

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TEDARİK ZİNCİRİNDE ENDÜSTRİ 4.0
TEKNOLOJİLERİNİN KULLANIMININ ALGILANAN ÜRÜN
DEĞERİ VE MÜŞTERİ MEMNUNİYETİNE ETKİSİ: AYAKKABI
SEKTÖRÜ ÜZERİNE BİR İNCELEME

ÇAĞLA BULUT
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GEBZE
2022

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TEDARİK ZİNCİRİNDE ENDÜSTRİ 4.0
TEKNOLOJİLERİNİN KULLANIMININ
ALGILANAN ÜRÜN DEĞERİ VE
MÜŞTERİ MEMNUNİYETİNE ETKİSİ:
AYAKKABI SEKTÖRÜ ÜZERİNE BİR
İNCELEME

ÇAĞLA BULUT
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMANI
DOÇ. DR. AYŞENUR BUDAK

GEBZE
2022

T.R.
GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

**THE EFFECT OF USING INDUSTRY 4.0
TECHNOLOGIES IN THE SUPPLY
CHAIN ON PERCEIVED PRODUCT
VALUE AND CUSTOMER
SATISFACTION: A RESEARCH ON
FOOTWEAR INDUSTRY**

ÇAĞLA BULUT
**A THESIS SUBMITTED FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE**
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING

THESIS SUPERVISOR
ASSOC.PROF.DR. AYŞENUR BUDAK

GEBZE
2022

GTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 23/06/2022 tarih ve 2022/31 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 05/07/2022 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Çağla BULUT'un tez çalışması Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Doç. Dr. Ayşenur BUDAK

ÜYE

: Dr. Öğr. Üyesi Kemal Dinçer Dingec

ÜYE

: Dr. Öğr. Üyesi Veysel Çoban

ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun

...../...../..... tarih ve/..... sayılı kararı.

ÖZET

Bu çalışma, endüstri 4.0 teknolojilerinin tedarik zincirinde kullanımının algılanan ürün değeri ve müşteri memnuniyetine etkisi olup olmadığını incelemek üzere düzenlenmiştir. Bu etkinin anlaşılması için günümüzün en önemli sektörlerinden olan ve endüstri 4.0 uygulamalarının örneklerinin çokça görüldüğü ayakkabı sektörü belirlenmiştir. Bunun için önce literatür taranarak endüstri 4.0'ın tedarik zincirine kattığı özellikler bulunmuştur ve bunlar arasından en çok değinilen dört özellik olan iş birliği, esneklik, şeffaflık ve gerçek zamanlılık ankette yararlanılmak üzere seçilmiştir. Bu özelliklere dair ayakkabı sektöründeki uygulamalar bulunmuş ve bu örnekler üzerinden beşli likert ölçeği tipinde bir anket kurulmuştur. Analizin ilk aşamasında güvenilirlik testi gerçekleştirilmiş ve sonuçlar algılanan ürün değeri ve müşteri memnuniyeti için sırasıyla 0.923 ve 0.926 çıktığı için test güvenilir kabul edilmiştir. Ardından veri dağılımı incelenmiş ve verilerin normal dağıldığı görülmüştür. Bunun üzerine analiz yöntemi olarak hem bir uygulamanın etkisi ölçüldüğü ve tek örneklem üzerinden ilerlendiği hem de katılımcı sayısının düşük olmasından kaynaklı olarak tek örneklem t-testi seçilmiştir. SPSS 28 programında yapılan tek örneklem t-testi sonucuna göre endüstri 4.0'ın tedarik zincirine kazandırdığı dört özelliğin ve genel olarak bu özelliklerin uygulamalarının hepsinin hem müşteri memnuniyeti hem de algılanan ürün değeri üzerinde etkisi olduğu bulunmuştur. Bu analize ilaveten bu çalışmada belirlenen bir diğer amaç olan algılanan ürün değerinin müşteri memnuniyeti üzerinde etkisi ölçülmek üzere aynı ölçeklerin sonucu üzerinden basit doğrusal regresyon analizi yapılmış ve bunun sonucunda iki değişken arasında pozitif yönlü güçlü bir ilişki olduğu görülmüştür. Bu etkiye göre algılanan ürün değerindeki bir birim artışın müşteri memnuniyetini 0,933 birim artırdığı saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Endüstri 4.0 Teknolojileri, Tedarik Zinciri 4.0, Algılanan Ürün Değeri, Müşteri Memnuniyeti, Ayakkabı Sektörü, Tek Örneklem t-testi

SUMMARY

This study is designed to examine whether the use of industry 4.0 technologies in the supply chain has an effect on perceived product value and customer satisfaction. To test these, the shoe industry, where many examples of industry 4.0 applications are seen, was chosen. In the literature, the four most mentioned features, collaboration, flexibility, transparency and real-time which are the features that industry 4.0 adds to the supply chain were found and, were chosen to be used in the survey. Applications in the shoe industry regarding these features were found and a five-point Likert scale type questionnaire was established based on these. For the analysis, reliability test was performed and the test was accepted as reliable as the results were 0.923 and 0.926 for perceived product value and customer satisfaction, respectively. Then, it was observed that the data were normally distributed. Thereupon, the one-sample t-test was chosen as the analysis method, since the effect of an application was measured and progressed through a single sample, and the number of participants was low. Results showed the four features that supply chain gains and the applications of these in general, have an impact on both customer satisfaction and perceived product value. Besides, a simple linear regression analysis was performed to measure the effect of perceived product value on customer satisfaction, which is another goal determined in this study. Results showed there is strong positive relationship between them and one unit increase in perceived product value increases customer satisfaction by 0.933 units.

Key Words: Industry 4.0 Technologies, Supply Chain 4.0, Perceived Product Value, Customer Satisfaction, Footwear Industry, One Sample t-test.

TEŞEKKÜR

Başta tez çalışmam süresince desteğini esirgemeyen ve sorduğum tüm sorulara olumlu ve kapsamlı dönüşler sağlayan tez danışmanım Doç. Dr. Ayşenur BUDAK'a sonsuz teşekkürlerimi iletiyorum.

Bu süreçte yanımda olan annem Ayşe BULUT ve babam Faruk BULUT'a ders çalışabilmem için sağladıkları kolaylıklar için derinden minnettarım.

Kendisi uzakta da olsa deneyimleriyle yanımda olan ve ihtiyacım olan yönlendirmeleri sağlayan ablam Damla BULUT'a teşekkür ederim.

Çalışma süresince hem manevi olarak yanımda olan hem de çalışmanın düzenlemesi kısmında yardımcı olan arkadaşım Erkan SIRMASAÇ'a teşekkür ederim.

Ayrıca tezim kapsamında hazırladığım anket çalışmasına katılan herkese sonsuz teşekkür ederim.

.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	v
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	xii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
TABLolar DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Amacı, Katkısı ve İçeriği	3
2. ENDÜSTRİ 4.0	5
2.1. Endüstri 4.0'a Geçiş	8
2.2. Endüstri 4.0'ın Temel Tasarım İlkeleri	11
2.2.1. Birlikte Çalışabilirlik	11
2.2.2. Sanallaştırma	12
2.2.3. Ademimerkeziyetçilik	12
2.2.4. Gerçek Zamanlı Yetenek	12
2.2.5. Hizmet Odaklılık	13
2.2.6. Modülerlik	13
2.3. Endüstri 4.0'ı Kolaylaştıran Teknolojiler	13
2.3.1. Nesnelerin İnterneti ve Teknolojileri	14
2.3.1.1. RFID	16
2.3.1.2. Sensörler	17
2.3.1.3. Aktüatörler	18
2.3.1.4. Kablosuz Sensör Ağı (WSN)	18
2.3.1.5. Elektronik Ürün Kodu (EPC)	18
2.3.1.6. Nesne Adı Hizmeti (ONS)	19
2.3.1.7. Yakın Alan İletişimi (NFC)	19
2.3.1.8. Küresel Konumlama Sistemi	19
2.3.1.9. Barkodlar	20

2.3.2. Siber Fiziksel Sistemler	20
2.3.3. Büyük Veri	22
2.3.4. Bulut Bilişim	24
2.3.5. Katmanlı Üretim	26
2.3.6. Yapay Zeka	27
2.3.7. Artırılmış ve Sanal Gerçeklik	27
3. TEDARİK ZİNCİRİ	29
3.1. Tedarik Zinciri Faaliyetleri	29
3.1.1. Talep Tahmini ve Planlaması	30
3.1.2. Siparişin İşlenmesi	30
3.1.3. Envanter Yönetimi	31
3.1.4. Malzeme Elleçleme	32
3.1.5. Depolama	33
3.1.6. Paketleme	34
3.1.7. Lojistik İletişimi	35
3.1.8. Taşımacılık	35
3.1.9. Müşteri Servisi	36
3.1.10. Tersine Lojistik	37
3.2. Endüstri 4.0'ın Tedarik Zincirine Etkisi	38
3.3. Tedarik Zincirinde Kullanılan Endüstri 4.0 Teknolojiler	39
3.3.1. Nesnelerin İnterneti	39
3.3.2. Siber Fiziksel Sistemler	40
3.3.3. Akıllı ve Bağlı Ürünler	40
3.3.4. Büyük Veri ve Analitiği	41
3.3.5. Dijital İkizler	41
3.3.6. E-tedarik	42
3.3.7. Tedarikçi İş Birliği Portalı	43
3.3.8. Blok Zinciri	43
3.3.9. Robotik	44
3.3.10. Yapay Zekâ	44
3.3.11. 3D Baskı ve Katmanlı Üretim	45
3.3.12. Artırılmış Gerçeklik	45
3.3.13. Sanal Gerçeklik	46

3.3.14. Drone	47
3.3.15. Akıllı Sürücüsüz Taşıma Sistemleri	47
3.3.16. Akıllı Forklift, Palet Taşıyıcıları ve Vinçler	48
3.4. Endüstri 4.0'ın Tedarik Zincirine Kazandırdığı Özellikler	50
3.4.1. Gerçek Zamanlılık	55
3.4.1.1. Gerçek Zamanlı Veri	55
3.4.1.2. Gerçek Zamanlı Analitik	56
3.4.1.3. Gerçek Zamanlı Görünürlük	56
3.4.1.4. Gerçek Zamanlı Görselleştirme	57
3.4.1.5. Gerçek Zamanlı Karar Verme	57
3.4.2. Tedarik Zinciri Esnekliği	58
3.4.2.1. Tedarik Zinciri Esnekliğinin Boyutları	59
3.4.3. Tedarik Zincirinde Şeffaflık	61
3.4.3.1. Tedarik Zincirinde İzlenebilirlik	64
3.4.4. Tedarik Zincirinde İş Birliği	67
3.4.4.1. Üretici ve Tedarikçi Arasında İş Birliği	70
3.4.4.2. Üretici ve Müşteri Arasında İş Birliği	70
3.4.4.3. Üçüncü ve Dördüncü Parti Lojistik Sağlayıcılarıyla İş Birliği	70
4. ALGILANAN ÜRÜN DEĞERİ VE MÜŞTERİ MEMNUNİYETİ	72
4.1. Algılanan Ürün Değeri	72
4.1.1. Algılanan Değerin Kavramsallaştırılması	72
4.1.2. Algılanan Ürün Değeri ve Tedarik Zinciri Yönetimi	74
4.1.3. Endüstri 4.0, Tedarik Zinciri ve Algılanan Ürün Değeri İlişkisi	75
4.2. Müşteri Memnuniyeti	76
4.2.1. Müşteri Memnuniyeti ve Tedarik Zinciri	77
4.2.2. Endüstri 4.0, Tedarik Zinciri ve Müşteri Memnuniyeti İlişkisi	78
4.3. Müşteri Memnuniyeti ve Algılanan Değer İlişkisi	80
5. ARAŞTIRMANIN METODOLOJİSİ	82
5.1. Araştırmanın Amacı ve Önemi	82
5.2. Araştırmanın Kavramsal Modeli	82
5.3. Araştırmanın Hipotezleri	84

5.4. Araştırmanın Yöntemi	84
5.5. Araştırmanın Örneklemi	85
6. ARAŞTIRMANIN BULGULARI	88
6.1. Frekans Analizi	88
6.1.1. Ürün Değeri Ölçeğine Ait Frekans Analizi	88
6.1.2. Müşteri Memnuniyeti Ölçeğine Ait Frekans Analizi	97
6.2. Faktör ve Güvenilirlik Analizi	106
6.2.1. Algılanan Ürün Değeri Ölçeği Faktör ve Güvenilirlik Analizi	107
6.2.2. Müşteri Memnuniyeti Ölçeği Faktör ve Güvenilirlik Analizi	107
6.3. Normallik Analizi	109
6.3.1. Algılanan Ürün Değeri Ölçeği Normallik Analizi	110
6.3.1.1. Normallik Testi: Histogram (Ürün Değeri Ölçeği için)	110
6.3.1.2. Normallik Testi: Varyasyon Katsayısı (Ürün Değeri Ölçeği için)	112
6.3.1.3. Normallik Testi: Çarpıklık Basıklık (Ürün Değeri Ölçeği için)	112
6.3.1.4. Normallik Testi: Eğilimden Arındırılmış Q-Q (Ürün Değeri Ölçeği için)	113
6.3.1.5. Normallik Testi: Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk(Ürün Değeri Ölçeği için)	115
6.3.1.6. Ürün Değeri Ölçeği Normallik Analizi Sonucu	116
6.3.2. Müşteri Memnuniyeti Ölçeği Normallik Analizi	116
6.3.2.1. Normallik Testi: Histogram (Müşteri Memnuniyeti Ölçeği için)	116
6.3.2.2. Normallik Testi: Varyasyon Katsayısı (Müşteri Memnuniyeti Ölçeği için)	118
6.3.2.3. Normallik Testi: Çarpıklık Basıklık (Müşteri Memnuniyeti Ölçeği için)	119
6.3.2.4. Normallik Testi: Eğilimden Arındırılmış Q-Q (Müşteri Memnuniyeti Ölçeği için)	120
6.3.2.5. Normallik Testi: Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk	122
6.3.2.6. Normallik Testleri Sonucu	122
6.4. Tek Örneklem T-testi	123

6.4.1. Algılanan Ürün Değeri Ölçeği Tek Örneklem T-testi	124
6.4.2. Müşteri Memnuniyeti Ölçeği Tek Örneklem T-testi	126
6.5. Algılanan Ürün Değerinin Müşteri Memnuniyetine Etkisi	129
Regresyon Analizi	
7. SONUÇ VE YORUMLAR	133
KAYNAKLAR	136
ÖZGEÇMİŞ	175
EKLER	176



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler ve</u>	<u>Açıklamalar</u>
<u>Kısaltmalar</u>	
AIDC	: Otomatik tanımlama ve veri yakalama
CPS	: Siber fiziksel sistemler
df	: Serbestlik derecesi
DNS	: Alan adı sistemi
EPC	: Elektronik ürün kodu
GPS	: Küresel konumlama sistemi
IaaS	: Hizmet olarak altyapı
IoT	: Nesnelerin interneti
IP	: İnternet protokolü
KMO	: Kaiser- Meyer- Olsen
NFC	: Yakın alan iletişimi
ONS	: Nesne adı hizmeti
PaaS	: Hizmet olarak platform
QR	: Hızlı yanıt
RFID	: Radyo frekansı ile tanımlama
SaaS	: Hizmet olarak yazılım
SOA	: Hizmet odaklı mimari
sig	: Sigma
WSN	: Kablosuz sensör ağı
URL	: Kaynak bulucu

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil No:</u>	<u>Sayfa</u>
5.1: Çalışmanın kavramsal modeli.	83
6.1: Ürün değeri histogram grafiği.	110
6.2: Gerçek zamanlılık histogram grafiği (algılanan ürün değeri ölçeği için).	110
6.3: Esneklik histogram grafiği (algılanan ürün değeri ölçeği için).	111
6.4 Şeffaflık histogram grafiği (algılanan ürün değeri ölçeği için).	111
6.5: İş birliği histogram grafiği (algılanan ürün değeri ölçeği için).	111
6.6 Algılanan ürün değeri eğilimden arındırılmış Q-Q grafiği	113
6.7 Gerçek zamanlılık eğilimden arındırılmış Q-Q grafiği (algılanan ürün değeri ölçeği için).	114
6.8 Esneklik eğilimden arındırılmış Q-Q grafiği (algılanan ürün değeri ölçeği için).	114
6.9 Şeffaflık eğilimden arındırılmış Q-Q grafiği (Algılanan ürün değeri ölçeği için).	114
6.10 İş birliği eğilimden arındırılmış Q-Q grafiği (algılanan ürün değeri ölçeği için).	115
6.11 Müşteri memnuniyeti histogram grafiği.	117
6.12 Gerçek zamanlılık histogram grafiği (müşteri memnuniyeti ölçeği için).	117
6.13 Esneklik histogram grafiği (müşteri memnuniyeti ölçeği için).	117
6.14 Şeffaflık histogram grafiği (müşteri memnuniyeti ölçeği için).	118
6.15 İş birliği histogram grafiği (müşteri memnuniyeti ölçeği için).	118
6.16 Müşteri memnuniyeti eğilimden arındırılmış Q-Q grafiği (Müşteri memnuniyeti ölçeği için).	120
6.17 Gerçek zamanlılık eğilimden arındırılmış Q-Q grafiği (Müşteri memnuniyeti ölçeği için).	120
6.18 Esneklik eğilimden arındırılmış Q-Q grafiği (Müşteri memnuniyeti ölçeği için).	121

- 6.19 Şeffaflık eğilimden arındırılmış Q-Q grafiği (Müşteri memnuniyeti 121 ölçeği için).
- 6.20 İş birliği eğilimden arındırılmış Q-Q grafiği (Müşteri memnuniyeti 121 ölçeği için).



TABLÖLAR DİZİNİ

<u>Tablo No:</u>	<u>Sayfa</u>
5.1: Katılımcıların cinsiyete göre frekans dağılımı.	85
5.2: Katılımcıların yaşa göre frekans dağılımı.	86
5.3: Katılımcıların eğitim Seviyesine göre frekans dağılımı.	86
5.4: Katılımcıların çalışma durumuna göre frekans dağılımı.	87
6.1: “Tedarik zincirinde gerçek zamanlılık sayesinde bilgilerin doğruluk ve güvenilirliğinin artması satın aldığım ürüne yönelik bakış açımı etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.	88
6.2: “Tedarik zincirinde gerçek zamanlılık sayesinde verilerin hızla değerlendirilip sonuçların eş zamanlı olarak sunulabilmesi satın aldığım ürüne yönelik bakış açımı etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.	89
6.3: “Tedarik zincirinde gerçek zamanlılık sayesinde müşterilere kişiselleştirilmiş çözümler sunulabilmesi satın aldığım ürüne yönelik bakış açımı etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.	89
6.4: “Tedarik zincirinde gerçek zamanlılık sayesinde müşteri iletişiminin hızlanması ve sorunlara daha hızlı çözümler üretilebilmesi satın aldığım ürüne yönelik bakış açımı etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.	90
6.5: “Tedarik zincirinde gerçek zamanlılık sayesinde ürünlerin kalite kontrolünün aktif bir şekilde sağlanabilmesi satın aldığım ürüne yönelik bakış açımı etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.	90
6.6: “Tedarik zincirinde esneklik sayesinde firma sistemlerinin müşterilerin çok boyutlu ihtiyaçlarına ve bir üründe meydana gelebilecek herhangi bir değişikliğe yanıt verebilmesi veya bunlara göre uyarlanabilirliği satın aldığım ürüne yönelik bakış açımı etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.	91
6.7: “Tedarik zincirinde esneklik sayesinde firmaların yaygın veya yoğun dağıtım kapsamı sağlayabilmesi satın aldığım ürüne yönelik bakış açımı etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.	91

6.8	“Tedarik zincirinde esneklik sayesinde bir firmanın piyasa talebindeki nicel değişikliklere uyum sağlayabilmesi satın aldığım ürüne yönelik bakış açımı etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.	92
6.9:	“Tedarik zincirinde esneklik sayesinde bir firmanın değişen iş ortamına yanıt olarak piyasaya yeni parçalar ve ürünler sunabilmesi aldığım ürüne yönelik bakış açımı etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.	92
6.10:	“Tedarik zincirinde esneklik sayesinde firmaların üretim süreçlerini daha verimli ve etkili kullanabilmesi satın aldığım ürüne yönelik bakış açımı etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.	92
6.11:	“Tedarik zincirinde şeffaflık sayesinde ürünlerin yolculuğunun izlenebilmesi satın aldığım ürüne yönelik bakış açımı etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.	93
6.12:	“Tedarik zincirinde şeffaflık sayesinde firmaların biyoçeşitlilik, karbon emisyonu, çocuk işçi, tekstil atıkları ve geri dönüşüm gibi konularda kendisinin ve tedarikçilerinin politikalarını ifşa etmesi ve yayımlaması satın aldığım ürüne yönelik bakış açımı etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.	93
6.13:	“Tedarik zincirinde şeffaflık sayesinde şirketlerin tedarik Zinciri Boyunca Çalışanların ve Çevrenin Korunması için Belirlediği Standartlar ve Hedeflerin Paylaşılması satın aldığım ürüne yönelik bakış açımı etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.	94
6.14:	“Tedarik zincirinde şeffaflık sayesinde firmaların politikalarını uygulaması, değerlendirmesi ve bu değerlendirmelerin sonuçlarını paylaşması satın aldığım ürüne yönelik bakış açımı etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.	94
6.15:	“Tedarik zincirinde şeffaflık sayesinde firmaların tedarik zincirindeki sosyal ve çevresel sorunları ele almak için çok paydaşlı girişimler, sivil toplum kuruluşları, sendikalar ile ne ölçüde birlikte çalıştığını ve yaptıkları faaliyetleri kamuya duyurması satın aldığım ürüne yönelik bakış açımı etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.	95

6.16:	“Tedarik zincirinde iş birliği sayesinde tedarik zinciri unsurlarının aynı amaca hizmet etmesi satın aldığım ürüne yönelik bakış açımı etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.	95
6.17:	“Tedarik zincirinde iş birliği sayesinde daha hızlı tedarik ağlarının yaratılması satın aldığım ürüne yönelik bakış açımı etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.	96
6.18:	“Tedarik zincirinde iş birliği sayesinde üretim gereksinimleri, ürün çeşitliliği, özelleştirme ve sıkı üretim programlarına uyum sağlanabilmesi satın aldığım ürüne yönelik bakış açımı etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.	96
6.19:	“Tedarik zincirinde iş birliği sayesinde üretim kalitesinin artması satın aldığım ürüne yönelik bakış açımı etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.	96
6.20:	“Tedarik zincirinde iş birliği sayesinde tedarik zinciri üyeleri arasında güvenin sağlanması satın aldığım ürüne yönelik bakış açımı etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.	97
6.21:	“Tedarik zincirinde gerçek zamanlılık sayesinde bilgilerin doğruluk ve güvenilirliğinin artması aldığım ürün ve hizmetlere dair memnuniyetimi etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.	97
6.22:	“Tedarik zincirinde gerçek zamanlılık sayesinde verilerin hızla değerlendirilip sonuçların eş zamanlı olarak sunulabilmesi aldığım ürün ve hizmetlere dair memnuniyetimi etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.	98
6.23:	“Tedarik zincirinde gerçek zamanlılık sayesinde kişiselleştirilmiş çözümler sunulabilmesi aldığım ürün ve hizmetlere dair memnuniyetimi etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.	98
6.24:	“Tedarik zincirinde gerçek zamanlılık sayesinde müşteri iletişiminin hızlanması ve sorunlara daha hızlı çözümler üretilebilmesi aldığım ürün ve hizmetlere dair memnuniyetimi etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.	99
6.25:	“Tedarik zincirinde gerçek zamanlılık sayesinde ürünlerin kalite kontrolünün aktif bir şekilde sağlanabilmesi aldığım ürün ve hizmetlere dair memnuniyetimi etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.	99

- 6.26: “Tedarik zincirinde esneklik sayesinde firma sistemlerinin 100
müşterilerin çok boyutlu ihtiyaçlarına ve bir üründe meydana
gelebilecek herhangi bir değişikliğe yanıt verebilmesi veya bunlara
göre uyarlanabilirliği aldığım ürün ve hizmetlere dair memnuniyetimi
etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.
- 6.27: “Tedarik zincirinde esneklik sayesinde firmaların yaygın veya yoğun 100
dağıtım kapsamı sağlayabilmesi aldığım ürün ve hizmetlere dair
memnuniyetimi etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.
- 6.28: “Tedarik zincirinde esneklik sayesinde bir firmanın piyasa talebindeki 101
nicel değişikliklere uyum sağlayabilmesi aldığım ürün ve hizmetlere
dair memnuniyetimi etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.
- 6.29: “Tedarik zincirinde esneklik sayesinde bir firmanın değişen iş 101
ortamına yanıt olarak piyasaya yeni parçalar ve ürünler sunabilmesi
aldığım ürün ve hizmetlere dair memnuniyetimi etkiler.” sorusunun
frekans dağılımı.
- 6.30: “Tedarik zincirinde esneklik sayesinde firmaların üretim süreçlerini 102
daha verimli ve etkili kullanabilmesi aldığım ürün ve hizmetlere dair
memnuniyetimi etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.
- 6.31: “Tedarik zincirinde şeffaflık sayesinde ürünlerin yolculuğunun 102
izlenebilmesi aldığım ürün ve hizmetlere dair memnuniyetimi etkiler.”
sorusunun frekans dağılımı.
- 6.32: “Tedarik zincirinde şeffaflık sayesinde firmaların biyoçeşitlilik, 102
karbon emisyonu, çocuk işçi, tekstil atıkları ve geri dönüşüm gibi
konularda kendisinin ve tedarikçilerinin politikalarını ifşa etmesi ve
yayımlaması aldığım ürün ve hizmetlere dair memnuniyetimi etkiler.”
sorusunun frekans dağılımı.
- 6.33 “Tedarik zincirinde şeffaflık sayesinde şirketlerin tedarik zinciri 103
boyunca çalışanların ve çevrenin korunması için belirlediği standartlar
ve hedeflerin paylaşılması aldığım ürün ve hizmetlere dair
memnuniyetimi etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.
- 6.34: “Tedarik zincirinde şeffaflık sayesinde firmaların politikalarını 103
uygulaması, değerlendirmesi ve bu değerlendirmelerin sonuçlarını

paylaşması aldığım ürün ve hizmetlere dair memnuniyetimi etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.	
6.35: “Tedarik zincirinde şeffaflık sayesinde firmaların tedarik zincirindeki sosyal ve çevresel sorunları ele almak için çok paydaşlı girişimler, sivil toplum kuruluşları, sendikalar ile ne ölçüde birlikte çalıştığını ve yaptıkları faaliyetleri kamuya duyurması aldığım ürün ve hizmetlere dair memnuniyetimi etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.	104
6.36: “Tedarik zincirinde iş birliği sayesinde tedarik zinciri unsurlarının aynı amaca hizmet etmesi aldığım ürün ve hizmetlere dair memnuniyetimi etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.	104
6.37: “Tedarik zincirinde iş birliği sayesinde daha hızlı tedarik ağlarının yaratılması aldığım ürün ve hizmetlere dair memnuniyetimi etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.	105
6.38: “Tedarik zincirinde iş birliği sayesinde üretim gereksinimleri, ürün çeşitliliği, özelleştirme ve sıkı üretim programlarına uyum sağlanabilmesi aldığım ürün ve hizmetlere dair memnuniyetimi etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.	105
6.39: “Tedarik zincirinde iş birliği sayesinde üretim kalitesinin artması aldığım ürün ve hizmetlere dair memnuniyetimi etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.	106
6.40: “Tedarik zincirinde iş birliği sayesinde tedarik zinciri üyeleri arasında güvenin sağlanması aldığım ürün ve hizmetlere dair memnuniyetimi etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.	106
6.41: Algılanan ürün değeri ölçeği faktör analizi.	108
6.42: Müşteri memnuniyeti ölçeği faktör analizi.	109
6.43: Algılanan ürün değeri ölçeği varyans katsayısı tablosu.	112
6.44: Algılanan ürün değeri ölçeği çarpıklık basıklık tablosu.	113
6.45: Algılanan ürün değeri ölçeği kolmogorov-smirnov ve shapiro-wilk normallik testi.	115
6.46: Algılanan ürün değeri ölçeği normallik testleri sonucu.	116
6.47: Müşteri memnuniyeti ölçeği varyasyon katsayısı tablosu.	119
6.48: Müşteri memnuniyeti ölçeği çarpıklık basıklık tablosu.	119

