0 Olgunluk Endeksi	Alman Ulusal Bilim ve Mühendislik Akademisi (ACATECH) tarafından hazırlanan “Endüstri 4.0 Olgunluk Endeksi”nde Endüstri 4.0 için temel gereksinimlerden başlayarak tam uygulanmasına kadar toplam 6 aşama mevcuttur. 1- Bilgisayarlaşma (Dijitalleşme için ilk aşamadır. Bu aşamada işletmede birbirlerinden izole bir şekilde farklı teknolojiler kullanılmaktadır.) 2- Bağlanırlılık (İzole teknolojiler birbirine bağlı bileşenlerin yerine geçmektedir, IPv6 nın daha çok kullanımı neticesinde bileşenler ağ-adres çevirisine gerek kalmadan bağlantı kurabilir. Bu aslında nesnelerin interneti kavramında temelidir) 3- Görünürlük (Sensörler, süreçlerin baştan sona çok sayıda veri noktasıyla yakalanmasını sağlar. Gerçek

Tablo 2.6 (devam):

KAYNAK	MODELİN ADI	AÇIKLAMA
Schuh ve diğ. (2017)	Endüstri 4.0 Olgunluk Endeksi	zamanlı olarak işletme genelindeki olaylar kayıt altına alınabilir. Dijital Gölge adı verilen bu durum, istenilen zamanda işletmede olan olayları göstererek yönetimin gerçek zamanlı veri ile karar almasını sağlar.) 4- Şeffaflık (3. Aşamada Dijital Gölge mevcut durumu gösterirken 4. Aşamada “olayın” neden gerçekleştiğinin bilgisini kök-neden analizleri yoluyla üretir. Büyük veri bu aşamada öne çıkmaktadır. Artık geleneksel İş analitiği yöntemleri ile büyük veriler işlenememektedir.) 5- Kestirimci Kabiliyet (Bu aşamada şirket gelecekteki senaryoları simule edebilir ve en muhtemel olacak olanları tespit edebilir. İşletmenin kestirimci kabiliyet gücü önceki aşamalarda oluşturulan dijital gölgenin temelini ne kadar sağlam olduğuna bağlıdır. 6- Uyarlanabilirlik (İşletme, mümkün olan en kısa sürede en iyi sonuçlara ulaşacak olan kararları vermek ve ilgili önlemleri otomatik olarak, yani insan yardımı olmadan uygulamak için dijital gölgedeki verileri kullanabildiği zaman bu aşama tamamlanmaktadır. Örnek olarak planlanan siparişlerin sırasının makinelerin arzıa yapacağı tahminine göre değiştirilmesi)

Bu aşamalara ek olarak 5 ana boyuttan oluşan bir ölçek geliştirilmiştir. Bu ana boyutların altında çok sayıda alt boyutlarda mevcuttur.

- 1- Strateji
- 2- Bilgi Sistemleri
- 3- Kaynaklar
- 4- Organizasyon Yapısı
- 5- Kültür

Schuh ve diğ. (2017)'in yapmış olduğu Endüstri 4.0 olgunluk indeksinde bir şirketin yapısını kaynaklar, bilgi sistemleri, kültür ve organizasyonel yapı olmak üzere dört yapısal alana bölünüp incelenmiştir.

Özellikle üretim sektörü için Endüstri 4.0 ticari faaliyetler konusunda yeni bir vizyondur (Ganzarin ve Errasti, 2016; Erol ve diğ., 2016). Bu tespiti ek olarak, Erol ve diğ. (2016) Endüstri 4.0'ın üretim sektörü için bir temelden bir paradigma değişimi olduğunu ancak aynı zamanda bu paradigmanın yeni bir seviyede sosyo-teknik etkileşim ile karakterize olduğunu belirtmişlerdir. İşletmelerin dijital dönüşümü ile başlayan ve veri bazlı kararları vermenin kolay hale gelmesine karşın Schuh ve diğ. (2017) 'in Endüstri 4.0 olgunluk indeksi çalışmasında halen birçok imalat yapan işletmelerin karar mekanizmalarını desteklemek için bu verileri/bilgileri kullanmamakta olduklarını belirtmiş ve bunu iki sebebe bağlamıştır; ilk sebep verilerin bilgi olarak işlenmemesi, ikincisi ise sistemlerin entegre olmamasından kaynaklanan merkezileştirilmiş verilerin şirketin farklı bölümlerine kullanılamamasıdır.

Erol ve diğ. (2016) nin önerdiği 3 aşamalı bu modelde bir şirket tasavvur aşamasında Endüstri 4.0'ın genel içeriği ile tanışır ve şirket özelinde hedefler ve müşteri ihtiyaçlarına göre kendisini hizalar. Bu aşamaya üst yönetim paydaşları öncelikli olarak dahil olmakla beraber diğer iş ortakları ve müşterilerde bu aşamada katılım gösterebilirler. Cimini ve diğ. (2017) bu aşamada Endüstri 4.0 içeriğinin derinlemesine bilinmesi gerektiğini savunmakta ve bu aşamanın sonucunda bir yatırım değeri ve tahmini ile sona erdiğini belirtmiş olup hemen arkasından spesifik bir yol haritası çizilmesi gerektiğini söylemişlerdir. Moica ve diğ. (2018) yaptıkları çalışmada üç aşamalı bir süreç modeli öne sürmüşlerdir. Bu süreç modelinde Erol ve diğ. (2016) çalışmasında öne sürülen üç aşamalı model ile paralellik göstermekte ve Vizyon, Yol Haritası ve Projeler aşamalarından oluşmaktadır. Bu modelde; Vizyon aşaması şirketin kendi Endüstri 4.0 anlayışını geliştirmesi ve kaynaklarını yönetmesidir. Bu aşamada dış kaynaklı uzmanlar ve teknolojik ortaklar Endüstri 4.0 vizyonunun oluşturulması için sürece katkı sunarlar. Bu aşamanın çıktısı, yeni sanayi devrimi tarafından belirlenen gelecekteki zorlukların aşılmasında destek sunabilecek şirkete özel bir vizyondur.

Devreye sokma aşamasında önemli olan ise uzun vadeli bir Endüstri 4.0 vizyonunu daha somut iş modeline çevirmektir. Bu aşamada stratejiyi planlamaya olanak tanımak için “yol haritacılığı” öne çıkmakta ve bu stratejilerin “amaçlanan çıktıya ulaşmak için nelerin gerektiği” sorusuna cevap verebilmesi gereklidir. Teknoloji yol haritacılığı, birçok işletmede strateji ve

inovasyon yaratmak için kullanılan önemli bir yöntemdir (Sarvari ve diğ., 2017). Son aşamada ise artık planlanan stratejiyi somut projelere çevirmek ve bu projelerin risk ve yaratacağı etkiler konularında önceliklendirilmeleri gerekmektedir (Erol ve diğ., 2016).

2.3 ERP SİSTEMLERİ

2.3.1 ERP Sistemleri ve Özellikleri

Kumar ve Van Hillegersberg (2000) ERP yazılımını *“bir şirketi yönetmek için giriş ücreti”* olarak tanımlamıştır. Bir ERP sistemi, şirket süreç akışı boyunca bilgi paylaşımını destekler ve daha iyi verimlilik ve sonuçlar elde etmesine yardımcı olur (Grandhi ve Chugh, 2012). Başka bir tanım olarak, ERP, *“bir organizasyonun her fonksiyonel alanını kapsayarak geniş çaplı entegrasyon sağlama özelliği ile bu alanların en fazla rekabet avantajı elde etmesini sağlayan, tümüyle entegre edilmiş bilgisayar destekli bir iş yönetim sistemidir”* (Erdil ve Başlıgil, 2011). ERP sistemleri birçok organizasyon için en çok finansal kaynağın yatırıldığı ve uygulanması konusunda en çok o organizasyonun çalışanlarını etkileyen büyük sistemlerdir (Chang ve diğ., 2008). ERP’nin açılımı İngilizce “Enterprise Resource Planning”, Türkçe anlamıyla “Kurumsal Kaynak Planlaması”dır. Bu sistemler isimlendirilirken büyük oranda “kurumsal” kelimesi kullanılmasının sebebi ERP sistemlerinin “herhangi bir hizmet veya ürün üretmeye yönelik faaliyet gösteren işletmelerin bütün işlevlerini içermesidir” (Postacı ve diğ., 2013). “Kurumsal kaynak planlaması sistemlerindeki temel amaç; işletmelerin muhasebe, finans, pazarlama, üretim, stok kontrolü, satın alma, insan kaynakları, bakım-onarım yönetimi gibi fonksiyonları arasında işbirliği ve etkileşimi sağlamaktır.” (Özdemir ve diğ., 2018).

ERP sistemleri sağladığı teknoloji vasıtasıyla sistemin kullanıcılarının teknoloji yardımıyla iletişim kurmalarını sağlar. Bu sebeple ERP sistemlerinin hem teknik hemde sosyal yönü bulunmaktadır (Baş, 2017). Bu sosyal yön sebebiyle sosyal faktörlerde ERP konusunun içine girmektedir. ERP sisteminin operasyonel açıdan önemi her geçen gün artmakta, özellikle ilgili paylaşımlar ile paylaşılacak bilgilerin daha kolay ve doğru bir şekilde iletilmesi ERP sistemlerine ihtiyacı arttıran bir durumdur.

ERP Sistemlerinin genel özellikleri ve kabiliyetleri Tablo 2.7’de gösterilmiştir.

Tablo 2.7: Geleneksel ERP özellikleri ve kabiliyetleri (Toolbox, 2015).

ÖZELLİK	AÇIKLAMA
Takip	ERP sistemleri işletmelere envanter durumlarını izleyen entegre bir platform sağlar. İşletmenin tesisleri arasındaki çıktıları teslimatları, siparişleri, stok ayarlamalarını, transferleri takip edebilir. Entegre yönetim paketleri sayesinde finansal verileri saptayarak gelir-gider ve kar durumu takip edilebilir.
Rapor	ERP stok seviyeleri, satın alımlar, muhasebe ve çalışanların zaman yönetimi ile ilgili bilgilerin hazır olmasını sağlayan doğru ve kapsamlı raporlar oluşturur. Veri görselleştirme sayesinde rapor verileri daha kolay yorumlanabilir ve daha hızlı harekete geçilebilir.
Lojistik	ERP Otomasyon, izleme ve sistem entegrasyonu ile, malzemelerin alınmasından ürünlerin üretimi, taşınması, depolanması ve teslimatına kadar tüm nakliye sürecini kolaylaştırabilir.
Mali İşler	ERP, faturalandırma ve muhasebe süreçlerini takip eder ve otomatik hale getirir, fatura dağıtımını ve işlenmesini optimize eder, ödenecek hesaplar, alacak hesapları ve bordro. ERP mali kayıtları tutar ve gerektiğinde raporlar üretir.
Envanter	ERP, İşletme büyüklüğünden bağımsız olarak tüm envanter kontrol süreçlerini optimize edebilir. Stok seviyelerine göre ürün ve malzeme siparişlerinin otomatikleştirilmesi ve envanter analiz raporlarının üretilmesi gibi çeşitli şekilde kullanılabilir.
Hedefler	ERP ile veri bazlı hedefler yönetilebilir. Belirli bir üretkenlik düzeyine ulaşmak veya bir işletmenin belirli bir tesisinin zaman konusunda yönetiminin sağlanması ve hedeflerin gerçekleştirilmesi ERP'nin yapabilecekleri arasındadır.

Trotta ve Garengo (2018) yaptıkları literatür analizi temelli çalışmalarında Endüstri 4.0 ile ilişkilendirilen kavramlardan öne çıkanların arasında Kurumsal Kaynak Planlamasının da olduğunu tespit etmişler ve ERP nin Nesnelerin İnterneti ve Siber-Fiziksel Sistemler gibi kavramlara yakın durduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca Endüstri 4.0 ile beraber ilgili teknolojilerin bilinirliğinin artmasının neticesinde ERP konusunda yeni çözümler ve farklı metodolojiler ortaya çıkmaya başlamıştır. ERP sistemleri işletmelerin hedeflerine ulaşmaları konusunda ciddi derecede fayda sağlasa da maliyet açısından çok büyük bir yükümlülüktür. Eker ve Aytaç (2016) çalışmalarında işletmelerin ERP sistemleri konusunda kalite ve maliyet açısından optimal bir denge kurmaları gerektiğini belirtmişlerdir.

2.3.1.1 Türkiye’de ERP Sistemleri

Türkiye pazarında faaliyet gösteren yerli ve yabancı ERP yazılımları SAP, ORACLE, MICROSOFT DYNAMICS, IFS (Industrial and Financial Systems) ve ABAS gibi şirketler tarafından sağlanmaktadır. Yerli ERP sağlayıcıları; LOGO, UYUMSOFT, MODEL ERP, WORKCUBE, TEKNOSOL ve LOGIN BİLGİSAYAR YAZILIMLARI dır (Tahal, 2018).

Türkiye’de kurumsal uygulama yazılım konusunda SAP ve Logo’nun Pazar hakimiyeti söz konusudur. 2016 yılındaki araştırmada SAP pazarda %42,2 paya sahip iken, Logo %23,3 ile ikinci sırada gelmektedir. Microsoft ise %8,4 paya sahip olmakla beraber Türkiye’deki kurumsal yazılım harcamalarının %96,2 si ilk 10 üretici tarafından sağlanmıştır (Yeniova, 2017). Yakın zamanda yapılmış çalışmalardan Baş (2017) çalışmasında Türkiye’de ERP sistemi kullanmayan işletmelerin kullanma niyetinin çok yüksek olduğunu ve gelecekte ERP sistemlerinin kullanımının artacağını belirtmiştir.

ERP sistemlerinin yapısı gereği finansal raporlamalar ortak veri tabanı üzerinden yapılmakta ve tüm işlemler eş zamanlı olarak denetlenebilmektedir (Sevim ve Bülbül, 2017). ERP sistemleri işletmenin faaliyetlerini birbirleri ile etkileşimli olarak yönetmekle beraber günümüzdeki diğer yazılımlar gibi finansal parametrelerdeki sonuçlara odaklanır (Keçek ve Yıldırım, 2010).

2.3.1.2 ERP Sistemlerinin Aşamaları

Haddara ve Zach (2012) yaptıkları literatür taraması çalışmasında ERP sistemlerini literatüre dayanarak 5 başlık altında toplamış ve açıklamışlardır. ERP aşamaları Tablo 2.8’de gösterilmiştir.

Tablo 2.8: ERP aşamaları (Haddara ve Zach, 2012).

NO	AŞAMALAR
1	Benimseme Kararı (Adoption)
2	Edinim (Acquisition)
3	Uygulama (Implementation)
4	Kullanım ve Bakım (Use and Maintenance)
5	Gelişme ve Değişim (Evolution)

Benimseme kararı (1) aşamasında işletmeler iş ve teknik ihtiyaçlarını tespit eder ve ERP sistemine olan ihtiyaçlarını sorgular. Edinim (2) aşaması ERP sürecini ve organizasyon gereksinimlerine en uygun tedarikçinin seçilmesini kapsar. Uygulama (3) aşamasında ERP kurulumunu, iş süreçlerinin yeniden yapılandırılmasını ve sistemi organizasyonun ihtiyaçlarıyla uyumlu hale getirme konusunda yapılan tüm faaliyetleri içerir. Uygulama aşaması en fazla kaynak tüketen aşamadır. Kullanım ve Bakım (4) aşamasında ERP sisteminin uygulanması konusunda gösterilen büyük çaba ve yapılan yatırımların ardından şirketler bu sistemleri kullanmaya başlamaktadırlar. Sistem kabulü, kullanıcı memnuniyeti, faydaların gerçekleştirilmesi, sistem kullanım/faydalanma oranı ve sistem bakımı gibi birçok sorun, sistemlerin kullanılmaya başlanması sonucu ortaya çıkmaktadır. Gelişme ve Değişim (5) aşaması ERP sistemlerinin müşteri ilişkileri yönetimi, tedarik zinciri yönetimi ve gelişmiş planlama ve çizelgeleme sistemleri gibi diğer sistemlerin veya uygulamaların ERP sistemine entegre edilerek sistemin genişletilmesini içerir (Haddara ve Zach, 2012).

2.3.1.3 KOBİ'lerde ERP Yapıları ile İlişkili Sistemler

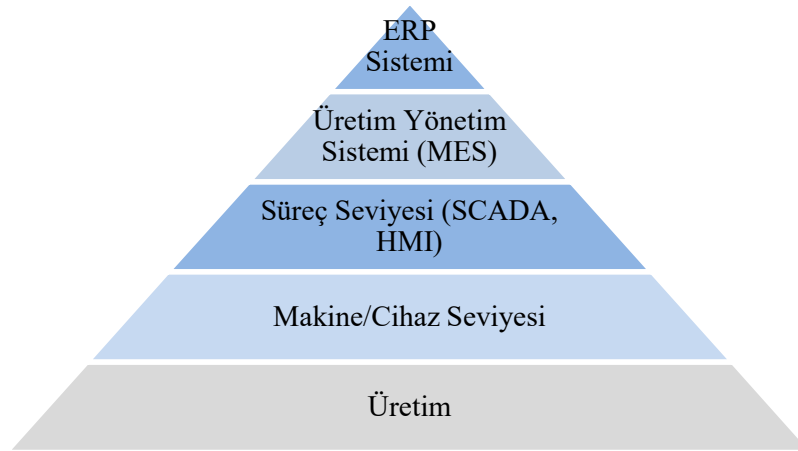
Rajan ve Baral, (2015) çalışmalarında ERP sisteminin başarılı bir şekilde uygulanması olmadan, artan üretkenlik ve rekabet avantajının öngörülen faydalarının ortaya çıkmayacağını belirtmişlerdir. Bunun için sadece sistemlerde değil, süreçlerde ve diğer sosyal boyutlarda ve kuruluşlar arasındaki koordinasyonda değişiklikler yapılması gerekmektedir (Chang ve diğ., 2008). ERP sistemlerinin bir işletmede uygulanması ile beraber genellikle organizasyon yapısında ve çalışma şekillerinde önemli değişikliklerde beraberinde gelmektedir.

Endüstri 4.0, bilgi teknolojileri ve imalat şirketleri arasındaki dinamik bir bağlantıdır. Dijitalleşme 1980'lerde başlamış ve ERP sistemleri gerek uygulanan kavramlar gerekse platformlar konusunda çok büyük bir rol oynamıştır. Süreç ve kavramlar Tablo 2.9'da ayrıntılı şekilde sıralanmış, ve Şekil 2.8'de modern üretim sistemlerinde otomasyon piramidi gösterilmiştir.

Tablo 2.9: İmalat işletmelerinin dijitalleşmesinde ERP'nin rolü (Basl, 2018).

	80'li yıllar	90'lı yıllar	2000	2010	2015 ve sonrası
Ana Kavram	CIM	ERP	ERP+CRM+SCM	ERP+MES+APS	Endüstri 4.0'da ERP Kavramı
	FMS	CAD/CAM	PLM	-	Akıllı Fabrika Dijital İkiz
Esas Teknolojik Etmen	İlişkisel Veritabanı	İlişkisel Veritabanı	ERP görevi gören internet portalı (.com)	Mobil Uygulamalar	Nesnelerin İnterneti Uygulamaları
Esas Entegrasyon Alanı	Ürün ve Üretim Sistemleri	Müşteri Siparişleri	Tedarikçilerden Müşterilere yatay zincir Ürün Yaşam Döngüsü	Tüm planların dikey şekilde bağlılığından üretim ve lojistik akışının gerçekleşmesine kadar olan alan	Sensörler, makineden makineye iletişim, insandan makineye iletişim
Esas Veri Görevi	Ürün ve üretim sistem veri entegrasyonu	Müşteri veri entegrasyonu	İç Verinin Analitiği (İş Zekası)	Dış Verinin Analitiği (Rekabetçi Zeka)	Yapay Zeka ve Büyük Veri Analitiği

Örneğin, bir imalat işletmesinde otomasyon piramidinin ilk aşaması olan ERP, iş planlaması, tedarik zinciri yönetimi, satış ve dağıtım, muhasebe, insan kaynakları yönetimi ve benzeri gibi kurumsal çapta planlamayı destekler. İşletmelere genellikle piyasada bulunan çözümler uygulanmaktadır (Rojko, 2017). Bu çözümlere örnek olarak SAP yazılımı verilebilir. SAP son yayınladığı “S/4 HANA” ile veri analizi konusunda daha iyi bir hesaplama teknolojisi sunmaktadır (Cocca ve diğ., 2018).

**Şekil 2.8:** Modern üretim sistemlerinde otomasyon piramidi (Rojko, 2017).

SAP SE, dünyanın en büyük ticari yazılım şirketlerinden biridir. Tüm iş süreçlerinin gerçek zamanlı entegrasyonu için standart kurumsal yazılım geliştirmek amacıyla 1972 yılında Almanya'da "Systemanalyse und Programmentwicklung" adıyla kurulmuştur (SAP, 2020). SAP, faaliyetleri sonucunda tüm uygulamalar için ortak bir merkezi veritabanı oluşturmuştur. ERP sistemleri, tüm kurumsal sistem paketinin merkezi çekirdeğini temsil etmektedir ve ERP sistemleri Endüstri 4.0'ın belkemiği olarak kabul edilmektedir (Cocca ve diğ., 2018; Haddara ve Elragal, 2015). Piramitte ikinci seviye olan Üretim Yönetim Sistemleridir. Bu sistemler üretim raporlaması, çizelgeleme, sevkiyat, ürün takibi, bakım işlemleri, performans analizi, işgücü takibi, kaynak tahsisi ve benzerlerini desteklemekle beraber üretim alanının yönetimi ve işletmenin sistemlerinin bağlantılarını/iletişimlerini kapsamaktadır (Rojko, 2017). Süreç seviyesinde ise Endüstriyel Kontrol Sistemleri (EKS) olarak SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition- Merkezi Denetleme Kontrol ve Veri Toplama), DSC (Distributed Control System- Dağınık Kontrol Sistem) veya PCS (Process Control System- Proses Kontrol Sistemleri) gibi sistemler öne çıkmakta ve bu sistemler üretim sistemlerinin kontrolü, izlenmesi ve yönetilmesi için kullanılmaktadırlar. HMI (Human-Machine Interface – İnsan-Makine Arayüzü) ise merkezi olan SCADA veritabanı ile ilişkili olup görselleştirme, metrikler, performans durumu, hata durumu gibi bilgileri genellikle topoloji diyagramları şeklinde sunar. Böylelikle kullanıcı/operatör tüm yapıyı uygun bir şekilde görebilir (Macaulay ve Singer, 2011). İşletmedeki bilginin ERP, MES ve CRM gibi diğer yazılım araçları ile entegrasyonu kilit öneme sahiptir. Veritabanı entegrasyonu ve iletişim protokolleri problemleri mutlaka çözülmelidir (Rojko, 2017). Tablo 2.10'da ERP sistemi ile ilişkili olan sistemler açıklamaları ile verilmiştir.

Tablo 2.10: ERP sistemleri ile ilişkili sistemler (Cocca ve diğ., 2018).

Tür	Sistemin İsmi	Açıklama
ERP Sistemlerinin Tedarik ve Malzeme Planlama Süreçlerini Genişleten Sistemler	Tedarik Zinciri Yönetimi (SCM)	İşletmenin ERP sistemini tedarikçilerinin sistemlerine bağlar. İşletmelerin üretim gereksinimlerini planlamalarına ve malzemeler için karmaşık nakliye ve lojistiği optimize etmelerine yardımcı olur.
	Tedarikçi İlişkileri Yönetimi (SRM)	İşletmenin ERP sistemini tedarikçilerinin sistemlerine bağlar. Teklif ve sözleşme süreçlerini yönetme işlevselliği içerir.
	Üretim Yönetim Sistemi (MES)	İşletmenin üretim süreçlerini izlemek ve planlamak için kullanılan bir sistemdir.

Tablo 2.10 (devam):

Tür	Sistemin İsmi	Açıklama
ERP sistemlerinin üretim ve satış süreçlerini genişleten sistemler	Müşteri İlişkileri Yönetimi (CRM)	Bir işletmenin ERP sistemini müşterilerinin sistemlerine bağlar. İşletmelere pazarlama, satış ve müşteri hizmetlerini yönetme olanağı sağlar.
	Ürün Yaşam Döngüsü Yönetimi (PLM)	Şirketlerin araştırma, tasarım ve ürün yönetimi süreçlerini yönetmelerine yardımcı olur.

Tedarik Zinciri Yönetimi bir ERP sistemini tedarik zincirindeki çeşitli iş ortaklarına bağlayan bir sistemdir. İşletme sahip olduğu Tedarik Zinciri kadar güçlüdür.

2.3.2 ERP Sistemleri, Endüstri 4.0 ve KOBİ İlişkisi

Endüstri 4.0 ile birlikte ERP sistemleri tamamen yeni bir rol üstlenecektir. Bir ERP sistemi, bir şirkette iş süreçlerini planlamak, kontrol etmek ve yürütmek için veri depolamanın bir örneğidir. Ancak, ERP sisteminin akıllı bileşenlerden oluşan bir yukarı akışa bağlı bir sisteme gömülmesi gerekmektedir. ERP tüm bu sistemin merkezi bir parçası olacak, ancak tüm veriler artık ERP sisteminin veritabanında depolanmayacaktır. Veri kullanımı ile beraber diğer BT sistemlerine bağlı olma durumu da gün geçtikçe önem kazanmaktadır (Deloitte, 2017). Endüstri 4.0 ile birlikte gelişmiş veri depolama, otomasyon, bulut bilişim gibi teknolojilerin ERP ile birleşmesi ERP 4.0 kavramını ortaya çıkarmıştır (Majstorovic ve Stojdaninovic, 2020).

Haddara ve Elragal (2015) araştırmalarının sonucunda ERP sistemlerinin Endüstri 4.0'ın bel kemiğini oluşturduğu sonucuna ulaşmışlardır. Her uzman farklı ERP tanımı kullanmakta ve ERP sistemlerinin uygulanması her işletmede farklı şekilde gerçekleşebilmektedir. Bu farklar ERP yazılımlarının büyük bir esnekliğe sahip olan bir iş aracı olarak görülmesini sağlamaktadır (Hamdi ve diğ., 2018).

Özellikle bilginin teknolojiyle bütünleştirilmesi ile ortaya çıkan ERP sistemi, yalnızca büyük işletmelerin kullanması gereken bir sistem olarak görülmemelidir (Karabaş ve diğ., 2017). Zira ERP sistemleri sektör fark etmeksizin işletmeler için artık standart bir hale gelmişlerdir. Bircan ve diğ. (2014) araştırmalarında KOBİ'lerin Türkiye'de işletmelerin %95 gibi büyük bir çoğunluğu oluşturduğunu ve KOBİ'lerin yapıları nedeni ile yetersiz finansman, yönetim anlayışı ve istihdam gibi sebeplerden kaynaklı olarak ERP uygulamalarının KOBİ'ler için

öneminin tartışmasız olduğunu belirtmişlerdir. Bilim ve Teknoloji Bakanı Faruk Özlü Türkiye'nin Endüstri 4.0 konusunda geriye düşmek gibi bir lüksünün olmadığını ve en büyük zorluğun KOBİ'lerde olduğunu belirtmiştir.

Özellikle son dönemde pazarın doyum noktasına yaklaşmasından kaynaklı olarak artık ERP sağlayıcıları KOBİ'lere de odaklanmaya başlamışlardır (Hadarra ve Zach, 2012). ERP sistemleri aslında büyük işletmeler için tasarlanmasından dolayı akademik literatürdeki bulguların büyük bir bölümü büyük işletmelerden elde edilmiştir (Johansson ve diğ., 2012). Endüstri 4.0 ile beraber "şirket büyüklüğünün" kazananları veya kaybedenleri belirleyip belirlemeyeceği ve küçük işletmeler ile büyük işletmeler arasında halihazırda mevcut olan uçurumun daha da derinleşip derinleşmeyeceği soru işaretidir (Sommer, 2015).

Ganzarain ve Errasti (2016) araştırmasında KOBİ'lerin gelecekte en çok büyüyecek olan pazarları tespit etmeleri gerektiğini ancak bunu yapabilmek için fikirlerinin olmadığı ve bununla beraber Endüstri 4.0'ın getirdiği zorluklara karşı ne yapacaklarını da bilmemekte olduklarını ve KOBİ'lerin bu paradigmayı görselleştiremediklerini belirtmiştir. Özellikle küçük ve orta ölçekli imalat şirketleri, Endüstri 4.0'a adaptasyon için gereken mali çaba ve bunların iş modeli üzerindeki genel etkileri konusunda fikir sahibi değillerdir (Schumacher ve diğ., 2016). Endüstri 4.0 bağlamında bakıldığında ise büyük Şirketler, küçük tedarik zinciri ortaklarının faaliyetlerine etki etmekte ve bu şirketlerin gereksinimleri, KOBİ'lerin Endüstri 4.0'dan türetilen teknolojik gelişmelere doğru konumlanmasını etkilemektedir (Müller ve diğ., 2018). Ayrıca artık günümüzün iş dünyasında dijital dönüşüm yatay/dikey değer zinciri ve işletmelerin mal/hizmetlerin sunuşu şekli ile Endüstri 4.0 kavramını etkin kılmaktadır (Sarvari ve diğ., 2017). Bu noktadan hareketle, Bircan ve diğ. (2014) ERP sistemi kullanmayan işletmelerin ERP nin avantajlarını ve yaratabileceği farkı bilmediklerini gözlemlemişlerdir. Bunlar ile beraber yakın geçmişte yapılmış çalışmalarda Mouakket (2012) ERP kullanım düzeyleri konusundaki araştırmaların çok limitli olduğunu belirtmiştir. Araştırmalarda göze çarpan bir bulgu ise ERP sistemi kullanmayan şirketlerin yarısından fazlasının ERP kullanmama sebebi olarak "teknik altyapı eksikliği" öne sürmesidir (Bircan ve diğ., 2014; Karabaş ve diğ., 2017). Ancak KOBİ seviyesine indirildiğinde Buonanno ve diğ. (2005) KOBİ'lerin radikal değişime daha az eğimli olmalarına sebep olarak ERP sisteminin uygulanmasının neden olduğu örgütsel etkinin daha az farkında olmalarına ve KOBİ'lerin bilgi ve iletişim teknolojileri konusunda stratejik görüş eksikliğinden kaynaklanmakta olduklarına bağlamıştır. Bu duruma ek olarak, özellikle

limitli kaynaklar ve zaman kısıtlarından dolayı işletmeler ERP nin uygulanması konusunda teknik problemler ile uğraşmakta, ERP modülleri ve özelleştirme konularına odaklanamamaktadırlar (Chang ve diğ., 2008).

Macit (2017), ERP yazılımlarında kokpit ekranları (cockpit) ve gösterge paneli (dashboard) gibi arayüzler kullanılarak yöneticilerin anlayacağı şekilde bilgiyi sunan bir yaklaşımın öne çıkmaya başladığını ve bu arayüzlere anlık verilerin aktığını, bu sayede işletmenin anlık fotoğrafının çekildiğini belirtmiştir. Buna ek olarak operasyonel seviyedeki verilerin dahil olmasıyla beraber yöneticiler üretilen ürünün ne olduğundan, ürünün hammaddesinin kaynağının neresi olduğuna kadar bilgi edilebilmektedirler. Endüstri 4.0 ile birlikte bu veriler çalışan operatörlere gerek kalmadan makinelerin üzerinde bulunan algılayıcı ve/veya ölçüm cihazları ile mümkün olacaktır. Sonuç olarak her türlü seviyede bilgi yöneticilere sağlandığı için hızlı karar verebileceklerdir.

Haddara ve Elragal'a (2015) göre geleceğin fabrikası kavramı kurumsal sistemlere bir çok zorluk ortaya çıkarmaktadır. Ortak çalışmaya dayalı imalat süreçlerinin benimsenmeye başlanması sebebiyle ERP sistemlerinin sahteciliğe meydan vermemek ve imalat sürecinde kullanılan malzemelerin hakiki olması ve bu süreçte ilgili spesifik malzemelerin kullanılmasını sağlamak için tedarik zinciri yönetim sistemleri ile entegre olmaları gerekmektedir.

Günümüzde çok sayıda farklı kaynaktan gelen veriler ERP sistemlerine manuel olarak girilmektedir. Nesnelerin İnternetinin kullanımı ile birlikte farklı kaynaklardan toplanan verilerin ERP sistemine otomatik olarak girilmesini mümkün kılarak ve veri girişi sırasında oluşan hataları ortadan kaldıracaktır. Nesnelerin İnterneti için kullanılan cihazlar ile birlikte ERP sistemlerine yaklaşımın değişmesi ve ERP ile büyük veri analitiği ve Endüstri 4.0'ın getirdiği diğer teknolojiler arasında bir bağ olması beklenebilir (Gervalla ve Ternai, 2019).

Günümüzün modern bilgi sistemleri ve ERP sistemleri sadece organizasyon içinde kullanılmamakta, aynı zamanda denizaşırı ülkelerde olan çalışanlar ve üçüncü şahıslarda bu sistemlere entegredirler. Bu şekilde kullanılan bilgi sistemleri işletmenin verimliliğini artırırken dağınık kullanım, çeşitli teknolojiler ile entegrasyon, farklı güvenlik kültürü ve farkındalığı sebebiyle risk yaratmaktadır (Javaid ve Iqbal, 2017). Ayrıca ERP sistemleri zamanla daha geniş ve kapsamlı sistemler haline gelmiştir. Bu gelişme ve iyileşmeler neticesinde bir çok farklı tipte ve belirli endüstri veya sektörlere odaklı (bankacılık, havacılık

vb.) çeşitli ERP sistemleri türemiştir. Bu endüstri odaklı ERP sistemleri belirli bir sektöre ait işletmeler için özel tasarımıdır ve genel amaçlı kullanılan ERP sistemlerinin karşılayamadığı özel iş gereksinimlerini karşılarlar (Boza ve diğ., 2015).

2.3.2.1 Türkiye'deki KOBİ'lerin Endüstri 4.0'a Geçişi

Türkiye baz alındığında Türkiye'deki KOBİ'lerde karar vericilerin önemli bir kısmı aile bireylerinden oluşmakta ve işletme sahibinin ve çevresindeki aile bireylerinin bilgi ve becerilerinin yetersiz kalmasından ötürü değişimi güçlendirmektedir (Bilen ve Solmaz, 2014). KOBİ'lerin yapıları itibarı ile işletmeyi kuran kişinin aynı zamanda şirket yöneticisi olması veya yönetimin aile örgütlenmesi içinde devam etmesi yöneticilerin Endüstri 4.0'da olması gereken eğitilmiş ve kalifiye olacağı durumunu bozmaktadır. Ayrıca işletmede bütün birimlerin fikirlerini süreçlere dahil edilmemesi yeniliklerin takip edilmesi konusunda bir engel oluşturmaktadır (Çevik, 2019).

Türkiye'de Endüstri 4.0 a geçiş konusunda henüz yeni yeni adımlar atmaya başlamıştır. Yakın geçmişe baktığımızda, Sabancı Üniversitesi'nin 2017 yılında yaptığı Dijitalleşme Çalıştayı'nda Devletten beklenenlerin "Endüstri 4.0'ın ilk defa getirdiği yenilikler için gerekli düzenlemeler" ve yeni durumla mevcut durum arasında sorunsuz bir dönüşüme fırsat verilmesi şeklinde sıralanmıştır. Ayrıca bu bağlamda büyük işletmelerin ve KOBİ'lerin özelliklerine ve teknolojik altyapısına göre politikaların oluşturulması stratejik girdiler arasında gösterilmiştir (Ulusoy ve diğ., 2017). ERP sistemleri Endüstri 4.0'ın bel kemiğini oluşturduğundan dolayı iki teriminde tam olarak anlaşılması önem arz etmektedir.

Endüstri 4.0'a geçiş kolay bir süreç olmamakla birlikte uzun soluklu bir çalışmaya gereksinim duyulmaktadır (Ulusoy ve diğ., 2017). Literatürde Endüstri 4.0'ın KOBİ'lerin uygulanması ile alakalı olarak yapılan yayınlarda çoğunlukla üretim süreçlerinin izlenmesi, mevcut kapasitenin artırılması ve esneklik gibi kavramlar ön plandadır (Moeuf ve diğ., 2017; Zhong ve diğ., 2017). Moeuf ve diğ. (2017) KOBİ'lerin işletme stratejileri genellikle esneklik üzerine olmasından kaynaklı olarak Endüstri 4.0 kavramı KOBİ'ler için cazip gözükmemekte olduğunu belirtmişler, Endüstri 4.0 daha akıcı bir bilgi sağlama potansiyelini beraberinde getirmekte olduğunu ve bununla daha iyi planlama ve kontrol süreçleri anlamına gelmekte olduğunu altını çizmişlerdir. KOBİ'lerin esnek olması değişimlere kolay adapte olabilmesi anlamına gelmekte ancak KOBİ'lerin finans ve yönetim konusunda yeteri kadar güçlü olmaması rekabet güçlerini

zaafa uğratmaktadır (Sabuncu, 2014). Ancak Sermaye ekipmanlarının esnekliği ve yeterliliği konusundaki gelişmeler neticesinde üretim için daha az ekipmana ihtiyaç duyulmaktadır. Bu daha az maliyet anlamına gelmekte ve bu sayede küçük şirketler pazara daha kolay girebilmektedir (Musamelli ve diğ., 2016).

Müller ve diğ. (2017) KOBİ'ler büyük işletmeler ile karşılaştırıldığında temel olarak farklı olduklarını ve bu sebeple KOBİ'lerin Endüstri 4.0'ı uygulayabilmeleri için farklı stratejilere ihtiyaçları olduklarını belirtmiştir. Literatürde bazı KOBİ'lerin diğerlerine göre çok başarılı olduklarını ve bunun sebebini yaptıkları araştırmada “stratejik planlamaya” bağlamıştır. Bununla birlikte stratejik planlama yapan KOBİ'ler daha inovatif olmakla beraber yeni teknolojiler ve süreçlere geçme konusunda eğilimlidirler (Wang ve diğ., 2007). ERP sistemlerinin benimsenmesi Endüstri 4.0'ın “başlatıcısıdır.” (Müller ve diğ., 2017). Ancak KOBİ'lerde ERP sistemlerinin benimsenmesi büyük şirketler ile karşılaştırıldığında daha zordur. Bu bilgiye dayanarak Müller ve diğ. (2017) yaptıkları çıkarımda aynı şekilde Endüstri 4.0 araçlarının KOBİ'lerde benimsenmesinin zor olabileceğini belirtmişlerdir. Ancak stratejik planlamanın KOBİ'lere yönelik faydaları ortada iken KOBİ'lerde çok nadir olarak görülmektedir. Çünkü bir KOBİ sahibinin stratejik planlama yapmamasının sebebi olarak rasyonel olmayan motivasyonlarının olma ihtimali ve bununda planlamaya ihtiyaç duyulmayacağı anlamına gelebilme durumunun olması önemli bir nedendir (Wang ve diğ., 2007).

Besson ve Rowe (2012) son yıllarda artan araştırma ilgi alanları ve bu alanda artan araştırma çabalarına rağmen, BT'nin sağladığı kurumsal dönüşüm konusundaki anlayışta hala birçok boşluk bulunduğunu belirtmişlerdir. Günümüzde bilgi teknolojileri, işletmeler için sermaye ve insan kaynağı kadar önemlidir (Günebakan, 2016).

Geçmişte yapılmış birçok çalışmada BİT'nin etkileri konusunda büyük şirketler baz alınmış olup KOBİ'ler için BİT etkileri sonuçtan çok uzaktır (Moriones ve diğ., 2013). Ganzarin ve Errasti (2016) çalışmalarında KOBİ'lerin Endüstri 4.0 devrimini kendi organizasyonlarının parçası olarak görmediklerini bu yüzden fırsatları yakalayıp çeşitlendirme yapamadıklarını belirtmiştir. Şirket içindeki pozisyonları gereğince yönetici-müdür seviyesindeki çalışanlar BİT yatırımını ve kullanımını uygulamada önemli bir yol oynamakla beraber sonrasındaki BİT'in etkisi konusunda önemli bir bilgi kaynağıdır (Bayo-Moriones ve diğ., 2013). Majeed ve Rupasinghe (2017) ye göre geleneksel ERP sistemleri geleceğin makinelerinin ihtiyacını

karşılama için büyük bir atılım gerçekleştirmek zorunda kalacaklardır. Cimini ve diğ. (2017) işletmenin Endüstri 4.0 dönüşüm yolunun işletmenin tedarik zincirindeki pozisyonu ile alakalı olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca başka bir bakış açısına göre KOBİ'ler kendilerini üretim planlama ve kontrol fonksiyonları ile ilgili bu yeni olanaklarla yüzleşmek için yeterince donanımlıdır (Moeuf ve diğ., 2017). Moica ve diğ. (2018) yaptıkları çalışmada KOBİ'ler için geleneksel üretim sisteminin Endüstri 4.0'a dönüşmesi konusunda toplamda 5 değişimin gerektiğini belirtmişlerdir. Çalışmada bu stratejilerin uygulanmasının KOBİ'leri inovatif şirketlere dönüştüreceği savunulmuştur. Bu değişimler Tablo 2.11'de gösterilmiştir.

Tablo 2.11: KOBİ'lerde Endüstri 4.0 dönüşümü için gerekenler (Moica ve diğ., 2018).

NO	DEĞİŞİMLER
1	Ürünlerin müşteri ile birlikte eş gelişiminin sağlanması amacıyla çok disiplinli proje takımlarının gerekli temel performans göstergeleri (KPI) dahil edilerek oluşturulması.
2	Dijital fabrikanın oluşturulması: ERP sisteminin ve iç ve dış platformların müşteriler ile iletişim kurma amacıyla uygulanması, kalitenin sağlanması ve sürecin geliştirilebilmesi için tedarik zincirinin ve kontrol süreçlerinin birleştirilmesi.
3	Organizasyonu basitleştirmek ve sayısallaştırmaya olanak sağlamak için Entegre yönetim sistemleri departmanının oluşturulması.
4	"Lojistik" fonksiyonunun uygulamaya konması, global pazara cevap vermek ve müşteriye içerecek şekilde süreçleri genişletmek.
5	Çalışanların eğitimi ve üretken operatörler için devamlı mevcut olacak bir eğitim ekibi.

2.3.3 KOBİ'lerde ERP Sistemlerinin Hazır Olma Durumu

Haddara ve Elegal (2015) yaptıkları araştırmada "son gelişmeler karşısında ERP nin hazır olma durumunun" çok önemli bir konu olduğunu ve gerçekleştirdikleri mülakatlarda katılımcıların genel olarak ERP sistemlerinin teknik olarak otomasyona hazır olduğuna inandıklarını ancak bir kısım katılımcının makineler ile ERP sisteminin entegrasyonu konusunda endişelere sahip olduklarını tespit etmişlerdir. Bu endişelerin sebepleri ERP için eklentilere ihtiyaç duyulabileceği, entegrasyonun işletmeye çok fazla zaman harcatabileceği ve külfetli olabileceği şeklinde sıralanmıştır. Buna ek olarak günümüzde ERP sistemlerinin en büyük problemi

“kestirim” yapamamalarıdır. Bu sebeple makinelerin bozulma zamanlarının tahmin edilememesi geleceğin fabrikası için büyük bir problemdir. Bilgi Teknolojileri hazır olma durumu işletmelerin bilgi teknolojilerinden yararlanma derecesini tanımlamak için kullanılır. Hazır olma durumu ile olgunluk durumu bitişik kavramlardır. Hazır olma durumunu olgunluk kavramından ayıran fark olgunluğun gerçek uygulamalar ve ilerlemeler ile ölçülmesidir. Hazır olma durumu olgunluk sürecinden daha önce gelmektedir (Stentoft ve diğ., 2019). Haddara ve Zach (2012) KOBİ’lerin limitli kaynakları olmasından dolayı ERP sistemlerinin uygulama aşamasının KOBİ’lere sağladığı fayda-maliyet konusunda halen sorunlar bulunmakta olduğunu ve bu konu ile ilgili daha fazla araştırma yapılması gerektiğini belirtmişlerdir.

Iris ve Cebeci (2014) bir sistemin verimliliğinin tespit edilebilmesi için ERP sisteminin kullanım seviyesinin ölçülmesi gerektiğini belirtmişler ve birçok KOBİ’nin, ERP sistemlerinin temel modüllerini kullanmakta olduklarını ancak ERP nin analiz ve raporlama özelliklerinden yeteri kadar yararlanamadıklarını tespit etmişlerdir. Raporlama konusunda yeni oraya çıkan Raporlama 4.0 başlığı altında değerlendirilen entegre düşünce ve raporlama düzeni, “kurumların hem finansal hem de sürdürülebilirlik performansını bütüncül bir biçimde ortaya koyarak, gelecekte yaratacağı değeri, fırsatları, stratejileri ve riskleri içeren bir raporlama sistemidir” (Esen, 2019). Stand-alone (Bağımsız) raporların karmaşık olmaları ve uzunlukları sebebiyle sosyal ve çevresel içerikli raporları finansal açıklamalar ile birleştirme çalışmaları yapılmıştır. Bunun sonucunda sosyal, çevresel, finansal ve yönetsimsel bilgiler ile bütünleştirilmiştir. Ortaya çıkan bu uygulamalar entegre raporlama olarak bilinmektedir (Unerman ve diğ., 2014). Türkiye’de yapılmış olan Entegre Raporlama 2018 araştırmasına göre şirketlerin sadece %51’i entegre raporlama konusunda bilgi sahibidirler. Bu sebeple kurumsal yatırımcıların entegre raporlama konusunda bilgi ihtiyacının olduğu görülmekte, şirket yöneticilerinin entegre düşünme ve entegre iş yapma konusunda bilince sahip olmalarının gerektiği, bununla beraber, entegre düşünce ve değer yaratma konularına yükseköğretim kapsamında yer verilmesi, nitelikli çalışan sayısının bu sayede arttırılması gibi öneriler sunulmuştur (Esen, 2019).

Kullanıcılar ile ilgili davranışsal ve bireysel faktörler ERP sistemlerinin kabulü ve kullanımını arttırabilme yada azaltabilme özelliğine sahiptirler (Rajan ve Baral, 2015). Ayrıca ERP sistemlerinin kullanıcı tarafından benimsenmemesi kullanma oranını düşürecek ve işletme potansiyel pozitif çıktılardan mahrum kalacaktır. Özellikle son zamanda yapılmış çalışmalarda

KOBİ'lerin kullandığı ERP sistemlerinin uygulanması konusunda belirsizlik mevcut olup detaylı bir ERP kullanımı ile alakalı detaylı bir performans ölçümü yapılmamıştır (Iris ve Cebeci, 2014).

Chang ve diğ. (2008) çalışmalarında ERP sistemleri kullanımına etki eden üç faktör keşfetmişlerdir. Bu faktörler; sosyal faktörler, uyumluluk ve kısa vadede gerçekleşecek sonuçlardır. Bu faktörlerden en öne çıkanı sosyal faktörlerdir. Sosyal faktörler içinden ise “organizasyonun karakteristiği” öne çıkmaktadır. ERP sistemlerine yapılan manuel girişler zaman kayıpları, insan hatası faktörü, hazırlık süreleri ve boşlukları gibi sıkıntılara yol açmaktadır (Majeed ve Rupasinghe, 2017). Chang ve diğ. (2008) Bir şirkette ERP sisteminin başarılı bir şekilde uygulanmasının birçok farklı kullanıcının ve departmanın beraber çalışmasına ve işbirliğine bağlamıştır.

Haddara ve Elragal (2015) yaptıkları araştırmanın sonucunda ERP sistemlerinin geleceğin fabrikasına hem teknolojik hem de operasyonel olarak hazır görünmekte olduğunu belirtmişlerdir. Ancak makineden-makineye ve makineden-ERP sistemine iletişim konusunda bir standart yada protokol olmamasının bir problem yaratmakta olduğunu ve bazı makine tedarikçilerinin kendi iletişim protokollerinin doğruluğuna inandıklarını gözlemlemişlerdir. Fakat bu durumun tedarikçiye bağımlılık anlamına geleceğini dolayısıyla akıllı fabrika konseptine ve makineler arası işbirliğine aykırı bir durum oluşturacağını belirtmişlerdir. “Mükemmel bir ERP entegrasyonu akıllı fabrikalara geçişin ilk aşamasıdır” (Hamdi ve diğ., 2018).

2.3.4 KOBİ'ler için ERP Uygulama Sürecinde Kritik Başarı Faktörleri

ERP sistemleri, KOBİ'ler de dahil olmak üzere birçok şirket için farklı/ayrık sistemlerin yerini almıştır. Tedarik zinciri sistemlerini uyarlamak için, işletmeler arasında daha yüksek düzeyde bir veri entegrasyonu sağlanması, kritik başarı faktörleri arasındaki ilişkilerin anlaşılması esastır. Belirleyici kritik başarı faktörleri performanslarında sıkıntı yaşanması halinde bu sıkıntı bütün ERP uygulama süreci üzerinde domino etkisi yaratacaktır (Ahmad ve Pinedo Cuenca, 2013). Doom ve diğ. (2010) Belçika'da başarılı bir ERP uygulaması gerçekleştirmiş 72 adet KOBİ'nin üzerinde yaptıkları araştırmada literatür ile karşılaştırıldığında büyük işletmelerin yaşadığı sorunların aynılarının KOBİ'lerde de yaşanmakta olduğunu tespit etmişlerdir.

Literatür taramasında KOBİ'ler için uygulama sürecinde öne çıkan kritik başarı faktörleri ilgili kaynakları ile beraber Tablo 2.12'de sunulmuştur.

Tablo 2.12: KOBİ'ler için ERP uygulama sürecindeki kritik başarı faktörleri.

FAKTÖR	FAKTÖR TİPİ	KAYNAKLAR
Üst Yönetim Desteği	Organizasyonel	
Doğru Tedarikçi Yönetimi – Karşılıklı Güven	Operasyonel	
Doğru Proje Yönetimi	Organizasyonel & Operasyonel	(Ahmad ve Pinedo Cuenca, 2013; Doom ve diğ., 2010; Moohebat ve diğ., 2010)
Dışarıdan Danışmanlık Hizmeti Alınması	Operasyonel	
Kullanıcıların Eğitimi (Teknik ve İşe Yönelik)	Organizasyonel	
Net Amaç ve Hedef	Organizasyonel	
Değişime Açık Kurumsal Kültür	Organizasyonel	
Sürecin Dikkatlice Gözlenmesi ve Değerlendirilmesi (Performans Ölçümü)	Organizasyonel	(Doom ve diğ., 2010; Moohebat ve diğ., 2010)
Uygun ERP Yazılımı Seçimi	Organizasyonel	

KOBİ'ler danışmanlık alma konusunda genellikle isteklidirler. Bunun sebebi KOBİ'lerin bünyesinde çalışan bilgi işlem personellerinin az sayıda olmasıdır. Az sayıdaki bilgi işlem çalışanlarının yeterli bilgi ve/veya tecrübesi bulunmayabilir. Danışmanlık alındığı zaman KOBİ'ye önemli bir bilgi ve tecrübe kaynağı da beraberinde gelmiş olacaktır. (Doom ve diğ., 2010). Başka bir nokta ise KOBİ'lerin ERP sistemlerini basit programlar veya teknik çözümler olarak algılamalarıdır. Bu nedenle tedarik aşamasında yeterli çaba göstermemektedirler. ERP uygulama aşamasında uygulanmakta olan değişikliğin önemi anlaşılmakta; bu aşamada sistemin seçimi ve tedarik edilme süreci zaten tamamlanmıştır (Laurinavicius ve Venckauskaite, 2012).

2.3.5 KOBİ'lerde ERP ile İlgili Karşılaşılan Sorunlar

ERP sistemlerinin başarılı bir şekilde uygulanması ve ERP nin kullanılması bir işletmenin hayatta kalması ve kurumsal performansı açısından çok kritik bir konumdur. Zira kurumsal sistem projelerinin başarısızlığı durumunda bu başarısızlık şirkete büyük zarar verebilmekte hatta şirketi iflas noktasına kadar sürükleyebilmektedir (Davenport, 1998).

Bir şirkette birçok farklı bilgisayar sisteminin kullanılması verinin depolanması ve gereksiz verilerin anlamlandırılmaya çalışılması, verinin başka sistemde kullanılması için tekrar

formatlanması, sistemler arası iletişimin sağlanması için yazılımı oluşturan zamanı geçmiş kodun güncellenmesi gibi problemler “doğrudan maliyet” olarak şirketlerin karşısına çıkmakta, bununla beraber dolaylı maliyetler aslında doğrudan maliyetlere göre daha çok sorun yaratmaktadır. Örneğin, satış ve pazarlama sistemleri finansal raporlama sistemleri ile uyumsuz ise büyük kararlar müşteri karlılığına göre değil içgüdüsel bir alınırdı (Davenport, 1998). Ancak günümüzde ERP sistemi uygulamasını halihazırda yapmış olan şirketler dış etkenlere karşı koyabilme amacıyla şirket içi ve şirket dışı bilgi sistemleri ile kendi ERP sistemlerini entegre etmektedirler. İşletmeler bir ERP ve bilgi sistemi entegrasyonu planlaması yaparken teknik ve sosyo-organizasyonel entegrasyon konularında bilgiye ihtiyaç duymaktadırlar ve bu sebeple bilgi sistemi entegrasyonu konularında danışmanlık projelerinde aktif olmalıdırlar. Bununla beraber KOBİ’ler aslında büyük oranda büyük işletmelerin tedarik zincirine dahildirler. Bu sebeple büyük işletmeler ve KOBİ’ler arasında sistem entegrasyonu hakkında daha çok araştırmaya ihtiyaç bulunmaktadır (Estefania ve diğ., 2018).

Grandhi ve Chugh (2012) yaptıkları literatür taramasında KOBİ’lere ERP’nin uygulanması konusunda toplamda 5 farklı engelden bahsetmişlerdir. Tablo 2.13’de sunulmuştur.

Tablo 2.13: KOBİ’lerde ERP uygulamasında engeller (Grandhi ve Chugh, 2012).

ENGEL	AÇIKLAMA
Zaman ve Maliyet Engeli	ERP’nin yapılandırılması ve uygulanması çok maliyetli olmakla beraber aynı zamanda uygulanması zaman almakta ve KOBİ’lerin zaten limitli olan kaynakları böyle maliyeti karşılayabilecek olsa bile KOBİ’ler böyle bir yükün altına girmek istememektedirler.
İşletmenin süreçlerini ERP sistemine uygun hale dönüştürememek	Süreçlerin ERP sistemine uygun hale getirilememesi ERP uygulanması aşamasında sorunlar meydana getirmektedir. Bazı önde gelen ERP tedarikçileri sektöre özgü veya sektörlerarası çözümler sunabilmektedirler.
Kıdemli Yöneticilerin Projeye Destek Vermemesi	Projenin yöneticilerden destek görmemesi projenin tamamen terk edilmesine veya hatalı bir şekilde uygulanmasına sebebiyet verebilir. Aynı zamanda yöneticilerin projeye pozitif bakması diğer alt personelleride olumlu etkilemektedir.
Son Kullanıcıların Değişime Direnmesi	Yeni bir sistemin/teknolojinin uygulanması çalışanlar tarafından endişe ile karşılanabilir ve çalışanlar değişime direnebilirler.
Kalifiye Eleman Azlığı	ERP uzmanlarının görevlendirilmemesi veya iş için yeterli sayıda elemana sahip olunmaması ERP’nin uygulanmasında engel teşkil etmektedir.

Önceden ayarlanmış sistemleri uygulamak yeni bir sistemi en baştan geliştirmekten daha az risk taşımaktadır zira önceden ayarlanmış sistemlerin geliştirilmesi konusunda genel endüstri standartları baz alınırken aynı zamanda çeşitli iş süreçlerinin de kapsar (Grandhi ve Chugh, 2012).

2.3.6 KOBİ’lerde ERP Sistemleri ve ERP Sistemleri Kullanımı Konusunda Öne Çıkan Kavramlar

ERP Kullanımı, ERP Hazır olma durumu ve ERP Kullanım Seviyesi ile ilgili geçmiş yapılan çalışmalar incelenmiş ve bu çalışmaların inceledikleri konular ile öne çıkan kavramlar Tablo 2.14’de sunulmuştur.

Tablo 2.14: ERP sistemleri kullanımında öne çıkan kavramlar.

ARAŞTIRMA	ARAŞTIRMA KONUSU VE AÇIKLAMA	ÖNE ÇIKAN KAVRAMLAR
Tagliavini ve diğ. (2002)	KOBİ’ler tarafından ERP edinimi kavramı incelenmiş, ve ERP edinimini etkileyen faktörler test edilmiştir.	İş Karmaşıklığı ve karmaşıklığı oluşturan faktörler; ■ KOBİ çalışan sayısı ■ Pazar büyüklüğü ■ Ürün/Hizmet çeşitlendirme ■ Şube sayısı ve işletmenin Tipi
Esteves (2006)	Kurumsal Sistemlerin İş Karmaşıklığı ile ilgisi incelenmiştir.	İş Karmaşıklığını oluşturan değişkenler; ■ KOBİ çalışan sayısı ■ Pazar büyüklüğü ■ Ürün/Hizmet çeşitlendirme ■ Şube sayısı ve işletmenin tipi
Gümüşsoy ve diğ. (2007)	ERP Sistemi kullanımı konusunda davranışsal yönelimler incelenmiştir	ERP Kullanımını etkileyen algısal faktörler; ■ Faydalılık, ■ Kullanım kolaylığı ■ Uyumluluk ■ Cinsiyet ■ Eğitim seviyesi

Tablo 2.14 (devam):

ARAŞTIRMA	ARAŞTIRMA KONUSU VE AÇIKLAMA	ÖNE ÇIKAN KAVRAMLAR
Hababbeh ve diğ. (2018)	KOBİ'lerin Bulut ERP edinimini etkileyen faktörler incelenmiştir.	■ Öz-yeterlilik (Bilgisayar) ■ Kullanım kolaylığı ■ Faydalılık ■ Performans beklentisi ■ Güvenlik (bilgi bütünlüğü)
Johansson ve diğ. (2012)	ERP kullanımını etkileyen faktörlerden bahsedilmiş; ayrıca ERP Değeri kavramında değinilerek ve ERP Kullanımı ile birlikte mantıksal analizin ve işbirliğinin ERP değerini oluşturan faktörler olduğu belirtilmiştir.	■ Uyumluluk ■ Karmaşıklık ■ Verimlilik ■ En İyi Uygulama ■ Eğitim ■ Rekabet Baskısı
Mouakket (2010)	Teknoloji kabul modelinin geliştirilerek bilgisayar öz yeterliliği ve ERP sistem tasarımının ERP sistemlerinin kullanımı üzerindeki etkilerini incelemek için bir araştırma modeli sunmaktadır.	■ Bilgisayar öz yeterliliği, ■ Kullanım kolaylığı ■ Faydalılık ■ ERP tasarım özellikleri
Ruivo ve diğ. (2013)	ERP sistemlerinin kullanıcıların verimliliği üzerine olan etkilerini incelemektedir. Araştırma, Avrupa'da yer alan KOBİ'ler üzerinde yapılmıştır.	■ Sistem uyumluluğu ■ Sistem karmaşıklığı ■ İşlemsel verimlilik ■ En iyi uygulama ■ Eğitim ■ Yetkilendirme
Jonas ve Björn (2011)	KOBİ'lerde ERP Sistemleri Kullanımını ölçmek amacıyla bir ölçek geliştirilmiştir.	■ Hacim ■ Genişlik ■ Çeşitlilik ■ Derinlik
Iansiti (2007)	ERP Son Kullanıcı İş Verimliliği: SAP ve Microsoft Saha Çalışması	■ Kullanılabilirlik ■ Yakınlık ■ Verimlilik ■ Esneklik ■ İşletme içgörüsü ■ Birlikte çalışma

Tablo 2.14 (devam):

ARAŞTIRMA	ARAŞTIRMA KONUSU VE AÇIKLAMA	ÖNE ÇIKAN KAVRAMLAR
Deloitte (2017)	ERP Sistemleri Dijital Çağa Uygun mu? Deloitte tarafından yayımlanan rapor.	■ Veri depolama ■ Veri alışverişi ■ Veri kullanımı
Parida ve diğ. (2015)	Küresel Hizmet İnovasyonu ve aktiviteleri baz alınarak gerekli yetkinlikler tespit edilmiştir.	■ Müşterilerin görüşlerine ve ihtiyaçlarına hakim olmak ■ Bilgi paylaşımı ve bilgi ağı oluşturmak ■ Küresel Pazar için kişiselleştirilmiş ürünler ■ Küresel bir dijitalleşme yeterliliği oluşturmak
Zhou ve diğ. (2013)	ERP Sistem Esnekliği Araştırması	■ ERP esnekliği
Aburub (2018)	ERP Kullanımının Organizasyonel Öğrenmeye Etkisi	■ Kurumsal öğrenme

2.3.7 Endüstri 4.0 Koşullarına Hazır Olma Açısından KOBİ'lerin ERP Kullanım Düzeylerini Etkileyebilecek Faktörlerin İncelenmesi

2.3.7.1 İşletmenin Özellikleri

Laukkanen ve diğ. (2007) çalışmalarında ERP sisteminin benimsenmesi konusunda “İşletmenin büyüklüğünün” bir faktör olduğunu ve farklı büyüklükteki işletmeler arasında önemli farkların bulunabildiğini belirtmişlerdir. Çalışmada ayrıca KOBİ'lerin homojen bir grup olarak görülmemesi gerektiğinin altı çizilmiştir. Bu çalışmaya paralel olarak Tagliavini ve diğ. (2002) KOBİ'lerde ERP sisteminin benimsenmesi ile işletmenin büyüklüğü arasında bir korelasyon olduğunu iddia etmişlerdir. Ayrıca Le ve Han (2016) çalışmalarında işletmenin yaşının ERP uygulanma aşaması ile bağlantısı olduğunu belirtmişlerdir.

Keçek ve Yıldırım (2010) özellikle ERP seçim süreçlerinde doğru kararı vermek için bir işletmenin piyasadaki büyüklüğü, finansal durumu gibi nicel olmayan unsurların dikkate

alınması gerektiğini belirtmişlerdir. İş karmaşıklığı kavramı literatürde özellikle KOBİ'ler için ERP sistemlerinin kullanımını etkileyebilecek hususlar arasında yer almaktadır (Tagliavini ve diğ., 2002; Johansson ve diğ., 2012). İş karmaşıklığı, küresel pazarlardaki işlerin genişlemesi, ticaretin hızını artıran teknolojik gelişmeler, ürün ve hizmetlerin geliştirilmesi ve sunulması için ihtiyaç duyulan son derece özel beceriler ve farklı ilgi alanlarına sahip çeşitli paydaş gruplarından gelen talepler nedeniyle şirket yöneticileri için bir zorluk olarak ortaya çıkmıştır (Queen ve Fasipe, 2015). Özellikle işletme büyüklüğü ve yer almakta olduğu pazarın büyüklüğü gibi faktörler iş karmaşıklığı seviyesini yükseltmekte ve rekabeti arttırmaktadır (Esteves, 2006). Sektörün büyüklüğü Tagliavini ve diğ. (2002) tarafından ERP kullanımı ile alakalı olarak görülmüştür. Çalışmada limitli bir pazar büyüklüğüne sahip işletmeler ile uluslararası pazarda iş yapan işletmeler karşılaştırıldığında pazar büyüklüğü arttıkça ERP kullanımında artış gözükmektedir.

Queen ve Fasipe (2015) birçok şirket yöneticisinin iş karmaşıklığını 21. Yüzyılın en büyük zorluğu olarak gördüklerini belirtmişlerdir. Özellikle işletmenin kaç adet şubeye veya ofise sahip olduğu iş karmaşıklığı konusunda öne çıkmakta zira birçok şubeye sahip işletmeler belirli bir merkezden yönetilmekte ve bu durum bilgi akışı yönetimini öncelikli kılmaktadır. Bununla beraber ürün-hizmet veya pazar konusunda çeşitlendirme yapan firmalarda yapılan işlerin koordinasyonunun zorlaşması sebebiyle planlama yapan departmanlar ortaya çıkmakta ve stratejik planlama için finansal kaynak ayırmak zorunda kalınmaktadır. Ek olarak bir grubun parçası olan işletmelerde iş karmaşıklığı seviyesi yükselebilmektedir (Tagliavini ve diğ., 2002). Şekil 2.9'da iş karmaşıklığını yaratan faktörler sunulmuştur.



Şekil 2.9: İş karmaşıklığı (Tagliavini ve diğ., 2002).

İşletmelerde ürünler, pazar ve teknolojiler bazında bir çeşitlendirme seviyesi farklı ürün-pazar kombinasyonları ile ifade edilmektedir. Çeşitlendirme ERP sistemlerinin KOBİ'ler tarafından benimsenmesini olumlu yönde etkilemektedir (Tagliavini ve diğ., 2002). Ancak Buonanno ve diğ. (2005) çalışmalarında literatürde ürün çeşitliliğinin bilgi akışının karmaşıklığını artırma konusunda etkisi olduğunu ancak ERP sisteminin benimsenmesi konusunda istatistiki bir kanıt olmadığını savunmuşlardır.