6.49: Müşteri memnuniyeti ölçeği kolmogorov-smirnov ve shapiro-wilk normallik testi.	122
6.50: Müşteri memnuniyeti ölçeği normallik testleri sonucu.	123
6.51: Algılanan ürün değeri ve alt boyutları tek örneklem istatistikleri.	124
6.52: Algılanan ürün değeri ve alt boyutları tek örneklem t-testi sonuçları.	125
6.53: Müşteri memnuniyeti ve alt boyutları tek örneklem istatistikleri.	127
6.54: Müşteri memnuniyeti ve alt boyutları tek örneklem t-testi sonuçları.	127
6.55: Model özeti.	129
6.56: ANOVA tablosu.	130
6.57 Katsayısı tablosu.	131



1. GİRİŞ

İnsanlar için öncelikli bir ihtiyaç olan ayakkabının geçmişi Eski Yunan veya Antik Mısır Medeniyetlerine kadar dayanmaktadır [Kaplan, 2020]. Tarihi bu kadar eski çağlara dayanan ayakkabılar, ullanılmaya başladığı dönemlerde, yani insanların doğaya bağlı yaşadığı ve yoğunlukla fiziksel güç gerektiren iş yaptığı dönemlerde ayakkabılar bugünden çok daha önemli bir rol oynamıştır ve ayakkabıların sahip olduğu bu roller ile birlikte de her durumda her ayakkabının giyilemeyeceği yani ayakkabıların çeşitli işlevleri bulunabileceği meydana çıkmıştır [Çelik, 2010]. İlk zamanlardaki en önemli işlevi ayağı darbe ve etkilerden korumak olan ayakkabılar günümüzde bunun yanı sıra şekil, renk gibi estetik açılardan çeşitlenerek kıyafeti tamamlayıcı bir unsur haline gelmiş ve bir statü sembolü olarak algılanmaya başlanarak günümüzün en önemli tüketim mallarından birine dönüşmüştür ve buna dönüşmeden önce “çarık öncesi”, “çarık”, “yemeni” ve “bugünkü ayakkabı” olarak adlandırılan çeşitli süreçlerden geçmiştir [Başar, 2013], [Budak ve Yeralıoğlu, 1993]. Çeşitli dönemlerden geçmiş olan ve işlevselliği farklılaşan bu ayakkabılar günümüzde yapısına göre tanımlanmış olan iskarpin, bot, çizme ve terlik gibi ayak giysilerini ifade etmektedir [Kaplan, 2020]. Çeşitli şekilde isimlendirilebilen ayakkabılar zamanla özellikleri açısından da sınıflandırılmıştır. Ayakkabılar, kullanıcının yaş veya cinsiyet gibi demografik özelliklerine göre erkek, kadın, genç, çocuk ve bebek olarak beş gruba veya kullanım alanına göre kapalı veya açık alanlar, çalışma alanları ve spor salonları gibi 4 gruba bölünebilirler.

Bir önceki paragrafta değinildiği şekilde çeşitli gelişim döneminden geçen ve günümüzde çeşitli kullanım alanlarına ve özelliklerine sahip olan ayakkabılar dünyanın en karlı pazarlarından sayılan ve milyon dolarlık bir endüstri olarak tanımlanan moda endüstrisinin bir parçasıdır ve bu endüstri dünyanın en dinamik tedarik zincirlerinden biri olduğu için hem çok sayıda zorluk hem de fırsatı bünyesinde barındırmaktadır. [Narwane et al., 2021]. Bu zorluklardan biri günümüzdeki tüketicilerin taleplerinin değişmesidir yani özel ayakkabı seçenekleri de dahil olmak üzere daha geniş bir ayakkabı yelpazesi talep etmesidir ve ayakkabı şirketlerinin buna cevap verebilmek için değişikliklerine yanıt vermek ve yeni tüketici eğilimlerini belirlemek veya oluşturmak için verimli ürün geliştirme oluşturmak gibi iki temel zorlukla karşı karşıyadır [Staikos and Rahimifard, 2007].

Moda endüstrisi, kısa ürün yaşam döngüleri, değişken ve öngörülemeyen talep, muazzam ürün çeşitliliği, uzun ve esnek olmayan tedarik süreçleri ile karmaşık bir tedarik zinciri karakterize etmektedir [Şen, 2008]. Moda endüstrisindeki bu çapraşık ve karmaşık süreçlerin yönetilmesi için çeşitli teknolojilerin ve bütünleşmiş kurumsal çözümlerin dahil edilmesi gereklidir [Camarinha-Matos et.al., 2009], [Bhardwaj and Fairhurst, 2010], [Majeed and Rupasinghe, 2017]. Aynı zamanda genişlemeye başlayan endüstri sınırlarıyla birlikte artan dinamik yapı da şirketler üzerinde yenilik yapma, iş birliği yapma ve işlerine en uygun iş süreçlerini yeniden tasarlama konusunda şirketler üzerinde baskı yaratmaktadır; böyle bir ortamda şirketlerin süreçlerini daha iyi yönetebilmesi ve gerektiğinde otomatikleştirmesi için gerekli teknolojileri firmaya adapte ederek daha akıllı olması gerekmektedir [Majeed and Rupasinghe, 2017]. Firmaların daha akıllı hale gelmesine duyulan gereksinim dolayısıyla akıllı teknolojilerin üretim ortamına girmesi dördüncü sanayi devrimini de beraberinde getirmiş, endüstri 4.0'ın bilgi ile iletişim teknolojilerini kuruluşlar içinde bütünleştirmesi özerk ve dinamik üretimi mümkün kılmış ve iş operasyonlarındaki kontrol sistemlerini dönüştürerek kuruluşlar tarafından sağlanan ürün ile hizmetlerin doğasını önemli ölçüde iyileştirmiştir [Moeuf et al., 2017], [Tortorella and Fettermann, 2017], [Fatorachian and Kazemi, 2018]. Bu tür gelişmeler dolayısıyla ticari kuruluşlar ile işletmeler, müşterilerine mümkün olan en kısa sürede en iyi değeri sunma stratejisi olarak tedarik zincirinin etkinliğini ve verimliliğini artırma konusunda ileri düzeyde baskı hissetmekte ve tedarik zinciri, şirketlerin başkalarıyla rekabet edebilmeleri için önemli bir araç durumuna gelmektedir [Naqvi et al., 2020].

Bir önceki paragrafta da belirtilen şirketlerin rakiplerine karşı güçlü duruma gelmesi için hissettikleri rekabetçi baskılar, firmaların müşteri gereksinimlerini belirlemelerini ve diğer satıcılar tarafından sağlanan hizmet seviyelerini karşılamalarına veya geçmelerine izin veren stratejiler geliştirmelerini zorunlu kılmaktadır [Verwijmeren et al., 1996]. Birkaç sektörün önemli derecede sıçramalar yaptığı böyle bir ortamda diğer şirketlerin dijital tedarik zincirlerinin değişen doğasına uyum sağlaması ve nesnelerin internetinden yararlanarak endüstri 4.0'ı benimsemesi, bu konseptin gitgide daha fazla bireyselleştirilmiş müşteri ihtiyaçlarına yönelik olmasından dolayı, hayati önem taşımaktadır [Majeed and Rupasinghe, 2017], [Vaidya et al., 2018]. Daha açık bir ifadeyle endüstri 4.0'ın temel amacı; sipariş yönetimi, araştırma geliştirme, üretim, teslimat ve ürünlerin geri dönüştürülmesi gibi alanları etkileyen bireysel müşteri ihtiyaçlarını karşılamaktır [Neugebauer et al., 2016]. Bu tür

müşteri odaklı temaslar tipik olarak hizmet ve/veya ürünlerin ilgili boyutlarının belirlenmesine ve ayrıca müşterilerin satış yapan firmanın bu beklentileri karşılama ne kadar iyi performans gösterdiğine ilişkin algılarının değerlendirilmesine odaklanır [Sterling and Lambert, 1987]. Çünkü araştırmacılar rekabet avantajı elde etmek için memnuniyet, algılanan değer ve kalitenin önemli yordayıcı olduğunu belirtmişlerdir [Bolton and Drew, 1991].

1.1. Tezin Amacı, Katkısı ve İçeriği

Dördüncü sanayi devrimi yani endüstri 4.0 teknolojileri günümüzdeki birçok şirket tarafından kullanılmaktadır. Bu teknolojilerin firmaların süreçlerinde kullanılması firmalar açısından büyük önem taşımaktadır. Bu teknolojilerin firma süreçlerine entegre edilmesi, tedarik zincirine bazı özellikler kazandırmakta ve firmaların rekabet avantajı kazanmasına olanak sağlayabilmektedir. Endüstri 4.0 teknolojileri sayesinde ürün ve süreçler daha şeffaf hale gelmekte, veriler gerçek zamanlı olarak toplanabilmekte, tedarik zincirleri değişimlere daha hızlı cevap verebilmekte ve tedarik zinciri unsurları arasındaki iş birliği artmaktadır. Bu çalışmada süreçlerin kazandığı özelliklerden olan iş birliği, esneklik, şeffaflık ve gerçek zamanlılığın müşteriye nasıl yansıdığı fikrinden yola çıkılmıştır ve bu özelliklerin tedarik zincirindeki mevcudiyetinin algılanan ürün değeri ve müşteri memnuniyetine etkisinin olup olmadığının anlaşılması amaçlanmıştır.

Bu tez kapsamında ikinci bölümde ilk olarak endüstri 4.0 ve teknolojilerinin neler olduğuna, bu konseptlerin tarihlerine ve kullanım alanlarına dair çeşitli bilgiler verilmiştir. Bu bölümden sonra, üçüncü bölümde, tedarik zincirinin genel tanımı yapılmış, konseptin gelişiminden bahsedilmiş ve tedarik zincirinde kullanılan endüstri 4.0 teknolojilerinin neler olduğu ve bu teknolojilerin nasıl kullanıldığı ve uygulamalarının neler olduğu açıklanmıştır. Daha sonra bu teknolojilerin kullanılmasının tedarik zincirine hangi özellikleri kazandırdığına dair yapılan literatür taraması sonuçları açıklanmıştır ve özelliklere dair kapsamlı bilgilere yer verilmiştir. Bir sonraki yani dördüncü bölümde algılanan ürün değeri ve müşteri memnuniyetinin neler olduğu, bu kavramların tedarik zinciriyle ilişkisi ve endüstri 4.0'ın bu ilişkiye etkilerine değinilerek bu bölüm bitirilmiştir. Çalışmanın beşinci bölümünde araştırmanın metodolojisi başlığı altında araştırmanın amacına, kavramsal modeline,

hipotezlere, yönteme ve örnekleme yer verilmiştir. Altıncı bölümde ise araştırmanın bulgularına yer verilmiştir. Bu bulgular arasında frekans, güvenilirlik, faktör, normallik analizi, tek örneklem t-testi ve basit doğrusal regresyon testinin bulgularına yer verilmiştir. Çalışmanın son bölümü olan yedinci bölümde de araştırmanın sonuçları, gerekli yorumlamalar ve gelecek önerilerine yer verilerek çalışma sonlandırılmıştır.



2. ENDÜSTRİ 4.0

Endüstri devrimi, endüstrileşmenin başlangıcından bu yana devam eden teknolojik atılımlar dolayısıyla gerçekleşen paradigma değişimleri anlamına gelmektedir [Lasi et al., 2014]. Bu terim, 18-19. yüzyılların eşiğinde İngiltere'de ve daha sonra Avrupa'nın diğer ülkelerinde meydana gelen değişikliklerin hızla ve katlanarak artan niteliğini ifade etmektedir [Popkova et al., 2019]. 18. yüzyıldan 19. yüzyıla geçerken su ve buharla çalışan üretim tesislerinin tanıtılmasıyla ilk endüstri devrimi, 19. yüzyıldan 20. yüzyıla geçerken elektrik sayesinde gerçekleşen seri üretim ve iş paylaşımına dayalı ikinci endüstri devrimi, ardından 1960'lı yıllarda başlayıp 1990'lı yıllara kadar süren ve temel gücü, imalatın daha fazla otomasyonunu gerçekleştirmek için elektronik cihazlar ve bilgi teknolojilerinin kullanımı olan üçüncü endüstri devrimi meydana gelmiştir ve bu devrimler sırasıyla endüstri 1.0, endüstri 2.0 ve endüstri 3.0 olarak adlandırılmaktadır [Devezas et al., 2017].

Günümüzde ise dijital ağların akıllı fabrikalardaki işletme değerleriyle ilişkilendirildiği ve ilk fikirden tasarım, geliştirme, üretim, bakım, servis veya geri dönüşüme kadar her şeyi içeren devrim olan yeni bir endüstri devriminin eşiğindeyiz [Hozdić, 2015]. Endüstri devrimlerinin dördüncüsü olarak bilinen ve endüstri 4.0 olarak adlandırılan bu olgudan ilk kez 2011 yılında Almanya'da yüksek teknoloji stratejilerine dayalı yeni bir Alman ekonomi politikası kavramının geliştirilmesi için bir öneri olarak bahsedilmiştir [Mosconi, 2015]. Endüstri 4.0 olarak adlandırılan konseptin ortaya çıkışından günümüze birçok kuruluş tarafından bu konseptte uygun çözümler geliştirilmekte ve bu çözümler özellikle Avrupa, Amerika ve Japonya olmak üzere birçok hükümet tarafından desteklenmektedir [Barreto et al., 2017]. Bunun bir örneği olarak; endüstri 4.0 kavramının ortaya çıktığı Almanya'da Federal Ekonomi İlişkileri ve İklim Eylemi Bakanlığı, Federal Eğitim ve Araştırma Bakanlığı ile bilim, endüstri ve ticaret sendikalarının delegeleri aracılığıyla idare edilen "Plattform Industrie 4.0" isminde bir kuruluş faaliyet göstermektedir. Endüstri 4.0'ın gelişiminin desteklenmesinin kuruluş amacı olduğunu belirten platform, bu kavramı; makine ve süreçlerin, gelişen bilgi ve iletişim teknolojilerinin yardımıyla oluşturulan akıllı ağları şeklinde tanımlamaktadır. Hükümetler ve şirketler arasında önem kazanan endüstri 4.0 kavramı, bilimsel çalışmalarda da kendine yer bularak çeşitli şekillerde

tanımlanmaktadır. Bu çalışmalardan birinde Kagermann ve diğerleri (2013), endüstri 4.0'ı siber fiziksel sistemlerin üretim ve lojistik gibi süreçlere teknik entegrasyonu ile nesnelerin ve hizmetlerin internetinin bu gibi endüstriyel süreçlerde kullanımı olarak tanımlamaktadır. Aynı yazarlar bunun iş organizasyonu ve modelleri, alt hizmetler ve değer yaratma üzerinde etkili olacağını ifade etmektedir. Başka bir tanımda ise endüstri 4.0'ın endüstriyel gelişimin dördüncü aşaması olduğunu ve bütünleşik değer zincirlerinde kurulan gitgide daha akıllı hale gelen sistemlerden oluştuğunu; bu nedenle de bu gelişime uyum sağlamış üretim tesislerinin tamamen entegre bir akıllı ortama dönüştüğünü vurgulanmaktadır [Heng, 2014].

Başlangıçta üretime yenilik getirme amacıyla ortaya çıkmış bir endüstri devrimi olan endüstri 4.0, çıkış amacına uygun olarak en başta üretim alanında kavramsallaştırılmıştır ancak son birkaç yılda bu kavramsallaştırma başka yönlere doğru yayılmaya başlamıştır [Xu et al., 2018]. Yapılan bir çalışmada, endüstri 4.0 kavramına dair bilgiler geliştirilmiştir ve bunun sonucunda endüstri 4.0 konsepti, akıllı fabrikaların içinde fiziksel ortamın kopyasını sanal olarak oluşturan, fiziksel süreçlerin gözlemlenmesini sağlayan ve merkeziyetsiz olarak kararlar alabilen siber fiziksel sistemler; bu sistemlerin birbirleriyle ve insanlarla gerçek zamanlı olarak iletişim kurup ve iş birliği yapmasını sağlayan nesnelerin interneti ve hem dahili hem de çapraz organizasyonel hizmetler sunulması ve faydalanılmasına imkan sağlayan hizmetlerin internetinden oluşan değer zinciri süreç ve yapılarının teknoloji ve kavramları için kullanılan kolektif bir terim olduğu şeklinde kapsamlı olarak tanımlanmıştır [Hermann et al., 2016]. Bu tanımda da belirtildiği gibi siber fiziksel sistemler, endüstri 4.0 kavramının ana bileşenlerinden birisidir. Bunun yanı sıra da akıllı fabrikalar, nesnelerin ve hizmetlerin interneti bu konseptin diğer temel bileşenleridir [Hermann et al., 2016].

Siber-fiziksel sistemler; operasyonları bir bilgi işlem ve iletişim sistemi vasıtasıyla izleyebilen, koordine edilebilen, kontrol edilebilen ve entegre edilebilen fizik-el sistemler veya mühendislik sistemleridir [Rajkumar et al., 2010]. Bu tarz sistemlerdeki fiziksel ile siber dünyanın geçtiğimiz yıllarda farklı iki oluşum olarak görülmesine karşın araştırmacılar, sensör ve aktüatörlerin entegrasyonu sonrası, bu iki oluşumun, yakından ilişkili olduğunu ortaya çıkarmıştır [Ahmed et al., 2013]. Sensör ve aktüatörlerin entegrasyonu sonrası teknolojik uygulamaların yoğun kullanımı birçok alanda yeni uygulamanın geliştirilmesine katkıda bulunurken mevcut olan

yapıların da teknolojik iyileştirmelerinin arttırılmasını sağlamaktadır [Cardenas et al., 2008].

Bir iletişim altyapısı ile birbirine bağlı olan gömülü haldeki bilgi işlem cihazlarının, insanların, akıllı nesnelerin ve fiziksel ortamların bütünleşmesi sonucu ortaya çıkan siber fiziksel sistemler; nesnelerin interneti teknolojisi ile insanların, otonom cihazların ve çevrenin belirli hedefleri gerçekleştirmek üzere birbirleriyle etkileşime girdiği yeni nesil iş birlikçi çözümlerde iç içe bulunmaktadır [Ochoa et al., 2017]. Nesnelerin interneti, sensörler ve aktüatörlere sahip büyük bir alana yayılmış cihazlar kullanarak internetin fiziki dünyaya girişinin çeşitli yönlerini tanımlamakta ve siber-fiziksel sistem devrimi için önemli bir temel oluşturmaktadır çünkü bu teknoloji, bilgilerin izlenebildiği ve fiziksel üretim konumları ile hesaplama alanları arasında senkronize edilebildiği alanlara siber fiziksel sistemlerin yerleştirilmesini mümkün kılmaktadır [Miorandi et al., 2012], [Carruthers, 2016].

Nesnelerin interneti teknolojisinin daha çok somut varlıklar, sensörler ve makinelerle ilgilendiği bir ortamda, soyut olan bir dizi işlevle ilgilenen başka bir teknoloji mevcuttur ve bu teknoloji, hizmetlerin interneti olarak isimlendirilmektedir [Reis and Gonçalves, 2018]. Bu teknolojide ana hedef; yazılım uygulamaları, bu uygulamaları geliştirecek ve sunacak platform ve bunu sağlayacak altyapı dahil olmak üzere her şeyi internette bir hizmet olarak sunmaktır [Moreno-Vozmediano et al., 2013].

Siber fiziksel sistemler, nesnelerin ve hizmetlerin interneti teknolojilerinin yanı sıra Endüstri 4.0 ile birlikte ortaya çıkan kavramlardan olan hizmet olarak altyapı (IaaS), hizmet olarak yazılım (SaaS), hizmet olarak platform (PaaS), hizmet odaklı mimari (SOA) ve bulut bilişim gibi kavramlar da bilgi odaklı İnternet'e geçişi hızlandırmış; iş süreçlerini kolaylaştıran ve yaşam kalitesini iyileştiren yeni ve yenilikçi hizmetlerin yaratılması için neredeyse sınırsız olanaklar açmıştır [Ganchev et al., 2018]. Bu kavramların en önemlilerinden olan akıllı fabrikalar; internet üzerinden gerçek zamanlı olarak üretim tesisleriyle ilgili tüm bilgileri toplayan, bir üretim yöntemini bağımsız olarak değiştiren, ham maddeleri değiştiren ve bütün bunların sonucunda optimize edilmiş dinamik bir üretim sistemi uygulayan gelişmiş bağlantılı ağ tabanlı bütünleşik bir üretim sistemidir [Park, 2016]. Ayrıca akıllı fabrikalar, kapsamlı süreç entegrasyonunu da mümkün kılmasıyla üretime önemli faydalar sağlamaktadır [Rashid and Tjahjono, 2016].

Literatürde çoğunlukla üretim açısından tartışılan endüstri 4.0 konseptinin üretim dışında bütün değer zinciri, iş modelleri, alt hizmetler ve devam eden işler üzerinde etkisi bulunmaktadır [Helmrich et al., 2019]. Günümüzde bu konsept, akıllı üretimin ortaya çıkışından tüm değer dağıtım kanallarının dijitalleştirilmesine kadar tüm endüstriyel ve tüketici pazarlarının dijital dönüşümünü içermektedir [Schroeder et al., 2019].

2.1. Endüstri 4.0'a Geçiş

Yeni teknolojilerin gelişiminden kaynaklanan dijital dönüşüm, günümüzde gerçekleşmeye devam eden dördüncü sanayi devrimi yani endüstri 4.0'dan uzun yıllar öncesinde dahi mevcut olan bir kavramdır [Bordeleau and Felden, 2019]. Günümüz sanayi devriminden bir önceki devrim olan üçüncü sanayi devrimi de teknolojik gelişmeler ve süreçlerin otomasyonu tarafından tetiklenen bir dijital dönüşümdür [Kasza, 2019], [Topleva, 2018]. Bu dönüşümle artan otomasyon; artan bilgisayar kullanımı sayesinde iyice hızlanmış ve bu günlere kadar gelmiştir ancak artık bu yön bilgisayarlardan uzaklaşarak iş modellerini dönüştürmenin bir yolu olarak mobil teknolojilere ve büyük veri analitiğine yaklaşmaktadır [Ivanov et al., 2019], [Schallmo et al., 2017]. Bu yeni dönüşüm endüstri 4.0 olarak adlandırılan yeni bir sanayi devrimi yaratmıştır. Yaratılan bu devrim, akıllı bilgi ve iletişim teknolojilerinin yoğun kullanımı ile endüstriyel sektörün dijitalleşmesini ve entegrasyonunu içermektedir [Rajnai and Kocsis, 2018], [Ghobakhloo, 2019].

Endüstri 4.0'ın beraberinde getirdiği tüm bu dönüşümler üretim, lojistik ve hizmet sunumu gibi tedarik zincirinin her noktasına da nüfuz etmektedir [Berger, 2015]. Organizasyonlar da bu dönüşüm furyasını geride bırakırken, akıllı fabrika teknolojileri ve siber fiziksel sistemleri tanıtmaktan uyarlamaya veya değiştirmeye kadar uzanan karmaşık uygulama gerçekleriyle karşı karşıya kalmaktadır [Cohen et al., 2019]. Bu süreçte şirketlerin endüstri 4.0'a geçişini kolaylaştırmak ve daha iyi bir dönüşüm sağlamak için Almanya tarafından dört aşamalı stratejik bir plan geliştirmiştir ve bu dört aşama; ağ kurulması, iki ana temanın araştırılması, üç entegrasyon sağlanması ve sekiz planlama hedefine ulaşılması şeklinde özetlenmektedir.

Ağ Oluşturmak:

Dördüncü sanayi devrimine geçişi kolay hale getirmek için Endüstri 4.0'ın temelini oluşturan siber fiziksel sistemler olarak bilinen özel bir ağ oluşturulması gerekmektedir [Zhou et al., 2015]. Siber fiziksel sistemler, fiziki ortamdan gerçek zamanlı veri toplanması ile siber uzaydan bilgi geri bildirimine imkân sağlayan gelişmiş bağlantı ve siber alanı oluşturan akıllı veri ve bilgi yönetimi, analitik ve hesaplama yeteneği olmak üzere iki ana işlevsel yapıdan oluşan yeni nesil bir dijital sistemin temsidir [Lee et al., 2015].

Yani bu sistemler, fiziksel ve sanal alanların birleşmesini kolaylaştırmakta, hesaplama ve iletişim süreçlerini fiziksel süreçlerle etkileşim içinde bütünleştirmekte ve fiziksel sistemlere yeni nitelikler eklemektedir [Wang et al., 2015]. Ayrıca ağ oluşturulması, iş süreçlerinin daha dinamik bir şekilde konfigürasyonunu sağlamaktadır [Heng, 2014].

İki Ana Temanın Araştırılması:

Endüstri 4.0'a geçişte araştırılması gereken iki ana tema, akıllı fabrika ve üretimdir. Bu iki kavram dördüncü sanayi devriminin ana unsurlarındandır. Bunlardan ilki olan akıllı fabrika, günümüz pazarının gereksinimlerini karşılamak için çeşitli endüstriyel ve endüstriyel olmayan ortaklar arasında entegrasyon sağlayan esnek ve verimli bir üretim çözümü olarak ifade edilmektedir [Hozdić, 2015]. Bu çözüm, siber ve fiziksel teknolojinin birleşmesini benimsemekte ve daha önce bağımsız olan ayrı sistemlerin derinlemesine entegrasyonunu sağlayarak ilgili teknolojileri şimdi olduğundan daha karmaşık ve hassas hale getirmektedir [Chen et al., 2017].