Endüstri 4.0 dönüşümünde standartların ve sertifikasyonların türlerinin belirsizliği literatürde bir zorluk olarak karşımıza çıkmaktadır (Sadiku ve diğ., 2018). Orjinal malzeme üreticileri ve tedarikçiler arasında güven eksikliği, iş ortaklığı konusunda yeterli güvenilirliğin sağlanamıyor olması, çok karmaşık yeterlilik kontrolleri ve aşırı pahalı sertifikasyonlar gerekmesi ve çok karmaşık akreditasyon süreçleri ve KOBİ'lerin orjinal malzeme üreticileri ile kendi aralarında sözleşme yapmak istemeleri bazı engeller teşkil etmektedir (Kazantsev ve diğ., 2018). Buna paralel olarak Ludwig ve diğ. (2018) KOBİ'lerin gelecekte kısmi otomatik ve yatay katma değerli zincirler için Endüstri 4.0 sertifikasyonlarına (veya siber-fiziksel üretim sistemleri sertifikasyonu) sahip olmama durumlarının büyük işletmelerin KOBİ'ler ile işbirliği tercihlerinde etkili olabileceğinden çekinmektedirler. Kazantsev ve diğ. (2018) çalışmalarında özellikle Endüstri 4.0 ile beraber imalat şirketlerinin tedarik zincirlerinde çok hızlı değişmekte olan talepler neticesinde KOBİ'lerden büyük işletmelere kadar her büyüklükte işletmenin artan işbirliği ile sonuçlanmakta olduğundan bahsetmişlerdir. Bununla beraber, bu sertifikasyonlar bir yandan belirli kalite standartlarını ve birlikte çalışabilirliği sağlarken diğer yandan bu sertifikasyona sahip olmayan KOBİ'lerin katma değer zincirinin dışına itilmesine sebep olacaktırlar (Ludwig ve diğ., 2018).

Literatüre dayanarak İşletmenin Özellikleri Ana Kriteri için toplamda 5 adet Alt Kriter belirlenmiştir:

- (1) İşletmenin Büyüklüğü
- (2) Sektörün Özellikleri
- (3) İşletmenin Sahip Olduğu Sertifikasyonlar
- (4) İşletmenin Faaliyet Sektörü (Ürün/Hizmet Çeşitliliği)
- (5) İşletmenin Yaşı

2.3.7.2 Çevresel Özellikler ve Gelişmeler

KOBİ'lerin ihtiyaç ve fırsatlarının analizinden ziyade, çoğunlukla acil durumlardan ve dışsal nedenlerden kaynaklı olarak ERP çözümlerini kullandıkları iddia edilmiştir (Tagliavini ve diğ., 2002). Johansson ve diğ. (2012) rekabet baskısı kavramının inovasyon ve teknolojinin yaygınlaşması konusunda hızlandırıcı etki yarattığını ve işletmeleri ERP sistemlerini kullanmaya iterek önemli bir etkiye sahip olduğunu belirtmiştir. Endüstri 4.0 ile birlikte rekabet kültürünün değişmesi sebebiyle Rekabet kavramı çalışmada faktör olarak kabul edilmiştir.

Çevresel faktör olarak kabul edilebilecek diğer bir faktör ise piyasa değişkenliğidir. Endüstri 4.0 ile beraber kısa yaşam döngüsüne sahip kişiselleştirilmiş ve özel ürünler için endüstriyel çalışma sisteminde değişiklikler gerektirmektedir. Yüksek esnekliğe ve uyumluluğa sahip sistemler global pazarda öne çıkmak için önemli bir faktördür (Karre ve diğ., 2017). Fiyat değişimlerine çok duyarlı bir piyasada faaliyet gösteren bir işletme yüksek marjları karşılayamaz ve üretim maliyetlerinin sıkı kontrolü için ERP sistemlerine bağlıdır (Raymond ve Uwizeyemungu, 2007). Volatilité yada oynaklık/değişkenlik, üretimde daha esnek ve uyarlanabilir yapılar, işlemler, ürünler ve sistemler gerektirdiğinden, üretimdeki paradigma değişiminin ana itici gücü olarak algılanmaktadır (Bartodziej, 2017). Piyasa değişkenliği ve uzun vadeli değişimler işletmelerin ve işgücünün daha esnek olmasını gerektirmektedir. Satış piyasalarında oluşan oynaklık siparişlerde aşırı dalgalanma, siparişlerin hızlı teslimatı ve işletmenin ileriye görme becerisinde azalma meydana getirmektedir. Kısa teslimat süreleri, yüksek verimlilik ve yüksek kalite veya minimum maliyet gibi konularda rekabetçi kalabilmek için işletmeler makine ve teçhizatlarında, satın almalarında ve tedarik zincirlerinde esnekliklerini arttırmaya çalışmaktadırlar (Bauer ve diğ., 2015).

Üçüncü faktör olarak Kurum Dışı Destek olarak belirlenmiştir. Dış destek işletmenin kendi çevresindeki organizasyonları da kapsamaktadır. Bu işletmeler ERP sistemleri bilgisi konusunda işletmeye destek olabilirler ve bu şekilde sistemin verimli kullanılmasına yardımcı olabilirler. ERP tedarikçileri, ERP danışmanları ve işletmenin ticari ortakları ERP sisteminin başarılı olması için önemli faktörler olabilecekleri varsayılabilir.

Çevresel Özellikler ve Gelişmeler Ana Kriteri için toplamda 3 adet Alt Kriter belirlenmiştir:

- (1) Rekabetin Yoğunluğu
- (2) Piyasa Değişkenliği
- (3) Kurum Dışı Destek

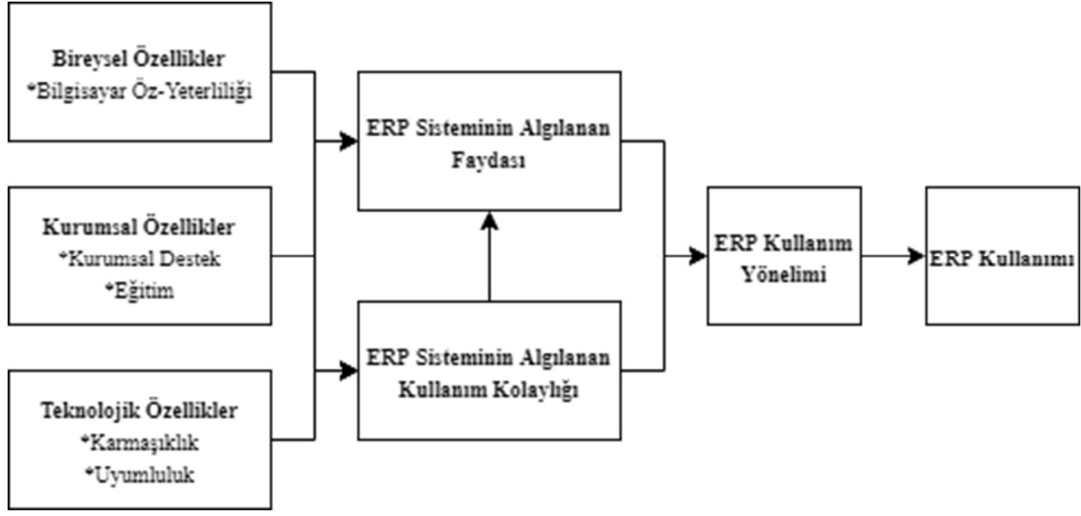
2.3.7.3 ERP Sistemi Kullanımı

ERP sistemi kullanımı kavramı, kullanıcıların kurulu ERP işlevlerini kullanma derecesini ifade etmektedir. Sistemin kullanımı, bir ERP kurulumundan elde edilen faydaları arttıran kritik faktörlerden biri olarak tanımlanmıştır (Nwankpa ve Roumani, 2014). Bu sebeple sistem kullanımı kavram olarak bilgi sistemlerinin başarısı konusunda en sık kullanılan ölçütlerden biridir (Jonas ve Björn, 2011). ERP sistemleri söz konusu olduğunda teknolojik ve örgütsel gereklilikler arasında yeterli uyumun sağlanması önemlidir. ERP sistemi ile işletmenin süreçleri arasındaki uyum, KOBİ'ler için bir ERP sistemi seçimindeki kriterlerin başında gelmektedir (Everdingen ve diğ., 2000). Bu uyum, KOBİ'lerin derinlemesine yeniden süreç yapılandırılmasının şokundan kaçınmalarını sağlamaktadır. Bu durum, ERP sisteminin benimsenmesi kararında iş süreçlerinin büyük öneme sahip olduğu sonucunu ortaya çıkarmakta; ancak işletmenin iş süreçleri kendine özgüyse, tasarımı işletmeye uygun olan ERP yazılımı bulmayı çok daha zor hale getirmektedir (Raymond ve Uwizyemungu, 2007). Bir ERP yazılımı işletme için gerekli işlevselliği sunmalıdır. İşletmelerin ERP sistemlerini kullanma sebepleri Tablo 2.15'de sunulmuştur.

Tablo 2.15: İşletmelerin ERP sistemlerini kullanma sebepleri.

İŞLETMELERİN ERP SİSTEMLERİNİ KULLANMA SEBEPLERİ	KAYNAK
Entegrasyon ve işletmenin yeteneklerini geliştirmek	
Eski bilgi sisteminin yenilenmesi	(Laukkanen ve diğ., 2007)
Verimliliğin artırılması ve maliyetin azaltılması	
Sistemin basitleştirip standartlaştırılması	
Rekabet baskısı	
Tedarikçi ve Müşteriler ile etkileşimi ve iletişimi iyileştirmek	(Mabert ve diğ., 2003)
Organizasyonun yeniden yapılandırılması	
Stratejik avantaja sahip olmak	

ERP kullanımı konusunda öncelikli olarak kullanıcı verimliliği ve adaptasyonu kavramı öne çıkmaktadır (Singh ve Wesson, 2009; Faisal ve diğ., 2012). Kullanıcı verimliliği ile ERP’de verimlilik kavramı karıştırılmamalıdır. ERP verimliliği kullanıcıların düzenli ve tekrarı olan işleri ne kadar verimli yaptıkları ile ilgilidir. ERP kullanımında verimliliği belirleyen öne çıkan kavramlar Goel ve diğ. (2011) tarafından araştırılmış ve kullanıcı arayüzü, sisteme ulaşılabilirlik, çevirim içi yardım ve kolay kullanılabilirlik gibi sonuçlara ulaşılmıştır. Literatürde kullanıcı verimliliğini etkileyen birçok faktör olduğu görülmektedir. Öne çıkan kavramlar: sistemin karmaşıklık algısı, yetkinlik, uyumluluk (Johansson ve diğ., 2012; Ruivo ve diğ., 2013). Çalışır ve Çalışır (2004) ERP konusunda faydalılık algısı kavramının kullanıcı üretkenliğine etki ettiği sonucunu bulmuştur. Aynı şekilde literatüre göre ERP Sistemlerinin “algılanan kullanışlılığı” yükseldikçe ERP kullanma isteği artmaktadır (Gümüşsoy ve diğ., 2007). Ayrıca kullanıcının teknoloji konusunda tecrübeye sahip olması kullanıcının görevleri ile görevi yapmak için kullanılan teknoloji arasındaki sorunları çözme yeteneğini artırabilir. Yani, teknoloji konusunda daha fazla bir deneyime sahip olmak, ERP teknolojisi ile görev gereksinimleri arasındaki uyumu artırabilir (Eid ve Abbas, 2017). Kullanıcıların algıları ve tecrübeleri ERP sistemi kullanımına etki eden faktörlerdir. Bu sebeplerden dolayı ilgili kavramlar KOBİ’lerin ERP Kullanım düzeyini etkileyecek faktörlerdir. ERP Kullanımını etkileyen kavramlar Şekil 2.10’da gösterilmiştir.



Şekil 2.10: ERP kullanımı modelinin bir parçası (Rajan ve Baral, 2015).

Şekil 2.10’da gösterilen kavramlar, Tablo 2.16’da açıklamalı olarak sunulmuştur.

Tablo 2.16: ERP kullanımını etkileyen faktörler (Rajan ve Baral, 2015).

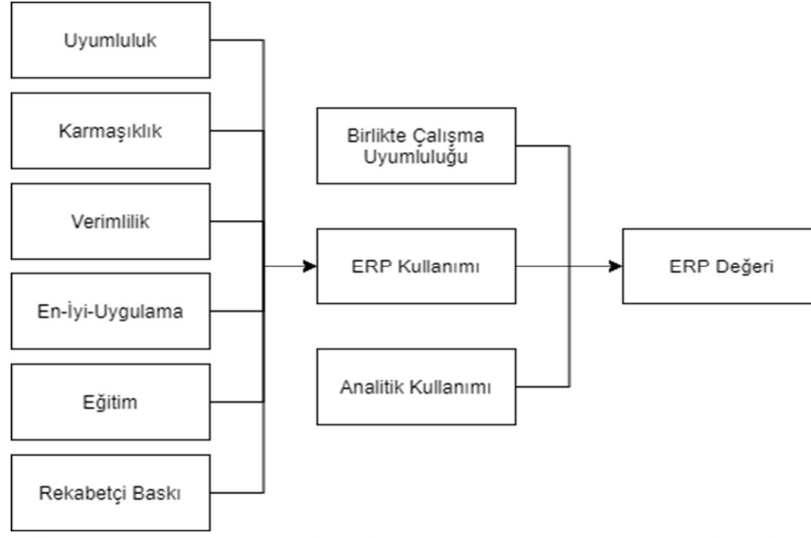
KATEGORİ	ÖZELLİK	AÇIKLAMA
Bireysel	Bilgisayar Yeterliliği	Bilgisayar öz-yeterliliği teknolojinin kullanımı konusunda kullanıcının kendine güvenidir (Taylor ve Todd, 1995). Literatürde algılanan faydalılık yoluyla kullanım yönelimini açıklamada öz yeterlilik önemli bir faktör olarak görülmektedir (Rajan ve Baral, 2015).
Kurumsal	Kurumsal Destek	Organizasyonel destek ERP sisteminin başarılı bir şekilde benimsenmesi konusunda anahtardır (Rajan ve Baral, 2015). ERP sisteminin kullanıldığı bir ortamda, işletmenin çalışanlarına sistem üzerindeki görevleri için yeterli destek sağlanıyorsa, çalışanların verimliliği açısından düşünüldüğünde performansları artacaktır (Lee ve diğ., 2010).
Kurumsal	Eğitim	ERP sistemleri karmaşık olmaları sebebiyle eğitim faktörü ERP sistemlerinin uygulanmasında önemli bir faktördür. Eğitimin yetersiz olması ERP sistemlerinin başarısız olma sebeplerinden biridir (Rajan ve Baral, 2015).

Tablo 2.16 (devam):

KATEGORİ	ÖZELLİK	AÇIKLAMA
Teknolojik	Karmaşıklık	ERP sisteminin karmaşık ve zor bir yapıda olması çalışanların ERP sistemine olan bakış açılarına negatif bir etki yapmaktadır (Chang ve diğ., 2008).
Teknolojik	Uyumluluk	ERP sisteminin uygulanması imalat, satın alma veya dağıtım gibi iş süreçlerini desteklemek içindir. Bu sebeple ERP uygulaması iş süreçleri ile çok yakın ve uyumlu olmalıdır. Teknoloji konusunda uyumsuzluk sistemin üretkenliğine, verimliliğine ve kullanıcıların memnuniyetine negatif etki edecektir (Erensal ve Albayrak, 2008).

ERP kullanımı ile ERP kullanım düzeyi yakın ama farklı kavramlardır. ERP kullanım düzeyi ERP sisteminin etkin ve efektif kullanımı ile ilgili olup ERP kullanımı sadece kullanımla alakalıdır. Yapılmış çalışmalarda Moukktet (2010) ERP kullanım düzeyini tespit etmek için kullandığı yöntemde ERP kullanımını ve ERP kullanımı ilgili olan kullanışlılık algısı, tasarım özellikleri, sistem öz yeterliliği gibi kavramları kullanmıştır. Iris ve Cebeci (2014) çalışmalarında KOBİ'lerin ERP kullanım düzeyi ile yalın imalat arasındaki ilişkiyi tespit etmek amacıyla KOBİ'lerin ERP sistemlerini ne kadar etkin kullandıklarını tespit etmeye çalışmışlardır. Ayrıca ERP kullanım düzeyinin iyileştirilmesi algısal yada yayılım şeklinde olabilir. Algısal iyileşmeler bireysel kullanıcılar ile ilgili olup yayılım ise ERP sistemlerinin organizasyon tarafındaki kapsamını ve dağılımı ile alakalıdır (Hedman, 2010).

ERP kullanımı ile ERP değeri arasındaki bağlantı ise, kullanıcıların sistemle nasıl çalıştıklarının ve analitik göstergelere dayalı karar vermelerinin genişliğinin ve derinliğinin bir ölçüsüdür. ERP ne kadar fazla kullanılırsa, firmaların nadir, taklit edilemez, değerli ve sürdürülebilir yetenekler yaratma olasılığı o kadar artar ve böylece değer yaratmaya katkıda bulunur. (Ruivo ve diğ., 2012). Yapılan araştırmalarda iş birliği ve analitik kavramlarının “ERP değeri” kavramı ile önemli derecede bağlantısı olduğu tespit edilmiştir (Ruivo ve diğ., 2012). ERP değerini oluşturan kavramlar Şekil 2.11’de sunulmuştur.



Şekil 2.11: ERP değeri (Johansson ve diğ., 2012).

Jonas ve Björn (2013) çalışmalarında KOBİ’lerde ERP kullanımının derecesini belirlemek amacıyla bir ölçek geliştirmişlerdir. Bu ölçekte Hacim, Genişlik, Çeşitlilik ve Derinlik olarak 4 ana başlık bulunmaktadır. Tablo 2.17’de sunulmuştur.

Tablo 2.17: ERP kullanım ölçütü 4 boyutu (Jonas ve Björn, 2013).

BOYUT	BOYUTUN İÇERİĞİ
	ERP Kullananların Derecesi (Halihazırda ERP Sistemini Kullananlar/Maksimum ERP Kullanma Potansiyeli Olan Kullanıcılar)
Hacim	ERP sistemlerinin bilgisayar-tabanlı bilgi sistemlerinin içerisindeki oranı ERP sistemlerinin ana iş süreçlerine destek seviyesi (Satış, Pazarlama, Üretim, Hizmet) ERP sistemlerinin ikincil iş süreçlerine destek seviyesi (Satınalma, Ar-Ge, İnsan Kaynakları, Finans)
Genişlik	Ana veri kullanan iş süreçlerinin yüzdesi ERP ile entegre işletme içi iş süreçlerinin oranı Dış ortaklarla entegre iş süreçlerinin derecesi
Çeşitlilik	İlgili süreçlerin ERP tarafından desteklenme ölçüsü: Satış, Pazarlama, Üretim, Hizmet, Satınalma, Ar-Ge, İnsan Kaynakları ve Finans
Derinlik	İlgili hiyerarşik düzeylerde ERP sisteminin kullanılma ölçüsü: Stratejik, Taktiksel, Operasyonel

2.3.7.4 İşletmenin Endüstri 4.0 Yol Haritası ve İş Modelleri

İş Modeli terimi 1950’lerde ortaya çıkan bir kavram olmakla beraber işletme literatüründe ve iş dünyasında kabul görmesi internetin geniş çapta yayılması ile birlikte olmuştur (Pietrewicz, 2019). Endüstri 4.0 kavramının etkilemesi beklenen konulardan biri yeni iş modellerinin ortaya çıkması ve buna uygun yeni girişimlerin kurulmasıdır. Mevcut iş yapma biçimlerinin yanında, farklı uygulamaların ortaya çıkması, iş yaşamında yeni iş alanlarından ve mesleklerden söz edilmesi söz konusudur (Soylu, 2018). Küreselleşme, müşteri beklentilerindeki çok çeşitlilik ve BİT’e bağlı gelişmeler hem imalat hem de hizmet sektörlerindeki firmaların operasyon yönetimi stratejilerindeki değişikliklerin ana itici gücü olarak görülmekte ve Nesnelerin İnterneti, Bulut Bilişim gibi dijital teknolojiler hem ticari hem özel hayatta günlük yaşamı etkileyen bir paradigmayı temsil etmektedir (Schiavone ve Sprenger, 2017).

Pereira ve Romero’ya (2017) Endüstri 4.0 sadece yönetim kavramını ve gelecekteki meslekleri etkilemekle kalmayacak, aynı zamanda endüstri üzerinde büyük bir etki yaratacak ve sonuç olarak iş yapma şeklini tamamen değiştirerek yeni iş modellerinin oluşturulmasına yol açacaktır. Literatürde, Endüstri 4.0 ile beraber değişen iş modelleri ile ilgili yapılan araştırmaların çok az olduğu ve KOBİ’lerin iş modellerini geliştirmeleri için daha fazla araştırmaya ihtiyaçları olduğundan bahsedilmiştir (Müller, 2019).

Kopp (2020) iş modeli kavramını “işletmenin belirli bir pazarda karlılığının sağlanması için gerekli bir plan” olarak tanımlamış, bir iş modelinin temel bileşeninin “değer önerisi” olduğunu belirtmiştir. Endüstri 4.0 ile beraber ortaya çıkan yeni paradigma geleneksel değer önerisi kavramını değiştirerek, işletmeler için değişen operasyonlar ile birlikte müşterilerin bu ürünleri alma ve ürünler ile etkileşim kurma şekillerinin değişmesini sağlamıştır. Büyük veri, arttırılmış gerçeklik, bulut bilişim gibi yeni teknolojiler ile müşteriler ile farklı şekilde etkileşim mümkün hale gelmiştir (Essentra, 2019).

Ancak yeni teknolojiler konusundaki değişim çok hızlı olduğundan işletmeler gelişmelere hızlı yanıt verebilmelidir. Örneğin, yapay zekanın uygulanma aşaması için bir işletme çevik bir çalışma sistemi belirlemeli ve planladığı stratejileri ve yol haritasını değişimlere göre güncelleyebilmelidir. Zira, yapay zeka teknolojisinin uygulanma aşamasında yeni fikirlerin küçük ölçekte test edilip daha sonra tam ölçekli kullanıma sunulması uzmanlar tarafından önerilmektedir (Küpper ve diğ., 2018).

2.3.7.5 Çalışanların Endüstri 4.0 Yetkinliği

Endüstri 4.0 yeni teknolojilerle bağdaştırılmasına karşın insanı temel alan bir bakış önemlidir ve birtakım zorlukları da beraberinde getirmektedir. Endüstri 4.0’da disiplinler arası kavramı öne çıkmaktadır. Özellikle geleneksel üniversite bağlamında alınan tek bir mühendislik tipinde bir eğitim öğrencilere Endüstri 4.0 için gereken disiplinler arası yetkinlikleri sağlayamayacaktır (Çevik Onar ve diğ., 2018). Endüstri 4.0 bağlamının yaklaşım ve fikirleri, işletme, bilgisayar bilimi, işletme ve bilgi sistemleri mühendisliği, makine mühendisliği, elektrik mühendisliği disiplinleri ile öncelikli olarak ilişkilidir (Lasi ve diğ., 2014).

Çalışanların yetkinlikleri ve eğitimi literatürde Johansson ve diğ. (2012) ve Ruivo ve diğ. (2013) tarafından ERP kullanımını etkileyen faktörler arasında yer almaktadır. Endüstri 4.0’ın getirdiği fırsatları tespit etmek ve değerlendirmek ile birlikte stratejik planlama veya Ar-Ge gibi yaratıcı çalışma süreçleri için de birçok yetkinliğe ihtiyaç bulunmaktadır (Schlaepfer ve Koch, 2015). Endüstri 4.0’ın getirdiği fırsatlardan faydalanmak için yetkinliği yüksek iş gücü gerekmektedir (Cotet ve diğ., 2017). Endüstri 4.0’ın işgücünden beklentisi üretim odaklı, yaratıcı ve girişimci genç çalışanlardır. Geleceğin fabrikasını eğitimsiz iş gücü ile yönetmek imkansız olacaktır (Durmuş ve Dağlı, 2017).

2.3.7.6 İşletmenin Finansal Gücü

Literatürde yapılmış çalışmalarda KOBİ’ler için yazılım paketlerinin maliyeti seçim konusunda çok önemli bir kriterdir (Everdingen ve diğ., 2000; Raymond ve Uwizyemungu., 2007). KOBİ’lerin finansal gücü büyük işletmelere göre düşük kalmaktadır. Endüstri 4.0 çerçevesinde yer alan teknolojiler, hem maliyet hem gerekli destek yapılarının sağlanması açısından çoğu zaman pahalı olmaktadır. Bu sebeple özellikle dönüşüm için gerekli yatırımları yapacak güçlerinin çok limitli olmasından kaynaklı büyük bir engel ve belirsizlik mevcut olabilmektedir (Çevik, 2019).

ERP sistemlerinin mimarisi sebebiyle özelleştirmeler pahalı olabilmektedir. Aynı zamanda özelleştirilmiş bir sistemin yükseltilmesi zorlaşmaktadır. Yükseltme için tüm yapılmış değişikliklerin dikkate alınması gerekmektedir. İşletmeler ERP sistemlerine yapılan yatırımı gerekçelendirmek için “Yatırım Getirisi” (ROI - Return on Investment) analizi yapmaktadırlar (Mabert ve diğ., 2003).

2.3.7.7 Kurumsal İşbirlikleri ve Müşteri-Tedarikçi İlişkileri

Kurumsal İşbirliği kavramı tanım olarak müşteri, hizmet sağlayıcısı ve/veya taraflar ile bir projenin risklerini paylaştıkları ve beraber yönettikleri bir çeşit işbirliğidir (Young ve diğ., 2016). İşletmelerin üniversiteler veya araştırma kuruluşları ile kurumsal işbirliğine gitmek istemelerinin bazı sebepleri bulunmaktadır. Bunlardan en öne çıkanı işletmelerin Ar-Ge bütçelerini arttırmak ve doğru kullanmak istemeleridir. Üniversiteler ile iş birliğine giden işletmelere devlet tarafından ek ödenek verilebilmektedir (Grimaldi ve Tunzelmann, 2002). Başka bir sebep ise işletmelerin bilimsel bilgiye ulaşmak istemeleridir. Ayrıca, üniversiteler yeni teknolojiler, araçlar ve eğitilmiş ve kalifiye iş gücünün kaynağıdır. Bu kaynağın kullanılması ile işletmelerin problem çözme kabiliyetleri artmış olacak ve bu işbirlikleri işletmeye birçok alanda akademisyenlere ve danışmanlara ulaşabilme fırsatları sunacaktır (Perkmann ve diğ., 2011).

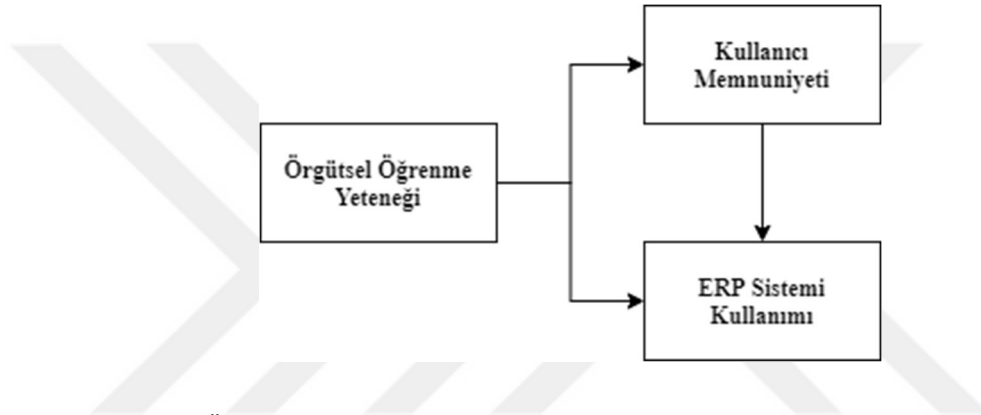
Yatay işbirliğinde ise değer zinciri müşteriler ve ortaklar ile entegre olma durumu söz konusudur. Üretim süreci boyunca müşteriler, tedarikçiler, taşeronlar ve lojistik servis sağlayıcıları ile dijital bir şekilde entegrasyonunun sağlanması verimliliği artırarak operasyonel maliyeti azaltacak ve müşterilere uçtan uca çözümler sunulabilecektir (Geissbauer ve diğ., 2014). Ancak dijital altyapının temel araçları çok yavaş yayılmakta zira bu araçlar her tedarikçide henüz bulunmadığından Endüstri 4.0 konusunda iş birliği sınırlı olmaktadır (Nagy ve diğ., 2018). Endüstri 4.0'ın getirmiş olduğu gelişmiş yeterliliklere sıfırdan başlayarak adapte olmak çok zor olduğundan stratejik hedeflere bağlı olarak işletmeler hangi Endüstri 4.0 teknolojisini benimseyeceklerine karar verme aşamasında dış ortaklar yolu ile çözüm aramaktadırlar. Alternatif bir yöntem olarak gerekli uzmanlığa sahip olan start-uplara yatırım yapmak da işletmeler için bir yöntemdir (Tidhar ve diğ., 2018).

2.3.7.8 Örgütsel Öğrenme

Örgütsel öğrenme kavramı modern yönetim anlayışında stratejik bir araç olarak yer bulmaktadır. Stratejik araç olarak görülmesinin sebebi rekabet avantajı sağlayabilmesi ve işletmeyi istikrarlı hale getirebilme yeteneğidir (Aburub, 2018). Öğrenme, çalışanların gerekli becerileri ve bilgileri edinmesinde ve işletmenin kurumsal gelişiminde kilit bir rol üstlenmektedir. ERP kullanımı yüksek miktarda bilgiye erişim sağlayabilmekte ve işletmelerin verilerini organize etmesini sağlamaktadır. Bununla beraber sistem entegrasyonu sayesinde

daha fazla zenginleşen bilgiye bir çok portaldan erişmek mümkün hale gelmektedir (Mitic ve diğ., 2017).

Örgütsel öğrenme yeteneği (Organizational Learning Capability - OLC) bir firmanın inovasyonunun temelini oluşturmaktadır. Kavram, bir organizasyonun öğrenmeyi kolaylaştıran ve teşvik eden uygun yönetim uygulamalarını, yapısını, prosedürlerini ve politikalarını uygulama yeteneğini ifade etmektedir. Bu yetenek, örgütsel öğrenme sürecini mümkün kılar. Literatürde örgütsel öğrenme yeteneğinin ERP kullanımı ile ilişkisinin olduğu tespit edilmiş ve Şekil 2.12’de gösterilmiştir (Nwankpa ve Roumani, 2014).



Şekil 2.12: Örgütsel öğrenme yeteneği ile ERP ilişkisi (Nwankpa ve Roumani, 2014).

2.3.7.9 Liderlik ve Üst Yönetim Desteği

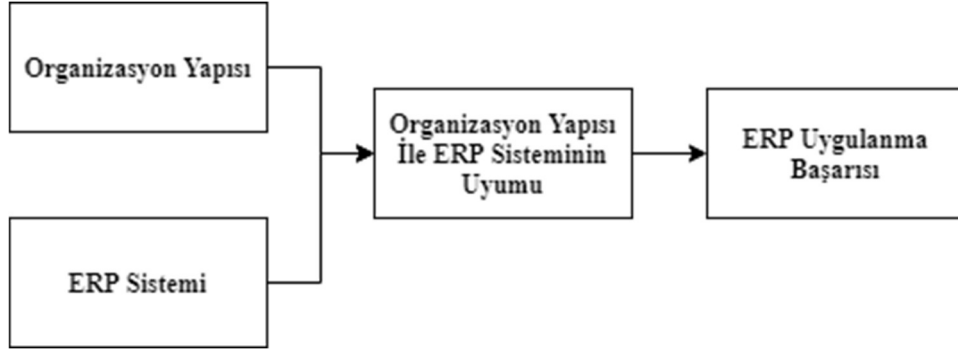
Geissbauer ve diğ. (2014) Endüstri 4.0'ın yaratacağı fırsatların değerlendirilmesi için lider kadrosunun (CEO, Direktör ve Kıdemli Yöneticiler) ajandalarında öncelikli olarak yer alması gerektiğini belirtmişlerdir. Yeni iş modelleri ve işbirliğine yönelik yeni modeller, Endüstri 4.0'ın katma değerini oluşturmaktadır, ancak bu her zaman belirgin değildir. Dijital teknolojilerin etkisi yalnızca BT alanıyla sınırlı kalmamakta, aynı zamanda işletmelerin nasıl yönetildiği ve uygulanan liderlik üzerinde de etkisi mevcut olmakla beraber Endüstri 4.0 ile beraber incelenen liderlik kavramı Liderlik 4.0 olarak isimlendirilmektedir (Oberer ve Erkollar, 2018). Endüstri 4.0 ile birlikte ortaya çıkan yeni ve inovatif iş fırsatlarından yararlanmak yoğun bir şekilde günlük işleri yürüten üst yönetim için bir zorluktur. İşletmelerin nasıl öğrenebileceği ve değişimin nasıl yönetilebileceği ile ilgili soruların cevaplanması üst yönetim için kilit öneme sahip olacaktır (Schlaepfer ve Koch, 2015).

2.3.7.10 Organizasyonun Yapısı ve Kültürü

Smit ve diğ. (2016) göre Endüstri 4.0 bağlamı yalnızca iş sektörlerini etkilemekle kalmaz, aynı zamanda sağlık, demografi, özel yaşam ve iş yapılarını da etkiler. Ayrıca, çok daha karmaşık bir ortam olacağından daha fazla karar almayı gerektiren yeni organizasyon yapıları olacağına inanılmaktadır.

İş organizasyonu, iş modellerindeki değişimleri yansıtacak şekilde bir değişim geçirmek zorunda kalacaktır. Karmaşık sistemler planlama ve açıklayıcı modeller ile yönetilecek, gerçek zaman odaklı kontrol kavramı yapılan işin içeriğini, süreçleri ve çevresini değiştirerek bireyler üzerinde artan bir sorumlulukla beraber sürekli gelişim zorunluluğu getirecektir (Smit ve diğ., 2016). Literatürde yapılmış çalışmalarda (Ruvio ve diğ., 2017; Davenport, 1998) Organizasyonel kültür kavramının ERP uygulamasının başarısını sağlayan çalışanlar arası ve departmanlar arası bilgi akışı ve bilgi paylaşımının sağlanmasında kurum kültürü kavramının etkin olduğu savunulmuştur. Literatürde yapılmış başka çalışmalarda (Amid ve diğ., 2012; Morton ve Hu, 2008) Organizasyonel yapı kavramı ERP sistemlerinin başarılı yada başarısız olmasını etkileyen önemli bir faktör olarak kabul edilmektedir. Yapısı ERP sistemlerine uygun şirketlerin ERP konusunda daha başarılı olma ihtimali yüksek olmasına karşın yapısı uygun olmayan şirketler organizasyonel direniş ile karşılaşabileceklerdir (Morton ve Hu, 2008).

Kurumsal değişimin kapsamı işletmedeki ERP kullanımı ile doğrudan ilgilidir (İstenen kurumsal değişim ne kadar yüksek ise ERP sisteminin benimsenmesi o kadar hızlıdır) (Tagliavini ve diğ., 2002). Bilgi sistemlerini kökten değiştirmeyi planlayan firmalar, beklenen çıktıları nedeniyle ERP sistemlerini benimseme eğilimindedir. Ancak, KOBİ'ler radikal değişime daha az meyilli olduklarından ve bir ERP sisteminin uygulanmasının neden olduğu örgütsel etkinin pek farkında değildirler (Buonanno ve diğ., 2005). Literatürde Organizasyon yapısının ERP uygulama başarısı ile yakından ilişkili olduğu kabul edilmektedir (Morton ve Hu, 2008). Ayrıca, ERP sistemindeki değişiklikler ne kadar fazla olursa örgütsel direnişin o kadar şiddetli olacağı ve ERP sisteminin uygulanmasının başarısız olacağı kabul edilmektedir (Mavrogiannakis, 2012). Organizasyon yapısı ile ERP sistemi arasındaki ilişki Şekil 2.13'de gösterilmiştir.



Şekil 2.13: ERP uygulama başarısını etkileyen faktörler (Mavrogiannakis, 2012).

2.3.7.11 Kurumsal Süreç Yönetimi ve Dijitalleşme

Kurumsal Süreç Yönetimi (İngilizce: Business Process Management - BPM) üretim yönetimi kavramına yakın olmakla beraber üretim yönetimi, üretim süreçlerini analiz etmek, ölçmek, modellemek, otomatikleştirmek, optimize etmek ve iyileştirmek için yöntemler sunmaktadır. Endüstri 4.0 ekosisteminde kurumsal süreç yönetimi, bir işletmenin stratejik hedeflerini o işletmenin kaynaklarını doğru yönlendirerek gerçekleştirmesine yardımcı olur. Hadarra ve Elragal (2015) çalışmalarında Endüstri 4.0'a hazır olma konusunda kurumsal süreç yönetimi kavramının organizasyonel bir zorluk olduğunu belirtmişlerdir.

Entegre olmuş bir kurumsal süreç yönetimi yaklaşımı işletmenin performansını iyileştirecek, günlük operasyonel işlerin esnekliğini, etkinliğini ve esnekliğini arttıracaktır. Endüstri 4.0 ortamında iş ve üretim süreçlerinin modellenmesi çok önemlidir. Üretim süreçleri Endüstri 4.0'ın getirdiği teknolojiler kullanılarak dijital anlamda desteklenecektir. Bu teknolojiler yapay zeka, makine öğrenmesi, robotlar, bulut bilişim, RFID, nesnelerin interneti ve blok zinciri olarak sıralanabilir. ERP ve nesnelerin internetinin entegrasyonu küresel olarak önemlidir. SAP, Microsoft ve Oracle gibi ERP liderleri nesnelerin interneti liderlerinin ilk 10'u arasında yer almaktadırlar (Basl, 2018).

Dijitalleşme 1980'lerde başlamış ve ERP sistemleri gerek uygulanan kavramlar gerekse platformlar konusunda çok büyük bir rol oynamıştır. ERP sistemini benimseyen kuruluşun özellikleri ile ERP sistemlerine yerleştirilmiş ve bir bakıma zorunlu olarak standartlaştırılmış iş süreci tasarımları arasındaki uyumsuzluk, ERP uygulama başarısını olumsuz etkileyen kritik bir faktördür (Mavrogiannakis, 2012). İşletmelerin akıllı BT sistemleriyle birlikte süreçlerin uyum süreci dijitalleşme gibi birçok modern eğilimlerin temelini oluşturmaktadır. Literatürde

BT tarafından destekli süreç uyumlandırmanın hızlı bir şekilde değişen müşteri ihtiyaçları, rekabet anlayışı veya teknolojik değişim gibi zorlukların üzerine gidebileceği belirtilmiştir. Ayrıca, kestirimci bakım, dijital fabrika iş akışları ve iş nesnelerinin akıllıca izlenmesi gibi uygulamalar süreç uyumlandırmasının örneklerindendir (Lederer ve diğ., 2017). Literatürde ERP uygulamaları ve iş dönüşümü için proje yönetimi bir ön koşul olarak belirtilmektedir (Smits, 2016). Endüstri 4.0’da bir proje süreçlerin yeniden tanımlanmasını, bilgi teknolojilerin yönetilmesini, kültürel değişimi ve yetkinlik eğitimlerini içerir. İyi bir proje yönetimi bir işletmenin dönüşüm şansını yükselten bir faktördür (Uhl ve Gollenia, 2016). Dijital dönüşüm, kurumsal süreçlerin veri bazlı iş akışları ve operasyonel mükemmellik amacıyla optimizasyonunu ifade etmekte ve yenilikçi iş modellerinin ortaya çıkma potansiyeli artış göstermektedir (Lederer ve diğ., 2017).

ERP sistemlerinin işletmenin verilerin çoğuna sahip olmasına rağmen stratejik karar verme için destek sağlayabilecek potansiyelleri bulunmaktadır. ERP sağlayıcıları bu durumun farkında olmaları sebebiyle karmaşık sistemden gelen verilerin kullanılabilmesi için “İş Zekası” adı altında yazılım ve işlevsellik sunmaktadırlar. İş zekası kavramı temelinde bir çok alandan ve sistemden gelen verileri konsolide ederek yöneticilerin daha iyi ve hızlı karar almalarına yardımcı olmak için vardır. Bu konuda ERP sistemi önemli bir veri kaynağıdır. Kurumsal süreç yönetimi iş zekası ile stratejik planlamanın toplamı olarak ifade edilebilmektedir. Kurumsal süreç yönetimi şirketin işletme performansını ölçeklendirmek, izlemek ve yönetmek için kullandığı süreçleri metodolojileri, ölçümleri ve teknolojileri ifade eder (Suman ve Pogarcic, 2016). Bununla beraber ERP konusunda süreç yönetiminin başka bir alt boyutu olarak “Bilgi Teknolojileri Varlık Yönetimi” ön plana çıkmaktadır. Hewlett-Packard (2006) yayınladığı raporda Bilgi teknolojileri varlık yönetiminin satın alma, sabit kıymet yönetimi ve insan kaynaklarının ERP süreçleri üzerinde etkisi olduğunu belirtmiştir. Ayrıca ERP’nin bu fonksiyonlar ile entegre edilmesinin işletmeye maliyetlerde ve risklerde azalma şeklinde geri döneceğini ve işletmeye değer katacağını eklemişlerdir.

2.3.7.12 Bilgi Teknolojileri Yönetişimi

BT yönetişimi işletmeler için hayati bir konudur. BT yönetişimi, işletmenin hedeflerinin desteklemesinin yanında yapılan yatırımın verimliliğinin en üst düzeye çıkarılmasını sağlamak için araçlar ve çerçeveler sunar. BT yönetişimi uygulamaları işletmedeki gelişimin önemli bir faktörü olabilmektedir. Bu şekilde işletmenin yaptığı yatırım ile ilgili harcamalar bakımlar ve

geliştirmelerin verimliliği takip edilebilir (Li ve diğ., 2017). Etkili bir BT yönetişimi, BT ve iş hedefleri arasında bir uyum yakalamalıdır. BT yönetişiminin etkin olmadığı işletmeler veri/bilgi kalitesi, verimsiz operasyonel maliyetler ve BT kaynaklarının düşük performans göstermesi gibi problemlerle karşılaşacaklardır (Ali ve Green, 2012).

2.3.7.13 Ar-Ge ve İnovasyon

Dijitalleşme, üretimin, taşımacılığın, iletişimin ve insan kaynakları gibi fonksiyonların dönüşümü anlamına gelmekte ve bu dönüşümde dijitalleşmeden değer yaratmak için yenilikçi yaklaşımlar gerekmektedir (Oberer ve Erkollar, 2018). “Ürün inovasyonu, bir işletmenin yeni ürün kategorileri ile tamamen yeni veya fark edilecek bir seviyede geliştirilmiş ürünler geliştirerek yeni müşteri ihtiyaçlarını belirleme ve bunlara yanıt verme becerisidir” (Mabenge, 2020). Geliştirmeler, teknik özelliklerde, bileşenlerde ve ürünlerin kullanım kolaylığında dikkate değer geliştirmeler içermeli ve ürün inovasyonu, ürüne yeni özellikler, ürün geliştirmeleri ve ürün çeşitliliğinin genişletilmesini de gerektirmektedir (Kahn, 2018).

Akdil ve diğ. (2018) geliştirdikleri Endüstri 4.0 olgunluk seviyesi modelinde akıllı ürünlerin veri depolayabildiklerini, hesaplama yapabildiklerini ve çevre ile etkileşimlere girebildiklerini ayrıca durumları ve geçmişleri hakkında bilgi verebileceklerini belirtmişlerdir. Aynı şekilde Rojko (2017) akıllı ürünlerin kontrol ve işleme özelliklerinin olduğunu bu sebeple ürünlerin üretim boyunca kendi lojistiksel aşamalarını kontrol edebileceklerini ve ürünlerin kendi uygulama süreleri ve yaşam döngüleri boyunca kendilerini gözlemleyebileceklerini belirtmişlerdir. Akıllı ürünlerin bu tipteki özellikleri işletmelerin hizmet sunmak amacıyla bu verileri yorumlama durumunu doğurmaktadır. Akıllı ürünler veri, veri yönetimi ve işletmenin verdiği hizmet ile ilgili olmasından kaynaklı olarak çalışmada KOBİ’lerin ERP düzeyini etkileyebilecek bir faktör olarak ele alınmıştır.

Ürün planlama yazılımları işletmenin genel sistemleri ERP ile bağlantılıdır. Bir ERP sistemi işletmedeki ürün planlama aşamasını, ürünün yaşam döngüsündeki diğer aşamalarına bağlar (Trstenjak ve Cosic, 2017). Akdil ve diğ. (2018) akıllı üretim ve operasyon kavramının alt kavramlarının lojistik, satın alma, Ar-Ge ve ürün geliştirmeden oluştuğunu belirtmişlerdir.

2.3.7.14 Dijital Teknolojilerin Operasyonel Kullanımı

Endüstri 4.0, birbirine bağlı dijital teknolojilerin yoğun ve yaygın kullanımına dayanmaktadır (Muscio ve Ciffolilli, 2020). “Akıllı Operasyon” veya Dijital Teknolojilerin Operasyonel Kullanımı kavramı ile birlikte işletmelerde çok fazla tekrar eden satınalma işlemlerinin otomatikleştirilmesi dolaylı olarak hammadde satınalımı konusunda verimlilik artışına sebep olacaktır. Bununla beraber lojistik-stok yönetimi konusunda ise taşınabilir bir şekilde tedarik alanında envanter yönetimi fonksiyonları sağlanabilir ve sistemdeki stok durumu görüntülenebilir. Bu şekilde manuel yapılan işlerde azalma, maliyetlerde düşüş ve hammadde yönetimine verimlilik artışı sağlanacaktır (Deloitte, 2017). Dijital teknolojilerin operasyonel kullanımı örnekleri Tablo 2.18’de gösterilmiştir.

Tablo 2.18: Dijital teknolojiler ve operasyonel kullanımları.

TEKNOLOJİ	AÇIKLAMA
Blok Zinciri Teknolojisi	Blok zinciri teknolojisi ile finansal işlemlerin doğruluğunun ve gerçekliğinin kanıtlanması, ürünlerin kökeninin doğrulanması, denetim ve sertifikasyon maliyetlerinin ortadan kaldırılması sağlanabilmektedir (Högel ve diğ., 2018). İşletmeler sahip oldukları tüm varlıkları liste halinde tutmaktadırlar. Bu varlıkların el değiştirmesi durumunda Blok zinciri sayesinde “Akıllı Sözleşme” kullanılarak, sözleşme ile ilgili her süreç yürütülebilir ve farklı taraflar arasındaki dijital para birimlerini doğrudan transfer etmek gibi amaçlarla kullanılabilir (Mushtaq ve Haq, 2019). Banka işlem ücretleri işletmeler için bir maliyet yaratmakta ve blok zinciri teknolojisinin kullanımıyla bu durumun etrafından dolaşabilmektedir. Örneğin, uzaktan çalışan ve/veya farklı ülkelerde bulunan çalışanlara yapılacak olan ödemeler uluslararası olabileceğinden transfer ücretleri yüksek ve transfer süresi uzun olabilmektedir (Rampton, 2016).
Bulut Bilişim	Bir işletmede tüm BT sistemlerinin ve verinin temeli ERP sistemleri ve ürün yaşam döngüsü yönetimi verileri ile birlikte ilgili diğer yazılımlardır. Akıllı sensörlerden gelen veriler kritik bilgiler sağlayabilir ve bulutta saklanan bu verilere kolay erişim ile birlikte gerçek zamanlı güncellemeler yapılabilir (Högel ve diğ., 2018). Dijital dönüşüme ayak uydurabilmek için ERP sistemlerinin modern ve imalat sistemleri ile işletmenin diğer sistemleri arasında entegrasyon sağlayabilmesi gerekmektedir. Bulut bilişim bu konuda gerekli çevikliği, esnekliği sunmakta ve dinamik iş modellerine uyum konusunda bir platform sağlayabilmektedir (Siddharth, 2019).

Tablo 2.18 (devam):

TEKNOLOJİ	AÇIKLAMA
Büyük Veri ve İleri Analitik:	Dijital operasyonların önemli kabiliyetlerinden birisi analitik kullanımıdır. Gelişmiş analitik teknolojileri, işletmeleri tepkisel(reaktif) durumdan önetkin(proaktif) bir duruma taşıyabilir (Accenture, 2014). ERP sistemleri büyük ölçekte yapılandırılmış ve yapılandırılmamış verileri işleyebilecek kapasiteye sahip olmalıdır. Gelişmiş analizler, üretim planlama ve tedarik zinciri ağlarıyla ilgili karmaşık kararları optimize ederek şirketlerin siparişleri daha dinamik ve daha düşük maliyetle yerine getirmesine olanak tanır. Öngörücü analizler kalite kusurlarının oluşumunu azalmak ve kalite problemlerinin maliyetini düşürmek için kullanılabilir. Analiz, ortaya çıkacak problemleri öngörür ve problemler ortaya çıkmadan önce süreç değişiklikleri önerir (Van Wyck ve diğ., 2019). Dijital ticari servis sağlayıcıları güncel durumu açıklamak yerine öngörücü bir pozisyon almaları ve geçmişi baz alarak gelecekte müşterilerinin ne tip durumlar ile karşılaşabileceklerini gösterip işletmenin daha iyi bir performans sergilemesi açısından almaları gereken aksiyonları onlara sunmalıdır (Accenture, 2014). Kestirimci Analitik kullanılarak makinelerin bakım ve ihtiyaçlarını doğru analiz edilebilir ve bu makineler için daha optimal bir çalışma süresi sağlamaktadır (Van Wyck ve diğ., 2019).
İleri Robotik ve Entegrasyon	Cobot: İşbirlikçi Robot uygulamaları, görüntü sistemleri ve yapay zeka gibi gelişmiş çevre birimleri ile entegrasyonu neticesinde süreçlerin standartlaşmasını ve daha düşük maliyetli dönüşüm sağlamaktadır. Örneğin otomatikleştirilmiş parça taşıma ile forklift kullanımını ortadan kaldırarak depo maliyetlerini önemli ölçüde azaltmak ve güvenliği artırmak için parçaların otomatik olarak toplanması ve taşınması kullanılmaktadır. Tedarikçilerle yapılacak dikey entegrasyon, envanter seviyelerinin optimize edilmesine ve geç siparişlerin hızlandırılması için maliyetlerin düşürülmesine yardımcı olabilmektedir (Van Wyck ve diğ., 2019).
Nesnelerin İnterneti	Nesnelerin interneti, işletmelerin yeni iş modelleri peşinde daha çevik ve agresif olmalarını sağlar. Çok çeşitli birbirine bağlı olmayan ürünler için altyapının inşası, bakımı ve iyileştirilmesi için geleneksel yatırım ve harcama yöntemlerini değiştirme potansiyeline sahiptir (Breivold ve Sandström, 2015). Nesnelerin İnternetinin ERP sistemlerinin kullanımının geliştirilmesi yönünden pozitif bir etkisi vardır. Özellikle imalat sektöründe kullanılan makineler, diğer araçlar ve gereçler üzerinde kullanılan sensörler aracılığı ile bakımın otomasyonu sağlanmakta ve ihtiyaca göre önemli veriler sunulabilmektedir. Bununla beraber envanter yönetimi konusunda ERP sistemi ile otomatik iletişim sağlanacak, depo çalışanlarına mecbur kalınmadan gerçek zamanlı olarak lojistik depolarında bulunan envanter hakkında bilgi sahibi olunabilecektir (Barrett, 2020).

Tablo 2.18 (devam):

TEKNOLOJİ	AÇIKLAMA
Otomasyon ve Yapay Zeka	Otomasyon operasyonel olarak satınalmada kullanılabilmektedir. Süreçlerin otomasyonu ile işlemlerin tamamlası hızlanırken hata seviyeside düşecektir. Otomasyonun daha ilerisi olan Yapay zeka teknolojisi “bilişsel faaliyetleri” geliştirerek hızı ve üretkenliği artırma potansiyei bulunmaktadır. Ancak yapay zeka teknolojisi henüz bu seviyeye ulaşamamıştır. Yapay zeka algoritmaları ile çok karmaşık olabilecek çok sayıda tedarikçi ve farklı senaryoların olabileceği anlaşılmaya varma durumlarında hızlı bir çözüm sunabilir. Aynı zamanda pazar hakkında bilgi toplama ve talep tahminlerini iyileştirmek için yararlı bir teknolojidir (Högel ve diğ., 2018).
Simülasyon	Çok sayıda işletme yeni ürünler ve hizmetler geliştirmek için denemeler yapmaktadır. Ancak belirsiz ve hızlı değişen ortamdan kaynaklı olarak belirlenen stratejiler aniden geçerliliğini yitirebilmektedir (Reeves ve diğ., 2010). Yeni tasarımları ve malzeme türlerini doğrulamak için ürün simülasyon araçları kullanılabilmektedir; bu da tasarım süreci için yinelemeli fiziksel testlere kıyasla daha kısa teslim süreleri ile sonuçlanmaktadır (Van Wyck ve diğ., 2019). Sanal dünyaların limiti bulunmamasından bir sürü olasılıkların keşfedilmesi mümkündür. İşletmeler için çok sayıda değişkenin denenmesi çok değerli bilgi edinimi sağlayabilir (Reeves ve diğ., 2010).

Bütün bu imkanların omurgasının ERP sisteminin kendisi olması sebebiyle “Dijital Teknolojilerin Operasyonel Kullanımı” ve “Ürün Geliştirme” çalışmada birer faktör olarak kabul edilmiştir.

2.3.7.15 Veri Yönetimi ve Veri Kalitesi

Birbirine bağlı nesnelerin ortaya çıkması ile gerçek zamanlı olarak bilgi toplamak ve otomatik karar süreçlerine bu bilgiyi dahil etmek mümkündür. Büyük miktarda veri toplama, depolama işleme ve analiz etme yeteneği “Büyük Veri” adı altında Endüstri 4.0 ile birlikte öne çıkmaktadır. Verilerin toplanmasını ve iletilmesini kolaylaştıran ERP sistemi sanayi alanındaki bu gelişmeler ile birlikte ERP için sonuçları olacak ve ERP sistemi işletmelerde geniş bir ağ oluşturacaktır (Hamdi ve diğ., 2018).

ERP sistemleri bir işletmede veri kalitesini ve bilgi paylaşımını iyileştirebilirler. Geçmişte yapılmış çalışmalar çoğunlukla ERP uygulaması ve ERP nin işletme için değeri konularına

odaklanmışlardır (Cao ve Zhu, 2013). İşletmeler müşteriler, tedarikçiler ve kurumlar ile etkileşim halindedirler. ERP sistemleri ilgili taraflar ile uçtan uca süreçleri desteklemelidirler. Endüstri 4.0 ile beraber öne çıkan ve ciddi önem arz eden başka bir potansiyel sorun ise işletmeler için tedarik zinciri boyunca çeşitli kurumsal sistemlerdeki veri kalitesidir. Endüstri 4.0 ortamındaki şirketler büyük miktarlarda ve otomatik olarak veri alışverişinde bulunmak zorunda olduklarından, işletme-içi ve işletmeler arası iş süreçlerinin verimli olması için belirli bir veri kalitesi gereklidir. Bu nedenle, işletmeler yeterli ana veri yönetimi ve veri kalitesi yönetimi uygulamalıdır (Leyh ve diğ., 2016).

Veri depolama konusunda mantıksal ve fiziksel olarak iki farklı tür bulunmaktadır. Mantıksal veri modeli ve şirketin veri yönetimi ile alakalıdır. ERP sistemlerinin tabanını genellikle sayıca fazla olan tablolar oluşturmaktadır. Bu tablolarda veriler tek kayıt ve sıkıştırılmış haldedirler. Klasik ERP sistemleri için bu sıkıştırılmış veriler, yalnızca önceden tanımlanmış zaman aralıklarında gerçekleştirilebilecek hesaplama rutinlerine dayanmaktadır. Bunun sebebi performans eksikliğidir. Aynı zamanda verilerin güncelliği konusunda problemlere sebep olmaktadır. Endüstri 4.0 için gerekli olan esneklik ancak planlayıcı tüm işletme fonksiyonlarından en güncel verilere erişebiliyorsa elde edilebilir (Deloitte, 2017). ERP sistemleri tüm işletmenin bilgilerini tek bir merkezi veritabanına entegre etmeye çalışır, bilginin birçok farklı organizasyonel bölümden erişimine izin verir ve teoride işletme ile alakalı her türlü nesnenin görünür hale gelmesini sağlar ve bu da işletmenin rakiplerine karşı rekabet avantajı sağlamasına yol açmaktadır (Akgül ve Gözlü, 2014). Fiziksel tip ise verinin depolanması ve yönetilmesi ile alakalıdır. Veri depolamanın tamamen merkezci veya tamamen merkezci olmayan şekilde iki farklı yöntemi olmakla beraber bu yöntemler bir birine tam olarak zıttırlar. Merkezi yaklaşımda ERP sistemlerinde işletmenin önemli verileri veri tekrarının önlenmesi ve veri tutarlılığının sağlanması amacıyla tek bir yerde tutulmaktadır. Esneklik için hem merkezi hem merkezi olmayan veri depolama Endüstri 4.0 için birlikte gereklidir. (Deloitte, 2017). Verileri ERP düzeyinde yönetmek ve diğer sistemler ile paylaşmak veri tutarsızlığını ortadan kaldırmaktadır.

Bununla birlikte veri kullanımı ile ilgili veri görselleştirme öne çıkmakta gelişmiş bir veri kullanımı aynı zamanda kullanıcı dostu insan makine etkileşimi, işletmeler arasında veri bağlantısı ve işletme süreçlerinin otomasyonu ile ilgilidir. Kullanıcı arayüzü kolay ve uygun olmalıdır. Kullanıcıların ERP sistemleriyle çalışması ne kadar kolay olursa, o kadar verimli ve

daha şeffaf bir süreç ve veri girişi sırasında hata yapımı en aza indirilmiş olacaktır (Deloitte, 2017).

2.3.7.16 Bilgi Teknolojileri ve ERP Esnekliği

Esneklik kavramı özellikle imalat alanında araştırılan bir kavram olmakla beraber ERP Esnekliği işletmede oluşabilecek iç ve dış değişimlere karşı uyum sağlayabilme yeteneğidir. (Zhou ve diğ., 2013). ERP sistemleri stabil sistemler olup modifikasyonlar çok limitlidir. Endüstri 4.0 ile birlikte kolay eklenebilen veya modifiye edilebilen sistem bileşenlerine ihtiyaç vardır. Bununla beraber ERP sistemlerine veri girişi tek tip ve standart bir şekildedir. Ancak Endüstri 4.0 ile beraber müşterilerden, iş birliği yapılan kurumlardan veya başka kaynaklardan veri akışı gerekmektedir. Ayrıca ERP sistemi bu kaynaklardan gelecek olan gerçek zamanlı ve/veya özel-geçici isteklere cevap verebilmelidir (Smits, 2016). Soh ve diğ. (2000) veri uyumluluğunun sistemin çalışan tarafından kabulü için önemli olduğunu belirtmişlerdir. ERP sistemi yalnızca şirketin veritabanları ve işletim sistemleriyle uyumlu olduğundan prosedürler ve uyumluluk sistemin çalışanlar tarafından kabulü için çok önemlidir.

Veri depolama ve erişme kolaylığı bir işletme adına paha biçilemez olmasına karşın bu kolaylığı sağlamak işletmede bulunan bir çok sistemle sıkı bir entegrasyon durumunu gerektirmektedir. Organizasyonel değişim yeni iş süreçlerine sebebiyet verebilmekte ve ortaya çıkan yeni süreçlere uyum ERP sisteminin mimarisinin değişmesini gerektirecek bir durum yaratabilmektedir. Sonuç olarak ERP esnekliği ve iş uyumu alakalı kavramlar haline gelmişlerdir (Abas, 2018). Ancak diğer bir nokta ise farklı sistemlerin birbirine bağlanmasını sağlayacak Endüstri 4.0 için gerekli standartlar, normlar ve sertifikaların mevcut olmamasıdır (Nagy ve diğ., 2018). Bu sebeplerden dolayı çalışmada Bilgi Teknolojileri Esnekliği kavramı ERP ile ilgili bir Endüstri 4.0 koşulu olarak belirlenmiştir.

2.3.7.17 Modern ve Entegre Bilgi ve İletişim Teknolojileri Altyapısı

Başarının Endüstri 4.0 ile birlikte altyapının kalitesine ve erişimine bağlı olacağı konusunda bir fikir birliği mevcuttur (Pereshybina ve diğ., 2017). Endüstri 4.0 halihazırda yapılmış olan kurulumların uyarlanması ve bazı durumlarda da tamamen yeni tipte bir BT altyapısının kullanılmasını gerektirmektedir. Birbirinden ayrı olan birçok farklı çeşit sistemler bir ağda birbirleri ile iletişimde olmalı ve yeni iletişim ağları sıfırdan başlayarak kurulmalıdır. Büyüklüğü fazla olan imalat şirketleri ve çok uluslu grup şirketleri baştan altyapı sistemi

oluşturmak yerine sistemlerini uyarlamak zorundadırlar. KOBİ'ler sıfırdan sistem kurmak için büyük işletmelere göre genel anlamda çok avantajlı konumdadırlar (Schlaepfer ve Koch, 2015). Eski bilgi sistemlerinin durumu, ERP sisteminin uygulanması konusunda işletmenin istek seviyesini etkileyebilmektedir (Zach ve Munkvold, 2012). Entegrasyon kavramının önem seviyesi Endüstri 4.0 için çok yüksektir. Modern ERP sistemleri Endüstri 4.0 bağlamında bütünleştirici temel bir faktördür. Modern ERP sistemleri farklı operasyonel ve yönetim seviyeleri arasında dikey entegrasyonu, gerçek zamanlı bilgi akışı aracılığıyla değer zincirinde yer alan iş ortakları (tedarikçiler ve müşteriler) ile yatay entegrasyonu kolaylaştırmalıdır (Zeba ve diğ., 2019). Sarfiyata veya gecikmelere neden olan tüm faaliyetlerin maksimum süreç entegrasyonuna ve aşamalı olarak kaldırılmasına izin veren yalın üretim konseptiyle tutarlı bir şekilde ERP bir kez tam olarak entegre edildikten sonra şirketin dijitalleşmesi için gerekli olan bilgi omurgasını temsil etmektedir; ayrıca daha iyi kontrol sağlayarak işletmenin verimliliğini arttıracaktır (Hamdi ve diğ., 2018).

2.4 ENDÜSTRİ 4.0 KOŞULLARI

2.4.1 KOBİ'lerin Endüstri 4.0 Dönüşümünde Karşılaştıkları Zorluklar

İşletmeler Endüstri 4.0 kavramlarını entegre etmek için hızla büyüme durumları mevcut olmakla beraber, bilgi teknolojileri ve operasyonel teknolojiler bazı yeni zorluklar ortaya çıkarmaktadır. Horváth ve Szabó (2019) Endüstri 4.0 ile ilgili çok az sayıda ampirik çalışmanın mevcut olduğunu ve Endüstri 4.0'ın engelleri üzerine yapılan çalışmaların belirli bir faktöre odaklandığını ve sınırlı olduğunu söylemişler ve bu sınırlılığın sebebini Endüstri 4.0'ın karmaşık bir konsept olmasına bağlamışlardır.

Sevinç ve diğ. (2018) tarafından yapılan bir çalışmada, KOBİ'lerde Endüstri 4.0'ın itici güçleri analiz edilmiştir. Çalışmada, organizasyon, çevre, inovasyon ve mali olmak üzere toplam dört ana kriter belirlenmiştir. Bu çalışma, Endüstri 4.0'a geçişte KOBİ'lerin karşılaştıkları engelleri tespit etmek amaçlı yapılan ilk girişimlerden birisidir. Ancak bu çalışmada Premkumar ve Roberts'in (1999) yalnızca küçük işletmeler üzerinde yaptığı çalışma temel alınmıştır. Jovanovski ve diğ. (2019) tarafından yapılan bir başka çalışmada, KOBİ'lerin Endüstri 4.0'ı benimsemesi konusunda karşılaştıkları zorluklar incelenmiştir. Ancak, çalışma bu zorlukların herhangi bir şekilde önceliklendirmekten yoksundur.

Raj ve diğ. (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, Hindistan ve Fransa'da imalat sektöründe Endüstri 4.0'ın benimsenmesinin önündeki engeller belirlenmiştir. Bu çalışmada Endüstri 4.0'ın gelişimine yönelik gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde uygulanan farklı politikalardan kaynaklı olarak Endüstri 4.0 konusunda karşılaşılan engellerin ülkeden ülkeye farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Endüstri 4.0'ın etkisi farklı endüstriler arasında ve hatta ülkeler arasında farklılık gösterebilir (Smit ve diğ., 2016). Ancak, Raj ve diğ. (2019) çalışmalarında özellikle KOBİ'ler üzerindeki engelleri ele almamakta; bunun yerine sadece imalat sanayine odaklanmaktadır.