Bir akıllı fabrikada makineler, kaynaklar ve insanlar birbirleri ile sosyal bir ağda olduğu gibi doğal bir şekilde iletişim kurmaktadır [Bartodziej, 2017]. Fabrikalarda dijital bağlantı yoluyla iletişim halinde olan cihaz ve makineler sayesinde kendi kendine yetebilen akıllı üretim süreçleri, üretim hatlarının otomasyonu ve üretim sorunlarını analizi gerçekleştirilebilmektedir [Afzal et al., 2019], [Castelo-Branco et al., 2019], [Kasza, 2019]. Bu tarz tesislerin mevcudiyeti büyük önem taşımaktadır çünkü bu fabrikalar, araştırılan ikinci tema olan akıllı üretim bağlamında, ağ teknolojileri ve üretim verilerine dayalı gelişmiş üretim elde etmeye olanak sağlamaktadır [Chen et al., 2017]. Bilgi teknolojisi ve üretim teknolojisinin gelişmesi ve entegrasyonu ile sürekli gelişen genel bir kavram olan akıllı üretim; tüm kurumsal üretim lojistik yönetimi, insan-bilgisayar etkileşimi ve endüstriyel süreçlerde kullanılan 3D baskı teknolojisi ile alakalıdır [Zhou et al., 2019], [Wan et al., 2015].

Akıllı üretim, gelişmiş teknolojilerden faydalanarak akıllı, esnek ve yeniden yapılandırılabilir üretim süreçleri elde edilmesine ve dolayısıyla dinamik ve küresel bir pazara hitap edilmesine olanak sağlamaktadır [Shen and Norrie, 1999].

Üç Entegrasyonun Gerçekleştirilmesi:

Endüstri 4.0 geleneksel üretim sistemlerinin fiziksel, gömülü ve internet dahil bilgi teknolojileri sistemlerinin tam entegrasyonuna genişletilmesini vurgulayan bir Alman girişimidir [Wang and Wang, 2018]. Bu girişimi uygulamak üzere üç kapsayıcı özelliğe odaklanılmaktadır [Kagermann et al., 2013]. Odaklanılan üç özellik; yatay, dikey ve uçtan uca mühendislik entegrasyonudur.

İlk özellik, yatay entegrasyon, kurumlar arası iş birliğinin kesintisiz olmasını mümkün kılmak ve gerçek zamanlı olarak bir ürün ve hizmet sağlayabilmek üzere değer zinciri içindeki bir kaynak ile bilgi ağı arasındaki bütünleşmeyi ifade etmektedir [Zhou et al., 2016]. İkinci özellik, dikey entegrasyon, bilgi teknolojilerinin ve sistemlerinin bir kuruluşun farklı hiyerarşik seviyelere entegrasyonunu ve bir fabrikadaki üretim ve yönetim düzeylerinin bütünleştirilmesini temsil etmektedir [Kagermann et al., 2013]. Üçüncü ve son özellik, uçtan uca dijital entegrasyon ise süreçlerin başarılı bir şekilde planlanması, yürütülmesi ve kontrolünü sağlamak üzere bir akıllı fabrika dahilindeki bütün teknolojik ve akıllı sistemler arasında gerektiğinde gerçek zamanlı, tutarlı ve çift yönlü veri akışının olmasını ifade etmektedir [Bartodziej, 2017].

Bu üç entegrasyon sayesinde tüm değer zincirini kontrol etme, düzenleme ve dönüştürme gibi düzeylerle simgelenen ve büyük ölçüde üretkenlik ve fleksibilite sağlayan yeni endüstriyel üretim senaryoları yaratılmaktadır [Tay et al., 2018]. Bu senaryolar da yeni bilgi teknolojilerini hem yeni hem de klasik endüstriyel üretim süreçlerini entegre etme yeteneğine sahip bir endüstriyel entegrasyon süreci olan Endüstri 4.0'a atıfta bulunmaktadır [Xu et al., 2018].

Sekiz Planlama Hedefine Ulaşılması:

Endüstri 4.0'a geçişte başarılması gereken birçok planlama hedefi mevcutken belirlenen sekiz tane planlama hedefi endüstri 4.0'ı başarılı bir şekilde gerçekleştirmenin temel garantisi olarak görülmektedir [Zhou et al., 2016]. Zhou ve diğerleri (2016), bu sekiz planlama hedefini; sistemlerin standardizasyonu, verimli yönetim, kapsamlı ve güvenilir bir endüstriyel bant altyapısının kurulması, emniyet ve güvenlik, iş organizasyonu ve tasarımı, personel eğitimi ve mesleki gelişim,

kaynak kullanımının verimliliğini artırmak ve düzenleyici bir çerçeve oluşturmak şeklinde sıralamaktadır.

2.2. Endüstri 4.0'ın Temel Tasarım İlkeleri

Organizasyonlar, kavramın belirsizliğinden kaynaklı olarak, endüstri 4.0'ın adaptasyonu ve uygulanması konusunda çeşitli zorluklarla karşılaşmaktadır [Hermann et al., 2016]. Temel tasarım ilkeleri, endüstri 4.0'ın adaptasyon sürecine dair öngörü kazanılmasını sağlayarak ve endüstri 4.0'a geçiş için gerekli prosedür ile çözümlerin nasıl geliştirileceği bilgisini vererek zorluklarla başa çıkılmasına neden olmaktadır [Ghobakhloo, 2019]. Yazar algılarındaki çeşitlilikler dolayısıyla temel tasarım ilkelerini listelemek zor bir iştir fakat mevcut literatürde altı tane ilkeye diğerlerinden daha fazla değinildiği görülmektedir [Dikhanbayeva et al., 2020]. Bu altı tasarım ilkesi modülerlik, sanallaştırma, birlikte çalışabilirlik, ademimerkeziyetçilik, gerçek zamanlı yetenek ve hizmet odaklılıktır [Hermann et al., 2016], [Murugaiyan and Ramasamy, 2021]. Bu bölümün devamında bu ilkeler sırasıyla açıklanmaktadır.

2.2.1 Birlikte Çalışabilirlik

Temel tasarım ilkelerinden biri olan birlikte çalışabilirlik ilkesi bir sistemin başka sistemler, başka sistemlerin parçaları veya ekipmanlar ile çalışabilme veya belirtilen unsurları kullanabilme kabiliyeti olarak tanımlanmaktadır [Merriam-Webster, n.d.]. Bu yetenek hem sistemlerin bileşenlerinin arasındaki teknik bilgileri hem de imalat işletmeleri ve müşteriler arasında ticari bilgileri paylaşma kabiliyetini kapsamaktadır [Mabkhot et al., 2018]. Bu da demek oluyor ki unsurların birlikte çalışabilir olması çeşitli nitelikteki akışları takas edilebilir yani değiş tokuş yapılabilir hale getirmektedir; bu da akışı gerçekleştiren öğelerin, takasın yapıldığı ortamdan bağımsız halde kalarak bir eylemi veya hareketi gerçekleştirmek için güvenle paylaşılması anlamına gelmektedir [Chapurlat and Daclin, 2012]. Şirketlerin ademimerkeziyetçi hale gelmesi yani merkeziyetsizleştirilmesi çeşitli özel durumlarla başa çıkılabilmesi adına daha hızlı kararlar alınmasına ve imkân tanımaktadır [Roblek et al., 2016], [Lasi et al., 2014].

2.2.2. Sanallaştırma

Sanallaştırma gerçek biçimde var olan bir şeyi sanal bir sürüme dönüştürme süreci olarak tanımlanmaktadır [Cambridge University Press, n.d.]. Yani bu süreç, sistemin fiziksel dünya verilerini sanal hale dönüştürebilme kabiliyetinin yansımasıdır [Hermann et al., 2016]. Daha açık bir ifadeyle sanallaştırma; simülasyon, zaman paylaşımı ve öykünme gibi metodlar vasıtasıyla işletim ortamları sunmak için bilgi işlem kaynaklarını bölen veya birleştiren bir teknolojidir [Chiueh and Brook 2005]. Bu teknoloji, toplanan verilerin sanal dünyaya sunulduğu basit veya sistem ve süreçlerin dijital ikizinin sağlanması gibi kompleks bir yaklaşımı da içerebilmektedir [Tao and Zhang, 2017].

2.2.3. Ademimerkeziyetçilik:

Endüstri 4.0, bir akıllı üretim ortamındaki unsurların tek ve nihai kurumsal amaca giden doğrultuda ilerlemesini ve merkezi karar alma sistemine bağlı olmak yerine bağımsız karar vermesini sağlayan ademimerkeziyetçiliği desteklemektedir [Koh et al., 2019], [Gilchrist, 2016]. Çünkü ademimerkeziyetçilik sayesinde artan otonomluk, üretim modelini daha esnek hale getirecektir ve bu sayede farklı üretim ekipmanları hem üretim süreçlerindeki hem de dışsal değişikliklere atik bir şekilde yanıt verebilecektir [Zhou et al., 2016].

2.2.4. Gerçek Zamanlı Yetenek

Gerçek zamanlı yetenek, gerçek zamanlılık, gerçek zamanlı veri, gerçek zamanlı analitik gibi çeşitli konseptlerle iç içe olan endüstri 4.0'ın temel tasarım ilkelerinden biridir. Süreçlerde yer alan tüm unsurların birbirine bağlanması ve tüm bilgilere gerçek zamanlı olarak ulaşılabilme fikrine dayanan endüstri 4.0 veri toplamanın ve süreçlerin geri bildirimini veya izlenmesinin gerçek zamanlı olarak gerçekleştirilmesini sağlamaktadır [Gilchrist, 2016]. Bu süreçte üretim alanları ve satış noktaları gibi alanlardan makine, ekipman, ürün ve müşteriler ile ilgili veriler toplanmaktadır [Koh et al., 2019]. Toplanan veriler gerçek zamanlı yorumlanmakta ve ardından üretim süreçlerinin düzenlenmesi için kullanılmaktadır [Heng, 2014]. Aynı zamanda bu

veriler analiz edilerek şirketlerin karar verme yolları ve karlılığı üzerinde etki yaratabilmektedir [Koh et al., 2019].

2.2.5. Hizmet Odaklılık

Süreçlerin ilk anından son anına kadar sorunsuzca ve sıkıca bütünleştirilmesi gereken iş bileşenlerinin aralarındaki etkileşimlerin ve entegrasyonun temeli hizmet odaklılıktır [Cherbakov et al., 2015]. Bu ilke, tüm yardımcı sistemleri bütünleştirme yaklaşımıyla müşteri gereksinimlerinin tüm sisteme uyarlanımına imkân sağlamaktadır [Salkin et al., 2018]. Bu sayede endüstri 4.0; müşteriler, endüstriler ve tedarikçiler gibi tüm paydaşlarıyla ortaklıklar halinde ağ performansını korumaktadır çünkü bu ilkede tüm paydaşlar her zaman var olan sanal ve dijital platformları kullanarak sektörle ilgili bilgilere, hizmetlere veyahut ürünlere erişebilmektedir [Carvalho and Cazarini, 2020].

2.2.6. Modülerlik

Sistemdeki parçaların hızlı ve kolay bir biçimde ayrılma ve birleşme kabiliyeti olarak ifade edilen modülerlik, bir yapının bütün olarak işlev görebilmesine rağmen bağımsız olarak tasarlanmış daha küçük alt sistemlerden karmaşık bir ürün veya süreç oluşturmaktır [Baldwin and Clark, 1997]. Modülerlik ilkesi, modül adı verilen parçaları içermektedir. Bu parçalar eklenip çıkarılabilmesinin kolaylığı sebebiyle gereksinimlere esnek bir şekilde uyum sağlayabilmektedir. Yani bu özellik, değişen ihtiyaçlara adaptasyonu kolaylaştırmakta, süreçlerin hızlıca uyarlanabilmesini ve yeniden yapılandırılabilirliğini mümkün kılmaktadır [Hermann et al., 2015].

2.3. Endüstri 4.0'ı Kolaylaştıran Teknolojiler

Dördüncü sanayi devrimi ile kendinden önceki endüstriyel gelişimler arasındaki temel fark, Endüstri 4.0'ın geleneksel hiyerarşik ve merkezi yapılar yerine özerk ajanların merkezi olmayan yapılarda etkileşim içinde olduğu bir işleyişe sahip olmasıdır [Rossit et al., 2019]. Bu özellik, Endüstri 4.0 bileşenlerinin kendi kararlarını verebildiği ve özerk olarak çalıştığını açıklamaktadır [Qin et al., 2016]. Endüstri 4.0,

Üretim ve endüstriyel süreçlerde üretimin otomasyon ve dijitalleşme düzeylerini artırmak için iletişim ve bilgi teknolojisindeki gelişmelerin sağladığı araçları kullanmakta ve bu teknolojilerin birleştirilmesinde en son teknolojik icatlardan ve yeniliklerden yararlanmaktadır [Gilchrist, 2016]. Teknolojiler, endüstri 4.0'ın kalbi olarak kabul edilmektedir çünkü Endüstri 4.0'daki ara bağlantı; yazılım, sensör, işlemci ve iletişim teknolojilerinin benimsenmesiyle desteklenmektedir [Bahrin et al., 2016].

Kuruluşlar bir yandan geleneksel sektörleri derinlemesine alt üst eden yıkıcı aktörlerle uğraşmak zorundayken bir yandan da pazarın sunduklarından daha fazla haberdar olan ve kendi rekabetçi oyun kurallarına göre oynamak isteyen zorlu müşterilere hızlı ve kiiselletirilmi bir şekilde cevap vermek durumunda olduğundan dijital teknolojilerin öncülük ettiği bu dönüşümün şirketler için stratejik önemi vardır [Henriette et al., 2016]. Buna karşın, endüstri 4.0'ı kolaylaştıran dijital teknolojiler kavramı ekonominin birçok sektöründe inovasyona ve üretkenlik artışına katkıda bulunabilecek teknoloji gruplarının profilini çıkarmak üzere politika alanında ortaya çıktığı için akademik literatürde iyi tanımlanmamıştır. Fakat teknolojik dönüşümün etkilerini anlamak, teknolojinin kara kutusunu amayı ve bunların nasıl, nerede ve neden ortaya çıkıp geliştiğini açıklamayı gerektirmektedir [Rosenberg, 1984]. Bu bağlamda, yakın zamanda endüstri 4.0 ile ilgili Siber-fiziksel sistemler (CPS), nesnelerin interneti (IoT), hizmetlerin interneti (IoS), büyük veri, bulut bilişim, semantik web ve sanallaştırma dahil olmak üzere birçok teknoloji ortaya çıkmış ve gelimitir [Adamson et al., 2017]. Bu bölümün devamında bu teknolojilerin neler olduğuna dair açıklama yapılmakta ve bu teknolojilere dair çeşitli bilgiler sağlanmaktadır.

2.3.1. Nesnelerin İnterneti ve Teknolojileri

En önemli yeni bilgi teknolojilerinden biri olan nesnelerin İnterneti; fiziksel ortama dayalı olarak ortaya çıkan internet bağlantılı şeyler dalgasıyla ilişkili çok sayıda teknoloji, sistem ve tasarım ilkesi için yaygın olarak kullanılan bir terimdir ve kullanımı üretim, sağlık ve lojistik gibi birçok alanı kapsamaktadır [Hller et al., 2014], [Wang and Wang, 2018]. Nesnelerin interneti teriminin kullanımı giderek daha çok yaygınlaşmasına rağmen gerçekte neleri kapsadığına dair ortak bir tanım veya

anlayış günümüzde mevcut değildir [Wortmann ve Flüchter, 2015]. Aggarwal ve Das (2012), nesnelerin internetinin, her nesneye benzersiz bir kimlik sağlayarak dünyadaki herhangi bir şey arasındaki iletişimi sağlayan küresel bir ağ olarak da düşünülebileceğini aynı zamanda bu ağdaki akıllı nesnelerin etraflarındaki diğer nesneleri algılayabileceğini ve interneti kullanarak birbirleriyle iletişim kurabileceğini ifade etmişlerdir ve bahsettikleri nesnelerin sadece maddi şeyleri değil sanal şeyleri ve bunlara bağlı olayları da içerdiğini vurgulamışlardır [Aggarwal and Das, 2012]. Madakam ve diğerleri (2015) çalışmalarında, konu ile ilgili buldukları tüm tanımlara dayanarak, internetin ilk versiyonunun insanlar tarafından yaratılan verilerle ilgili iken sonraki versiyonunun ise nesneler tarafından yaratılan verilerle ilgili olduğu ifade etmekte ve nesnelerin internetini; otomatik düzenleme, bilgi, veri ve kaynakları paylaşma, durumlar ve ortamdaki değişiklikler karşısında tepki verme ve hareket etme kapasitesine sahip açık ve kapsamlı bir akıllı nesneler ağı şeklinde tanımlamaktadırlar.

Bu ağın yapısı; algılama, bağlantı, hizmet ve ara birim katmanları olmak üzere dört temel katmandan oluşmaktadır [Xu et al., 2014].

Bu katmanlar ve bu katmanların içinde gerçekleşen işlemler aşağıda belirtilen şekildedir:

- **Algılama Katmanı:** Algılama katmanı, esas olarak iki farklı teknolojiye bölünmüştür. Bu teknolojiler; farklı ortamların izlenmesini ve algılanmasını gerçekleştiren algılama ve tanımlama teknolojilerine bölünmüştür [Sung and Hsiao, 2021]. Algılama katmanında 2 boyutlu barkod etiketleri ve okuyucuları, GPS (küresel konumlama sistemi), sensörler, kablosuz sensör ağları, RFID etiketleri, RFID okuyucuları, kızılötesi ve radar gibi teknolojiler kullanılmaktadır [Şengül vd., n.d.].
- **Bağlantı Katmanı:** Bağlantı katmanı etkileşime girdiği her şeyi birbirine bağlamakta ve bağladığı şeylerin çevrelerinden haberdar olmalarını sağlamaktadır; bu katman dolayısıyla nesneler, akıllı olay yönetimi ve işleme için çok önemli olan bağlı nesnelerle aralarında veri paylaşımını gerçekleştirebilmektedir [Gokhale et al., 2018].
- **Hizmet Katmanı:** Hizmet katmanı, IoT hizmetlerinin ve uygulamaların önemli bir etkinleştiricisi olan ara katman yazılımı teknolojisine dayanmaktadır [Li et al., 2015]. Hizmet katmanı, hizmetlerin oluşturulmasından yani ortaya çıkışından ve yönetilmesinden sorumludur ve bir yandan da kullanıcılardan gelen çeşitli hizmetlerle ilgili taleplerini ele alırken öte yandan da otomatik olarak servis

oluşturmayı sağlayabilmek amacıyla servis isteklerini başlatmaktadır [Sarkar et al., 2015].

- Ara birim katmanı: Ara birim katmanı; farklı satıcılar tarafından sağlanan bir nesnelerin interneti uygulamasında kullanılan farklı cihazlar aynı standartlara ve özelliklere sahip olmayacağından, bu cihazlar birbirleriyle etkileşime girdiğinde ortaya çıkan uyumluluk sorunlarının kaldırılmasına yaramaktadır [Kakkar et al., 2021].

Bu katmanların bir araya gelmesiyle oluşan iletişim kuran bir ağda çeşitli aletlerin yaygınlaşması; sensörler ve aktüatörlerin ortamla sorunsuz bir şekilde adapte olduğu bir ortam yaratarak artık emekleme döneminden çıkan ve interneti tamamen entegre bir geleceğin internetine dönüştürmede bir sonraki devrim niteliğindeki teknoloji olan nesnelerin internetini meydana getirmektedir ve bu, RFID etiketleri ile okuyucuları, NFC cihazları ile gömülü sensör ve aktüatör düğümleri gibi çeşitli olanak sağlayan cihaz teknolojilerinin yakın zamanda adaptasyonu sayesinde gerçekleşmiştir [Madakam et al., 2015].

Sensör, aktüatör ve RFID gibi teknolojiler nesnelerin internetini meydana getiren teknolojiler arasında önemli bir yere sahip olsa da bu teknolojiler dışında etraftaki nesneleri birbirine bağlayan daha başka birçok nesnelerin internetini destekleyen teknolojiler de mevcuttur. Her şeyin birbiriyle bağlı olmasını sağlayan bu teknolojilerin tanımlamaları ve kullanım alanları bu bölümün devamında açıklanmaktadır.

2.3.1.1 RFID

RFID, radyo dalgalarını kullanan, otomatik algılama ve tanımlama özelliklerine sahip teknolojileri ifade etmek üzere kullanılan genel bir terimdir ve IoT'nin temel teknolojisidir [Jechlitschek, 2010]. Esas olarak izlenen nesnelerin davranışı ve durumu hakkında veri toplamak için tasarlanan bu teknoloji, radyo dalgalarını kullanarak topladığı bilgileri kablosuz olarak seri numarası şeklinde ileten bir sistemdir [Sun, 2012]. Bu sistem sorgulayıcı, etiket ve ara katman yazılımından oluşmaktadır [Porkodi and Bhuvaneswari, 2014]. RFID etiketi tanımlanacak nesne üzerinde bulunmakta ve RFID sistemindeki veri taşıyıcısı olarak görev yapmaktadır [Sarma et al., 2002]. Etiket, bir okuyucudan sinyal alan ve sinyali ek verilerle okuyucuya geri gönderen bir

antene sahip bir bellek mikroçipi olarak tanımlanmaktadır [Aggarwal and Das, 2012]. Bunlar aktif, pasif ve yarı-aktif etiket olarak kategorize edilmektedir. Kısmen veya tamamen pille çalışabilen aktif etiketler, diğer etiketlerle iletişim kurabilmekte ve okuyucu ile kendi diyaloglarını başlatabilmektedir [Jia et al., 2012]. Pasif etiketler ise herhangi bir dahili güç gerektirmemekte ancak etiket okuyucu tarafından çalıştırılmaktadır [Jia et al., 2012]. Yarı aktif etiketlerin hem kendi güç kaynağı ekipmanları vardır hem de aynı zamanda okuyucunun işaretinden gelen gücü de emmektedir ancak iletişimi başlatamamaktadırlar ve bu onların yalnızca bir okuyucu tarafından sorgulandığında etkin olmasını sağlamaktadır [Weis, 2007]. Sorgulayıcı olarak da bilinen ve RFID etiketleriyle iletişim kurmak için radyo dalgaları gönderen ve alan bir cihaz olan bir okuyucular bir radyo frekans modülü, bir kontrolör ve bir konektörden oluşmaktadır [Weis et al., 2004]. RFID sisteminin çekirdeğini oluşturan bu bileşenler, etiket ile kullanıcı uygulaması arasında ara katman görevi görmektedir ve her bir etiketin benzersiz kimliğini okuduktan sonra, etiket bilgilerini bilgisayar programlarına göndermektedir; yani bu bileşenler hem etiketler hem de bilgisayar programı ile iletişim kurmaktadır [Ahsan et al., 2010]. Bu sebeple, verilerin işlenmek üzere gönderildiği arka uç sunucu; geçerli etiketler ile okuyucu bilgilerini veri tabanında tutmaya yarayan güvenilir bir sunucu olarak kabul edilmektedir [Aggarwal and Das, 2012]. Yani RFID, dünyanın dört bir yanındaki etiketlenen nesneleri talep üzerine gerçek zamanlı olarak tanımlayıp izleyebilmektedir ve bu nesnelerin internetine atıfta bulunmaktadır [Jia et al., 2012].

2.3.1.2. Sensörler

Sensörler hassas hücrelerden oluşan elektronik cihazlar olarak tanımlanmaktadır [Word Reference, n.d.]. Bu cihazlar yerleştirildiği ortamın bazı özelliklerini algılamakta ve/veya girdileri elektronik devre tarafından işlenebilecek bir elektrik sinyaline dönüştürmektedir [Olsen and Tomlin, 2020]. Sensörler, fiziksel uyarılarla etkileşim ve iletişim halinde bulunurken bir yandan da aldığı sinyalleri makineler ve insanlar için anlaşılır hale getirmek üzere dönüştürmektedir [Porkodi and Bhuvaneswari, 2014].

2.3.1.3. Aktüatörler

Aktüatörler sistem kontrolü için önemli elemanlardır. Çünkü bunlar bir elektronik kontrol sisteminin bilgisayar bileşenlerini, mühendislik veya mühendislik dışı ögelere bağlamak ve enerji akışını kontrol edip kütle, hacim, güç ve enerji kapasitesini dengelemek için kullanılabilen işlevsel öğelerdir [Janocha, 2004]. Ayrıca aktüatörler, enerjiyi harekete dönüştürme yeteneğine sahiptir; bu da onların hareketleri mekanik sistemlere yönlendirdiği anlamına gelmektedir [Madakam et al., 2015].

2.3.1.4. Kablosuz Sensör Ağı (WSN)

Bir çeşit sensör ağı olan kablosuz sensör ağı, iletişim teknolojisi sağlamak üzere düğümleri bir veya daha fazla sensöre ve sensör merkezine bağlamaktadır [Kalsom et al., 2020]. Bu uygulama, kullanıcının bulunduğu ortam ile etkileşime girip gerçekleşen olaylara tepki vermesinin sağladığından nesnelerin internetinin ayrılmaz bir bileşeni olarak kabul edilmektedir [Khan et al., 2011]. Kablosuz sensör ağları, özel olarak tasarlanmış olan ağlardır ve basınç kapasitesi, sıcaklık, nem veyahut enerji tüketimi gibi çevredeki faktörleri fark eden sensörlere sahip akıllı düğümleri içermektedir [Wang and Wang, 2018], [Wang et al., 2012]. Bu düğümler, algılanan olgunun içinde bulunan veya yakınında konumlanmış algılanan bilgileri toplamak ve çok sekmeli iletişim şekli kullanarak havuz düğümlüne göndermek için birlikte çalışmaktadırlar [Garg, 2007], [Badis and Rachedi, 2015]. Bu çeşit ağlarda düşük maliyetli, yüksek hızlı iletişim sağlayan WiFi, cihazların bağlanmasına izin veren IPv6, yavaş bir şekilde yerel iletişim kuran Bluetooth, Zigbee ve RFID ile iletişimi sağlayabilen bir mobil platform olmak üzere farklı yazılım ve donanım sistemleri mevcuttur [Xu et al., 2018].

2.3.1.5. Elektronik Ürün Kodu (EPC)

RFID etiketlerine elektronik olarak kaydedilen altmış dört bit veya doksan sekiz bitlik bir kod olan (EPC), barkod sistemlerini geliştirmeyi hedeflemekte veya bilgi teknolojisi tarafından algılanabilen, tanımlanabilen ve izlenebilen nesneler için bir tanımlayıcı misyonu üstlenmektedir [Bolan, 2008]. Elektronik ürün kodları; benzersiz

ürün seri numarası, üretici bilgileri veya teknik özellikler gibi çeşitli bilgileri depolayabilmektedir [Madakam et al., 2015]. Bunlara ilave olarak, bütün fiziksel nesneleri tanımlamanın ve onları ağı bağlamanın bir yolu olan bu kod nesnelerin interneti mimarisinde önemli bir unsurdur [Brock et al., 2001].

2.3.1.6. Nesne Adı Hizmeti (ONS)

ONS, özel verilere erişmek veya verileri güncellemek için yeterli internet adresi sağlayan teknolojidir [Ilie-Zudor et al., 2006]. Bu hizmet, internette tam olarak kullanılan mevcut alan adı sistemi (DNS), altyapısını kullanarak önce elektronik ürün kodunu söz dizimsel olarak doğru bir alan adına kavuşturmayı ve bunu tamamladıktan daha sonra ilave alan adlarını internet protokol (IP) adresine eşlemeyi amaçlamaktadır. [Fabian et al., 2005], [Sarma et al., 2002].

2.3.1.7. Yakın Alan İletişimi (NFC)

NFC, bir cihazın en fazla 10 santimetre mesafedeki başka bir cihaz ile kolay ve güvenilir bir biçimde iletişim kurmasını sağlayan bir teknolojidir [Curran et al., 2012], [Coşkun et al., 2013]. Bu teknolojiye, bir cihazın ürettiği radyo dalgası çok düşük frekanslıdır [Ortiz, 2006]. Bu sebeptendir ki başka bir NFC destekli cihazın alana dokunacak kadar yakın olduğu durumda bu cihaz işleyebilmektedir ve bu işleyiş; manyetik endüktif kuplajın, bir cihazdan diğerine gücü ve verileri aktarması şeklinde gerçekleşmektedir [Ortiz, 2006].

2.3.1.8. Küresel Konumlama Sistemi

GPS, coğrafi konumlara dair sinyaller sağlayan uydu navigasyonu veya uydu konumlandırma sistemleri olarak ifade edilmektedir [McNeff, 2002]. Günümüzde bunlar, üstünde GPS takip ünitesi bulunabilen her şeyin takibi için geniş çapta kullanılmaktadır [Balbin et al., 2017]. Bu sistemde, takip verileri alındıktan sonra izleme birimi içinde saklanmakta veya bağlı olduğu veri tabanına iletilmektedir [Balbin et al., 2017].

2.3.1.9. Barkodlar

Barkod, üstüne basıldığı nesne hakkında bilgi içeren, bir dizi boşluk ve çubuktan oluşan bir yapıdır [Merriam-Webster, n.d.]. Barkodun taranabilmesi, barkodun tarayıcının doğrudan görüş açısında olmasıyla ve yakalanması için öğelerin tarayıcıya göre fiziksel olarak hareket ettirilmesiyle gerçekleşmektedir [Nambiar, 2009]. Toplanan veriler ilk olarak bir sinyale dönüştürülmekte ve bu sinyal de orijinal haline elektronik devreler vasıtasıyla geri dönüştürülmektedir. [Chanda, 2019]. Barkodların çift veya tek boyutu olabilmektedirler. Tek boyutlu olanlar çeşitli genişliklerde paralel çizgilerden oluşup yalnızca sayıları kodlayabilmektedir [Palmer, 1995]. İki boyutlular ise, birçok yeni barkod türünü içermekte ve temelde verileri iki boyutlu semboller ve şekillerle simgeleyen bir hızlı yanıt (QR) kodu ve bir PDF417 kodunu içermektedir [Mishra and Mathuria, 2017]. 2 boyutlu barkodlarda ilk olarak görüntü yakalanmakta ve yakalanan görüntünün barkod okuyucu adı verilen bir yazılım programı kullanılarak kodu çözülmektedir; ardından daha fazla bilgi almak için internette kodu çözülmüş bir örnek kaynak bulucuya (URL) bağlantı gönderilmektedir [Schmidmayr et al., 2008]. Bunlar ayrıca, veritabanına erişmeden bilgilerin dağıtımını ve keşfini desteklemek üzere büyük miktarda veriyi küçük bir alanda saklayabilmektedir [Gao et al., 2007].

2.3.2. Siber Fiziksel Sistemler

Siber fiziksel sistemlerin matematikçi Norbert Wiener tarafından makinelerde ve insanlarda kontrol ve iletişim bilimi olarak tanımlanan sibernetiğin başlangıcına kadar uzanan çok uzun bir geçmişi vardır [Taylor, 1949]. Kavram olarak ortaya çıkışı ve orijinal tanımı ise Amerika Birleşik Devletleri'nde 2006 yılında yapılan Ulusal Bilim Fuarına uzanmaktadır.

Bu terim bilgi işlem kaynakları yani siber kaynaklar ile fiziksel nesneler arasındaki yakın etkileşimleri içermektedir [Chadwick et al., 2013]. Buradaki siber terimi, bilgisayarları, bilgi ve sanal gerçeklik teknolojilerini ifade ederken fiziksel sistemler, analiz ve araştırmadan sorumlu fiziksel evrenin bir parçası olarak düşünülebilmektedir [Raisin et al., 2020]. Bir siber fiziksel sistem, fiziksel sistemlerin sürekli ve dinamik özelliklerini kontrol etmek ve denetlemek üzere bilgisayarların

mantıksal ve ayrık özelliklerinin kullanılması olarak düşünülebilmektedir [Chadwick et al., 2013]. Bir başka deyişle bu sistem, kendini çevreleyen fiziksel dünya ve onun devam eden süreçleri ile yoğun bağlantı içinde olan, aynı zamanda internet üzerinden veri erişim ile işleme hizmetlerini sağlayan ve kullanan hesaplama varlıkları sistemleridir [Monostori et al., 2016]. Alman Ulusal Bilim ve Mühendislik Akademisi (Acatech) tarafından yayımlanan bir raporda bu teknolojinin sağladığı faydalar şu şekilde listelenmiştir:

- Sensörleri kullanarak fiziksel verileri doğrudan kaydeder ve aktüatörleri kullanarak fiziksel süreçleri etkiler;
- Kaydedilen verileri değerlendirir ve hem fiziksel hem de dijital dünya ile aktif veya reaktif olarak etkileşime girer;
- Diğer sistemler ile küresel ağlarda dijital iletişim olanaklarıyla bağlantılıdır;
- Küresel olarak mevcut veri ve hizmetleri kullanır;
- Bir dizi özel ve çok modlu insan-makine arayüzüne sahiptir.

Bu sistemlerin oluşumu; sensör ağları, gömülü sistemler veya güvenli ağı bağlı kontrol sistemleri olarak bazı temellere dayanmaktadır [Anumba and Roofigari-Esfahan, 2020]. Sensör ağları, gündelik nesnelere gömülü veya yere serpiştirilmiş, kablosuz bağlantılar kullanarak iletişim kurabilen küçük otonom cihazlardan oluşan bir ağ olarak tanımlanmaktadır [Collins Dictionary, n.d.]. Gömülü Sistemler, diğer aletlerin yanı sıra talimat listeleri (yazılım/program), kontrolörler, sensörler ve aktüatörler kullanarak gerçek bir ortam için bilgi alan ve eylemi ileten özel elektroniklerden oluşan karmaşık kümelerdir [da Silva and Kaminski, 2016]. Adından da anlaşılacağı gibi bunlar, belirli bir işlev için tasarlanmış ve daha büyük bir mekanik veya elektrik sistemine gömülü olan mikroişlemci veya mikro denetleyici tabanlı sistemlerdir ve birden fazla görev için genel amaçlı bir sistem olmaktan ziyade belirli bir görev için geliştirildiğinden, genellikle sınırlı boyutta, düşük güçte ve düşük maliyetlidir [Bhunja and Tehranipoor, 2018]. Ağ bağlantılı kontrol sistemleri, siber katmanın kablolu veya kablosuz bir ağ aracılığıyla fiziksel sistemle birleştiği özel bir siber-fiziksel sistemler biçimi olarak kabul edilmektedir [Niu et al., 2019]. Bu Sistemler, kontrol döngülerinin gerçek zamanlı bir ağ üzerinden kapatıldığı bir geri besleme kontrol sistemidir [Qi et al., 2011]. Başka bir deyişle bir ağ kontrol sistemi,

sistem/ekipman ve kontrolör arasında hem kontrol hem de geri besleme sinyallerinin değiş tokuş edildiği bir iletişim ağı üzerinden bağlanan kontrol döngülerinden oluşmaktadır [Gautam et al., 2021].

Siber fiziksel sistemler, fiziksel ve sanal ortamları birbirine bağlamak için akıllı platform, bulut tabanlı hizmetler, simülasyon, hizmet ve birlikte çalışabilirlik platformları ve çözümleri dahil olmak üzere bir dizi hizmet sunmaktadır ve bunu yapmak için gömülü sistemler, simülasyon, bulut teknolojileri, sensör ağları, bilgi teknolojisi sistemleri ve nesnelerin interneti dahil olmak üzere önceden var olan bir dizi teknolojiyi kullanma eğilimindedir [Sánchez and Vázquez, 2014].

2.3.3. Büyük Veri

Son yirmi yılda ortaya çıkan internet ve sosyal ağların artan kullanımı ile veri miktarı büyük ölçüde artmıştır ve bunun üzerine “büyük veri” terimi türetilmiştir [Khan et al., 2017], [Addo-Tenkorang and Helo, 2016]. Geleneksel verilerin aksine bu veriler; yapılandırılmış, yapılandırılmamış ve birden çok farklı biçimde depolanan ham verileri içeren, büyümekte olan veri kümelerini ifade etmektedir [Oussous et al., 2018], [Mabkhot et al., 2018]. Literatürde çeşitli özelliklerle karakterize edilen büyük veri; 2011 yılında Doug Laney tarafından, muazzam miktarda veri içermeyi ifade eden hacim, gerçek zamanda gerçekleşmeyi ifade eden hız ve veri türlerinin mevcudiyetini ifade eden çeşitlilik olmak üzere üç özelliikle tanımlanmıştır [Manyika et al., 2011] ve daha sonra 2012 yılında IBM değer ve doğruluğu da bu 3 özelliğe eklemiştir [Demchenko et al., 2013]. Burada doğruluk, verinin toplama yöntemleri, işleme, altyapı ve güvenilir veri kaynakları açısından doğruluğu ve güvenilirliğini ifade ederken, güvenilirlik ise verinin kullanılşlılığı ile ilgilidir [Bedi et al., 2014], [Lakshen et al., 2016].

Büyük veriyle alakalı bahsedilen özellikler, büyük verileri geleneksel bilgi işlem verilerinden üstün kılmaktadır [Borodo et al., 2016]. Bu üstünlük, geleneksel sistem ve geleneksel veri ambarı araçlarının büyük verileri işlemesi ve onların üzerinde çalışmasını imkânsız kılmaktadır [Anuradha, 2015]. Dolayısıyla burada ilgili bilgileri çıkarmaya çalışmak için birçok yeni teknolojiye ve analitik tekniğe ihtiyaç duyulmaktadır çünkü analitik, verilerin iç görülerini daha hızlı, kolay ve verimli bir şekilde çıkarabilmektedir; bu da büyük verinin tam değerini gerçekleştirme, iş

performanslarını iyileştirme ve pazar paylarını artırmayı sağlamaktadır [Zakir et al., 2015].

Analitik, büyük veriyi inceleme, organize etme ve analiz etme ile karar vermeye yardımcı olmak için keşfedilen bilgiyi görselleştirme ve raporlama ile ilgili bir teknolojidir [Sun et al., 2018]. Kökleri; regresyon, faktör analizi vb. gibi istatistiksel teknikleri kullanan geleneksel veri analizi metodolojilerine dayanmaktadır ve bilgisayar bilimi, veri bilimi, istatistik ile matematiksel model bilgilerini kullanan disiplinler arası bir alandır [Jeble et al., 2016]. Bu analitiğin; betimleyici analitik, tahminsel analitik, teşhis analitiği ve yönergeli analitik olmak üzere dört türü mevcuttur [Hardoon and Shmueli, 2013]. Betimleyici analitik; ne oldu, neden oldu ve yanı sıra şu anda ne oluyor sorularına cevap aramaktadır [Lepeniotti et al., 2020]. Bu analitikte odak; verilerin toplanması, sınıflandırılması ve yanı sıra verilerdeki ilgili kalıpların belirlenmesi ve görselleştirilmesidir [Lustig et al., 2010]. Tahmine dayalı analitik; desen tanıma teknikleri, istatistikler, makine öğrenimi, yapay zekâ ve veri madenciliği kullanılarak anlamlı veri modelleri keşfetme süreci olarak tanımlanmaktadır [Abbott, 2014]. Bu analitik, süreci sadece geçmişte olanlarla değil, aynı zamanda gelecekte olacaklarla da modelleyerek planlama ve karar vermeye destek sağlamayı amaçlamaktadır [Frazzetto et al., 2019]. Bir sonraki analitik düzeyi, zaman zaman tanımlayıcı analitikle birleştirilen teşhis analitiğidir fakat bunun gerçekleştirilmesi ve daha değerli bilgiler üretmesi tanımlayıcı analitiğe oranla genellikle daha zordur [Geng, 2017]. Bu analitik türü, verilerin iç yüzünü analiz etmeye yardımcı olmakta ve olaylar ile davranışların nedenlerini yorumlamaya çalışmaktadır [Ahmed et al., 2021]. Yönergeli analitik, kontrol değişkenlerinin fonksiyonunda bir sonucu tahmin ederek ve istenen bir sonucu gerçekleştirmek için gerekli kontrol değişkenleri düzeyinin ayarlanmasına izin vererek tahmine dayalı analitiği genişletmektedir [Devriendt et al., 2018]. Bu analitik, tahmin edilen gelecekte yararlanmak üzere en iyi karar seçeneklerini önerebilmekte ve her bir karar seçeneğinin sonuçlarını göstermektedir [Šikšnys and Pedersen, 2016].

Büyük veri kavramı, zamanla, akıllı karar vermeyi zorlayan büyük veri kümelerinden değerli bilgileri keşfetmeyi amaçlayan büyük veri analitiğine doğru genişlemiştir, yani analitik, tüm veri işleme görevinin bir alt sürecidir çünkü bu teknoloji büyük veriden istihbarat çıkaran çeşitli yöntemler, teknikler ve algoritmalara atıfta bulunmaktadır [Khan et al., 2019].

Büyük verinin adaptasyonu için gereken yüksek bir donanım ve işleme kaynakları taahhüdü dolayısıyla ortaya çıkan maliyetler, küçük ve orta ölçekli işletmeler için bu teknolojinin benimsenmesini engelleyici hale getirmektedir fakat bunun bir çözümü olarak bir diğer endüstri 4.0 teknolojisi olan bulut bilişim, küçük ve orta ölçekli işletmelere büyük veri uygulama vaadi sunmaktadır [Purcell, 2014].

2.3.4. Bulut Bilişim

Teknolojideki ilerlemeler, kullanıcıların sınırlı ve küçük ölçekte hizmet sağlayan geleneksel bilgi teknolojileri yerine esnek, ucuz ve kolayca ulaşılabilen bulut teknolojisine geçişiyle sonuçlanmaktadır [Kavzoğlu and Şahin, 2012]. Bu teknolojinin temelini, çeşitli bilişim teknolojilerinin dağınık konumlandırılmış sağlayıcılar yerine internet gibi genel ağlar vasıtasıyla kullanıcıya sunulması oluşturmaktadır [Ege, 2012]. Hizmetlerin internet üzerinden ve isteğe bağlı olarak sunulduğu bulut bilişim teknolojisine erişim için kullanıcıların ihtiyaçları olan tek şey kişisel bir bilgisayar ile internettir ve kullanıcılar bu teknolojiye, geleneksel depolama hizmetinden farklı olarak, kullanım başına ücret ödemekte ve isteğe bağlı olarak genişletebilmekte veya küçültebilmektedir [Duraio et al., 2014].

Endüstride mevcut olan çeşitli bulut çözümlerinden birini devreye almak için ilk olarak uygulanacak bulut türüne karar vermek gerekmektedir [Jadeja and Modi, 2012]. Bulut bilişimin genel, özel, hibrit ve topluluk olmak üzere dört tane bulut dağıtım türü mevcuttur ve bu türler bulut ortamına nasıl erişilebileceğini göstermektedir [Malik et al., 2018].

Bu dağıtım türlerinin tanımları ve özellikleri şu şekildedir:

- Genel bulut, üçüncü taraf bir kuruluş tarafından barındırılıp tüketici organizasyonu dışındaki çeşitli konumlarda yer almaktadır [Elgazzar et al., 2017]. Burada kaynaklar, genellikle internet bağlantısı üzerinden, kullanım başına ödeme ücreti karşılığında bir hizmet olarak sunulmaktadır [Lewis, 2010]. Bu bulut türünde kullanıcılar talepleri doğrultusunda kullanımlarını ölçekleyebilmektedir ve bu hizmeti kullanmak için donanım satın almalarına gerek olmamaktadır [Goyal, 2014].
- Özel bulut, genel halka açık olmayan bir dahili veri merkezidir [Armbrust et al., 2010]. Bu dahili veri merkezleri, kuruluş veya harici sağlayıcılar tarafından

oluşturulabilip yönetilebilmektedir ve şirket içinde veya dışında bulunabilmektedir [Mell and Grance, 2009]. Bu tarz bulutlar, şirketin kendi veri merkezinde barındırılıp hizmetlerini yalnızca o şirket içindeki kullanıcılara veya ortaklara sunmaktadır, böylece genel bulutlardan daha fazla güvenlik ve mevcut bir veri merkezinde kullanılmayan kapasiteyi kullanma maliyetinden tasarruf sağlayabilmektedir [Goyal, 2014].

- Hibrit bulutu, iki veya daha fazla buluttan (özel, topluluk veya genel) oluşan karma bir dağıtım modelidir [Motta et al., 2012]. Bu model, esas olarak, bir kuruluşun bilgi paylaşması gerektiğinde genel bir buluta erişmesine izin vererek, kuruluşun gerçek kullanımdan bireysel varyasyona dayalı olarak kullanılan bilgi işlem gücü miktarını uyarlamasına izin veren özel bir buluttur [Srinivasan et al., 2015].
- Topluluk bulutu, ortak amaçlara sahip üyelerden oluşan, hedefi belirli bir topluluktaki bilgi işlem kaynaklarının paylaşımı olan bulut çeşididir [Ren et al., 2014]. Bir topluluktaki tek veya daha fazla kuruluş bu modele sahip olabilmekte, işletebilmekte, yönetebilmekte veya bu görevlerin tamamlanması için üçüncü bir tarafa veya her ikisinin bir kombinasyonuna sahip olabilmektedir [Gehani et al., 2003].

Amerikan Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü tarafından 2009 yılında yapılan tanımlamaya göre bulut bilişim sağlayıcıları, bulut hizmetlerini (IaaS), (PaaS) ve (SaaS) olmak üzere üç farklı modele göre sunmaktadır [Ege, 2012]. Bu modellerden ilki olan hizmet olarak altyapı, IaaS, bir bulutu çalıştırmak için gereken barındırma, donanım sağlama ve temel hizmetlerin bir kombinasyonunu ifade etmektedir [Manvi and Shyam, 2014]. Bu hizmet, tüketicilerin genellikle sanal makine görüntüleri olarak kendi yazılımlarını yükledikleri makinelerin (sunucular, depolama, ağ oluşturma ve diğer cihazlar) sağlanması olarak ifade edilmektedir [Keller and Rexford, 2010]. Yani bu hizmet, provizyon için son kullanıcıya sanal makine, depolama ve donanım altyapısı sağlamaktadır [Bhardwaj et al., 2018]. Bir diğer model olan Hizmet Olarak Platform, PaaS, kuruluşlara hizmetlerini geliştirmek, dağıtmak ve yönetmek için gerekli tüm işlevleri sağlayan bulut tabanlı bir yaklaşımdır [Ardagna et al., 2012]. PaaS çözümleri, bir bulut hizmeti olarak sunulan eksiksiz bir uygulama geliştirme veya barındırma alanı sağlamaktadır; bu hizmet ayrıca altyapıyı yönetmeye ve kullanım başına ölçülü bir maliyet modeli sunmaya ek olarak, uygulama geliştirmeyi, test etmeyi ve devam eden bakımı da kolaylaştırarak kullanıcıyı temel altyapı yerine

uygulamayı yönetmeye odaklamaktan kurtarmaktadır [Khalidi, 2011] Hizmet Olarak Yazılım (SaaS) ise, bir web tarayıcısı veya uygulama programı arabirimi aracılığıyla erişilebilen yeni bir yazılım uygulamaları paradigmasıdır [Armbrust et al, 2010]. Bu modelde, bir yazılım sağlayıcısı, talep üzerine kullanılmak ve satın alınmak üzere bir yazılım uygulamasını lisanslamaktadır [Rani and Ranjan, 2014]. Tüketiciler hizmet olarak yazılım modelinde sağlayıcının bulut altyapısı üzerinde çalışan uygulamalarını kullanabilmektedir [Mell ve Grance, 2011]. Ayrıca uygulamalara, bir web tarayıcısı (örneğin, web tabanlı e-posta) gibi bir istemci arabirimi aracılığıyla çeşitli istemci cihazlarından erişilebilmektedir [Goyal 2014].

2.3.5. Katmanlı Üretim

Katmanlı üretim ilk olarak 1980'lerde Chuck Hull adlı bir iş adamın stereolitografi adı verilen ilk 3D baskı biçimini icat etmesiyle geliştirilmiştir [Bandyopadhyay and Bose, 2019]. Stereolitografi teknolojisinin ortaya çıkışının ardından çok kısa bir süre sonra, birçok farklı hızlı prototip baskı süreci geliştirilmiştir ve bugün hâlâ yaygın olarak kullanılmaktadır [Horn and Harrysson, 2012]. Bu teknolojinin günümüzde yaygın halde kullanılan biçimi olan 3D baskı olarak da isimlendirilen katmanlı üretim, daha hafif, daha güçlü parça ve sistemlerin oluşturulmasını sağlayan endüstriyel üretime dönüştürücü bir yaklaşımdır [Web 1, n.d.]. Katmanlı Üretim, malzeme ister plastik ister metal, beton veya insan dokusu gibi farklı bir madde olsun, katman katman malzeme ekleyerek 3 boyutlu nesneler oluşturan teknolojileri tanımlamak için uygun bir isimdir [Web 2, n.d.] Katmanlı imalatın büyümesi, teknolojilerin ve özelleştirilmiş ürünlerin sürekli olarak geliştirilmesinden, daha kısa ürün geliştirme döngülerinden, sürdürülebilirliğe daha fazla odaklanmaktan, ürün geliştirme sürelerinin ve teslim sürelerinin azaltılmasına yönelik üretim maliyetlerinin azalması eğiliminin yanı sıra yeni iş modellerinden kaynaklanmaktadır [Pérez et al., 2020] Bu büyüme, insanların neredeyse her yerden tasarım sürecine katkıda bulunmalarına olanak sağlamakta ve bu sayede yerleştirilmiş mühendisliğin engellerini aşabilmektedir [Bandyopadhyay and Bose, 2019].

2.3.6 Yapay Zekâ

Alan Turing, tarihte ilk kez bir makinenin insan beyni gibi çalışma potansiyelini fark etmiştir. Turing tarafından keşfedilen bu konsept yapay zekâ olarak adlandırılmaktadır. Bu, normalde insan zekası gerektiren görevleri gerçekleştirebilen akıllı makineler oluşturmakla ilgilenen geniş bir bilgisayar bilimi dalıdır [Web 3, n.d.]. Yapay zekaya sahip makineler, insanlardan farklı hareket etmelerine rağmen insanlardan akıllı davranışları simüle eden veya taklit eden bilgi işlem teknolojileri olarak görülebilmektedir [Bhave et al., 2020]. Bu teknoloji, bir sorunu çözmede veya bir karara varmada belirsizliği ve hızı ele alırken, kalıcılık, güvenilirlik ve maliyet etkinliği konularında avantajlar sağlamaktadır [Chowdhury and Sadek, 2012]. Bu avantajlar şu şekildedir:

- Bir insandan daha hızlı bitmiş görev,
- Kolayca tamamlanan stresli ve karmaşık işler,
- Aynı anda yapılan çeşitli işlevler,
- Yüksek başarı oranı,
- Görevde daha az hata ve kusurlar da,
- Daha yüksek verim ve daha az alan,
- Uzun vadeli ve karmaşık durumların hesaplanması [Khanzode, and Sarode, 2020].

Yapay zekanın burada sıralanmış olanları gerçekleştirmek için algoritmalara ihtiyacı vardır; bu algoritmalar verilerdeki kalıpları bulmak, modeller oluşturmak ve tahminler yapmaktan sorumludur [Gallego and Kurer, 2022]. Kullanılan algoritmalar sayesinde de yapay zekâ, dördüncü sanayi devrimi sayesinde sahip olunan verilerin mevcudiyeti ve hesaplama yeteneği dolayısıyla gerçek değeri sağlama vaatleri yerine getirmektedir [Mhlanga, 2021].

2.3.7. Artırılmış ve Sanal Gerçeklik

Artırılmış gerçeklik kelimesi ilk defa 1990 yılında Boeing’de, çalışanları fabrikada yönlendirmek için kullanılan ekipman şemalarını ve cihazlarını geliştirmesi

istenen araştırmacı Tom Caudell tarafından kullanılmıştır [Rebbani et al., 2021]. Artırılmış gerçeklik, gerçek bir ortamdaki görüntüleri sanal ortamda farklı nesnelerle tamamlamaya olanak tanıyan bir teknolojiler grubudur [Iatsyshyn et al., 2019]. Azuma (1997) alışmasında bir teknolojinin bazı özellikleri barındırırsa artırılmış gerçeklik olacağına işaret etmiştir ve böyle bir artırılmış gerçeklikte, gerçek ortamın sanal ortamla birleştirildiğini, sistemin gerçek zamanlı olarak etkileşimli olduğunu ve kayıt yaptığını belirtmiştir. Buna göre bu teknoloji, bilgisayar tarafından oluşturulan geliştirmeleri mevcut bir gerçeklikle buluşturan ve etkileşim kabiliyeti sayesinde daha gerçekçi hale getiren bir teknoloji olduğundan dolayı çeşitli görevlerde kullanıcı deneyimini geliştirmek üzere kullanılmaktadır; bu da onun yaşanılan ve sanal gerçekliğin bir btnleşimi olduğunu göstermektedir [Silva et al., 2003]. Sanal gerçeklik ise kullanıcının sentetik ortamlara girmesine ve buradaki unsurlarla etkileşimde bulunmasına izin veren, bilgisayar tarafından oluşturulan 3 boyutlu ortamlar için kullanılan bir terimdir [Van Dam et al., 2000], [Sherman and Craig, 2018]. Bu terim insanların bilgisayarları ve son derece karmaşık verileri görselleştirmesi, manipüle etmesi ve bunlarla etkileşim kurması için bir yol olarak tanımlanmaktadır [Aukstakalnis and Blatner, 1992]. Yani bu teknolojiye, insan beyninin tüm duyuşal girdileri beynin bulunduğu yer dışında bir zaman ve yerdedir; burada sanki insan vücudu sanal mekandaymış gibi diğer zaman ve yer ile etkileşime girebilmektedir [Peterson, 2018].