Faller ve Feldmüller (2015) özellikle KOBİ'lerin Endüstri 4.0'ın getirdiği teknolojilerini benimseme konusunda dezavantajlı olduklarını ve bunun sebebinin de erken davranıp yanlış teknolojiye odaklanıp hatalı bir yatırım yapma korkusundan kaynaklandığını ve bu şirketlerin global dünyada hayatta kalabilmeleri için yeni teknolojiler konusunda eğitilmeleri gerektiğini belirtmişlerdir. Bir çok şirket Endüstri 4.0'ı benimseme yönünde adım attığı zaman ne tip zorluklarla karşılaşacakları konusunda habersizdirler (Pereira ve Romero, 2017).

Sarvari ve diğ. (2017) Endüstri 4.0 dönüşümünde karşılaşılabilecek zorlukları 9 maddede sıralamıştır.

- Teknolojiler ve bu teknolojilerin yaratabileceği fırsatlar,
- Ürünler ve süreçlere yapılabilecek teknolojik yatırımın getirileri hakkında kararsızlık,
- Endüstri 4.0 vizyonunun getirdiği yeni iş modelleri ve ürünleri ile alakalı müşteri talebi hakkında bilgi sahibi olunmaması,
- İnsan kaynağı ve finansal kaynak konusunda sınırlılıklar,
- Başlangıç noktasını ve gelecekteki aşamaları tespit edememek,
- Verimli portföy yönetimi ve teknoloji yatırımı ihtiyacı,
- Önceliklendirme gerekliliği ve yeni ürün ve süreç projeleri,
- Sınırlı kaynakları projeler için ayırmak ve güvenilir iş ortakları ile işbirliğine gitmek,
- Organizasyon içerisinde Endüstri 4.0 dönüşümü projeleri konusunda iletişim eksikliği,

Stentoft ve diğ. (2019) 'e göre, Endüstri 4.0 engelleri KOBİ'lerin hazır olma durumlarına negatif etki yapmakta ancak teknolojilerin benimsenmesi konusunda herhangi bir etki söz konusu değildir. Dünya Ticaret Örgütü'ne göre KOBİ'ler iş dünyasının toplamda %90'ından fazlasını,

istihdamın %60'ını ve gelişmiş ekonomilerde gayri safi yurtiçi hasılanın %55'ini temsil etmektedir (WTO, 2016).

Vrchota ve diğ. (2019), Endüstri 4.0'ın artık sadece büyük işletmelere ait bir konu olmadığını belirtmişlerdir. KOBİ'ler temelde büyük işletmelere karşı farklı bir yapıya sahip olduklarından dolayı Endüstri 4.0'ı uygulama konusunda farklı stratejilere ihtiyaç duymaktadırlar (Müller ve diğ., 2017). Ayrıca, KOBİ'ler farklı özelliklere sahiptirler. Örneğin, KOBİ'ler müşteri gereksinimleri söz konusu olduğunda yüksek esnekliğe sahipken, büyük işletmeler KOBİ'lerde mevcut olmayan belirli alanlarla uğraşan çalışanlara sahiptir (Vrchota ve diğ., 2019). KOBİ'ler esneklik temelli iş stratejilerine sahip olabilmeleri sebebiyle Endüstri 4.0 kavramı KOBİ'ler için cazip görünmektedir.

Endüstri 4.0 daha iyi bilgi sunma potansiyelini de beraberinde getirmekte ve bu daha iyi planlama ve kontrol süreçleri getireceği anlamına gelmektedir (Moeuf ve diğ., 2018). KOBİ'lerin esnekliği değişikliklere kolayca uyum sağlayabilecekleri anlamına gelmektedir ancak KOBİ'lerin finans ve yönetim açısından yetersiz olmaları rekabet güçlerini zayıflatmaktadır (Sabuncu, 2014). Literatürde, yeni teknolojilere yatırım yapmaya karar verirken finansman yöntemini ve yatırımın verimliliğini ve ekonomik etkisini değerlendirmenin gerekliliği vurgulanmaktadır (Huh ve Lee, 2018). Yüksek teknoloji stratejisi, Endüstri 4.0'ın üzerine inşa edilen ve inovasyon gelişimini destekleyen önemli bir unsur haline gelmiştir (Türkeş ve diğ., 2019). Endüstri 4.0'ın kullanıcıları olan KOBİ'ler esas olarak operasyonel fırsatlardan, Endüstri 4.0'ın sağlayıcısı olan büyük işletmeler ise, özellikle stratejik faydalardan yararlanmaktadırlar (Müller ve diğ., 2018).

Smit ve diğ. (2016) Endüstri 4.0'ın teknolojik değişim, sosyal değişim ve iş paradigmasındaki değişim olmak üzere üç temel yönü olduğunu belirtmişlerdir. Teknolojik değişimle ilgili olarak birçok işletme Endüstri 4.0'ın getirdiği zorlukları fark ederken bu sayı KOBİ'lerde çok daha az görülmüştür. Endüstri 4.0'ın şirketler ve sanayi üzerindeki etkisinin, ürünlerin tüm yaşam döngüsünü etkileyen ve yeniden şekillendiren, iş süreçlerini iyileştiren ve sonuçta şirketlerin rekabet gücünü arttıran yeni iş modelleri ile sonuçlanması beklenmektedir (Pereira ve Romero, 2017). Bir yol haritası, işletmelerin her hareketi, hangi kararların verilmesi gerektiğini ve bu kararları kimin ne zaman vermesi gerektiğini anlamalarına yardımcı olur (Sarvari ve diğ., 2018).

Yapılan literatür araştırması sonucunda KOBİ'lerin Endüstri 4.0 dönüşümünde karşılaşılabileceği zorluklar Tablo 2.19'da özetlenmiştir.

Tablo 2.19: KOBİ'lerin Endüstri 4.0 dönüşümünde karşılaşılabilecekleri zorluklar.

BOYUT	ZORLUK	KAYNAK
Stratejik	Finansal Kaynak Yetersizliği	(Jovanovski ve diğ., 2019; Sarvari ve diğ., 2018; Stentoft ve diğ., 2019; Sung, 2018)
	Dijital Stratejinin Yetersizliği	(Jovanovski ve diğ., 2019)
Organizasyonel	Endüstri 4.0 Farkındalığı ve Bilgisinin Yetersizliği	(Sarvari ve diğ., 2018; Schumacher ve diğ., 2016; Stentoft ve diğ., 2019; Türkeş ve diğ., 2019)
	İnsan Kaynakları: Kalifiye Eleman Azlığı ve Çalışanların Sürekli Eğitimi	(Fettermann ve diğ., 2018; Jovanovski ve diğ., 2019; Sarvari ve diğ., 2018; Stentoft ve diğ., 2019; Sung, 2018; Türkeş ve diğ., 2019)
	Standartların ve Mevzuatların Yetersizliği	(Jovanovski ve diğ., 2019; Stentoft ve diğ., 2019)
	Örgütsel Direnç	(Raj ve diğ., 2019)
Teknik ve Operasyonel	Operasyon: Dijital Teknolojilerin Operasyonel Kullanımı ve Operasyonel Süreçlerin Yetersizliği	(Fettermann ve diğ., 2018; Marcon ve diğ., 2019)
	Bilgi Teknolojileri Güvenliği Sorunları	(Jovanovski ve diğ., 2019; Ludwig ve diğ., 2018; Stentoft ve diğ., 2019)
	Bilgi Teknolojileri ve Sistemlerinin Güvenilirliği ve Sağlamlığı	(Sung, 2018)

2.4.1.1 Finansal Kaynak Yetersizliği

Endüstri 4.0 dönüşümü için yeni teknolojilere büyük yatırımlar gerekecektir. Bunun sebebi literatürde yeni teknolojilerin Endüstri 4.0'ın uygulanması konusunda ana faktörlerden birisinin yeni teknolojiler konusunda “başlangıç yatırımı” olarak açıklanmıştır (Sung, 2018; Vrchota ve diğ., 2019). Ar-Ge faaliyetleri ve temel teknolojilerin maliyeti birçok KOBİ için Endüstri 4.0 dönüşümünde bir engeldir (Jovanovski ve diğ., 2019). Sınırlı kaynaklara sahip olmak, yeni teknolojilere ve ERP sistemlerine yatırım yapmak da KOBİ'ler için bir engel oluşturmaktadır (Grandhi ve Chugh, 2012; Haddara ve Zach, 2012).

Finansman kaynaklarının yeterli olmaması KOBİ'ler için en önemli sorunların başında gelmektedir. “Endüstri 4.0'a henüz hazır olmayan işletmeleri radikal değişiklikler ve yükek tutarlı yatırımlar beklemektedir” (Trstenjak ve Cosic, 2017). Hacıevliyagil (2016) çalışmasında KOBİ'lerin yenilik yapabilme ve büyüme ile ilgili operasyonlarını devam ettirmede en önemli

unsurun finansman olduğunu belirtmiştir. Özellikle kuruluş aşamasında yeterli sermayeye sahip olmayan ve yabancı kaynak bulmakta zorlanan KOBİ'ler olumsuz gelişmelere karşı daha zayıftırlar. Endüstri 4.0 teknolojilerine geçiş ve çok ciddi bir oranda yatırım gerektirmektedir. KOBİ'ler dijitalleşmek istemekte ancak finansal kaynakların yeterli olmaması süreçleri yavaşlatmaktadır (Tan, 2018). Yatırım kapasitesi ve operasyonel performans bakımından incelendiğinde KOBİ'ler büyük işletmelere göre zayıf kalmaktadırlar. Bununla beraber KOBİ'lerin sahip oldukları kısa vadeli stratejileri uzun vadeli yatırımlar için avantajlı bir durum oluşturmamaktadır (Moeuf ve diğ., 2018). KOBİ'ler finans konusundaki sınırlılıklarından dolayı gerçekleştirdikleri projelerin başarılı olması KOBİ'ler için ciddi önem taşımaktadır. Bir projeden beklenen getiri, o projenin maliyetini ve risklerini aşmalıdır. Aynı şekilde, KOBİ'ler için bir dijital dönüşüm yöntemi iyi bir fayda-maliyet oranı sunmalıdır (Goerzig ve Bauernhansl, 2017).

Henüz Endüstri 4.0'a hazır olmayan işletmeler radikal değişiklikler ve yüksek maliyetli yatırım ihtiyaçları ile karşı karşıya kalacaklardır (Trstenjak ve Cosic, 2017). Özellikle bağlı cihazlar için yeni platformlar ve işletim sistemleri gibi sebeplerle BT güvenliği bütçelerinde bir artış olması beklenmektedir (Ervural ve Ervural, 2018). Yatırım kapasitesi ve operasyonel performans açısından, KOBİ'ler büyük işletmelere göre daha zayıf durumdadır. Buna rağmen, KOBİ'lerin kısa vadeli stratejileri uzun vadeli yatırımlar için avantajlı bir durum teşkil etmemektedir (Moeuf ve diğ., 2018).

Oxford Economics (2018) tarafından yapılan KOBİ'ler için dönüşüm zorunluluğu araştırmasında dijital dönüşüm finansmanının KOBİ'ler için kaçınılmaz bir zorluk olduğu vurgulanmış olup yapılan ankete katılan işletmelerin üçte biri dijital dönüşüm girişimlerinde yaşadıkları en önemli sorunların sebebi olarak bütçe yetersizliğini göstermişlerdir. Ancak Moica ve diğ. (2018) KOBİ'ler konusunda Endüstri 4.0 stratejilerinin uygulanmasının KOBİ'lerin toplam kar ve cirosu'nun artacağını iddia etmişlerdir.

2.4.1.2 Dijital Stratejinin Yetersizliği

Ghobakhloo (2018) Endüstri 4.0'ın vaadlerinin sadece onu gerçekten benimseyecek ve kapsamlı bir geçiş stratejisine sahip olan işletmeler için gerçek olacağını belirtmiştir. Endüstri 4.0 ile beraber ortaya çıkan yeni iş modelleri neticesinde KOBİ'lerin halihazırda kullandıkları iş modellerinin “veriden değer elde edemedikleri” ortaya çıkmıştır (Birkel ve diğ., 2019).

Literatürde dijital stratejinin eksikliği KOBİ'lere Endüstri 4.0 'ın uygulanmasının önünde bir engel olarak tanımlanmaktadır (Jovanovski ve diğ., 2019; Nagy ve diğ., 2018). Endüstri 4.0'ın etkisi kurumsal bir dijital stratejinin oluşturulmasına ve uygulanmasına bağlıdır (Nagy ve diğ., 2018). Aynı şekilde atılması gereken önemli adımları, hedefleri ve ihtiyaç duyulan kaynakları içinde barındıran bilinçli bir planlama eksikliği literatürde bir engel olarak tanımlanmıştır (Horváth ve Szabó, 2019).

Ghobakhloo (2018) 'e göre Endüstri 4.0'a geçişin ilk adımı, her adımı dikkatlice tanımlayan ve planlayan kapsamlı bir stratejik yol haritasının geliştirilmesidir. Bu stratejik yol haritası, her adımla ilişkili bir zaman çizelgesi, maliyetler ve faydalar içermelidir. Literatürde Safar ve diğ. (2018) Endüstri 4.0 ortamında halihazırda mevcut olan veya yeni girişim KOBİ'ler için bir iş modelinin öneminin altını çizmektedir. Sürdürülebilir ve yeni iş modelleri, mevcut olanlara göre daha açık olmalı ve değer zincirindeki tüm paydaşlar arasında ortak iş avantajları sağlamalıdır. Ayrıca, iş modelleri inovasyon, ürün geliştirme, finansman, güvenilirlik, risk, fikri mülkiyet ve know-how korumasını mümkün kılmalıdır (Prause, 2015). Başarı vakalarına dayanarak, Fettermann ve diğ. (2018), yol haritası uygulamasının olmamasına rağmen, vakaların Endüstri 4.0 teknolojilerinin potansiyeli ve operasyon yönetimi potansiyeli hakkındaki bilgileri pekiştirdiğini gözlemlemişlerdir. Buna ek olarak, operasyon alanlarıyla ilişkili bu teknolojilerin tanımlanmasının Endüstri 4.0'ın şirketlerdeki operasyonların performansını nasıl geliştirebileceğini anlamaya yardımcı olabileceğine inanmaktadırlar.

2.4.1.3 Endüstri 4.0 Farkındalığı ve Bilgisinin Yetersizliği

Schumaer ve diğ. (2016) işletmelerin Endüstri 4.0 uygulamaları konusunda stratejik rehberlik ve Endüstri 4.0 kavramının algılanması ile ilgili sıkıntı yaşadıklarını ayrıca yapılacak projelerin sonucunun ön görülememesi ve işletmenin Endüstri 4.0 kapasitesinin ölçülmesi konusunda da problemlerle karşılaştığını belirtmişlerdir. Bu bulguların bir kısmı Endüstri 4.0 farkındalığının işletmelerin karşılaştığı bir zorluk olarak yorumlanabilir. Türkiye'de Endüstri 4.0 farkındalığı çalışması Yüksel ve Şener (2017) tarafından yapılmış ve Türkiye'deki işletmeler Endüstri 4.0 konusunda uluslararası ziyaretler ve yapılan toplantılar ile bilgi sahibi olmaktadır.

Endüstri 4.0 ile ilgili yeni teknoloji alanları, çalışanların yeni becerilere sahip olmasını gerektirmektedir. Geçmiş çalışmalardan Grzelczak ve diğ. (2017) Polonya'da çalışanlar

üzerinde yaptıkları araştırmada Endüstri 4.0 için gerekli olan yeterliliklerin yanı sıra Endüstri 4.0 planlarının uygulamaya geçirilmesini sağlamak için yeterlilik ihtiyaçlarının önemi konusunda bir farkındalık gözlemlemişlerdir. Ayrıca bu araştırmada çalışanların Endüstri 4.0'ın uygulamaya geçmesinin sonucunda becerilerini değiştirmeye zorlanacağı, tekrar eden mekanik aktivitelerin gün geçtikçe makineler-robotlar tarafından yapılacağı ve buna dayanarak eğitilmiş insanların “yaratıcılık” ile ilgili becerilerin üzerine gitmelerinin daha faydalı olacağı savunulmuştur.

Toplumsal değişim açısından paydaşlar grubu dışında Endüstri 4.0 farkındalığı çok düşüktür (Smit ve diğ., 2016). Çakmak (2018) çalışmasında Türkiye'deki çalışanların Endüstri 4.0 farkındalıklarının çok düşük olduğunu belirtmiştir. Halihazırdaki fırsatları analiz etmiş KOBİ'ler Endüstri 4.0 farkındalığı konusunda gerekli eşiğin üzerinde yer almakta ve kendilerini yeni trendlere göre konumlandırmaktadırlar (Jovanovski ve diğ., 2019). Stentoft ve diğ. (2019) algılanan Endüstri 4.0 etmenlerinin Endüstri 4.0 hazır olma durumunu arttırdığını ve bununla daha iyi Endüstri 4.0 uygulamalarına yol açtığını ampirik olarak kanıtlamışlardır

Yüksel ve Şener (2017) Türkiye'de yaptıkları Endüstri 4.0 farkındalık araştırmasında Türkiye'de bazı sektörlerin ve firmaların toplantılar ve uluslararası ziyaretlerle Endüstri 4.0 hakkında bilgilendirildiklerini gözlemlemişlerdir. Ancak Küresel İnovasyon İndeksine göre Türkiye son yıllarda geriye düşmektedir. Türkiye 2017 yılında 43. sıradayken 2018 yılında 50. sıraya gerilemiştir (GII, 2018).

2.4.1.4 İnsan Kaynakları: Yetersiz Kalifiye Eleman ve Çalışanların Sürekli Eğitimi

Endüstri 4.0 ile birlikte birçok alanda değişimler meydana gelmiştir. Bu değişimler ve gelişmeler öğrencileri, çalışanları ve hatta mesleklerin kendi niteliklerini değiştirecek duruma ulaşmış olup, yeni ortaya çıkan yetkinlikler istihdam ve eğitim üzerinde etki göstermektedir. Endüstriyel siber-fiziksel sistemler hem toplumsal hem de iktisadi değişimlere sebep olmaktadır. Siber-fiziksel sistemlerin başarılı olması için insan faktörünün doğru bir şekilde ele alınması gerekmektedir. Bu noktadan hareketle bazı zorluklar ile karşılaşılmaktadır. Bu zorluklar Tablo 2.20'de sunulmuştur.

Tablo 2.20: İnsan kaynaklarında karşılaşılan zorluklar (Karnouskos ve diğ., 2014).

ZORLUK	AÇIKLAMA
Eğitim ve Öğretim	Siber-Fiziksel Sistemlerin ve uygulandığı alanların karmaşıklığından dolayı birçok alanla ilişkili yeni nesil mühendislerin disiplinlerarası beceri kazanmaları ve İnsan-Bilgisayar Etkileşimi alanında da güncel bilgiye sahip olmaları gerekmektedir.
Eğitim (Mesleki)	Özellikle mimarlar, mühendisler ve operatörlerin fiziksel ve siber sistemler ile başa çıkabilmeleri için yeniden eğitilmeleri gerecektir. Simülasyon / Emülasyon bu zorluğun üstesinden gelmek için çok önemlidir.
Düşünce Değişimi	İşletmeler arası (B2B) ve İşletmeden Tüketicieye (B2C) olan potansiyelin anlaşılması ve bununla ilişkili risklerin doğru bir şekilde değerlendirilmesi sonucunda yeni iş modellerinin geliştirilmesinin gerekliliğinin anlaşılması.

Endüstri 4.0 ile birlikte problem çözme ve karmaşık durumları yönetme gibi becerilere talebin daha fazla olacağı öngörülmektedir. Çalışanların kendi kendilerini yönetmeleri, daha fazla inisiyatif almaları ve çok iyi derecede iletişim becerilerine sahip olmaları beklenmektedir. Bu durum daha esnek çalışma saatleri ve iş-yaşam dengesinde olumlu sonuçlar ve farklı fırsatları beraberinde getirebilecektir (Smit ve diğ., 2016). Ancak bu seviyedeki radikal değişimler farklı zorlukları da beraberinde getirebilmektedir. Eskiye oranla daha az sayıda manuel yapılacak işler olması beklenmekte bu da iş yerlerinde insan gücünün azalması anlamına gelmektedir. Bu durum sosyal problemler yaratarak Endüstri 4.0'ın uygulanması konusunda zorluk çıkarabilmektedir. “Doğru yetkinliklere sahip olmayan bir iş gücü Endüstri 4.0 dönüşümü için bir engeldir” (Nagy ve diğ., 2018).

Endüstri 4.0'ın istihdam üzerinde kayda değer bir etkisi olması beklenmektedir (Cimini ve diğ., 2019). Endüstri 4.0'ın çalışma saatlerini kısıltacağı ve çalışanlardan iyi eğitim / altyapı ve yeni yetkinlikler talep edeceği öngörülmektedir (Taş, 2019). Bu noktada, eğitim politikası ön plana çıkmakta ve Endüstri 4.0'da eğitim için özel bir çaba gerekmektedir (Nuroğlu, 2018). Endüstri 4.0'da yetenek gelişimi çok önemli olmakla beraber piyasadaki yetkinlik talepleri aynı şekilde göz önünde bulundurulmalıdır. Dönüşüm sürecinde eğitim ve öğretimin çok önemli olacağına inanılmaktadır (Çakmak, 2018). Endüstri 4.0 ile birlikte birçok alanda değişimler meydana gelmiştir. Bu değişimler ve gelişmeler öğrencileri, çalışanları ve hatta mesleklerin kendi

niteliklerini değiştirecek duruma ulaşmış olup, yeni ortaya çıkan yetkinlikler istihdam ve eğitim üzerinde etki göstermektedir.

İnternet, bulut bilişim ve sosyal medya gibi teknolojilerin yarattığı yeni paradigma ile beraber örgün eğitim sistemleri konusunda öğrenciler ve mezunlar bazı zorluklarla karşı karşıya kalmıştır (Xing ve Marwala, 2017). Penprase'a (2018) göre, üçüncü sanayi devriminin getirdiği önemli dönüşümlerden biri evrimii eğitimidir. Eğitim evrimii hale geldi ve 2012 "MOOC Yılı" (Massive Open Online Courses - Devasa Açık evrimii Kurslar) olarak adlandırıldı. Geleneksel olarak bir konferans/ders salonunda öğrencilerin toplanması teknolojik inovasyonların getirdiği MOOC ile değişme uğramaktadır (Xing ve Marwala, 2017). Yükseköğretim devrimi halen devam etmekte olan bir süreç olmakla beraber teknoloji ile geliştirilmiş bir eğitim aracılığı ile farklı arka plana sahip öğrenciler öğrenim görebilmektedir. Ayrıca, nc sanayi devrimi eğitimcileri bilgiye özgürce erişilebilecek bir ortama getirmiştir. Ancak, Endüstri 4.0 teknolojilerinin toplum üzerindeki kesin etkileri hala bilinmemektedir. Fen ve teknoloji müfredatındaki değişiklikler nedeniyle, öğrenciler veri bilimi, yapay zeka, robotik ve benzeri alanlarda daha fazla dijital beceriye ihtiyaç duyacaklardır (Penprase, 2018).

Endüstri 4.0 ile birlikte öğrencilerin, mezunların ve işçilerin uyum sağlamak için yeni yeterlilikler edinmeleri gerekecektir. Prifti ve diğ. (2017) günümüz ekonomisinde farklı disiplinlerden çalışanların yetkinlikleri arasında açık bir ayırım olduğunu belirmişlerdir. Ayrıca, bugünün çalışanlarının, öğrencilerin ve Endüstri 4.0 müfredatına ilişkin gereksinimlerin yeterlilik profilinin bilimsel araştırma açısından odaklanılması gerektiğinin altını çizmişlerdir.

Çevik Onar ve diğ. (2018) Endüstri 4.0 eğitiminin içeriği ile ilgili veri ve bilgi işlem teknolojileri, katma değerli otomatik operasyon, alan bilgisi ve yenilikçilik ve girişimcilik olmak üzere toplam dört ana gruptan bahsetmiştir. Endüstri 4.0 ile birlikte bir çalışanın işini yapabilmesi için sahip olması gereken beceriler değişmiştir (Prifti ve diğ., 2017). Xing ve Marwala (2017) ya göre inovasyon temelli yeteneklere henüz gelişmekte olan veya az gelişmiş ülkelerde daha az rastlanmaktadır. Endüstri 4.0 ve getirdiği fırsatları yakalamak için sadece bilgi-temelli yetkinlikler yeterli gelmemekte, özellikle bilim ve teknoloji alanlarından yenilikçilik kabiliyetli insanlar yetiştirmek son derece önemli olmakla beraber bu yeteneklerin gelişmesi için disiplinlerarası bir ortam gerekmektedir. Dijitalleşmenin artırılması, öğrenme şeklimizi değiştirecektir (Tvenge ve Martinsen, 2018). Bu nedenle üniversitelerin

yaklaşımlarını ve eğitim yöntemlerini geliştirmeleri gerekliliği doğmuştur (Ellahi ve diğ., 2019).

Deloitte (2018) tarafından yöneticiler üzerinde yapılan ankete göre yöneticilerin %86'sı Endüstri 4.0'a hazır bir iş gücü yaratmak istediklerini ve aynı şekilde yöneticilerin çoğunluğu mevcut eğitim sistemlerine güvendiklerini belirtmişlerdir. Buna ek olarak yeni ek işe alımların pek gerekmeyeceği zira mevcut çalışanları eğitilmesinin mümkün olduğunu belirtmişler iş gücünü Endüstri 4.0'a uyumlu hale getirmek isterken insan kaynaklarına önem vermedikleri gözlemlenmiştir.

Çalışanlar için yeni çalışma biçimlerine ihtiyaç duyulmakta ancak bu yeni çalışma biçimlerinin çalışanlar üzerinde ne tip bir etkisinin olacağı henüz bilinmemektedir (Smit ve diğ., 2016). Ludwig ve diğ. (2018) artan teknolojik inovasyonun sonucunda işçilere ileri eğitim verilmesi gerekmekte ve hayat boyu öğrenme giderek daha önemli bir hal almaktadır. Bu işletmelerin gerekli ve uygun olan anlaşmaları yapmasını ve eğitim için aralar vermesini sağlamaktadır. Endüstri 4.0 ile ilgili en büyük korkuya sebep olan tahminlerden birisi robotların ve makinelerin istihdam konusunda insan çalışanların yerini alacağı ve özellikle fazla yetkinlik istemeyen işlerde ciddi bir işsizlik yaratacağı korkusudur (Vrchota ve diğ., 2019). Bu türden korkular tarihte her sanayi devrimi öncesinde yaşanmış olmakla beraber, Endüstri 4.0 sonucunda yeni mesleklerin ortaya çıkacak olmasından kaynaklı olarak uzun vadede işsizlik problemi ön görülmemektedir (Taş, 2018).

2.4.1.5 Standartların ve Mevzuatların Yetersizliği

Endüstri 4.0 özelliklerinin yaygınlaşması durumu standartların, normların ve sertifikaların farklı sistemlerin birbirine bağlanmasını gerektirmekte ancak bunların henüz mevcut olmaması dönüşüm konusunda önemli bir engelleyici faktördür (Nagy ve diğ., 2018). Endüstri 4.0'ın temeli aslında tüm değer zinciri içindeki tüm ürünleri, kaynakları ve şirketleri birbirine entegre etmekten geçmektedir. Varolan veriden ek değer yaratabilme gücü müşteri faydasını maksimize etme durumunu yaratacaktır. Bunun başarılması için kapsamlı bir değişim süreci gerekmektedir.

Uluslararası standartların henüz yürürlüğe girmemesinden kaynaklı olarak BT sistemlerinin ve makinelerin işletme içindeki uygulama durumları bir zorluk oluşturmaktadır (Jovanovski ve diğ., 2019). Igor ve diğ. (2016)'ne göre cihazlar arasındaki iletişim, işletmeler için temelde

Endüstri 4.0 standartlarının en önemli öğelerinden biridir. Birkel ve diğ. (2019) ERP sistemleri konusunda işletmelere yönelik risklerin ve zorlukların olabileceğini zira ERP sistemlerinin bir çok farklı standartlara sahip olabilmekte olduğunu ve bunların birleştirilip uyumlu hale getirilmesi gerektiğini savunmuştur. Bununla birlikte, sistemler arası açık bir arayüz çizilmesi ve operasyonel süreçlere teknik entegrasyon sağlanabilmesi için standartların oluşturulması gerekmektedir. Ayrıca iş yapısındaki değişiklikler neticesinde çalışan hakları konusunda yeni düzenlemeler gerekecektir (Jovanovski ve diğ., 2019). Örneğin beyaz yakalı çalışanlar evden çalışırken mavi yakalı çalışanların geleceğinde belirsizlikler mevcut olup bununla ilgili henüz herhangi bir düzenleme yapılmamıştır (Çakmak, 2018).

2.4.1.6 Örgütsel Direnç

Literatürde değişme karşı genel isteksizlik (Sung, 2018) ve değişime direnme, değişimsel başarısızlığın en önemli faktörlerindendir (Goksoy, 2020). Birçok işletme Endüstri 4.0'a karşı reaksiyon göstermekte tereddüt etmekte yada hiç harekete geçmemektedir. Vey ve diğ. (2017) bunun sebebinin şirket kültürü ile ilgili olduğunu ve arkasında çok karmaşık ve çok yönlü sebepler olabileceğini iddia etmektedirler. Birkel ve diğ. (2019) direncin yaşlı çalışanlardan gelebileceğini ve yaşlı çalışanlarla birlikte orta düzey yöneticilerin dönüşümü desteklememesi halinde bunun bir risk haline gelebileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca direnç ile beraber işletmenin "açıklığının" düşük olması halinde işletme "hayati" olarak tanımlanabilecek gelişmeleri kaçırmaması nedeni ile "felce" uğrayabilme durumu ortaya çıkmaktadır.

2.4.1.7 Operasyon: Dijital Teknolojilerin Operasyonel Kullanımı ve Operasyonel Süreçlerin Yetersizliği

Marcon ve diğ. (2019) operasyonel süreçlerin eksikliğini dönüşümde bir engel olarak belirtmişlerdir. Ayrıca, Stentoft ve diğ. (2019) Endüstri 4.0 hazır olma durumu boyutlarının var olan süreçleri değiştirme ve yeni teknolojiler ile risk alma konusunda bir baskı unsuru olduğunu belirtmişlerdir. Bu aşamada süreçlerin ve yöntemlerin yeniden yapılandırılması liderler için bir zorluk haline gelmiştir. Igor ve diğ. (2016) dünyaya otomasyon konusunda liderlik edenlerin Endüstri 4.0 teknolojilerinin testlerini yaptıkları tesislere sahip olduklarını ve bu şekilde Endüstri 4.0 konusunda ilerleme kaydedildiğini tespit etmişlerdir. Endüstri 4.0'ın faydaları özellikle teknoloji yönetimi gibi bir çok alanda çıktı sunabilmektedir. Bu faydalar süreçlerin otomasyonu ile alakalıdır (Fettermann ve diğ., 2018).

Marcon ve diğ. (2019) hizmetleştirmenin dijitalleşmesi ile ilgili zorlukları araştırmış ve “kullanım” kavramını zorluk olarak belirlemiştir. Frank ve diğ. (2019) gibi araştırmacılar tarafından hizmetleştirme Endüstri 4.0 ile paralel ve birbirini tamamlayan kavramlar olarak görülmektedir. Bu durum baz alınarak dijital teknolojilerin operasyonel kullanımı bir zorluk olarak kabul edilmiştir. Kullanım, mevcut teknolojiler ile uyumluluğu, dijital teknolojileri kullanma zorluğunu ve teknolojilerin ne kadar derecede mobil ve bulut tabanlı olduğunu kapsamaktadır. Bir çok sanayi Endüstri 4.0 sonucunda dönüşüm geçirmekte ve otomasyonun uygulanmasının ürün kalitesini arttırırken üretim süreçlerini daha verimli hale getirmektedir (Fettermann ve diğ., 2018).

ERP ve MES (Üretim Yönetim Sistemleri - İng: Manufacturing Execution Systems) gibi bilgi sistemlerinin uygulanması ve otomasyonu fabrikalarda verimliği önemli ölçüde arttıran etkenlerden biridir. Ancak son kullanıcıların küçük partiler halinde yüksek derecede kişiselleştirilmiş ürün ihtiyaçları söz konusu olmakla beraber güncel üretim paradigması sürdürülebilir değildir. (Wang ve diğ., 2016). Almanya’da işçilik ücretinin diğer ülkelere nazaran çok yüksek olması sebebiyle kitlesel bireyselleştirme ön plana çıkmakta ve bu kavram üretim ve ürün mimarisinde temelden değişikliklere sebep olmaktadır. Almanya aradaki işçilik ücretinden kaynaklanan dezavantajı normal şartlarda telafi edemez (Brettel, 2014). Bunu aşmanın yolu akıllı fabrikalardan geçmektedir.

Akıllı fabrikanın uygulanabilmesi için akıllı araçlar ile büyük veri analitiğinin birleştirilmesi gerekmektedir. Akıllı araçlar yüksek esneklik sağlamak için yeniden şekillendirilebilirken, büyük veri analitiği geniş çapta bir geribildirim vererek yüksek verimliliğe ulaşma konusunda devreye girebilir. Bu şekilde akıllı fabrika, küçük partiler halinde kişiselleştirilmiş ürünleri verimli ve karlı bir şekilde üretebilir (Wang ve diğ., 2016). Gelecekteki fabrikaların üretimi planlayabilen, organize ve kontrol edebilen otonom birimlerden oluşacağı varsayılabilir. Bu sebeple Endüstri 4.0 fikri kitlesel kişiselleştirme adı verilen ve imalat şirketlerin müşterilerin kişisel taleplerini yerine getirdiği strateji konusundaki varsayımların gerçeğe dönüşmesi adına önemlidir (Zawadzki ve Zywicki, 2016). Özellikle batıdaki makine ve otomotiv sektörlerinde fiyat konusunda rekabetçi ve kalite konusunda üstün kişiselleştirilmiş ürünler önem kazanacaktır. Bu tipte ürünlerin sunulabilmesinin yolu akıllı otomasyon ve üretim sisteminde iş gücünü yeniden organize etmekten geçmektedir. Yakın gelecekte kişiselleştirilme kavramı “kordinasyon” ihtiyacı gerektirecek ve işçiliğin içeriği değişse de işçilik kavramı yine de

vazgeçilmez olacaktır (Brettel, 2014). Torn ve Vaneker (2019) KOBİ'lerin Endüstri 4.0'da kişiselleştirilmiş imalat konusunda 5 farklı zorlukla karşılaştıklarını belirtmişlerdir.

- İtme Stratejisi yerine müşteri çekme stratejisi temelli iş modeli değişimi
- Küçük serilerden toplam bir öbek büyüklüğüne kadar verimli üretim
- Üretim sürecine müşterilerinde entegre edilmesi
- Çalışanların değişen yetenek gereksinimleri konusunda hazır edilmesi
- Uygun maliyetli ve sezgisel çözümler ile beraber müşteri eksenli üretimde ürünü pazara sunmak için gereken sürenin doğru ayarlanması

2.4.1.8 Bilgi Teknolojileri Güvenliği Sorunları

Günümüzde artık bilgi teknolojileri insan kaynakları ve mali işler kadar önem kazanmıştır (Günebakan, 2016). Başlangıçta siber güvenlik BT için bir problem olarak görülmekteydi, ancak günümüzde tüm üst düzey yöneticiler için bir gündem haline gelmiştir (Ervural ve Ervural, 2018). Literatürde, bilgi güvenliği ilgili konuların Endüstri 4.0'da bir zorluk olacağı ifade edilmiştir (Sung, 2018). Endüstri 4.0'ın uygulama alanlarına bağlı olarak, kişisel bilgilerin kötüye kullanılması gibi bazı güvenlik sorunları ortaya çıkmaktadır. Bundan farklı olarak sanayinin tipine ve yapısına bağlı olan başka zorluklarda vardır (Ervural ve Ervural, 2018).

Nesnelerin İnterneti, birçok akıllı cihazın şifreleme olmadan büyük miktarda veri iletmesi nedeniyle önemli bir zorluk oluşturmakta ve bu da gizlilik risklerine neden olmaktadır (Karaçay ve Aydın, 2018). Gizlilik sadece müşteri için değil, aynı zamanda üretici için de geçerli bir kavramdır (Sung, 2018). Endüstri 4.0 teknolojileri, ürün bilgilerini, teslimat ayrıntılarını, sensör verilerini, test sonuçlarını vb. bilgileri içeren hassas veriler üretir. Bu durumla alakalı Ludwig ve diğ. (2018) sensörlerin ölçtüğü verilerin sahibinin üreticimi, imalat şirketimi yoksa müşterimi olduğu sorusunun önemli olduğunu belirtmişlerdir.

Pisching ve diğ. (2015) araştırmalarının sonucunda Endüstri 4.0 beklentilerinin ve bu karmaşıklığın birbirlerine bağlı makineler ürünler ve süreçlerden kaynaklı olarak zorlukların ve fırsatların artacağını, veri güvenliği gibi konularda gelişme kaydedilebileceğini belirtmişlerdir. Leyh ve diğ. (2016) Endüstri 4.0 ile birlikte bilgi sistemlerin güvenliğinin önem kazanacağını ve sebebinin de nesnelerin interneti teknolojisinin getirdiği çok sayıda bağlantı sayısı ve

bağlantı seviyesi (operasyonel-stratejik vb.) olduğunu belirtmişler ve bu durumun farklı bilgi sistemlerinin kurulması konusunda zorluk çıkaracağını savunmuşlardır.

Veri güvenliği teoride başta o verinin hiç işlenmemesi ile sağlanabilir. Ancak veri işleme kavramı Endüstri 4.0 ile birlikte daha çok önem kazanmış olup veri işlemenin mecburen yapılması gerekmektedir (Stock ve Seliger, 2016). Verilerin uygun şekilde işlenmesi için verilerin korunması ile ilgili bazı kanunlar ve ilkeler mevcuttur (Kişisel Verilerin Korunması Kanunu, 2016). Verilerin korunmasının asıl amacı gizlilik ve mahremiyetin sağlanmasıdır. Verilerin korunmaması durumunda yasa gereği olarak yüksek para cezaları ile yüzleşmek zorunda kalabilmektedirler. Aynı zamanda güvenlik-veri ihlalleri sonucunda müşterilerin işletmeye duyduğu güvende azalma meydana gelebilir. Bununla beraber birbirine bağlı ve birlikte ortak ağda çalışan sistemler veri güvenliğinin sağlanmasını zorlaştırmaktadır. Örneğin imalat işletmesinde ortak ağ içerisindeki bir virüs bütün bağlı makineleri etkileyecek ve genel ve bilinen saldırılardan daha fazla zarara sebep olacaktır (Smit ve diğ., 2016). ENISA tarafından tespit edilmiş Endüstri 4.0 tehdit sınıflandırılması Tablo 2.21’de gösterilmiştir.

Tablo 2.21: Endüstri 4.0 tehditlerinin sınıflandırılması (ENISA, 2018).

KATEGORİ	TEHDİT
Kötü Amaçlı Saldırı	Hizmeti Kullanılamaz Kılma Amaçlı Saldırı (DOS Attack)
	Kötü Amaçlı Yazılım (Malware)
	Yazılım ve/veya Donanımı Manipüle Etme
	Bilgi-Veri Manipülasyonu
	Özel Amaçlı Saldırı
	Kişisel Verilerin Kötüye Kullanımı
Gizli Dinleme/Engelleme	Kaba Kuvvet Saldırısı
	İki Bağlantı Noktası Arasındaki Bağlantıyı İzinsiz İzleme
	Nesnelerin İnterneti İletişim Protokolünü Ele Geçirme
	Ağ Casusluğu
Fiziksel Saldırıları	Vandalizm ve Hırsızlık
	Sabotaj

Fabrikanın üretim ortamındaki yığınla oluşan ham veri, imalat süreçlerini zekileştirmek için bir çok fırsat yaratmaktadır. (Lee ve diğ., 2016). Endüstri 4.0 yüksek derecede bilgi güvenliği ve gizliliğin korunmasını gerektirmektedir. Örgütsel bilgi güvenliğini korumak için halihazırda

teknolojiler bulunmakta olup, kendi güvenlik kuralları ve gereksinimleri sebebiyle endüstriyel uygulamalar için uygun olmayabilirler (Xu ve diğ., 2018).

2.4.1.9 Bilgi Teknolojileri ve Sistemlerinin Güvenilirliği ve Sağlamlığı

Literatürde yetersiz seviyedeki bir otomasyon teknolojisi esnekliğinin Endüstri 4.0'ın uygulanması konusunda zorluklara neden olduğu iddia edilmiştir (Igor ve diğ., 2016). Hermann ve diğ. (2016) “Arabağlantı” kavramını bir Endüstri 4.0 tasarım ilkesi olarak incelemiş ve kablosuz iletişim teknolojileri her yerde internet erişimine izin verdikçe artan etkileşimde önemli bir rol oynamakta olduğunu belirtmişlerdir. Buna paralel olarak Sung (2018) makineden makineye olan iletişim için güvenilirlik ve sağlamlığın önemli olduğunu zira stabil bir gecikme süresi (latency) olmaması halinde üretim bütünlüğünün zarar göreceğini ve üretim kesintileri ile beraber organizasyon üzerinde maliyeti yüksek bir etki yarayacağını iddia etmiştir. Özellikle otomasyonda zamanlama çok kritik bir durumdadır ve zamanlama gereklilikleri yerine getirilmelidir (Igor ve diğ., 2016). Horváth ve Szabó (2019) teknolojik entegrasyonu bir engel olarak tanımlamıştır. KOBİ'lerde dış bilgi alışverişini sağlayan BT'nin tam entegrasyonu nadir olarak görülmektedir (Schröder, 2017).

2.4.2 Endüstri 4.0'ın Uygulandığı Ülkeler ve Koşullar

Özellikle gelişmekte olan ülkeler Endüstri 4.0 stratejileri belirlemektedirler. Ancak Çin ve Hindistan gibi ülkelerde zaten var olan stratejilerin tamamen terse dönmesinin gerekmesi ciddi zorluk yaratacaktır. Bunun sebebi eskiden iş gücünün ucuzluğuna odaklanan bu ülkeler Endüstri 4.0 ile birlikte donanımlı çalışanlara ihtiyaç duyacaklardır (Petrillo ve diğ., 2018). Türkiye konusunda ise durum Çin ve Hindistan gibi ülkeler ile aynı olmamak ile beraber Türkiye Endüstri 4.0'ın gerisinde kalmamalıdır. Yüksel ve Şener (2017) Endüstri 4.0 ile ilgili akademik çalışmaların yapılması gerektiğini ve bu şekilde gelecekte oluşabilecek etkilerin önceden görülebileceğini ve gerekirse önlem alınabileceğini belirtmişlerdir. Türkiye dışında ülkelere bakıldığında, bir çok ülkede Endüstri 4.0'a geçiş konusunda çalışmalar gözlemlenebilmektedir.

Davuoğlu ve diğ. (2017) günümüzde Endüstri 4.0 kavramını ele alan ülkeleri dört gruba ayırmıştır. Bu gruplar ve ülkeler Tablo 2.22'de gösterilmiştir. Çalışmada gelenekselciler olarak adlandırılan grup, kendi teknolojilerini değiştirmeme konusunda ısrarcı ülkelere aittir.

Tablo 2.22: Endüstri 4.0'ı ele alan ülkeler ve gruplar (Davutoğlu ve diğ., 2017).

GRUPLAR	ÜLKELER
Öncüler	Almanya, Finlandiya, İsviçre, İsveç, İrlanda.
Potansiyeli Olanlar	Hollanda, İngiltere, Norveç, Belçika, Danimarka ve Fransa
Çekimserler	İspanya, Estonya, İtalya, Portekiz, Polonya
Gelenekselciler	Çek Cumhuriyeti, Macaristan, Litvanya, Slovenya, Slovakya

IMF (2019) ülke sınıflandırmasına göre Türkiye “Gelişmekte Olan Ekonomiler” listesinde yer almaktadır. Coğrafi olarak ayrılmış olan sınıflandırmalarda ise Türkiye, “Avrupa’da Gelişmekte Olan Ekonomiler” listesinde gösterilmiştir. IMF, ülke sınıflandırmalarında (1) gelişmiş ekonomiler, (2) gelişmekte olan ekonomiler olarak toplamda iki farklı kategori kullanmaktadır. IMF (2019) sınıflandırmaları temel olarak gayri safi yurtiçi hasıla (GSYH) göstergesine dayanmakta olup GSYH tanım olarak bir ülkenin ekonomik aktivitelerini ölçmek için genel olarak kabul gören bir göstergedir. Belirli bir süre baz alınarak (örn: 1 yıl) ülkede üretilen mal ve hizmetlerin mevcut fiyatlarındaki toplam değeri temsil eder. Aynı listede Ukrayna, Polonya, Romanya’da bulunurken aynı zamanda Rusya Federasyonu, Belarus, Moldova ve Bosna Hersek gibi ülkelerde bulunmaktadır. Türkiye’ye benzer ülkeler seçilirken Türkiye ile karşılaştırılabilir olması adına sadece GSYH değil, nüfus ve büyüklük gibi başka göstergeler de dikkate alınmıştır. Örneğin yapılan bir araştırmada (Oesterreich ve Teuteberg, 2016) Endüstri 4.0 konusunda yapılan bilimsel yayınlar ülke sıralamasında 8. sırada olan Malezya Almanya’nın 1 sıra gerisinde, İsveç’in ise 1 sıra ilerisinde yer almaktadır. Araştırmada ABD 1. Sırada yer alırken onu Birleşik Krallık ve Çin izlemektedir. Bu sebeple Asya’nın yükselen yıldızı ve gelişmekte olan ülkeler kategorisinde yer alan Malezya’nın Endüstri 4.0 uygulamaları da incelenmiştir.

Alman ekonomisi ve özellikle sanayi sektörü KOBİ’lerden oluşmakla birlikte KOBİ’lerin niş pazarlarında önemli pozisyonlara sahip olmalarından dolayı Alman ekonomisinde önemli bir yer tutmaktadırlar (Ludwig ve diğ., 2018). Dördüncü Sanayi Devrimi terimi yerine Endüstri 4.0 teriminin yaygın kullanılmasının sebebi Alman Hükümetinin ilgili projesinin Endüstri 4.0 olarak isimlendirilmesinden kaynaklanmaktadır (Lasi ve diğ., 2014). Almanya dışında bir çok ülkede Endüstri 4.0 kavramını benimsemiştir. Bu ülkeler Endüstri 4.0’ı akıllı fabrikalar, endüstriyel nesnelerin interneti, akıllı sanayi, ileri imalat gibi farklı terimlerle ifade

etmektedirler (Malik, 2019). Sonuç olarak Endüstri 4.0 terimi Almanya dışında farklı olarak ifade ediliyor olsa dahi aynı anlam kast edilmektedir.

2.4.2.1 Polonya: Morawiecki Plan

Polonya Finans ve Kalkınma Bakanlığı 2016 yılında “Morawiecki Planı” olarak bilinen kalkınma planını yayımlamışlardır (Harper, 2016). Bu planda 25 yıl içerisinde toplamda 235 Milyar Euro'luk yatırım yapılması amaçlanmıştır. Tekrar sanayileşme, rekabet gücü yüksek olan ulusal sektörlerle teşviklerin verilmesi ve “endüstriyel vadiler” kurulmak suretiyle yabancı yatırımı çekmek ile çözüm hedeflenmektedir. Bununla beraber İnovasyona yatırım yapılmaması bir sorun olarak kabul edilmekte ve yeni iş modellerinin geliştirilmesi ve yeni işletmelerin kolay kurulabilmesi ve araştırma enstitüleri ile ilgili yasal çerçeve düzenlemeleridir. 2016 yılının Haziran ayında kurulan ve bakanlıklar, bilişim sektöründe önde gelen şirketlerden ve ticaret odaları gibi kurumlardan gelen temsilcilerden oluşan ekibin nihai amacı endüstrinin dijital dönüşümünü sağlamakla beraber Endüstri 4.0 konusunda bir çerçeve oluşturmaktır. Bunun için standartlar, akıllı sanayi, akıllı yazılımlar, veri işleme, eğitim, yeterlilikler ve insan kaynaklarının Endüstri 4.0'a uyarlanması gibi hedeflere odaklanılmaktadır (European Commission, 2018). Endüstri 4.0 kavramı gereği eğitim konusu önemli olmakla beraber, Polonya'da çalışanların bakış açısından bakıldığında beceri ve yetkinlikler konusunda Polonya'nın Endüstri 4.0'a geçişi mümkün olmakla beraber sanayiye otomasyon ve robotik altyapı yatırımları yapılmadığı sürece hiçbir anlamı olmayacaktır (Grzelczak ve diğ., 2017).

2.4.2.2 Asya Ülkeleri: Japonya, Çin ve Malezya

Literatürde dijital dönüşümün mahremiyet (Iyengar ve diğ., 2018) ve güvenlik konusunda bazı sorunlar meydana getirdiği (Schwertner, 2017) iddiaları mevcuttur. Verinin Endüstri 4.0'ın tam kalbinde yer almakta olduğu gerçeği göz önüne alındığında bu verinin dünya üzerinde gerçek zamanlı olarak paylaşılabilir olması toplumsal bazı sorunları tetiklemekte; Nesnelerin İnterneti gibi veri tabanlı teknolojilerin varlığı ve uygulanması toplumun temelinde bazı değişiklikler meydana getirmektedir (Keidanren, 2018).

Asya bölgesinde Endüstri 4.0'ı ulusal politika olarak benimseyen ülkelerden birisi Malezyadır. Malezya'da KOBİ'ler toplam işletmelerin %98'inden fazlasını oluşturmaktadır. Industry4WRD olarak adlandırılan proje ile Malezya sanayisinin Endüstri 4.0'a geçişinin sağlanması ve dolayısıyla Malezya'nın bölgesinde bir çözüm sağlayıcı olması amaçlanmaktadır

(Gnanasagaran, 2018). Ayrıca sosyal programlar ile Malezya halkının farkındalığının artırılması konusunda adımlar atılmakta ve çeşitli paydaşların Endüstri 4.0 ile ilgili fikirleri alınmaktadır (Chong ve diğ., 2018).

ASEAN (Güneydoğu Asya Uluslar Birliği) ülkeleri ve diğer Asya ekonomileri BİT kullanımı konusunda artış yaşanmakta ancak bu artış eşitsiz bir şekilde dağılım göstermektedir. Doğu Asya’da bir çok ülke sayısal bölünme sorunu sebebiyle yeni teknolojilerin uygulanması konusunda gelişmiş ülkelerin gerisine düşmektedirler (Mitra, 2018).

Üretim, tüketim ve sevkiyat kavramlarının iyileştirilmesi ve yeni iş modellerinin ortaya çıkması Endüstri 4.0 ile gerçek olmaktadır. Sosyal perspektiften bakıldığında ise bir çok yönden bir paradigma değişikliği söz konusudur (Yüksel ve Şener, 2017). Sanayi devrimleri her zaman üretimde önemli derecede bir artışa yol açmışlardır. Buna bağlı olarak sanayi devrimleri yaşam standartlarını da iyileştirir ve toplumu temelden etkilerler (Erol ve diğ., 2016). Toplum 5.0 yada İngilizce adıyla Society 5.0, ilk olarak 2016 yılında Japonya Hükümeti tarafından harekete geçirilmiş 5. Bilim ve Teknoloji temel planında yer almaktaydı. Bundan 1 yıl sonra 2017’de Almanya’da yapılan CeBIT fuarında Japonya Devlet Başkanı Shinzo Abe tarafından ayıca söylenmiş ve bu şekilde duyulmuştur (Granrath, 2017). Japonya vatandaşlarının standartlarını yükseltmek, azalan nüfus ve doğal afetler bağlamında reformlar gerçekleştirerek Japonya için daha iyi bir gelecek yaratmak Toplum 5.0’ın asıl amacıdır (Pirvu ve Zamfirescu, 2017). Toplum 5.0 terimi Japonya’da ortaya çıkmasına karşın Japonya ile sınırlı kalmamıştır.

Endüstri 4.0 paradigması organizasyonların etkinliğini, verimliliğini ve finansal gücünü arttırmak için yeni teknolojileri uygulamaya odaklanırken Toplum 5.0, robotik, yapay zeka, nesnelerin interneti, artırılmış ve sanal gerçeklik gibi teknolojileri Endüstri 4.0’ın ticari etkilerine karşı bir dengeleyici görevi amacıyla ve insanların yaşamlarını niteliksel anlamda geliştirmek ve dolayısı ile topluma fayda sağlamayı amaçlamaktadır (Gladden, 2019).

Çin’de ise yapılan ekonomik reformlar ile çok insan açlık ve yoksulluktan kurtartılmıştır. Yaklaşık 30 yıldan beri süregelen ekonomik kalkınma ile Çin’in imalat sanayisi çok ilerlemiştir. Ancak günümüzde bazı çevresel problemler ve kaynak bulma konusunda ortaya çıkan yeni zorluklar neticesinde Çin’in imalat stratejisinin baştan düzenlenmesi gerekliliği kaçınılmaz hale geldi (Li, 2018). Çin Halk Cumhuriyeti Devlet Konseyi, adı “Made in China 2025” olan 10 yıllık stratejik planını dünyadaki Endüstri 4.0 ile ilgili gelişmelere yetişebilmek amacıyla

duyurmuştur (Li, 2018). Müller ve Voigt (2018) Çin'in bu girişiminin arka planında Endüstri 4.0'ın olduğunu belirtmişlerdir. Çin'in 2015 – 2025 arasında sanayisi gelişmiş ülkeler ile denk bir noktaya gelmesi hedeflenmiştir. Made in China 2025, üç aşamalı planın ilk aşaması olmakla birlikte planın asıl amacı Çin üretimi olan ürünlerin kalitesinin artırılması ve Çin'in kendi markalarını yaratmasıdır (Li, 2018). Planda yenilikçiliği teşvik etmek, Çin'in imalat sanayi yapısını ve çalışanların yeteneklerini en iyi şekilde kullanmak, yeşil imalatı zorunlu kılmak gibi amaçlar ön planda iken, öncelikli sektör olarak robotik, havacılık, enerji gibi öne çıkan sektörlerdeki ürünlere öncelik verilmesi planlanmıştır (Takakuwa ve diğ., 2018).

2.4.3 Covid-19 Süreci ve Endüstri 4.0

Tüm dünya COVID-19 salgını ile beraber daha önce benzeri görülmemiş şekilde bir kriz ile karşı karşıya kalmıştır. Gerçekte yıllarca sürebilecek bir değişim yalnızca bir kaç ayda yaşanmıştır. Bir kısım yeni realiteye uyum sağlarken bir kısımda bu krizi yönetmek için mücadele içerisine girmiştir. Kriz, yeni evden çalışma modeli ve evden çalışması pek mümkün olmayan çalışanlar için gerekli aksiyonun alınması, envanter yönetimi, emlak ve fabrika yönetimi ve tedarik zinciri ile ilgili oluşan problemler gibi boyutları içerdiği söylenebilmektedir (D'Auria ve De Smet, 2020).

Bu süreçte Türkiye'de özellikle hizmet sektöründe varlık gösteren bir çok küçük işletme faaliyetlerini durdurmuş ve bununla beraber bankacılık, sigortacılık ve Ar-Ge gibi sektörlerde faaliyet gösteren işletmeler evden çalışma yöntemini tercih etmişlerdir (Gökay, 2020). Çalışma zamanının esnek bir hale gelmesi sürekli ulaşılabilirlik durumunu ortaya çıkarmakta ve iş-yaşam dengesi arasındaki sınırı bulanık hale getirmektedir (Ahlers, 2016). Şirket çalışanlarının ne zaman ve nerede çalışacakları değişen çalışma şartlarına uyum sağlanması açısından önemlidir (Grampp ve Zobrist, 2018). Çalışma hayatı dijital hale geldikçe bu hayatı düzenleyecek yaklaşımların geliştirilmesi gerekmektedir. Endüstri 4.0 teknolojilerine duyulan ihtiyacın bugüne kadar hiç bu kadar büyük olmadığı iddia edilmiş ve bununla beraber, değişen gerçeklik neticesinde yeni inovasyonların ortaya çıkması beklenmektedir (Fretty, 2020). Gerçek zamanlı ekonomik ve finansal verilere dayanarak, COVID-19 pandemi krizinin ekonomik çıktılar üzerindeki etkisi sektörel düzeyde değerlendirildiğinde, konaklama ve gıda hizmetleri, imalat, toptan ve perakende ticaret ile gayrimenkul ve ticari faaliyetler de dahil olmak üzere, üretimde önemli bir düşüşün yaşandığı bir dizi kilit ekonomik sektör tanımlanabilmektedir. Bu sektörler emek yoğunudur ve özellikle konaklama ve yemek hizmetleri

ve perakende ticaret alanında milyonlarca düşük ücretli, düşük vasıflı işçi çalışmaktadır. Ekonomik riskler, bu sektörlerdeki işçiler tarafından özellikle daha çok hissedilecektir (ILO, 2020).

Liderler, gerek kurumun kendisinin, gerekse kurumun çalışanlarının bu krizden oldukça az etkilenmesi ve krizin yönetilebilmesi için insan kaynakları profesyonelleri tarafından sağlanan içgörü ve yönlendirmelere güvenmektedirler (Dirani ve diğ., 2020). Bigan ve diğ. (2020) araştırmalarında Türkiye’de tüketicilerin hane halkı bazında bakıldığında mali gücünün COVID-19 sebebiyle azaldığını ancak zorunlu ihtiyaçlar ve eğlence bazlı tüketiminde yüksek seviyede bir artış yaşandığını tespit etmişler ve bu artışın devam edeceğini öngörmüşlerdir.

Dünyanın genel durumuna bakıldığında ise McKinsey (2020) raporunda:

- “Tüketici davranışlarının değiştiği ve ihtiyari harcamaların azalarak daha öncelikli alanlara kaydığı,”
- “Birçok ülkede tüketicilerin en az yarısının yeni tüketim davranışları edindiği ve edinmeye devam edeceği; bu şekilde markalara olan bağlılığın azaldığı,”
- “Online alışverişlerde gerçekleşen yüksek artış yaşanırken spesifik olarak yiyecek ve ihtiyaçlar kategorilerinde yaklaşık %30 artış gibi bir oranın gözlemlenmesi sonucunda artık dijitalleşmeye daha hızlı bir geçişin söz konusu olduğundan”

bahsedilmiştir.

LaBerge ve diğ. (2020) organizasyonel perspektiften bakıldığında değişimin önceki deneyimlere göre çok daha yüksek bir hızla gerçekleştiğini ve bunun yönetilmesi için “öğrenme” kavramının önemine dikkat çekmiş ve işletmelerde belirli değişikliklerin yapılma sürecinde hangi teknolojilerin nasıl uygulanacağını aynı şekilde öğrenme ile ilgili olduğunu belirtmiştir. Bu aşamada liderin ana odağı kriz yönetimi olmalıdır. Çalışanların karmaşıklıkla nasıl başa çıkılması gerektiği ve krize adapte olabilme konusunda desteğe ihtiyaçları olacaktır (Dirani ve diğ., 2020). Liderler krizi tanımladıktan sonra krize karşılık bir çözüm geliştirebilirler. Ancak COVID-19 krizinde de görüldüğü üzere herhangi bir zamanda oluşabilecek rutin krizlere karşı önceden planlanmış yol haritaları bu durum için pek geçerli olamamıştır. D’Auria ve De Smet (2020) liderlerin aslında ihtiyacı olanın önceden belirlenmiş bir çözüm planı olmadığı; bunun yerine geçmişte kalmış olaylara takılmayarak geleceğe

odaklanan bir düşünce yapısının liderlerin gerçek ihtiyacı olduğunu öne sürmüşlerdir. Organizasyonel hiyerarşide en üstlerde yer alan yöneticilerin kriz durumunda etkin bir şekilde karar alması alt seviyelerden yeterli bilgi alabilmelerine bağlıdır. Ernst & Young (2020) tarafından hazırlanan raporda pandemi döneminde liderlik, motivasyon ve yetenek yönetiminin çok önemli olduğu savunulmuş, uzaktan çalışmanın standart hale gelmesi neticesinde çalışanların işlerini yürütebilmeleri için gerekli dijital yatkınlığa sahip olmaları, liderlerin önce insan bakış açısına sahip, güçlü ve kararlı olmaları ve motivasyonun sağlanabilmesi adına işletmede iletişimin doğru yönetilmesi gerekliliğinin altı çizilmiştir.



3. MALZEME VE YÖNTEM

Bu çalışmada Çok Kriterli Karar Verme Tekniklerinden (ÇKKV) AHP ve DEMATEL yöntemleri kullanılmıştır. Kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi amacıyla AHP, kriterlerin arasındaki ilişkinin oluşturulması için ise DEMATEL yöntemi uygulanmıştır. Yapılan literatür taraması sonucunda Endüstri 4.0 koşullarına hazır olma açısından KOBİ'lerin ERP kullanım düzeylerini etkileyen 26 faktör tespit edilmiştir. AHP ve DEMATEL yöntemlerinin uygulanmasından önce bu faktörlerin sayısının azaltılması için seçilen karar vericilerden bir ön-önceliklendirme anketi doldurmaları istenmiştir. Ön-önceliklendirme anketinde 7'li likert ölçeği kullanılmıştır. Karar vericiler akademisyenler, yöneticiler ve uzman seviyesinde çalışanlardan oluşmaktadır. Ön-önceliklendirme anketi sonucunda 15 faktör tespit edilmiş, kapsam açısından yakın faktörler birleştirilerek 12 faktöre düşürülmüş ve bu faktörler 5 farklı boyut altında gösterilmiştir. AHP ve DEMATEL yöntemleri bu faktörler baz alınarak uygulanmış, ortaya çıkan bulgular literatür ile desteklenerek ERP temelli bir olgunluk modeli tasarlanmıştır.

Çalışmada izlenen yol Şekil 3.1'de gösterilmiştir. Yukarıda bahsedilen ilgili aşamalara çalışmanın sonraki kısımlarında ayrıca değinilmiştir.



Şekil 3.1: Araştırma yöntemi ve tasarımı.

3.1.1 Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri

ÇKKV, çok kriterleri içeren karar ve planlama problemlerini yapılandırmak ve çözmekle ilgilidir (Aruldoss ve diğ., 2013). Aynı zamanda, alternatifleri sıralamak ve önceliklendirmek için uzman bilgisi ve yargısını gerektiren karmaşık bir süreçtir. Karar analizinde kullanılan teknikler, karar verme sürecini sistematik bir şekilde kolaylaştırmak için bilgi, veri ve deneyimleri kullanan rasyonel prosedürlerdir (Dabous ve Alkass, 2008).

Geçmişten günümüze bazı ÇKKV teknikleri geliştirilmiş olup bu teknikler çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır (Dabous ve Alkass, 2008). Farklı uygulama alanlarındaki rolü, yeni yöntemlerin ortaya çıkması ve eski yöntemlerin gelişimi sayesinde ÇKKV teknikleri kullanımı önemli ölçüde artış göstermiştir (Velasquez ve Hester, 2013). Problemin yapısına göre kullanılabilecek çeşitli yöntemler literatürde mevcuttur (Sabaei ve diğ., 2015). Öne çıkan yöntemler, AHP, PROMETHEE, ELECTRE, SMART, TOPSIS, ANP, DEMATEL ve BULANIK MANTIK TEORİSİ dir (Sabaei ve diğ., 2015; Velasquez ve Hester, 2013).

Sevinç ve diğ. (2018) KOBİ'lerin Endüstri 4.0 dönüşüm sürecinde karşılaştıkları zorlukları dört ana başlıkta kategorileştirip, AHP ve ANP yöntemlerini kullanarak üst ve alt boyutların ağırlıklarını ve birbirleri ile olan ilişkilerini işletmelerin Endüstri 4.0'a geçişini kolaylaştırmak ve kaynakların verimli kullanılmasına yönelik ilerleme sağlamak amacıyla tespit etme girişiminde bulunmuşlardır. AHP, kullanımı kolay, ölçeklenebilir; hiyerarşi yapısı problemlere uyum sağlayabilecek bir biçimde adapte edilebilir bir yöntemdir. Ancak kriterler arasında karşılıklı bağımlılıktan kaynaklanan sorunlardan kaynaklı bazı tutarsızlıklara yol açabilme durumu mevcuttur (Velasquez ve Hester, 2013). AHP, karar vericilere dayanağı sağlam bir çözüm sunabilmektedir. Bu yöntemin en önemli özelliği karar vericinin tercihini her zaman ilk sıraya koymasıdır (Sabaei ve diğ., 2015). ANP, AHP'den türetilmiş olmakla beraber, ANP genellikle proje seçimi, ürün planlaması, yeşil tedarik zinciri yönetimi gibi alanlarda kullanılmakta, bu problemlerde kriterler arasındaki karşılıklı bağımlılıktan dolayı AHP yöntem olarak yetersiz kalabilmektedir (Velasquez ve Hester, 2013). Tunca ve diğ., (2015) çalışmalarında Muhasebe alanında kullanılacak paket programın seçiminin çok kriterli karmaşık bir problem olduğunu ve AHP, TOPSIS ve ELECTRE'nin karmaşık problemlerin çözümünde en çok tercih edilen yöntemler olduğunu belirtmişlerdir. ELECTRE temelde seçim problemlerine yöneliktir. ELECTRE, endeksler kullanarak bir karar sürecini modelleme imkanı yaratabilir. Bu indeksler uyum ve uyumsuzluk matrisleridir. Karar verici, farklı alternatifler

arasındaki ilişki ilişkilerini analiz etmek ve net verileri kullanarak en iyi alternatifi seçmek için uyum ve uyumsuzluk endekslerini kullanır. ELECTRE yöntemi alternatifleri tamamen elemek yerine hepsini dikkate almak isteyen karar vericiler için çok uygun olmakla beraber alternatiflerin çok farklı tipte olması durumunda alternatifler arası karşılaştırma yapılamayacağından bu tip durumlarda kullanılması uygun değildir (Sabaei ve diğ., 2015). TOPSIS ise pozitif-ideal çözüme en kısa mesafe ve negatif-ideal çözüme en uzak mesafe düşüncesine göre oluşturulmuş bir yöntemdir. Bu yöntemde alternatiflerin belirlenen kriterler doğrultusunda bu kriterlerin alabilecekleri en yüksek ve en düşük değerlerin karşılaştırılması yolu ile gerçekleştirilmektedir (Tunca ve diğ., 2015).