Bu teknolojiler normal kullanım alanları dışında çeşitli endüstrilerde de kullanılmaktadır. Hatta Avrupa Birliği'ne göre artırılmış gerçeklik endüstride bu tür kavramların gelişimini yönlendiren ana teknolojilerden biridir [Davies, 2015]. Bu teknoloji, çalışanların fiziksel dünya ile giderek daha önemli hale gelen dijital ortam arasındaki boşluğu doldurmasını sağlamaktadır [Masood and Egger, 2019]. Yani endüstri 4.0'da bu teknolojinin uygulanması sayesinde, kullanıcı gerçekleştirecek görevin adım adım prosedürlerini grselleştirebilmekte ve hatta uzaktan yardım sistemleri ile uzmanlardan gerçek zamanlı olarak görsel talimatlar alabilmektedir; buna benzer şekilde sanal gerçekliğin uygulanması sayesinde ise, operasyonların birinci şahıs ve sürükleyici bir şekilde görülmesi için ürünlerin, süreçlerin veya üretim tesislerinin tam simülasyonları oluşturulabilmektedir [Web 4, n.d.].

3. TEDARİK ZİNCİRİ

Nihai müşterinin elinde ürün ve hizmet şeklinde değer üreten farklı süreç ve faaliyetlerde yer alan organizasyonlar ağı olarak tanımlanan tedarik zinciri, ham madde aşamasından son kullanıcıya kadar malların akışı ve dönüşümü ile ilgili tüm faaliyetleri ve ilgili bilgi akışlarını kapsamaktadır [Christopher,1992], [Handfield and Nicholas, 1998]. Tedarik zinciri, tedarikçinin tedarikçisinden başlayıp müşterinin müşterilerine kadar giden dolaşım zincirinde ürün, bilgi ve hizmet akışının doğru miktar ve zamanlarda gerçekleşmesidir [Yıldızöz, 2006]. Bu akıştaki faaliyetler firmadan firmaya değişiklik gösterebilmektedir. Literatürde çeşitli çalışmalarda farklı tedarik zinciri faaliyetlerinden bahsedilmektedir. Bu çalışmalardan birinde faaliyetler; müşteri servisi, talep tahmini ve planlaması, envanter yönetimi, lojistik iletişimi, malzeme elleçleme, siparişin hazırlanması, paketleme, servis desteği, tesis ve depo seçimi, malzeme temini, iade malların işlenmesi, tersine lojistik, taşıma ve depolama olarak sıralanmaktadır [Lambert et al., 1998]. Bu husustaki bazı çalışmalarda Lambert ve diğerlerinin yaptığından farklı olarak tedarik zinciri faaliyetleri temel ve destek olmak üzere iki grupta incelenmektedir. Bu çalışmalardan birinde temel faaliyetler; müşteri hizmetleri, taşıma, envanter yönetimi, bilgi akışı ve siparişin hazırlanması olarak, destek faaliyetleri ise depolama, malzeme elleçleme, satın alma, paketleme, üretim veya operasyonlarla birlikte çalışma ve bilgi yönetimi olarak sıralanmaktadır [Ballou, 2004]. Bir başkasında ise temel aktiviteler; taşıma, stok yönetimi, müşteri hizmetleri, siparişin hazırlanması ve talep tahmini; destek aktiviteleri ise paketleme, yerleştirme, depolama, satın alma ve üretim planlama olarak sıralanmaktadır [Taşkın and Durmaz, 2010]. Bir sonraki bölümde tedarik zinciri faaliyetlerinin neler olduğuna ve ne işe yaradığına değinilecektir.

3.1. Tedarik Zinciri Faaliyetleri

Tedarik zinciri literatürde çeşitli şekillerde sınıflandırılan faaliyetlerden meydana gelmektedir. Bu faaliyetler ve açıklamaları bu bölümde sırasıyla özetlenmektedir.

3.1.1. Talep Tahmini ve Planlaması

Tedarik zincirinin genel amacı; malzeme veya ürünleri dönüştürmek, taşımak, onlara değer katmak ve sürecin her adımındaki talebi karşılamaktır [Janvier-James, 2012]. Talepler, genellikle belirsiz oldukları, tahmin hataları, tedarik zinciri akış sorunları ve gereksiz maliyetlere yol açabildiğinden tedarik zinciri yöneticileri için bir endişe kaynağı olsa da, talep tahmini, bu sorunları çözebilmek üzere, yöneticilere planlamalarını ve karar vermelerini desteklemek için doğru ve güvenilir bilgiler sağlamaktadır [Abolghasemi et al., 2020]. Tahmin, planlama sürecinin bir parçasıdır ve bu sürecin tahmin de dahil olacak şekilde çeşitli aşamaları mevcuttur. IBM bu aşamaları şu şekilde sıralamaktadır:

- Verilerin düzenlenmesi ve hazırlanması,
- Ön tahmin yapmak,
- Pazar verilerini entegre etme,
- Aşağıdan yukarıya ve yukarıdan aşağıya tahminlerin uzlaştırılması,
- Nihai bir tahmin geliştirme,
- Proje performansını izlemek için analitiği kullanma.

Verilen planlama adımlarındaki tahmin yapma aşamalarının ne anlama geldiği, bir çalışmada, istatistiksel tahmin ve tahmin sonuçlarının gözden geçirilmesi ve toplanması, yeni ürünlerin ve sipariş hacimlerinin tahmini şeklinde detaylandırmaktadır [Wallace and Stahl, 2008]. Ayrıca bu aşamalar, hangi ürünün üretileceği, tüketicinin bu ürünlerden ne kadar talep edeceği ve bu taleplerin gerçekleşeceği en olası tarihler gibi talep tahminlerinin yapıldığı zamandır [Kocaoğlu et al., 2014].

3.1.2. Siparişin İşlenmesi

Sipariş işleme; siparişin alınmasını, kaydedilmesini, doldurulması ve nakliye için birleştirilmesi gibi aktiviteleri içermektedir ve bu adımlar hızlı ve doğru bir şekilde gerçekleştirildiğinde şirkete ve müşteriye fayda sağlanmaktadır [Bertrand et al., 1990]. Müşteri siparişlerinin uygun şekilde hazırlanmasını ve doğru yere teslim edilmesini

sağlayan iş akışı olarak bilinen sipariş işleme, bir işletmenin operasyonlarının ölçeğine bağlı olarak, toplayıcıların, sıralayıcıların ve paketleyicilerin sipariş yerine getirmek için senkronize olarak çalıştığı bir grup veya tek bir kişi tarafından bir dağıtım merkezinde veya depoda gerçekleştirilmektedir [Web 5, 2021]. Bu süreçteki ilk adım siparişin alınmasını içeren siparişin karşılanması, ikinci adım, müşterinin siparişi aldığını ve bilgilerin doğru olduğunu kontrol etme; üçüncü adım öğelerde bir sorun olup olmadığını belirleme; dördüncü adım maliyetlerini hesaplamak ve nakliye için tüm ilgili bilgilerle etiketlemeyi içeren bir paketi bir araya getirme ve son adım da paketleri sevk etme olarak sıralanmaktadır [Web 6, n.d.].

3.1.3. Envanter Yönetimi

Envanter yönetimi, arzı ve talebi dengelerken envantere yapılan yatırımı en aza indirmeyi ve tüm süreç boyunca, yeterli ve aşırı olmayan arzı sağlayabilmek için stok tutma ve denetlenen kaynaklara erişmeyi amaçlayan envanteri planlama, organize etme ve kontrol etme sürecidir [Singh and Verma, 2018]. Bir işletmenin doğru envanter miktarını belirlemesi önemlidir. Bunun sebebi envanterin para miktarını ve operasyonel verimliliği etkilemesidir; örneğin, çok fazla envanter işletme sermayesini azaltmakta ve işletmenin likiditesini yani şirketin nakit akışkanlığını etkilemektedir veya envanter miktarı çok düşükse, stoklar tükenmekte ve satış kaybına yol açmaktadır; bu da daha düşük karla sonuçlanmaktadır [Priniotakis and Argyropoulos, 2018]. Bunu önleyebilmek adına envanter yönetim sistemleri; üretim sürecinin tamamı boyunca tedarikçiden müşteriye mal akışını takip etmekte, envanter girişini, toplamayı, paketlemeyi ve depoya sevkiyatı, envanter seviyelerini ve depoları takip etmektedir [Web 7, 2020]. Burada bahsedilen envanterler; ham madde, devam eden iş ve biten mal envanteri olmak üzere üç çeşide ayrılmaktadır [Oluwaseyi et al., 2017]. Ham madde envanterleri, ham veya işlenmiş malzeme [Merriam-Webster, n.d.], devam eden iş envanterleri, henüz tamamlanmamış bir şey [Cambridge University Press, n.d.] ve bitmiş mal envanterleri de üretim sürecini tamamlamış ancak henüz satılamamış ve satılmayı bekleyen mallar [Collins Dictionary, n.d.] olarak tanımlanmaktadır.

3.1.4. Malzeme Elleçleme:

Evrensel olarak kabul edilen bir tanımı bulunmayan malzeme elleçleme, popüler algıya göre basitçe malzemelerin hareket ettirilmesi olsa da bundan çok daha fazlasını içermektedir [Green et al., 2009]. Elleçleme, bir fabrika veya depoda; malzeme boşaltma, mal kabul, seçerek ayırma, teslim-tesellüm, paket açma, bölme, istifleme, yerleştirme, yerini değiştirme, yenileme-eksik tamamlama, toplama, yükleme, vb. içermektedir. Buradaki temel amaç, doğru alet ve malzeme kombinasyonunu; doğru zamanda, doğru yere, doğru biçimde ve doğru yönde minimum toplam maliyetle taşımaktır [Rosenblatt, 2013].

Bu sürecin amaçları şöyle sıralanabilmektedir:

- Malzemelerin ihtiyaç duyulan zamanda ve yerde bulunmasını sağlayarak malzeme akışının verimliliğini artırmak,
- Malzeme taşıma maliyetini azaltmak,
- Tesislerin kullanımını iyileştirmek,
- Güvenlik ve çalışma koşullarını iyileştirmek,
- Üretim sürecini kolaylaştırmak,
- Verimliliği artırmak [Şule, 2008].

İmalat, depolama, dağıtım, tüketim ve bertaraf boyunca malzeme ve ürünlerin hareketi, korunması, depolanması ve kontrolünü içeren malzeme elleçleme, lojistiği destekleyen ve tedarik zincirinin çalışmasını sağlayan çok çeşitli manuel, yarı otomatik ve otomatik ekipman ve sistemleri içermektedir [Web 8, n.d.]. Bunlar; taşıma ekipmanları, konumlandırma ekipmanları, birim yük oluşturma ekipmanları, depolama ekipmanları, tanımlama ve kontrol ekipmanları olmak üzere beş kategoride incelenmektedir:

Taşıma ekipmanları, taşıma amacıyla kargoyu tutmak, korumak veya emniyete almak ve güvenliğini sağlamak için kullanılan yüksek değerli bir ekipman parçası olarak tanımlanmakta; römorklar, vagonlar ve intermodal konteynerleri içermektedir [Web 9, n.d.].

Konumlandırma Ekipmanları, malzemeyi, daha sonra taşınabilmesi, işlenebilmesi veya depolanabilmesi amacıyla doğru konumda olacak şekilde tek bir

yerde işlemek için kullanılmaktadır; yükleme rampası, kaldıraç, dengeleme sistemi, manipülatörler (Vakumlu manipülatör, pergel vinç manipülatörü, rijit kollu manipülatör), parça besleyiciler, robotlar gibi çok çeşitli ekipmanları içermektedir [Web 10, n.d.].

Birim yük oluşturma ekipmanları kategorisindeki ekipmanlar, nakliye ve depolama için standartlaştırılmış birim yük formlarındaki malzemeleri tutmak veya taşımak için kullanılmaktadır. Bu kategorideki ekipmanlara bidonlar, paletler, kızaklar ve konteynerler gibi çok çeşitli ekipmanlar örnek gösterilebilmektedir. [Chu et al., 1995].

Depolama Ekipmanları: "Boş zamanlar" sırasında yani malzemelerin herhangi bir işleminden geçmediği dönemlerde veya taşınmadıkları zamanlarda malzemeleri tutmak veya tamponlamak için kullanılan ekipmanlardır; paletler ve rafları içermektedir [Web 11, n.d.].

Toplama ve İletme Ekipmanları: Barkodlar, radyo frekansı etiketleri, manyetik şeritler, taşınabilir veri terminalleri ve elektronik veriler gibi çok çeşitli unsurları içermektedir [Web 12, n.d.].

3.1.5. Depolama

Depolama, önemli miktarda eşyanın verimli ve düzenli bir şekilde saklanması ve gerektiğinde uygun şekilde bir araya getirilmesi ile ilgili faaliyetlerdir [Tsige, 2013]. Lokasyonlar arasında hareket etmediğinde depoda bekleyen ürünü temsil eden tedarik zincirinin bu işlevi, firmaların müşterilere özel hizmetler sunabileceği ve rekabet avantajı elde edebileceği ana faaliyetlerden biri olarak kabul edilmektedir [Sarder, 2020], [Ramaa et al., 2012]. Bu işlev tedarik zincirinde önemlidir çünkü pazarın taleplerini karşılamaya yardımcı olan stok dağıtımı, organizasyonu ile çapraz sevkiyat işlemlerine izin vermektedir, müşterilerin satın aldıkları her şey süreçten geçmekte ve genel alışveriş deneyimlerine katkıda bulunmaktadır [Ackerman et al., 1990]. Ayrıca, rekabet etme yeteneği için kritik öneme sahip olan depolamanın verimliliğinin optimal düzeyde tutulması sayesinde hatalar ve işçilik maliyetleri ve dolayısıyla iş yapma maliyetleri azalmakta; bu da şirket karlılığını rekabetçi fiyatlandırma ve hizmet sunma yeteneğini etki etmektedir [Symbol The Enterprise Mobility Company, n.d.].

3.1.6. Paketleme

Pazarlama ve lojistik açısından giderek daha önemli hale gelen paketleme, malların nakliye, dağıtım, depolama, perakende satış ve kullanım için koordineli bir şekilde hazırlanmasıdır. [Olander-Roese and Nilsson, 2009]. Paket ise malların tedarik zinciri süreçlerine güvenli şekilde hazırlanmak için kullanılan koordineli bir sistem olarak tanımlanmaktadır [Saghir, 2004]. Bu sistem genellikle birbiriyle ilişkili, birincil, ikincil ve üçüncül ambalajlamanın farklı seviyeleriyle temsil edildiği şekilde kabul edilmektedir [Inns, 2012].

Birincil ambalaj, bir tüketicinin normal koşullarda evine götürdüğü bir ürün veya ambalaj sistemi ile temas halinde olan ambalaj olarak tanımlanmakta iken bir diğer ambalaj çeşidi olan ikincil ambalaj, birden fazla birincil ambalaj içerecek şekilde tasarlanmış olan bir sistem olarak tanımlanmaktadır [Olsson et al., 2000]. Plastik torba, çelik kutu veya cam kavanoz gibi unsurlar birincil ve oluklu kutu, plastik veya ahşap palet vb. malzemeler ikincil paketlemeye örnek verilebilmektedir [Vergheze et al., 2015]. Konteyner veya palet gibi dağıtım ve nakliye ambalajı olarak kullanılabilen üçüncül paketleme, çeşitli ikincil ambalaj öğelerini içermektedir [Pålsson and Hellström, 2016]. Paketleme sistemleri tedarik zincirindeki çeşitli aktör ve unsurlarla etkileşime girmekte ve üretim, dağıtım, depolama ve elleçleme nakliye, envanter depolama ve iletişim gibi temel tedarik zinciri faaliyetleri etkilemektedir [Twede 1992], [Hellström and Saghir, 2007], [Pålsson and Hellström, 2016].

Literatürde paketlemenin işlevlerinin neler olduğunu içeren çeşitli çalışmalar mevcuttur. Bu işlevler arasında koruma sağlaması, promosyonları belirtilmesi, ürüne dair çeşitli bilgilerin içerilmesi, hazırlama ve porsiyonlama gibi kolaylıklar sağlaması, satışı, kullanımı ve elleçlemeyi kolaylaştırması ve atık azaltılması gibi unsurların bulunduğu ifade edilmektedir [Vergheze et al., 2015]. Yapılan bir çalışmada, paketlemenin ambalajın ana işlevinin doğru ürünü doğru son kullanıcıya güvenli, düşük maliyetli ve kullanıcı dostu bir şekilde korumak ve dağıtmak olduğunu vurgulamaktadır [Grönman et al., 2013]. Bu işlevlerden de görülebildiği üzere paketleme, firmalar için sadece ana ürünün kalitesini korumakla kalmayıp, aynı zamanda onlara müşteri değerini artırma fırsatı da sunmaktadır [Olander-Roese and Nilsson, 2009].

3.1.7. Lojistik İletişimi:

Lojistik, uygun maliyetli sipariş işleme yoluyla, mevcut ve gelecekteki karlılığı en üst düzeye çıkaracak şekilde, organizasyon ve pazarlama kanalları aracılığıyla malzemelerin, parçaların ve bitmiş ürünlerin tedarikini, nakliyesini ve depolanmasını stratejik olarak yönetmektedir [Christopher, 1992] Bu süreç; ihtiyaç planlama, sipariş işleme, tedarik, planlama, üretim, müşteri-tedarikçi ilişkileri, depolama, elleçleme, montaj, paketleme ve bu faaliyetlerle ilgili destek fonksiyonları içermektedir [Tlaty and Moutmihi, 2015]. Lojistik hedefleri, pazar değişikliklerine ve müşteri siparişlerine hızlı tepki vermeyi, süreç boyunca hizmet farklılıklarını en aza indirmeyi, maliyetleri azaltmak için envanteri en aza indirmeyi, gönderileri konsolide ederek ürünleri göndermeyi ve kaliteyi korumayı içermektedir [Sarder, 2020]. Bu hedeflere ulaşmanın anahtarı olan etkili iletişim, kamyon şoförleri, müşteriler ve lojistik personeli gibi lojistik operatörlerinin, giderek daha zorlu teslimat programlarını karşılamak üzere uygun bilgi ve anlayışa sahip olmasını sağlamaktadır [Web 13, 2020]. İletişimin önemli olmasının bir başka nedeni de bilgi alışverişinin çevik ve uygun maliyetli bir lojistik yönetim süreci oluşturmada hayati bir rol oynaması, böylece görevlerin bir noktadan diğerine gecikmeden veya sorunsuz bir şekilde tamamlanmasını ve taşınmasını sağlamasıdır [Web 14, n.d.].

3.1.8. Taşımacılık

Şirketlerin dünyanın herhangi bir yerinden mal ve bitmiş ürün tedarik etme yeteneğinin artmasıyla, taşımacılığın erişim alanı da sürekli genişlemektedir; dolayısıyla bu faaliyet, tedarik zinciri boyunca süreçleri bütünleştirmek ve koordinasyonunu sağlamak için benzersiz bir konuma gelmektedir [Morash and Clinton, 1997]. Tedarik zinciri taşımacılığı, malların bir yerden diğerine hareketinin ifadesidir ve bu hareket malzemelerin, tedarik zincirinin başlangıcından nihai tüketiciye teslimine kadar devam etmektedir [Web 15, n.d.]. Bu faaliyet; hava, demir yolu, su, kara yolu veya boru hattı gibi birden fazla taşıma modunu içermektedir ve taşımacılığın verimliliği bu modların kombinasyonunun etkinliği, rota planlama, yük planlama, araç hazırlama, taşıma gibi çeşitli taşıma süreçleri ve teslimatları ile ilgilidir [Sarder et al., 2020]. Bahsi geçen süreçlerden biri olan rota planlama, malların bir

yerden başka bir yere taşınması için eksiksiz bir plan oluşturma sürecidir ve asıl amacı malların teslimatını yaparken, zamandan, paradan ve yakıttan tasarruf etmenin en etkili yolunu belirlemektir [Web 16, n.d.]. Yük optimizasyonu olarak da bilinen yüklerin planlaması, kamyonların, vagonların, paletlerin vb. yük taşınmasında kullanılan araçların kapasitesini en verimli şekilde kullanmak için birden fazla gönderiyi ve/veya yükleme düzenlemelerini bir araya getirme süreci olan başka bir nakliye sürecidir [Web 17, 2021]. Taşıma aşaması, deniz, hava, demir yolu ve kamyon dahil olmak üzere tüm ulaşım araçları ile ham madde, parça ve bitmiş ürün gibi ürünlerin dağıtımıdır [Brittanica, n.d.]. Son olarak teslimat ise bir şeyi bir kişiye veya yere götürme eylemidir [Brittanica, n.d.].

3.1.9. Müşteri Servisi

Müşteri servisi, bir kuruluşun satıştan önce, satış sırasında ve satıştan sonra müşterilerle ilgilenme şekli ve bununla ilgili faaliyetleridir [Cambridge University Press, n.d.]. Bu faaliyetler genel olarak bir ürünün teslim edilme, paketlenme, açıklanma, faturalanma, kurulma, onarılma, yenilenme ve yeniden tasarlanma şeklini içermektedir [El Sawy and Bowles, 1997]. Bir tedarik zinciri işi için gerçek bir farklılaştırıcı ve rekabet avantajının temel bir bileşeni olabilen müşteri servisi, yöneticinin tedarik zincirinden en iyi şekilde yararlanabilmesi için gereklidir ve müşteri hesabının toplam hacmi, karlılığı ve müşterinin somut ihtiyaçlarının anlaşılması olmak üzere tedarik zinciri yeteneklerinin önceliklendirilmesine ve yeteneklere odaklanmasına yardımcı olan tedarik zinciri stratejisi için çok önemli olan iki faktöre dayanmaktadır [de Sousa Bastos, 2018]. Rekabetçi bir iş ortamında, yönetimin durumlar müşteriyi olumsuz etkilemeden önce proaktif olarak yanıt verebilmek için müşteri hizmetleri yönetimi sürecini uygulaması gerekmektedir [Bolumole et al., 2003]. Müşteri hizmetleri yönetimi süreci kuruluşun her zaman müşterilerinin beklentilerini ve taleplerini anlamasını ve bu beklentileri her zaman karşılamasını veya aşmasını sağlamak için faaliyetlerin yönetimidir ve öncelikle müşterilerin ihtiyaç ve beklentilerini anlamaya ve karşılamaya odaklanmaktadır [Web 18, 2022].

3.1.10.Tersine Lojiistik

Tersine lojistik; değerin yeniden elde edilmesi veya uygun şekilde elden çıkarılması amacıyla ham maddelerin, süreç içi envanterin, bitmiş ürünlerin ve ilgili bilgilerin tüketim noktasından çıkış noktasına verimli, maliyet etkin akışını planlama, uygulama ve kontrol etme süreci olarak tanımlanmaktadır [Elmas and Erdoğmuş, 2011]. Yani bu aktivite; geri kazanılacak ekipman, ürünler, bileşenler, malzemeler ve hatta tüm teknik sistemlerin taşınması ve yönetimi ile ilgilidir; burada bahsedilen geri kazanma ise bir ürünü yeniden satma veya toplama, inceleme, ayırma vb. bir dizi sürece eşlik eden yeniden üretim veya geri dönüşümdür [Brito and Dekker, 2002]. Geri kazanma süresince bahsedilen süreçler atık tanımlama, toplama, ayırma, sıkıştırma, ara depolama, hatırlama, nakliye, teslimat ve değer geri kazanımını içermektedir [Ravi et al., 2005]. Burada amaç paradan tasarruf etmektir, çünkü tersine lojistik, başlangıç malzemelerinin yerini alan uygun maliyetli ikame malzemeleri kullanmakta, böylece doğal kaynaklar, işçilik ve enerji tasarrufu sağlamakta ve geri kazanım yoluyla geri vermektedir [Grabara et al., 2014]. Tersine lojistiğin gerçekleşebilmesi için çeşitli adımlar mevcuttur. İlk adım, sisteme giriş yapılması veya bir ürün iadesinin tanınmasıdır; ikinci adım, yeniden üretim veya geri dönüşüm süreci gibi sonraki işlemlere dayalı olarak toplanan ürünlerin ön gruplandırılmasını içermektedir, bunu takip eden üçüncü adımda ayrıntılı sıralama yapılarak iade edilen her öğenin kaderini belirlemektedir ve son adım, elden çıkarma seçimini, yani ürünün varış yerini içermektedir [Lambert et al., 2011].

Tedarik zinciri bu bölümde özetlenmiş olanlar da dahil olmak üzere bir dizi faaliyeti içermektedir. Bu faaliyetleri içeren ve entegre bir mal, hizmet, bilgi ve nakit akışı sağlamak için bilgi paylaşması ile fiziksel uygulamayı koordine etmesi gereken bir dizi entegre işletme olarak tanımlanan tedarik zincirine endüstri 4.0'ın adaptasyonu, çeşitli tedarik zinciri oyuncularında yakınlaşma, iş birliği ve hızlı bilgi alışverişini kolaylaştırmaktadır çünkü tedarik zinciri katılımcıları artık tekrar eden işleri basitleştirebilmekte, nesnelerin interneti, depolama, envanter kontrolü, sipariş verme, müşteri hizmetleri, geliştirme planlaması ve tedarikçi operasyonları dahil olmak üzere birçok işlevsel alanda maliyet tasarrufuna ve hizmet değişikliklerine katkıda bulunabilmektedir [Langley et al., 2013], [Dudukalov, 2020]. Çalışmanın önümüzdeki bölümünde endüstri 4.0'ın tedarik zincirine etkisi daha detaylı bir biçimde incelenecektir.