Govindan ve diğ. (2016) çalışmalarında DEMATEL yöntemini kullanarak tedarik zincirinden yeşil tedarik zincirine doğru bir dönüşüm konusunda ilgili etmenlerin/değişkenlerin konumunu ve etkilerini tespit edip, etkili faktörleri belirlemişlerdir. Bu şekilde karar vericiler etkisi en yüksek olan faktörleri tanımlayabilecek ve bu konuda genel anlamda ilerleme kaydedilebilecektir. Wu ve diğ. (2010) çalışmalarında Tayvan'da İstihdam Hizmeti Destek Programı Personeli Kriterlerinin Değerlendirilmesinde AHP ve DEMATEL yöntemlerini kullanmıştır. Bu çalışmada AHP ve DEMATEL yöntemlerinin birlikte kullanılmasının bazı avantajlar sağlayabileceği belirtilmiştir. AHP ile kriterlerin önceliklendirilmesi yani önem derecesi ortaya çıkarılabilir. Ayrıca, DEMATEL'in kullanımı ile ortaya çıkacak sonuçlar başka bir senaryo yaratabilmektedir. DEMATEL yönteminde hem doğrudan hem de dolaylı etkilerin incelenebilmesinden ötürü kriterler arasındaki neden-sonuç ilişkileri tespit edilebilir. Özel ve Türkel (2018) çalışmalarında ERP sistemlerinin karşılaştırılmasını ve uygun sistemin belirlenmesi amacıyla AHP yöntemini kullanmışlardır. Keçek ve Yıldırım (2010) ise çalışmalarında ERP sisteminin AHP ile seçimini otomotiv sektöründe uygulamışlardır. Çalışmada iki farklı şirketin karar vericileri ile görüşülmüş ve dışarıdan da ERP uzmanları sürece dahil edilmiştir. Hem DEMATEL hem AHP yönteminin kullanıldığı Karaoğlu ve Şahin (2016)'ın çalışmalarında satın alma kararlarının işletmeler için çok büyük önem taşıdığı ve hem uzman görüşlerini hem de işletmenin isteklerini göz önünde bulunduracak bir yöntemin geliştirilmesi girişiminde bulunulmuştur.

AHP ve DEMATEL yöntemleri aşağıdaki bölümlerde ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

3.1.1.1 Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP)

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) Saaty (1977) tarafından bir karar verme yöntemi olarak bulunmuştur. AHP ortaya çıktığından beri karar verme konusunda çoğunlukla araştırmacılar tarafından genel anlamda problem çözme yöntemi olarak kabul görmekte ve kullanılmaktadır. AHP, bilginin, tecrübenin, bireyin kendi düşüncelerinin ve önsezilerin mantıksal bir şekilde birleştirildiği bir yöntemdir (Özel ve Türkel, 2018). AHP'nin temel hedefi uzmanların bir görüşü ile ilgili bilgilerini elde etmekle beraber AHP aynı anda çoklu kriterlerin/alternatiflerin dikkate alınmasını içeren karmaşık problemlerle ilgilenir. (Aruldoss ve diğ., 2013). AHP, belirli bir amaç için karar verme veya problem çözmede kriterlerin önem seviyelerini tespit etmek için kullanılan bir araçtır. AHP uygulamalarının artmasıyla araştırmacılar tarafından yapılan araştırma konularına ve/veya uygunluğuna göre AHP yöntemi üzerinde değiştirmeler ve geliştirmeler yapılmaktadır (Safian ve Nawawi, 2011).

Önceliklendirme yapmak amacıyla çalışmada AHP yöntemi kullanılmıştır. AHP genel bir ölçüm teorisidir. Hem ayrık hem de eşleştirilmiş karşılaştırmalardan oran ölçekleri elde etmek için kullanılmaktadır. AHP'de kullanılan karşılaştırmalar gerçek ölçümlerden veya tercihlerin ve duyguların göreceli gücünü yansıtan temel bir ölçekten alınabilir (Saaty, 1987). AHP, ölçütler arasında ikili karşılaştırmalar içeren nicel karar verme hiyerarşilerine dayanan ilk ÇKKV tekniklerinden birisidir (Czekster ve diğ., 2019). “AHP'nin uygulama alanı çok geniş olmakla beraber pazarlama, finans, ekonomi, kamu politikaları ve eğitim gibi birçok alanda karar probleminde etkin olarak kullanılmaktadır “ (Özel ve Türkel, 2018).

Çalışmada AHP yöntemi kullanılmış ve beş aşamada uygulanmıştır:

- (1) Hiyerarşinin Kurulması (Problemi Hiyerarşiye Çevirmek)
- (2) Öncelik Ölçeğinin Belirlenmesi
- (3) İkili Karşılaştırma Matrisinin Oluşturulması
- (4) Normalizasyon
- (5) Tutarlılık Oranının Hesaplanması

AHP her zaman bir amaç ile başlar daha sonra kriterler arasında üstten alta doğru hiyerarşik bir karar ağacı oluşturmakla beraber kriterler arasında bulunan hiyerarşik ilişkiyi sıralı bir şekilde tanımlar (Reza ve diğ., 2011). AHP de her bir unsurun ağırlığı tespit edilir. Unsurların kendine özgü önemi veya diğer unsurlara göre önceliği söz konusudur.

3.1.1.2 DEMATEL

DEMATEL (DEcision MAKing Trial and Evaluation Laboratory) tekniği Battelle Memorial Enstitüsü'ne ait Cenevre Araştırma Merkezi tarafından, karmaşık nedensel ilişkilerin yapısını matris veya diyagramlar aracılığıyla görselleştirmek için geliştirilmiştir (Si ve diğ., 2018). AHP gibi geleneksel sayılabilecek yöntemlerin kullanılan kriterleri bağımsız olarak kabul etmesinin aksine DEMATEL yöntemi, bağlamsal ilişkileri ve unsurlar arasındaki etkinin güçlü yönlerini betimlemek için nedensel bir diyagram aracılığıyla bir sistemin elemanları arasındaki bağımlılığı tanımlamak için yapısal modelleme tekniğini kullanır (Wu ve Tsai, 2012). Bu sebeple DEMATEL karmaşık bir sistemdeki faktörler arasındaki karşılıklı ilişkileri analiz etmek ve bunları uzun vadeli stratejik karar alma ve iyileştirme kapsamlarını belirtmek ve sıralamak için uygulanabilir ve kullanışlı bir araçtır (Si ve diğ., 2018).

Bir tür yapısal modelleme yaklaşımı olarak, bir sistemin bileşenleri arasındaki sebep-sonuç ilişkilerinin analizinde fayda sağlamaktadır. DEMATEL, faktörler arasındaki karşılıklı bağımlılığı teyit edebilir ve içlerindeki göreceli ilişkileri yansıtmak için bir haritanın geliştirilmesine yardımcı olabilir ve karmaşık ve iç içe geçmiş sorunları araştırmak ve çözmek için kullanılabilir (Si ve diğ., 2018). Bu yöntem, sistemin ilişkisinden öte kriterler arasındaki etki derecesini de ölçmektedir. Ayrıca bu yöntemde bütün kriterlerin birbiri ile ilişki içerisinde olduğu kabul edilmektedir (Karaoğlu ve Şahin, 2016).

3.1.2 Literatür Taraması Sonucunda Tespit Edilen Faktörler

Çalışmanın literatür taraması kısmında “Endüstri 4.0 Koşullarına Hazır Olma Açısından KOBİ’lerin ERP Kullanım Düzeylerini Etkileyen Faktörler” tespit edilmiş ve bu faktörler işletmenin özellikleri, çevresel özellikler ve gelişmeler, işletmenin ERP sistemi, işletmenin organizasyonel ve stratejik yeterlilikleri ve işletmenin operasyonel ve teknolojik yeterlilikleri olarak belirlenen boyutların altında gösterilmiştir. Faktörlerin belirlenmesinde faktörlerin Endüstri 4.0, ERP ve KOBİ ilişkisi göz önünde bulundurulmuştur. AHP ve DEMATEL yöntemleri uygulanması sebebiyle ilgili faktörler “Kriterler” olarak başlıklandırılmıştır. Boyutlar ve kriterler sıralamaları ve ilgili kaynakları ile birlikte Tablo 3.1’de gösterilmiştir.

Tablo 3.1: Boyutlar ve kriterler.

BOYUTLAR	#	KRİTERLER	KAYNAKLAR
B1-İşletmenin Özellikleri	1	İşletmenin Büyüklüğü	(Esteves, 2006; Ifinedo, 2008; Jonas ve Björn, 2011; Le ve Han, 2016; Tagliavini ve diğ., 2002)
	2	Sektörün Özellikleri	(Esteves, 2006; Sanders ve Carpenter, 1998; Tagliavini ve diğ., 2002)
	3	İşletmenin Sahip Olduğu Sertifikasyonlar	(Ludwig ve diğ., 2018)
	4	İşletmenin Faaliyet Sektörü (Ürün/Hizmet Çeşitliliği)	(Tagliavini ve diğ., 2002)
	5	İşletmenin Yaşı	(Le ve Han, 2016)
B2-Çevresel Özellikler ve Gelişmeler	6	Rekabetin Yoğunluğu	(Johansson ve diğ., 2012)
	7	Piyasa Değişkenliği	(Bauer ve diğ., 2015; Raymond ve Uwizeyemungu, 2007)
	8	Kurum Dışı Destek	(Ifinedo, 2008; Zhu ve diğ., 2010)
B3-İşletmenin ERP Sistemi	9	İşletmedeki ERP Sisteminin Kullanım Amacı ve Nedenleri	(Laukkanen ve diğ., 2007; Mabert ve diğ., 2003; Raymond and Uwizeyemungu, 2007)
	10	İşletmedeki ERP Sisteminin Kullanımı ile İlgili Faktörler	(Grandhi and Chugh, 2012; Hababbeh ve diğ., 2018; Johansson ve diğ., 2012; Rajan ve Baral, 2015; Ruivo ve diğ., 2012)
B4-İşletmenin Organizasyonel ve Stratejik Yeterlilikleri	11	İşletmenin Finansal Gücü	(Grandhi ve Chugh, 2012; Mittal ve diğ., 2018; Raymond ve Uwizeyemungu, 2007; Soylu, 2018)
	12	Çalışanların Endüstri 4.0 Yetkinliği	(Grandhi ve Chugh, 2012; Mittal ve diğ., 2018)
	13	İşletmenin Endüstri 4.0 Yol Haritası / İş Modelleri	(Jovanovski ve diğ., 2019; Sarvari ve diğ., 2018; Stentoft ve diğ., 2019; Sung, 2018)
	14	Kurumsal İşbirlikleri	
	15	Tedarikçi İlişkileri	(Mittal ve diğ., 2018)
	16	Müşteri İlişkileri	
	17	Örgütsel Öğrenme	(Nwankpa ve Roumani, 2014; Smits, 2016)
	18	Liderlik ve Üst Yönetim Desteği	(Grandhi ve Chugh, 2012; Ifinedo, 2008; Mittal ve diğ., 2018)
	19	Organizasyon Yapısı ve Kültürü	(Amid ve diğ., 2012; Davenport, 1998; Ifinedo, 2008; Mittal ve diğ., 2018; Morton ve Hu, 2008; Ruivo ve diğ., 2017)
	20	Dijitalleşme ve Süreç Yönetimi	(Grandhi ve Chugh, 2012; Smits, 2016)

Tablo 3.1 (devam):

BOYUTLAR	#	KRİTERLER	KAYNAKLAR
B5- İşletmenin Operasyonel ve Teknolojik Yeterlilikleri	21	Bilgi Teknolojileri Yönetişi	(Li ve diğ., 2017).
	22	Ar-Ge ve İnovasyon	(Raymond ve Uwizemungu, 2007)
	23	Dijital Teknolojilerin Operasyonel Kullanımı	(Deloitte, 2017; Muscio ve Ciffolilli, 2020; Van Wyck ve diğ., 2019)
	24	Veri Yönetimi ve Veri Kalitesi	(Deloitte, 2017; Hamdi ve diğ., 2018; Leyh ve diğ., 2016)
	25	ERP ve Bilgi Teknolojilerinin Esnekliği	(Abas, 2018; Smits, 2016)
	26	Modern ve Entegre Teknolojik Altyapı	(Hamdi ve diğ., 2018; Zeba ve diğ., 2019)

3.1.2.1 Kriterler ve Açıklamaları

Tablo 3.1’de sıralanmış kriterler Tablo 3.2’de açıklamaları ile birlikte verilmiştir. Belirtilen açıklamalar çalışmanın literatür taraması bölümü baz alınarak özetlenmiştir.

Tablo 3.2: Kriterler ve açıklamaları.

#	KRİTERLER	KRİTER AÇIKLAMASI	İLGİLİ ERP BAĞLANTISI
1	İşletmenin Büyüklüğü	Laukkanen ve diğ. (2007) çalışmalarında ERP sisteminin benimsenmesi konusunda “İşletmenin Büyüklüğünün” bir faktör olduğunu ve farklı büyüklükteki işletmeler arasında önemli farkların bulunabildiğini belirtmişlerdir. Bu çalışmaya paralel olarak (Tagliavini ve diğ., 2002) KOBİ’lerde ERP sisteminin benimsenmesi ile işletmenin büyüklüğü arasında bir korelasyon olduğunu iddia etmiştir.	İşletmede ERP Sisteminin Benimsenmesi
2	Sektörün Özellikleri	Sektörün büyüklüğü (Tagliavini ve diğ., 2002) tarafından ERP kullanımı ile alakalı olarak görülmüştür. Çalışmada limitli bir pazar büyüklüğüne sahip işletmeler ile uluslararası pazarda iş yapan işletmeler karşılaştırıldığında pazar büyüklüğü arttıkça ERP kullanımında artış gözükmektedir.	ERP Kullanımı

Tablo 3.2 (devam):

#	KRİTERLER	KRİTER AÇIKLAMASI	İLGİLİ ERP BAĞLANTISI
3	İşletmenin Sahip Olduğu Sertifikasyonlar	KOBİ'lerin gelecekte kısmi otomatik ve yatay katma değerli zincirler için Endüstri 4.0 sertifikasyonlarına (veya siber-fiziksel üretim sistemleri sertifikasyonu) sahip olmama durumlarının büyük işletmelerin KOBİ'ler ile işbirliği tercihlerinde etkili olabileceğinden çekinmektedirler. Bununla beraber, bu sertifikasyonlar bir yandan belirli kalite standartlarını ve birlikte çalışabilirliği sağlarken diğer yandan bu sertifikasyona sahip olmayan KOBİ'lerin katma değer zincirinin dışına itilmesine sebep olacaklardır.	
4	İşletmenin Faaliyet Sektörü ve Sektördeki Hizmet ve Ürün Çeşitliliği	“Karmaşık” işletmelerde ürünler, pazar ve teknolojiler bazında bir çeşitlendirme seviyesi farklı ürün-pazar kombinasyonları ile ifade edilmektedir. Çeşitlendirme ERP sistemlerinin KOBİ'ler tarafından benimsenmesini olumlu yönde etkilemektedir (Tagliavini ve diğ., 2002). Ancak Buonanno ve diğ. (2005) çalışmalarında literatürde ürün çeşitliliğinin bilgi akışının karmaşıklığını arttırma konusunda etkisi olduğunu ancak olarak ERP sisteminin benimsenmesi konusunda istatistiki bir kanıt olmadığını savunmuşlardır. İş karmaşıklığı kavramının ERP sistemleri ile ilişkisi olmasından dolayı ürün-hizmet çeşitliliği bir kriter olarak kabul edilmiştir.	İşletmede ERP Sisteminin Benimsenmesi
5	İşletmenin Yaşı	Literatürde yapılmış çalışmalarda işletme yaşının özellikle KOBİ'lerde ERP uygulanması aşamasında etkisinin bulunduğu belirtilmiştir (Le ve Han, 2016).	ERP Sisteminin Uygulanması
6	Rekabetin Yoğunluğu	KOBİ'lerin ihtiyaç ve fırsatlarının analizinden ziyade, çoğunlukla acil durumlardan ve dışsal nedenlerden kaynaklı olarak ERP çözümlerini kullandıkları iddia edilmiştir (Tagliavini ve diğ., 2002). Rekabet kavramının özellikle İşletmedeki ERP Kullanımı ve edinimi konusunda etkisi bulunmaktadır. Endüstri 4.0 ile birlikte kısa yaşam döngüsüne sahip kişiselleştirilmiş ve özel ürünler işletmenin esnekliğini öne çıkarması beklenmekte, yüksek esnekliğe sahip olmanın yolu esnek sistemlerden geçmektedir. Piyasa değişkenliği ve uzun vadeli değişimler işletmelerin ve işgücünün daha esnek olmasını gerektirmektedir.	ERP Kullanımı ve ERP Edinimi
7	Piyasa Değişkenliği		ERP Kullanımı ve ERP Edinimi
8	Kurum Dışı Destek	Kurum Dışı Destek; Devlet KOBİ destekleri veya ERP konusunda çevresel destekler, çevre şirketler, danışmanlar vb. dış faktörleri kapsamaktadır. Kurum dışı destek beklenenin tam zıttı olarak negatif etki yaratabilmektedir.	ERP Kullanımı ve ERP Edinimi

Tablo 3.2 (devam):

#	KRİTERLER	KRİTER AÇIKLAMASI	İLGİLİ ERP BAĞLANTISI
9	İşletmedeki ERP Sisteminin Kullanım Amacı ve Nedenleri	ERP sistemleri söz konusu olduğunda teknolojik ve örgütsel gereklilikler arasında yeterli uyumun sağlanmasının önemli olması, bir ERP sistemi ile işletmenin süreçleri arasındaki uyumun neden KOBİ'ler için bir ERP sistemi seçimindeki kriterlerin başında geldiğini açıklamaktadır (Everdingen ve diğ., 2000). Bu uyum, KOBİ'lerin derinlemesine yeniden süreç yapılandırılmasının şokundan kaçınmalarını sağlamaktadır. Bu, bir KOBİ'deki iş süreçlerinin özelliklerinin, bir ERP sistemini benimseme kararında çok büyük önem taşıyacağının kanıtı olarak sunulabilir; işletmenin iş süreçleri kendine özgüyse, tasarımı kuruluşa uygun olan ERP yazılımı bulmak çok daha zorlaşmaktadır (Raymond ve Uwizeyemungu, 2007). Literatürde ERP sistemlerinin işletmelerdeki kullanım amacı aşağıdaki sebeplerden oluşmaktadır: *Entegrasyon ve işletmenin yeteneklerini geliştirmek *Eski bilgi sisteminin yenilenmesi *Verimliliğin artırılması ve maliyetin azaltılması *Sistemin basitleştirip standartlaştırılması *Rekabet baskısı *Tedarikçi ve Müşteriler ile etkileşimi ve iletişimi iyileştirmek *Organizasyonun yeniden yapılandırılması *Stratejik avantaja sahip olmak	
10	İşletmedeki ERP Sisteminin Kullanımı ile İlgili Faktörler	ERP sistemi kullanımı kavramı, kullanıcıların kurulu ERP işlevlerini kullanma derecesini ifade etmektedir. Sistemin kullanımı, bir ERP kurulumundan elde edilen faydaları arttıran kritik faktörlerden biri olarak tanımlanmıştır (Nwankpa ve Roumani, 2014). Bu sebeple sistem kullanımı kavram olarak bilgi sistemlerinin başarısı konusunda en sık kullanılan ölçütlerden biridir (Jonas ve Björn, 2011). ERP Kullanımına etki eden alt faktörler: Bilgisayar Öz-Yeterliliği, Kurumsal Destek, Eğitim, Sistemin Karmaşıklığı, Rekabet Baskısı, Verimlilik Algısı, ERP Sisteminin İşletmeye Uyumudur. Ayrıca literatürde geliştirilen ölçeklerde ERP sisteminin KOBİ'lerde kullanım derecesinin tespit edilmesi için işletmedeki ERP kullananların oranı, ERP nin iş süreçlerini ne derece desteklediği, ERP sisteminin diğer kullanılan bilgi sistemleri içerisinde oranı gibi ölçütler kullanılabilmektedir.	

Tablo 3.2 (devam):

#	KRİTERLER	KRİTER AÇIKLAMASI	İLGİLİ ERP BAĞLANTISI
11	İşletmenin Finansal Gücü	KOBİ'lerin finansal gücü büyük işletmelere göre düşük kalmaktadır. Endüstri 4.0 Teknolojileri ve ERP sistemleri/geliştirmeleri ciddi maliyet yükü getirmektedir. Bu sebeple özellikle dönüşüm için gerekli yatırımları yapacak güçlerinin çok limitli olmasından kaynaklı büyük bir engel ve belirsizlik mevcut olabilmektedir (Çevik, 2019).	
12	Çalışanların Endüstri 4.0 Yetkinliği	Endüstri 4.0 ile birlikte ortaya çıkan teknolojiler ve değişimler yeni mesleklerin ortaya çıkmasına ve var olan mesleklerde de değişimlere ve gelişmelere neden olmuştur. Çalışanlarında bu değişime ayak uydurabilmesi için yeni yetkinliklere ihtiyaçları vardır. Çalışanların yetkinlikleri ve eğitimi literatürde Johansson ve diğ. (2012) ve Ruivo ve diğ. (2013) tarafından ERP kullanımını etkileyen faktörler arasında yer almaktadır.	ERP Kullanımı
13	İşletmenin Endüstri 4.0 Yol Haritası / İş Modelleri	Endüstri 4.0 kavramının etkilemesi beklenen konulardan biri yeni iş modellerinin ortaya çıkması ve buna uygun yeni girişimlerin kurulmasıdır. Mevcut iş yapma biçimlerinin yanında, farklı uygulamaların ortaya çıkması, iş yaşamında yeni iş alanlarından ve mesleklerden söz edilmesi söz konusudur.	
14	Kurumsal İşbirlikleri	Kurumsal İşbirliği kavramı tanım olarak müşteri, hizmet sağlayıcısı ve/veya taraflar ile bir projenin risklerini paylaştıkları ve beraber yönettikleri bir çeşit işbirliğidir. İşletmeler özellikle üniversiteler ve araştırma kuruluşları ile bazı sebeplerden dolayı işbirliğine gitmek istemektedirler (bilimsel bilgiye erişim, danışmanlık, kalifiye iş gücü potansiyeli vb.)	
15	Tedarikçi İlişkileri	Üretim süreci boyunca müşteriler, tedarikçiler, taşeronlar ve lojistik servis sağlayıcıları ile dijital bir şekilde entegrasyonunun sağlanması	
16	Müşteri İlişkileri	verimliliği arttırarak operasyonel maliyeti azaltacak ve müşterilere uçtan uca çözümler sunulabilecektir.	
17	Örgütsel Öğrenme	“Öğrenme”, çalışanların gerekli becerileri ve bilgileri edinmesinde ve işletmenin kurumsal gelişiminde kilit bir rol üstlenmektedir. ERP kullanımı yüksek miktarda bilgiye erişim sağlayabilmekte ve işletmelerin verilerini organize etmesini sağlamaktadır.	ERP Kullanımı
18	Liderlik ve Üst Yönetim Desteği	Endüstri 4.0'ın yaratacağı fırsatların değerlendirilmesi için lider kadrosunun (CEO, Direktör ve Kıdemli Yöneticiler) planlarında öncelikli olarak yer alması gerekmektedir. İşletmelerin nasıl öğrenebileceği ve değişimin nasıl yönetilebileceği ile ilgili soruların cevaplanması üst yönetim için kilit öneme sahip olacaktır	

Tablo 3.2 (devam):

#	KRİTERLER	KRİTER AÇIKLAMASI	İLGİLİ ERP BAĞLANTISI
19	Organizasyon Yapısı ve Kültürü	ERP uygulamasının başarısını sağlayan çalışanlar arası ve departmanlar arası bilgi akışı ve bilgi paylaşımının sağlanmasında kurum kültürü kavramının etkin olduğu savunulmuştur. Ayrıca Organizasyonel Yapı kavramı ERP sistemlerinin başarılı yada başarısız olmasını etkileyen önemli bir faktör olarak kabul edilmektedir. ERP sisteminin etkin kullanılabilmesi için o işletmenin organizasyon yapısına uygun olmalıdır.	ERP Sisteminin Uygulanması
20	Dijitalleşme ve Süreç Yönetimi	Endüstri 4.0 ekosisteminde kurumsal süreç yönetimi, bir işletmenin stratejik hedeflerini o işletmenin kaynaklarını doğru yönlendirerek gerçekleştirmesine yardımcı olur. Endüstri 4.0'ın getirdiği teknolojilerden biri olan Nesnelerin İnterneti işletmelerdeki var olan süreçleri tamamen değiştireceği ön görülmektedir. Literatürde ERP uygulamaları ve iş dönüşümü için proje yönetimi bir ön koşul olarak belirtilmektedir (Smits, 2016). Endüstri 4.0'da bir proje süreçlerin yeniden tanımlanmasını, bilgi teknolojilerin yönetilmesini, kültürel değişimi ve yetkinlik eğitimlerini içerebilir. İyi bir proje yönetimi bir işletmenin dönüşüm şansını yükselten bir faktördür (Uhl ve Gollena, 2016).	
21	Bilgi Teknolojileri Yönetişimi	BT Yönetişimi, işletmenin hedeflerinin desteklemesinin yanında yapılan yatırımın verimliliğinin en üst düzeye çıkarılmasını sağlamak için araçlar ve çerçeveler sunar. Bu şekilde işletmenin yaptığı yatırım ile ilgili harcamalar bakımlar ve geliştirmelerin verimliliği takip edilebilir. BT Yönetişimi işletmeler için hayati bir konudur.	
22	Ar-Ge ve İnovasyon	“Ürün inovasyonu, bir işletmenin yeni ürün kategorileri ile tamamen yeni veya fark edilecek bir seviyede geliştirilmiş ürünler geliştirerek yeni müşteri ihtiyaçlarını belirleme ve bunlara yanıt verme becerisidir” (Mabenge, 2020). Akıllı ürünler veri depolayabilirler, hesaplama yapabilirler ve çevre ile etkileşimlere girebilirler. Akıllı ürünlerin bu tipteki özellikleri işletmelerin hizmet sunmak amacıyla bu verileri yorumlama durumunu doğurmaktadır. Örneğin ürün planlama yazılımları işletmenin genel sistemleri (ERP) ile bağlantılıdır. Bir ERP sistemi işletmedeki ürün planlama aşamasını, ürünün yaşam döngüsündeki diğer aşamalarına bağlar.	

Tablo 3.2 (devam):

#	KRİTERLER	KRİTER AÇIKLAMASI	İLGİLİ ERP BAĞLANTISI
23	Dijital Teknolojilerin Operasyonel Kullanımı	Endüstri 4.0, birbirine bağlı dijital teknolojilerin yoğun ve yaygın kullanımına dayanmaktadır (Muscio ve Ciffolilli, 2019). “Akıllı Operasyon” veya Dijital Teknolojilerin Operasyonel Kullanımı kavramı ile birlikte işletmelerde çok fazla tekrar eden satın alma işlemlerinin otomatikleştirilmesi dolaylı olarak hammadde satın alımı konusunda verimlilik artışına sebep olacaktır. Ayrıca operasyonel alanda kullanılan Endüstri 4.0 teknolojileri bu kategori altında incelenmektedir (Blok zinciri, analitik, yapay zeka, simülasyon vb.).	
24	Veri Yönetimi ve Veri Kalitesi	Endüstri 4.0 ile beraber öne çıkan ve ciddi önem arz eden başka bir potansiyel sorun ise işletmeler için tedarik zinciri boyunca çeşitli kurumsal sistemlerdeki veri kalitesidir. Büyük miktarda veri toplama, depolama işleme ve analiz etme yeteneği “Büyük Veri” adı altında Endüstri 4.0 ile birlikte öne çıkmaktadır. Verilerin toplanmasını ve iletilmesini kolaylaştıran ERP sistemi sanayi alanındaki bu gelişmeler ile birlikte ERP için sonuçları olacak ve ERP sistemi işletmelerde geniş bir ağ oluşturacaktır (Hamdi ve diğ., 2018).	
25	ERP ve Bilgi Teknolojilerinin Esnekliği	ERP Esnekliği işletmede oluşabilecek iç ve dış değişimlere karşı uyum sağlayabilme yeteneğidir. ERP sistemlerine veri girişi tek tip ve standart bir şekildedir. Ancak Endüstri 4.0 ile beraber müşterilerden, iş birliği yapılan kurumlardan veya başka kaynaklardan veri akışı gerekmektedir. Ayrıca ERP sistemi bu kaynaklardan gelecek olan gerçek zamanlı ve/veya özel-geçici isteklere cevap verebilmelidir. Soh ve diğ. (2000) veri uyumluluğunun sistemin çalışan tarafından kabulü için önemli olduğunu belirtmişlerdir. Başka bir deyişle, ERP paketleri yalnızca şirketin veritabanları ve işletim sistemleriyle uyumlu olduğundan prosedürler ve uyumluluk sistemin çalışanlar tarafından kabulü için çok önemli durumdadır.	ERP Kullanımı
26	Modern ve Entegre Teknolojik Altyapı	Endüstri 4.0 halihazırda yapılmış olan kurulumların uyarlanması ve bazı durumlarda da tamamen yeni tipte bir BT altyapısının kullanılmasını gerektirmektedir. Birbirinden ayrı olan bir çok farklı çeşit sistemler bir ağda birbirleri ile iletişimde olmalı ve yeni iletişim ağları sıfırdan başlayarak kurulmalıdır.	

3.1.3 Karar Vericiler

Çalışmanın ön-önceliklendirme, AHP ve DEMATEL aşamaları için karar verici olarak seçilen alanlarında uzman kişilerin profilleri Tablo 3.3’de gösterilmiştir. Karar vericiler konu ile alakaları ve araştırma alanlarının uyumları gözetilerek seçilmişlerdir. Karar vericiler ve profilleri aşağıdaki tabloda ayrıntılı olarak verilmiştir.

Tablo 3.3: Karar vericiler.

No	Kategori	Ünvan	Sektör veya Araştırma Alanı	Ön-Önceliklendirme Aşaması	AHP ve DEMATEL Aşaması
1	Akademisyen	Prof.Dr	Yönetim Bilimleri	Hayır	Evet
2	Uzman	İnsan Kaynakları İş Ortağı	Perakende Sektörü	Hayır	Evet
3	Akademisyen	Dr.Öğr.Üyesi	Yönetim Bilimleri	Hayır	Evet
4	Yönetici	İş Zekası Müdür Yardımcısı	Lojistik/Taşımacılık Sektörü	Hayır	Evet
5	Akademisyen	Doç.Dr	Yönetim Bilişim Sistemleri	Evet	Evet
6	Akademisyen	Araştırma Görevlisi	Yönetim Bilişim Sistemleri	Hayır	Evet
7	Akademisyen	Öğr.Görevlisi	Eğitim Teknolojileri	Evet	Evet
8	Yönetici	Lojistik Müdürü	İmalat (Ambalaj) Sektörü	Hayır	Evet
9	Yönetici	Dijital Dönüşüm Yöneticisi	Kimya Sektörü	Hayır	Evet
10	Uzman	Kıdemli Uzman	Telekomünikasyon Sektörü	Hayır	Evet
11	Akademisyen	Öğr.Görevlisi	Bilişim Teknolojileri	Evet	Evet
12	Uzman	Kıdemli Kontrol Uzmanı	Havacılık Sektörü	Hayır	Evet
13	Uzman	Kıdemli Analist	Lojistik/Taşımacılık Sektörü	Hayır	Evet
14	Yönetici	BT Direktörü	E-Ticaret Sektörü	Hayır	Evet
15	Yönetici	Kurumsal Mimari Müdürü	E-Ticaret Sektörü	Evet	Evet
16	Uzman	Yazılım Uzmanı/Mühendisi	Yazılım Sektörü	Hayır	Evet
17	Akademisyen	Öğr.Görevlisi	Yönetim Bilimleri	Evet	Hayır
18	Akademisyen	Prof.Dr	Yönetim Bilişim Sistemleri	Evet	Hayır
19	Uzman	Veri Analisti	Lojistik/Taşımacılık Sektörü	Hayır	Evet
20	Yönetici	Genel Kordinator	Yazılım Sektörü	Hayır	Evet
21	Uzman	İş Zekası Danışmanı	Telekomünikasyon Sektörü	Hayır	Evet
22	Akademisyen	Doç.Dr	Yönetim Bilişim Sistemleri	Evet	Evet

Karar vericilerin ilgili aşamalara katılma durumları “Evet” ve “Hayır” şeklinde gösterilmiştir. Karar vericiler “Akademisyen”, “Yönetici”, ve “Uzman” olarak 3 farklı kategoriye ayrılmıştır. “Akademisyen” kategorisi aktif olarak üniversitede çalışmakta olan akademisyenler, “Yönetici” kategorisi özel sektörde üst düzey yöneticiler, direktörler, departman müdür ve müdür yardımcıları gibi üst ve orta seviye yöneticiler, “Uzman” kategorisi ise yönetici kategorisine girmeyen Sorumlu ve Analist gibi daha düşük seviye beyaz yaka çalışanlarından oluşmaktadır.

3.1.4 Ön-Önceliklendirme Aşaması

Toplamda 26 adet kriterin azaltılması amacıyla tecrübeleri ve araştırma alanlarına göre seçilmiş olan 7 uzman görüşlerinden yararlanılmıştır. Kriterlerin azaltılmasının sebebi AHP ve DEMATEL yöntemlerinde ikili karşılaştırma yapılmasıdır. Her bir kriter diğeri ile karşılaştırılmaktadır. Kriterlerin arttırılması karar vericilere yönetilen soruların da artmasına neden olmaktadır. Bu aşamada anket yöntemi kullanılmıştır. Karar vericilerden ilgili kriterleri “Endüstri 4.0 Koşullarına Hazır Olma Açısından KOBİ’lerin ERP Kullanım Düzeylerini Etkileyen Faktörlerin Önceliklendirilmesi Açısından” değerlendirmeleri istenmiş ve bu değerlendirmede 7’li likert ölçeği kullanılmıştır. Ankette 0 puan konu ile tamamen uzak, 6 puan ise tamamen alakalı olarak kabul edilmiş ve ortalaması 5 puan ve üzerinde alan kriterlere yeni hiyerarşinin kurulumunda öncelik verilmiştir.

3.1.4.1 Önceliklendirilmiş Faktörler: Yeni Hiyerarşi

Karar vericilere yapılan ön ankette işletmenin “Organizasyonel ve Stratejik Yeterlilikleri” boyutuna ait olan kriterler uzmanlar tarafından cevaplanan ankette öncelikli olarak görülmüştür. “İşletmenin Operasyonel ve Teknolojik Yeterlilikleri” boyutuna ait olan kriterlerin bazıları ise öncelik seviyesi baz alındığında ilgili kriterlere çok yakın derecede öncelikli olarak görülmüştür. Boyutlar arasında dengenin sağlanması ve tezin kapsamı göz önüne alındığında operasyonel ve teknolojik kriterlere kısmen öncelik tanınmıştır. Bununla beraber, “İşletmenin Finansal Gücü” kriterinin öncelik seviyesi açısından aşağıda görülmesine karşın özellikle Türkiye’deki KOBİ’lerin mali güçlerinin yatırım yapma konusunda çok sınırlı olması (Çevik, 2019; Gergin ve diğ., 2019) ve çalışmada bahsedilen diğer birçok kriter üzerinde etki sahibi olabilme ihtimali bu kriterin yeni hiyerarşiye eklenmesini gerektirmiştir. Ayrıca, kapsam yakınlığından kaynaklı olarak “Bilgi Teknolojileri Yönetişimi”

ile “Veri Yönetimi ve Veri Kalitesi” Kavramları tek bir çatı altında birleştirilmiştir. BT yönetişimi, BT yatırımlarının işletmenin hedeflerini desteklemesini ve risklerin yönetilmesi ile ilgiliyken; verinin yönetilmesi, işletmenin yapılan işlerden daha iyi sonuçlar almasını sağlayarak büyümesini desteklemek ile ilgilidir. Kavramlar tanım olarak farklı olmalarına karşın işletmenin operasyonları açısından birbirleri ile bağlantılıdır (Ng, 2020).

AHP ve DEMATEL yöntemlerinin uygulanacağı yeni hiyerarşi Tablo 3.4’de gösterilmiştir.

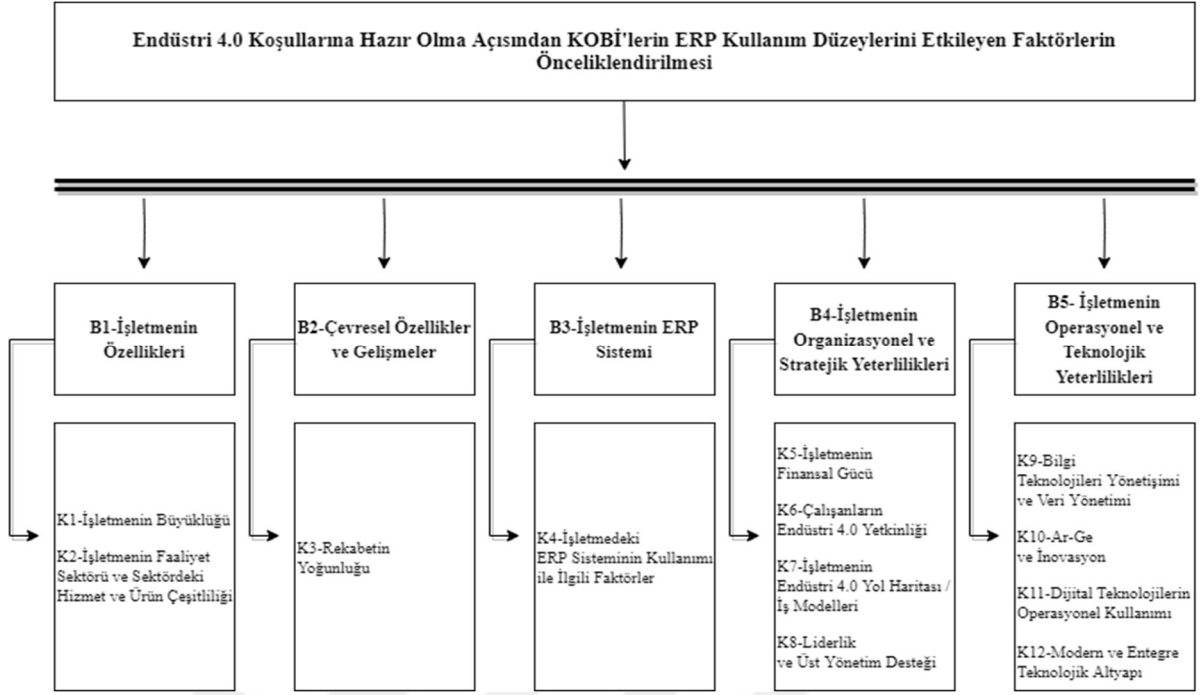
Tablo 3.4: Yeni hiyerarşi.

BOYUTLAR	KRİTER NO	KRİTERLER
B1-İşletmenin Özellikleri	K1	İşletmenin Büyüklüğü
	K2	İşletmenin Faaliyet Sektörü ve Sektördeki Hizmet ve Ürün Çeşitliliği
B2-Çevresel Özellikler ve Gelişmeler	K3	Rekabetin Yoğunluğu
B3-İşletmenin ERP Sistemi	K4	İşletmedeki ERP Sisteminin Kullanımı ile İlgili Faktörler
B4-İşletmenin Organizasyonel ve Stratejik Yeterlilikleri	K5	İşletmenin Finansal Gücü
	K6	Çalışanların Endüstri 4.0 Yetkinliği
	K7	İşletmenin Endüstri 4.0 Yol Haritası / İş Modelleri
	K8	Liderlik ve Üst Yönetim Desteği
B5- İşletmenin Operasyonel ve Teknolojik Yeterlilikleri	K9	Bilgi Teknolojileri Yönetişimi ve Veri Yönetimi
	K10	Ar-Ge ve İnovasyon
	K11	Dijital Teknolojilerin Operasyonel Kullanımı
	K12	Modern ve Entegre Teknolojik Altyapı

3.1.5 Analitik Hiyerarşi Sürecinin Uygulanması

3.1.5.1 Birinci Aşama: Hiyerarşinin Kurulması

Tanımlanmış boyutlar ve kriterler Şekil 3.2’de gösterilmiştir. Problem için birden fazla seviyeden oluşan hiyerarşik bir yapı oluşturulmuştur (Sevinç ve diğ., 2018). Amaç hiyerarşide en üstte ifade edilirken, daha düşük seviyelerde ise sıralanan hedefe yönelik boyutlar ve kriterler ifade edilmiştir (Singer ve Özşahin, 2018). Amaç Endüstri 4.0 koşullarına hazır olma açısından KOBİ’lerin ERP kullanım düzeylerini etkileyen faktörlerin önceliklendirilmesi olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.2: AHP hiyerarşisi.

3.1.5.2 İkinci Aşama: Öncelik Ölçeğinin Belirlenmesi

Kriterlerin karşılaştırılması ikinci adımı oluşturmaktadır. Normalde, ikili karşılaştırmalar AHP yönteminde kullanılan standart dokuz puanlı ölçeğe (1-9) dayanmaktadır. Bu ölçekte “eşit önemli” seviyesinden başlayarak “aşırı derecede önemli” seviyesine kadar ölçütler yer almaktadır. Bu çalışmada kullanılan karşılaştırma ölçeği aşağıdaki tabloda gösterilmiştir. Kullanılan karşılaştırma ölçeği Saaty (1987, 2008)’nin karşılaştırma ölçeğine dayanmaktadır. Ancak anketin daha az karmaşık hale getirilmesi amacıyla ara değerler kullanılmamıştır. Bu değerler yerine sadece ana değerler (1,3,5,7,9) kullanılmıştır. Bu aşamada amaç kriterlerin önem seviyelerini belirlemektir.

Tercih Katsayısı	Tercihin Seviyesi	Açıklama
1	Eşit Önemde	UNSURLAR AMAÇ DOĞRULTUSUNDA EŞİT DERECEDE ÖNEMLİDİR
3	Kısmen Önemli	BİR UNSURLAR DİĞERİNE GÖRE BİRAZ DAHA AĞIR BASMAKTADIR.
5	Yüksek Önem Sahip	BİR UNSURLAR DİĞERİNE GÖRE YÜKSEK DERECEDE AĞIR BASMAKTADIR.
7	Çok Yüksek Önem Sahip	BİR UNSURLAR DİĞERİNE KARŞI ÇOK YÜKSEK ORANDA ÖNE ÇIKMAKTADIR. BU ÖNEM PRATİKTE DE GÖRÜLEBİLMEKTEDİR.
9	Mutlak Önem Sahip	BİR UNSURLAR DİĞERİNE GÖRE MÜMKÜN OLAN EN YÜKSEK DERECEDE AĞIR BASMAKTADIR.

Şekil 3.3: AHP önem seviyeleri (Saaty, 1994).

Karar vericiler üstte belirtilmiş olan ölçeği kullanarak karşılaştırma yapılan ikili hakkında fikirlerini yansıtanı seçerler. Hesaplama yapılırken bu ifadenin karşılığı ölçekteki hangi değere karşılık geliyor ise o sayısal değer kullanılmaktadır (Ömürbek ve diğ., 2015).

3.1.5.3 Üçüncü Aşama: İkili Karşılaştırma Matrisinin Oluşturulması

İkili karşılaştırma matrisindeki her eleman i th kriterinin j th kriterine göre önem derecesini temsil etmektedir. Bu iki kriterin veya faktörün birbirleri ile karşılaştırılması anlamına gelmekte ve karar vericilerin yargısına dayanmaktadır (Ömürbek ve diğ., 2015). Karar vericilerin yaptıkları tercihler matris üzerinde gösterildikten sonra Denklem 3.1’de verilmiş olan formül ile geometrik ortalamaları alınarak hesaplanır ve konsolide edilir (Motaki ve Kamach, 2017).

$$a_{ij} = \sqrt[n]{a_{ij1} \times a_{ij2} \times \dots \times a_{ijn}} \quad (3.1)$$

İkili karşılaştırmalar AHP yönteminin uygulanması konusunda birinci derecede önem taşımaktadır (Saaty, 1987). $C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$ ölçüt dizisidir ve a_{ij} C_i ve C_j ölçütlerine ilişkin nicel bir yargıyı temsil etmektedir. Nicel yargıyı temsil etme ölçeği Şekil 3.3’de gösterildiği gibi 1’den 9’a kadar farklı önem seviyelerine sahip olabilir.

Bir karar vericinin tercihlerini temsil eden matris Şekil 3.4’de gösterilmiştir. Matris üzerinde sol tarafta belirtilmiş K1 ile başlayıp K12 ile biten yukarıdan aşağı sıralı sütun ile matrisin üst tarafında soldan sağa K1 ile başlayıp K12 ile biten satır karşılaştırılmaktadır. Örneğin, karar verici Şekil 3.2’de belirtilen amaca göre K5 kriterini K6 kriteri ile karşılaştırdığında K5’i K6’ya göre kısmen önemli (3,00) olarak belirtmiştir. Bu tercih iki yönlü olmasından kaynaklı K6’yı K5 ile de aynı şekilde değerlendirmiş olduğundan K6 ile K5 karşılaştırılmasını 1/3 (0,33) olarak belirtmiş olur.

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12
K1	1,00	0,20	0,33	5,00	0,20	0,14	0,14	0,14	7,00	0,14	0,20	0,20
K2	5,00	1,00	0,33	5,00	5,00	5,00	0,20	0,14	5,00	0,14	0,20	0,20
K3	3,00	3,00	1,00	5,00	1,00	0,20	0,14	0,14	0,33	0,20	0,33	0,20
K4	0,20	0,20	0,20	1,00	0,14	0,20	0,14	0,14	7,00	0,14	5,00	0,33
K5	5,00	0,20	1,00	7,00	1,00	3,00	0,20	0,14	0,20	0,14	0,20	0,33
K6	7,00	0,20	5,00	5,00	0,33	1,00	0,33	0,14	5,00	0,14	5,00	3,00
K7	7,00	5,00	7,00	7,00	5,00	3,00	1,00	0,20	5,00	0,14	7,00	5,00
K8	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	5,00	1,00	7,00	0,14	5,00	3,00
K9	0,14	0,20	3,00	0,14	5,00	0,20	0,20	0,14	1,00	0,20	3,00	5,00
K10	7,00	7,00	5,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	5,00	1,00	7,00	7,00
K11	5,00	5,00	3,00	0,20	5,00	0,20	0,14	0,20	0,33	0,14	1,00	5,00
K12	5,00	5,00	5,00	3,00	3,00	0,33	0,20	0,33	0,20	0,14	0,20	1,00

Şekil 3.4: Örnek ikili karşılaştırma matrisi.

İkili karşılaştırma matrisi Denklem 3.2 de belirtilen kurala göre oluşturulur (Motaki ve Kamach, 2017).

$$a_{ij} > 0, \quad a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}}, \quad a_{ii} = 1 \quad (3.2)$$

Konsolide edilmiş ikili karşılaştırma matrisi Şekil 3.5’de sunulmuştur. Tüm karar vericilerin matrisleri geometrik ortalama alınarak tek matris üzerinde Denklem 3.1’de belirtilmiş formül kullanılarak konsolide edilir.

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12
K1	1,00	0,48	0,65	0,67	0,37	0,49	0,51	0,39	0,39	0,45	0,38	0,37
K2	2,10	1,00	0,89	0,67	0,49	0,83	0,55	0,23	0,34	0,46	0,26	0,24
K3	1,53	1,12	1,00	0,67	0,40	0,50	0,46	0,44	0,34	0,31	0,30	0,35
K4	1,49	1,49	1,50	1,00	0,70	0,65	0,57	0,46	0,45	0,65	0,41	0,39
K5	2,67	2,03	2,51	1,42	1,00	1,96	1,72	0,59	0,67	0,91	0,58	0,83
K6	2,04	1,20	2,02	1,54	0,51	1,00	0,71	0,48	0,81	0,43	0,60	0,59
K7	2,13	1,82	2,19	1,76	0,58	1,40	1,00	0,42	0,61	0,78	0,60	0,48
K8	2,58	4,40	2,27	2,10	1,69	2,10	2,36	1,00	0,88	0,75	0,93	0,81
K9	2,54	3,42	2,96	2,21	1,48	1,23	1,65	1,13	1,00	0,84	1,14	0,92
K10	2,23	2,17	3,19	1,53	1,09	2,25	1,28	1,33	1,19	1,00	0,53	0,69
K11	2,61	3,79	3,34	2,43	1,73	1,79	1,65	1,08	0,88	1,87	1,00	0,75
K12	2,68	4,09	2,89	2,55	1,21	1,86	2,07	1,24	1,08	1,45	1,33	1,00

Şekil 3.5: Konsolide matris.

Her bir kriterin yüzdesine göre önceliğini hesaplamak için takip edilmesine gereken toplamda 3 adım mevcuttur (Wu ve diğ., 2010).

- (1) Her sütundaki değerlerin toplamı
- (2) İkili karşılaştırma matrisindeki öğeleri sütun toplamına bölünmesi (normalize edilmiş ikili karşılaştırma matrisi)
- (3) Normalize edilmiş ikili karşılaştırma matrisinin her bir satırındaki öğelerin ortalamasının hesaplanması

3.1.5.4 Dördüncü Aşama: Normalizasyon

Bu aşamada ağırlık vektörlerinin hesaplanması için ilişki matrisleri normalleştirilir. Normalleştirme her bir sütun değerinin ayrı ayrı ilgili sütunun toplamına bölünmesi ile bulunur. Daha sonra normalleştirilmiş matrisin satır değerlerinin ortalaması alınır ve ağırlıklar elde edilir (Ömürbek ve diğ., 2015). Normalize matris ve ağırlıklar Şekil 3.6'da sunulmuştur.

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	Toplam	Ağırlık	%
K1	0,04	0,02	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,45	0,04	3,75%
K2	0,08	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04	0,03	0,04	0,05	0,03	0,03	0,50	0,04	4,18%
K3	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,05	0,04	0,03	0,04	0,05	0,48	0,04	3,99%
K4	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06	0,04	0,04	0,05	0,05	0,07	0,05	0,05	0,64	0,05	5,36%
K5	0,10	0,08	0,10	0,08	0,09	0,12	0,12	0,07	0,08	0,09	0,07	0,11	1,10	0,09	9,21%
K6	0,08	0,04	0,08	0,08	0,05	0,06	0,05	0,05	0,09	0,04	0,07	0,08	0,79	0,07	6,58%
K7	0,08	0,07	0,09	0,09	0,05	0,09	0,07	0,05	0,07	0,08	0,07	0,06	0,88	0,07	7,30%
K8	0,10	0,16	0,09	0,11	0,15	0,13	0,16	0,11	0,10	0,08	0,11	0,11	1,42	0,12	11,87%
K9	0,10	0,13	0,12	0,12	0,13	0,08	0,11	0,13	0,12	0,08	0,14	0,12	1,38	0,12	11,47%
K10	0,09	0,08	0,13	0,08	0,10	0,14	0,09	0,15	0,14	0,10	0,07	0,09	1,25	0,10	10,42%
K11	0,10	0,14	0,13	0,13	0,15	0,11	0,11	0,12	0,10	0,19	0,12	0,10	1,52	0,13	12,68%
K12	0,10	0,15	0,11	0,14	0,11	0,12	0,14	0,14	0,13	0,15	0,16	0,13	1,58	0,13	13,20%

Şekil 3.6: Normalize matris ve ağırlıklar.

Toplam sütunu ilgili satırın toplamını göstermektedir. Ağırlık sütunu ise kriterlerin öncelik derecesini göstermektedir. Yüzde (%) işareti ile belirtilen sütun ağırlık sütununun yüzdelik halidir. Kriterlerin önem ağırlığı satır toplamının kriter sayısına (12) bölünmesiyle bulunur. Kriterin öncelik derecesi ağırlık değerine göre belirlenmektedir.

3.1.5.5 Beşinci Aşama: Tutarlılık Oranının Hesaplanması

Matrisin değerlendirilmesi belirli bir seviyede tutarlılık gerektirmektedir. Elementlerin doğrusal bağımsız olması gerekir. Tutarlılık endeksi (CI) kullanılarak hesaplanmalıdır (Franek ve Kresta, 2014). Bu aşamada birinci olarak λ_{max} (matrisin en yüksek öz değeri) Denklem 3.3'e göre hesaplanmalıdır:

$$\lambda_{max} = \frac{\sum_{j=1}^m ((S \cdot v)_j)}{m \cdot v_j} \quad (3.3)$$

Bu aşamada ikinci olarak tutarlılık endeksi aşağıdaki Denklem 3.4 de belirtildiği şekilde hesaplanır (Motaki ve Kamach, 2017):

$$CI = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n-1)} \quad (3.4)$$

(n kriter sayısıdır)

CI: 0,028 olarak bulunmuştur.

Bu aşamada üçüncü olarak, Rassal Endeks (RI) Saaty'nin tercih ölçeğini kullanan rastgele üretilen karşılaştırma matrislerinin dikkate alınan kriter sayısına göre sıralanan ortalama CI değeridir. RI değerleri Şekil 3.7’de belirtilmiştir.

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
RI	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,54

Şekil 3.7: Rassal endeks (Saaty, 1980; Dabous ve Alkass, 2008).

N=12 olması sebebiyle RI 1,54 olarak kabul edilmiştir.

Her kriter maksimum özdeğer, tutarlılık endeksi (CI) ve tutarlılık oranı (CR) bulunarak hesaplanır. Tutarlılık oranı katılımcıların/karar vericilerin karar alma süreçlerinde tutarlılığı sağlamak için kullanılmaktadır (Singer ve Özşahin, 2018). Denklem 3.5’te sunulmuştur.

$$CR = \frac{CI}{RC} \quad (3.5)$$

Tutarlılık endeksi (CI) ikili karşılaştırmalar arasındaki mantıksal tutarlılık derecesini ölçmektedir (Shinohara ve Osawa, 2007). “CI = 0,0” olduğu varsayılırsa; ikili karşılaştırmada verilen kararlar arasında mantıksal bir tutarsızlık olmadığı ve kararların %100 tutarlı olarak değerlendirilmesi gerektiği anlamına gelmektedir. Tutarlılık endeksi değeri yükseldikçe, ikili karşılaştırma kararları arasındaki mantıksal tutarsızlık derecesi de aynı şekilde artmaktadır. Tutarlılık oranı (CR) Saaty (1980)’e göre 0,1’den yüksek olmamalıdır. Tutarlılığın test edilmesine imkan vermesi yönüyle AHP yöntemi diğer çok kriterli karar verme yöntemlerine göre daha fazla güven vermektedir (Ömürbek ve diğ., 2015). CR değeri yükseldikçe sonuçların güvenilirliği azalmaktadır.

Tutarlılık Oranı (CR) 0,02 olarak bulunmuştur. Bu sebeple AHP sonucu tutarlıdır ($0,02 < 0,1$).

3.1.6 DEMATEL Yönteminin Uygulanması

DEMATEL yöntemi karmaşık bir sistemde yer alan faktörler arasındaki ilişkiyi analiz etmek amacıyla kullanılabilir. DEMATEL yönteminin uygulanması toplamda 5 adımdan oluşmaktadır.

3.1.6.1 Birinci Aşama: Direkt İlişki Matrisinin Oluşturulması

DEMATEL yönteminde ilk aşama direkt ilişki matrisinin oluşturulmasıyla başlamaktadır (Si ve diğ., 2018).

n sayısı kadar faktörün (F) birbirleri arasındaki ilişkinin ölçülmesi için;

$$F = \{F1, F2, \dots, Fn\} \quad (3.6)$$

“ l ” sayısı kadar karar vericiden (E) F_i faktörünün F_j faktörü üzerindeki etkisinin Şekil 3.8’de gösterildiği şekilde ölçeklendirmeleri istenmiştir.

$$E = \{E1, E2, \dots, El\} \quad (3.7)$$

Etki Seviyesi (Değer)	Etki Seviyesi (Açıklama)
0	Etkisiz
1	Düşük Etki
2	Orta Etki
3	Yüksek Etki
4	Çok Yüksek Etki

Şekil 3.8: Dematel etki seviyeleri (Aksakal ve Dağdeviren, 2010).

DEMATEL yönteminde her uzmanın tercihlerinin gösterildiği matrislerin aritmetik ortalaması alınarak konsolide direkt ilişki matrisi oluşturulur. Karar vericilerin görüşleri yolu ile Şekil 3.9’da belirtilen etki matrisi Denklem 3.8 ile elde edilebilir (Si ve diğ., 2018).

$$z_{ij} = \frac{1}{l} \sum_{k=1}^l z_{ij}^k, i, j = 1, 2, \dots, n \quad (3.8)$$

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	Toplam
K1	0,00	2,75	2,40	2,65	3,20	2,35	2,70	2,40	2,75	2,70	2,50	2,75	29,15
K2	2,40	0,00	2,70	2,45	2,40	2,00	2,60	2,15	2,25	2,50	2,50	2,65	26,60
K3	2,00	2,80	0,00	2,25	2,50	2,55	2,70	2,40	2,75	2,90	2,65	2,80	28,30
K4	2,25	2,35	2,30	0,00	2,30	2,60	2,40	2,20	2,60	2,50	2,35	2,35	26,20
K5	3,20	3,25	2,50	2,40	0,00	2,25	2,75	2,80	2,95	3,10	3,05	3,20	31,45
K6	2,15	2,20	2,25	2,70	2,15	0,00	2,65	2,20	3,00	3,15	3,30	2,55	28,30
K7	2,05	2,50	2,45	2,40	2,25	2,75	0,00	2,65	2,90	2,70	2,75	2,80	28,20
K8	2,35	2,25	2,20	2,30	2,40	2,25	2,90	0,00	2,95	3,30	3,10	3,20	29,20
K9	2,45	2,25	2,30	2,75	2,15	2,60	2,35	2,55	0,00	2,85	3,10	2,75	28,10
K10	2,70	3,05	3,10	2,40	3,00	2,55	2,75	2,35	2,45	0,00	2,85	2,80	30,00
K11	2,35	2,40	2,80	2,70	2,40	2,45	2,75	2,20	2,90	2,60	0,00	2,80	28,35
K12	2,85	2,40	2,80	2,95	2,85	2,40	2,50	2,40	2,95	2,65	3,10	0,00	29,85

Şekil 3.9: Konsolide edilmiş ilişki matrisi.

3.1.6.2 İkinci Aşama: Normalleştirilmiş Direkt İlişki Matrisinin Belirlenmesi

DEMATEL yönteminde ikinci aşamada direkt ilişki matrisi normalize edilmektedir. Konsolide edilmiş direkt ilişki matrisi (Z) elde edildikten sonra normalleştirilmiş matris (X) bulunur. Aşağıda belirtilen Denklemler ile (3.9, 3.10 ve 3.11) toplam sütunundaki en büyük değer kullanılarak matrisdeki tüm öğeler en büyük değere bölünür ve bu şekilde Şekil 3.10'da sunulan normalleştirilmiş direkt-iliski matrisi (X) elde edilir.

$$X = [x_{ij}]_{n \times n} \quad (3.9)$$

$$X = \frac{Z}{s} \quad (3.10)$$

$$s = \max(\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n z_{ij}, \max_{1 \leq i \leq n} \sum_{i=1}^n z_{ij}) \quad (3.11)$$

Normalize edilmiş matris içerisindeki tüm sayılar 0 ile 1 arasında olmalıdır (Si ve diğ., 2018).

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12
K1	0,00	0,09	0,08	0,08	0,10	0,07	0,09	0,08	0,09	0,09	0,08	0,09
K2	0,08	0,00	0,09	0,08	0,08	0,06	0,08	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08
K3	0,06	0,09	0,00	0,07	0,08	0,08	0,09	0,08	0,09	0,09	0,08	0,09
K4	0,07	0,07	0,07	0,00	0,07	0,08	0,08	0,07	0,08	0,08	0,07	0,07
K5	0,10	0,10	0,08	0,08	0,00	0,07	0,09	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10
K6	0,07	0,07	0,07	0,09	0,07	0,00	0,08	0,07	0,10	0,10	0,10	0,08
K7	0,07	0,08	0,08	0,08	0,07	0,09	0,00	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09
K8	0,07	0,07	0,07	0,07	0,08	0,07	0,09	0,00	0,09	0,10	0,10	0,10
K9	0,08	0,07	0,07	0,09	0,07	0,08	0,07	0,08	0,00	0,09	0,10	0,09
K10	0,09	0,10	0,10	0,08	0,10	0,08	0,09	0,07	0,08	0,00	0,09	0,09
K11	0,07	0,08	0,09	0,09	0,08	0,08	0,09	0,07	0,09	0,08	0,00	0,09
K12	0,09	0,08	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08	0,09	0,08	0,10	0,00

Şekil 3.10: Normalize edilmiş direkt ilişki matrisi.

3.1.6.3 Üçüncü Aşama: Toplam İlişki Matrisinin Elde Edilmesi

Normalleştirilmiş direkt ilişki matrisi elde edildikten sonra toplam ilişki matrisi aşağıdaki formül kullanılarak elde edilmektedir (Si ve diğ., 2018; Shen ve diğ., 2017). Toplam ilişki matrisi “T” harfi ile ifade edilmiştir.

$$T = X + X^2 + X^3 + \dots + X^h = X(I - X)^{-1} \quad (3.12)$$

$h \rightarrow \infty$

Bu aşamada Microsoft Excel üzerinde yapılan uygulamada MINVERSE ve MMULT fonksiyonları kullanılmıştır. Elde edilen toplam ilişki matrisi Şekil 3.11’de belirtilmiştir.

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12
K1	0,75	0,86	0,85	0,86	0,86	0,82	0,88	0,81	0,92	0,93	0,94	0,93
K2	0,76	0,72	0,79	0,79	0,78	0,75	0,82	0,74	0,84	0,86	0,86	0,85
K3	0,79	0,84	0,76	0,82	0,82	0,80	0,86	0,79	0,90	0,91	0,92	0,90
K4	0,74	0,78	0,77	0,70	0,76	0,75	0,80	0,73	0,84	0,84	0,85	0,83
K5	0,89	0,93	0,91	0,91	0,83	0,87	0,94	0,87	0,99	1,00	1,01	1,00
K6	0,79	0,83	0,82	0,84	0,81	0,73	0,86	0,78	0,90	0,92	0,93	0,90
K7	0,79	0,83	0,82	0,83	0,81	0,80	0,78	0,79	0,90	0,90	0,92	0,90
K8	0,82	0,85	0,84	0,85	0,84	0,82	0,89	0,74	0,93	0,95	0,95	0,94
K9	0,79	0,82	0,82	0,83	0,81	0,80	0,85	0,78	0,81	0,91	0,92	0,90
K10	0,85	0,89	0,89	0,87	0,88	0,84	0,91	0,82	0,94	0,87	0,97	0,95
K11	0,80	0,83	0,84	0,84	0,82	0,80	0,86	0,78	0,90	0,91	0,84	0,90
K12	0,85	0,87	0,87	0,88	0,87	0,83	0,90	0,82	0,94	0,95	0,97	0,86

Şekil 3.11: Toplam ilişki matrisi.

3.1.6.4 Dördüncü Aşama: İlişki Matrisi ve Gönderici ve Alıcı Grubu Hesaplanması

Toplam ilişki matrisinde (T) satırlar toplamı (R) ve sütunlar toplamı (C) olarak belirtilmiştir. Denklem 3.13 ve 3.14 uygulandıktan sonra;

$$R = [r_i]_{n \times 1} = [\sum_{j=1}^n t_{ij}]_{n \times 1} \quad (3.13)$$

$$C = [c_j]_{1 \times n} = [\sum_{i=1}^n t_{ij}]_{1 \times n}^T \quad (3.14)$$

R-C ve R+C değerlerini kullanarak her bir kriterin diğerlerine olan etki seviyesi ve diğer kriterler ile olan ilişki seviyesi belirlenir. Kriterlerin bazıları R-C işlemi sonucunda pozitif değere sahip olabilirler. Pozitif değerli kriterler diğer kriterler üzerinde etki sahibidirler ve “gönderici” (cause) olarak isimlendirilirler. Eğer ilgili kriterler negatif değer alırlarsa bu “alıcı” (effect) oldukları anlamına gelir. R+C değerleri her bir kriterin diğer kriterler arasındaki ilişkiyi gösterir ve değeri yüksek olan kriterler diğerleri ile daha çok ilişkiye sahiptir. Eğer değer düşük ise ilişkisi az olarak kabul edilmektedir (Aksakal ve Dağdeviren, 2010). Bununla beraber, Denklem 3.15 kullanılarak kriterlerin önem ağırlıkları bulunur. Şekil 3.12’de sunulmuştur. DEMATEL yönteminde önem ağırlıkları ilişki/etki bazlı olduğu için amaca göre önceliklendirme özelliği olan AHP’den temelde farklılık göstermektedir (Karaoğlu ve Şahin, 2016).

$$w = \sqrt{(C_i + R_i)^2 + (C_i - R_i)^2} \quad (3.15)$$

	C	R	R+C	R-C	w
K1	9,60	10,40	20,00	0,79	0,0820
K2	10,07	9,54	19,61	-0,53	0,0800
K3	9,97	10,10	20,08	0,13	0,0820
K4	10,00	9,40	19,40	-0,60	0,0790
K5	9,88	11,15	21,02	1,27	0,0860
K6	9,60	10,09	19,70	0,49	0,0800
K7	10,34	10,06	20,40	-0,27	0,0830
K8	9,44	10,42	19,86	0,98	0,0810
K9	10,80	10,03	20,83	-0,77	0,0850
K10	10,95	10,67	21,61	-0,28	0,0880
K11	11,07	10,11	21,18	-0,96	0,0860
K12	10,87	10,61	21,48	-0,25	0,0880

Şekil 3.12: İlişki ve önem matrisi.

3.1.6.5 Beşinci Aşama: Eşik Değerinin Bulunması ve Etki Yönlü Diyagramın Elde Edilmesi

Bu aşamada eşik değeri ilişki matrisinin hesaplanması için gereklidir. Eşik değeri düşük ise oluşturulacak ilişki diyagramı gerekli bilgileri gösteremeyecek kadar karmaşık olacaktır. Eğer eşik değeri yüksek ise birçok faktör diğer faktörler ile ilişkileri göstermeden bağımsız faktörler olarak sunulmuş olacaktır. Eşik değeri yükseldikçe faktörler veya ilişkiler diyagram üzerinden kaldırılmaktadır (Li ve Tzeng, 2009).

Eşik değeri için Toplam İlişki Matrisinin tüm elemanlarının ortalaması alınmıştır (Si ve diğ., 2018). Yapılan ortalama alma işleminde sonuç 0,851 olarak bulunmuştur. Bulunan bu değer altında kalan değerler matristen çıkarılmıştır.

4. BULGULAR

4.1 AĞIRLIKLAR VE ETKİLER

Çalışmanın bu bölümünde AHP ve DEMATEL yöntemlerinin sonuçları tartışılmıştır.

4.1.1 Boyutların ve Kriterlerin Ağırlıkları

Çalışmanın yöntem kısmında AHP ve DEMATEL sonuçlarından elde edilen boyutların ve kriterlerin ağırlıkları ve önem sıraları Tablo 4.1’de sunulmuştur. Ağırlıklar, çalışmada oluşturulan olgunluk modelinin ana boyutlarının oluşturulmasında önemli bir yer tutmaktadır.

Tablo 4.1: Boyut ve kriterlerin önem derecesine göre oranları.

BOYUTLAR	KRİTERLER	AHP		DEMATEL	
		BOYUT	KRİTER	BOYUT	KRİTER
		AĞIRLIK	ÖNEM SIRASI	AĞIRLIK	ÖNEM SIRASI
B1-İşletmenin Özellikleri	K1-İşletmenin Büyüklüğü	3,75%	12	8,16%	8
	K2-İşletmenin Faaliyet Sektörü ve Sektördeki Hizmet ve Ürün Çeşitliliği	7,93%	4,18%	16,15%	8,00%
B2-Çevresel Özellikler ve Gelişmeler	K3-Rekabetin Yoğunluğu	3,99%	3,99%	8,18%	8,18%
B3-İşletmenin ERP Sistemi	K4-İşletmedeki ERP Sisteminin Kullanımı ile İlgili Faktörler	5,36%	5,36%	7,91%	7,91%
B4-İşletmenin Organizasyonel ve Stratejik Yeterlilikleri	K5-İşletmenin Finansal Gücü		9,21%		8,59%
	K6-Çalışanların Endüstri 4.0 Yetkinliği		6,58%		8,03%
	K7-İşletmenin Endüstri 4.0 Yol Haritası / İş Modelleri	34,96%	7,30%	33,04%	8,32%
	K8-Liderlik ve Üst Yönetim Desteği		11,87%		8,10%
B5- İşletmenin Operasyonel ve Teknolojik Yeterlilikleri	K9-Bilgi Teknolojileri Yönetişimi ve Veri Yönetimi		11,47%		8,50%
	K10-Ar-Ge ve İnovasyon	47,77%	10,42%	34,71%	8,81%
	K11-Dijital Teknolojilerin Operasyonel Kullanımı		12,68%		8,64%
	K12-Modern ve Entegre Teknolojik Altyapı		13,20%		8,76%

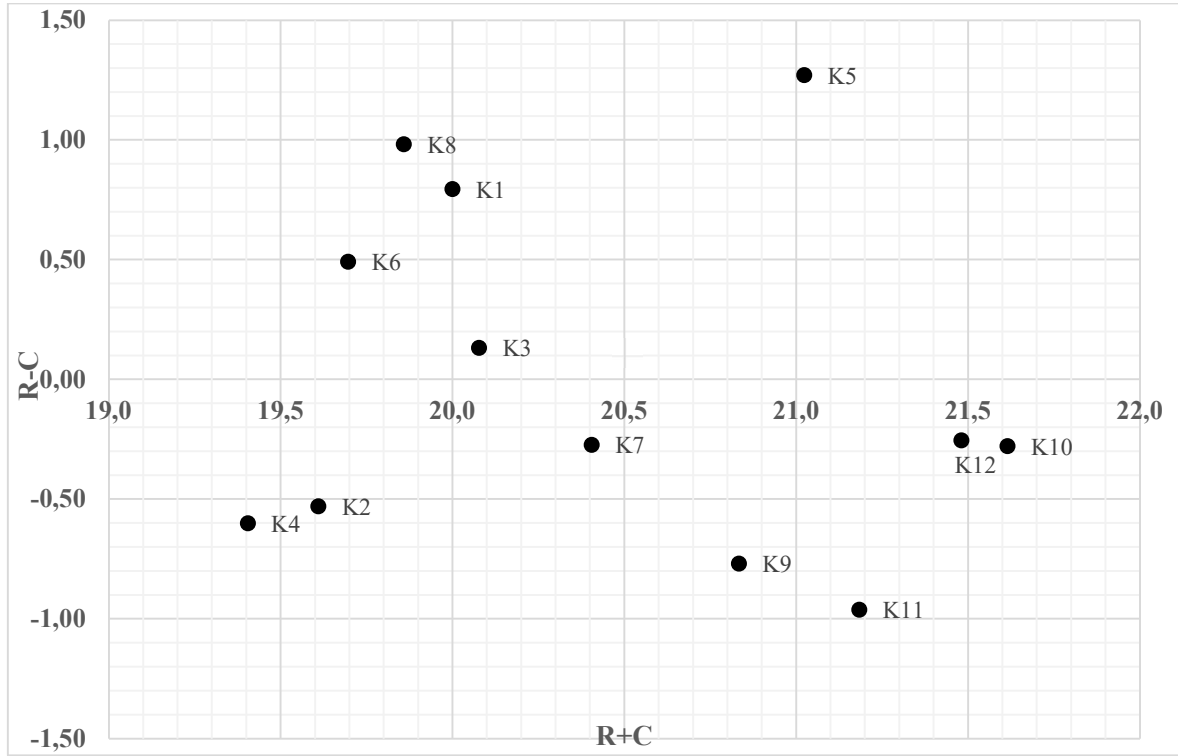
AHP sonuçlarına göre karar vericilerin tercihleri doğrultusunda boyutların ortaya çıkan ağırlığı büyükten küçüğe sıralandığında; “İşletmenin Operasyonel ve Teknolojik Yeterlilikleri” yaklaşık %48, “İşletmenin Organizasyonel ve Stratejik Yeterlilikleri” yaklaşık %35, İşletmenin Özellikleri yaklaşık %8, İşletmenin ERP sistemi %5 ve Çevresel Özellikler ve Gelişmeler ise %4 olarak yer almaktadır. Bu sonuçlardan anlaşıldığı üzere uzmanlar en yüksek ağırlığı “Modern ve Entegre Teknolojik Altyapı” kriterine vermişlerdir. Bununla beraber “İşletmenin Operasyonel ve Teknolojik Yeterlilikleri” boyutu altındaki kriterler ağırlık olarak yüksek olduklarından ilgili boyut altındaki tüm kriterler çok önemli olarak nitelendirilebilir. Literatürde, Ghadge ve diğ. (2020) özellikle Endüstri 4.0’ın benimsenmesi konusunda modern bir altyapının ve sürdürülebilir süreçler için inovasyonun çok gerekli olduğunu belirtmişlerdir. Dijital dönüşüm konusunda her alanda kötü internet bağlantısı ve altyapısı ciddi problemler oluşturmaktadır. “Teknolojik ve Operasyonel Yeterlilikler” birbirlerine çok yakın öneme sahip olarak gözükmektedir. “İşletmenin Organizasyonel ve Stratejik Yeterlilikleri” boyutunun yüksek oranlı bazı kriterlere sahip olması Endüstri 4.0’ın sadece teknolojiden ibaret olmadığı iddiasını (Lall ve diğ., 2017) destekler niteliktedir.

DEMATEL sonuçlarına boyut bazında bakıldığında AHP sonuçlarından farklı olarak işletmenin özelliklerinin ağırlığı %16 ile daha yüksek olarak tespit edilmiştir. İşletmenin operasyonel ve teknolojik yeterliliklerinin ağırlığı DEMATEL sonuçlarında kısmen düşmesine karşın AHP sonuçlarıyla paralel olarak ağırlığı en yüksek boyut olarak bulunmuştur. Kriter bazında bakıldığında AHP sonuçlarında 5. sırada yer alan Ar-Ge ve İnovasyon kriteri DEMATEL sonuçlarında ağırlığı en yüksek kriter olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar Ar-Ge ve İnovasyon’un öneminin etkisel bazda bakıldığında çok yüksek olduğu anlamı taşımaktadır. Önem sırası olarak Modern ve Entegre Altyapı, Dijital Teknolojilerin Operasyonel Kullanımı ve İşletmenin Finansal Gücü Ar-Ge ve İnovasyondan sonra gelmektedir. Ayrıca AHP sonuçlarında 3. Sırada yer alan Liderlik ve Üst Yönetim Desteğinin ağırlığı DEMATEL sonuçlarında daha düşükken, İşletmenin Büyüklüğü ve Rekabetin Yoğunluğu kriterlerinin ağırlıkları çok daha yüksek olması çalışmanın bulguları arasındadır.

4.1.2 Kriterlerin Birbirleri Üzerindeki Etkileri

4.1.2.1 İlişki Dağılım Grafiği (R-C, R+C)

Yöntemde “Gönderici ve Alıcı Grubu Hesaplanması” aşamasında hesaplanan R-C ve R+C değerleri aşağıdaki tabloda görselleştirilmiş ve bazı çıkarımlar elde edilmiştir.



Şekil 4.1: İlişki dağılım grafiği.

Şekil 4.1’de görselleştirildiği üzere R-C değeri arttıkça ilgili öge gönderici/etkileyen (cause), değer azaldıkça öge alıcı/etkilenen (effect) olmaktadır. R+C değerleri bir kriterin diğer kriterler üzerindeki etkisini gösterir. R+C değeri arttıkça yani öge İlişki Dağılım Grafiğinde ne kadar sağ tarafta ise ilgili kriter genel anlamda diğer kriterler üzerinde genel olarak etki sahibidir.

Tablo 4.2: R-C değerine göre büyükten küçüğe sıralanmış kriterler.

R-C			
KRİTER NO	KRİTER	R-C	DURUM
K5	İşletmenin Finansal Gücü	1,271	Gönderici
K8	Liderlik ve Üst Yönetim Desteği	0,982	Gönderici
K1	İşletmenin Büyüklüğü	0,794	Gönderici
K6	Çalışanların Endüstri 4.0 Yetkinliği	0,492	Gönderici
K3	Rekabetin Yoğunluğu	0,132	Gönderici
K12	Modern ve Entegre Teknolojik Altyapı	-0,254	Alıcı
K7	İşletmenin Endüstri 4.0 Yol Haritası / İş Modelleri	-0,274	Alıcı
K10	Ar-Ge ve İnovasyon	-0,279	Alıcı
K2	İşletmenin Faaliyet Sektörü ve Sektördeki Hizmet ve Ürün Çeşitliliği	-0,530	Alıcı
K4	İşletmedeki ERP Sisteminin Kullanımı ile İlgili Faktörler	-0,602	Alıcı
K9	Bilgi Teknolojileri Yönetişi ve Veri Yönetimi	-0,770	Alıcı
K11	Dijital Teknolojilerin Operasyonel Kullanımı	-0,962	Alıcı

“İşletmenin Finansal Gücü”, “Liderlik ve Üst Yönetim Desteği”, “İşletmenin Büyüklüğü”, “Çalışanların Endüstri 4.0 Yetkinliği” ve “Rekabetin Yoğunluğu” kriterleri genel olarak kriterler üzerinde etki sahibidirler. Özellikle “İşletmenin Finansal Gücü” ve “Liderlik ve Üst Yönetim Desteği” kriterlerinin genele bakıldığında tüm kriterler üzerinde etkisinin çok yüksek olduğu Tablo 4.2’de sunulmuş olan R-C değerlerinin yüksek olmasından dolayı savunulabilir.

“Dijital Teknolojilerin Operasyonel Kullanımı”, “Bilgi Teknolojileri Yönetişi” ve “Veri Yönetimi”, “İşletmedeki ERP Sisteminin Kullanımı ile İlgili Faktörler”, “İşletmenin Faaliyet Sektörü” ve “Sektördeki Hizmet ve Ürün Çeşitliliği”, “Ar-Ge ve İnovasyon”, “İşletmenin Endüstri 4.0 Yol Haritası / İş Modelleri” ve “Modern ve Entegre Teknolojik Altyapı” kriterleri Tablo 4.2’de sunulmuş olan R-C değerlerinin negatif olmasından kaynaklı olarak genel çerçevede alıcı, yani etkilenen gruptadır.

Özellikle “Dijital Teknolojilerin Operasyonel Kullanımı”, “Bilgi Teknolojileri Yönetişi ve Veri Yönetimi”, “İşletmedeki ERP Sisteminin Kullanımı ile İlgili Faktörler” ve “İşletmenin

Faaliyet Sektörü ve Sektördeki Hizmet ve Ürün Çeşitliliği” genel çerçevede çok yüksek derecede alıcı/etkilenen olarak yer almışlardır.

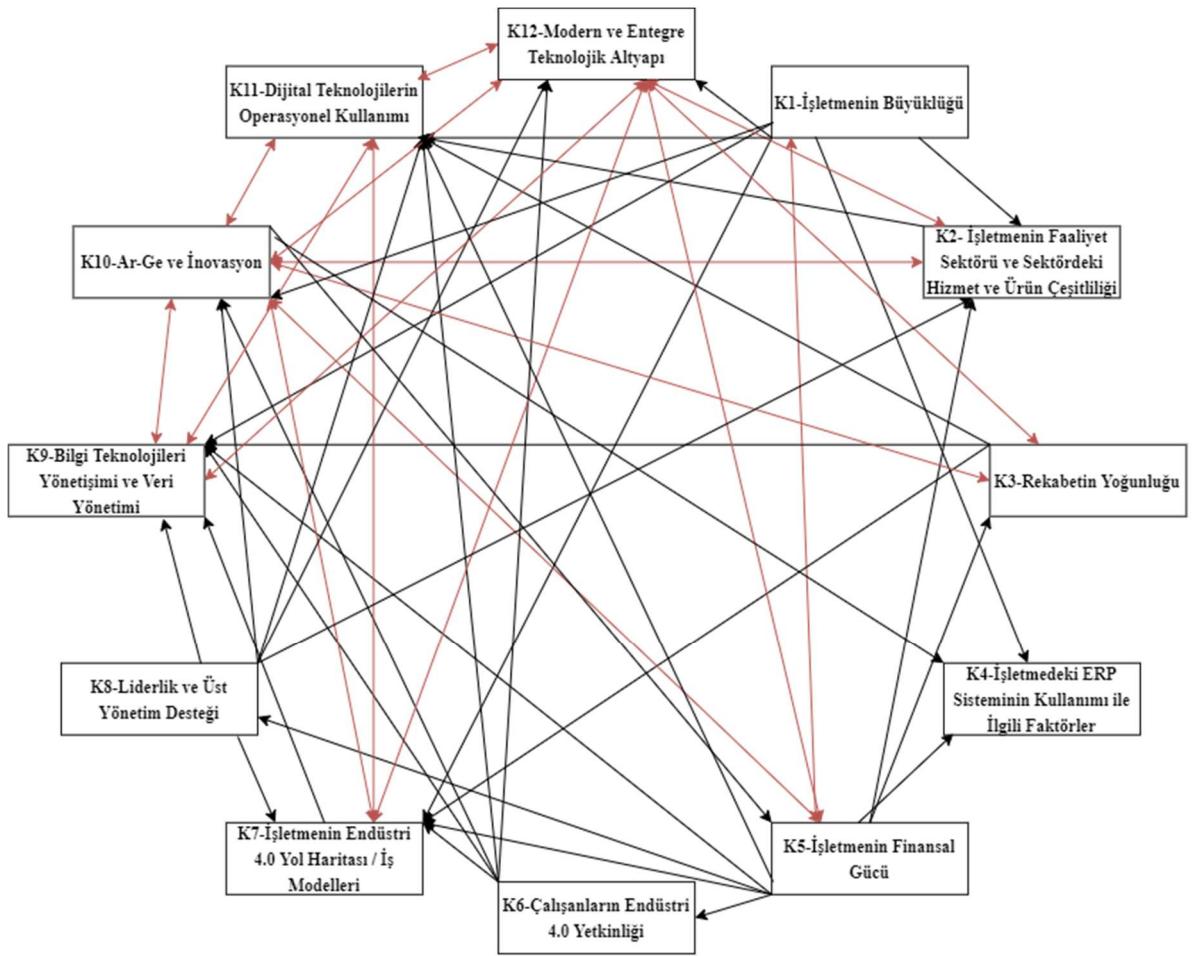
Tablo 4.3: R+C değerine göre büyüktan küçüğe sıralanmış kriterler.

R+C		
KRİTER NO	KRİTER	R+C
K10	Ar-Ge ve İnovasyon	21,61
K12	Modern ve Entegre Teknolojik Altyapı	21,48
K11	Dijital Teknolojilerin Operasyonel Kullanımı	21,18
K5	İşletmenin Finansal Gücü	21,02
K9	Bilgi Teknolojileri Yönetişimi ve Veri Yönetimi	20,83
K7	İşletmenin Endüstri 4.0 Yol Haritası / İş Modelleri	20,40
K3	Rekabetin Yoğunluğu	20,08
K1	İşletmenin Büyüklüğü	20,00
K8	Liderlik ve Üst Yönetim Desteği	19,86
K6	Çalışanların Endüstri 4.0 Yetkinliği	19,70
K2	İşletmenin Faaliyet Sektörü ve Sektördeki Hizmet ve Ürün Çeşitliliği	19,61
K4	İşletmedeki ERP Sisteminin Kullanımı ile İlgili Faktörler	19,40

R+C sadece genel bir bakış açısı sunmakta, R+C bakış açısı ile düşük değere sahip olan bir kriter büyük resme bakıldığında “önemsiz” olarak gözüke dahi “Toplam İlişki Matrisi” bakış açısı ele alındığında ilgili kriter spesifik olarak belirli kriterler üzerinde çok yüksek etki sahibi olabilmektedir. Bu sebeple Toplam İlişki Matrisinin incelenmesi doğru bir perspektif edinebilme adına çok büyük önem taşımaktadır.

4.1.2.2 Etki Yönlü Diyagramlar

Çalışmada çok fazla sayıda öge bulunduğundan dolayı ortaya çıkarılacak diyagram çok karmaşık olarak sunulabilecek ve okunup yorumlanması çok zorlayıcı olacaktır. Bu sebeple tüm öğeleri kapsayıcı bir diyagram ile beraber alt sistemler ve ilişkilerin gösteriminde alternatif bir yol izlenerek bazı bulguların yorumlanması için kriter bazlı görselleştirme yapılmıştır. DEMATEL sonuçlarına göre tüm ilişkiler Şekil 4.2’de görselleştirilmiştir.



Şekil 4.2: Tüm ilişkileri içeren etki yönlü diyagram.

DEMATEL yöntemiyle tespit edilen elemanların ilişkileri araştırmanın yöntem kısmında ortalama eşik değeri kullanılarak tespit edilmiştir. Eşik değerinin altında kalan öğeler kapsam dışı bırakılmıştır.

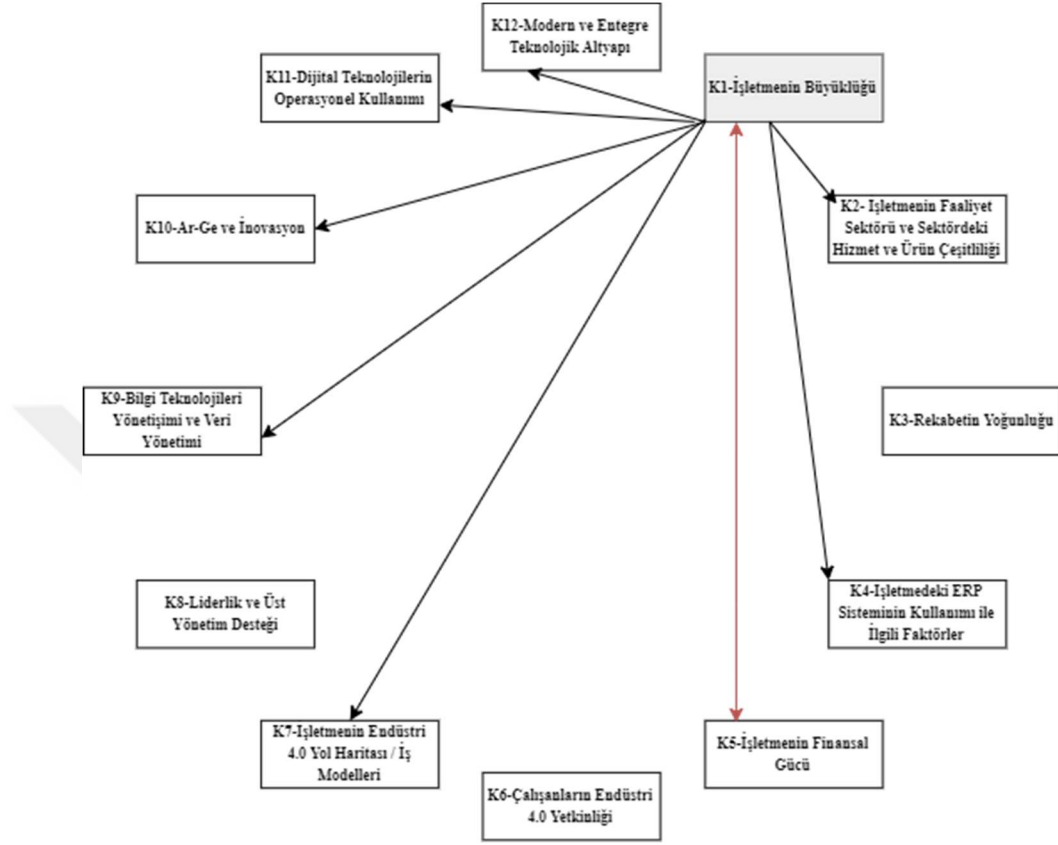
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12
K1		0,864		0,856	0,861		0,884		0,921	0,931	0,935	0,926
K2										0,855	0,864	0,854
K3							0,861		0,897	0,912	0,915	0,904
K4												
K5	0,894	0,934	0,906	0,906		0,868	0,943	0,869	0,987	1,003	1,012	0,999
K6							0,859		0,903	0,918	0,932	0,896
K7									0,898	0,904	0,915	0,900
K8		0,852					0,891		0,928	0,949	0,954	0,940
K9										0,905	0,921	0,896
K10		0,893	0,887	0,870	0,876		0,906		0,935	0,874	0,967	0,950
K11							0,863		0,902	0,905		0,904
K12		0,871	0,874	0,881	0,868		0,895		0,944	0,947	0,969	0,863

Şekil 4.3: Eşik değeri uygulanmış matris.

Matris üzerinde gösterilen Dikey (Sol) taraftaki öğeler Yatay (Üst) tarafta buluna öğelerin üzerindeki etkisini ifade etmektedir. Örnek olarak K3 ün K7, K9, K10, K11 ve K12 öğeleri üzerinde etkileri mevcuttur. İlgili hücre boş değil ise sol taraf gönderici üst taraf alıcı olarak kabul edilmektedir. Boş hücrelerde bulunan değerler eşik değerini aşacak değere sahip olmadıklarından boş olarak kabul edilmiş ve değerlendirmeye alınmamıştır. Hücrelerde bulunan sayıların büyüklüğü etkinin büyüklüğüne işaret etmektedir. Ancak ilgili sayılar belirli bir yüzde vermemekte sadece etki derecesini ve sıralamasını belirtmektedir. Örnek olarak K8 in K2 üzerinde 0.852 etkisi varken K5 in K2 üzerinde 0.934 etkisi bulunmaktadır. K5 in K2 üzerindeki etki seviyesinin K8 in K2 üzerindeki etki seviyesinden daha fazla olduğu anlamına gelmektedir.

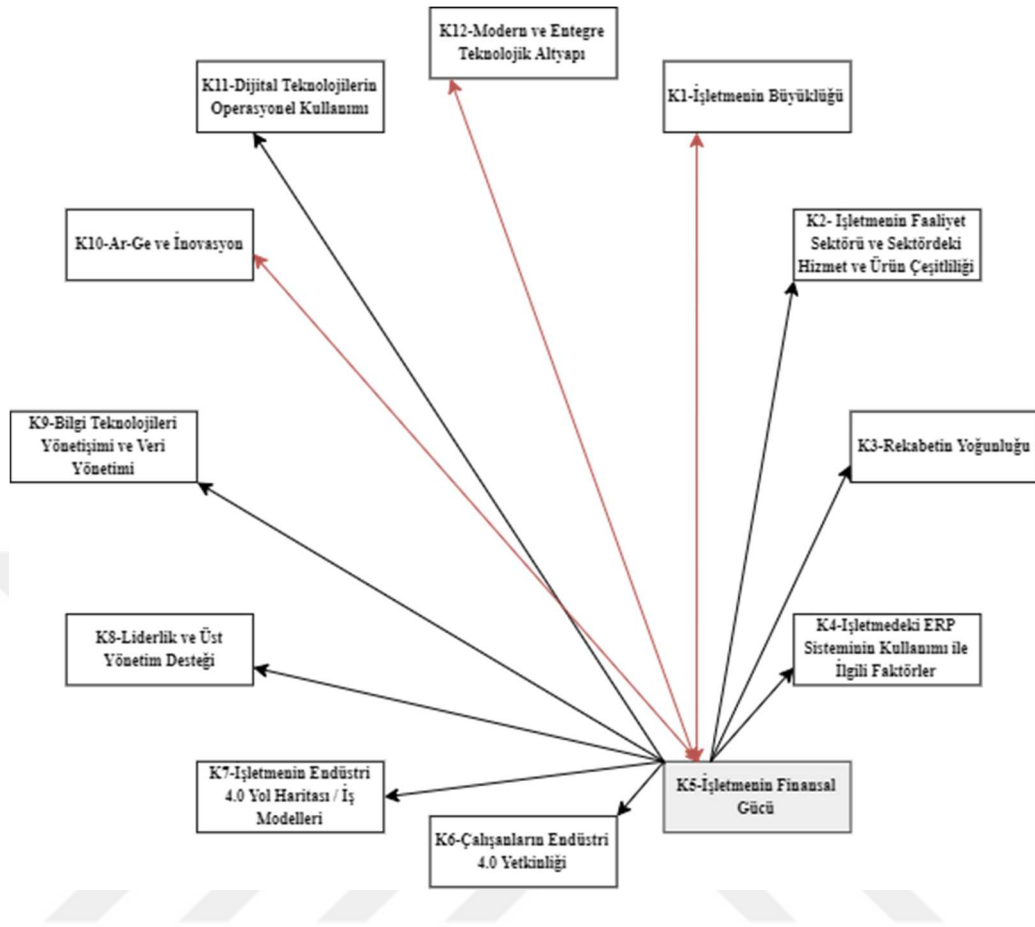
“İşletmenin Büyüklüğü” kriteri AHP sonuçlarına göre yalnızca %3,75 ağırlığı bulunmasına karşın DEMATEL uygulaması sonucunda çok fazla kriter üzerinde gönderici etkisi bulunmakta olduğu ortaya çıkarılmıştır. Literatüre bakıldığında gerek ERP uygulamasında (Laukkanen ve diğ., 2007) gerekse Endüstri 4.0 dönüşümünde İşletmenin büyüklüğü çok kilit bir öneme sahip olarak gözükmektedir (Horváth ve Szabó, 2019). “İşletmenin Büyüklüğü” ile “İşletmenin Finansal Gücü” karşılıklı olarak etkileşimlidir. Bu durum iki kriterin de birbirleri üzerinde etki

sahibi olduklarını belirtir. “İşletmenin Finansal Gücü” “İşletmenin Büyüklüğü” üzerinde etki sahibi ve “İşletmenin Büyüklüğü”, “İşletmenin Finansal Gücü” üzerinde etki sahibidir.



Şekil 4.4: İşletmenin büyüklüğünün diğer kriterler ile etkileşimi.

“İşletmenin Finansal Gücü” çalışmadaki bulgular baz alındığında diğer kriterlerden çok daha özel bir yere sahiptir. Bunun sebebi diğer kriterlerden farklı olarak “İşletmenin Finansal Gücünün” diğer tüm kriterler üzerinde etki sahibi olarak tespit edilmesidir. Bir gönderici olarak “İşletmenin Finansal Gücü” en çok “Dijital Teknolojilerin Operasyonel Kullanımı” üzerinde etki göstermekte ve bu kriteri sırasıyla “Ar-Ge ve İnovasyon”, “Modern ve Entegre Teknolojik Altyapı”, “Bilgi Teknolojileri Yönetimi ve Veri Yönetimi” izlemektedir. Ayrıca ilgili bu kriterlerden aynı zamanda “İşletmenin Finansal Gücü” üzerinde gönderici durumundadırlar.



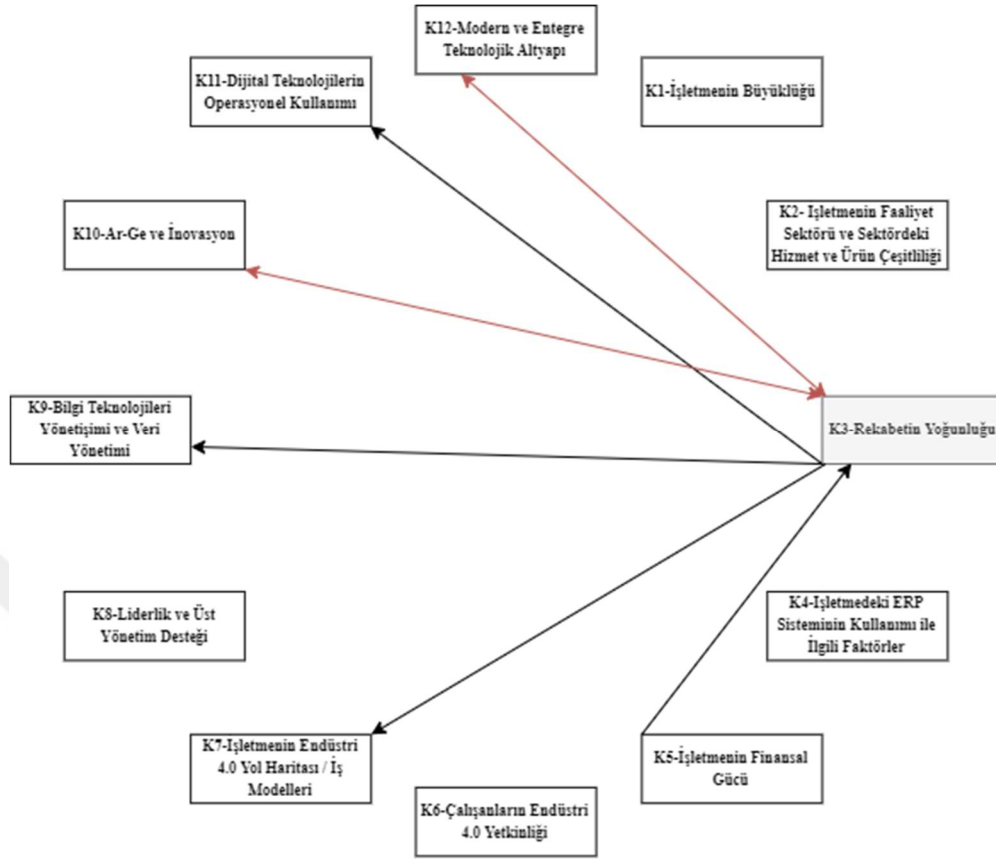
Şekil 4.5: İşletmenin finansal gücünün diğer kriterler ile etkileşimi.

Karşılıklı etki güçleri baz alındığında Finansal Gücün İşletmenin Operasyonel ve Teknolojik Yeterlilikleri konusunda çok önemli bir konumda olduğu savunulabilir. Özellikle Bilgi Teknolojileri Projeleri KOBİ’lerin sınırlı finansal güçlerinin sınırlılığından kaynaklı olarak uygulanması büyük işletmelerle karşılaştırıldığında daha zor olmakta ve projelerin başarısızlıkla neticelenmesi veya gereğinden fazla uzaması neticesinde ortaya çıkacak sonuçlar KOBİ’ler için çok ağır olabilmektedir. Literatürde belirtildiği üzere KOBİ’ler için Endüstri 4.0 ve teknolojilerinin potansiyellerinden yararlanmak için teknolojiye çok yüksek derecede yatırımlar yapmak gerekmektedir (Agostini ve Nosella, 2019). Bununla beraber, yapılan bir araştırmaya göre ilgili projelerin %31,1’inin başlangıç tarihinden önce iptal edildiği ve %52,7 sinin ise bütçe aşımı ile sonuçlandığı belirtmektedir (Joanna ve diğ., 2020). Bu sebeple İşletmenin Finansal Gücünün gerek %9,21 olan AHP önem değeri; gerekse DEMATEL yüksek etki değerleri göz önüne alındığında sonuçların literatür ile tutarlı olduğu görülmektedir.

“Çevresel Özellikler” Boyutunun (Rekabetin Yoğunluğu) önemi ve etkileşim sonuçları incelendiğinde “Endüstri 4.0 Koşullarına Hazır Olma Açısından KOBİ’lerin ERP Kullanım

Düzeylerini Etkileyen Faktörlerin Önceliklendirilmesi” konusunda düşük bir etkiye (%3,99) sahip olduğu ancak diğer öğeler ile etkileşim konusunda genel anlamda gönderici olarak yer aldığı ortaya çıkmıştır. “Rekabetin Yoğunluğunun” “İşletmenin Operasyonel ve Teknolojik Yeterlilikleri” boyutu altında yer alan kriterler üzerinde etkisi mevcuttur. Literatürde “teknoloji” işletmelerin performansının ve rekabet avantajının belirleyicilerinden biri olarak görülmektedir (Pietrewicz, 2019; Stratopoulos, 2016). Bu kriterler dışında “Rekabetin Yoğunluğunun”, “İşletmenin Endüstri 4.0 Yol Haritası ve İş Modelleri” üzerinde bir etkisinin olduğu da ortaya çıkmıştır. Literatürde özellikle iş modelleri inovasyonun teknolojik yenilikleri ortaya çıkarttığı ve bu yeniliklerin uygulanmasının teşvik edildiği iddia edilmiştir (Pietrewicz, 2019). Yenilikçi iş modelleri terimi halihazırda mevcut bir kavram olmasına karşın özellikle son zamanlarda blok zinciri teknolojisi örneğinde olduğu gibi halen gelişimin ilk aşamasında olduğu savunulabilir. Günümüzde Endüstri 4.0’ın yarattığı değişimin ortaya çıkardığı yeni iş ortamı geleneksel rekabet avantajı kavramını değiştirerek “esneklik” ve “hız” kavramlarını öne çıkarmaktadır (Pietrewicz, 2019). Malik (2019) rekabet avantajını “işletmelerin yaptıkları yatırımlardan elde ettikleri geliri yükseltmek amacıyla fırsatlara ulaşmak için stratejiler oluşturma yeteneği” olarak tanımlamıştır. Wong ve diğ. (2020) çalışmalarında blok zinciri teknolojisinin adaptasyonu konusunda rekabet baskısının çok yüksek bir öneme sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

“Ar-Ge ve İnovasyon” ve “Modern ve Entegre Altyapı” kriterleri aynı zamanda “Rekabetin Yoğunluğu” üzerinde etki sahibidirler. Bu bulgular baz alındığında teknoloji ve inovasyon faaliyetlerinin rekabet üzerinde etkisinin olduğu ve bu kavramların Endüstri 4.0 bakış açısıyla ayrı bir öneme sahip olduğu belirtilebilir.



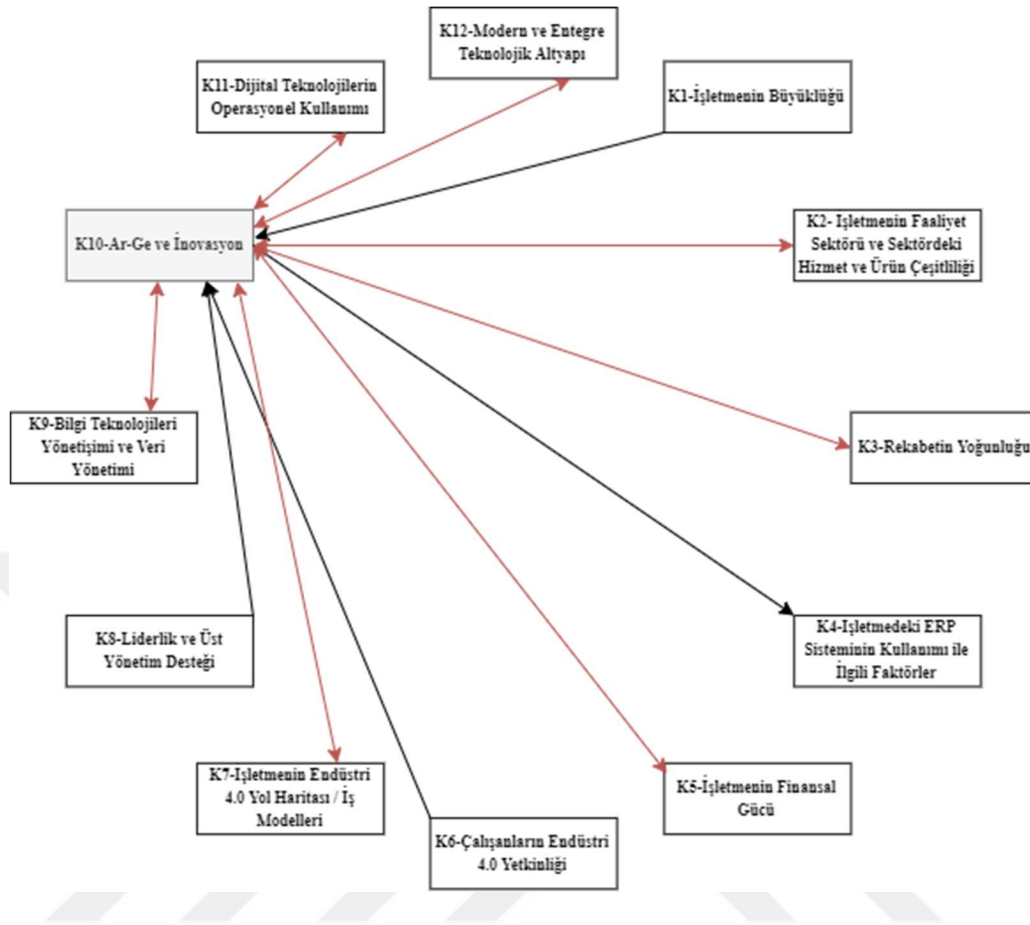
Şekil 4.6: Rekabetin yoğunluğunun diğer kriterler ile etkileşimi.

AHP bulgularında diğer öğelerin oranları ile karşılaştırıldığında “Liderlik ve Üst Yönetim Desteği” oldukça yüksek (%11,87) olarak gözükmekte ve İşletmenin Organizasyonel ve Stratejik Yeterlilikleri boyutunda yer alan ağırlığı en yüksek kriterdir. “Liderlik ve Üst Yönetim Desteği” R-C değerine göre gönderici olarak yer almaktadır.



Şekil 4.7: Liderlik ve üst yönetim desteğinin diğer kriterler ile etkileşimi.

“Liderlik ve Üst Yönetim Desteği”, yalnızca “İşletmenin Finansal Gücü” karşısında alıcı durumdayken “İşletmenin Faaliyet Sektörü” ve “Sektördeki Hizmet ve Ürün Çeşitliliği”, “İşletmenin Endüstri 4.0 Yol Haritası” ve İş Modelleri” ve “İşletmenin Operasyonel ve Teknolojik Yeterlilikleri” boyutu altındaki tüm kriterler üzerinde gönderici olarak etkisi vardır. Ayrıca AHP sonuçlarında kriterin ağırlığı diğer kriterler ile karşılaştırıldığında %11,87 ile yüksek olarak yorumlanmaktadır. Bu bulgular ışığında KOBİ’lerde liderliğin ve üst yönetim desteğinin gerek ERP kullanım düzeyinde gerekse strateji ve yönetim açısından ciddi derecede önemli olduğu savunulabilir. Bu aşamada, “Liderlik ve Üst Yönetim Desteğinin” “İşletmenin Finansal Gücüne” bağlı olduğu sonucu bu sonuçları yorumlarken göz önüne alınmalıdır. Yeni teknolojilerin benimsenmesinde, yenilikçi projelerin başarısında ve teknolojilerin iş süreçlerine entegrasyonunda üst yönetim desteği çok önemli olarak gözükmekte (Agostini ve Nosella, 2019) ve bununla beraber bulut bilişim araçlarının benimsenmesi ve kullanımı konusunda ise olumlu bir etkisi söz konusudur (Ooi ve diğ., 2018).



Şekil 4.8: Ar-Ge ve inovasyonun diğer kriterler ile etkileşimi.

Ar-Ge ve İnovasyon kriteri, DEMATEL sonuçları baz alındığında $R+C$ değerine göre genel anlamda etkileşimi en yüksek kriter olarak tespit edilmiştir. Şekil 4.8’de görselleştirildiği üzere, Ar-Ge ve İnovasyon diğer kriterler ile hem gönderici hem alıcı olacak şekilde bir etkileşim göstermektedir. Ayrıca, “Modern ve Entegre Teknolojik Altyapı”, “Dijital Teknolojilerin Operasyonel Kullanımı”, “Bilgi Teknolojileri Yönetişimi ve Veri Yönetimi”, “İşletmenin Yol Haritası / İş Modelleri”, “Rekabetin Yoğunluğu”, “İşletmenin Finansal Gücü” ve “İşletmenin Faaliyet Sektörü ve Sektördeki Hizmet ve Ürün Çeşitliliği” kriterleri ile karşılıklı etkileşimi bulunmaktadır. Ancak, “Liderlik ve Üst Yönetim Desteği” “Ar-Ge ve İnovasyon” üzerinde etki sahibi olmasına karşın “Ar-Ge ve İnovasyon” “Liderlik ve Üst Yönetim Desteği” üzerinde etki sahibi değildir. Aynı durum “İşletmenin Büyüklüğü” ve “Çalışanların Endüstri 4.0 Yetkinliği” için de söz konusudur. DEMATEL yönteminin ortaya çıkardığı bulgulara göre Ar-Ge ve İnovasyon “en önemli kriter” olarak bulunmuştur. Bununla beraber, bu bulgular AHP yöntemi çıktıları ile birlikte değerlendirildiği zaman Ar-Ge ve İnovasyonun yüksek öneme sahip olduğu

ortaya çıkmaktadır. Bu sebeple, Ar-Ge ve İnovasyon kriterinin çalışmada sahip olduğu gerçek değerin DEMATEL yöntemi ile ortaya çıkarıldığı söylenebilir.

4.2 KOBİ'LER İÇİN ERP TEMELLİ BİR ENDÜSTRİ 4.0 OLGUNLUK MODELİ GELİŞTİRİLMESİ

Literatürde birçok olgunluk modeli mevcut olmasına karşın ilgili modeller büyük işletmeler için daha uygun olarak gözükmekte ve bu sebeple KOBİ'ler bu modelleri uygulamakta zorluk çekmektedirler (Trotta ve Garengo, 2019). Bununla birlikte sektördeki karar vericiler, dijital dönüşümü gerçekleştirmek için gerekli faaliyetleri yapmaya hazır olarak gözükmekte olmalarına karşın işletmelerinin halihazırdaki durumları ile ilgili yeterli bilgi sahibi olmamaları ve stratejik bir rehberliğe erişememeleri neticesinde olgunluk modellerine ihtiyaç duyabilmektedirler (Schumacher ve diğ., 2019).

4.2.1 Olgunluk Modeli Kavramı ve Tasarımı

“Olgunluk Modeli” terimi Raber ve diğ. (2012) tarafından “bir organizasyonun önceden tanımlanmış bir hedefe ulaşma yeteneğini değerlendirmek için bir ölçü” olarak tanımlanırken, Tapia ve diğ. (2007) ise terimi “belirli bir alan için bu alandaki faaliyetlerin gerçekleştirilebileceği bir dizi karmaşıklık düzeyini tanımlayan bir çerçeve” olarak tanımlamıştır. Dijital olgunluk ise bir işletmeyi dijital ortamda etkili bir şekilde rekabet edebilecek yapıya ulaştırmak ile alakalı olup sürekli devam eden bir adaptasyon sürecidir (Kane, 2017). Ancak karşıt görüş olarak literatürde olgunluk modeli kavramını aşamalı bir şekilde işletmesi ve iş yapısını gereğinden fazla basitleştirmesi sebebiyle gerçeklikten uzak olarak nitelendiren (Röglinger ve Pöppelbuss, 2011) ve ampirik temelden yoksun olduğunu savunan (Lasrado ve diğ., 2015) kaynaklar mevcuttur (Virkkala ve diğ., 2020).

Zapata ve diğ. (2020) çalışmalarında bir olgunluk modelinin işletmenin beklenen seviyeye gelmesi için kullanılabilecek stratejileri veya yol haritalarını sunmasının önemli olduğunu altını çizmişlerdir. Buna ek olarak çalışmada bir olgunluk modelinin işletmenin stratejik eylemlerini ve bunların etkinliği konusunun ölçülmesi konusuna değinmesinin de önemli olduğu belirtilmiştir. Olgunluk modelinin oluşturulması aşamasında Zapata ve diğ. (2020) nin yaptığı araştırmada kullanılan analiz kriterlerinin bir kısmı olgunluk modelinin tasarlanmasında baz alınmıştır. Kullanılan kriterler Tablo 4.4’de belirtilmiştir.

Tablo 4.4: Olgunluk seviyesi oluşturma ilkeleri (Zapata ve diğ., 2020).

KRİTER	AÇIKLAMA
Kullanım Amacı	İstenilen olgunluk seviyelerinin nasıl tanımlanacağı ve ulaşılacağı gösterilmelidir.
Olgunluk Seviyeleri	Rakamsal şekilde olgunluğa ulaşma yolunda aşamalar belirtilmelidir.
Olgunluk Boyutları	Boyutlar İşletmeyi kapsayacak geniş bir bakış açısı sunmalıdır.
İyileştirme	Her seviyede bir iyileştirme imkanı sunulmalıdır.

Literatür araştırmasında ortaya çıkan Endüstri 4.0 olgunluk modelleri incelendiğinde 4'lü olgunluk seviyesine sahip (Akdil ve diğ., 2018; Geissbauer ve diğ., 2018), 5'li olgunluk seviyesine sahip (Ganzarain ve Errasti, 2016; Rockwell Automation, 2014; Schumacher ve diğ., 2016; Scremin ve diğ., 2018) ve 6'lı olgunluk seviyesine sahip (Basl ve Novakova, 2019; Schuh ve diğ., 2017) modeller karşımıza çıkmaktadır.

Ganzarain ve Errasti (2016) KOBİ'ler için oluşturdukları olgunluk modelinde Endüstri 4.0'a yönelik KOBİ'nin kendisinin durumunu ölçebilmesine yönelik bir bakış açısına sahip olması ilk seviye olgunluk olarak belirtilmiştir. Ancak Mittal ve diğ. (2018) bu durumu tartışarak doğru bir direktif veya bilgi olmadan KOBİ'lerin böyle bir işe girişmelerinin zor olacağını zira bir Endüstri 4.0 vizyonu elde etmek için KOBİ'lerin yeterli uzmanlığa sahip olmadıklarını belirtmişlerdir. Buna ek olarak, KOBİ'lerin bu uzmanlık ihtiyacını dışarıdan bir danışman aracılığı ile giderebileceklerini ancak KOBİ'lerin halihazırda sahip oldukları finansal sınırlılıkların buna engel olabileceğini belirtmişlerdir.

Schuh ve diğ. (2017) öne sürdükleri olgunluk modelinde ilk aşamayı bilgisayarlaştırma oluşturmakta ve aşamanın tamamlanması bu veri işleme sistemleri aracılığı ile ilgili görevlerin desteklenerek çalışanların tekrarlı işlerini azaltmaktan geçmektedir. Bağlantılılık ise ikinci aşama olarak yer alırken bu aşamada ana süreçlerin internet aracılığı ile desteklenmesi yer almaktadır. Ancak gerek bilgisayarlaştırma gerek bağlantılılık aşamaları daha çok Endüstri 3.0 ile ilgili olmakla beraber Endüstri 4.0 bu aşamadan sonra ERP sistemlerini içeren bir seviye ile başlamaktadır (Mittal ve diğ., 2018).

4.2.2 Olgunluk Modelinin Boyutları ve Seviyeleri

Olgunluk modelinin oluşturulmasında çalışmada tespit edilen boyut ve kriterlerin önem dereceleri (Tablo 4.1), kriterlerin birbirleri ile olan ilişkileri (Şekil 4.3) ve sistem üzerindeki genel durumları (Şekil 4.1, Tablo 4.2 ve Tablo 4.3) ile ilgili yapılan çıkarımlar baz alınmıştır. AHP ve DEMATEL sonuçlarında “İşletmenin Organizasyonel ve Stratejik Yeterlilikleri” boyutunun ağırlığı göz önüne alındığında bu kapsam olgunluk modelinde “Strateji ve Yol Haritası” olarak sunulmuştur. AHP sonuçlarına göre “Liderlik ve Üst Yönetim Desteği” kriterinin yüksek önem ağırlığına sahip olması; DEMATEL sonuçlarına göre ise kriterler arasından R-C değeri en yüksek ikinci kriter (gönderici) olarak yer alması sebebiyle bu kapsam olgunluk modelinde “Liderlik” boyutu olarak sunulmuştur. Bununla beraber, DEMATEL sonuçlarına göre “İşletmenin Finansal Gücü” kriterinin R-C değeri en yüksek kriter olarak yer alması ve AHP sonuçlarına göre ise önem seviyesinin yüksek sayılabilecek bir değerde olmasından kaynaklı olarak bu kapsam olgunluk modelinde “Yatırımlar” boyutu olarak sunulmuştur. “İşletmenin ERP Sistemi” boyutu çalışmanın bulgularında düşük önem ağırlığına sahip olmasına karşın çalışmanın amacı doğrultusunda olgunluk modelinde yer almaktadır. AHP bulgularında “İşletmenin Operasyonel ve Teknolojik Yeterlilikleri” ağırlığının çok yüksek olması sebebiyle “Dijital Teknolojilerin Kullanımı” boyutu ve DEMATEL bulguları baz alındığında “Ar-Ge ve İnovasyon” kriterinin genel sistem üzerinde çok yüksek etkisinin bulunmasından kaynaklı olarak bu kapsam olgunluk modelinde “İnovasyon” olarak sunulmuştur.

Bununla birlikte, oluşturulan bu modelin belirli aşamaları literatürde kapsam açısından yakınlık taşıyan bazı çalışmalar ile de desteklenmiştir. İlgili çalışmalar, boyutların detaylı açıklamalarında belirtilmiştir. Model toplamda altı boyuttan oluşmakta ve ilgili boyutların belirlenmesinde bulgularda öne çıkan kriterler öncelikli olarak etkili olmuştur. Çalışmada belirlenen ve bulgularda ortaya çıkartılan faktörlerin önem ve etki seviyeleri de modelin kurulum aşamasında değerlendirilen kriterler arasındadır. Modelde toplamda dört seviye belirlenmiş olup bu seviyeler Uygun Olmayan Düzey (Seviye 0), Başlangıç Seviyesi (Seviye 1), Orta Seviye (Seviye 2) ve Yüksek Seviye (Seviye 3) olgunluktan oluşmaktadır.

“ERP Temelli KOBİ Endüstri 4.0 Olgunluk Modeli” Şekil 4.9’da gösterilmiştir.

	Seviye 0	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3
	Uygun Olmayan Düzey	Başlangıç Seviyesi Olgunluk	Orta Seviye Olgunluk	Yüksek Seviye Olgunluk
STRATEJİ VE YOL HARİTASI	KOBİ'lerde dijitalleşme stratejisi ve yol haritası mevcut değildir. Endüstri 4.0 ile ilgili vizyon veya planlama mevcut değildir	Temel seviyede bir dijitalleşme stratejisi geliştirilmiştir.	Dijitalleşme stratejisi işletmenin kısmen bir parçası olarak kabul edilir. Yüzeysel bir yol haritası mevcuttur.	Dijitalleşme stratejisi işletmenin tamamen bir parçası olarak benimsenir. Detaylı yol haritası ve eylem planları mevcuttur.
İNOVASYON	Ar-Ge veya inovasyon çalışmaları veya planı mevcut değildir.	İnovasyon hedefleri mevcut ve belirtilmiştir. İnovasyon kültürü yerleşmeye başlamıştır.	Çevresel faktörler değerlendirmeye alınmış olup başka kuruluşlar inovasyon ağına dahil edilmiştir.	İşletmede sürdürülebilirlik temelli inovasyon anlayışı ve çalışanlarda yüksek seviye yetkinlikler mevcut.
İŞLETMENİN ERP SİSTEMİ	ERP sistemi mevcut değildir.	Temel özelliklere sahip bir ERP sistemi mevcuttur. Şirket içi ERP sistemi mevcut.	ERP sistemi bulut üzerindedir. ERP gelişmiş özelliklere sahiptir. Diğer sistemler ERP ile entegredir. Sistemden faydalanma oranı çok yüksektir.	ERP sistemi hem yatay hem dikey şekilde entegredir. Değer zinciri üzerindeki iş ortakları ile gerçek zamanlı veri akışı mevcut.
LİDERLİK	Üst ve orta yöneticiler seviyesinde Endüstri 4.0 farkındalığı veya bilgisi mevcut değildir.	Departman yöneticileri farkındalık sahibidir. Departman özelinde dijital dönüşüm mevcuttur.	Dijital dönüşüm amacıyla organizasyonel bir kordinasyon sağlanmıştır. ERP 4.0 ve yeni teknolojiler için KOBİ'nin hazır olma durumu yüksektir.	Liderlik 4.0: üst seviye yöneticiler ve hiyerarşide bulunan orta ve alt seviye yöneticiler tamamen farkındalık sahibidirler.
YATIRIMLAR	Dijital dönüşüm gereksinimleri temelli bir yatırım planlaması mevcut değildir.	Dijital dönüşüm amacıyla kaynak tahsisi yapılmıştır. Yeni teknolojilere ve/veya yetkinliklere yatırım yapma planı mevcuttur. BT altyapısına yatırım yapılmaktadır.	Yatırımın türü ve kapsamı konusunda departmanlar arası fikir birliği bulunur. Endüstri 4.0 altyapısı hem yönetsel hem teknolojik olarak oluşturulmuştur.	Tedarik zinciri 4.0: BT harcamaları detaylı şekilde ve gerçek zamanlı olarak mevcut. Teknoloji ihtiyaçları düzenli olarak takip edilir.
DİJİTAL TEKNOLOJİLERİN KULLANIMI	Dijital teknolojilerin işletmeye adapte edilebilmesi için gerekli altyapı mevcut değildir.	İşletme modern sayılabilecek bir altyapıya sahiptir. Yeni teknolojilerin benimsenmesinin önünde engel bulunmamaktadır.	İşletmede ERP sistemine ek olarak gerçek zamanlı veri işleme ve gelişmiş veri analitiği kullanılmaktadır.	İşletmenin dijital ikizi mevcuttur. BT sistemleri tam otonomdur. İşletmede gelişmiş teknolojiler etkin biçimde kullanılmaktadır

Şekil 4.9: ERP temelli KOBİ Endüstri 4.0 olgunluk modeli.

Boyutların ve aşamaların ayrıntılı açıklamaları aşağıdaki başlıklarda özetlenmiştir.

4.2.2.1 Strateji / Yol Haritası

Strateji kavramı Endüstri 4.0'ın uygulanmasında en önemli boyutların başında gelmektedir (Hamidi ve diğ., 2018). Scremin ve diğ. (2018) çalışmalarında işletmenin yol haritası konusunda toplamda beş aşama oluşturmuşlardır. Bu çalışmada ilk aşamada yol haritası mevcut değildir. Olgunluk seviyesi yükseldikçe stratejide kapsam artmaktadır. Bu çalışmada oluşturulan “ERP Temelli KOBİ Endüstri 4.0 Olgunluk Modelinde” strateji ve yol haritası olgunluk seviyeleri büyük oranda Scremin ve diğ. (2018) ve Pierenkemper ve Gauemeier (2020) yapmış oldukları çalışmalara dayanmaktadır. Modellerin genel bir uygulanabilirliğinin olması sebebiyle ilgili modellerin seviyeleri ve içeriği üzerinde, çalışmanın amacı temelinde bazı değişiklikler yapılarak aşağıdaki şekilde belirtilmiştir. Söz edilen modellere paralel olarak öne çıkan başka bir modelde ise (Schumacher ve diğ., 2016) öne sürülen strateji boyutu, yol haritası ve yeni iş modellerinin işletme tarafından adaptasyonu kapsamında değerlendirilmiştir.

	Seviye 0	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3
STRATEJİ VE YOL HARİTASI	KOBİ'lerde dijitalleşme stratejisi ve yol haritası mevcut değildir. Endüstri 4.0 ile ilgili vizyon veya planlama mevcut değildir	Temel seviyede bir dijitalleşme stratejisi geliştirilmiştir.	Dijitalleşme stratejisi işletmenin kısmen bir parçası olarak kabul edilir. Yüzeysel bir yol haritası mevcuttur.	Dijitalleşme stratejisi işletmenin tamamen bir parçası olarak benimsenir. Detaylı yol haritası ve eylem planları mevcuttur.

Şekil 4.10: Strateji ve yol haritası olgunluk seviyeleri.

Seviye 0'da işletmenin stratejisi Endüstri 4.0 ve teknolojilerini içermemektedir. Bununla birlikte, işletmede Endüstri 4.0, dijital teknolojiler veya dijitalleşme gibi kavramları içeren bir yol haritası mevcut değildir. Seviye 1'de işletmenin stratejisinde Endüstri 4.0 ve/veya ilgili kavramlar belirli bir seviyede mevcuttur. Yeterli seviyede bir planlama veya bir yol haritası halen mevcut değildir. KOBİ, bir yandan performans ölçümleri ile dijitalleşme konusunda tam olarak nerede durduğunu tespit etmeye çalışırken bir yandan da dijitalleşme yöntemleri ve trendler üzerine yoğunlaşmaktadır. Bu seviyede işletmede dijital dönüşüm isteği açıkça gözükmemektedir. Bir işletmede dijitalleşme stratejisi geliştirilmesi için ilk önce işletmede BT'nin stratejik rolü ve önemi benimsenmelidir (Becker ve Schmid, 2020). Bu sebeple bu aşamanın “Liderlik” boyutunda incelenmiş olan farkındalık ile ilişkisi bulunmaktadır.

Orta Seviye Olgunluk Seviyesine (2) ulaşıldığında artık Endüstri 4.0 işletmenin stratejisinin kısmen bir parçasıdır. Yol haritası mevcut olmakla beraber yeterli bir şekilde detaylandırılmamıştır. Orta ve uzun vadede işletmenin hangi pozisyona gelebileceği yine gelecekteki çevresel etkiler değerlendirilerek analiz edilir. Özellikle bu aşamada KOBİ'lerin gelecekte büyüme potansiyeli olan pazarları tespit etme konusunda know-how ihtiyacı olacaktır (Ganzarin ve Errasti, 2016).

Yüksek Seviye olgunluğa ulaşıldığında Endüstri 4.0 işletmenin stratejisinin önemli bir parçası haline gelir. Kısa, orta ve uzun vadeli eylem planlarını içeren bir Endüstri 4.0 yol haritası mevcuttur. Halihazırdaki durum ve gelecek için tahmin edilen detaylı performans planları kullanılarak tam anlamıyla bir Endüstri 4.0 yol haritası ve stratejisi oluşturulur (Scremin ve diğ., 2018).

KOBİ'lerin Endüstri 4.0 teknolojilerini benimsemeleri konusunda karşılaştıkları organizasyonel direnç Endüstri 4.0'ın getirdiği gerekli dijital teknolojilerin KOBİ tarafından benimsenmesini engellemekte ve bu teknolojilerin KOBİ'lerin yönetim fonksiyonları üzerinde etkilerinin olduğu göz önüne alındığında inovatif iş modeli ve inovasyon laboratuvarı kavramlarının gerekliliği ön plana çıkmaktadır (Bongomin ve diğ., 2020). Endüstri 4.0 dönüşümünü gerçekleştirmek isteyen KOBİ'lerin gerçekte Endüstri 2.0 ile 3.0 arasında oldukları unutulmamalıdır (Trotta ve Garengo, 2019). Bununla birlikte, bir yapının sadeliği, çalışanlar arasında daha az fonksiyon uzmanlığı anlamına gelebilir ve bu sebeple daha genel ERP çözümleri gerektirebilir (Laurinavicius ve Venckauskaite, 2012). Dijitalleşmenin temelinde strateji yatmakta ve bu boyutta olgunluğa ulaşmak için uzun vadeli bir bakış açısı gerekmektedir. Özellikle günümüzde artık yeni iş stratejileri müşterilere yalnızca ürün sunmaktan ziyade müşterilere eksiksiz bir çözüm sağlamaya odaklanmaktadır. Bunun anlamı sadece yeni ürün çıkarmaya odaklanılmasının yanlış olduğu ve hizmet odaklı bir yaklaşımın da beraberinde benimsenmesidir (Dikhanbayeva ve diğ., 2020).

Çalışmanın bulgularına göre işletmenin organizasyonel ve stratejik yeterlilikleri %35 öneme sahiptir. Ayrıca Sektör ve Hizmet-Ürün Çeşitliliği Stratejiyi etkilemektedir. Çalışmada incelenen "İşletmenin Organizasyonel ve Stratejik Yeterlilikleri" boyutu bir bakıma işletmenin dijital dönüşüme yönelik takındığı tutum ile ilgilidir. Yatırım yapma istekliliği ve yeni iş modelleri geliştirme konusunda KOBİ'nin hazır olma durumu veya halihazırda kullandığını

sonlandırma gibi özellikler bu boyut ile alakalı olup strateji kısmı da bu özelliklerin en kapsamlı parçasıdır (Blatz ve diğ., 2018).

4.2.2.2 İnovasyon

Çalışmanın bulgularında İnovasyon ve Ar-Ge kilit bir konumdur. Uzman olan karar vericilerin tercihlerine bakıldığında gerek önem seviyesi gerekse etki gücü bakımından inovasyon çalışmadaki ağırlığı en yüksek olan kriterlerden biridir. Literatürde Endüstri 4.0 teknolojilerine duyulan ihtiyacın bugüne dek hiç bu kadar büyük olmadığı iddia edilmiş olmakla birlikte, değişen bu gerçeklik neticesinde yeni inovasyonların ortaya çıkması da beklentilerin arasında yer almaktadır. Özkeser ve Karaarslan'a (2019) göre inovasyon projelerinin gücü ve etkisi Endüstri 4.0'dan etkilenmekte, bu sebeple sürdürülebilirlik göz önünde bulundurularak Ar-Ge departmanları veya laboratuvarlar için bir inovasyon havuzu oluşturulmalıdır. Teknolojik gelişmeler neticesinde üretim yöntemleri gelişmekte ve bu durum ürünlerin değerlerinde artış sağlayarak firmaların verimliliği konusunda pozitif etki yaratmaktadır. Ürün inovasyonları, piyasada mevcut olan ürünün yerini almayı sağlayarak talebi arttırıcı bir etkiye sahiptir (Doğru ve Meçik, 2018). Son yıllarda dijital teknolojilerin çeşitli sektörleri yayılımı neticesinde dijital özelliklerin kullanımı ürünlerde daha yaygın hale gelmiştir. Özellikle dijital hizmetlerin fiziksel ürünlere eklenmesi ürün-hizmet entegrasyonuna yol açmış ve dijital özellikleri ürünlerine dahil eden işletmeler de bu ürünleri veri toplama, kişiselleştirme ve satış sonrası destek gibi amaçlarla kullanmaktadır (Demircan Keskin ve diğ., 2019).