3.2. Endüstri 4.0'ın Tedarik Zincirine Etkisi

Bir önceki bölümde de belirtildiği gibi temel unsuru akıllı fabrikalar olan endüstri 4.0, her üretim organizasyonun operasyonel merkezi olması dolayısıyla tedarik zinciri bağlamında da literatürde önem kazanmaktadır [Bär et al., 2018]. Bu açıdan incelenen endüstri 4.0 konsepti, araştırmalarda E-tedarik zinciri, dijital tedarik ağı, tedarik zinciri 4.0, E-lojistik veya lojistik 4.0 gibi çeşitli yapılarla isimlendirilmektedir [Abdirad and Krishnan, 2020]. İsimlendirme yollarından biri olan lojistik 4.0, değer zinciri organizasyonunun teknolojilerini ve kavramlarını ifade eden kolektif bir terimdir [Wang, 2016]. Bu terim, fiziksel süreçleri izleyen, onların sanal bir kopyasını oluşturan ve ademimerkeziyetçi kararlar alan siber fiziksel sistemler ile bu sistemlerin kendi aralarında ve insanlarla iletişimine olanak sağlayan nesnelerin ve hizmetlerin internetinden oluşmaktadır [Wang, 2016]. Bir diğer kavram olan tedarik zinciri 4.0, akıllı tedarik zinciri olarak da bilinmektedir ve nesnelerin İnterneti, akıllı altyapı, akıllı ürünler, akıllı makineler ve bağlanabilirlik dahil ancak bunlarla sınırlı olmamak üzere sistematik akıllı yollarla uygulamaları tedarik zincirine genişleten entegre bir iş sistemi şeklinde tanımlanmaktadır [Queiroz et al., 2017]. Bu iki tanımdan da görülebildiği kadarıyla endüstri 4.0'ın tedarik zincirine uygulanması çeşitli tedarik zinciri oyuncularında yakınlaşma, iş birliği ve hızlı bilgi alışverişini kolaylaştırmaktadır [Dudukalov, 2020]. Bunların gerçekleşmesi yani tedarik zincirinin iyileştirilmesi; çeşitli tedarikçiler, müşteriler ve süreçleri entegre eden ve tedarik zinciri boyunca veri toplama ile bilgi paylaşımı yoluyla iletişimi geliştiren bilgi teknolojisi aracılığıyla gerçekleştirilmektedir [Abdel-Basset et al., 2018]. Tedarik zincirinde kullanılmasındaki temel amacı üretim noktasıyla teslim veya satış noktası arasında bağlantı kurmak ve ürünün fiziksel izini takip eden bir bilgi izine sahip olmak olan bilgi teknolojileri ve dahası akıllı telefon uygulamaları, otomatik tanımlama ve veri yakalama (AIDC) ile RFID teknolojileri, tedarik organizasyonları teknolojik açıdan değiştirmektedir [Simchi-Levi et al., 2003], [Pfohl et al., 2015]. Bu teknolojiler; nesnelerin interneti, siber fiziksel sistemler, akıllı ürünler, büyük veri, dijital ikizler, e-tedarik, tedarikçi iş birliği portalı, blok zinciri, robotik, yapay zekâ, 3D baskı ve katmanlı üretim, sanal ve artırılmış gerçeklik, drone, akıllı sürücüsüz taşıma sistemleri ve akıllı forklift, palet ve vinçler şeklinde sıralanmaktadır [Ivanov et al., 2019].

Burada değinilen teknolojilerden bazılarında endüstri 4.0'ı kolaylaştıran teknolojiler adlı bölümde bahsedildiği için bu bölümün devamında sadece bu teknolojilerin tedarik zinciriyle ilişkisi açıklanmaktadır.

3.3. Tedarik Zincirinde Kullanılan Endüstri 4.0 Teknolojiler

Tedarik zincirinde çok çeşitli endüstri 4.0 teknolojileri kullanılmaktadır. Bu teknolojilerden bazıları bu bölümün devamında verilmektedir.

3.3.1. Nesnelerin İnterneti

Nesnelerin interneti, kablosuz sensör/aktüatör ağları, internet bağlantılı giyilebilir cihazlar, düşük güçlü gömülü sistemler, RFID, cep telefonlarının kullanımı, bluetooth üzerinden bağlanan cihazlar, internete bağlanan telefonlar, bağlantılı arabalar ve daha fazlasını içeren bir şemsiye terimdir [Phase and Mhetre, 2018]. Bu terim, firma içinde veya firma ile tedarik zinciri arasında algılama, izleme ve etkileşimde bulunmayı mümkün kılmak üzere tedarik zinciri süreçlerinin çeviklik, görünürlük, izleme ve bilgi paylaşımına imkân sağlayan bir fiziksel nesneler ağı olarak ifade edilmektedir ve bu ağ tedarik zinciri özelinde bünyesinde dört özelliği barındırmaktadır:

- Tedarik zincirindeki fiziksel şeylerin dijital bağlantısı,
- Bu bağlantının proaktif olup, veri depolama, analiz ve paylaşımına izin vermesi,
- İletişimin, bir organizasyon içindeki süreçleri ve ayrıca tüm ana tedarik zinciri süreçlerini kapsayan organizasyonlar arası işlemleri içermesi ve
- IoT, tedarik zinciri süreçlerinin planlanmasını, kontrolünü ve koordinasyonunu kolaylaştırmasıdır [Ben-Daya et al., 2019].

Burada sıralanmış olan nesnelerin internetinin tedarik zincirinde kullanılmasıyla kazanılan özellikler, malların konumunun istenildiği zaman doğrulanabilmesine, hareket hızının belirlenmesine ve ne zaman varacağını takip edilmesine, sorunlu hareketinin düzene koyulmasına, ham madde ve ürünlerin depolama koşullarının

izlenmesine, depodaki malların bulunmasına ve alındıktan hemen sonra yönetilebilmesine imkân yaratmaktadır.

3.3.2. Siber Fiziksel Sistemler

Siber fiziksel sistemlerden fabrika veya tedarik zinciri içinde üretim, lojistik, kalite, planlama ve çizelgeleme faaliyetleri gibi farklı konuları yönetmek üzere faydalanılmaktadır [Klötzer and Pflaum, 2015]. Tedarik zincirinde geniş kullanımı bulunan bu teknoloji, arayüz sorunlarını en aza indirmek ve sinerji etkilerini en üst düzeye çıkarmak için zincir boyunca hem iç hem de dış müşteriler arasındaki iş birliğini güçlendiren ve farklı teknolojilerin etkileşimi ile karakterize edilen bir sosyo-teknik sistem biçimi şeklinde tanımlanabilmektedir [Hettterscheid and Schlüter, 2019]. Literatürde farklı çalışmalarda bu sistemlerin tedarik zincirine kazandırdığı özellikler sıralanmıştır. Bu çalışmaların birinde sıralanan özellikler; heterojenlik, birlikte çalışabilirlik, bağlantılı olma, modülerlik ve özerklidir [Tonelli et al., 2021]. Bu tarz sistemlerin tedarik zincirindeki kullanımına örnek olarak zincir aşamalarından biri olan intralojistikte nasıl kullanıldığı ile ilgili bilgiler bir sonraki cümlede verilmektedir. Bu teknoloji, nesnelerin interneti odaklı veri analitiğini gerçekleştirmenin etkili bir yolunu temsil etmektedir ve bu yol hem atölyeden veri almayı içermekte hem de verilerin işlenmesini ve dahili lojistik sistemlerin çalışma koşulları ile performansı hakkında bağlamsal bilgilerin çıkarılmasını sağlamaktadır [Mörth, 2018].

3.3.3. Akıllı ve Bağlı Ürünler

Ortamı algılamaları sebebiyle bazı basit eylemlerde bulunabilmekte olan bağlı ürünlerin, birincil amaçları veri gönderip almakken akıllı ürünler, gerçek dünyadaki durumlara tepki vermelerini ve hatta kullanıcılarının ihtiyaçlarını tahmin etmelerini sağlayan bir tür akıllı davranışa sahiptir ve genellikle sensörler, mikroişlemciler, veri depolama, kontroller ve gömülü işletim sistemleri gibi şeyler dahil olmak üzere çok daha karmaşık bir donanım mimarisine sahiptir [Web 39, 2019]. Bir akıllı ve bağlı üründe aranması gereken dört işlev ve yetenek vardır ve bunlar: izleme, kontrol, optimizasyon ve özerklidir Sıralanan özelliklere sahip olması için bu tarz ürünlerin

fiziksel bileşenler, akıllı bileşenler ve bağlantı bileşenleri olarak sıralanan üç bileşeni mevcuttur [Ivanov et al., 2019].

3.3.4. Büyük Veri ve Analitiği

Büyük verinin gücü ile firmalar, talebi doğru bir şekilde tahmin edebilmekte, envanter seviyelerini izleyebilmekte, yüksek verimli kaynak tahsisi oluşturabilmekte, hizmet yanıt lojistiğini yönetebilmekte ve firma performansını artırmak için karar vermeyi iyileştirebilmektedir; bu sebepten büyük veri analitiğinin, tedarik ağı genelinde mükemmel veri doğruluğu, netliği ve içgörü sağlama ve optimizasyon ve karar araçlarına entegre etme yeteneği konusunda bir kuruluşun geleceğinin rekabet ortamını değiştirdiğini kabul edilmektedir [Aryal et al., 2018]. Büyük veri analitiği, sanayicilerin büyük veri kullanımından elde edilen içgörülerini etkin bir şekilde geliştirmelerine yardımcı olmakta ve ayrıca, tedarik zincirindeki tüm paydaşlar arasında yaşam döngüsü verilerinin geri bildirimi ve paylaşımı yoluyla akıllı tasarım, üretim, bakım ve kurtarma düzeyini geliştirebilmektedir [Ren et al., 2019]. Ürün yaşam döngüsünün başlangıcı olan kavramsal tasarım aşamasında, tasarımcılara yardımcı olmak üzere tarihsel verilerden bilgi çıkarmayı sağlayan veri madenciliği bu teknolojinin tedarik zincirinde kullanımına örnek olarak gösterilebilmektedir [Zhang et al., 2010].

3.3.5. Dijital İkizler

Dijital ikiz, fiziksel bir nesnenin veya sürecin davranışının gerçek zamanlı bir dijital profili olarak tanımlanmakta ve büyük, kümülatif, gerçek zamanlı olup gerçek dünyadaki veri ölçümlerine dayanmaktadır [Kumaş ve Erol, 2021]. Bu kavram ilk olarak Michael Grieves tarafından 2003 yılında NASA'dan John Vickers ile yaptığı çalışma sırasında ürün yaşam döngüsü üzerine bir derste tanıtılmıştır [Barykin et al., 2020] ve Nasa tarafından kavramın dört ana işlevi; tahmin, teşhis, güvenlik ve sorgulama olarak özetlenmiştir [Duman, 2021]. Bu teknolojinin üç temel özelliği vardır: (1) Dijital İkiz, fiziksel bir eserin veya sistemin sanal dinamik bir temsidir, (2) Veriler, dijital ikiz ve fiziksel sistem arasında otomatik ve çift yönlü olarak

değiştirilir ve (3) İkiz, tüm ürün yaşam döngüsünün tüm aşamalarının verilerini içerir ve hepsine bağlıdır [Trauer et al., 2020].

Dijital ikizin tedarik zincirinde kullanılması firmalara çeşitli kolaylıklar sağlayabilmektedir. Bunlar:

- Tesisin yeri planlanması,
- Ağırlık merkezi yöntemi veya Greenfield Analizi,
- Karışık bir doğrusal programlama kullanan ağ optimizasyon yöntemi,
- Dağıtım merkezlerinin çıktısının planlanması,
- Envanter yönetimi ve sipariş politikaları oluşturulması,
- Bir tedarik yönetimi politikası oluşturulması,
- Nakliye stratejisi oluşturulması,
- Ulaşım, üretim ve satıştaki kısıtlamaların muhasebeleştirilmesi ve
- Tedarik zincirinde risk analizi yapılabilmesi [Barykin, 2021].

3.3.6. E-tedarik

E-tedarik, işletmeler arası faaliyetleri kolaylaştırmak için tedarik süreçlerinde bilgi teknolojilerinin kullanılmasıdır [Panayiotou et al., 2004]. Bu teknoloji, bir şirketin ihtiyaçlarına daha uygun olanı seçebileceği farklı ve tamamlayıcı işlevlerin birleşimi olarak düşünülmekte ve bu işlemler; iş akışı, sistem entegrasyonu, katalog(Dahili kullanıcının tedarikçinin sunduğu farklı ürün ve hizmetler arasında otonom olarak seçim yapmasına izin verme), depo ve içerik yönetimi, sipariş verme, sipariş takibi, e-faturalama ve raporlama şeklinde sıralanabilmektedir [Caniato et al., 2012]. Bu işlevlerin bir başka sıralaması da; ön sözleşmeli ürün arama ve seçme, satın alma talebi (iş akışı), talep onayı, satış tarafı katalog, müzayede, grup satın alma, ters açık artırma, teklif, sipariş oluşturma, sipariş yerleşimi, sipariş takibi ve alımı, faturalandırma, ödeme ve işlem analizi şeklindedir [Kim and Shunk, 2004]. Tedarik zincirinin girdi ucunda yer alan bilgi teknolojisi tabanlı bir satın alma sistemi olan bu teknoloji sayesinde tedarik zinciri boyunca bilgi akışı gelişmekte ve firma ağları arasındaki stratejik ortaklıklar derinleşmektedir [Presutti, 2003], [Johnson and Klassen, 2005]. Ayrıca, e-tedarik sistemleri tarafından sağlanan daha yüksek tedarik zinciri şeffaflığının bir sonucu olarak, şirketlerin operasyonel satın alma süreçleri

merkezden uzaklaşmakta ve stratejik satın alma süreçleri özerkleşmektedir [Puschmann and Alt, 2005].

3.3.7. Tedarikçi İş Birliği Portalı

Tedarikçi iş birliği portalları; tedarikçileri, hizmet sağlayıcıları ve müşterileri şeffaf tedarikçi süreçlerini destekleyen bir platform aracılığıyla verimli bir şekilde birbirine bağlayan çözümlerdir [Ivanov et al., 2019]. Portal sağlayıcılarından biri olan SAP kendi portalı olan CherryWork'un tedarik zinciri ortakları arasındaki her türlü akışı optimize ederek tedarik zinciri şeffaflığını ve verimini artırmakta, tam tedarik zinciri görünürlüğü elde etmek için gerçek zamanlı bilgileri paylaşmakta, taahhütlerini almakta ve ağ tarafından oluşturulan istihbarattan yararlanmakta olduğunu belirtmektedir. Bir diğer portal sağlayıcısı olan Harrington Group International ise kendi portalını şu şekilde açıklamaktadır: Tedarikçi iş birliği portalı iletişimi pürüzsüzleştirmekte, yorum ve şikayetlerin takibi için tek bir nokta oluşturmakta ve kuruluşunuz ile tedarikçileriniz arasında hesap verebilirliği mümkün kılmaktadır; ve ayrıca portallar, hem tedarikçiye hem de alıcıya, iki tarafın genel tedarik zinciri performansını ve anlaşmazlık çözümünü iyileştirmek için düzeltici eylemler üzerinde iş birliği yapmalarını sağlayan tek bir ortak veri görünümü sağlamaktadır [Web 19, n.d.].

3.3.8. Blok Zinciri

Tedarik zincirinde blok zinciri teknolojisinin kullanımına dair yapılan çalışmaların sayısı kısıtlıdır. Yine de literatürde, blok zinciri tabanlı tedarik zinciri girişimlerini inceleyen ve bu müesseselerin amaçlarını açıklayan çalışmalar mevcuttur. Bu müesseselerden biri olan Provenance'ın amacı belirli bir ürünün kökenlerini, özelliklerini ve sahipliğini geriye doğru izleme ve doğrulama olarak belirtilmektedir. Bir diğer kuruluş olan OwlChain'in amacı ise herkese açık ve şeffaf bilgileri kullanarak üretici ve müşteri arasında güvenilir bir ekosistem oluşturmaktır. Yani bu teknoloji firmaların, ürün akışlarının görünürlüğü ve şeffaflığı başta olmak üzere, tedarik zinciri zorluklarının üstesinden gelmesine yardımcı olmaktadır [Azzi et al., 2019]. Ayrıca bu teknoloji veri yönetimi, tedarik, teknik tasarım, sipariş verme,

talep ve tedarik yönetimi, ürün ve lojistik yönetimi gibi alanlarda kullanılabilmektedir [Banerjee, 2018]. Örnek olarak, bu alanlardan biri olan tedarik safhasında blok zinciri teknolojisiyle birlikte süreç şu şekilde ilerlemeye başlamıştır: Hukuk ve satın alma ekipleri, sistem üzerinden veri aktararak standartlar, hükümler ve koşullar oluşturmak için ticaret ortaklarıyla görüşmekte ve bu tür veriler ya elektronik olarak ya da kağıt üzerinde saklanmaktadır; bu aşamada blok zinciri, ticaret ortakları arasında akıllı sözleşmeleri etkinleştirerek, satılan ve teslim edilen malların durumuyla sürekli güncellenen dijital ve otomatik bir kayıt sağlayabilmektedir [Banerjee, 2018].

3.3.9. Robotik

Robotlar, karmaşık eylemleri gerçekleştirmek üzere programlanabilen makinelerdir ve günümüzde en çok imalat gibi endüstriyel görevler için kullanılmaktadır; ancak diğer amaçlar için de giderek daha yaygın hale gelmektedirler [Jain, 2019]. Kullanım alanı genişleyen bu makineler, günümüz teknolojik gelişmeleri sayesinde esnek, çok yönlü ve her boyutta olabilmektedir ve tedarik zincirinde malzeme taşıma, iletilme ve depolama gibi alanlarda kullanılmaktadır [Keow and Nee, 2018]. Deloitte bu robotların tedarik zincirine katkısını; depolama ve üretimde rutin işlemlerin hızını ve doğruluğunu iyileştirme, insanlarla yan yana çalışarak verimliliği artırma, tehlikeli ortamlarda çalışanların yaralanma riskini azaltma, dolayısıyla tedarik zincirine yenilik getirme ve değer sağlama şeklinde açıklamaktadır. SAP'nin lojistik başkanı Hans Thalbauer, dijital tedarik zincirinin geleceğinin robotik ve otomasyon olduğunu ve bu teknolojilerin talepten teslimata kadar tüm süreci otomatik olarak gerçekleştirdiğinden, endüstrilerin daha akıllı hale geldiğini; ancak bunun için robotik ve otomasyonun genel iş süreçlerine etkin bir şekilde entegre edilmesi gerektiğini vurgulamaktadır.

3.3.10. Yapay Zekâ

Yapay zekâ teknolojisi, sürekli artan iş ortamlarında bilgiye anında erişimi ve etkili karar vermeyi kolaylaştırmayı vaat etmektedir [Awan et al., 2021]. Bu teknoloji işletmelere kalıpları ve fenomenleri anlama ile bilgileri bulma ve analiz etme imkânı yarattığından, karar verme süreçlerini kolaylaştırmakta ve üretkenliği geliştirmektedir

[Soleimani, 2018]. Bunun yanı sıra yapay zekâ; işletmelere müşteri talebini tahmin etme, daha düşük maliyet ve daha yüksek kalite sağlama, hedef müşterileri seçme, ürün fiyatını belirleme, doğru mesajı tasarlama ve müşterilere daha iyi bir deneyim sunma gibi tedarik zinciri faaliyetlerinde kolaylık sağlamaktadır [Dash et al., 2019]. Bu faaliyetleri içeren, bu teknolojinin tedarik zincirinde kullanıldığı aşamalar ise envanter kontrolü ve planlanması, ulaşım ağı tasarımı, satın alma ve tedarik yönetimi, talep planlama ve tahminleme, sipariş toplama problemleri, müşteri ilişkileri yönetimidir [Min, 2010].

3.3.11. 3D Baskı ve Katmanlı Üretim

Katmanlı üretim olarak da bilinen 3D baskı, 3 boyutlu dijital modelleri katmanlar halinde oluşturarak nesnelere dönüştürmekte ve özelleştirilmiş ürünlerin küçük miktarlarda ve nispeten düşük maliyetlerle üretilmesini sağlamaktadır [Özceylan et al., 2017]. Bu teknolojinin tedarik zincirinde kullanımı ile talep üzerine üretim yapılabilmektedir, bu da artık firmaların bitmiş ürünü raflarda veya depolarda istiflemek zorunda olmadığını göstermektedir [Kubáč and Kodym, 2017]. Ayrıyeten günümüzde, bu teknoloji sayesinde; firmaların hem yüksek hacimli üretim tesislerine hem de düşük seviyeli montaj işçilerine duyduğu ihtiyacın ortadan kalktığı, dolayısıyla da maliyetin önemli ölçüde azaldığı; gelecekte ise ürünlerin, müşterinin siparişinin alınmasının hemen ardından üretileceği ve bunun da genellikle drone aracılığıyla teslim edilebileceği vurgulanmaktadır; yani gelecekte bir tedarik zinciri modeli, bu teknoloji sayesinde, tüketici siparişi ile başlayacaktır [Gravier, 2016].

3.3.12. Artırılmış Gerçeklik

Gerçek dünya ortamını özel donanım ve yazılımlarla yansıtan artırılmış gerçeklik kullanımı günlük hayatta gittikçe yaygın hale gelmektedir [Cirulis and Ginters, 2013]. Bu teknoloji; verimliliği artırmak, hataları azaltmak, güvenliğini artırmak, iş birliğine izin vermek, nakliye maliyetlerini düşürmek, doğru satıcıları seçmek ve uyumluluğun sürdürülmesini sağlamak adına tedarik zinciri süreçlerinin her noktasına çeşitli şekillerde dokunmaktadır [Web 20, 2015]. Uluslararası bir lojistik firması olan DHL, artırılmış gerçekliğin, tedarik zincirine fayda sağlayacağı yolları;

toplama optimizasyonu, tesis planlama, navlun/konteyner yükleme ve dinamik trafik desteği olarak sıralamaktadır. Tedarik zincirinde kullanımına örnek olarak; artırılmış gerçeklik, bu fayda alanlarından biri olan toplama optimizasyonu alanında şöyle işlemektedir: Birisi bir nesneyi seçtiğinde, ekran depodaki en verimli yolu hesaplamakta, o kişiyi pakete yönlendirmektedir veya bir diğer fayda alanı olan tesis planlamada şöyle işlenmektedir: artırılmış gerçeklik, iş akışlarını modelleyebilmekte, ölçümleri test edilebilmekte ve bütün düzenlemelerini sanal olarak yapılabilmektedir [Merlino and Sproge, 2017].

3.3.13. Sanal Gerçeklik

Sanal gerçeklik, bir kişinin katılabileceği bir yeri veya durumu temsil ediyormuş gibi görünen, bir bilgisayar tarafından üretilen bir dizi görüntü ve ses olarak tanımlanmaktadır [Cambridge University Press, n.d.]. Bu teknoloji birçok uzak kullanıcının sanal bir yeri paylaşmasını sağlayabilecek etkileşimli, katılımcı bir ortam yaratmaktadır. Böyle bir ortamda da tedarik zincirlerinde çeşitli iyileşmeler görülebilmektedir. Bu iyileştirmeler, Deloitte tarafından hazırlanan rapora göre, ürün ve süreç tasarımı, veri ve süreç görselleştirme, çalışan iş birliği ve deneyime dayalı öğrenme olmak üzere dört ana alandadır. Birincil ve ikincil olarak sınıflandırılan iyileştirmelerin birincil olanları; ürün ve süreç tasarım süresini azaltılması, karmaşık kurumsal verileri görselleştirilmesi, operasyonel tehlike riskinin azaltılması, iş birliğinin geliştirilmesi ve çalışan eğitiminin etkinliğini artırılması; ikincil olanları ise gelişmiş görselleştirme ile benzersiz problem çözme perspektiflerinin teşvik edilmesi, giderek artan etkileşimli sanal toplantılar yoluyla şirketin seyahat masraflarının azaltılması, tedarik zincirinin yanıt verme hızını artırmak için daha iyi müşteri verileri toplanması, çalışan bağlılığının iyileştirilmesi ve geliştirilmiş erken aşama tasarımlarıyla ürün kalitesinin iyileştirilmesi olarak sıralanmaktadır [Web 55, n.d.]. Bu teknolojinin tedarik zincirindeki kullanımına örnek olarak şirketlerin işe alım süreçlerinde veya güvenliği artırmak için yapay zekâ kullanması verilebilir. Mesela bu teknolojiyle, işe alım süreçlerinde eğitime tabii tutulan çalışanlar karmaşık süreçleri uygulayabilmekte ve hatalarından öğrenebilmektedir, bu da gerçek hayatta çalışırken doğruluğun ve verimliliğin artmasına yol açmaktadır veya güvenlik alanında kullanılması ile çalışanların güvenlik protokolleri ve uyarı işaretleri konusundaki

farkındalığını artırarak maliyetli güvenlik olaylarının meydana gelme olasılığını azaltmaktadır [Web 51, n.d.].

3.3.14. Drone

Belirli bir boyutu veya türü olmayan drone genellikle optoelektronik kafalar şeklinde gözetim ve izleme için kullanılan aksesuarlarla donatılmış cihazlardır ve en önemli özellikleri, belirli bir alanı veya nesneyi hızlı bir şekilde kayıt altına almak ve izlemek için herhangi bir ilave altyapıya ihtiyaç duymamalarıdır [Kardasz et al., 2016]. Çeşitli özellikleri sıralanmış olan bu teknolojinin, özel şirketler ve hizmet sağlayıcıları tarafından sunulan iki çeşit baskın servis modeli mevcuttur ilki olan üçüncü taraf lojistik hizmet sağlayıcısı modelinde bir drone filosu tarafından uygulanan sipariş yönetimi, envanter depolama ve yönetimi, toplama ve paketleme, sözleşme yönetimi, bilişim teknolojileri çözümleri, insan kaynakları, nakliye ve dağıtım içeren entegre tedarik zinciri hizmetleri gibi hizmetler mevcutken taşıyıcı modelde, malların noktadan noktaya teslimatı ile ilgilenen tedarik zincirinin yalnızca nakliye bileşeni ile ilgili hizmetler sunulmaktadır [UNICEF, n.d.]. Tedarik zincirinin birçok aşamasında hizmet verebilen

Drone teknolojisinin zincir uygulamalarına örnek vermek gerekirse; drone; verimli, hızlı, çevik, temiz ve ekonomik olması sebebiyle nakliye aracı olarak kullanılabilmekte veya lojistik depolarında hızlı stok sayımı ve güncelleme yapabilmektedirler, örneğin; DHL ve Walmart halihazırda farklı müşterilerin depolarında drone kullanarak saatte 600 palet hızında stok sayımı yapmaktadır.

3.3.15. Akıllı Sürücüsüz Taşıma Sistemleri

Sürücüsüz çalışan otonom araçlar hem otomotiv üreticileri hem de bu alanda uzmanlaşmış yüksek teknoloji şirketleri olmak üzere dünyanın her yerindeki şirketlerdeki araştırma merkezleri tarafından büyük ilgi görmektedir. Araç içi bilgisayar teknolojisinin, araç sensörlerinin ve kısa menzilli araçtan araca ve araçtan altyapıya iletişimin gelişmesi ile akıllı otonom aracın geliştirilmesi için benzersiz bir teknolojik fırsat sağlanmıştır [Özgüner et al., 2011]. Bu tarz araçlar, depolar gibi kontrollü ortamlarda otonom faaliyetlerin gerçekleştirilmesine yardımcı olmaktadır ve

aynı zamanda daha fazla bilgi toplama, paylaşma ve entegrasyon yoluyla optimum performans gösteren bir sistem sağlamaktadır [Web 21, 2019]. Örnek olarak; bu tür araçlardan olan sürücüsüz ulaşım sistemleri, ağırlıklı olarak intralojistik ve depolamada kullanılmaktadır ve bu mal teslim almadan sevkiyat için hazırlamaya kadar her aşamada görev alabilmektedir [Ivanov et al., 2019].

3.3.16. Akıllı Forklift, Palet Taşıyıcıları ve Vinçler

Forkliftler, lojistik operasyonlarının sıklıkla kullanılan vazgeçilmez bir parçasıdır. Geleneksel olanların aksine, akıllı ve sensör destekli ekipmanlar olarak tanımlanan modern forkliftler, tanılama, hız kontrol etme, izleme ve çekiş gücü iyileştirme gibi teknolojileri içermektedir [Web 22, 2014]. Bu cihazlar, bir depo kontrol sistemine ve depo yönetim sistemine entegrasyonu sağlandığında, işletmelerin tasarruf etmesine ve iş yerlerinin güvende tutulmasına aşağıda sıralanmış olan yollarla yardımcı olabilmektedir. Bu yollar şu şekildedir:

- Araç bakıma ihtiyaç duyduğunda veya onarım gerektirdiğinde depo yönetim sistemi otomatik olarak uyarılabilmektedirler,
- Depoda çok fazla yaya trafiği olan alanlarda sürüş hızlarının kontrolü için robotik kullanabilmektedirler,
- Kaygan zeminlerde çekişin otomatik bir şekilde iyileştirilmesi için kaymayı önleyici teknoloji kullanılarak çarpışmaları önleyebilmektedirler,
- İşçilerin yaralanabileceği ve ekipman ve envanterin zarar görebileceği çarpışmaların önlenmesi için olası tehlikeleri tespit edebilmektedirler ve
- İnsan operatörlerden daha güvenli bir şekilde kaldırma çatallarının kaldırılması, konumlandırılması ve indirilmesi gibi aktiviteleri kontrol edebilmektedirler [Web 51, 2018].

Akıllı Paletler, size bir paletin konumunu, hareketini ve ortamını denetleme yeteneği vermek için nesnelerin internetini kullanan ve bağlanan sensörlü cihazlar içermektedir ve bu sayede süreçle ilgili gecikmeleri, paletlerdeki yanlış kullanımları ve sıcaklık artışı veya azalışı gibi sıcaklıktaki değişiklikleri gibi temelde planlanan prosedürden sapan her şeyi algılamakta ve bildirmektedir; bu da nakliye sürecinin her

aşamasında görünürlüğünüz olduğu anlamına gelmektedir [Web 23, 2021]. Dolayısıyla, bu cihazlar, lojistik yöneticilerinin diğer verilerin yanı sıra malların yerini ve depolandıkları koşulları (örneğin; nem seviyesi ve sıcaklık) bilmesini sağlamaktadır.

Transpalet olarak da isimlendirilebilen palet taşıyıcılar iç nakliye aracı olarak kullanılmaktadır [Van Nunen et al., 2018]. Güvenlik açısından kritik alanlarda manuel olan yani insan eliyle yapılan operasyonlardan kaçınmak ve palet iş akışlarını yönetmek için tasarlanmış, üretim makinelerinin yakınında ve ürünle ilgili toplama ve ayırma süreçleri üretimi için palet işlemeyi otomatikleştirmek için Endüstri 4.0 entegre edilmiş ortamlarda devreye alınabilen bir palet yönetimi çözümü olan akıllı transpaletler, ham maddelerdeki aşamalandırma kesintilerini ortadan kaldırarak süreçleri otomatikleştirebilmekte ve operasyonel kaza riskini azaltmaktadır [Web 24, 2021].

Palet veya transpalet gibi vinç de tedarik zincirinde kullanılan bir araçtır ve bu araç ağır yükleri kaldırmak ve taşımak için kullanılan yatay kesitli uzun metal bir yapıdır [Cambridge University Press. n.d]. Akıllı vinçler ise, bünyesindeki sensörler sayesinde, normal vinçlere oranla daha fazla güvenlik, verimlilik ve doğrulukla yükleri hareket ettiren ve konumlandıran araçlar olarak tanımlanmakta ve şu şekilde işlemektedir: Vincin üst ucundaki bir yük hücresi, vincin güvenli çalışma özelliklerini aşmadığından emin olmak için kaldırılan nesnenin ağırlığını ölçmekte ve vincin diğer ucundaki yük anahtarı vincin düz olmasını ve devrilmemesini sağlamaktadır. [Web 25, 2012].

Özetlemek gerekirse, Endüstri 4.0'daki temel amaç, dijitalleşmeyi sağlamak ve bunun sayesinde, artan teknoloji kullanımı ile ürün geliştirme, satın alma, üretim, dağıtım ve müşteri hizmetleri gibi firma süreçlerinin tüm değer zinciri boyunca entegrasyonunu ve bütünleşimini artırmaktır [Ardito et al., 2018]. Endüstri 4.0 ile birlikte gelen dijitalleşmedeki gelişmelere rağmen, bu devrimin tedarik zincirine etkisinin anlaşılması henüz erken aşamalarda [Büyüközkan and Göçer, 2018]. Bilim insanları arasında bile, dijital endüstriyel teknolojinin ihtiyacı, uygulaması ve potansiyele doğrudan faydaları konusunda hâlâ bir fikir birliği bulunmamaktadır [Frank et al., 2019]. Yine de literatürde endüstri 4.0 ve bağlı teknolojilerin tedarik zincirine etkilerini gösteren çok sayıda çalışma mevcuttur. Bu konu bir sonraki bölümde incelenmektedir.

3.4. Endüstri 4.0'ın Tedarik Zincirine Kazandırdığı Özellikler

Yeni teknolojileri üretim sürecine uyarlayıp bunları tedarik zincirine yaymak; stratejik planlama, iş hedeflerini şekillendirme, hedeflere ulaşmak için teknoloji geliştirme yeteneğini yönetme, kontrol ve koordine etmeyi içermektedir [Liao, 2005]. Tedarik zinciri aşamalarını yeniden düzenlemek için güncel bilgi ve iletişim teknolojilerini kullanan tedarik zinciri 4.0, ağ bağlantılı teknolojilerin ve dijital araçların hem daha güçlü iş sonuçları hem de daha fazla tedarik zinciri esnekliği sağlamak için lojistiği hızlandıran, geliştiren ve optimize eden endüstri 4.0'ın bir tamamlayıcısıdır [Web 26, 2021]. Endüstri 4.0'ın ve teknolojilerinin tedarik zincirleri üzerindeki etkisine ilişkin kanıt elde etmek için az sayıda çalışma yapılmasına karşın tedarik zincirlerinde Endüstri 4.0'ın yalnızca teknoloji benimsemekten çok daha fazlası anlamına geldiği konusunda kesin bir fikir birliği mevcuttur [Frederico, 2021]. Endüstri 4.0 teknolojilerinin tedarik zincirinde kullanılmasının ne anlama geldiğini daha iyi analiz edebilmek üzere bu bölüm endüstri 4.0'ın tedarik zincirine hangi özellikleri kazandırdığı literatür taraması yoluyla tanımlanmakta ve incelenen çalışmalar açıklanmaktadır.

Pfohl ve diğerleri (2015) tarafından yayımlanan “The Impact of Industry 4.0 on the Supply Chain” adlı bildiride süreçlerin dijitalleşmesi ve mantıklı verilerin katlanarak büyümesi dolayısıyla tedarik zincirinin endüstri 4.0'dan etkilendiğinden bahsedilmiş ve bu etkileri değerlendirmek amacıyla 15 teknoloji için teorik bir çerçeve önerilmiştir. Yaptıkları analizler sonucunda endüstri 4.0 teknolojilerinin tedarik zincirine etkisine dair bazı karakter özelliklerine ulaşmışlardır. Bu özellikler; dijitalleşme, otonom hale getirme, şeffaflık, mobilite, modülerlik, iş birliği, sosyalleşme, esneklik, entegrasyon, ademerkeziyetçilik ve gerçek zamanlılıktır. Bildirinin devamında ise endüstri 4.0 ile ilgili olan teknolojilerin birbiriyle olan alakaları tartışılmış ve teknolojilerin her birinin yukarıda bahsedilen 15 karakter özelliğinden hangisiyle ilintili olduğunu bir kavram haritası üzerinde özetlemiştir. Özellikler ve onları destekleyen teknolojilerin bazıları şu şekildedir: Bulut teknolojisi, büyük veri ve iş zekâsı; dijitalleşme, otonom hale getirme ve şeffaflığı desteklemektedir. RFID, IoT, AIDC, kullandıkça ödeme, akıllı fabrika ve lojistik , dijitalleşme, otonom hale getirme, modülerleştirme ve iş birliğini desteklemektedir. Siber-fiziksel sistemler, gömülü sistemler, makineden makineye iletişim, robot

teknolojisi ve elektroniğin minyatürleşmesi dijitalleşme, otonom hale getirme ve mobilitiyi desteklemektedir. Son olarak; mobil servisler, uygulamalar ve IPv6 gibi protokoller de dijitalleşme, mobilite, iş birliği ve sosyalleşme karakter özelliklerini desteklemektedir [Pfohl et al., 2015]

Müller ve Coight (2018), tarafından Alman kuruluşlarının lojistik zincirini keşfetmek amacıyla yapılan “The Impact of Industry 4.0 on Supply Chains in Engineer-to-Order Industries - An Exploratory Case Study” isimli vaka çalışmasında endüstri 4.0’ın mühendisten siparişe yaklaşımını benimseyen endüstrilerde tedarik zinciri yönetimini nasıl etkilediğini anlamak için bu pazarda yer alan Alman şirketleri ile görüşülmüş ve endüstri 4.0’ın tedarik zinciri üzerinde beklenen potansiyel etkilerinin ve yanı sıra zorluklarının neler olduğu açıklanmıştır. Potansiyeller; esneklik, hız, azalan belgelendirme çalışmaları, verilerin kullanılabilirliği, maliyet tasarrufu, izlenebilirlik, yanlış teslim oranında azalma, azaltılmış iş gücü maliyetleri ve depolama süreleri ile yük dengeleme olarak belirlenmiştir [Müller and Coight, 2018].

Ghadge ve diğerleri (2020), “The Impact of Industry 4.0 Implementation on Supply Chains” adlı araştırmalarında endüstri 4.0 uygulamasının tedarik zinciri üzerindeki etkisini analiz etmeyi ve endüstri 4.0’ın olası engelleyici ve destekleyici etmenlerini göz önüne alarak bir uygulama çerçevesi geliştirmeyi amaçlamışlardır. Yaptıkları çalışma sonucunda oluşturdukları modelde, endüstri 4.0’ın tedarik zincirine dahil edilmesinin envanter, maliyet ve müşteri servisi açısından performansta önemli bir gelişme sağladığını göstermişlerdir. Bunun da endüstri 4.0’ın tedarik zincirinde uygulanmasının görünürlük ve çevikliği artırdığını bu iki faktörün de tedarik zincirinin daha esnek, çevik, dirençli ve sürdürülebilir olmasında rol oynadığının bir kanıt olduğunu bildirmişlerdir. Bunların yanı sıra, kullanılan RFID ve bulut teknolojisi gibi teknolojiler sayesinde tedarik zinciri boyunca şeffaflığın, takip edilebilirliğin ve gerçek zamanlı veri ulaşımının arttığı ve ayrıca endüstri 4.0’ın tedarik zincirine uygulanmasının iş birliği ve süreçlerin entegrasyonu gibi özellikleri de beraberinde getirdiği belirtilmiştir.

Gerçekleştirilen bir başka çalışmada ise dijital tedarik zincirlerinin genel yapısı, endüstri 4.0 ile arasındaki bağlantı, tedarik zincirinin gelenekselden dijitale dönüşümü ve dijital tedarik zincirinin özellikleri, temel karakteristikleri ve faydaları üzerine bir literatür taraması yapılarak dijital tedarik zincirinin genel yapısının açıklanması amaçlanmıştır. “Endüstri 4.0’ın Etkisiyle Lojistik 4.0” adlı çalışmada, Şekkeli ve

Bakan (2018), dijital tedarik zincirinin endüstri 4.0 ile aynı teknik bileşenlere sahip olduğunu söylemiştir ve bu bileşenleri sıralamıştır: Siber fiziksel sistemler, artırılmış gerçeklik, büyük veri, bulut bilişim, robotik, sensör teknolojisi, nesnelerin interneti, insansız hava aracı, 3D baskı, RFID ve yapay zekâ. Bu çalışmada, dijital tedarik zincirinin bu tür teknolojilerle entegrasyonu neticesinde bağlantı, özelleştirme ve iş birliği öz niteliklerini kazanmakta olduğu vurgulanmıştır. Nesnelerin interneti, siber fiziksel sistemler, bulut bilişim ve büyük veri gibi teknolojiler sayesinde bağlantı; siber fiziksel sistemler, bulut bilişim yapay zekâ ve robotik gibi teknolojiler sayesinde iş birliği ve 3D baskı gibi teknolojiler sayesinde de özelleştirme sağlanırken RFID ve nesnelerin interneti sayesinde görünürlük ve gerçek zamanlı bilgiye ulaşım kolaylaşmakta ve bulut bilişim ise tedarik zincirine esneklik ve bağımsızlık katmaktadır. Bütün bunlar sayesinde hızlı, kişiselleştirilebilir, ölçeklenebilir ve bağlı yani sorunsuz iş birliği sağlayan bir tedarik zinciri oluşmaktadır [Yıldız, 2018].

2020 yılında Garay-Rondero ve diğerleri, hazırladıkları “Digital supply chain model in Industry 4.0” isimli çalışmada Endüstri 4.0’ın uygulanması ve hızlandırılması yoluyla yeni dijital tedarik zincirini şekillendiren temel bileşenleri tanımlayan kavramsal bir model sunmayı amaçlamışlardır. Yaptıkları literatür taraması neticesinde oluşturdukları tabloda tedarik zinciri bileşenleriyle alakalı olan endüstri 4.0 teknoloji, trend ve konseptleri sentezlenmiştir. Tabloda belirtilen teknolojiler şu şekildedir: 3D baskı ve katmanlı üretim, sanal ve artırılmış gerçeklik, otomasyon, büyük veri ve analitiği, blok zinciri, bulut bilişim, makine öğrenmesi, yapay zekâ, siber-fiziksel ve gömülü sistemler, siber güvenlik, dijitalleşme, elektronik ticaret, nesnelerin ve hizmetlerin interneti, RFID ve sensörler. Çalışmanın ilerleyen kısmında ise bu teknolojilerin uygulanması yoluyla tedarik zincirlerini yeni dijitalleştirilmiş haline dönüştüren endüstri 4.0’ın gelişen teknoloji olarak ve özellikleri belirlenmiş ve sürekli olarak birbirine bağlı altı boyuttan oluşan bir model önerilmiştir. Modelin birinci boyutunda bulut bilişim, robotik teknolojisi ve yapay zekâ gibi teknolojilerin sayesinde dijital tedarik zincirinin daha esnek ve çevik olduğuna, ikinci boyutunda ise tedarik zincirinin endüstri 4.0 teknolojileri sayesinde daha etkileşimli ve bağlı olduğuna değinilmiştir. Üçüncü boyuta gelindiğinde sanal mağaza veya sosyal medya gibi alanlar sayesinde sanallaştırmanın arttığını ve bunun da gerçek zamanlı veriler sayesinde desteklendiği; kişiselleştirme, bağlılık ve esneklik gibi özelliklerin yine tedarik zincirinin dijitalleşmesiyle kolaylaştığını belirtilmiştir. Dördüncü boyutta dijital entegrasyon, şeffaflık ve takip edilebilirliğe tüm tedarik

zinciri boyunca olanak sağladığından ve beşinci boyutta sanal tedarik zincirinin şeffaflık, iletişim, iş birliği, cevap verme yeteneği ve doğruluğu amaçladığından bahsedilmiştir. Son olarak altıncı boyutta ise iş birlikçi ve çevik yaklaşımı açıklanmıştır [Garay-Rondero et al., 2020].

PWC tarafından 2016 yılında hazırlanmış bir rapora göre gittikçe daha da dijitalleşen süreçlerin, geleneksel tedarik zincirinin bağlı, akıllı ve başarılı bir zincir ekosistemine geçişinin önemli bir parçası olduğu ve dijitalleşmenin; pazarlama, üretim ve dağıtım gibi alanlardaki boşluğu dolduracağı ve tedarik zincirinin tamamen şeffaf ve entegre bir ekosistem ile yapılandırılmış bir hale dönüşeceği iddia edilmiştir. Bu çalışmada; şeffaflık, iletişim, iş birliği, esneklik ve cevap verme yeteneği gibi özelliklerin dijital tedarik zincirinin geleneksel olandan farklı kıldığını ve bu farklılığın tetikleyicilerinin; bulut platformları, akıllı sensörler, mobil takip çözümleri, siber-fiziksel sistemler, akıllı algoritmalar, nesnelerin interneti ve ilişkili servisler olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, RFID ve sensör gibi teknolojilerin takip ve izlemeyi kolaylaştırdığını bunun da izlenebilirliğini artırdığını, büyük veri analitiği gibi teknolojiler sayesinde dijitalleşen tedarik ve satın almanın ise otomasyonu artırdığı belirtilmiştir [PWC, 2016].

Dördüncü sanayi devrimi ve tedarik zinciri ilişkisi ile ilgili hazırlanmış bir başka araştırmada, endüstri 4.0'ın yeni çağında tedarik zinciri yönetiminin, tedarik zinciri yönetimi 4.0 olarak adlandırılmış ve bu konseptin büyük ölçüde otomatikleştirilmiş ve dijital teknolojilerle iç içe geçmiş olduğu ifade edilmiştir [Hofmann et al., 2019]. Aynı çalışmada tedarik zinciri 4.0'ın özellikleri ve bunları sağlayan endüstri 4.0 bileşenleri şu şekilde sıralanmıştır: Hizmetlerin interneti ve siber fiziksel sistemler sayesinde servis yönelimli, yine siber fiziksel sistem ve çoklu ajan sistemi sayesinde ademerkeziyetçi, birlikte çalışabilir ve esnek; büyük veri sayesinde gerçek zamanlı, entegre ve blok zinciri sayesinde güvenli [Hofmann et al., 2019].

Aynı husustaki başka bir çalışmada endüstri 4.0'da tedarik zincirlerini etkileyen teknoloji ve kavramların değerlendirilmesi için teorik bir çerçeve kullanılarak imalat şirketlerinin Endüstri 4.0'ın sunduğu dönüşüm ve dijital dönüşüm fırsatları için kendilerini nasıl konumlandırabilecekleri anlatılmıştır. Çalışmada Endüstri 4.0, bir değer zincirinde ortaya çıkan ve uygulanan tüm teknolojilerin toplamı olarak tanımlanmış ve tedarik zincirine katkısı yedi özellik sıralanarak açıklanmıştır. İlk olarak endüstri 4.0'ın tedarik zincirinin tüm ana unsurlarından hızlandırılmış bir dijitalleşme sürecinden geçtiğinden, ikinci sırada ise endüstri 4.0'ın makine ve

algoritmaların iletişim kurmasına ve karar vermesini otonom bir şekilde gerçekleştirmesine izin verdiği bildirilmiştir. Diğer iki maddede endüstri 4.0'ın modülerliği ve artan şeffaflığı desteklediğinden bahsederken, bir başkasında makineden makineye ve insandan insana iletişimin sosyalleşme özelliği getirdiğine ve iş birliği sağladığına dikkat çekilmiştir. Son olarak, cihaz mobilitesinin müşterilerin işletmelerle iletişim kurma şeklini ve makinelerin birbirleriyle iletişim kurma ve etkileşim kurma şeklini değiştirdiği eklenmiştir [Muthusami and Srinivsan, 2018].

Aktaş ve diğerleri (2020) araştırmalarında; birlikte çalışabilirlik, sanallaştırma, ademimerkeziyetçilik, gerçek zamanlı kapasite, hizmet yönelimi ve modülerlik olarak sıralanan endüstri 4.0'ın tasarım prensipleri kullanılarak oluşturulan talep/tedarik ağının kullanılmasıyla bir tedarik zincirinin sürekli değişen iş dünyasına cevap verme yeteneğine sahip olmasının makul olduğunu ve bu yeteneğin rekabet avantajı sağlayabileceği ifade etmişlerdir. Bu fikirlerin birleşmesi neticesinde oluşan terimin ise tedarik zinciri 4.0 olarak adlandırılabilceğini belirtmişlerdir. Aynı araştırmanın devamında, bu kavramın bazı zincir özelliklerini etkilediğine değinmişlerdir. Bahsettikleri özelliklerden ilki olan çevikliğin, iş birliğinin varlığı neticesinde olduğu ve arkasındaki gücün şeffaflık ile hız olduğuna, ayrıca tedarik zinciri 4.0'ın değişen iş ve çevre koşullarına ayak uydurmak için gereken çeviklik ve yanı sıra esneklik özelliklerini barındırdığına ve gerçek zamanlı erişimi kolaylaştırmaya yardımcı olabildiğine işaret etmişlerdir [Aktaş et al., 2021].

Dallasega ve arkadaşları (2018) ise, endüstri 4.0'ın sadece üretim değil yapı endüstrisini ve onun tedarik zincirini de etkilediğini vurgulamışlardır. Tedarik ve şantiye arası senkronizasyonun analiz edilmesi için yakınlık kavramı kullanılmış ve yakınlığı artıran veya azaltan endüstri 4.0 teknolojilerini açıklamak için bir çerçeve sunulmuştur. Çalışmada sıralanan teknolojiler; RFID, siber- fiziksel sistemler, nesnelerin ve hizmetlerin interneti, bulut bilişim, büyük veri, akıllı fabrika, robotik, 3D baskı, sanal ve artırılmış gerçeklik, insan-bilgisayar etkileşimi şeklinde sıralanmıştır. Ayrıca çalışmada; takip ve izleme, dijital veri ve erişim, aslına uygunluk, otomasyon, modülerlik, iş birliği, gerçek zamanlı, entegre, şeffaf, entegre, birlikte çalışabilirlik gibi endüstri 4.0'ın tedarik zincirine eklediği belirli özellikler listelenmiştir [Dallasega et al., 2018].

Bu bölümde incelenen 10 çalışmada, endüstri 4.0'ın tedarik zincirine hangi özellikleri kazandırdığı açıklanmaktadır. Değinilen çalışmalarda en çok atıfta bulunulan beş özellik olan esneklik, iş birliği, gerçek zamanlılık, şeffaflık ve

izlenebilirlik bu araştırmanın amacına hizmet etmesi için seçilmiştir. Sıralanan beş özellikten biri olan izlenebilirlik, incelenen raporlarda şeffaflığın bir parçası olarak kabul edildiğinden bu çalışmada da şeffaflığın bir parçası olarak kabul edilmiştir. Bu belirlenen 5 özellik önümüzdeki bölümde tanımlanacak ve tedarik zinciriyle ilişkisi analiz edilecektir.

3.4.1. Gerçek Zamanlılık

Gerçek zamanlılık, olaylar gerçekte gerçekleşirken aynı anda iletilmesi, gösterilmesi, sunulması vb. anlamına gelmektedir [Cambridge University Press, n.d]. Hızla gelişen bilgi ve iletişim teknolojileri sayesinde firmalar, tedarik zinciri operasyonlarını doğru bir şekilde yönetebilmek için envanter, malzeme ve ürünlerin taşıma sırasındaki hareketleri hakkında doğru ve gerçek zamanlı bilgiler elde edebilmektedir; bu da veri erişiminin, analizinin, kararlar alımının ve müşteri talepleri ile gerekli diğer işlemlerin tahmininin gerçek zamanlı gerçekleştirilebilmesine olanak sağlamaktadır [Song et al., 2019]. Bu ifadeden görülebildiği üzere gerçek zamanlılık kavramı birçok konseptle ilişkilendirilebilmektedir. Yapılan literatür taraması sonucu görülmüştür ki tedarik zincirinde gerçek zamanlılık da gerçek zamanlılık kavramının kendisi gibi çeşitli konseptlerle ilişkilendirilerek tanımlanmaktadır ve kesin anlamı değişebilmektedir. Gerçek zamanlılık ile alakalı konseptlerden bazıları mevcut literatürde şu şekilde sıralanmaktadır: Gerçek zamanlı veri, gerçek zamanlı analitik, gerçek zamanlı görünürlük, gerçek zamanlı görselleştirme, gerçek zamanlı karar verme.

3.4.1.1. Gerçek Zamanlı Veri

Bulut tabanlı bilgi işlem sistemleri, mobil teknoloji ve kurumsal mimarilerin ortaya çıkışı herhangi bir yerden, herhangi bir zamanda erişilebilir gerçek zamanlı veriler yaratmıştır [Handfield and Linton, 2017]. Bu tarz veriler sürekli olarak toplanan, işlenen ve analiz edilen ve oluşturulduktan hemen sonra kullanıma sunulan bilgiler olarak tanımlanmaktadır ve 15 saniyede veya daha kısa sürede iletilerek yöneticilerin, dahili kullanıcıların ve müşterilerin şu anda neye ihtiyaç duyacağını

anlamalarına ve tahmin etmelerine olanak sağlamaktadır [Handfield and Linton, 2017].

Gerçek zamanlı veriler tedarik zincirinde, rota planlama, karlılık analizi, teslimat analitiği, sipariş tahmini ve müşteri davranışlarını anlama, siparişin durumuna dayalı risk analizi ve çevrim içi müşteri geri bildirimi için kullanılabilir [Helo and Shamsuzzoha, 2020].

3.4.1.2. Gerçek Zamanlı Analitik

Hızla değişen tüketici davranışlarını ve giderek artan rekabet gücünü içeren küresel bir pazarda ayakta kalabilmek ve ürün yaşam döngülerini kısaltmak için şirketlerin bilgileri doğru ve zamanında analiz etmesi gerekmektedir [Gangadharan ve Swamy, 2004]. [Sahay and Ranjan, 2008]. Gerçek zamanlı analitik, iş dünyasında barınabilme ihtiyacının bir sonucu olarak iş ve sosyal uygulamalarda giderek daha fazla önem kazanmaktadır [Milosevic et al., 2016]. Bu konsept verilerin veri tabanına girer girmez hazırlanması ve ölçülmesi sürecini ifade etmektedir, yani bu sistemde kullanıcılar, veri sistemlerine girdikten hemen sonra (veya çok hızlı bir şekilde) içgörüler elde etmekte veya sonuçlar çıkarabilmektedir. [Web 28, n.d.]. Bu sayede işletmelere gelişim ve optimum üretkenliğe ulaşma şansı sağlamaktadır ve ayrıca firmalar riskleri en aza indirebilmekte, maliyetleri azaltabilmekte ve çalışanlar, müşteriler ve işletmenin genel finansal sağlığı hakkında daha fazla bilgi edinebilmektedir [Web 29, 2020].