Teknolojilerin sunacağı inovasyon olanakları olmadan Endüstri 4.0'ın uygulanması pek mümkün gözükmemektedir. Yeni gelişmeler nedeniyle, yeni ekosistemler dijital ekonomide giderek önem kazanmaktadır. Yeni ilişkiler ve yetenekler yaratmak, dolayısı ile örgün ve yaygın eğitimi yeniden düzenlemek, yeni teknolojileri kullanmak ve inovasyonu hızlandırmak için gerekli hale gelmektedir. Ortakları ve kurumları ile ekosisteminde işbirliği yapabilen işletmeler tüketici gereksinimlerini karşılamak için yeni fırsatlar yaratmaktadır. Cihazların, uygulamaların, verilerin, ürünlerin ve hizmetlerin yeni yollarla birlikte çalışmasına olanak tanıyan teknik platformlar genel işletme stratejisinin temel bir parçası haline gelmektedir. Ağ kurma ve bağlantılılık, yeni endüstri devriminin odak noktaları arasındadır. Söz konusu yeni ekosistemde en önemli rolü imalat sektörü oynamaktadır (Mittal ve diğ., 2018).

Uygun olarak kabul edilebilecek seviyede bir yönetim desteği çalışanların teknolojik inovasyonun faydaları ile ilgili doğru bir anlayışa sahip olabilmeleri için gereklidir. Bunla birlikte yapılan bir araştırmada önemli yetkinliklere sahip olan çalışanların sahip oldukları başarabilirlik hissi işletmelerde inovasyonun benimsenmesini pozitif olarak etkilemektedir (Chijoke ve Bizien, 2017). Çalışmanın bulgularında Endüstri 4.0 yetkinliğinin Ar-Ge ve İnovasyon üzerine etkisinin olduğunun yer alması bu durumu destekler nitelikte olduğu söylenebilir. Bu sebeple kurulan olgunluk modelinde yetkinlikler ve inovasyon etkileşimli konular olarak ele alınmıştır.

Teknoloji inovasyonu ve iş modelleri inovasyonu arasında çok karmaşık ve çok katmanlı bir yapı olduğu söylenebilir (Pietrewicz, 2019). İş modelleri temelde teknoloji inovasyonu ile bağlantılı olmasına karşın literatürde bir iş modeli müşterilerin belirlenmesi, müşterilerin ihtiyaçlarına cevap vererek memnuniyetin sağlanması ve ortaya çıkan değerın parasallaştırılması olarak tanımlanmıştır (Baden-Fuller ve Haefliger, 2013). İş modeli inovasyonunun teknoloji inovasyonuna göre üstünlüğü yıkıcı ve taklit edilebilirliğinin daha zor olmasıdır (Buytaert, 2014).

Mali açıdan bir yol haritasının bulunması özellikle KOBİ'ler için önem taşımakta; zira yapılan araştırmalar KOBİ'lerin Endüstri 4.0 konusunda finansal açıdan engeller ile karşılaştıklarını ortaya çıkarmaktadır (Çevik, 2019; Gergin ve diğ., 2019). Endüstri 4.0 ile birlikte inovasyonun önem kazanması neticesinde inovasyon faaliyetleri için bütçeleme yapmak özellikle imalat sektöründeki yöneticiler için en büyük zorluklardan biri olarak görülmektedir (SC&H Group, 2018). İngilizce R&D&I olarak belirtilen Araştırma, Geliştirme ve İnovasyon kavramı Endüstri 4.0'ın benimsenmesini güçlendirmek için önemli bir strateji haline gelmiştir. Özel sektör ve akademik kuruluşlarda Endüstri 4.0'ın benimsenmesini güçlendirmek amacıyla oluşturulacak açık inovasyon girişimleri büyük bir potansiyele sahiptir (Bongomin ve diğ., 2020). Ancak literatüre bakıldığında birçok olgunluk modelinin KOBİ odaklı olmadığı ve KOBİ içeren ilgili modellerde ise inovasyon kavramının entegre edilmediği veya çok sınırlı olarak içerdiği gözükmemektedir. KOBİ'lerin inovasyonuna yönelik entegre inovasyon yönetimi yaklaşımına dayalı yapılandırılmış inovasyon süreçleri geliştirmek için açık ve tanımlanmış yönlendirmelere dayanarak pratik yaklaşımlar geliştirilmesi gerekliliği göze çarpmaktadır (Igartua ve diğ., 2018).

İnovasyon boyutu seviyeleri ve açıklamaları Şekil 4.11’de sunulmuştur.

	Seviye 0	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3
İNOVASYON	Ar-Ge veya inovasyon çalışmaları veya planı mevcut değildir.	İnovasyon hedefleri mevcut ve belirtilmiştir. İnovasyon kültürü yerleşmeye başlamıştır.	Çevresel faktörler değerlendirmeye alınmış olup başka kuruluşlar inovasyon ağına dahil edilmiştir.	İşletmede sürdürülebilirlik temelli inovasyon anlayışı ve çalışanlarda yüksek seviye yetkinlikler mevcut.

Şekil 4.11: İnovasyon olgunluk seviyeleri.

KOBİ’lerde Ar-Ge ve inovasyon çalışmaları veya planının mevcut olmaması ve çalışanların inovasyon çalışmalarını benimseyecek veya destek verecek yetkinliğe sahip olmamaları uygun olmayan düzey olarak belirtilmiştir. Olgunluğun 1. Seviyesinde inovasyon hedefleri açıkça belirlenmiştir. Bu aşamada inovasyon kültürünü yerleştirecek adımlar atılmaktadır. Seviye 2’de çevresel faktörler değerlendirmeye alınmış ve sektördeki rakipler analiz edilmiştir. İşletme, ürün ve hizmetlerin rekabet avantajını ve değer zincirindeki konumlarını aktif bir şekilde yönetmektedir (İgartua ve diğ., 2018). Üniversiteler ve araştırma kuruluşları gibi başka kurumlar ile işbirliği kurulmuş ve inovasyon ağına dahil edilmiştir. Yeni iş modelleri işletmeye adapte edilmekte ve/veya yeni iş modelleri geliştirilmektedir. Çalışmanın bulgularında rekabetin yoğunluğu ve Ar-Ge ve İnovasyon karşılıklı olarak etkileşimlidir. Ayrıca, iş modelleri ile inovasyon karşılıklı etkileşimli olarak tespit edilmiştir. Seviye 3’de ise artık sürdürülebilirlik temelli bir inovasyon yaklaşımı mevcuttur. Sürdürülebilir bir büyüme için işletmenin “değer önerisini” değişen koşullara göre dönüştürmenin yolları aranmaktadır (Boonsiritomachai ve diğ., 2016). Bu seviyede çalışanların yetkinlikleri çok yüksektir. Bu sebeple gelişmiş yazılımlar işletmede yaygın kullanılabilir. Bulgularda çalışanların Endüstri 4.0 yetkinliği inovasyon üzerinde gönderici olarak etkilidir. Bu seviyede artık yeni iş modelleri benimsenmiş ve bu şekilde akıllı ürünler müşterilere sunulmaktadır. Ürünlerin kalitesi Ar-Ge yatırımları ile sürdürülür. KOBİ yol haritası ve hedeflerine göre pazardaki ürünlerini çeşitlendirmeye veya ürün yelpazesini başka pazarlara doğru genişletmeyi bu aşamada seçebilir. Çalışmanın bulguları arasında inovasyon ile işletmenin ürün/hizmet çeşitliliği karşılıklı etkileşimli olarak yer almaktadır.

İnovasyon kavramı işletmedeki herhangi bir fonksiyon gibi sonradan eklenecek bir kavram olmayıp işletmenin çekirdeğinde var olması gerekmektedir. Literatürde ERP sistemleri söz konusu olduğunda yöneticilerin yenilikçilik kabiliyetlerinin KOBİ'lerin ERP edinimi konusunda çok kilit bir konumda olduğundan bahsedilmiştir (Chang ve diğ., 2012). Bu sebeple “liderlik”, “inovasyon” ve “çalışanların yetkinlikleri” konuları Endüstri 4.0 bağlamında kesişmekte; ilgili konular oluşturulan olgunluk modelinde inovasyon başlığı altında incelenebilmektedir.

4.2.2.3 İşletmenin ERP Sistemi

Olgunluk modelinin ERP Sistemi boyutu ERP sisteminin genel özellikleri ve kapasitesi ile ilgilidir. Endüstri 4.0 ile birlikte ayrı bir önem kazanan ve “dijital dönüşümün bel kemiği” olarak adlandırılan ERP sistemlerinin olgunluğu Şekil 4.12’de derecelendirilmiştir.

	Seviye 0	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3
İŞLETMENİN ERP SİSTEMİ	ERP sistemi mevcut değildir.	Temel özelliklere sahip bir ERP sistemi mevcuttur. Şirket içi ERP sistemi mevcut.	ERP sistemi bulut üzerindedir. ERP gelişmiş özelliklere sahiptir. Diğer sistemler ERP ile entegredir. Sistemden faydalanma oranı çok yüksektir.	ERP sistemi hem yatay hem dikey şekilde entegredir. Değer zinciri üzerindeki iş ortakları ile gerçek zamanlı veri akışı mevcut.

Şekil 4.12: İşletmenin ERP sistemi olgunluk seviyeleri.

Seviye 0’da KOBİ’de ERP Sistemi mevcut değildir. Ancak temel özelliklere sahip bir ERP, Seviye 1 olarak değerlendirilmektedir. Bu seviyede işletmede ERP sistemi mevcut olup işletme içi bir yazılım kullanılmaktadır. Sistemin temel veri analizi yapabilme özelliği bulunmaktadır. İşletme içi diğer kullanılan yazılımlarla belirli bir seviyede veri alış verişi yapabilme özelliği bulunmaktadır. Ancak verilerin karşılaştırılması, doğrulanması veya öngörülü analizler bu aşamada mevcut değildir. Seviye 2’de ERP sistemi bulut üzerindedir. Tüm verilere gerçek zamanlı ulaşılabilir. Sistemde gelişmiş veri analizi mevcuttur. Bu aşamada ileri veri analitiği ve yapay zeka teknolojisi ile desteklenmiş iç görüler ile daha doğru kararlar verebilme ve strateji belirlemede işletmeye yardımcı olabilir. ERP entegrasyonu ile beraber işletmenin bütünsel bir görünümü sağlanarak muhtemel fırsatlar ve işletmenin ilgili fonksiyonlarda oluşan sorunlar arasında bağlantılar kurularak çıkarımlar elde edilebilir (Siwiecki, 2020).

Seviye 3’de işletmede kullanılan bilgi sistemleri ERP sistemine entegredir ve işletmede herhangi bir yerden bu sisteme ulaşılabilir. Bu aşamada başka işletmeler ile değer zinciri ağı oluşturulur (Leyh ve diğ., 2016). Olgunluğun son seviyesinde ise ERP Sistemi işletmede hem yatay hem dikey şekilde entegredir. Değer zinciri üzerindeki iş ortakları ile gerçek zamanlı veri alışverişi yapılabilmektedir. Makineler, cihazlar ve akıllı ürünler ile ilgili tüm veriler ERP sistemine akmaktadır. Bu aşamada veri yönetimi birinci derecede önemlidir. Nesnelerin İnterneti ve bulut teknolojisi yaygın ve maksimum verimlilikle kullanılmaktadır.

KOBİ’lerin dijitalleşmesi ERP sistemi için kilit bir noktadır. ERP sisteminin verilerin toplanması ve iletilmesi konusunda kapsamlı bir ağ oluşturmasından dolayı Endüstri 4.0 ile beraber doğal olarak önemli bir yerde konumlandırılmaktadır. Özellikle son dönemlerde bulut bilişimin önem kazanması neticesinde işletmeler ERP sistemlerini bulut altyapısına taşımaktadırlar. Bulut altyapısı kullanılması gelecekte ortaya çıkabilecek ani teknolojik gelişmelere karşı uyum konusunda koruma sağlamakta ve makine öğrenmesi, yapay zeka ve nesnelerin interneti teknolojilerinin kullanılmasını kolaylaştırmaktadır.

Özellikle bu aşamada KOBİ’lerin BT stratejilerinin inovasyonun devamlılığını sağlaması beklenmekte ve BT yatırımlarının da bu amaç ile çalışmıyacak şekilde yapılması gerekmektedir. Endüstri 4.0 teknolojilerine sahip ERP sistemleri yada bazı kaynaklarda kullanılan ERP 4.0 kavramı bir fonksiyondan diğerine veri aktarmaya gerek olmadan tüm fonksiyonlara entegre olmuş veriler ile işletmeye hızlıca karar verme gücü sağlamaktadır (Siwiecki, 2020).

4.2.2.4 Liderlik

Endüstri 4.0 dönüşümünü sağlamak, yönlendirmek ve teşvik etmek açısından liderin rolü çok önemlidir. Halihazırda süregelmekte olan dijital devrimin sonucu olarak, işletmenin stratejisinin dijital teknolojiler ile uyumunu sağlamak “KOBİ liderleri” için önemli bir zorluk olarak görülmektedir (Li ve diğ., 2016). McKinsey & Company (2016) yayınladığı Endüstri 4.0 raporunda “teknik alan bilgisine sahip operasyon uzmanları”, “ileri analitik ve şirketin bilgi teknolojileri mimarisi ve altyapısı hakkında bilgiye sahip olan uzmanlar”, “yatırımları bir olur durumu şekline sokabilecek ve bu yatırımları bir iş senaryosuna nasıl bağlanacağını bilen uzmanlar” ve “dijital stratejileri belirleyen yöneticileri” bir Endüstri 4.0 stratejisinin uygulanması konusunda temel bileşenler olarak kabul etmiştir.

Agostini ve Nosella (2019) bu durumu liderlik ve üst yönetim desteği eksikliğinin gerekli yeteneklere sahip uzmanlara sahip olunamaması ve gerekli donanım ve yazılıma yatırım yapılmaması ile sonuçlanacağını ve dijital teknolojilerin benimsenmesinde problemler meydana geleceği şeklinde savunmuşlardır. Ayrıca literatürde tedarik zinciri uygulamalarının başarıya ulaşması için dijital teknolojilerin benimsenmesi bir ön koşul olarak belirtilmiştir (Saber ve diğ., 2019). Dijital Liderlik yada Liderlik 4.0, inovasyon odaklı, çapraz hiyerarşi, takım çalışması ve iş birliği yönelimli bir yaklaşım olarak tanımlanmıştır. Kişisel yeterlilikler, tasarım odaklı düşünme, yeni yöntem ve araçları uygulama kabiliyetleri “Endüstri 4.0 liderleri” için kritik bir öneme sahiptir (Oberer ve Erkollar, 2018). Dijital Liderlerin öncelikle Endüstri 4.0 farkındalığına sahip olmaları ve farkındalık sahibi olunduktan sonra KOBİ’lerin Endüstri 4.0 dönüşümlerine liderlik edebilecek bilgiye sahip olabileceği varsayılmaktadır. Literatürde özellikle “işletmenin dijitalleşmesi” için güçlü bir liderliğe ihtiyaç olduğunun altı çizilmiştir (Miskiewicz ve Wolniak, 2020). Olgunluk modelinde liderliğe bu sebeple yer verilmiş ve Liderlik öncelikli olarak “Endüstri 4.0 Farkındalığına” ve “Kişisel Yetkinliklere” dayandırılmıştır. Bunun başlıca sebebi çalışmanın bulgular kısmında tespit edilmiş olan Liderlik ve Üst Yönetimi kriterinin “İşletmenin Ürün ve Hizmet Çeşitliğini”, “İşletmenin Yol Haritası ve İş Modellerini” ve “İşletmenin Operasyonel ve Teknolojik Yeterliliklerinin tümünü etkiliyor olmasıdır.

	Seviye 0	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3
LİDERLİK	Üst ve orta yöneticiler seviyesinde Endüstri 4.0 farkındalığı veya bilgisi mevcut değildir.	Departman yöneticileri farkındalık sahibidir. Departman özelinde dijital dönüşüm mevcuttur.	Dijital dönüşüm amacıyla organizasyonel bir kordinasyon sağlanmıştır. ERP 4.0 ve yeni teknolojiler için KOBİ’nin hazır olma durumu yüksektir.	Liderlik 4.0: üst seviye yöneticiler ve hiyerarşide bulunan orta ve alt seviye yöneticiler tamamen farkındalık sahibidirler.

Şekil 4.13: Liderlik olgunluk seviyeleri.

Seviye 0’da işletmede orta ve üst düzey yöneticilerde Endüstri 4.0 farkındalığı mevcut değildir. Yöneticiler herhangi bir dönüşüme liderlik edebilecek bilgiye veya farkındalığa sahip değildirler. Endüstri 4.0’ın karmaşıklığı ve uygulanması için gerektirdiği ön koşulları hakkında farkındalık sahibi olunması gerek KOBİ yöneticileri gerekse çalışanları için ciddi bir öneme sahiptir (Jovanovski ve diğ., 2019).

Olgunluğun başladığı seviye olan başlangıç seviyesinde işletmenin orta düzey departman yöneticileri belirli bir düzeyde farkındalık sahibi ve departmanlar özelinde bazı dijital dönüşüm girişimleri mevcuttur (Lichtblau ve diğ., 2015). Seviye 2’de ise işletmede dijital dönüşüm konusunda belirli bir organizasyonel koordinasyon ve işbirliği mevcuttur. Ancak işletmeye bu yolculukta liderlik edecek olan kişilerin yetkinlikleri ve Endüstri 4.0 farkındalıklarının seviyesi düşük olduğundan somut olarak bir dijital dönüşümden söz edilemez. Dijital dönüşümün zorunluluk olduğu anlaşılmış ve geri kalmamak amacıyla işletmede belirli bir koordinasyon sağlanmıştır. Bu aşamada Endüstri 4.0 için gerekli yetkinlikler yalnızca teknoloji ile ilgili departmanlarda belirli kişilerde bulunur (Akdil ve diğ., 2018). 3. Seviyede ise yöneticilerin farkındalıkları çok yüksektir ve departman veya iş alanı fark etmeksizin gerekli dijital yetkinliklere sahiptirler. Üst yönetimdeki liderler dijital teknolojilerin uygulanması için işletmenin hedefleri ile tam anlamıyla uyumlu bir strateji geliştirebilecek seviyededirler (Sriram ve Vinodh, 2020).

Schumacher ve diğ. (2016) oluşturdukları modelde liderliği stratejiden ayrı olarak ele almışlar ve işletmedeki liderlerin dönüşüm istekliliği, yönetimin yeterliliği ve işletmedeki Endüstri 4.0’a yönelik genel kordinasyonu ele almışlardır. “Liderlik ve Üst Yönetim Desteği” boyutunda odak noktası yalnızca üst düzey yöneticilerden ibaret (C-level) değildir. Yapılan bir araştırmada (Gracel ve Łebkowski, 2018) işletmelerde orta seviye yöneticilerin Endüstri 4.0 dönüşümünde çok kritik bir boyuta sahip olduğu tespit edilmiştir. Gerek literatür gerekse bulgular göz önüne alınarak çalışmada oluşturulan olgunluk modelinde orta seviye yöneticiler bu nedenle model üzerinde belirli kademelerde yer almaktadır. Liderliğin “İşletmenin Operasyonel ve Teknolojik Yeterlilikleri” boyutu altındaki tüm faktörler üzerinde gönderici etkisi mevcut olmakla birlikte liderlik yalnızca işletmenin finansal gücünden etkilenmektedir.

4.2.2.5 Yatırımlar

Teknoloji yatırımları dijital dönüşüm başlığı altında öne çıkan bir kavramdır (Ustaoğlu, 2019). KOBİ’nin yönetim kadrosu işletmenin hedeflerini tanımlayıp, uygun kaynakları tahsis ettiğinde artık yatırımlar safhasına geçilmektedir. Teknolojik yatırımlar yapıldıktan sonra yöneticiler sağlıklı bir çalışma ortamı yaratmaya, yatırımların amacına ulaşması konusunda farklı işlevler aracılığı ile işletmeye destek olarak çalışanları yeni teknolojilerin kullanımı konusunda yetkinliklerini arttırmaya yönelik teşviklerde bulunmalıdırlar (Agostini ve Nosella, 2019; Ooi ve diğ., 2018).

Geçmişte, işletmelerde kullanılabilecek Bilgi Teknolojisi tabanlı araçlar başarının en önemli unsurlarından biri olarak görülmekteydi ve işletmeler BT araçları ile tüm faaliyetlerinin otomatikleştirilmesini hedefleyerek verimli bir organizasyon olma beklentisi içerisindeydiler (Rajagopal, 2002). Literatürde, Endüstri 4.0 teknolojilerinin doğru bir şekilde benimsenmesi konusunun yalnızca şirket sınırları içerisinde ibaret olmadığı ve dış aktörlerle de güvene dayalı bir iş birliği gerektirmekte olduğu savunulmuştur (Agostini ve Nosella, 2019). Teknolojilerin çalışanlar tarafından benimsenmesi konusunda yönetim desteği önemli bir etken olarak göze çarpmakta ve özellikle yapılan bir çalışmada ERP sistemi hiç kullanmamış veya düşük seviyede yetkinliği bulunan yeni çalışanlara gösterilen ek yönetim desteği yeni çalışanların işletmeye daha hızlı adapte olmalarına ve ilgili teknolojileri hızlı benimsemelerine yol açmıştır (Chijoke ve Bizien, 2017). Özellikle imalat sektöründe teknoloji tabanlı bir girişim söz konusu olduğunda sektör yatırım anlamında aşırı talepkar bir yapıya sahiptir. Bu durum KOBİ'ler için sorun oluşturmakla beraber Endüstri 4.0'ın benimsenmesi için bir zorunluluktur (Vaidya ve diğ., 2018).

Lichtblau ve diğ. (2015) öne sürdükleri IMPULS modelinde Endüstri 4.0 ile ilgili bazı alanlarda yatırım girişimlerinde bulunmaktadır. Üretim verileri limitli bir şekilde kullanılmaktadır. Ancak altyapı yeterli seviyede değildir. Çalışmanın bulgularının ışığında organizasyon ve strateji boyutunun ağırlığı düşünüldüğünde KOBİ'ler için departmanlar arası bağlantı ve koordinasyonu sağlayarak bilgi paylaşımı ve veri-bazlı-karar-verme süreçlerini geliştirmek ana hedef olarak belirlenmelidir (Pirola ve diğ., 2019).

Gerekli alt yapının kurulması ve çalışanlara gerekli eğitimin sağlanması konusu yatırımın ana amacı olmalıdır. Ancak, Gracel ve Lebkowski (2018) çalışmalarında hali hazırda olgunluk modellerinin işletmede kullanılan teknolojiyi ölçmediğini ve bununla CAPEX (Capital Expenditures) yani sermaye giderleri konusunda eksik tahmine yol açtığını belirtmişlerdir. Bu sebeple olgunluk modelinde aynı seviyedeki farklı boyutlarda teknolojik seviye veya altyapı seviyesi konusunda çelişki olmamasına özen gösterilmiştir.

	Seviye 0	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3
YATIRIMLAR	Dijital dönüşüm gereksinimleri temelli bir yatırım planlaması mevcut değildir.	Dijital dönüşüm amacıyla kaynak tahsisi yapılmıştır. Yeni teknolojilere ve/veya yetkinliklere yatırım yapma planı mevcuttur. BT altyapısına yatırım yapılmaktadır.	Yatırımın türü ve kapsamı konusunda departmanlar arası fikir birliği bulunur. Endüstri 4.0 altyapısı hem yönetsel hem teknolojik olarak oluşturulmuştur.	Tedarik zinciri 4.0: BT harcamaları detaylı şekilde ve gerçek zamanlı olarak mevcut. Teknoloji ihtiyaçları düzenli olarak takip edilir.

Şekil 4.14: Yatırımlar olgunluk seviyeleri.

Olgunluk Seviye 1'e ulaşmada önemli bir engel işletmede belirli bir seviyede de olsa liderlik ve Endüstri 4.0 farkındalığı gerekmesidir. Departman yöneticilerinin farkındalığının düşük olması dijitalleşme konusunda yapılabilecek projeler ve fırsatların kaçırılmasına ve işletmenin bütçesinin yanlış projelere harcanması sonucunda rekabet gücü konusunda geriye düşülmesine neden olabilir. Bu sebeple tasarlanan olgunluk modeli diğer boyutların aynı seviyelerini; yani modelin hem yatay hem dikey şekilde incelenmesini gerektirmektedir. Seviye 1'de dijital dönüşüm için kaynak tahsis yapılmıştır ve yeni teknolojilere ve bununla beraber çalışanların gerekli yetkinliklere sahip olması için planlar mevcuttur. Olgunluğun 2. Seviyesinde KOBİ'nin mevcut stratejisi, yatırımın türü ve kapsamı ve ajandası konusunda departmanlar arasında ortak görüş bulunmaktadır. Stratejik hedefler gözetilerek BT yatırımları planlanır (ACT-IAC, 2019). KOBİ'lerde yatırım kararları yönetim desteğine doğrudan bağlıdır (Maduku ve diğ., 2016). Üst yönetim teknoloji hakkında ne derece bilgiye sahip ise ilgili teknolojinin benimsenmesi ve desteklenmesi o derece daha olasıdır (Wong ve diğ., 2020). Bu aşamada aynı zamanda işletmede yeni teknolojiler için yeterli bir altyapı oluşmuştur. Çalışanların yetkinliği Endüstri 4.0'ın gereksinimlerini karşılayacak niteliktedir. Son aşama olan 3. aşamada ise BT harcamaları ile ilgili veriler manuel müdahale olmadan gerçek zamanlı olarak mevcut olup; harcamalar türleri ile beraber geçmiş verilere ve mevcut ulaşılabilir sektörel verilere dayanmaktadır. (ACT-IAC, 2019). KOBİ'nin ihtiyaç duyabileceği teknolojiler düzenli bir şekilde ele alınır (Smits, 2016). Literatürde "Tedarik Zinciri 4.0" olarak ifade edilen bu kavramda özellikle büyük işletmelerin maliyeti azaltıp ürün kalitesini arttırmak için yeni teknolojileri entegre etmektedirler. Tedarik Zinciri 4.0 büyük işletmeler için çok faydalı olsa da KOBİ'ler bu aşamayı bir hayal olarak görmektedirler (Dossou, 2018).

KOBİ devamlı olarak yeni teknolojilere ve çalışanların yetkinliklerini geliştirebilecek programlara işletmenin ihtiyaçları doğrultusunda yatırım yapmaktadır. KOBİ'lerde verilere

ulaşılabilirlik ve karar verme konusunda destek bağlamında verinin kullanılabilirliğinin sağlanması için gerekli yatırımların yapılması konusu öne çıkmakta ve olgunlukta son seviyede olan bir KOBİ, bu şartları sağlamalıdır. Yatırımlar konusunda finansal bakış açısı ile bakıldığında, karlılık, maliyetleri düşürme ve EBITDA (FAVÖK) gibi kavramlar öne çıkmaktadır (Frederico ve diğ., 2020). Bu tip finansallar işletmeler için önemli performans göstergeleri olmalarına karşın sektörden sektöre, işletmeden işletmeye değişkenliği mevcuttur. Çalışmada oluşturulan model spesifik bir sektör için tasarlanmadığından finansal performans göstergeleri belirtilmemiştir. Çalışmanın bulgularında işletmenin finansal gücünün rekabet üzerinde gönderici olarak yer alması bu boyutun öneminin değerlendirilmesi konusunda göz önüne alınmalıdır.

KOBİ'ler için krediye erişim imkanı birçok ülkede olduğu gibi Türkiye'de de KOBİ'lerin büyüme ve gelişmesini kısıtlayan bir sebeptir. KOBİ'lerin kredi alamamasının sebepleri olarak bankalar ile işletmeler arasındaki bilgi asimetrisi problemi ve yeterli teminat gösterilmesi öncelikli olarak sunulabilir (Wang ve diğ., 2019). Endüstri 4.0 ile birlikte kripto paraların arkasındaki güç olarak blok zinciri teknolojisi büyük bir üne kavuşmuştur "Blok zinciri katılımcı taraflar arasında yürütölen ve paylaşılan tüm işlemlerin veya dijital olayların kaydedildiği dağıtık veri tabanı ve bir açık defterdir" (Crosby ve diğ., 2016). Blok zinciri operasyonları ve/veya geliştirmeleri çok yüksek derecede bilgisayar/işlem gücü gerektirdiğinden hükümet, bankalar ve işletmelerin bir araya gelip sistemi beraber kurmalarının gerek maliyetler gerekse riskler açısından KOBİ'ler adına doğru bir girişim olacağı literatürde savunulmuştur (Wang ve diğ., 2019). Sonuç olarak, bu şekilde blok zinciri ile manipülasyonların önüne geçilmiş, bilgi asimetrisi daraltılmış ve kredi alma konusunda tüm taraflar adına daha verimli süreçler ortaya çıkmış olacaktır. Blok zinciri teknolojisinin benimsenmesi ile riski azaltarak gerçek zamana yakın olarak anlaşma sağlanabilir, üçüncü tarafa ihtiyaç duyulmadan aracısız bir şekilde işlem yapılabilir, şeffaf açık bir şekilde işlem geçmişinin kaydedilebilmesi sebebiyle sağlanabilir, blok zinciri teknolojisi devamlı olarak blok ürettiği için işlemler geri döndürölemez veya değerştirilemez (Aygün, 2020).

4.2.2.6 Dijital Teknolojilerin Kullanımı

Teknoloji gelişimi döngüsünün giderek artması işletmeleri devamlı olarak güncel kalmaya zorlamakta ve çeviklik terimi ile ortaya çıkan teknolojiye hızlı adaptasyon ve esneklik kavramları bu zorluklarla başa çıkabilen işletmeler için büyük bir avantaj haline gelmiştir.

Yatırım yapılması gereken teknolojiler dijital dönüşümün temelini oluşturan veri teknolojileri, analitik teknolojileri, platform teknolojileri ve operasyonel teknolojileridir. Veri teknolojileri boyutlar arasında önemli performans metrikleri ile verilerin elde edilmesini sağlayan teknolojiler kümesidir. Analitik teknolojileri belirli bileşenlerden gelen verileri faydalı bilgileri dönüştürür. Veriye dayalı modelleme, üretim sistemlerinden gizlenmiş örüntüleri ve korelasyonları ortaya çıkartır. Analitik teknolojileri ile kullanım ömrü/bakım süreleri analizleri gibi bazı kilit öneme sahip analizler yapılabilir ve ortaya çıkan bu tipteki enformasyonu başka teknolojiler ile entegre ederek üretimi ve inovasyonu artırır (Lee ve diğ., 2018).

Platform teknolojilerinde genellikle bağımsız (stand-alone), gömülü (embedded) ve bulut (cloud) olmak üzere üç platform türü bulunmaktadır. Bulut bilişim yalnızca ERP sistemlerinde değil, işletmede genel anlamda bilgi işlem, depolama ve hizmetleştirme kapasitesi açısından çok önemli bir konumdadır. Bulut bilişim ile yüksek seviyede kişiselleştirme, entegrasyon ve etkin bir görselleştirme sağlanabilmektedir. Operasyonel teknoloji ise verilerden çıkarılan bilgilere dayanarak alınan kararlar ve girişilen eylemleri ifade eder (Lee ve diğ., 2018). Gartner (2020) operasyonel teknolojiyi “endüstriyel ekipmanların, süreçlerin ve olayların doğrudan izlenmesi ve / veya kontrolünü yapabilen donanım ve yazılım” olarak tanımlamıştır. Bilgi Teknolojileri, bilgisayar ile ilgili herhangi birşeyi kapsayabilirken operasyonel teknoloji tanım ve kapsam olarak farklıdır. Çok sayıda makineye veya farklı operasyonel teknoloji türlerine sahip işletmelerde sorumluluk teknolojinin kritik rolü sebebiyle BT departmanlarına dolayısıyla CIO, GMY veya BT ile ilgili bir üst yöneticiye bağlıdır. BT ve OT kavramlarının yakınlaşması ile CIO yetkisinin kapsamı, mevcut bilgi ve yönetim odaklı BT sistemlerinin yanı sıra yeni nesil operasyonel teknolojileri planlama ve koordine etme açısından da genişleyecektir (Iscoop, 2020). Nesnelerin İnterneti, BT ve OT’nin birleşeceği en önemli alanlardan bir tanesidir (Firstpost, 2015).

Endüstri 4.0 kapsamında sanayi ekosistemlerindeki faaliyetler göz önüne alındığında entegrasyonu etkin bir şekilde kullanma yeteneği giderek daha gerekli bir hale gelmektedir. Endüstri 4.0, yatay, dikey ve uçtan uca bütün entegrasyonlara ek olarak donanım, yazılım ve veri entegrasyonunuda kapsamaktadır. Bu konu yüksek seviyede bir otomasyon için literatürde şart olarak görülmüştür (Xu, 2020). Entegrasyon ile paralel olarak öne çıkan Nesnelerin İnterneti benimsenmesi gereken bir teknoloji olarak öne çıkmaktadır. Nesnelerin İnterneti kullanımı için örnek olarak KOBİ’nin çevrimiçi sipariş aldığı bir portalı ve depo yönetimi

verilebilir. Kaynak yönetimi için ERP sistemi kullanılarak yönetim ve üretim arasında köprü kurulabilir. Bulgularda altı çizildiği üzere “Modern ve Entegre bir Teknolojik Altyapı” ile veri işleme ve veri analizi yaparak sipariş ve kaynak konusunda optimizasyon yapabilir. Bununla birlikte hizmet odaklı bir mimariye geçiş yaparak hizmetlerin interneti avantajını kullanabilir ve ürün yaşam döngüsü yönetimi uygulayarak üretilen ürün/parçaların kalitesinin arttırabilir (Andulkar ve diğ., 2018).

	Seviye 0	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3
DİJİTAL TEKNOLOJİLERİN KULLANIMI	Dijital teknolojilerin işletmeye adapte edilebilmesi için gerekli altyapı mevcut değildir.	İşletme modern sayılabilecek bir altyapıya sahiptir. Yeni teknolojilerin benimsenmesinin önünde engel bulunmamaktadır.	İşletmede ERP sistemine ek olarak gerçek zamanlı veri işleme ve gelişmiş veri analitiği kullanılmaktadır.	İşletmenin dijital ikizi mevcuttur. BT sistemleri tam otonomdur. İşletmede gelişmiş teknolojiler etkin biçimde kullanılmaktadır

Şekil 4.15: Dijital teknolojilerin kullanımı olgunluk seviyeleri.

Seviye 0’da çalışmanın bulgularında yer alan “Modern ve Entegre Altyapı” işletmede mevcut olmaması sebebiyle dijital teknolojiler benimsenememekte ve kullanılamamaktadır. “Dijital Teknolojilerin Kullanımı” boyutunun oluşturulmasında verinin yaratılması, işlenmesi için gerekli olan öğeler önceliklendirilmiştir. Üretim Yönetim Sistemleri, ERP Sistemleri, İş Zekası ve Türevleri olan teknolojiler, arttırılmış gerçeklik gibi yeni teknolojilerin varlığı ve kullanımı işletmenin olgunluk seviyesini yükseltmektedir. Seviye 1’e geçildiği zaman işletmede yeni teknolojilerin benimsenmesini kolaylaştıracak bir alt yapı kurulmuştur. Belirli bir seviyede alt yapı yatırımı Endüstri 4.0 için bir zorunluluktur. Ancak dijital teknolojiler aynı zamanda çalışanlar yönünden belirli yetkinlikler gerektirdiğinden altyapı ile birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Çalışmanın bulgularında “Çalışanların Endüstri 4.0 Yetkinliği” kriterinin “Dijital Teknolojilerin Kullanımı” üzerinde bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Bu gözden kaçırılmaması gereken önemli bir noktadır. Seviye 2’de işletmedeki ERP sistemi ile paralel olarak büyük veri uygulamaları kullanılmakta (Schuh ve diğ., 2017) ve gerçek zamanlı veri işleme ve gelişmiş veri analitiğinden faydalanılmaktadır. Bu aşamada işletme geleceğe yönelik projeksiyonlar yapılabilir. Seviye 3’de ise BT sistemleri otonom bir şekilde kendi kararlarını verebilir. İşletmenin temel iş fonksiyonları ve sahip olduğu teknoloji olan manuel müdahale olmaksızın iletişim kurmalı ve birlikte çalışmalıdır. Bu Endüstri 4.0’ın temel ilkelerinden

birisidir (Pearce, 2020). Bu aşamada ürünlerin simulasyon aracılığı ile üretebilirliği ve kullanılabilirliği test edilebilir (Akdil ve diğ., 2018).

Dijital İkiz fiziksel bir nesnenin veya sistemin sanal bir temsilidir. Dijital İkiz fiziksel cihazlarda veya diğer varlıklarda neler olduğuna dair gerçek zamanlı bir görünüm verebildiğinden bakım sorunlarını azaltmak ve optimal bir üretim çıktısı sağlamak için çok uygun bir teknolojidir (Marr, 2021). Dijital İkiz kapsamı çok geniş bir kavramdır. Veri analizi yoluyla bir ürünün nasıl performans gösterdiğini ve simulasyonlar yoluyla ürünün gelecekte nasıl performans göstereceğini anlamak için veya çalışanların eğitimi için kullanılabilir (Minos-Stensrud ve diğ., 2018). Dijital İkiz'in potansiyel faydaları; envanter optimizasyonu, nakit akış dengesinin değerlendirilmesi, gerçek zamanlı arıza ve usulsüzlüklerin tespiti, uzaktan izleme ve denetim olarak sıralanabilir (Erturan ve Ergin, 2019).

Dijital İkiz bu aşamada (1) ürün tasarımı optimizasyonu ile tasarımların kalitesini iyileştirmek için gerçek verilerle desteklenmiş simulasyon uygulaması olarak, (2) fabrikadaki varlıkların ERP sistemi ile entegre olması ve arttırılmış gerçeklik yoluyla operatörlere rol-bazlı uyarlanabilir iş talimatları verilmesi ile üretkenliğin arttırılması olarak (3) sistem gereksinimlerinin ve ürün kontrol listelerinin yapılandırılmış verilerle karşılaştırılarak doğrulanması için kullanılabilir (Immerman ve Lang, 2019).

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Literatürde karmaşık olarak tasarlanan olgunluk modellerinin uygulanabilirliğinin olmadığı iddia edilmesinden ötürü (Schumacher ve diğ., 2016) çalışmada tasarlanan olgunluk modeli karmaşıklıktan uzak bir şekilde sunulmaya çalışılmıştır. Ayrıca, bir olgunluk modelinin belirli bir seviyede esneklik içermesi modelin birçok sektöre uygunluğu bakımından da önemli bir özelliktir. Çalışmada sunulan “ERP Temelli KOBİ Endüstri 4.0 Olgunluk Modeli” kapsam açısından yakınlık taşıyan diğer modeller ile karşılaştırıldığında; Sternad ve diğ. (2018) öne sürdükleri modelde lojistik boyutunda en düşük seviye olan tedarikçiler ile veri alış verişinin olmaması olarak belirtilmiş ve son seviyede ise tüm tedarik zinciri üzerinde otomatik şekilde süregelen bir alışveriş olması gerektiğinin altı çizilmiştir. Bahsi geçen bu model, bu çalışmada öne sürülen ERP Temelli KOBİ Endüstri 4.0 Olgunluk Modeli’nin ERP ve Yatırımlar boyutundaki bazı seviyeler ile kısmi benzerliklere sahiptir. Ancak, çalışmanın KOBİ odaklı olmaması ve lojistik ve lojistik alt sistemlerine odaklı olması çalışmanın sınırlılıkları arasında yer almaktadır. KOBİ’ler için tedarik zincirin önemi çok yüksek olduğundan ilgili boyutlarda üst başlık olarak bazı yakınlıklar mevcuttur. Schumacher ve diğ. (2016) Endüstri 4.0 olgunluk modelinde Strateji, Liderlik, Müşteriler, Ürün, Operasyon, Kültür, İnsan, Yönetişim ve Teknoloji boyutları öne sürülmüş ancak bu modelde odak noktası olarak yalnızca imalat işletmeleri alınmış ve işletme büyüklüğü bir kriter olarak gösterilmemiştir. Ayrıca, modelde ERP sistemleri veya KOBİ’lere özgü bir içeriğe de rastlanmamıştır. Ancak çalışma ortaya koyduğu Endüstri 4.0 ve alt boyutlarında yer alan öğelerden kaynaklı olarak bu çalışmadaki olgunluk modelinde bazı noktalara ışık tutmuştur. Leyh ve diğ. (2016) öne sürdükleri SIMMI 4.0 olgunluk modeli; yatay entegrasyon, dikey entegrasyon, dijital ürün geliştirme ve teknoloji olarak toplamda 4 boyut ve temel dijitalleşme seviyesi, departmanlar arası dijitalleşme, tam dijitalleşme ve optimize edilmiş tam dijitalleşme seviyesi şeklinde toplamda 5 seviyeden oluşmaktadır. 1. Seviyede işletmede Endüstri 4.0 ile henüz tanışmamıştır. Süreçler dijitalleştirilmemiş veya kısmen dijitalleştirilmiştir. Kullanılan sistemler çok limitli olmakla beraber bulut tabanlı teknolojilere henüz odaklanılmamıştır. 2. Seviyede ise İşletme Endüstri 4.0 ile tanışmıştır ve departmanlarda dijitalleşme gereksinimleri tamamlanmıştır. Bu aşamada henüz bulut bilişim işletmeye adapte edilmemiştir. Veri alış verişi henüz otomatik hale getirilmemiştir. 3. Seviyede bulut bilişime geçilmiş ve işletme hem yatay hem dikey şekilde entegredir. 4. ve 5. Seviyede ise işletme tamamen dijitalleşmiştir. SIMMI 4.0 ile bu çalışmadaki olgunluk modeli karşılaştırıldığında, çalışma Endüstri 4.0’ın teknoloji boyutu açısından önemli

noktalara değinmiş olsa da çalışmada stratejik ve organizasyonel boyutlar ele alınmamıştır. Ayrıca çalışmada inovasyon temelli bir boyut bulunmaması çalışmanın eksik görülen noktalarındandır. Endüstri 4.0'ın sadece teknolojiiden ibaret olmaması temelinden yola çıkılarak SIMMI 4.0 modelinden farklı olarak bu tez çalışmasında öne sürülen modelde organizasyonel ve stratejik boyutlara değinilmiş ve ayrıca teknolojik ve operasyonel yetkinlikler boyutu altında Ar-Ge ve İnovasyon değlendirilen boyutlar arasındadır. Ganzarain ve Errasti (2016) öne sürdükleri model tasavvur etme, devreye sokma ve uygulama olarak 3 boyuttan oluşmaktadır. Modelde yol haritası kavramının işletmeler için öneminin özellikle altı çizilmiştir. Ancak bu modelde ERP sistemlerine değinilmemiş ve yalnızca strateji ve iş modelleri üzerine odaklanmıştır. Akdil ve diğ. (2018) ise öne sürdükleri Endüstri 4.0 modelinde akıllı ürünler ve hizmetler, akıllı iş süreçleri ve strateji ve organizasyon olarak üç ana boyut belirlemişlerdir. Ayrıca model dört aşamalı olup ilk aşamada Endüstri 4.0'ın var olmaması durumu mevcut iken son aşamaya gelindiğinde işletmenin tamamen olgunluğa eriştiği kabul edilmektedir. Modelde ilgili aşamalar en düşük seviyeden en yüksek seviyeye boyutlar temelinde detaylandırılmıştır. Ancak bu modelde gerek ERP sistemleri gerekse KOBİ'lere özgü bir odak bulunmamaktadır. Literatürde incelenen olgunluk modellerinde "Kurumsal İşbirliği" boyutuna yalnızca Mittal ve diğ. (2018) çalışmasında değinilmiştir. Araştırma kuruluşları ve üniversiteler ile işbirliği ve dijital bir ekosistemin ve inovasyon ağının oluşumu açısından KOBİ'ler için önemli olarak görülmüş ve bu tez çalışmasında sunulan modelde İnovasyon Boyutu altında ulaşılması gereken bir aşama olarak sunulmuştur.

Gelişen teknolojiler, endüstriyel gelişmeleri teşvik etmek için büyük fırsatlar getirmekte ve Endüstri 4.0'ın uygulanmasının önünü açmaktadır (Wan ve diğ., 2016). Drath ve Horch'a (2014) göre Endüstri 4.0, gelecekte de olsa sonunda ortaya çıkacak bir olgudur. Endüstri 4.0 kavramının, bilgi teknolojisinin aracılık ettiği endüstriyel entegrasyona dayandığı açıktır. Bu entegrasyon, gerçek zamanlı veya gerçek zamanlıya yakın veri paylaşımı, bilgi paylaşımı ve sürekli iletişimi içerir. Bu aynı zamanda ERP'nin daha da geliştirilmesi için bir potansiyeldir (Basl, 2018). Bir ERP sisteminin satın alınması, teknolojik, örgütsel ve kültürel etkiler yaratmaktadır. KOBİ'ler konumları gereği genellikle önemli kurumsal değişiklikler gerektiren teknolojik inovasyonlardan uzak durmaktadırlar.

Dijital dönüşüme nasıl ve nereden başlanacağı tüm işletmelerde olduğu gibi KOBİ'ler için de çok önemli bir sorudur. Her işletme dijital dönüşüme aynı kaynaklara ve becerilere sahip olarak

başlayamaz (Blatz ve diğ., 2018). Bu sebeple çalışmada önerilen model kullanılarak KOBİ'lerin olgunluk seviyesinin belirlenmesi bir KOBİ için önemli bir değerlendirme olacaktır. KOBİ'lerin çoğunlukla erken davranıp Endüstri 4.0'a geçen büyük işletmeler gibi Endüstri 4.0'ı erken benimseyen bir pozisyonda olmamaları yanlış teknolojilere yatırım yapma korkusu ile açıklanabilir (Mittal ve diğ., 2018). Bu farkın kapanması için gerekli teknoloji ve uygulamalara hızlıca yatırım yapması araştırmanın bulgularındaki teknoloji boyutunun önem seviyesi ve modern ve teknolojik altyapının ilişki matrisindeki mevcut konumu baz alınarak önerilmiştir. Finansal olarak iyi bir durumda olmayan KOBİ'lerin ileri teknolojileri benimseme konusunda sıkıntı yaşayacağı var sayılmaktadır. İhtiyaç duyulan teknik kaynak KOBİ'lerde çoğunlukla bulunamadığından Ar-Ge konusunda KOBİ'lerin geri kalması söz konusudur. Bu duruma rağmen, KOBİ'ler sahip oldukları “özel ürünler” sayesinde rakiplerine karşı önemli bir avantaj sağlayabilirler (Mittal ve diğ., 2018). Bununla birlikte Endüstri 4.0'ın benimsenmesinde güçlü bir liderlik, yeni yetkinlikler ve KOBİ'lerin çalışmada sunulan engellerin üstesinden gelinmesinin zorunlu olduğu savunulabilir. Literatürde KOBİ'lerde iş zekası kullanımını destekleyecek çeşitli girişimlere ihtiyaç bulunduğu belirtilmiştir (Moeuf ve diğ., 2017). KOBİ statüsündeki işletme sahipleri ve bu işletmelerde çalışan yöneticiler öncelikli olarak hedeflenerek iş zekası ve ileri analitik gibi teknolojilerin kullanımının avantajlarını anlatan ve yenilikçi yönlerini geliştirebilecek yönde eğitici seminerler verilmesi gerekmektedir (Boonsiritomachai ve diğ., 2016). Çalışmada öne çıkan yetkinlikler kavramı ayrı bir boyut olarak sunulmuş olsa da, Liderlik ile Ar-Ge ve İnovasyon gibi birçok boyutu temelde etkilemektedir. Bu sebeple KOBİ'lerde büyük engel olarak görülen finansal gücün sınırlılığına rağmen teknolojiye yatırım yapma mecburiyeti yerine getirilse dahi, yetkinliklere yatırım yapmayan KOBİ'lerin dijital dönüşümde geriye düşeceği gerek literatürde (Prifti ve diğ., 2017) gerekse araştırmanın bulgularına dayanarak varsayılabilir.

KOBİ'lerin disiplinlerarası bir yaklaşım kazanması ve çalışanların ise kendilerini daha yaratıcı, yenilikçi ve teknik/karmaşık işler konusunda yetkin kılacak aktivitelerin içerisinde yer almaları önerilmektedir. Açık inovasyona doğru yönelen eğilim bu durumu özellikle işletmeler için mümkün kılmaktadır (Pereshybkina ve diğ., 2017). Ayrıca, kurumsal işbirlikleri ile oluşan yeni ekosistemlerden değer yaratılması ve iş modellerinin doğru bir şekilde desteklenmesi KOBİ'lerin yoğunlaşması gereken bir alandır (Ibarra ve diğ., 2018). Endüstri 4.0'ı benimseyen KOBİ'ler rekabet avantajlarını arttırmayı ve riskleri en aza indirmeyi başaracaklardır. Çalışmanın bulgularında da sunulduğu üzere yenilikçi teknolojileri benimseyen KOBİ'ler yeni

ürünler ve hizmetleri pazara hızlıca sunabilecek, operasyonel süreçlerini daha hızlı ve efektif olarak gerçekleştirebilecek ve geliştirecekleri yeni stratejiler ile yıkıcı iş modelleri ortaya çıkarabileceklerdir (Miguel, 2018). Tedarikçiler, işletmeler, fabrikalar ve lojistik temsilcilerinin gerçek zamanlı olarak birbirlerine bağlı olduğu ve tedarik zinciri üzerinde yeni iletişim ağı çeşidi KOBİ'lerin iş modelleri üzerinde etkili olması gelecekteki beklentiler arasındadır (Jovanovski ve diğ., 2019). Çalışmada oluşturulan ERP Temelli KOBİ Endüstri 4.0 Olgunluk Modelinde özellikle inovasyon boyutunda inovasyonun benimsenmesi ve uygulanması konusunda sektörel farklılıklar mevcut olabilmektedir. Örneğin hızlı gelişim gösteren sektörlerde zamanı doğru kullanamayıp Endüstri 4.0'ın geç benimsenmesi “yavaş ilerleme veya yerinde sayma” olarak ifade edilebilecek bir risk doğrudur ve işletmenin olgunluğu rakiplerine göre geri kalması durumunda işletme rekabet avantajını kaybedip sektör dışı kalma ihtimali yükselebilmektedir. Bu sebeple zaman kavramının bu tip teknolojik değişim ve gelişmelerde önemli bir faktör olduğu ve bu zamanın önem seviyesinin yapılan işin doğasına ve sektöre göre değişebileceği unutulmamalıdır. Bir KOBİ Endüstri 4.0 teknolojilerini sınırlı ölçüde uygulamış olsa bile verimlilik açısından ve dolayısıyla mali açıdan pozitif şekilde bir sonuç alabilmesi mümkün olabilir (Jovanovski ve diğ., 2019).

Türkiye istihdamın büyük oranda KOBİ'lere dayandığı gelişmekte olan ülkeler kategorisinde olan ülkelerden biridir. Bu sebeple, KOBİ'lerin verimliliğinin ve uluslararası rekabet gücünün artırılması için teknolojik gelişmeleri yakından takip etmeleri ve Ar-Ge faaliyetlerine ağırlık vermeleri ülke ekonomisi adına önem taşımaktadır. Endüstri 4.0 ve teknolojilerinin benimsenmesi neticesinde KOBİ'ler dijital dönüşümlerini tamamlayarak katma değeri yüksek ürün ve hizmet sunabileceklerdir.

Endüstri 4.0'ın yalnızca imalat alanından ibaret olmaması ve artık tüm sektörleri kapsadığı görülmektedir. Gerek çalışmadaki karar vericiler gerekse oluşturulan olgunluk modeli KOBİ – Endüstri 4.0 – ERP konuları içerisinde yer alsa da model spesifik bir sektörü kapsamadığından modelin farklı çalışmalarda ve/veya farklı amaçlar için kullanılabilirlik özelliği bulunmaktadır. Çalışmada ulaşılan sonucun kısmen esnek bir sonuç olduğu gözükmemektedir. Çalışmanın bulgularında bir kriter veya bir boyut tek başına öne çıkmamaktadır. Ancak, kriterlerin belirlenmesi ve karar vericilere sunulma aşamalarının COVID-19'un etkilerinin ortaya çıkmasından önce yapılmış olması altı çizilmesi gereken önemli bir noktadır. Çalışmada kullanılan AHP ve DEMATEL yöntemlerinin özellikleri gereği karar verici sayısının ve kriter

sayısının düşük tutulmasının gerekliliği, elde edilen ERP Temelli KOBİ Endüstri 4.0 Olgunluk Modelinin genel sayılabilecek bir yapıya sahip olup belirli bir sektörü kapsamaması sebepleri çalışmanın sınırlılıklarını oluşturmaktadır.



KAYNAKLAR

- Abas, 2018, *ERP flexibility is essential, but not as simple as it seems*, <https://abas-erp.com/en/news/erp-flexibility-and-upgradability-%E2%80%93-embracing-change-sustainable-technology-abas>, [Ziyaret tarihi: 10 Haziran 2019].
- Aburub, F., 2018, The Influence of ERP Usage on Organizational Learning: An Empirical Investigation, *Journal of Information Systems and Telecommunication*, 6 (3), 150-158.
- Accenture, 2014, *Digital Operations for the Digital Business: Using Technology for Competitive Advantage*, https://www.accenture.com/us-en/services/business-process-outsourcing-index?c=bpo_digitalops_10000006&n=smc_0414#sf25379729, [Ziyaret tarihi: 30 Mart 2020].
- ACT-IAC, 2019, *IT Management Maturity Model. American Council for Technology*, <https://www.actiac.org/groups/project-fitara-governance>, [Ziyaret tarihi: 30 Ekim 2020].
- Agostini, L. and Nosella, A., 2019, The adoption of Industry 4.0 technologies in SMEs: results of an international study, *Management Decision*, 58 (4), 625-643.
- Ahlers, E., 2016, Flexible and remote work in the context of digitization and occupational health, *International Journal of Labour Research* 8 (1), 85-100.
- Ahmad, M.M. and Pinedo Cuenca, R., 2013, Critical success factors for ERP implementation in SMEs, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 29 (1), 104-111.
- Akdil, K.Y., Ustundag, A. and Cevikcan, E., 2018, *Maturity and Readiness Model for Industry 4.0 Strategy*, In: Ustundag, A., Cevikcan, E. (Eds.), *Industry 4.0: Managing the Digital Transformation*, Springer Series in Advanced Manufacturing, Springer International Publishing, 61-94.
- Akgül, A.K. and Gözlü, S., 2014, Kurumsal Kaynak Planlaması Uygulamaları: Türk Sanayi İşletmelerinde Bir Araştırma, *Öneri Dergisi* 11, 41-56.
- Aksakal, E. and Dağdeviren, M., 2010, ANP ve Dematel Yöntemleri ile Personel Seçimi Problemine Bütünleşik Bir Yaklaşım, *Journal of The Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 25 (1), 905-913.
- Al-Ghofaili, A.A. and Al-Mashari, M.A., 2014, ERP system adoption traditional ERP systems vs. cloud-based ERP systems, *Fourth Edition of the International Conference on the Innovative Computing Technology (INTECH 2014)*, 13-15 August 2014, Luton, UK, 135-139.
- Ali, S. and Green, P., 2012, Effective information technology (IT) governance mechanisms: An IT outsourcing perspective, *Information Systems Frontiers*, 14 (1), 179-193.
- Ameri, A., Akan, B. and Çürüklü, B., 2010, Augmented Reality Meets Industry: Interactive Robot Programming, *SIGRAD 2010: Content Aggregation and Visualization*, 25-26 November 2010, Västerås, Sweden, SIGRAD, 55-58.

- Amid, A., Moalagh, M. and Zare Ravasan, A., 2012, Identification and classification of ERP critical failure factors in Iranian industries, *Information Systems*, 37 (2), 227-237.
- Andulkar, M., Duc Tho, L. and Berger, U., 2018, A multi-case study on Industry 4.0 for SME's, *International Conference on System Sciences*, 3-6 Ocak 2018, Brandenburg, Germany, Hiccs, ISBN: 978-0-9981331-1-9, 4554-4551.
- Ardic, O.P., Mylenko, N. and Saltane, V., 2011, Small and Medium Enterprises: A Cross-Country Analysis with a New Data Set, *Social Science Research Network*, 1-32.
- Ardolino, M., Rapaccini, M., Saccani, N., Gaiardelli, P., Crespi, G. and Ruggeri, C., 2018, The role of digital technologies for the service transformation of industrial companies, *International Journal of Production Research*, 56(3), 2116-2132.
- Arnold, C., 2017, The Industrial Internet of Things from a Management Perspective: A Systematic Review of Current Literature, *Journal of Emerging Trends in Marketing and Management*, 1 (1), 8-21.
- Aruldoss, M., Lakshmi, T.M. and Venkatesan, V.P., 2013, A Survey on Multi Criteria Decision Making Methods and Its Applications, *American Journal of Information Systems*, 1 (1), 31-43.
- Aygün, D., 2020, Blok Zinciri ve Uygulamaları Üzerine Bir Değerlendirme, *ASOS* 108 (1), 481-490.
- Baden-Fuller, C. and Haeffliger, S., 2013, Business Models and Technological Innovation, *Long Range Planning, Managing Business Models for Innovation, Strategic Change and Value Creation*, 46 (1), 419-426.
- Bağcı, E., 2018, Endüstri 4.0: Yeni Üretim Tarzını Anlamak, *Gümüşhane University Electronic Journal of The Institute of Social Sciences*, 9 (24), 123-146.
- Barrett, S., 2020, *How IoT enhances ERP*, <https://www.anegis.com/articles/how-iot-enhances-erp>, [Ziyaret tarihi: 24 Ocak 2020].
- Bartodziej, C.J., 2017, *The concept Industry 4.0*, The Concept Industry 4.0: An Empirical Analysis of Technologies and Applications in Production Logistics, In: Bartodziej, C.J. (ed.), Chapter 4, Springer, Wiesbaden, 27-50.
- Basl, J., 2018, *Penetration of Industry 4.0 Principles into ERP Vendors' Products and Services – A Central European Study*, Research and Practical Issues of Enterprise Information Systems, Lecture Notes in Business Information Processing, In: Tjoa, A.M., Zheng, L.-R., Zou, Z., Raffai, M., Xu, L.D. and Novak, N.M. (Eds.), Springer International Publishing, Switzerland, 81-90.
- Basl, J. and Doucek, P., 2019, A Metamodel for Evaluating Enterprise Readiness in the Context of Industry 4.0. *Information*, 10 (3), 89-104.
- Basl, J. and Novakova, M., 2019, *Analysis of Selected ERP 4.0 Features and Proposal of an ERP 4.0 Maturity Model*, Research and Practical Issues of Enterprise Information

- Systems, Lecture Notes in Business Information Processing, In: Doucek, P., Basl, J., Tjoa, A.M., Raffai, M., Pavlicek, A. and Detter, K. (Ed.), Springer International Publishing, Cham, ISBN: 978-3-030-37632-1, 3-11.
- Baş, D., 2017, Türkiye deki İşletmelerde Kurumsal Kaynak Sistemlerinin Kullanımı, *Journal of Business Research – Turk*, 9 (1), 23-44.
- Bauer, W., Hämmerle, M., Schlund, S. and Vocke, C., 2015, Transforming to a Hyper-connected Society and Economy – Towards an “Industry 4.0.” *Procedia Manufacturing, 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE 2015) and the Affiliated Conferences*, 26-30 July 2015, Las Vegas, Nevada, USA, 417-424.
- Bayo-Moriones, A., Billón, M. and Lera-López, F., 2013, Perceived performance effects of ICT in manufacturing SMEs, *Industrial Management & Data Systems* 113 (1), 117-135.
- Bayram, B. and İnce, G., 2018, *Advances in Robotics in the Era of Industry 4.0*, Industry 4.0: Managing the Digital Transformation, In: Ustundag, A., Cevikcan, E. (Ed.), Chapter 11, Springer Series in Advanced Manufacturing. Springer International Publishing, Cham, ISBN: 978-3-319-57870-5, 187-200.
- Bayülken, Y. and Kütükoğlu, C., 2012, *Küçük ve Orta Ölçekli Sanayi İşletmeleri*, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Ankara.
- Becker, W. and Schmid, O., 2020, The right digital strategy for your business: an empirical analysis of the design and implementation of digital strategies in SMEs and LSEs, *Business Research*, 13 (3), 985-1005.
- Bernaert, M., Poels, G., Snoeck, M. and De Backer, M., 2014, *Enterprise Architecture for Small and Medium-Sized Enterprises: A Starting Point for Bringing EA to SMEs, Based on Adoption Models*, In: Devos, J., van Landeghem, H. and Deschoolmeester, D. (Ed.), Information Systems for Small and Medium-Sized Enterprises: State of Art of IS Research in SMEs, Progress in IS, Chapter 4, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 67-96.
- Besson, P. and Rowe, F., 2012, Strategizing information systems-enabled organizational transformation: A transdisciplinary review and new directions, *The Journal of Strategic Information Systems*, 21 (2), 103-124.
- Bigan, I., Erdogan, C., Ceran, C., Ozturk, C., Ungor, E., Gokmen, C. and Ozen, T., 2020, *Consumer sentiment in Turkey during the coronavirus crisis*, <https://www.mckinsey.com/business-functions/marketing-and-sales/our-insights/survey-turkish-consumer-sentiment-during-the-coronavirus-crisis#>, [Ziyaret tarihi 14 Şubat 2021].
- Bilen, A. and Solmaz, H., 2014, KOBİ’lerin Karşılaştıkları Yapısal Sorunlar Ve Çözüm Önerileri (Diyarbakır Örneği), *Dicle Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 4 (7), 60-79.

- Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2015, *Türkiye Sanayi Strateji Belgesi 2015-2018*, http://www.sp.gov.tr/tr/temel-belge/s/124/Turkiye+Sanayi+Stratejisi+Belgesi+_2015-2018, [Ziyaret tarihi: 8 Haziran 2019].
- Bircan, K., Demir, N., Acayip, E. and Sebetci, Ö., 2014, Measurement of ERP Utilization Level of Enterprises: The Sample of Province Aydın, *Journal of Business Research – Turk*, 6 (2), 125-147.
- Birkel, H.S., Veile, J.W., Müller, J.M., Hartmann, E. and Voigt, K.-I., 2019, Development of a Risk Framework for Industry 4.0 in the Context of Sustainability for Established Manufacturers, *Sustainability*, 11 (2), 384-411.
- Björck, F., Henkel, M., Stirna, J. and Zdravkovic, J., 2015, *Cyber Resilience – Fundamentals for a Definition*, In: Rocha, A., Correia, A.M., Costanzo, S. and Reis, L.P. (Eds.), *New Contributions in Information Systems and Technologies, Advances in Intelligent Systems and Computing*, Springer International Publishing, Switzerland, ISBN: 978-3-319-16486-1, 311-316.
- Blatz, F., Bulander, R. and Dietel, M., 2018, Maturity Model of Digitization for SMEs, *2018 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC)*, 17-20 June 2018, Stuttgart, Germany, IEEE, 1-9.
- Bloomberg, J., 2018, *Digitization, Digitalization, And Digital Transformation: Confuse Them at Your Peril*, <https://www.forbes.com/sites/jasonbloomberg/2018/04/29/digitization-digitalization-and-digital-transformation-confuse-them-at-your-peril/#14e022ac2f2c>, [Ziyaret tarihi: 2 Nisan 2020].
- Blümel, E., Fredrich, H. and Winge, A., 2012, Applied Knowledge Transfer to European SMEs by Expertise Networks Using Mixed Reality, *Workshops on Business Informatics Research, Lecture Notes in Business Information Processing*, 6 October 2011, Riga-Latvia, Berlin Springer, 90-101.
- Bonekamp, L. and Sure, M., 2015, Consequences of Industry 4.0 on Human Labour and Work Organisation, *Journal of Business and Media Psychology*, 6(1), 33-40.
- Bongomin, O., Nganyi, E.O., Abswaidi, M.R., Hitiyise, E. and Tumusiime, G., 2020, Sustainable and Dynamic Competitiveness towards Technological Leadership of Industry 4.0: Implications for East African Community, *Journal of Engineering*, 6 (1), 1-22.
- Boons, F. and Lüdeke-Freund, F., 2013, Business models for sustainable innovation: state-of-the-art and steps towards a research agenda, *Journal of Cleaner Production*, 45, 9-19.
- Boonsiritomachai, W., McGrath, G.M. and Burgess, S., 2016, Exploring business intelligence and its depth of maturity in Thai SMEs, *Cogent Business & Management*, 3 (1), 1-17.
- Boza, A., Cuenca, L., Poler, R. and Michaelides, Z., 2015, The interoperability force in the ERP field, *Enterprise Information Systems*, 9 (3), 257–278.
- Brettel, M., Friederichsen, N., Keller, M. and Rosenberg, M., 2014, How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An

- Industry 4.0 Perspective, *International Scholarly and Scientific Research & Innovation*, 8 (1), 37-44.
- Breivold, H.P. and Sandström, K., 2015, Internet of Things for Industrial Automation – Challenges and Technical Solutions, *2015 IEEE International Conference on Data Science and Data Intensive Systems*, 11-13 December 2015, Sydney, Australia, IEEE, 532–539.
- Buonanno, G., Faverio, P., Pigni, F., Ravarini, A., Sciuto, D. and Tagliavini, M., 2005, Factors affecting ERP system adoption: A comparative analysis between SMEs and large companies, *Journal of Enterprise Information Management*, 18 (4), 384-426.
- Burmeister, C., Luettgens, D. and Piller, F.T., 2016, Business Model Innovation for Industrie 4.0: Why the “Industrial Internet” Mandates a New Perspective on Innovation, *Die Unternehmung*, 2 (1), 124-152.
- Buytaert, D., 2014, *Business model innovation beats technical innovation*, <http://dri.es/business-model-innovation-beats-technical-innovation>, [Ziyaret tarihi: 25 Nisan 2021].
- Cagle, M.N., 2020, *Reflections of Digitalization on Accounting: The Effects of Industry 4.0 on Financial Statements and Financial Ratios*, Digital Business Strategies in Blockchain Ecosystems: Transformational Design and Future of Global Business, Contributions to Management Science, In: Hacıoglu, U. (Ed.) Chapter 23, Springer International Publishing, Cham, 473-501.
- Calisir, F. and Calisir, F., 2004, The relation of interface usability characteristics, perceived usefulness, and perceived ease of use to end-user satisfaction with enterprise resource planning (ERP) systems, *Computers in Human Behavior*, 20 (4), 505–515.
- Cao, L. and Zhu, H., 2013, Normal Accidents: Data Quality Problems in ERP-enabled Manufacturing, *Journal of Data and Information Quality*, 4 (3), 11-26.
- Chang, M.-K., Cheung, W., Cheng, C.-H. and Yeung, J.H.Y., 2008, Understanding ERP system adoption from the user's perspective, *International Journal of Production Economics*, 113 (2), 928–942.
- Chang, S.-I., Hung, S.-Y., Yen, D. and Lee, P.-J., 2012, *Critical Factors of ERP Adoption for Small- and Medium- Sized Enterprises: An Empirical Study*, International Comparisons of Information Communication Technologies: Advancing Applications, In: Tan F.B (ed), Chapter 9, IGI Global, Auckland University of Technology, New Zealand, ISBN: 9781613504802, 205-230.
- Chesbrough, H.W., 2003, *Open innovation: the new imperative for creating and profiting from technology*, Harvard Business School Press, Boston, Mass, ISBN: 1-57851-837-7.
- Chijoke, M. and Bizien, Q., 2017, *Adoption of Innovation: A qualitative research about employees' adoption of information technological tool*, Yüksek Lisans, School of Business and Economics.

- Chong, S., Pan, G.-T., Chin, J., Show, P.L., Yang, T.C.K. and Huang, C.-M., 2018, Integration of 3D Printing and Industry 4.0 into Engineering Teaching, *Sustainability*, 10(11), 3960-3972.
- Cimini, C., Pezzotta, G., Pinto, R. and Cavalieri, S., 2019, Industry 4.0 technologies impacts in the manufacturing and supply chain landscape: an overview, *Service Orientation in Holonic and Multi-Agent Manufacturing: 8th International Workshop*, 11-12 June 2018, University of Bergamo, Italy, Springer, ISBN: 978-3-030-03002-5, 109-120.
- Cimini, C., Pinto, R., Pezzotta, G. and Gaiardelli, P., 2017, The Transition Towards Industry 4.0: Business Opportunities and Expected Impacts for Suppliers and Manufacturers *Advances in Production Management Systems. The Path to Intelligent, Collaborative and Sustainable Manufacturing*, Switzerland, Springer, ISBN: 978-3-319-66922-9, 119-126.
- Cocca, P., Marciano, F., Rossi, D. and Alberti, M., 2018, Business Software Offer for Industry 4.0: the SAP case, *16th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing*, 11-13 June 2018, Bergamo, Italy, ScienceDirect, 1200-1205.
- Cotet, G.B., Balgiu, B.A. and Zaleschi, V.-C., 2017, Assessment procedure for the soft skills requested by Industry 4.0, *8th International Conference on Manufacturing Science and Education – MSE 2017 “Trends in New Industrial Revolution”*, 9 August 2017, MATEC Web Con, 1-8.
- Crosby, M., Nachiappan, Pattanayak, P., Verma, S. and Kalyanaraman, V., 2016, BlockChain Technology: Beyond Bitcoin, *Applied Innovation Review*, 2 (1), 1-19.
- Culot, G., Nassimbeni, G., Orzes, G. and Sartor, M., 2020, Behind the definition of Industry 4.0: Analysis and open questions, *International Journal of Production Economics*, 226 (1), 107617-107628.
- Czekster, R.M., Webber, T., Jandrey, A.H. and Marcon, C.A.M., 2019, Selection of enterprise resource planning software using analytic hierarchy process, *Enterprise Information Systems*, 13 (6), 895-915.
- Çakmak, M., 2018, *Impacts of Industry 4.0 on Labour Force and Business Organizations: A Qualitative Analysis of Consultants, Experts and Unions' Introspections*, Yüksek Lisans, İstanbul Bilgi Üniversitesi.
- Çevik, D., 2019, KOBİ'lerde Sanayi 4.0'ın Uygulanabilirliği ve Yönetici Bakış Açılarının Değerlendirilmesi, *Journal of International Scientific Research*, 4 (2), 277-291.
- Çevik Onar, S., Ustundag, A., Kadaifci, Ç. and Oztaysi, B., 2018, *The Changing Role of Engineering Education in Industry 4.0 Era*, Industry 4.0: Managing the Digital Transformation, Springer Series in Advanced Manufacturing, In: Ustundag, A. and Cevikcan, E. (Eds.), Springer International Publishing, Cham, 137-151.
- Çiçek, E. and Çelik, C., 2010, KOBİ'lerde Bilgi Teknolojileri Kullanımına Yönelik Yöneticilerin Bakış Açıları “Mersin İlinde Bir Uygulama”, *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 10 (19), 577-597.

- D'Auria, G. and De Smet, A., 2020, *Leadership in a crisis: Responding to coronavirus*, <https://www.mckinsey.com/business-functions/organization/our-insights/leadership-in-a-crisis-responding-to-the-coronavirus-outbreak-and-future-challenges>, [Ziyaret tarihi: 14 Şubat 2021].
- Dabous, S.A. and Alkass, S., 2008, Decision support method for multi-criteria selection of bridge rehabilitation strategy, *Construction Management and Economics*, 26 (8), 883-893.
- Davenport, T. H., 1998, *Putting the Enterprise into the Enterprise System*, <https://hbr.org/1998/07/putting-the-enterprise-into-the-enterprise-system>, [Ziyaret tarihi: 5 Mayıs 2019].
- Davutoğlu, N., Akgül, B. and Yıldız, E., 2017, İşletme Yönetiminde Sanayi 4.0 Kavramı İle Farkındalık Oluşturarak Etkin Bir Şekilde Değişimi Sağlamak, *The Journal of Academic Social Sciences*, 5 (1), 544-567.
- Deloitte, 2016, Türkiye'deki Dijital Değişime CEO Bakışı, <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/tr/Documents/technology-media-telecommunications/turkiyedeki-dijital-degisime-CEO-bakisi.pdf>, [Ziyaret tarihi: 18 Kasım 2019].
- Deloitte, 2017, *Industry 4.0: Is your ERP system ready for the digital era?*, https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/de/Documents/technology/Deloitte_ERP_Industrie-4-0_Whitepaper.pdf, [Ziyaret tarihi: 26 Ağustos 2019].
- Deloitte, 2018, *The Fourth Industrial Revolution is here—are you ready?*, https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/tr/Documents/manufacturing/Industry4-0_Are-you-ready_Report.pdf, [Ziyaret tarihi: 28 Ağustos 2019].
- DeLone, W.H. and McLean, E.R., 2003, The DeLone and McLean Model of Information Systems Success: A Ten-Year Update, *Journal of Management Information Systems*, 19 (4), 9-30.
- Dikhanbayeva, D., Shaikholla, S., Suleiman, Z. and Turkyilmaz, A., 2020, Assessment of Industry 4.0 Maturity Models by Design Principles, *Sustainability*, 12 (23), 9927-9949.
- Dirani, K.M., Abadi, M., Alizadeh, A., Barhate, B., Garza, R.C., Gunasekara, N., Ibrahim, G. and Majzun, Z., 2020, Leadership competencies and the essential role of human resource development in times of crisis: a response to Covid-19 pandemic, *Human Resource Development International*, 23 (4), 380-394.
- Doom, C., Milis, K., Poelmans, S. and Bloemen, E., 2010, Critical success factors for ERP implementations in Belgian SMEs, *Journal of Enterprise Information Management*, 23 (3), 378-406.
- Dossou, P.-E., 2018, Impact of Sustainability on the supply chain 4.0 performance, *Procedia Manufacturing*, 17 (1), 452-459.

- Drath, R., Horch, A., 2014, Industrie 4.0: Hit or Hype?, *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 8, 56-58.
- Drucker, P.F., 1985, *Innovation and Entrepreneurship*, Harper Business, ISBN: 9780060851132.
- Durmuş, A. and Dağlı, A., 2017, Integration of Vocational Schools to Industry 4.0 by Updating Curriculum and Programs, *International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies*, 1 (1), 1-3.
- Eid, M.I.M. and Abbas, H.I., 2017, User adaptation and ERP benefits: moderation analysis of user experience with ERP, *Kybernetes*, 46 (1), 530-549.
- Eker, M. and Aytaç, A., 2016, Effects of Interaction Between ERP and Advanced Managerial Accounting Techniques on Firm Performance: Evidence from Turkey, *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, 72 (2), 187-210.
- Ellahi, R.M., Ali Khan, M.U. and Shah, A., 2019, Redesigning Curriculum in line with Industry 4.0. *Procedia Computer Science, The 10th International Conference on Ambient Systems, Networks and Technologies (ANT 2019)*, 29 April - 2 May 2019, Leuven, Belgium, IEEE, 699-708.
- ENISA, 2018, *Good Practices for Security of Internet of Things in the context of Smart Manufacturing*, <https://www.enisa.europa.eu/publications/good-practices-for-security-of-iot>, [Ziyaret tarihi: 23 Mart 2019].
- Erdil, A. and Başlıgil, H., 2011, Kurumsal Kaynak Planlamanın Endüstriyel İşletme Bünyesinde Kurulması, Kurulumunda Karşılaşılan Sorunlar ve Çözümleri, *Journal of Engineering and Natural Sciences*, 29 (3), 196-230.
- Erdil, E. and Ertekin, Ş., 2018, Industry 4.0 and Turkish National Innovation System: Challenges and Prospects, *Industry 4.0*, 2 (4), 193-196.
- Ernst & Young, 2020, *COVID-19 ve Salgın Yönetimi: Liderler için Olası Aksiyon Önerileri*, https://www.ey.com/tr_tr/covid-19/yayinlar-ve-raporlar/covid-19-salgın-yonetimi-liderler-icin-olası-aksiyon-onerileri, [Ziyaret tarihi: 28 Nisan 2021].
- Erol, S., Schumacher, A. and Sihn, W., 2016, Strategic guidance towards Industry 4.0 – a three-stage process model, *International Conference on Competitive Manufacturing 2016 (COMA'16)*, 27-29 January 2016, Stellenbosch, South Africa, Fraunhofer IPA, ISBN: 978-0-7972-1602-0, 495-500.
- Ersoy, A.R., 2016, Siemens'in Endüstri 4.0'a Bakışı ve Çalışmaları, *Elektrik Mühendisliği*, 459, 48-49.
- Erturan, İ.E. and Ergin, E., 2017, Muhasebe Denetiminde Nesnelerin İnterneti: Stok Döngüsü. *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, 75 (1), 13-30.
- Ervural, B.C. and Ervural, B., 2018, *Overview of Cyber Security in the Industry 4.0 Era*, *Industry 4.0: Managing the Digital Transformation*, Springer Series in Advanced

- Manufacturing, In: Ustundag, A. and Cevikcan, E. (Eds.), Chapter 16, Springer International Publishing, Switzerland, 267-284.
- Esen, E., 2019, *Raporlama 4.0: Entegre Raporlamada Ne Durumdayız?*, <http://hbrturkiye.com/blog/raporlama-4-0-entegre-raporlamada-ne-durumdayiz>, [Ziyaret tarihi: 16 Şubat 2019].
- Esengün, M. and İnce, G., 2018, *The Role of Augmented Reality in the Age of Industry 4.0*, Industry 4.0: Managing the Digital Transformation, Springer Series in Advanced Manufacturing, In: Ustundag, A. and Cevikcan, E. (Eds.), Chapter 12, Springer International Publishing, Switzerland, 201-215.
- Essentra, 2019, *How Industry 4.0 is changing business models*, <https://www.essentracomponents.com/en-gb/news/news-articles/how-industry-40-is-changing-business-models>, [Ziyaret tarihi: 10 Nisan 2021].
- Estefania, T.V., Samir, L., Robert, P., Patrice, D. and Alexandre, M., 2018, The Integration of ERP and Inter-intra Organizational Information systems: A Literature Review, *16th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing*, 11-13 June 2018, Bergamo, Italy, IFAC, 1212–1217.
- Esteves, J., 2006, Understanding the Relationship between ES Benefits, Business Complexity, and Business Alignment in SMEs, *Proceedings of the European and Mediterranean Conference on Information Systems*, 6-7 July 2006, Alicante, Spain, 1-902316-46-0, 1-11.
- Esteves, J., 2009, A benefits realization road-map framework for ERP usage in small and medium-sized enterprises, *Journal of Enterprise Information Management*, 22 (1), 25-35.
- European Commission, 2018, *Poland: “Initiative for Polish Industry 4.0 – The Future Industry Platform”*, https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/dem/monitor/sites/default/files/DTM_Poland%20_vf.pdf, [Ziyaret tarihi: 21 Nisan 2019].
- European Commission, 2015, *User guide to the SME definition*, Publications Office, Luxembourg.
- Everdingen, Y., Hillegersberg, J. and Waarts, E., 2000, ERP adoption by European midsize companies, *Communications of the ACM*, 43, 27-31.
- Faisal, C.M.N., Tariq, S., Ahtram, T., Abbasi, M.S., Sarwer, S. and Selamat, A., 2012, A Novel Usability Matrix for ERP Systems Using Heuristic Approach, *Proceedings of 2012 International Conference on Management of e-Commerce and e-Government*, 20-21 October 2012, Beijing, China, ISBN: 978-1-4673-2943-9, 291-296.
- Faller, C. and Feldmüller, D., 2015, Industry 4.0 Learning Factory for regional SMEs. *Procedia CIRP, 5th Conference on Learning Factories*, 7 July 2015, Bochum, Germany, 88-91.

- Feinleib, D., 2014, Big Data Bootcamp: *What Managers Need to Know to Profit from the Big Data Revolution*, Apress, ISBN: 978-1-4842-0041-4.
- Fettermann, D.C., Cavalcante, C.G.S., Almeida, T.D. and Tortorella, G.L., 2018, How does Industry 4.0 contribute to operations management?, *Journal of Industrial and Production Engineering*, 35 (1), 255-268.
- Fettig, K., Gačić, T., Köskal, A., Kühn, A. and Stuber, F., 2018, Impact of Industry 4.0 on Organizational Structures, *Proceedings of 2018 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC)*, 17-20 June 2018, Stuttgart, Germany, IEEE, 1-8.
- Firstpost, 2015, *Digital business strategies will drive more than half of enterprise IT spending in next two years*, <https://www.firstpost.com/business/digital-business-strategies-will-drive-more-than-half-of-enterprise-it-spending-within-next-24-months-2496134.html>, [Ziyaret tarihi: 23 Kasım 2020].
- Franek, J. and Kresta, A., 2014, Judgment Scales and Consistency Measure in AHP, *Proceedings of a meeting held: Procedia Economics and Finance*, 6-7 March 2014, Brno, Czech Republic, Elsevier Procedia, ISBN: 9781632669926, 164-173.
- Frank, A.G., Mendes, G.H.S., Ayala, N.F. and Ghezzi, A., 2019, Servitization and Industry 4.0 convergence in the digital transformation of product firms: A business model innovation perspective, *Technological Forecasting and Social Change*, 141 (1), 341-351.
- Frederico, G.F., Garza-Reyes, J.A., Kumar, A. and Kumar, V., 2020, Performance measurement for supply chains in the Industry 4.0 era: a balanced scorecard approach, *International Journal of Productivity and Performance Management*, 70 (4), 789-807.
- Fretty, P., 2020, *Tale of COVID-19: Crisis Inspiring Innovations*, <https://www.industryweek.com/technology-and-iiot/media-gallery/21126839/tale-of-covid19-crisis-inspiring-innovations>, [Ziyaret tarihi: 27 Nisan 2020].
- Fukuyama, M., 2018, Society 5.0: Aiming for a New Human-Centered Society, *Japan Spotlight*, 47 (8), 46-50.
- Gabaçlı, N., Uzunöz, M., 2017, IV.Sanayi Devrimi: Endüstri 4.0 ve Otomotiv Sektörü, *Uluslararası Politik, Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Kongresi, Bildiriler Kitabı*, 9-11 November 2017, Ankara, Turkey, Ankara Yıldırım Beyazıt University, 149-174.
- Ganzarain, J. and Errasti, N., 2016, Three stage maturity model in SME's toward industry 4.0, *Journal of Industrial Engineering and Management*, 9 (1), 1119-1128.
- Gartner, 2020, *Definition of Operational Technology (OT)*, <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/operational-technology-ot>, [Ziyaret tarihi: 23 Kasım 2020].
- Geissbauer, R., Lübben, E., Schrauf, S. and Pillsbury, S., 2018, *Global Digital Operations Study 2018: Digital Champions*, https://www.strategyand.pwc.com/media/file/Global-Digital-Operations-Study_Digital-Champions.pdf, [Ziyaret tarihi: 14 Temmuz 2019].

- Geissbauer, R., Schrauf, S., Koch, V. and Kuge, S., 2014, *Industry 4.0 - Opportunities and Challenges of the Industrial Internet*, <https://www.pwc.nl/en/assets/documents/pwc-industrie-4-0.pdf>, [Ziyaret tarihi: 23 Kasım 2020].
- Gergin, Z., Üney-Yüksektepe, F., Güneş Gençyılmaz, M., Tülin Aktin, A., Gülen, K.G., İlhan, D.A., Dünder, U., Cebeci, Ö. and Çavdarlı, A.İ., 2019, Industry 4.0 Scorecard of Turkish SMEs, *Proceedings of the International Symposium for Production Research*, 13-15 September 2018, Vienna, Austria, Springer, ISBN: 978-3-319-92267-6, 426-437.
- Gerlitz, L., 2016, Design Management as A Domain of Smart and Sustainable Enterprise: Business Modelling for Innovation and Smart Growth In Industry 4.0, *Entrepreneurship and Sustainability Issues*, 3 (1), 244-268.
- Gërvalla, M. and Ternai, K., 2019, The Impact of Industry 4.0 to the ERP Approach, *SEFBIS Journal*, 13 (1), 56-62.
- Ghadge, A., Er Kara, M., Moradlou, H. and Goswami, M., 2020, The Impact of Industry 4.0 Implementation on Supply Chains, *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31 (4), 669-686.
- Ghobakhloo, M., 2018, The Future of Manufacturing Industry: A Strategic Roadmap Toward Industry 4.0, *Journal of Manufacturing Technology Management*, 29 (6), 910-936.
- Gilchrist, A., 2016, *Industry 4.0: The Industrial Internet of Things*, Apress, Thailand, ISBN: 978-1-4842-2046-7.
- Gladden, M.E., 2019, Who Will Be the Members of Society 5.0? Towards an Anthropology of Technologically Posthumanized Future Societies, *Social Sciences*, 8 (1), 1-39.
- Global Innovation Index, 2018, *Global Innovation Index 2018*, <https://www.wipo.int/publications/en/details.jsp?id=4330>, [Ziyaret tarihi: 6 Mart 2020].
- Gnanasagaran, A., 2018, *Malaysia launches Industry 4.0 policy*, <https://theaseanpost.com/article/malaysia-launches-industry-40-policy>, [Ziyaret tarihi: 4 Haziran 2020].
- Goel, S., Kiran, R. and Garg, D., 2011, A framework for efficient enterprise resource planning (ERP) implementation in technical educational, *African Journal of Business Management*, 5 (1), 13197-13204.
- Goerzig, D. and Bauernhansl, T., 2018, Enterprise Architectures for the Digital Transformation in Small and Medium-sized Enterprises, *Proceedings of 11th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering*, 19-21 July 2017, Gulf of Naples, Italy, 540-545.
- Goksoy, A., 2020, *Can Internal Social Media and Data Mining Be a Powerful Communication Vehicle in Reaching Employees in Change Management in Industry 4.0?*, Business Management and Communication Perspectives in Industry 4.0, In: Tunç, A.Ö., Aslan, P. (Eds.), Chapter 8, IGI Global, Istanbul, Turkey, ISBN: 978-1-5225-9418-5, 337-356.

- Gorecky, D., Schmitt, M., Loskyll, M. and Zühlke, D., 2014, Human-machine-interaction in the industry 4.0 era, *Proceedings of 12th IEEE International Conference on Industrial Informatics (INDIN)*, 27-30 July 2014, Porto Alegre, Brazil, IEEE, ISBN: 978-1-4799-4905-2, 289-294.
- Govindan, K., Muduli, K., Devika, K. and Barve, A., 2016, Investigation of the influential strength of factors on adoption of green supply chain management practices: An Indian mining scenario, *Resources, Conservation and Recycling*, 107(1), 185-194.
- Gökay, B., 2020, *Turkey tries to keep wheels of economy turning despite worsening coronavirus crisis*, <http://theconversation.com/turkey-tries-to-keep-wheels-of-economy-turning-despite-worsening-coronavirus-crisis-135370>, [Ziyaret tarihi: 27 Nisan 2020].
- Gracel, J. and Łebkowski, P., 2018, The Concept of Industry 4.0 Related Manufacturing Technology Maturity Model (Manutech Maturity Model, MTMM), *Decision Making in Manufacturing and Services*, 12(1), 17-31.
- Grampp, M. and Zobrist, L., 2018, *Workplace transformation in the digital age: Challenges and success factors*, <https://www.bbalanced.ch/wp-content/uploads/2019/04/Rapport-Deloitte-Modern-Workplace-bbalanced.pdf>, [Ziyaret tarihi: 27 Nisan 2020].
- Grandhi, S., Chugh, R., 2012, Implementation Strategies for ERP Adoption by SMEs, *Computer Applications for Communication, Networking, and Digital Contents, Communications in Computer and Information Science*, In: Kim, T., Ko, D., Vasilakos, T., Stoica, A. and Abawajy, J. (Eds.), Springer, Berlin, Heidelberg, 210-216.
- Granrath, D.L., 2017, *Japan's Society 5.0: Going Beyond Industry 4.0*, <https://www.japanindustrynews.com/2017/08/japans-society-5-0-going-beyond-industry-4-0/>, [Ziyaret tarihi: 17 Şubat 2019].
- Grieco, A., Caricato, P., Gianfreda, D., Pesce, M., Rigon, V., Tregnaghi, L. and Voglino, A., 2017, An Industry 4.0 Case Study in Fashion Manufacturing, *Procedia Manufacturing*, 11, 871-877.
- Grimaldi, R. and Tunzelmann, N.V., 2002, Assessing collaborative, pre-competitive R&D projects: the case of the UK LINK scheme, *R&D Management*, 32 (1), 165-173.
- Grzelczak, A., Kosacka, M. and Werner-Lewandowska, K., 2017, Employees Competences for Industry 4.0 in Poland– Preliminary Research Results, *DEStech Transactions on Engineering and Technology Research*, 24 (1), 139-144.
- Gumussoy, C.A., Calisir, F. and Bayram, A., 2007, Understanding the behavioral intention to use ERP systems: An extended technology acceptance model, *Proceedings of 2007 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 2-4 December 2007, Singapore, IEEE, 2024-2028.
- Günebakan, İ., 2016, KOBİ'ler İçin Bulut Bilişimin Avantaj ve Dezavantajları, *International Journal of Academic Value Studies*, 2 (4), 116-132.

- Hababbeh, A., Fadiya, S.O. and Akkaya, M., 2018, Factors influencing SMEs CloudERP adoption: A test with generalized linear model and artificial neural network, *Data Brief*, 20 (1), 969-977.
- Hacıevliyagil, N., 2016, KOBİ'lerin Finansman Sorununa Bir Çözüm Önerisi: Milli Ekonomi Modeli (Mem), *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 14 (3), 32-50.
- Haddara, M. and Elragal, A., 2015, The Readiness of ERP Systems for the Factory of the Future, *Procedia Computer Science, Conference on ENTERprise Information Systems/International Conference on Project MANagement/Conference on Health and Social Care Information Systems and Technologies*, October 7-9, 2015, Vilamoura Portugal, Elsevier, 721-728.
- Haddara, M. and Zach, O., 2012, ERP Systems in SMEs: An Extended Literature Review, *International Journal of Information Science*, 2 (6), 106-116.
- Hamdaqa, M. and Tahvildari, L., 2012, *Cloud Computing Uncovered: A Research Landscape*, Advances in Computers, In: Hurson, A. and Memon, A. (Eds.), Elsevier, Ontario, Canada, 41-85.
- Hamdi, S., Abouabdellah, A. and Oudani, M., 2018, Disposition of Moroccan SME Manufacturers to Industry 4.0 with the Implementation of ERP as a First Step, *Proceedings of Sixth International Conference on Enterprise Systems (ES)*, 1-2 October 2018, Limassol, Cyprus, IEEE, 116-122.
- Hamidi, S.R., Aziz, A.A., Shuhidan, S.M., Aziz, A.A. and Mokhsin, M., 2018, SMEs Maturity Model Assessment of IR4.0 Digital Transformation, *Proceedings of the 7th International Conference on Kansei Engineering and Emotion Research 2018, Advances in Intelligent Systems and Computing*, 19-22 March 2018, Kuching, Malaysia, Springer, 721-732.
- Harper, J., 2016, *Polish government unveils 5-pillar economic roadmap to 2040*, <https://financialobserver.eu/poland/polish-government-unveils-5-pillar-economic-roadmap-to-2040/>, [Ziyaret tarihi: 9 Kasım 2019].
- Haşit, G., 2016, KOBİ'ler İnsan Kaynakları Yönetiminin Neresinde? Eskişehir KOBİ'lerinde Bir Uygulama, *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 5(1), 1777-1791.
- Hedman, J., 2010, *ERP Systems: Critical Factors in Theory and Practice*, C Center for Applied ICT (CAICT), Frederiksberg, ISBN: 9788792524089.
- Hermann, M., Pentek, T. and Otto, B., 2016, Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios, *Proceedings of 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)*, 5-8 January 2016, Koloa, USA, IEEE, 3928-3937.
- Hewlett-Packard, 2006, *The value of integrating IT asset management with ERP applications*, <https://www.quantrio.ro/wp-content/uploads/2012/05/Intergate-ITAMwithERP.pdf>, [Ziyaret tarihi: 18 Ekim 2019].

- Horváth, D. and Szabó, R.Z., 2019, Driving forces and barriers of Industry 4.0: Do multinational and small and medium-sized companies have equal opportunities?, *Technological Forecasting and Social Change*, 146 (1), 119-132.
- Högel, M., Schnellbacher, W., Tevelson, R. and Weise, D., 2018, *Delivering on Digital Procurement's Promise*, <https://www.bcg.com/publications/2018/delivering-digital-procurement-promise.aspx>, [Ziyaret tarihi: 30 Kasım 2019].
- Huh, J.-H. and Lee, H.-G., 2018, Simulation and Test Bed of a Low-Power Digital Excitation System for Industry 4.0, *Processes*, 6 (9), 145-181.
- Iansiti, M., 2007, *ERP End-User Business Productivity: A Field Study of SAP & Microsoft*, http://www.apexcorp.co.kr/pro_inc/board_down.asp?file=MSEPR%20v%20SAP_End%20user%20business%20productivity%20study.pdf.pdf&mode=news, [Ziyaret tarihi: 9 Eylül 2019].
- Ibarra, D., Ganzarain, J. and Igartua-Lopez, J., 2018, Business model innovation through Industry 4.0: A review, *Procedia Manufacturing*, 22 (1), 4-10.
- Ifinedo, P., 2008, Impacts of business vision, top management support, and external expertise on ERP success, *Business Process Mgmt Journal*, 14 (4), 551-568.
- IFR, 2019, *Executive Summary World Robotics 2019 Industrial Robots*, <https://ifr.org/downloads/press2018/Executive%20Summary%20WR%202019%20Industrial%20Robots.pdf>, [Ziyaret tarihi: 25 Aralık 2019].
- Igartua, J.I., Retegi, J. and Epelde, J.G., 2018, IM2, a Maturity Model for Innovation in SMEs, *Dirección y organización*, 64 (1), 42-49.
- Igor, H., Bohuslava, J. and Martin, J., 2016, Proposal of communication standardization of industrial networks in Industry 4.0, *2016 IEEE 20th Jubilee International Conference on Intelligent Engineering Systems (INES)*, 30 June-2 July 2016, Budapest, Hungary, IEEE, 119-124.
- Iscoop, 2020, *IT and OT convergence - two worlds converging in Industrial IoT*, <https://www.i-scoop.eu/internet-of-things-guide/industrial-internet-things-it-ot/>, [Ziyaret tarihi: 23 Kasım 2020].
- ILO, 2020, *COVID-19 and the world of work Updated estimates and analysis*, https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@dgreports/@dcomm/documents/briefingnote/wcms_740877.pdf, [Ziyaret tarihi: 28 Haziran 2020].
- IMF, 2019, *World Economic Outlook*, <https://www.imf.org/external/datamapper/NGDPD@WEO>, [Ziyaret tarihi: 19 Ekim 2019].
- Immerman, D. and Lang, J., 2019, *Top Use Cases for Digital Twin Technology to Drive Digital Transformation*, https://www.iotjournal.nl/wp-content/uploads/2021/01/J12599_DigiTwin_Use_Cases_ebk_v8_lowres.pdf, [Ziyaret tarihi: 4 Ocak 2020].

- Iris, C. and Cebeci, U., 2014, Analyzing Relationship Between ERP Utilization and Lean Manufacturing Maturity of Turkish SMEs, *Journal of Enterprise Information Management*, 27 (3), 261-277.
- Iyengar, A., Kundu A. and A., Pallis, G., 2018, Healthcare Informatics and Privacy, *IEEE Internet Computing*, 22 (2), 29-31.
- Javaid, M.I. and Iqbal, M.M.W., 2017, A comprehensive people, process and technology (PPT) application model for Information Systems (IS) risk management in small/medium enterprises (SME), *2017 International Conference on Communication Technologies (ComTech)*, 19-21 April 2017, Rawalpindi, Pakistan, IEEE, 78-90.
- Joanna, S., Carmen Nadia, C., Lavinia, T. and Adina-Liliana, P., 2020, Project Management in Small and Medium Enterprises: A Comparison between Romania and Poland, *ECECSR*, 54 (1), 197-214.
- Johansson, B., Ruivo, P.M.F., Oliveria, T. and Neto, M., 2012, Evaluating determinants for ERP use and value in Scandinavia: exploring differences between Danish and Swedish SMEs, *6th European Conference on Information Management and Evaluation*, 13-14 September 2012, Cork, Ireland, International Limited, 135-142.
- Jonas, H. and Björn, J., 2011, *Measuring Utilization of ERP Systems Usage in SMEs*, Enterprise Information Systems Design, Implementation and Management: Organizational Applications, In: Cunha, M.M. and Varajao, J. (Eds.), Chapter 18, IGI Global, Portugal, ISBN: 978161692020, 287-299.
- Jovanovski, D.B., Seykova, D., Boshnyaku, A. and Fischer, D.C., 2019, The Impact of Industry 4.0 on the Competitiveness, *International Scientific Journal "Industry 4.0"*, 4 (5), 250-255.
- Jung, K., Kulvatunyou, B., Choi, S. and Brundage, M.P., 2016, An Overview of a Smart Manufacturing System Readiness Assessment, *Proceedings of the International IFIP WG 5.7 Conference on Advances in Production Management Systems, APMS 2016*, 3-7 September 2016, Iguassu Falls, Springer International Publishing, 705-712.
- Kağnicioglu, C.H. and Özdemir, E., 2017, Evaluation of SMEs In Eskisehir within the context of Industry 4.0, *Pressacademia*, 3 (1), 900-908.
- Kahn, K.B., 2018, Understanding innovation, *Business Horizons*, 61 (3), 453-460.
- Kane, G.C., Palmer, D., Phillips, A.N., Kiron, D. and Buckley, N., 2017, *Achieving Digital Maturity*, <https://store.hbr.org/product/achieving-digital-maturity/SMR624>, [Ziyaret tarihi: 11 Kasım 2020].
- Karabaş, S., Uysal, D. and Karkacıer, O., 2017, Kurumsal Kaynak Planlamasının İşletme Performansı Üzerine Etkisi: Bir Alan Araştırması, *Yalova Sosyal Bilimler Dergisi*, 8 (13), 129-145.
- Karaçay, G., 2018, *Talent Development for Industry 4.0*, Industry 4.0: Managing the Digital Transformation Springer Series in Advanced Manufacturing, In: Ustundag, A., Cevikcan,

- E. (Eds.), Chapter 7, Springer International Publishing, Switzerland, ISBN: 978-3-319-57870-5, 123-136.
- Karaçay, G. and Aydın, B., 2018, *Internet of Things and New Value Proposition, Industry 4.0: Managing the Digital Transformation*, Springer Series in Advanced Manufacturing, In: Ustundag, A., Cevikcan, E. (Eds.), Chapter 10, Springer International Publishing, Switzerland, ISBN: 978-3-319-57870-5, 173-185.
- Karaoğlu, S. and Şahin, S., 2016, DEMATEL ve AHP Yöntemleri İle İşletmelerin Satın Alma Problemine Bütünleşik Bir Yaklaşım: DSLR Kamera Örneği, *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 8 (2), 359-375.
- Karnouskos, S., Colombo, A.W., Bangemann, T., Manninen, K., Camp, R., Tilly, M., Sikora, M., Jammes, F., Delsing, J., Eliasson, J., Nappey, P., Hu, J. and Graf, M., 2014, *The IMC-AESOP Architecture for Cloud-Based Industrial Cyber-Physical Systems*, Industrial Cloud-Based Cyber-Physical Systems: The IMC-AESOP Approach, In: Colombo, A.W., Bangemann, T., Karnouskos, S., Delsing, J., Stluka, P., Harrison, R., Jammes, Francois and Lastra, J.L. (Eds.), Chapter 3, Springer International Publishing, Switzerland, ISBN: 978-3-319-05623-4, 49-88.
- Karre, H., Hammer, M., Kleindienst, M. and Ramsauer, C., 2017, Transition towards an Industry 4.0 State of the LeanLab at Graz University of Technology, *Procedia Manufacturing*, 9 (1), 206-213.
- Kaspersky, 2018, *Worried about IoT, but hit by malware*, https://www.kaspersky.com/about/press-releases/2018_ics-cybersecurity, [Ziyaret tarihi: 24 Mart 2019].
- Kazantsev, N., Pishchulov, G., Mehandijev, N. and Sampaio, P., 2018, Formation of Demand-Driven Collaborations between Suppliers in Industry 4.0 Production Networks, *Proceedings of 20th International Working Seminar on Production Economics*, 19-23 February 2018, Innsbruck, Austria, LiU-Tryck, 255-266.
- Keçek, G. and Yıldırım, E., 2010, Kurumsal Kaynak Planlama (ERP) Sisteminin Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) İle Seçimi: Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 15 (1), 193-211.
- Keidanren, 2018, *Society 5.0: Co-creating the future*, https://www.keidanren.or.jp/en/policy/2018/095_proposal.pdf, [Ziyaret tarihi: 4 Ocak 2020].
- Keskin, H., Şentürk, C., Sungur, O. and Kiriş, H.M., 2010, The Importance of SMEs in Developing Economies, *2nd International Symposium on Sustainable Development*, 8-9 June 2010, Sarajevo, Bosnia-Herzegovina, 183-192.
- Kiliç, R. and Keklik, B., 2012, KOBİ'lerde Genel Firma Özelliklerinin İnovasyon Uygulamalarına Etkisi: Balıkesir İlinde Bir Araştırma, *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 39 (1), 93-118.

- Kişisel Verilerin Korunması Kanunu, 2016, *Kişisel Verilerin Korunması Kanunu*, <https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.6698.pdf>, [Ziyaret tarihi: 9 Mart 2020].
- Kocaaga, A.S., Ervural, B.C., Demirel, O.F. and Zaim, S., 2019, Analysis of the Relationship Between Enterprise Resource Planning Implementation and Firm Performance: Evidence from Turkish SMEs, *Proceedings of the International Symposium for Production Research 2018*, 28-31 August 2019, Vienna, Austria, Springer International Publishing, ISBN: 978-3-319-92267-6, 724-736.
- Koç, T., Ekren, G., Oberer, B. and Erkollar, A., 2019, Defining the Pros and Cons of Cloud ERP Systems: A Turkish Case, *Proceedings of the International Symposium for Production Research 2018*, 28-31 August 2019, Vienna, Austria, Springer International Publishing, ISBN: 978-3-319-92267-6, 367-378.
- Kopp, C.M., 2020, *Understanding Business Models*, <https://www.investopedia.com/terms/b/businessmodel.asp>, [Ziyaret tarihi: 10 Nisan 2021].
- KOSGEB, 2018, *2018 Yılı Faaliyet Raporu*, https://www.kosgeb.gov.tr/Content/Upload/Dosya/Mali%20Tablolar/Faaliyet%20Raporlar%C4%B1/KOSGEB_2018_Y%C4%B1%20Faaliyet_Raporu.pdf, [Ziyaret tarihi: 6 Nisan 2020].
- KOSGEB, 2019, *KOBİGEL - KOBİ Gelişim Destek Programı*, <https://www.kosgeb.gov.tr/site/tr/genel/destekdetay/3288/kobigel-kobi-gelisim-destek-programi> [Ziyaret tarihi: 16 Haziran 2019].
- KPMG, 2017, *Journey to the cloud: The creative CIO Agenda*, <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/xx/pdf/2017/02/the-creative-cios-agenda-journey-to-cloud.PDF>, [Ziyaret tarihi: 30 Mart 2019].
- KSEP, 2015, *KOBİ Stratejisi ve Eylem Planı*, [https://www.kosgeb.gov.tr/Content/Upload/Dosya/Mali%20Tablolar/KSEP/Kobi_Stratejisi_ve_Eylem_Plani_\(2015-2018\).pdf](https://www.kosgeb.gov.tr/Content/Upload/Dosya/Mali%20Tablolar/KSEP/Kobi_Stratejisi_ve_Eylem_Plani_(2015-2018).pdf), [Ziyaret tarihi: 19 Mayıs 2020].
- Kumar, K. and Hillegersberg, J., 2000, ERP Experiences and Evolution, *Communications of the ACM*, 43 (4), 23-26.
- Küpper, D., Lorenz, M., Kuhlmann, K., Bouffault, O., Lim, Y., Van Wyck, J., Köcher, S. and Schlageter, J., 2018, *AI in the Factory of the Future: The Ghost in the Machine*, <https://www.bcg.com/publications/2018/artificial-intelligence-factory-future.aspx> [Ziyaret tarihi: 30 Mart 2020].
- LaBerge, L., O'Toole, C., Schneider, J. and Smaje, K., 2020, *How COVID-19 has pushed companies over the technology tipping point—and transformed business forever*, <http://ceros.mckinsey.com/coronavirus-promo-video-desktop>, [Ziyaret tarihi: 14 Şubat 2021].
- Lall, M., Torvatn, H., Seim, E.A., 2017, *Towards Industry 4.0: Increased Need for Situational Awareness on the Shop Floor*, *Advances in Production Management Systems*, The Path

- to Intelligent, Collaborative and Sustainable Manufacturing, IFIP Advances in Information and Communication Technology, In: Lödding, H., Riedel, R., Thoben, K.-D., von Cieminski, G., and Kiritsis, D. (Eds.), Chapter 6, Springer International Publishing, Hamburg, Germany, ISBN: 978-3-319-66923-6, 322-329.
- Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H.-G., Feld, T. and Hoffmann, M., 2014, Industry 4.0, *Bus Inf Syst Eng*, 6 (4), 239-242.
- Lasrado, L.A., Vatrappu, R. and Andersen, K., 2015, Maturity Models Development in IS Research: A Literature Review, *IRIS38 – System design for, with and by users*, 9-12 August 2015, Oulu, Finland, IRIS, 1-12.
- Laukkanen, S., Sarpola, S. and Hallikainen, P., 2007, Enterprise size matters: objectives and constraints of ERP adoption, *Journal of Enterprise Information Management*, 20 (3), 319-334.
- Laurinavicius, R. and Venckauskaite, A., 2012, *ERP system procurement in SMEs – two contrasting ways*, Yükses Lisans, Lund University.
- Le, M.D. and Han, K.S., 2016, Understanding the Impact of ERP System Implementation on Firm Performance – Focused on Vietnamese SMEs, *IJSEIA*, 10 (9), 87-104.
- Lederer, M., Knapp, J. and Schott, P., 2017, The digital future has many names—How business process management drives the digital transformation, *Proceedings of 2017 6th International Conference on Industrial Technology and Management (ICITM)*, 7-10 March 2017, Cambridge, UK, IEEE, 22-26.
- Lee, J., Bagheri, B. and Hung-An Kao, 2014a, Recent Advances and Trends of Cyber-Physical Systems and Big Data Analytics in Industrial Informatics, *Proceedings of Int. Conference on Industrial Informatics*, 27-30 July 2014, Porto Alegre, Brazil, IEEE, 3-7.
- Lee, J., Bagheri, B. and Jin, C., 2016, Introduction to cyber manufacturing, *Manufacturing Letters*, 8, 11-15.
- Lee, J., Bagheri, B. and Kao, H.-A., 2015, A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems, *Manufacturing Letters*, 3 (1), 18-23.
- Lee, J., Davari, H., Singh, J. and Pandhare, V., 2018, Industrial Artificial Intelligence for industry 4.0-based manufacturing systems, *Manufacturing Letters*, 18 (1), 20-23.
- Lee, J., Kao, H.-A. and Yang, S., 2014b, Service Innovation and Smart Analytics for Industry 4.0 and Big Data Environment, *Procedia CIRP*, 16 (1), 3-8.
- Leyh, C., Bley, K., Schäffer, T. and Forstenhäusler, S., 2016, SIMMI 4.0 - a maturity model for classifying the enterprise-wide it and software landscape focusing on Industry 4.0, *Proceedings of 2016 Federated Conference on Computer Science and Information Systems (FedCSIS)*, 11-14 September 2016, Gdansk, Poland, IEEE, 1297-1302.
- Li, C.-W. and Tzeng, G.-H., 2009, Identification of a threshold value for the DEMATEL method using the maximum mean de-entropy algorithm to find critical services provided

- by a semiconductor intellectual property mall, *Expert Systems with Applications*, 36 (6), 9891-9898.
- Li, L., 2018, China's manufacturing locus in 2025: With a comparison of "Made-in-China 2025" and "Industry 4.0", *Technological Forecasting and Social Change*, 135 (1), 66-74.
- Li, L., Su, F., Zhang, W. and Mao, J.-Y., 2017, Digital transformation by SME entrepreneurs: A capability perspective, *Information Systems Journal*, 28 (6), 1129-1157.
- Li, W., Liu, K., Belitski, M., Ghobadian, A. and O'Regan, N., 2016, e-Leadership through strategic alignment: an empirical study of small- and medium-sized enterprises in the digital age, *Journal of Information Technology*, 31 (2), 185-206.
- Lichtblau, K., Stich, V., Bertenrath, R., Blum, M., Bleider, M., Millack, A., Schmit, K., Schmitz, E. and Schröter, M., 2015, *Impuls: Industrie 4.0 Readiness*, Cologne Institute for Economic Research, Aachen, Cologne.
- Liebowitz, J., 2013, *Big Data and Business Analytics, 1st ed.*, Taylor & Francis Ltd, GB.
- Loecher, U., 2000, Small and medium-sized enterprises – delimitation and the European definition in the area of industrial business, *European Business Review*, 12 (5), 261-264.
- Ludwig, T., Kotthaus, C., Stein, M., Pipek, V. and Wulf, V., 2018, Revive Old Discussions! Socio-technical Challenges for Small and Medium Enterprises within Industry 4.0, *Proceedings of 16th European Conference on Computer-Supported Cooperative Work*, 4-8 June 2018, Nancy, France, European Society for Socially Embedded Technologies (EUSSET), 1-15.
- Mabenge, B.K., Ngorora-Madzimure, G.P.K. and Makanyeza, C., 2020, Dimensions of innovation and their effects on the performance of small and medium enterprises, the moderating role of firm's age and size, *Journal of Small Business & Entrepreneurship*, 1 (1), 1-25.
- Mabert, A.V., Soni, A. and Venkataramanan, M., 2003, The Impact of Size on Enterprise Resource Planning (ERP) Implementation in the US Manufacturing Sector, *Omega*, 31 (3), 235-246.
- Macaulay, T. and Singer, B.L., 2011, *Cybersecurity for Industrial Control Systems: SCADA, DCS, PLC, HMI, and SIS*, CRC Press, ISBN: 9781439801963.
- Macit, İ., 2017, Kurumsal Kaynak Planlamasının Endüstri 4.0 Kazanımları: Bir Yapısal Çatı Modeli Önerisi, *Yönetim Bilişim Sistemleri Dergisi*, 3 (1), 50-60.
- Maduku, D.K., Mpinganjira, M. and Duh, H., 2016, Understanding mobile marketing adoption intention by South African SMEs: A multi-perspective framework, *International Journal of Information Management*, 36 (5), 711-723.
- Majeed, M.A. and Rupasinghe, T.D., 2017, Internet of Things (IoT) Embedded Future Supply Chains for Industry 4.0: An Assessment from an ERP-based Fashion Apparel and Footwear Industry, *Journal of Supply Chain Management* 6 (1), 25-40.

- Malik, A., 2019, Creating Competitive Advantage through Source Basic Capital Strategic Humanity in the Industrial Age 4.0, *International Research Journal of Advanced Engineering and Science*, 4 (1), 209-215,
- Marcon, É., Marcon, A., Le Dain, M.-A., Ayala, N.F., Frank, A.G. and Matthieu, J., 2019, Barriers for the digitalization of servitization, *Procedia CIRP*, 83 (11), 254-259.
- Marr, B., 2021, 7 Amazing Examples of Digital Twin Technology In Practice, <https://bernardmarr.com/default.asp?contentID=1870>, [Ziyaret tarihi: 10 Ocak 2021].
- Mavrogiannakis, D., 2012, *Organization structure impact on ERP implementation success. Organization structure impact on ERP implementation success*, https://blogs.warwick.ac.uk/terp/entry/organization_structure_impact, [Ziyaret tarihi: 13 Nisan 2020].
- McKinsey & Company, 2016, *Industry 4.0 after the initial hype*, https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/mckinsey%20digital/our%20insights/getting%20the%20most%20out%20of%20industry%204%200/mckinsey_industry_40_2016.ashx, [Ziyaret tarihi: 24 Ağustos 2020].
- McKinsey, 2020, *Consumer sentiment is diverging across countries*, <https://www.mckinsey.com/business-functions/marketing-and-sales/our-insights/a-global-view-of-how-consumer-behavior-is-changing-amid-covid-19>, [Ziyaret tarihi: 14 Şubat 2021].
- Miguel, F.L., 2018, Industry 4.0 and the digital society: concepts, dimensions and envisioned benefits, *Business Excellence*, 12 (1), 386-397.
- Minos-Stensrud, M., Haakstad, O.H., Sakseid, O., Westby, B. and Alcocer, A., 2018, Towards Automated 3D reconstruction in SME factories and Digital Twin Model generation, *IEEE Control Systems Magazine*, 39 (2), 1777-1781.
- Miskiewicz, R. and Wolniak, R., 2020, Practical Application of the Industry 4.0 Concept in a Steel Company, *Sustainability*, 12 (14), 5776-5797.
- Mitra, R.M., 2018, *Digital Transformation and Industry 4.0 in Southeast Asia, Panorama : Insights into Asian and European Affairs: Digital Asia*, <https://www.kas.de/en/web/politikdialog-asien/single-title/-/content/digital-transformation-and-industry-4-0-in-southeast-asia>, [Ziyaret tarihi: 24 Nisan 2019].
- Mittal, S., Khan, M.A., Romero, D. and Wuest, T., 2018, A critical review of smart manufacturing & Industry 4.0 maturity models: Implications for small and medium-sized enterprises (SMEs), *Journal of Manufacturing Systems*, 49 (1), 194-214.
- Moeuf, A., Lamouri, S., Pellerin, R., Eburdy, R. and Tamayo, S., 2017, Industry 4.0 and the SME: a technology-focused review of the empirical literature, *7th International Conference on Industrial Engineering and Systems Management*, 11-13 October 2017, Saarbrücken, Germany, IESM, 141-148.

- Moeuf, A., Pellerin, R., Lamouri, S., Tamayo-Giraldo, S. and Barbaray, R., 2018, The industrial management of SMEs in the era of Industry 4.0, *International Journal of Production Research*, 56 (1), 1118-1136.
- Moica, S., Ganzarain, J., Ibarra, D. and Ferencz, P., 2018, Change made in shop floor management to transform a conventional production system into an “Industry 4.0”: Case studies in SME automotive production manufacturing, *7th International Conference on Industrial Technology and Management (ICITM)*, 7-9 March 2018, Oxford, UK, IEEE, 51-56.
- Montanus, M., 2016, *Business Models for Industry 4.0: Developing a Framework to Determine and Assess Impacts on Business Models in the Dutch Oil and Gas Industry*, Yüksek Lisans Tezi, Delft University of Technology.
- Moohebat, M.R., Asemi, A. and Jazi, M.D., 2010, A Comparative Study of Critical Success Factors (CSFs) in Implementation of ERP in Developed and Developing Countries, *International Journal of Advancements in Computing Technology*, 2 (5), 99-109.
- Morrar, R. and Arman, H., 2017, The Fourth Industrial Revolution (Industry 4.0): A Social Innovation Perspective, *Technology Innovation Management Review*, 7 (11), 12-20.
- Morton, N.A., Hu, Q., 2008, Implications of the fit between organizational structure and ERP: A structural contingency theory perspective, *International Journal of Information Management*, 28 (5), 391-402.
- Motaki, N. and Kamach, O., 2017, ERP selection: A step-by-step application of AHP Method, *International Journal of Computer Applications*, 176 (7), 15-21.
- Motyl, B., Baronio, G., Uberti, S., Speranza, D. and Filippi, S., 2017, How will Change the Future Engineers’ Skills in the Industry 4.0 Framework? A Questionnaire Survey, *Procedia Manufacturing*, *27th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing*, 27-30 June 2017, Modena, Italy, Elsevier, 1501-1509.
- Mouakket, S., 2010, Extending the Technology Acceptance Model to Investigate the Utilization of ERP Systems, *International Journal of Enterprise Information Systems*, 6 (4), 38-54.
- Musameli, A., Gish, D. and Laaper, S., 2016, *The rise of the digital supply network*, https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/3465_Digital-supply-network/DUP_Digital-supply-network.pdf, [Ziyaret tarihi: 28 Nisan 2019].
- Muscio, A. and Ciffolilli, A., 2020, What drives the capacity to integrate Industry 4.0 technologies? Evidence from European R&D projects, *Economics of Innovation and New Technology*, 29 (2), 169-183.
- Mushtaq, A. and Haq, I.U., 2019, Implications of Blockchain in Industry 4.0, *International Conference on Engineering and Emerging Technologies (ICEET)*, 21-22 February 2019, Lahore, Pakistan, IEEE, 1-5.

- Müller, J.M., 2019, Business model innovation in small- and medium-sized enterprises: Strategies for industry 4.0 providers and users, *Journal of Manufacturing Technology Management*, 30 (8), 1127-1142.
- Müller, J.M., Buliga, O. and Voigt, K.-I., 2018, Fortune favors the prepared: How SMEs approach business model innovations in Industry 4.0, *Technological Forecasting and Social Change*, 132 (1), 2-17.
- Müller, J.M., Maier, L., Veile, J. and Voigt, K.-I., 2017, Cooperation strategies among SMEs for implementing industry 4.0, *Proceedings of International Conference of Logistics (HICL) 2017*, 24 September 2017, Hamburg, Germany, HICL, ISBN: 978-3-7450-4328-0, 301-318.
- Müller, J.M. and Voigt, K.-I., 2018, Sustainable Industrial Value Creation in SMEs: A Comparison between Industry 4.0 and Made in China 2025, *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 5 (1), 659-670.
- Nagy, J., Oláh, J., Erdei, E., Máté, D. and Popp, J., 2018, The Role and Impact of Industry 4.0 and the Internet of Things on the Business Strategy of the Value Chain—The Case of Hungary, *Sustainability*, 10 (1), 3491-3516.
- Ng, C., 2020, *The Difference Between Data Governance and IT Governance*, <https://www.varonis.com/blog/the-difference-between-data-governance-and-it-governance/>, [Ziyaret tarihi: 18 Nisan 2021].
- Nuijens, R., 2017, *Turkey's Smart Manufacturing Roadmap*, <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2017/01/Turkey%20smart%20manuf.pdf>, [Ziyaret tarihi: 15 Mayıs 2020].
- Nuroğlu, E., 2018, Sanayide Dijital Dönüşüm Yarışında Türkiye'nin Dış Ticareti İçin Fırsatlar ve Tehditler, *Proceedings of 14th International Conference on Knowledge, Economy & Management*, 20-22 April 2018, Istanbul, Turkey, S. Zaim University, 563-574.
- Nuroğlu, E. and Nuroğlu, H.H., 2018, Endüstri 4.0'ı Türkiye'nin Dış Ticareti İçin Bir Fırsat Penceresine Dönüştürmek, *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 16 (1), 329-346.
- Nwankpa, J. and Roumani, Y., 2014, Understanding the link between organizational learning capability and ERP system usage: An empirical examination, *Computers in Human Behavior*, 33 (1), 224-234.
- Oberer, B. and Erkollar, A., 2018, Leadership 4.0: Digital Leaders in the Age of Industry 4.0, *International Journal of Organizational Leadership*, 7 (4), 404-412.
- Oesterreich, T.D. and Teuteberg, F., 2016, Understanding the implications of digitization and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry, *Computers in Industry*, 83 (1), 121-139.
- Onursal, F.S., Birgün, S., Mızrak, E., 2019, Analyzing the Delivery Process with TOC, *Proceedings of the International Symposium for Production Research 2018*, 28-31

August 2018, Vienna, Austria, Springer International Publishing, ISBN: 978-3-319-92266-9, 645-659.

- Ooi, K.-B., Lee, V.-H., Tan, G.W.-H., Hew, T.-S. and Hew, J.-J., 2018, Cloud computing in manufacturing: The next industrial revolution in Malaysia?, *Expert Systems with Applications*, 93 (1), 376-394.
- Oxford Economics, 2018, *The Digital Transformation Executive Study*, <https://www.oxfordeconomics.com/my-oxford/projects/432698>, [Ziyaret tarihi: 2 Şubat 2019].
- Ömürbek, N., Makas, Y. and Ömürbek, V., 2015, AHP ve TOPSIS Yöntemleri ile Kurumsal Proje Yönetim Yazılımı Seçimi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 21(1), 59-83.
- Önday, Ö., 2018, What Would Be the Impact of Industry 4.0 on SMEs: The Case of Germany, *The International Journal of Management*, 7 (2), 11-19.
- Örücü, E., Kılıç, R. and Savaş, A., 2011, KOBİ'lerde İnovasyon Stratejileri ve İnovasyon Yapmayı Etkileyen Faktörler: Bir Uygulama, *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 12(1), 58-73.
- Özdemir, L., Dulkadir, B. and Uğur, S.S., 2018, Kurumsal Kaynak Planlamasının (ERP) İnsan Kaynakları Yönetimine Etkisi: Turizm Sektöründe Bir Araştırma, *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi*, 9 (1), 1-12.
- Özdemir, S., Ersöz, H. and Sarioğlu, H., 2011, Küçük Girişimciliğin Artan Önemi Ve KOBİ'lerin Türkiye Ekonomisindeki Yeri, *Sosyal Siyaset Konferansları Dergisi*, 173-230.
- Özel, S. and Türkel, A., 2018, AHP Yöntemi Kullanarak ERP Sistemlerinin Karşılaştırılması ve Uygun Sistemin Belirlenmesi, *Marmara Fen Bilimleri Dergisi*, 30(3), 305-317.
- Özen, Ü. and Bingöl, M., 2010, İşletmelerde Bilişim Teknolojileri ve Yenilikçilik: Erzurum, Erzincan ve Bayburt'taki KOBİ'lerde Bir Araştırma, *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 10 (1), 399-417.
- Özkeser, B. and Karaarslan, C., 2019, The Innovation Performance Under the Shadow of Industry 4.0, *Proceedings of the International Symposium for Production Research 2018*, 28-31 August 2019, Vienna, Austria, Springer International Publishing, ISBN: 978-3-319-92267-6, 494-502.
- Özlü, F., 2017, The Advent of Turkey's Industry 4.0. *Turkish Policy Quarterly*, 16(1), 29-38.
- Öztürk, D. and Arıcı, Y.K., 2017, *A Research on Technology Usage in SMEs Operating in the Manufacturing Industry*, Current Debates In Business Studies, In: Aşkun, O.B., Staub, S. and Gönüllü, O. (Eds.), Chapter 4, IJOPEC Publication Limited, London, UK, 383-410.
- Parida, V., Sjödin, D.R., Lenka, S. and Wincent, J., 2015, Developing Global Service Innovation Capabilities: How Global Manufacturers Address the Challenges of Market Heterogeneity, *Research-Technology Management*, 58 (5), 35-44.

- Pearce, P.J., 2020, *Industry 4.0: How a maturity assessment can strengthen your organization*, <https://www.bakertilly.com/insights/industry-4.0-how-a-maturity-assessment-can-strengthen-organization>, [Ziyaret tarihi: 10 Ocak 2021].
- Penprase, B.E., 2018, *The Fourth Industrial Revolution and Higher Education*, Higher Education in the Era of the Fourth Industrial Revolution, In: Gleason, N.W. (Ed.), Chapter 8, Springer, Singapore, ISBN: 978-981-13-0193-3, 207-229.
- Pereira, A.C. and Romero, F., 2017, A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept, *Procedia Manufacturing, Manufacturing Engineering Society International Conference 2017*, 28-30 June 2017, Vigo (Pontevedra), Spain, Elsevier, 1206-1214.
- Pereshybkina, A., Conde, M. and Kalyesubula, T., 2017, *How will the industry 4.0 transformations affect SMEs in Germany by 2030?*, Yüksek Lisans, Hochschule Furtwangen University.
- Perkmann, M., Neely, A. and Walsh, K., 2011, How should firms evaluate success in university–industry alliances? A performance measurement system, *R&D Management*, 41 (2), 202-216.
- Pessl, E., Sorko, S.R. and Mayer, B., 2017, Roadmap Industry 4.0 – Implementation Guideline for Enterprises, *Technology and Society*, 5 (6), 193-202.
- Petrillo, A., Felice, F.D., Cioffi, R. and Zomparelli, F., 2018, *Fourth Industrial Revolution: Current Practices, Challenges, and Opportunities*, Digital Transformation in Smart Manufacturing, In: Petrillo, A., Cioffi, R. and Felice, F. (Eds.), Chapter 1, IntertechOpen, ISBN: 9789535138419, 1-20.
- Pierenkemper, C. and Gauemeier, J., 2020, Developing Strategies for Digital Transformation in SMEs with Maturity Models, in: Event Proceedings, *Proceedings of International Society for Professional Innovation Management (ISPIM)*, 1-4 March 2020, Bangkok, Thailand, LUT Scientific and Expertise Publications, ISBN: 978-952-335-465-4, 1-20.
- Pietrewicz, L., 2019, Technology, Business Models and Competitive Advantage in the Age of Industry 4.0, *Management Issues*, 17 (2), 32-52.
- Pirola, F., Cimini, C. and Pinto, R., 2019, Digital readiness assessment of Italian SMEs: a case-study research, *Journal of Manufacturing Technology*, 31 (5), 1045-1083.
- Pirvu, B.C. and Zamfirescu, C.B., 2017, Smart factory in the context of 4th industrial revolution: challenges and opportunities for Romania, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 14-17 June, 2017, Sibiu, Romania, ModTech International, 1-10.
- Pisching, M.A., Junqueira, F., Filho, D.J.S. and Miyagi, P.E., 2015, Service Composition in the Cloud-Based Manufacturing Focused on the Industry 4.0, Technological Innovation for Cloud-Based Engineering Systems, *Proceedings, 6th IFIP WG 5.5/SOCOLNET Doctoral Conference on Computing, Electrical and Industrial Systems, DoCEIS 2015*, 13-15 April 2015, Costa de Caparica, Portugal, Springer, ISBN: 978-3-319-16766-4, 65-72.

- Postaci, T., Belgin, Ö. and Erkan, T.E., 2013, *KOBİ'lerde Kurumsal Kaynak Planlaması (ERP) Uygulamaları*, Verimlilik Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Premkumar, G. and Roberts, M., 1999, Adoption of new information technologies in rural small businesses, *Omega*, 27(4), 467-484.
- Prifti, L., Knigge, M., Kienegger, H. and Krcmar, H., 2017, A Competency Model for “Industrie 4.0” Employees, *Proceedings Der 13. Internationalen Tagung Wirtschaftsinformatik (WI 2017)*, 12-15 February 2017, St. Gallen, Switzerland, 46-60.
- Qin, J., Liu, Y. and Grosvenor, R., 2016, A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond, *Procedia CIRP*, 52 (1), 173-178.
- Queen, P.E. and Fasipe, O., 2015, Understanding the Impact of Business Complexity on Executive Management Characteristics and Firm Performance, *Journal of Accounting and Finance*, 15 (3), 99-113.
- Raber, D., Winter, R. and Wortmann, F., 2012, Using Quantitative Analyses to Construct a Capability Maturity Model for Business Intelligence, *Proceedings of 2012 45th Hawaii International Conference on System Sciences*, 4-7 January 2012, Maui, Hawaii, USA, ISBN: 978-0-7695-4525-7, 4219-4228.
- Rajagopal, P., 2002, An innovation—diffusion view of implementation of enterprise resource planning (ERP) systems and development of a research model, *Information & Management*, 40 (2), 87-114.
- Rajan, C.A. and Baral, R., 2015, Adoption of ERP system: An empirical study of factors influencing the usage of ERP and its impact on end user, *IIMB Management Review*, 27 (2), 105-117.
- Rampton, J., 2016, *5 applications for blockchain in your business*, <https://execed.economist.com/blog/industry-trends/5-applications-blockchain-your-business>, [Ziyaret tarihi: 27 Haziran 2020].
- Raymond, L and, Uwizeyemungu, S., 2007, A profile of ERP adoption in manufacturing SMEs, *Journal of Enterprise Information Management*, 20 (4), 487-502.
- Reeves, M., Salha, H. and Bokkerink, M., 2010, *Simulation Advantage*, <https://www.bcg.com/publications/2010/business-unit-strategy-simulation-strategy.aspx>, [Ziyaret tarihi: 30 Mart 2020].
- Ren, L., Zhang, L., Tao, F., Zhao, C., Chai, X. and Zhao, X., 2015, Cloud manufacturing: from concept to practice, *Enterprise Information Systems*, 9 (2), 186-209.
- Reza, B., Sadiq, R. and Hewage, K., 2011, Sustainability assessment of flooring systems in the city of Tehran: An AHP-based life cycle analysis, *Construction and Building Materials*, 25 (4), 2053-2066.

- Rockwell Automation, 2014, *The Connected Enterprise Maturity Model*, https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/wp/cie-wp002_-en-p.pdf, [Ziyaret tarihi: 2 Ekim 2019].
- Rodgers, 2016, *Why 84% Of Companies Fail At Digital Transformation*, <https://www.forbes.com/sites/brucerogers/2016/01/07/why-84-of-companies-fail-at-digital-transformation/#78dc0563397b>, [Ziyaret tarihi: 4 Nisan 2019].
- Rojko, A., 2017, Industry 4.0 Concept: Background and Overview, *International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM)*, 11 (5), 77-90.
- Röglinger, M. and Pöppelbuss, J., 2011, What makes a useful maturity model: A framework for general design principles for maturity models and its demonstration in business process management. *Proceedings of 19th European Conference on Information Systems (ECIS)*, 9-11 June 2011, Helsinki, Finland, 1-12.
- Ruivo, P., Johansson, B., Oliveira, T. and Neto, M., 2013, Commercial ERP Systems and User Productivity: A Study Across European SMEs, *Procedia Technology*, 9 (1), 84-93.
- Ruivo, P., Oliveira, T. and Neto, M., 2012, ERP use and value: Portuguese and Spanish SMEs, *Industrial Management & Data Systems*, 112 (7), 1008-1025.
- Ruivo, P., Robrigues, J., Johansson, B., Oliveira, T. and Rebelo, J., 2017, Differences in ERP Value between Iberian Manufacturing and Services SMEs, *Procedia Computer Science*, 121 (1), 707-715.
- Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P. and Harnisch, M., 2015, *Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing*, https://www.bcg.com/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries, [Ziyaret tarihi: 8 Ağustos 2019].
- Saaty, 1977, A scaling method for priorities in hierarchical structures, *Journal of Mathematical Psychology*, 15 (3), 234-281.
- Saaty, 1980, *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, New York.
- Saaty, 1987, The analytic hierarchy process—what it is and how it is used, *Mathematical Modelling*, 9 (3), 161-176.
- Saaty, 1994, *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process*, RWS Publications, USA.
- Sabaei, D., Erkoyuncu, J. and Roy, R., 2015, A Review of Multi-criteria Decision-Making Methods for Enhanced Maintenance Delivery, *Procedia CIRP*, 37 (1), 30-35.
- Saberi, S., Kouhizadeh, M., Sarkis, J. and Shen, L., 2019, Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management, *International Journal of Production Research*, 57 (7), 2117-2135.

- Sabuncu, B., 2014, A Study on the Innovation in SMEs and the Identification of the Obstacles: The Case of Denizli. *Journal of Business Research – Turk*, 6 (1), 103-123.
- Sadiku, M.N.O., Musa, S.M. and Musa, O.M., 2018, The Essence of Industry 4.0, *Invention Journal of Research Technology in Engineering & Management (IJRTEM)*, 2 (9), 1252-1255.
- Safar, L., Sopko, J., Bednar, S. and Poklemba, R., 2018, Concept of SME Business Model for Industry 4.0 Environment, *TEM Journal*, 7 (3), 626-637.
- Safian, E.E.M. and Nawawi, A.H., 2011, The evolution of Analytical Hierarchy Process (AHP) as a decision-making tool in property sectors, *Proceedings of International Conference on Management and Artificial Intelligence*, 1-3 April 2011, Bali, Indonesia, IACSIT Press, 28-31.
- Salkin, C., Oner, M., Ustundag, A. and Cevikcan, E., 2018, *A Conceptual Framework for Industry 4.0*, *Industry 4.0: Managing the Digital Transformation*, In: Ustundag, A., Cevikcan, E. (Eds.), Chapter 1, Springer Series in Advanced Manufacturing, Springer International Publishing, Switzerland, 61-94.
- Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2017, *Türkiye'nin Sanayi Devrimi: "Dijital Türkiye" Yol Haritası*, Ministry of Science, Industry and Technology, Ankara.
- Sanders, WM.G. and Carpenter, M.A., 1998, Internationalization and Firm Governance: The Roles of CEO Compensation, Top Team Composition, and Board Structure, *The Academy of Management Journal*, 41 (2), 158-178.
- SAP, 2020, *The early years*, <https://www.sap.com/corporate/en/company/history/1972-1980.html>, [Ziyaret tarihi: 1 Mayıs 2020].
- Sappin, E., 2018, *How Can Small Businesses Use Augmented Reality?*, <https://medium.com/@edsappin/how-can-small-businesses-use-augmented-reality-b61e79b3475d>, [Ziyaret tarihi: 14 Mart 2019].
- Sarvari, P.A., Ustundag, A., Cevikcan, E., Kaya, I. and Cebi, S., 2018, *Technology Roadmap for Industry 4.0*, *Industry 4.0: Managing the Digital Transformation*, Springer Series in Advanced Manufacturing In: Ustundag, A. and Cevikcan, E. (Eds.), Chapter 5, Springer International Publishing, Switzerland, 95-103.
- Satı, Z., 2013, *İnovasyonu Yönetmede Kesitler: Bilgi Yönetimi, Ar-Ge, Marka Yönetimi, Stratejik Yönetim*, Nobel Yayın, Ankara.
- Satı, Z., 2018, *Endüstri 4.0'ın İstihdam Yapısına Yansımaları*, *Toprak İşveren Dergisi*, http://toprakisveren.org.tr/tr_TR/alt-sayfalar/1454/sayi-120, [Ziyaret tarihi: 27 Ocak 2019].
- Savanevičienė, A., Statnickė, G. and Vaitkevičius, S., 2019, Individual Innovativeness of Different Generations in the Context of the Forthcoming Society 5.0 in Lithuania, *Engineering Economics*, 30 (2), 211-222.

- SC&H Group, 2018, *Industry 4.0: How to Budget for Innovation*, <https://www.schgroup.com/resource/blog-post/industry-4-0-how-to-budget-for-innovation/>, [Ziyaret tarihi: 7 Haziran 2020].
- Schiavone, F. and Sprenger, S., 2017, Operations management and digital technologies, *Production Planning & Control*, 28 (16), 1281-1283.
- Schlaepfer, R. and Koch, M., 2015, *Industry 4.0: Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies*, Deloitte, Zürich.
- Schröder, C., 2017, *The challenges of industry 4.0 for small and medium-sized enterprises*, Friedrich-Ebert-Stiftung, Germany.
- Schuh, G., Anderl, R., Gausemeier, J. and Wahlster, W., 2017, *Industrie 4.0 Maturity Index*, Munich, Germany.
- Schumacher, A., Erol, S. and Sihn, W., 2016, A Maturity Model for Assessing Industry 4.0 Readiness and Maturity of Manufacturing Enterprises, *Procedia CIRP, The Sixth International Conference on Changeable, Agile, Reconfigurable and Virtual Production (CARV2016)*, 4-6 September 2016, Bath, United Kingdom, Elsevier, ISBN: 9781510829251, 161-166.
- Schumacher, A., Nemeth, T. and Sihn, W., 2019, Roadmapping towards industrial digitalization based on an Industry 4.0 maturity model for manufacturing enterprises, *Procedia CIRP, 12th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering*, 18-20 July 2018, Gulf of Naples, Italy, Elsevier, 409-414.
- Schwab, K., 2017, *The Fourth Industrial Revolution*, Crown, New York, ISBN: 9781524758868.
- Schwertner, K., 2017, Digital transformation of business, *Trakia Journal of Science*, 5 (1), 388-393.
- Scremin, L., Armellini, F., Brun, A., Solar-Pelletier, L., Beaudry, C., Scremin, L., Armellini, F., Brun, A., Solar-Pelletier, L. and Beaudry, C., 2018, *Towards a Framework for Assessing the Maturity of Manufacturing Companies in Industry 4.0 Adoption*, Analyzing the Impacts of Industry 4.0 in Modern Business Environments, In: Thornton, R. and Martinez F., (Eds.), Chapter 12, IGI Global, ISBN: 9781522534693, 224-254.
- Sevim, A. and Bülbül, S., 2017, Kurumsal Kaynak Planlaması (Enterprise Resource Planning ERP) Sistemlerinin Sürekli Denetimde Yapay Zeka Kullanımı, *Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9 (1), 1-12.
- Sevinç, A., Gür, Ş. and Eren, T., 2018, Analysis of the Difficulties of SMEs in Industry 4.0 Applications by Analytical Hierarchy Process and Analytical Network Process, *Processes*, 6 (12), 264.
- Shinohara, M. and Osawa, K., 2007, Consistency measure for the whole AHP decision making hierarchy, *Proceedings of the 9th International Symposium on the Analytic Hierarchy*

Process for Multi-Criteria Decision Making, 2-6 August 2007, Creative Decisions Foundation, Viña del Mar, Chile, 1-10.

- Si, S.-L., You, X.-Y., Liu, H.-C. and Zhang, P., 2018, DEMATEL Technique: A Systematic Review of the State-of-the-Art Literature on Methodologies and Applications, *Mathematical Problems in Engineering*, 1 (1), 1-33.
- Siau, K. and Messersmith, J., 2003, Analyzing ERP Implementation at a Public University Using the Innovation Strategy Model, *International Journal of Human-Computer Interaction*, 16 (1), 57-80.
- Siddharth, P., 2019, *The Road to Industry 4.0: Embracing Cloud ERP in Manufacturing*, <https://www.tcs.com/blogs/the-road-industry-four-dot-zero-embracing-cloud-erp-manufacturing>, [Ziyaret tarihi: 24 Ocak 2020].
- Singer, H. and Özşahin, Ş., 2018, Employing an analytic hierarchy process to prioritize factors influencing surface roughness of wood and wood-based materials in the sawing process, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 42 (5), 364-371.
- Singh, A. and Wesson, J., 2009, Evaluation Criteria for Assessing the Usability of ERP Systems, *Proceedings of the 2009 Annual Research Conference of the South African Institute of Computer Scientists and Information Technologists, SAICSIT '09*, 12-14 October 2009, ACM, New York, USA, ACM Press, 87-95.
- Siwiecki, S., 2020, *Digital Transformation: Industry 4.0 for mid-sized manufacturing companies*, <https://www.columbusglobal.com/en-us/blog/digital-transformation-industry-4.0-for-mid-sized-manufacturing-companies>, [Ziyaret tarihi: 18 Ekim 2020].
- Smit, J., Kreutzer, S., Moeller, C. and Carlberg, M., 2016, *Industry 4.0*, European Parliament, Brussels.
- Smits, B.S., 2016, *An ERP Oriented Capability Maturity Model for Utilizing Industry 4.0's Manufacturing Transformation*, Yüksek Lisans, Tilburg University.
- Soh, C., Kien, S.S. and Tay-Yap, J., 2000, Enterprise resource planning: cultural fits and misfits: is ERP a universal solution?, *Communications of the ACM*, 43 (4), 47-51.
- Sommer, L., 2015, Industrial revolution - industry 4.0: Are German manufacturing SMEs the first victims of this revolution?, *Journal of Industrial Engineering and Management*, 8 (5), 1512-1532.
- Soylu, A., 2018, Endüstri 4.0 ve Girişimcilikte Yeni Yaklaşımlar, *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 32 (1), 43-57.
- Sönmez, A., 2008, *KOBİ Borsalarının KOBİ Finansmanındaki Yeri: Dünya Uygulamaları ve Türkiye Üzerine Bir İnceleme*, Doktora, Kadir Has Üniversitesi.
- Sriram, R.M. and Vinodh, S., 2020, Analysis of readiness factors for Industry 4.0 implementation in SMEs using COPRAS, *International Journal of Quality & Reliability Management*, 38 (5), 1178-1192.

- Stentoft, J., Jensen, K.W., Philipsen, K. and Haug, A., 2019, Drivers and Barriers for Industry 4.0 Readiness and Practice: A SME Perspective with Empirical Evidence, *Proceedings of 52nd Hawaii International Conference on System Sciences*, 8-11 January 2019, Hawaii, HICCS, ISBN: 978-0-9981331-2-6, 5555-5164.
- Sternad, M., Lerher, T. and Gajšek, B., 2018, Maturity Levels for Logistics 4.0 Based on NRW's Industry 4.0 Maturity Model, *18th International Scientific Conference Business Logistics in Modern Management*, 11-12 October 2018, Osijek, Croatia, EFOS, 695-708.
- Stock, T. and Seliger, G., 2016, Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0, *Procedia CIRP*, 40 (1), 536-541.
- Stratopoulos, T.C., 2016, Duration of Competitive Advantage due to Emerging Technology Adoption, *UK Academy for Information Systems Conference Proceedings 2016*, 4 December 2016, Oxford, AISel, 1-27.
- Suman, S. and Pogarcic, I., 2016, Development of ERP and Other Large Business Systems in the Context of New Trends and Technologies, *DAAAM Proceedings*, 26-29 October 2016, Vienna, DAAAM International, 319-327.
- Sung, T.K., 2018, Industry 4.0: A Korea perspective, *Technological Forecasting and Social Change*, 132(1), 40-45.
- Şuman, N., 2016, *Artık ERP de 'akıllı' ve 'dijital'*, <http://www.fortuneturkey.com/artik-erp-de-akilli-ve-dijital-34830>, [Ziyaret tarihi: 12 Temmuz 2018].
- Tagliavini, M., Faverio, P., Ravarini, A., Pigni, F. and Buonanno, G., 2002, Exploring the use of ERP systems by SMEs, *Proceedings of 6th World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics*, 14-18 July 2002, Orlando, Florida, IIIS, 1-6.
- Tahal, H., 2018, *Yerli/Yabancı ERP Firmaları*, <https://www.sanayigazetesi.com.tr/yerliyabanci-erp-firmalari-makale,1455.html>, [Ziyaret tarihi: 4 Nisan 2021].
- Takakuwa, S., Veza, I. and Celar, S., 2018, "Industry 4.0" in Europe and East Asia, *29th DAAAM Proceedings*, 24-27 October 2018, Vienna, DAAM International, 61-69.
- Tan, J., 2018, *Budget 2019 allocation for SMEs a step in the right direction*, <https://www.marketing-interactive.com/budget-2019-allocation-for-smes-a-step-in-the-right-direction-say-industry-players/>, [Ziyaret tarihi: 30 Mart 2019].
- Tanyeri, S., 2013, *KOBİ'lerin Türkiye Ekonomisindeki Yeri Ve Finansal Destek Programları Uygulaması*, Yüksek Lisans, İstanbul Ticaret Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Tapia, R.S., Daneva, M. and Eck, P., 2007, Developing an Inter-Enterprise Alignment Maturity Model: Research Challenges and Solutions, *Proceedings of RCIS 2007*, 23-26 April 2007, IEEE, Ouarzazate, Morocco, 1-28.
- Taş, H.Y., 2019, Endüstri 4.0 Sürecinde KOBİ'lerin Gelir Dağılımını Düzenlemedeki Rollerine Üzerine Bir Araştırma, *Proceedings of International Aegean Symposium on Innovative*

Interdisciplinary Scientific Research, 1-3 November 2019, İzmir, Türkiye, AEGEAN, 23-34.

- Taş, H.Y., 2018, Dördüncü Sanayi Devrimi'nin (Endüstri 4.0) Çalışma Hayatına ve İstihdama Muhtemel Etkileri, *OPUS Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, 9 (16), 1817-1827.
- Teece, D.J., 2010, Business Models, Business Strategy and Innovation, *Long Range Planning*, 43 (3), 172-194.
- Tidhar, E., Siegman, J. and Paikowsky, D., 2018, *Toward the next horizon of Industry 4.0: Building capabilities through collaborations and startups*, <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/industry-4-0/building-capabilities-through-collaborations-startups.html>, [Ziyaret tarihi: 9 Ekim 2019].
- Toolbox, 2015, *How ERP Can Improve Inventory Management Operations*, <https://it.toolbox.com/blogs/erpdesk/how-erp-can-improve-inventory-management-operations-072415>, [Ziyaret tarihi: 29 Mart 2019].
- Torn, I.A.R. and Vaneker, T.H.J., 2019, Mass Personalization with Industry 4.0 by SMEs: a concept for collaborative networks, *Procedia Manufacturing*, 28 (1), 135-141.
- Trotta, D. and Garengo, P., 2018, Industry 4.0 key research topics: A bibliometric review, *Proceedings of 7th International Conference on Industrial Technology and Management (ICITM)*, 7-9 March 2018, Oxford, UK, IEEE, 113-117.
- Trotta, D. and Garengo, P., 2019, Assessing Industry 4.0 Maturity: An Essential Scale for SMEs, *Proceedings of 2019 8th International Conference on Industrial Technology and Management (ICITM)*, 2-4 March, Cambridge, UK, IEEE, 69-74.
- Trstenjak, M. and Cosic, P., 2017, Process Planning in Industry 4.0 Environment, *Procedia Manufacturing*, 11 (1), 1744-1750.
- Tunca, M.Z., Aksoy, E., Bülbül, H. and Ömürbek, N., 2015, AHP Temelli TOPSIS ve ELECTRE Yöntemiyle Muhasebe Paket Programı Seçimi, *Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 1 (8), 53-71.
- TÜBİTAK, 2016, *Yeni Sanayi Devrimi Akıllı Üretim Sistemleri Teknoloji Rol Haritası*, http://www.tubitak.gov.tr/sites/default/files/akilli_uretim_sistemleri_tyh_v27aralik2016.pdf, [Ziyaret tarihi: 8 Haziran 2019].
- TÜİK, 2015, *Küçük ve Orta Büyüklükteki Girişim İstatistikleri*, www.tuik.gov.tr/PdfGetir.do?id=21864, [Ziyaret tarihi: 28 Haziran 2019].
- Türkiye Bilişim Derneği, 2018, *1. İstanbul KOBİler ve Bilişim Kongresi*, <http://www.kobibilisim.org.tr/2-kobi-bilisim/pdf/kobi-bilisim-istanbul-sonuc-raporu.pdf>, [Ziyaret tarihi: 28 Haziran 2019].

- Türkeş, M.C., Oncioiu, I., Aslam, H.D., Marin-Pantelescu, A., Topor, D.I. and Căpuşneanu, S., 2019, Drivers and Barriers in Using Industry 4.0: A Perspective of SMEs in Romania, *Processes*, 7 (3), 153-164.
- Türkoğlu, M. and Çelikkaya, S., 2011, Türkiye’de KOBİ’lere Yönelik Ar-Ge Desteği, *Akdeniz Üniversitesi Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*, 3 (2), 56-71.
- TÜSİAD, 2016, *Türkiye’nin Küresel Rekabetçiliği İçin Bir Gereklilik Olarak Sanayi 4.0: Gelişmekte Olan Ekonomi Perspektifi*, <http://www.tusiad.org/indir/2016/sanayi-40.pdf>, [Ziyaret tarihi: 5 Ağustos 2019].
- TÜSİAD-BCG, 2017, *Türkiye’nin Sanayide Dijital Dönüşüm Yetkinliği*, 1. Basım, TÜSİAD, İstanbul.
- Tvenge, N. and Martinsen, K., 2018, Integration of digital learning in industry 4.0, *Procedia Manufacturing*, 23 (1), 261-266.
- Ufuk, 2020, *Türkiye’deki KOBİ Tanımı Değişti*, <http://www.ufuk2020.com/haberler/kobi-tanimi-degisti.html>, [Ziyaret tarihi: 7 Nisan 2020].
- Uhl, A. and Gollens, L.A., 2016, *A Handbook of Business Transformation Management Methodology*, Routledge, New York, ISBN: 9781409449805.
- Ulusoy, G., Özlü, E., Altekin, F.T., Çatay, B., Pasin, M., Kılıç, K., Budak, E., Karaata, S. and Varandi, S., 2017, *Sanayide Dijitalleşme Stratejileri Çalıştayı*, http://research.sabanciuniv.edu/34507/1/Taslak_Rapor_v3.pdf, [Ziyaret tarihi: 7 Temmuz 2019].
- Unerman, J., Rinaldi, L. and Villiers, C., 2014, Integrated Reporting: Insights, gaps and an agenda for future research, *Accounting, Auditing & Accountability Journal*, 27 (7), 1042-1067.
- Ustaoglu, N., 2019, *A Maturity Model for Digital Transformation*, Yüksek Lisans, Sabancı Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ünal, A., 2018, *KOBİ’lerde Dijital Dönüşüm ve Teknoloji Kullanım Alışkanlıkları Araştırması*, <http://www.satinalmadergisi.com/2019/02/21/kobilerde-dijital-donusum-ve-teknoloji-kullanim-aliskanliklari-arastirmasi%E2%80%A8yerel-veri-merkezine-talep-artiyor/>, [Ziyaret tarihi: 30 Haziran 2019].
- Vaidya, S., Ambad, P. and Bhosle, S., 2018, Industry 4.0 – A Glimpse, *Procedia Manufacturing*, 20 (1), 233-238.
- Van Wyck, J., Rose, J., Ahmad, J., Küpper and Lim, Y., 2019, *The How-To Guide to Digital Operations*, <https://www.bcg.com/publications/2019/how-to-guide-digital-operations.aspx>, [Ziyaret tarihi: 21 Eylül 2020].
- Varol, A. and Kaygısız, E.G., 2018, KOBİ’lerde Teknoloji Kullanımı: Giresun Örneği, *Karadeniz Sosyal Bilimler Dergisi*, 10 (19), 535-552.

- Velasquez, M. and Hester, P.T., 2013, An Analysis of Multi-Criteria Decision-Making Methods, *International Journal of Operations Research*, 10 (2), 55-66.
- Vey, K., Fandel-Meyer, T., Zipp, J. and Schneider, C., 2017, Learning & Development in Times of Digital Transformation: Facilitating a Culture of Change and Innovation, *International Journal of Advanced Corporate Learning*, 10 (1), 22-32.
- Virkkala, P., Saarela, M., Hänninen, K. and Simunaniemi, A.-M., 2020, Business Maturity Models for Small and Medium-Sized Enterprises: A Systematic Literature Review, *Expanding Horizons: Business, Management and Technology for Better Society*, 20-22 May 2020, Celje, Slovenia, TIIM, 523-536.
- Voltimum, 2017, *Dijitalleşme nedir?*, <https://www.voltimum.com.tr/haberler/dijitallesme-nedir-0>, [Ziyaret tarihi: 16 Mart 2019].
- Vrande, V., de Jong, J.P.J., Vanhaverbeke, W. and Rochemont, M., 2009, Open innovation in SMEs: Trends, motives and management challenges, *Technovation*, 29 (6), 423-437.
- Vrchota, J., Volek, T. and Novotná, M., 2019, Factors Introducing Industry 4.0 to SMES. *Social Sciences*, 8 (5), 1-10.
- Wan, J., Tang, S., Shu, Z., Li, D., Wang, S., Imran, M. and Vasilakos, A., 2016, Software-Defined Industrial Internet of Things in the Context of Industry 4.0, *IEEE Sensors Journal*, 16 (20), 7373-7380.
- Wang, C., Walker, E. and Redmond, J., 2007, Explaining the Lack of Strategic Planning in SMEs: The Importance of Owner Motivation, *International Journal of Organizational Behaviour*, 12 (1), 1-16.
- Wang, R., Lin, Z. and Luo, H., 2019, Blockchain, bank credit and SME financing, *Quality & Quantity, International Journal of Methodology*, 53 (3), 1127-1140.
- Wang, S., Wan, J., Zhang, D., Li, D. and Zhang, C., 2016, Towards smart factory for industry 4.0: a self-organized multi-agent system with big data-based feedback and coordination, *Computer Networks, Industrial Technologies and Applications for the Internet of Things*, 101, 158-168.
- Westerman, G., Bonnet, D. and McAfee, A., 2014, *Leading Digital: Turning Technology into Business Transformation*, Harvard Business Press, Boston, Massachusetts, ISBN: 978-1-4493-2964-8.
- Wilder-James, E., 2012, *Planning for Big Data*, O'Reilly Media, Inc, ISBN: 9781449329631.
- Wong, L.-W., Leong, L.-Y., Hew, J.-J., Tan, G.W.-H. and Ooi, K.-B., 2020, Time to seize the digital evolution: Adoption of blockchain in operations and supply chain management among Malaysian SMEs, *International Journal of Information Management*, 52 (1), 101997-102008.
- World Trade Organization, 2016, *World Trade Report 2016: Levelling the Trading Field for SMEs*, WTO, ISBN: 9789287043207.

- Wu, H.-H., Shieh, J.-I. and Chen, H.-K., 2010, A Combination of AHP and DEMATEL in Evaluating the Criteria of Employment Service Outreach Program Personnel, *Information Technology Journal*, 9 (3), 569-575.
- Wu, H.-H. and Tsai, Y.-N., 2012, An integrated approach of AHP and DEMATEL methods in evaluating the criteria of auto spare parts industry, *International Journal of Systems Science*, 43(11), 2114-2124.
- Xing, B. and Marwala, T., 2017, Implications of the Fourth Industrial Age for Higher Education, *The Thinker*, 73, 10-15.
- Xu, L.D., 2020, The contribution of systems science to Industry 4.0, *Systems Research and Behavioral Science*, 37 (4), 618-631.
- Xu, L.D. and Duan, L., 2018, Big Data for Cyber Physical Systems in Industry 4.0: A Survey, *Enterprise Information Systems*, 13 (2), 148-169.
- Xu, L.D., Xu, E.L. and Ling, L., 2018, Industry 4.0: state of the art and future trends, *International Journal of Production Research*, 56 (8), 2941-2962.
- Yeniova, G., 2017, Kurumsal yazılımda büyüme sürüyor, <https://www.ekonomist.com.tr/teknoloji/kurumsal-yazilimda-buyume-suruyor.html>, [Ziyaret tarihi: 21 Nisan 2019].
- Yilmaz, İ.G., Aygün, D. and Tanrikulu, Z., 2017, Social Media's Perspective on Industry 4.0: A Twitter Analysis, *Social Networking*, 6 (4), 251-261.
- Young, B., Hosseini, A. and Lædre, O., 2016, The Characteristics of Australian Infrastructure Alliance Projects, *Energy Procedia*, 54 (2), 833-844.
- Yuksel, A.N. and Sener, E., 2017, The Reflections of Digitalization at Organizational Level: Industry 4.0 in Turkey, *Pressacademia*, 6 (3), 291-300.
- Zach, O. and Munkvold, B., 2012, Identifying reasons for ERP system customization in SMEs: a multiple case study, *Journal of Enterprise Information Management*, 25 (5), 462-478.
- Zapata, M.L., Berrah, L. and Tabourot, L., 2020, Is a digital transformation framework enough for manufacturing smart products? The case of Small and Medium Enterprises, *Procedia Manufacturing*, 42 (1), 70-75.
- Zawadzki, P. and 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.
- Zeba, G., Lucić, J. and Čičak, M., 2019, ERP Systems in Croatian Enterprises and Industry 4.0, *Industry 4.0*, 4 (6), 313-316.
- Zhang, L., Luo, Y., Tao, F., Li, B.H., Ren, L., Zhang, X., Guo, H., Cheng, Y., Hu, A. and Liu, Y., 2014, Cloud manufacturing: a new manufacturing paradigm, *Enterprise Information Systems*, 8 (2), 167-187.

- Zhong, R.Y., Xu, X., Klotz, E. and Newman, S.T., 2017, Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review, *Engineering*, 3 (5), 616-630.
- Zhou, K., Liu, T. and Zhou, L., 2015, Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges, *Proceedings of 12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD)*, 15-17 August 2015, Zhangjiajie, China, IEEE, ISBN: 978-1-4673-7682-2, 2147-2152.
- Zhou, L., Pan, S., Wang, J. and Vasilakos, A.V., 2017, Machine learning on big data: Opportunities and challenges, *Neurocomputing* 237 (1), 350-361,
- Zhou, X., Lv, B. and Lu, M., 2013, ERP System Flexibility Measurement Based on Fuzzy Analytic Network Process, *Journal of Software*, 8 (1), 1943-1951.



EKLER

EK 1. Önceliklendirme Anketi

Lütfen Aşağıda Belirtilen Faktörleri Endüstri 4.0 Koşullarına Hazır Olma Açısından KOBİ'lerin ERP Kullanım Düzeylerini Etkileyen Faktörlerin Önceliklendirilmesi Açısından değerlendiriniz:

B1-İşletmenin Özellikleri	1	İşletmenin Büyüklüğü	Tamamen Alakasız (0)	Alakasız (1)	Biraz Alakasız (2)	Çekimser (3)	Biraz Alakalı (4)	Alakalı (5)	Tamamen Alakalı (6)
	2	Sektörün Özellikleri	Tamamen Alakasız (0)	Alakasız (1)	Biraz Alakasız (2)	Çekimser (3)	Biraz Alakalı (4)	Alakalı (5)	Tamamen Alakalı (6)
	3	İşletmenin Sahip Olduğu Sertifikasyonlar	Tamamen Alakasız (0)	Alakasız (1)	Biraz Alakasız (2)	Çekimser (3)	Biraz Alakalı (4)	Alakalı (5)	Tamamen Alakalı (6)
	4	İşletmenin Ürün/Hizmet Çeşitliliği	Tamamen Alakasız (0)	Alakasız (1)	Biraz Alakasız (2)	Çekimser (3)	Biraz Alakalı (4)	Alakalı (5)	Tamamen Alakalı (6)
	5	İşletmenin Yaşı	Tamamen Alakasız (0)	Alakasız (1)	Biraz Alakasız (2)	Çekimser (3)	Biraz Alakalı (4)	Alakalı (5)	Tamamen Alakalı (6)
B2-Çevresel Özellikler ve Gelişmeler	6	Rekabetin Yoğunluğu	Tamamen Alakasız (0)	Alakasız (1)	Biraz Alakasız (2)	Çekimser (3)	Biraz Alakalı (4)	Alakalı (5)	Tamamen Alakalı (6)
	7	Piyasa Değişkenliği	Tamamen Alakasız (0)	Alakasız (1)	Biraz Alakasız (2)	Çekimser (3)	Biraz Alakalı (4)	Alakalı (5)	Tamamen Alakalı (6)
	8	Kurum Dışı Destek	Tamamen Alakasız (0)	Alakasız (1)	Biraz Alakasız (2)	Çekimser (3)	Biraz Alakalı (4)	Alakalı (5)	Tamamen Alakalı (6)
B3-İşletmenin ERP Sistemi	9	İşletmedeki ERP Sisteminin Kullanım Amacı ve Nedenleri	Tamamen Alakasız (0)	Alakasız (1)	Biraz Alakasız (2)	Çekimser (3)	Biraz Alakalı (4)	Alakalı (5)	Tamamen Alakalı (6)
	10	İşletmedeki ERP Sisteminin Kullanımı ile İlgili Faktörler	Tamamen Alakasız (0)	Alakasız (1)	Biraz Alakasız (2)	Çekimser (3)	Biraz Alakalı (4)	Alakalı (5)	Tamamen Alakalı (6)
B4-İşletmenin Organizasyonel ve Stratejik Yeterlilikleri	11	İşletmenin Finansal Gücü	Tamamen Alakasız (0)	Alakasız (1)	Biraz Alakasız (2)	Çekimser (3)	Biraz Alakalı (4)	Alakalı (5)	Tamamen Alakalı (6)
	12	Çalışanların Endüstri 4.0 Yetkinliği	Tamamen Alakasız (0)	Alakasız (1)	Biraz Alakasız (2)	Çekimser (3)	Biraz Alakalı (4)	Alakalı (5)	Tamamen Alakalı (6)
	13	İşletmenin Endüstri 4.0 Yol Haritası / İş Modelleri	Tamamen Alakasız (0)	Alakasız (1)	Biraz Alakasız (2)	Çekimser (3)	Biraz Alakalı (4)	Alakalı (5)	Tamamen Alakalı (6)
	14	Kurumsal İşbirlikleri	Tamamen Alakasız (0)	Alakasız (1)	Biraz Alakasız (2)	Çekimser (3)	Biraz Alakalı (4)	Alakalı (5)	Tamamen Alakalı (6)
	15	Tedarikçi İlişkileri	Tamamen Alakasız (0)	Alakasız (1)	Biraz Alakasız (2)	Çekimser (3)	Biraz Alakalı (4)	Alakalı (5)	Tamamen Alakalı (6)
	16	Müşteri İlişkileri	Tamamen Alakasız (0)	Alakasız (1)	Biraz Alakasız (2)	Çekimser (3)	Biraz Alakalı (4)	Alakalı (5)	Tamamen Alakalı (6)
	17	Örgütsel Öğrenme	Tamamen Alakasız (0)	Alakasız (1)	Biraz Alakasız (2)	Çekimser (3)	Biraz Alakalı (4)	Alakalı (5)	Tamamen Alakalı (6)
	18	Liderlik ve Üst Yönetim Desteği	Tamamen Alakasız (0)	Alakasız (1)	Biraz Alakasız (2)	Çekimser (3)	Biraz Alakalı (4)	Alakalı (5)	Tamamen Alakalı (6)
	19	Organizasyon Yapısı ve Kültürü	Tamamen Alakasız (0)	Alakasız (1)	Biraz Alakasız (2)	Çekimser (3)	Biraz Alakalı (4)	Alakalı (5)	Tamamen Alakalı (6)
	20	Dijitalleşme ve Süreç Yönetimi	Tamamen Alakasız (0)	Alakasız (1)	Biraz Alakasız (2)	Çekimser (3)	Biraz Alakalı (4)	Alakalı (5)	Tamamen Alakalı (6)
B5- İşletmenin Operasyonel ve Teknolojik Yeterlilikleri	21	Bilgi Teknolojileri Yönetişini	Tamamen Alakasız (0)	Alakasız (1)	Biraz Alakasız (2)	Çekimser (3)	Biraz Alakalı (4)	Alakalı (5)	Tamamen Alakalı (6)
	22	Ar-Ge ve İnovasyon	Tamamen Alakasız (0)	Alakasız (1)	Biraz Alakasız (2)	Çekimser (3)	Biraz Alakalı (4)	Alakalı (5)	Tamamen Alakalı (6)
	23	Dijital Teknolojilerin Operasyonel Kullanımı	Tamamen Alakasız (0)	Alakasız (1)	Biraz Alakasız (2)	Çekimser (3)	Biraz Alakalı (4)	Alakalı (5)	Tamamen Alakalı (6)
	24	Veri Yönetimi ve Veri Kalitesi	Tamamen Alakasız (0)	Alakasız (1)	Biraz Alakasız (2)	Çekimser (3)	Biraz Alakalı (4)	Alakalı (5)	Tamamen Alakalı (6)
	25	ERP ve Bilgi Teknolojilerinin Etkileşimi	Tamamen Alakasız (0)	Alakasız (1)	Biraz Alakasız (2)	Çekimser (3)	Biraz Alakalı (4)	Alakalı (5)	Tamamen Alakalı (6)
	26	Modern ve Entegre Teknolojik Altyapı	Tamamen Alakasız (0)	Alakasız (1)	Biraz Alakasız (2)	Çekimser (3)	Biraz Alakalı (4)	Alakalı (5)	Tamamen Alakalı (6)

Demografik Bilgiler:

Adınız Soyadınız:	
Yaşınız:	
Cinsiyetiniz:	
Eğitim Durumunuz:	
Akademisyen misiniz?	
Akademik Ünvanınız:	
Araştırma Alanlarınız:	
Çalıştığınız Kurum/İşletme:	
İşletmenin Faaliyet Sektörü:	
İşletme KOBİ Statüsünde mi?	
Toplam Mesleki Tecrübe	

EK 2. Analitik Hiyerarşi Süreci

Bu Bölümde "AMACA GÖRE İKİLİ KARŞILAŞTIRMA" yapmanız istenmektedir. Karşılaştırılacak Unsurlar, Sol Taraf (A) - Sağ Taraf (B) Şeklinde Sunulmuştur. AMAÇ: Endüstri 4.0 Koşullarına Hazır Olma Açısından KOBİ'lerin ERP Kullanım Düzeylerini Etkileyen Faktörlerin Önceliklendirilmesidir.

A	İşletmenin Büyüklüğü	9	7	5	3	1	3	5	7	9	İşletmenin Faaliyet Sektörü ve Sektördeki Hizmet ve Ürün Çeşitliliği	B
A	İşletmenin Büyüklüğü	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Rekabetin Yoğunluğu	B
A	İşletmenin Büyüklüğü	9	7	5	3	1	3	5	7	9	İşletmedeki ERP Sisteminin Kullanımı ile İlgili Faktörler	B
A	İşletmenin Büyüklüğü	9	7	5	3	1	3	5	7	9	İşletmenin Finansal Gücü	B
A	İşletmenin Büyüklüğü	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Çalışanların Endüstri 4.0 Yetkinliği	B
A	İşletmenin Büyüklüğü	9	7	5	3	1	3	5	7	9	İşletmenin Endüstri 4.0 Yol Haritası / İş Modelleri	B
A	İşletmenin Büyüklüğü	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Liderlik ve Üst Yönetim Desteği	B
A	İşletmenin Büyüklüğü	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Bilgi Teknolojileri Yönetişimi ve Veri Yönetimi	B
A	İşletmenin Büyüklüğü	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ar-Ge ve İnovasyon	B
A	İşletmenin Büyüklüğü	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Dijital Teknolojilerin Operasyonel Kullanımı	B
A	İşletmenin Büyüklüğü	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Modern ve Entegre Teknolojik Altyapı	B
A	İşletmenin Faaliyet Sektörü ve Sektördeki Hizmet ve Ürün Çeşitliliği	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Rekabetin Yoğunluğu	B
A	İşletmenin Faaliyet Sektörü ve Sektördeki Hizmet ve Ürün Çeşitliliği	9	7	5	3	1	3	5	7	9	İşletmedeki ERP Sisteminin Kullanımı ile İlgili Faktörler	B
A	İşletmenin Faaliyet Sektörü ve Sektördeki Hizmet ve Ürün Çeşitliliği	9	7	5	3	1	3	5	7	9	İşletmenin Finansal Gücü	B
A	İşletmenin Faaliyet Sektörü ve Sektördeki Hizmet ve Ürün Çeşitliliği	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Çalışanların Endüstri 4.0 Yetkinliği	B
A	İşletmenin Faaliyet Sektörü ve Sektördeki Hizmet ve Ürün Çeşitliliği	9	7	5	3	1	3	5	7	9	İşletmenin Endüstri 4.0 Yol Haritası / İş Modelleri	B
A	İşletmenin Faaliyet Sektörü ve Sektördeki Hizmet ve Ürün Çeşitliliği	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Liderlik ve Üst Yönetim Desteği	B
A	İşletmenin Faaliyet Sektörü ve Sektördeki Hizmet ve Ürün Çeşitliliği	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Bilgi Teknolojileri Yönetişimi ve Veri Yönetimi	B
A	İşletmenin Faaliyet Sektörü ve Sektördeki Hizmet ve Ürün Çeşitliliği	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ar-Ge ve İnovasyon	B
A	İşletmenin Faaliyet Sektörü ve Sektördeki Hizmet ve Ürün Çeşitliliği	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Dijital Teknolojilerin Operasyonel Kullanımı	B
A	İşletmenin Faaliyet Sektörü ve Sektördeki Hizmet ve Ürün Çeşitliliği	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Modern ve Entegre Teknolojik Altyapı	B
A	Rekabetin Yoğunluğu	9	7	5	3	1	3	5	7	9	İşletmedeki ERP Sisteminin Kullanımı ile İlgili Faktörler	B
A	Rekabetin Yoğunluğu	9	7	5	3	1	3	5	7	9	İşletmenin Finansal Gücü	B
A	Rekabetin Yoğunluğu	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Çalışanların Endüstri 4.0 Yetkinliği	B
A	Rekabetin Yoğunluğu	9	7	5	3	1	3	5	7	9	İşletmenin Endüstri 4.0 Yol Haritası / İş Modelleri	B
A	Rekabetin Yoğunluğu	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Liderlik ve Üst Yönetim Desteği	B
A	Rekabetin Yoğunluğu	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Bilgi Teknolojileri Yönetişimi ve Veri Yönetimi	B
A	Rekabetin Yoğunluğu	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ar-Ge ve İnovasyon	B
A	Rekabetin Yoğunluğu	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Dijital Teknolojilerin Operasyonel Kullanımı	B
A	Rekabetin Yoğunluğu	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Modern ve Entegre Teknolojik Altyapı	B
A	İşletmedeki ERP Sisteminin Kullanımı ile İlgili Faktörler	9	7	5	3	1	3	5	7	9	İşletmenin Finansal Gücü	B
A	İşletmedeki ERP Sisteminin Kullanımı ile İlgili Faktörler	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Çalışanların Endüstri 4.0 Yetkinliği	B
A	İşletmedeki ERP Sisteminin Kullanımı ile İlgili Faktörler	9	7	5	3	1	3	5	7	9	İşletmenin Endüstri 4.0 Yol Haritası / İş Modelleri	B
A	İşletmedeki ERP Sisteminin Kullanımı ile İlgili Faktörler	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Liderlik ve Üst Yönetim Desteği	B
A	İşletmedeki ERP Sisteminin Kullanımı ile İlgili Faktörler	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Bilgi Teknolojileri Yönetişimi ve Veri Yönetimi	B
A	İşletmedeki ERP Sisteminin Kullanımı ile İlgili Faktörler	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ar-Ge ve İnovasyon	B
A	İşletmedeki ERP Sisteminin Kullanımı ile İlgili Faktörler	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Dijital Teknolojilerin Operasyonel Kullanımı	B
A	İşletmedeki ERP Sisteminin Kullanımı ile İlgili Faktörler	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Modern ve Entegre Teknolojik Altyapı	B
A	İşletmenin Finansal Gücü	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Çalışanların Endüstri 4.0 Yetkinliği	B
A	İşletmenin Finansal Gücü	9	7	5	3	1	3	5	7	9	İşletmenin Endüstri 4.0 Yol Haritası / İş Modelleri	B
A	İşletmenin Finansal Gücü	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Liderlik ve Üst Yönetim Desteği	B
A	İşletmenin Finansal Gücü	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Bilgi Teknolojileri Yönetişimi ve Veri Yönetimi	B
A	İşletmenin Finansal Gücü	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ar-Ge ve İnovasyon	B
A	İşletmenin Finansal Gücü	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Dijital Teknolojilerin Operasyonel Kullanımı	B
A	İşletmenin Finansal Gücü	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Modern ve Entegre Teknolojik Altyapı	B
A	Çalışanların Endüstri 4.0 Yetkinliği	9	7	5	3	1	3	5	7	9	İşletmenin Endüstri 4.0 Yol Haritası / İş Modelleri	B
A	Çalışanların Endüstri 4.0 Yetkinliği	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Liderlik ve Üst Yönetim Desteği	B
A	Çalışanların Endüstri 4.0 Yetkinliği	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Bilgi Teknolojileri Yönetişimi ve Veri Yönetimi	B
A	Çalışanların Endüstri 4.0 Yetkinliği	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ar-Ge ve İnovasyon	B
A	Çalışanların Endüstri 4.0 Yetkinliği	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Dijital Teknolojilerin Operasyonel Kullanımı	B
A	Çalışanların Endüstri 4.0 Yetkinliği	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Modern ve Entegre Teknolojik Altyapı	B
A	İşletmenin Endüstri 4.0 Yol Haritası / İş Modelleri	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Liderlik ve Üst Yönetim Desteği	B
A	İşletmenin Endüstri 4.0 Yol Haritası / İş Modelleri	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Bilgi Teknolojileri Yönetişimi ve Veri Yönetimi	B
A	İşletmenin Endüstri 4.0 Yol Haritası / İş Modelleri	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ar-Ge ve İnovasyon	B
A	İşletmenin Endüstri 4.0 Yol Haritası / İş Modelleri	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Dijital Teknolojilerin Operasyonel Kullanımı	B
A	İşletmenin Endüstri 4.0 Yol Haritası / İş Modelleri	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Modern ve Entegre Teknolojik Altyapı	B
A	Liderlik ve Üst Yönetim Desteği	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Bilgi Teknolojileri Yönetişimi ve Veri Yönetimi	B
A	Liderlik ve Üst Yönetim Desteği	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ar-Ge ve İnovasyon	B
A	Liderlik ve Üst Yönetim Desteği	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Dijital Teknolojilerin Operasyonel Kullanımı	B
A	Liderlik ve Üst Yönetim Desteği	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Modern ve Entegre Teknolojik Altyapı	B
A	Bilgi Teknolojileri Yönetişimi ve Veri Yönetimi	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Ar-Ge ve İnovasyon	B
A	Bilgi Teknolojileri Yönetişimi ve Veri Yönetimi	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Dijital Teknolojilerin Operasyonel Kullanımı	B
A	Bilgi Teknolojileri Yönetişimi ve Veri Yönetimi	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Modern ve Entegre Teknolojik Altyapı	B
A	Ar-Ge ve İnovasyon	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Dijital Teknolojilerin Operasyonel Kullanımı	B
A	Ar-Ge ve İnovasyon	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Modern ve Entegre Teknolojik Altyapı	B
A	Dijital Teknolojilerin Operasyonel Kullanımı	9	7	5	3	1	3	5	7	9	Modern ve Entegre Teknolojik Altyapı	B

EK 3. DEMATEL

Bu Bölümde "A Unsurunun B Unsuru Üzerindeki Etkisini" değerlendirmeniz istenmektedir.

Unsur 1: "İşletmenin Büyüklüğü" nün diğer unsurlar üzerindeki etkisi

İşletmenin Büyüklüğü	nün	İşletmenin Faaliyet Sektörü ve Sektördeki Hizmet ve Ürün Çeşitliliği	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
İşletmenin Büyüklüğü	nün	Rekabetin Yoğunluğu	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
İşletmenin Büyüklüğü	nün	İşletmedeki ERP Sisteminin Kullanımı ile İlgili Faktörler	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
İşletmenin Büyüklüğü	nün	İşletmenin Finansal Gücü	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
İşletmenin Büyüklüğü	nün	Çalışanların Endüstri 4.0 Yetkinliği	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
İşletmenin Büyüklüğü	nün	İşletmenin Endüstri 4.0 Yol Haritası / İş Modelleri	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
İşletmenin Büyüklüğü	nün	Liderlik ve Üst Yönetim Desteği	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
İşletmenin Büyüklüğü	nün	Bilgi Teknolojileri Yönetişimi ve Veri Yönetimi	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
İşletmenin Büyüklüğü	nün	Ar-Ge ve İnovasyon	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
İşletmenin Büyüklüğü	nün	Dijital Teknolojilerin Operasyonel Kullanımı	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
İşletmenin Büyüklüğü	nün	Modern ve Entegre Teknolojik Altyapı	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır

Unsur 2: "İşletmenin Faaliyet Sektörü ve Sektördeki Hizmet ve Ürün Çeşitliliği"nin diğer unsurlar üzerindeki etkisi

İşletmenin Faaliyet Sektörü ve Sektördeki Hizmet ve Ürün Çeşitliliği	nin	İşletmenin Büyüklüğü	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
İşletmenin Faaliyet Sektörü ve Sektördeki Hizmet ve Ürün Çeşitliliği	nin	Rekabetin Yoğunluğu	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
İşletmenin Faaliyet Sektörü ve Sektördeki Hizmet ve Ürün Çeşitliliği	nin	İşletmedeki ERP Sisteminin Kullanımı ile İlgili Faktörler	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
İşletmenin Faaliyet Sektörü ve Sektördeki Hizmet ve Ürün Çeşitliliği	nin	İşletmenin Finansal Gücü	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
İşletmenin Faaliyet Sektörü ve Sektördeki Hizmet ve Ürün Çeşitliliği	nin	Çalışanların Endüstri 4.0 Yetkinliği	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
İşletmenin Faaliyet Sektörü ve Sektördeki Hizmet ve Ürün Çeşitliliği	nin	İşletmenin Endüstri 4.0 Yol Haritası / İş Modelleri	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
İşletmenin Faaliyet Sektörü ve Sektördeki Hizmet ve Ürün Çeşitliliği	nin	Liderlik ve Üst Yönetim Desteği	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
İşletmenin Faaliyet Sektörü ve Sektördeki Hizmet ve Ürün Çeşitliliği	nin	Bilgi Teknolojileri Yönetişimi ve Veri Yönetimi	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
İşletmenin Faaliyet Sektörü ve Sektördeki Hizmet ve Ürün Çeşitliliği	nin	Ar-Ge ve İnovasyon	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
İşletmenin Faaliyet Sektörü ve Sektördeki Hizmet ve Ürün Çeşitliliği	nin	Dijital Teknolojilerin Operasyonel Kullanımı	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
İşletmenin Faaliyet Sektörü ve Sektördeki Hizmet ve Ürün Çeşitliliği	nin	Modern ve Entegre Teknolojik Altyapı	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır

Unsur 3: "Rekabetin Yoğunluğu"nın diğer unsurlar üzerindeki etkisi

Rekabetin Yoğunluğu	nun	İşletmenin Büyüklüğü	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Rekabetin Yoğunluğu	nun	İşletmenin Faaliyet Sektörü ve Sektördeki Hizmet ve Ürün Çeşitliliği	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Rekabetin Yoğunluğu	nun	İşletmedeki ERP Sisteminin Kullanımı ile İlgili Faktörler	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Rekabetin Yoğunluğu	nun	İşletmenin Finansal Gücü	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Rekabetin Yoğunluğu	nun	Çalışanların Endüstri 4.0 Yetkinliği	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Rekabetin Yoğunluğu	nun	İşletmenin Endüstri 4.0 Yol Haritası / İş Modelleri	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Rekabetin Yoğunluğu	nun	Liderlik ve Üst Yönetim Desteği	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Rekabetin Yoğunluğu	nun	Bilgi Teknolojileri Yönetimi ve Veri Yönetimi	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Rekabetin Yoğunluğu	nun	Ar-Ge ve İnovasyon	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Rekabetin Yoğunluğu	nun	Dijital Teknolojilerin Operasyonel Kullanımı	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Rekabetin Yoğunluğu	nun	Modern ve Entegre Teknolojik Altyapı	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır

Unsur 4: "İşletmedeki ERP Sisteminin Kullanımı ile İlgili Faktörler"nin diğer unsurlar üzerindeki etkisi

İşletmedeki ERP Sisteminin Kullanımı ile İlgili Faktörler	in	İşletmenin Büyüklüğü	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
İşletmedeki ERP Sisteminin Kullanımı ile İlgili Faktörler	in	İşletmenin Faaliyet Sektörü ve Sektördeki Hizmet ve Ürün Çeşitliliği	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
İşletmedeki ERP Sisteminin Kullanımı ile İlgili Faktörler	in	Rekabetin Yoğunluğu	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
İşletmedeki ERP Sisteminin Kullanımı ile İlgili Faktörler	in	İşletmenin Finansal Gücü	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
İşletmedeki ERP Sisteminin Kullanımı ile İlgili Faktörler	in	Çalışanların Endüstri 4.0 Yetkinliği	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
İşletmedeki ERP Sisteminin Kullanımı ile İlgili Faktörler	in	İşletmenin Endüstri 4.0 Yol Haritası / İş Modelleri	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
İşletmedeki ERP Sisteminin Kullanımı ile İlgili Faktörler	in	Liderlik ve Üst Yönetim Desteği	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
İşletmedeki ERP Sisteminin Kullanımı ile İlgili Faktörler	in	Bilgi Teknolojileri Yönetimi ve Veri Yönetimi	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
İşletmedeki ERP Sisteminin Kullanımı ile İlgili Faktörler	in	Ar-Ge ve İnovasyon	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
İşletmedeki ERP Sisteminin Kullanımı ile İlgili Faktörler	in	Dijital Teknolojilerin Operasyonel Kullanımı	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
İşletmedeki ERP Sisteminin Kullanımı ile İlgili Faktörler	in	Modern ve Entegre Teknolojik Altyapı	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır

Unsur 5: "İşletmenin Finansal Gücü"nün diğer unsurlar üzerindeki etkisi

İşletmenin Finansal Gücü'nün	İşletmenin Büyüklüğü	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
İşletmenin Finansal Gücü'nün	İşletmenin Faaliyet Sektörü ve Sektördeki Hizmet ve Ürün Çeşitliliği	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
İşletmenin Finansal Gücü'nün	Rekabetin Yoğunluğu	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
İşletmenin Finansal Gücü'nün	İşletmedeki ERP Sisteminin Kullanımı ile İlgili Faktörler	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
İşletmenin Finansal Gücü'nün	Çalışanların Endüstri 4.0 Yetkinliği	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
İşletmenin Finansal Gücü'nün	İşletmenin Endüstri 4.0 Yol Haritası / İş Modelleri	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
İşletmenin Finansal Gücü'nün	Liderlik ve Üst Yönetim Desteği	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
İşletmenin Finansal Gücü'nün	Bilgi Teknolojileri Yönetişimi ve Veri Yönetimi	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
İşletmenin Finansal Gücü'nün	Ar-Ge ve İnovasyon	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
İşletmenin Finansal Gücü'nün	Dijital Teknolojilerin Operasyonel Kullanımı	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
İşletmenin Finansal Gücü'nün	Modern ve Entegre Teknolojik Altyapı	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır

Unsur 6: "Çalışanların Endüstri 4.0 Yetkinliği"nin diğer unsurlar üzerindeki etkisi

Çalışanların Endüstri 4.0 Yetkinliği'nin	İşletmenin Büyüklüğü	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Çalışanların Endüstri 4.0 Yetkinliği'nin	İşletmenin Faaliyet Sektörü ve Sektördeki Hizmet ve Ürün Çeşitliliği	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Çalışanların Endüstri 4.0 Yetkinliği'nin	Rekabetin Yoğunluğu	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Çalışanların Endüstri 4.0 Yetkinliği'nin	İşletmedeki ERP Sisteminin Kullanımı ile İlgili Faktörler	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Çalışanların Endüstri 4.0 Yetkinliği'nin	İşletmenin Finansal Gücü	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Çalışanların Endüstri 4.0 Yetkinliği'nin	İşletmenin Endüstri 4.0 Yol Haritası / İş Modelleri	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Çalışanların Endüstri 4.0 Yetkinliği'nin	Liderlik ve Üst Yönetim Desteği	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Çalışanların Endüstri 4.0 Yetkinliği'nin	Bilgi Teknolojileri Yönetişimi ve Veri Yönetimi	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Çalışanların Endüstri 4.0 Yetkinliği'nin	Ar-Ge ve İnovasyon	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Çalışanların Endüstri 4.0 Yetkinliği'nin	Dijital Teknolojilerin Operasyonel Kullanımı	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Çalışanların Endüstri 4.0 Yetkinliği'nin	Modern ve Entegre Teknolojik Altyapı	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır

Unsur 7: "İşletmenin Endüstri 4.0 Yol Haritası / İş Modelleri"nin diğer unsurlar üzerindeki etkisi

İşletmenin Endüstri 4.0 Yol Haritası / İş Modelleri	nin	İşletmenin Büyüklüğü	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
İşletmenin Endüstri 4.0 Yol Haritası / İş Modelleri	nin	İşletmenin Faaliyet Sektörü ve Sektördeki Hizmet ve Ürün Çeşitliliği	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
İşletmenin Endüstri 4.0 Yol Haritası / İş Modelleri	nin	Rekabetin Yoğunluğu	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
İşletmenin Endüstri 4.0 Yol Haritası / İş Modelleri	nin	İşletmedeki ERP Sisteminin Kullanımı ile İlgili Faktörler	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
İşletmenin Endüstri 4.0 Yol Haritası / İş Modelleri	nin	İşletmenin Finansal Gücü	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
İşletmenin Endüstri 4.0 Yol Haritası / İş Modelleri	nin	Çalışanların Endüstri 4.0 Yetkinliği	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
İşletmenin Endüstri 4.0 Yol Haritası / İş Modelleri	nin	Liderlik ve Üst Yönetim Desteği	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
İşletmenin Endüstri 4.0 Yol Haritası / İş Modelleri	nin	Bilgi Teknolojileri Yönetişimi ve Veri Yönetimi	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
İşletmenin Endüstri 4.0 Yol Haritası / İş Modelleri	nin	Ar-Ge ve İnovasyon	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
İşletmenin Endüstri 4.0 Yol Haritası / İş Modelleri	nin	Dijital Teknolojilerin Operasyonel Kullanımı	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
İşletmenin Endüstri 4.0 Yol Haritası / İş Modelleri	nin	Modern ve Entegre Teknolojik Altyapı	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır

Unsur 8: "Liderlik ve Üst Yönetim Desteği"nin diğer unsurlar üzerindeki etkisi

Liderlik ve Üst Yönetim Desteği	nin	İşletmenin Büyüklüğü	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Liderlik ve Üst Yönetim Desteği	nin	İşletmenin Faaliyet Sektörü ve Sektördeki Hizmet ve Ürün Çeşitliliği	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Liderlik ve Üst Yönetim Desteği	nin	Rekabetin Yoğunluğu	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Liderlik ve Üst Yönetim Desteği	nin	İşletmedeki ERP Sisteminin Kullanımı ile İlgili Faktörler	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Liderlik ve Üst Yönetim Desteği	nin	İşletmenin Finansal Gücü	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Liderlik ve Üst Yönetim Desteği	nin	Çalışanların Endüstri 4.0 Yetkinliği	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Liderlik ve Üst Yönetim Desteği	nin	İşletmenin Endüstri 4.0 Yol Haritası / İş Modelleri	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Liderlik ve Üst Yönetim Desteği	nin	Bilgi Teknolojileri Yönetişimi ve Veri Yönetimi	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Liderlik ve Üst Yönetim Desteği	nin	Ar-Ge ve İnovasyon	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Liderlik ve Üst Yönetim Desteği	nin	Dijital Teknolojilerin Operasyonel Kullanımı	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Liderlik ve Üst Yönetim Desteği	nin	Modern ve Entegre Teknolojik Altyapı	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır

Unsur 9: "Bilgi Teknolojileri Yönetişimi ve Veri Yönetimi"nin diğer unsurlar üzerindeki etkisi

Bilgi Teknolojileri Yönetişimi ve Veri Yönetimi	nin	İşletmenin Büyüklüğü	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Bilgi Teknolojileri Yönetişimi ve Veri Yönetimi	nin	İşletmenin Faaliyet Sektörü ve Sektördeki Hizmet ve Ürün Çeşitliliği	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Bilgi Teknolojileri Yönetişimi ve Veri Yönetimi	nin	Rekabetin Yoğunluğu	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Bilgi Teknolojileri Yönetişimi ve Veri Yönetimi	nin	İşletmedeki ERP Sisteminin Kullanımı ile İlgili Faktörler	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Bilgi Teknolojileri Yönetişimi ve Veri Yönetimi	nin	İşletmenin Finansal Gücü	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Bilgi Teknolojileri Yönetişimi ve Veri Yönetimi	nin	Çalışanların Endüstri 4.0 Yetkinliği	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Bilgi Teknolojileri Yönetişimi ve Veri Yönetimi	nin	İşletmenin Endüstri 4.0 Yol Haritası / İş Modelleri	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Bilgi Teknolojileri Yönetişimi ve Veri Yönetimi	nin	Liderlik ve Üst Yönetim Desteği	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Bilgi Teknolojileri Yönetişimi ve Veri Yönetimi	nin	Ar-Ge ve İnovasyon	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Bilgi Teknolojileri Yönetişimi ve Veri Yönetimi	nin	Dijital Teknolojilerin Operasyonel Kullanımı	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Bilgi Teknolojileri Yönetişimi ve Veri Yönetimi	nin	Modern ve Entegre Teknolojik Altyapı	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır

Unsur 10: "Ar-Ge ve İnovasyon"nın diğer unsurlar üzerindeki etkisi

Ar-Ge ve İnovasyon	nun	İşletmenin Büyüklüğü	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Ar-Ge ve İnovasyon	nun	İşletmenin Faaliyet Sektörü ve Sektördeki Hizmet ve Ürün Çeşitliliği	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Ar-Ge ve İnovasyon	nun	Rekabetin Yoğunluğu	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Ar-Ge ve İnovasyon	nun	İşletmedeki ERP Sisteminin Kullanımı ile İlgili Faktörler	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Ar-Ge ve İnovasyon	nun	İşletmenin Finansal Gücü	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Ar-Ge ve İnovasyon	nun	Çalışanların Endüstri 4.0 Yetkinliği	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Ar-Ge ve İnovasyon	nun	İşletmenin Endüstri 4.0 Yol Haritası / İş Modelleri	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Ar-Ge ve İnovasyon	nun	Liderlik ve Üst Yönetim Desteği	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Ar-Ge ve İnovasyon	nun	Bilgi Teknolojileri Yönetişimi ve Veri Yönetimi	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Ar-Ge ve İnovasyon	nun	Dijital Teknolojilerin Operasyonel Kullanımı	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Ar-Ge ve İnovasyon	nun	Modern ve Entegre Teknolojik Altyapı	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır

Unsur 11: "Dijital Teknolojilerin Operasyonel Kullanımı"nın diğer unsurlar üzerindeki etkisi

Dijital Teknolojilerin Operasyonel Kullanımı	nın	İşletmenin Büyüklüğü	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Dijital Teknolojilerin Operasyonel Kullanımı	nın	İşletmenin Faaliyet Sektörü ve Sektördeki Hizmet ve Ürün Çeşitliliği	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Dijital Teknolojilerin Operasyonel Kullanımı	nın	Rekabetin Yoğunluğu	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Dijital Teknolojilerin Operasyonel Kullanımı	nın	İşletmedeki ERP Sisteminin Kullanımı ile İlgili Faktörler	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Dijital Teknolojilerin Operasyonel Kullanımı	nın	İşletmenin Finansal Gücü	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Dijital Teknolojilerin Operasyonel Kullanımı	nın	Çalışanların Endüstri 4.0 Yetkinliği	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Dijital Teknolojilerin Operasyonel Kullanımı	nın	İşletmenin Endüstri 4.0 Yol Haritası / İş Modelleri	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Dijital Teknolojilerin Operasyonel Kullanımı	nın	Liderlik ve Üst Yönetim Desteği	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Dijital Teknolojilerin Operasyonel Kullanımı	nın	Bilgi Teknolojileri Yönetişimi ve Veri Yönetimi	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Dijital Teknolojilerin Operasyonel Kullanımı	nın	Ar-Ge ve İnovasyon	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Dijital Teknolojilerin Operasyonel Kullanımı	nın	Modern ve Entegre Teknolojik Altyapı	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır

Unsur 12: "Modern ve Entegre Teknolojik Altyapı"nın diğer unsurlar üzerindeki etkisi

Modern ve Entegre Teknolojik Altyapı	nın	İşletmenin Büyüklüğü	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Modern ve Entegre Teknolojik Altyapı	nın	İşletmenin Faaliyet Sektörü ve Sektördeki Hizmet ve Ürün Çeşitliliği	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Modern ve Entegre Teknolojik Altyapı	nın	Rekabetin Yoğunluğu	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Modern ve Entegre Teknolojik Altyapı	nın	İşletmedeki ERP Sisteminin Kullanımı ile İlgili Faktörler	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Modern ve Entegre Teknolojik Altyapı	nın	İşletmenin Finansal Gücü	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Modern ve Entegre Teknolojik Altyapı	nın	Çalışanların Endüstri 4.0 Yetkinliği	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Modern ve Entegre Teknolojik Altyapı	nın	İşletmenin Endüstri 4.0 Yol Haritası / İş Modelleri	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Modern ve Entegre Teknolojik Altyapı	nın	Liderlik ve Üst Yönetim Desteği	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Modern ve Entegre Teknolojik Altyapı	nın	Bilgi Teknolojileri Yönetişimi ve Veri Yönetimi	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Modern ve Entegre Teknolojik Altyapı	nın	Ar-Ge ve İnovasyon	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır
Modern ve Entegre Teknolojik Altyapı	nın	Dijital Teknolojilerin Operasyonel Kullanımı	üzerinde	0	1	2	3	4	etkisi vardır

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Doğuş AYGÜN
Doğum Yeri	
Doğum Tarihi	
Uyruğu	☒ T.C. ☐ Diğer:
Telefon	
E-Posta Adresi	
Web Adresi	

Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Okan Üniversitesi
Fakülte	İktisadi İdari Bilimler Fakültesi
Bölümü	İşletme (İngilizce)
Mezuniyet Yılı	18.06.2013

Yüksek Lisans	
Üniversite	University of Salford
Enstitü Adı	Salford Business School
Anabilim Dalı	Information Systems Management
Programı	Information Systems Management

Doktora	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Enformatik Anabilim Dalı
Programı	Enformatik Programı

Makale ve Bildiriler	
Aygün, D. and Sati, Z.E., 2020, Doğu Asya’da Ortaya Çıkan Dijital Dönüşüm Kavramları Üzerine Bir Analiz, <i>Strategic Public Management Journal</i> , 6(12), 149-159.	
Aygün, D., Yılmaz, İ.G. and Sati, Z., 2019, Industry 4.0 Awareness: A Research on Postgraduate Students, <i>The 6th International Management Information Systems Conference Proceedings</i> , 9-12 October 2019, Kadir Has University, Istanbul, 289-301.	
Yılmaz, İ.G., Aygün, D., Akadal, E. and Gülseçen, S., 2019, Göz Hareketlerini İzleme Yöntemiyle Arama Motorlarının Otomatik Tamamlama Özelliğinin Kullanılabilirlik Açısından İncelenmesi, <i>Tasarım Enformatiği</i> , 1, 51-61.	

Yılmaz, İ.G., Aygün, D., Kartal, E., and Özen, Z., 2018, *Otomotiv Sektöründe Twitter Veri Analizi: Pazarda Daha Önde Olabilmek İçin İpuçları*, Yönetim Bilişim Sistemlerinde Gündem, In: Gülseçen, S., Selçukcan Erol, Ç., Ayvaz Reis Z., Gezer, M., (Eds.), Çağlayan Kitabevi, İstanbul, ISBN: 9789754361537 49-61.

Yılmaz, İ.G., Aygün, D. and Tanrikulu, Z., 2017, Social Media's Perspective on Industry 4.0: A Twitter Analysis, *Social Networking*, 6(4), 251-261.

Aygün, D., Yılmaz, İ.G. and Gülseçen, S., 2017, The Value of Decision Making to the Airlines: An Analysis of Passenger Preferences on Check-ins, *Journal of Transportation and Logistics*, 2(1), 1-10.