3.4.1.3. Gerçek Zamanlı Görünürlük

Tedarik zinciri görünürlüğünün tanımı, hem bilgi teknolojisini yani kuruluş içinde ve tedarik zinciri boyunca farklı tedarik zinciri sistemlerini entegre etme yeteneğini hem de değiş tokuş edilen bilgilerin planlanmasını ve izlenmesini vurgulayan bilgi yönetimini içermektedir [Caridi et al., 2009]. Gerçek zamanlı tedarik zinciri görünürlüğü ise verilen tanıma ek olarak, tedarik zinciri içindeki gerçek zamanlı bilgi akışlarının entegrasyonu, şirketlerin çevrim içi kararlar almalarını, politikalar çizmelerini ve tedarik zinciri boyunca belirsizliği yönetmelerini sağlamak için müşteriye sunulan ürün, çözüm ve hizmetleri sürekli olarak iyileştirilmesi anlamına

gelmektedir [Tarantilis, 2008]. Bu özellik, bireylerin tedarik zincirindeki olayları (malzeme akışları, aksama, gelen sevkiyatlar, müşteri stokları, envanter seviyeleri vb.) anında gözlemlemesine olanak tanımakta ve yöneticilere bilgileri yorumlama ile olaylara ve sinyallere yanıt olarak hızla karar verme yetkisi vermektedir [Oliveira and Handfield, 2019]. Ayrıca partnerler arasında malzeme, bilgi, para gibi unsurların akışının izlenebilirliği ve şeffaflığı bu özellik sayesinde gerçek zamanlı olarak sağlanabilmekte, her türlü işlem ve raporlama açısından taraflar arasında hesap verilebilirlik mümkün olmaktadır [Akyüz, 2021].

3.4.1.4. Gerçek Zamanlı Görselleştirme

Gerçek zamanlı görselleştirme, tam ölçekli dijitalleştirme maliyetinin çok altında karmaşık süreç değişkenlerinin grafiksel ifadesini sağlamaktadır [Allen et al., 2021]. Kısaca verileri/süreci gerçek zamanlı olarak görebilme anlamına gelen bu konsept karmaşıklığı azaltmalarına yardımcı olmak için firmaların sistemlerini görselleştirmesine izin vermektedir. Veriler gerçek zamanlı olarak şu sırayla görselleştirilmektedir: [i] Akış verileri yakalanır, [ii] Veri akışı işlenir, [iii] İşlenen veriler görselleştirme bileşeni tarafından okunur ve [iv] Görselleştirme bileşeni, gerçek zamanlı gösterge tablosunu günceller [Web 56, n.d.].

3.4.1.5. Gerçek Zamanlı Karar Verme

Gerçek zamanlı karar verme, iş operasyonlarını ve etkileşimlerini yönlendirmek ve raporlamak için mümkün olan en iyi veri setini ve karar verme modelini kullanarak mümkün olan en kısa zaman çerçevesinde karar desteği sağlama yeteneği şeklinde tanımlanmaktadır [Web 30, 2020]. Karar vermenin gerçekleştirilmesi; kuruluşların amacını anlaması, eyleme dönüştürülebilir iç görüler elde etme süresini optimize etmesi ve daha iyi kararları daha hızlı almak için gerçek zamanlı verileri ve analitiği kullanması ile alakalıdır yani bu özellik tesadüfen gerçekleşmemektedir ve akıllı teknolojilerin ve çok daha fazlasının gerçek zamanlı verileri ve analitiği kurumsal değere öncelik verecek şekilde kullanması ile ilgilidir. Boyson ve Corsi (2002) çalışmalarında endüstrileri ve şirketleri ayıran büyük farkın, gerçek zamanlı tedarik zincirlerine geçiş yapanlar ile yapmayanlar arasında olduğunu ve geçiş yapanların

büyük rekabetçi ödüller kazandığını ve tedarik zinciri boyunca iş süreçlerine yeni bir pencere kazandırmış olduğunu ifade etmektedir. Endüstri 4.0 teknolojilerinin tedarik zincirine kazandırdığı özelliklerden biri olan ve önemi vurgulanan esneklik özelliği bu çalışmanın amacına hizmet etmesi için seçilen özelliklerden biridir. Bununla ilgili daha detaylı bilgi araştırmanın metodolojisi kısmında verilmektedir.

3.4.2. Tedarik Zinciri Esnekliği

Müşterilerin artan farklı çeşit ve tasarımlardaki ürünlere olan isteğindeki artış dolayısıyla ürün tasarımlarının müşterinin ihtiyaçlarına göre ayarlanması firmaların ürün talep seviyesini tahmin edebilmelerini zorlaştırmaktadır [Pujawan, 2004]. Müşteri taleplerindeki değişikliklerin sıklığı ve bu taleplerin öngörülemez oluşu, ürün yaşam döngü süresinin kısalığı ve küresel lojistik sorunları gibi durumlar neticesinde birçok firma, değişken ve belirsiz bir ortamla karşı karşıya kalmaktadır [Tachizawa and Tomsen, 2007]. Koşulların böyle olduğu dinamik bir iş ortamında firmaların bu değişikliklere yani değişen müşteri gereksinim ve talepleri ile rakiplerin değişen hareketlerine cevap verebilme yeteneği olarak tanımlanan esneklik dolayısıyla firmalar çeşitli rekabet avantajları elde edebilmektedir [Gupta et al., 2019]. Günümüzde ise gelişen teknolojilerin yaygınlığıyla rekabet şirketler arası geleneksel halinden çıkarak tedarik zincirleri arasına genişlemektedir. Bu genişleme neticesinde de tedarik zinciri esnekliği kritik bir konu haline gelecektir [Lummus et al., 2003].

Bir firmanın tedarik zinciri fonksiyonlarındaki yeteneklerin bir temsili olan esneklik özelliğinin yeteneklerine, farklı açılardan vurgu yapılan tanımlamalar literatürde mevcuttur. Bu tanımlamalardan birinde esnekliğin, tedarik zincirinin tarafları arasındaki uyumsuzlukların ve çatışmaların üstesinden gelmesine yardımcı olan ve bir organizasyonun tedarik zinciri kapasitesinin, süreç ve operasyonlarının verimli şekilde yönetilmesine olanak tanıyan bir yetenek olduğu vurgulanmaktadır [Lummus et al., 2003]. Bir başka tanımda ise bu özellik bir organizasyonun, çevresinde sıklıkla meydana gelen müşteri ihtiyaçlarındaki, pazar talebindeki veya hükümetlerin iş politikalarındaki değişime yanıt verme yeteneği şeklinde tanımlanmaktadır [Singh and Acharya, 2013].

Tedarik zincirinde esneklik, üreticiler, distribütörler, perakendeciler gibi firma içi ve firmalar arası çeşitli bileşenleri kapsamaktadır ve bu bileşenler arası ilişkilerin

bir sonucudur [Stevenson and Spring, 2007], [Lummus et al., 2003]. Esneklik bileşenleri literatürde şu şekilde sıralanmaktadır: Pazar, lojistik, tedarik, örgütsel, işletim sistemi ve bilgi sistemleri esnekliği. Bu bileşenlerden biri olan pazar esnekliği, tedarik zincirlerinin değişen piyasa koşulları ile müşteri ihtiyaç ve isteklerine yanıt verebilirliğidir [Lummus et al., 2003]. Bir diğer bileşen olan lojistik esnekliği, firmanın hizmet ihtiyaçlarına hızlı ve verimli bir şekilde yanıt verme kabiliyetidir ve bunu bileşenlerin, malların ve ilgili bilgilerin çıkış noktasından tüketim noktasına kadar akışını ve depolanmasını planlayarak ve kontrol ederek gerçekleştirmektedir [Zhang et al., 2005]. Tedarik esnekliği tipik olarak tedarik zinciri esnekliğinin bir boyutu olarak kabul edilir, ancak tedarik esnekliği üzerine çalışmalar nadirdir. Örgütsel esneklik, bir organizasyonun, kendisinin ve çevresinin kontrol edilebilirliğini geliştirmek için çeşitli fiili ve potansiyel prosedürlere sahip olma derecesidir [Palanisamy, 2005]. Bir başka ifadeyle, bir organizasyonun çevredeki değişikliklere yanıt olarak iç yapılarını ve süreçlerini ayarlama kapasitesidir [Reed and Blunsdon, 1998]. Bir başka esneklik bileşeni olan bilgi sistemi esnekliği, bilgi sistemi mimarilerini ve sistemlerini kuruluşun değişen bilgi ihtiyaçları ile uyumlu hale getirme yeteneğidir [Ramaraj, 2010]. Son bileşen olan işletim sistemi esnekliği ise çeşitli pazar taleplerini karşılamak üzere bir dizi ürün ve hizmeti etkin bir şekilde üretmek için mevcut kaynaklardan yararlanma yeteneğidir ve kurulum süresinin azaltılması, önleyici bakım, hücresel üretim yerleşimleri ve/veya kalite iyileştirme çabaları yoluyla firmaların gerekli ürünleri zamanında üretmesini sağlar [Asad et al., 2016].

Bir önceki paragrafta açıklaması yapılmış olan bileşenlerin bir araya gelmesi sonucu tedarik zincirinde esneklik özelliği ortaya çıkmaktadır. Çok sayıda bileşenden oluşan bu özellik, aynı zamanda farklı boyutları da bünyesinde barındırmaktadır. Bu boyutlar çalışmanın bir sonraki bölümünde açıklanmaktadır.

3.4.2.1. Tedarik Zinciri Esnekliğinin Boyutları

Tedarik zinciri esnekliği karmaşık ve çok boyutlu bir yapıdır [Tachizawa and Thomsen, 2007]. Böyle bir yapıya sahip olması nedeniyle bu özelliğin analiz edilebilmesi yani, sistem üzerindeki etkilerinin değerlendirilebilmesi için esneklik boyutlarının ve aralarındaki ilişkinin dikkate alınması gerekmektedir. Çeşitli çalışmalarda incelenmiş olan bu boyutlar, çalışmadan çalışmaya sayıca değişiklik

göstermektedir. Bu çalışmalardan birinde bu boyutlar; makine, iş gücü, malzeme taşıma, yönlendirme, operasyon, genişleme, hacim, karıştırma, yeni ürün esnekliği ve değişiklik esnekliği şeklinde sıralanmıştır [Koste, 1999]. Başka bir çalışmada ise ürün, hacim, dağıtım, teslimat, nakliye, erteleme, kaynak, hedef pazarlara yanıt verme, başlatma ve erişim esnekliği; tedarik zinciri esnekliğinin boyutları olarak belirlenmiştir [Angel and Manuela, 2005]. Esneklik boyutlarına değinilen bir diğer çalışmada önceki çalışmalardan farklı olarak boyut sayısı azaltılmıştır. Bu boyutlar değinilen çalışmada ürün, hacim, yeni ürün, dağıtım ve duyarlılık esnekliği şeklinde belirtilmektedir [Lummus et al., 2003].

Tedarik zinciri esnekliği boyutlarının bu çalışmanın da odak noktalarından biri olan müşteri açısından sınıflandırıldığı ve bütünleştirici ve müşteri odaklı olarak nitelendirildiği bir çalışmada boyutlar; hacim, ürün, dağıtım, erişim ve yeni ürün giriş esnekliği şeklinde açıklanmıştır [Vickery et al., 2006]. Bir önceki cümlede belirtildiği gibi bu çalışmanın odağının müşteri olması dolayısıyla esneklik boyutlarının Vickery'nin (2006) çalışmasında belirlediği müşteri odaklı olan kadarı özetlenmektedir.

Ürün esnekliği, aynı kapasitede birden fazla ürün üretiminin gerçekleştirilebilmesi ve müşteri talebine yanıt olarak ürünler arasında kapasitenin yeniden tahsis edilebilmesidir [Goyal and Netessine, 2011]. Müşteri tarafından hemen görülebilen ve ürüne değer katan bir özellik olan ürün esnekliği ayrıca, sistemin müşterilerin çok boyutlu ihtiyaçlarına ve bir üründe gelecekteki herhangi bir değişikliğe yanıt verme veya uyarlanabilirlik derecesi olarak da tanımlanmaktadır [Vickery et al., 2006], [Qureshi et al., 2006]. Hacim esnekliği, ürün stoklarının tükenmesini veya yüksek seviyede stok tutulmasını önleyerek tedarik zincirinin performansını doğrudan etkilemektedir [Angel and Manuela, 2005]. Hacim esnekliği boyutunun ne olduğunu açıklayan çok sayıda benzer tanım literatürde mevcuttur. Bu tanımlardan birinde bu boyut, verimlilik ve kalite üzerinde herhangi bir olumsuz etki olmaksızın üretim hacimlerini değiştirebilme yeteneği şeklinde ifade edilmektedir [Suarez et al., 1996]. Diğer bir tanımda ise benzer anlam çıkacak şekilde bir sistemin piyasa talebindeki nicel değişikliklere uyum sağlama yeteneği olarak ifade edilmektedir [Esturilho and Estorilio, 2010]. Bu boyutun temel stratejik amacı belirtilen tanımlardan da çıkarılabileceği üzere toplam talep belirsizliği ile başa çıkmaya yardımcı olmaktır. Bunu, firmaların üretimini geniş sınırlar içinde yukarı ve aşağı doğru ayarlamasına izin vererek gerçekleştirmektedir [Jack and Raturi, 2002].

Dağıtım esnekliği firmanın dağıtıcılarını, yükleme kapasitesini, depolarını ve diğer dağıtım tesislerini etkin ve verimli bir şekilde idare edebilmesidir [Moon et al., 2012]. Bu boyut dağıtım süreçlerini, müşteri gereksinimlerine uyum sağlamak üzere doğrudan veya dolaylı olarak verimli ve etkili bir şekilde değiştirme yeteneğidir [Yu, 2012]. Erişim esnekliği, kısa bir şekilde yaygın ve yoğun dağıtım kapsamı sağlama yeteneği olarak ifade edilmektedir [Vickery et al., 1999]. Bu yetenek, firma içi veya dışı gerçekleştirilen tedarik zinciri faaliyetlerinin yakın koordinasyonu ile kolaylaştırılmaktadır [Angel and Manuela, 2005]. Aynı zamanda, firmanın genel şartlara ve hedef pazarlarının ihtiyaçlarına cevap verme yeteneğine de işaret etmektedir [McDonald, 1993].

Grigore (2007), şirket hedeflerine ulaşmada faydalı olması için, esnekliğe müşteri ihtiyaçlarını karşılama perspektifinden bakılması gerektiğine ve bunun değer zincirinde darboğazları ortadan kaldırılması, yanıt verebilirliği artırılması ve firmaların kalıcı rekabet avantajı oluşturmasını sağlayan bir performans düzeyi yaratılması için gerekli olduğuna işaret etmektedir [Grigore, 2007]. Endüstri 4.0 teknolojilerinin tedarik zincirine kazandırdığı özelliklerden biri olan ve müşteriler ve değer zinciri açısından önemi vurgulanan esneklik özelliği bu çalışmanın amacına hizmet etmesi için seçilen özelliklerden biridir. Bununla ilgili daha detaylı bilgi araştırmanın metodolojisi kısmında verilmektedir.

3.4.3. Tedarik Zincirinde Şeffaflık

Entegre bilgi sistemlerinin ve teknolojilerin artan kullanımıyla; tedarikçilerin düşük performansını, öngörülemeyen müşteri taleplerini ve belirsiz iş ortamını ortadan kaldırmak için tedarikçileri müşterilere bağlayan sorunsuz tedarik zincirleri oluşturmak artık mümkün hale gelmiştir [Bayraktar et al., 2009]. Bunu sağlayabilmek için şeffaflık özelliğine başvurulmaktadır. Çünkü, Tedarik zinciri bağlamında şeffaflık bir şirketin ürünleri ve operasyonları hakkında tedarik zinciri bilgilerinin iletilmesi ve ifşa edilmesi anlamına gelmektedir [Sodhi and Tang, 2019]. Tedarik zincirinde şeffaflık daha geniş kapsamlı olarak ürün, hizmet, finans ve bilgilerin üretime ve satışa yönelik akışına doğrudan bağlantılı olan üç veya daha fazla şirketin iş uygulamalarıyla ilgili bilgilerin görünürlüğü ve erişilebilirliği olarak ifade edilmektedir [Modi ve Zhao, 2020].

Mevcut literatürdeki birçok kavram, farklı şekillerde, tedarik zinciri şeffaflığı ile neredeyse eş anlamlı olarak, şeffaflığı geliştirmek için bir unsur veya tedarik zincirinin bir yönü olarak kullanılmaktadır. Bu kavramlardan bazıları görünürlük, izlenebilirlik, ifşa açıklık, erişilebilirliktir. Görünürlük, hizmet alımından teslimata kadar, tedarik zinciri stratejisinin ve operasyonlarının izlenebilmesi, kontrolü ve değiştirilebilmesi için kuruluş içinde ve dışında ihtiyaç duyanlar tarafından önemli bilgilerin kolayca erişilebilir olduğu anlamına gelmektedir [Alvarenga and Schoenthaler, 2003]. Bu, bireylerin neler olduğunu görmelerine ve bilgileri otomatik olarak yorumlamalarına ve verilere yanıt olarak hızlı kararlar vermelerine olanak tanımaktadır [Handfield, 2016]. İzlenebilirlik, kayıtlı tanımlamalar aracılığıyla, tüm yaşam döngüsü boyunca, incelenmekte olan birim ile ilgili herhangi bir bilgiye veya tüm bilgilere erişme yeteneği olarak tanımlanmaktadır [Olsen, and Borit, 2013]. Firmaların bilgilere erişmesine, dahası onları elde etmesine ve analiz etmesine olanak sağlayan izlenebilirlik, daha zamanında kararlar alınmasına ve müşteri taleplerini ve gerekli diğer işlemlerin tahmin edilmesine olanak sağlamaktadır [Song et al 2019]. İfşa, organizasyonel bilgilerin dahili [örneğin satışa ve üretime yönelik tedarik zinciri ortakları, çalışanlar vb.] ve harici paydaşlarla [örneğin müşteriler, yatırımcılar, hükümetler vb.] paylaşılması sürecidir [Schnackenberg et al., 2021]. Açıklık, tedarik zinciri ortaklarının birleşik çeviklik, kolektif esneklik gösterme, ticari operasyonlarını entegre etme, iki taraflı iletişim ve bilgi paylaşma, iş birliği yapma ve birbirlerinden ortaklaşa öğrenme ve bilgi yaratma derecesidir [Fantazy et al., 2016]. Erişilebilirlik ise kolayca ulaşılabilir veya elde edilebilir olma gerçeği olarak tanımlanmaktadır [Cambridge University Press, n.d].

Farklı şekillerde kavramsallaştırılan tedarik zinciri şeffaflığını sağlayan teknolojiler de çalışmalar arasında farklılık gösterebilmektedir. Bunlardan biri blok zinciri teknolojisidir. Tedarik zinciri şeffaflığının artmasını sağlayan ve dahası, izlenebilirlik uygulamalarına iyi uyum sağlayan protokolün doğası gereği gözetim kaydının değişmez ve dağıtılmış bir yönünü oluşturan bu teknoloji, taraflar arasındaki işlemlerin verimli, doğrulanabilir ve kalıcı kaydını yapabilen açık ve dağıtılmış bir defter olarak ortaya çıkmaktadır [Shishkov, 2018], [Francisco and Swanson, 2018]. Blok zinciri, merkezi olmayan dağıtılmış bir defter olarak kabul edilmektedir, çünkü blok zinciri, ağdaki düğümlerin yeni blokları doğrulamak için çalıştığı bir eşler arası ağdır, bu düğümler, blok zincirinde depolanan bilgilerin ağ genelinde aynı olması için zincirin kopyalarını tutmakta ve bu sayede depolanan bilgiler ağ genelinde aynı

olmaktadır [Alkhader, 2020]. Bu teknoloji, alınan bilgilerin doğru ve güvenli olmasını sağlayarak güvenilirliği artırma potansiyeline sahiptir; çünkü tedarik zincirinde gerçekleşen her işlem bir bloğa eklenmektedir ve eğer bilgi herhangi bir şekilde değiştirilirse, sorunun tedarik zinciri üyeleri için bilgilerin bozuk olduğu ortaya çıkacaktır [Zelbst et al., 2019]. Değer zincirlerinde şeffaflığı sağlamak adına organizasyonlar, blok zinciri teknolojisini kullanarak değer zincirlerini köken, kalite, konum ve diğer ilgili bilgilerle ilgili olarak paydaşlara ifşa edebilmektedir [Gligor et al., 2022]. Bu teknolojinin; üretim, kalite güvencesi, dağıtım ve lojistik konularında daha doğru ve zamanında bilgi paylaşımını kolaylaştıran Endüstri 4.0 ile ilgili bir diğer teknoloji olan nesnelerin İnterneti ile birleşmesi bu süreçler için faydalıdır [Chen et al., 2014], [Yan, 2011], [Atlam and Wills, 2019].

Bu teknoloji, bir kuruluş içinde ve işletme ile tedarik zinciri arasında algılayan, izleyen ve etkileşime giren, dijital olarak bağlı fiziksel nesnelerden oluşan bir ağdır; çeviklik, izleme bilgi sağlama, paylaşma, planlama ve koordinasyon yeteneği sağlamaktadır [Ben-Daya et al., 2019]. Nesnelerin interneti uygulamaları, firma değer zincirinde ürünleri, faaliyetleri ve süreçleri gözlemlemelerine, takip etmelerine ve izlemelerine yardımcı olabilmektedir [Rejeb et al., 2019]. Tedarik zinciri yönetiminde nesnelerin internetini uygulamanın depolama koşullarının, ürünlerin izlenmesi gibi birçok avantajı mevcuttur [Porkodi and Bhuvaneswari, 2014].

Ayrıca, sadece nesnelerin interneti veya blok zincirinin değil diğer endüstri 4.0 temelli iletişim teknolojilerindeki gelişmelerle hem dış hem de iç paydaşlar daha da güçlenmekte, böylece herkesi her zaman açık ve bağlı kılmakta rutin bir beklenti olarak şeffaflık yaratmaktadır. [Bennis et al., 2008], [Tapscott and Ticoll, 2003]. Müşterilerin bakış açısından şeffaflık, bireyin bir etkileşimde diğer tarafça tutulan ilgili bilgileri alma konusundaki öznel algısıdır [Eggert and Helm, 2003]. Ve bunun müşteriye değer sağlaması ve sürekli bilgi arama ve pazarı daha iyi alternatifler için test etme ihtiyacını en aza indirdiği için memnuniyete katkıda bulunması beklenir [Eggert and Helm, 2003]. Endüstri 4.0 teknolojilerinin tedarik zincirine kazandırdığı özelliklerden biri olan ve önemi vurgulanan şeffaflık özelliği bu çalışmanın amacına hizmet etmesi için seçilen özelliklerden biridir. Bu özellik şeffaflık politikalarını ve uygulamalarını açıklayan ve markaları bu alanda kıyaslayan, dünyanın en büyük 200 moda markası ve perakendecisinin bir sıralaması olan ve cinsiyet eşitliği, insana yakışır iş, iklim eylemi ile sorumlu tüketim ve üretimle ilgili yeni “önemli noktalar” dahil olmak üzere beş temel alanla ilgili bilgileri kamuya açıklamayan her sene

yayımlanan moda şeffaflık endeksi raporunun 2019 yılında yayınlanan şeffaflık ölçütleri değerlendirilerek ölçülecektir. Bununla ilgili daha detaylı bilgi araştırmanın metodolojisi kısmında verilmektedir.

3.4.3.1. Tedarik Zincirinde İzlenebilirlik

Şeffaflığın bir boyutu olan izlenebilirlik, şeffaflık ile herhangi bir lojistik ve tedarik zinciri organizasyonu için kritik faktörlerdendir [Shankar et al., 2018]. Bu kavram, tedarik zinciri boyunca yakalanan kapsamlı veri kayıtları sayesinde ürün durumunu, konumunu veya geçmişini izleme yeteneği anlamına gelmektedir [ISO, 2000]. Bu süreçte izleme, üretim zincirinin tamamı veya bir kısmı boyunca gerçekleşebilmektedir [Moe, 1998]. Tedarik zincirinde izlenebilirlik, bir dizi farklı hedefe ulaşmak için bir araç olarak kullanılmaktadır ve buradaki her hedef için tek bir yaklaşım yeterli gelmemektedir [Golan et al., 2004]. Yaklaşımların çeşitliliği dolayısıyla da literatürde izlenebilirlikle ilgili çeşitli sınıflandırmalar mevcuttur. Bu sınıflandırmalar; aktif ve pasif, dahili ve harici veya ileriye ve geriye dönük olarak sıralanabilmektedir. Değerlenen ilk sınıflandırma türü olan aktif ve pasif izlenebilirlikteki pasif tamamen veri görünürlüğü sağlamayı ifade ederken, aktif veri görünürlüğüne ek olarak tedarik zinciri boyunca süreçleri optimize ve kontrol edebilmeyi ifade etmektedir [Schuitemaker and Xu, 2020]. Bu, izleme işlevinin; pasif izlenebilirlikte öğelerin izlenebilirliği ve kayıtlı tanımlama yoluyla geçmiş bir kayıt oluşturma için kullanıldığını ve aktif izlenebilirlikte ise çevrim içi izleme bilgileri almanın yanı sıra tedarik zincirin farklı bağlantıları içinde ve arasındaki süreçleri optimize ve kontrol etme için kullanıldığını göstermektedir [Jansen-Vullers et al., 2003]. İkinci sınıflandırma türü olan dahili ve harici izlenebilirlikte ise dahili olan, bir ürünün tek bir üretim sürecindeki kayıtlarının tutulması, harici olan ise bir ürünün birden fazla izlenebilirlik ortağı arasındaki hareketini ifade etmektedir [Schuitemaker and Xu, 2020]. Harici izlenebilirlikte bu hareket işletmeden işletmeye, işletmeden müşteriye ya da tüm zincir boyunca gerçekleşebilmekteyken [Gandino et al., 2009] dahili izlenebilirlikte, kuruluş içinde dahili işlemeye tabi olan bir veya daha fazla malzeme ve içerik alındığında gerçekleşmektedir [Ene, 2013]. Son izlenebilirlik sınıflandırması olan ileri ve geriye dönük izlenebilirlikte, ileriye dönük, bir tasarımın veya uygulamanın bileşenlerine yönelik bir gereksinimi izleme yeteneği olarak

tanımlanırken geriye dönük, bir gereksinim kaynağına, yani bir kişiye, kuruma, yasaya, argümana vb. kadar izleme yeteneği olarak tanımlanmaktadır [Wieringa, 1995].

Bir önceki paragrafta değinilen izlenebilirlik türlerinin gerçekleşmesi için bir ürünün rotasını izleyen ve satış noktasından ham madde üretimine kadar kalite seviyesini izleyen bir sistem gerekmektedir [Gobbi and Massa, 2015]. Belirli bir ürünün tedarikçiden ara aşamalara geçerek tüketiciye ulaşana kadar izlediği yolu gösteren izleme sistemlerinin asıl amacı tedarik zincirindeki diğer ürünlerin tarihçesini ve yerini doğru bir şekilde kaydetmektir [Pizzuti and Mirabelli, 2015], [Dabbene and Gay, 2011]. Bu sistemlerin etkinliği, tüm ürünler ile lojistik birimlerini izleme ve takip etme yeteneğine bağlıdır [Folinas et al., 2006]. Burada takip etme, tedarik zincirinde geriye doğru takip ederek sürecin kaynağını belirlemek anlamına gelirken izleme, tedarikçilerden tüketicilere kadar tedarik zinciri boyunca sürecin izlediği yolu takip etmek anlamına gelmektedir [Bechini et al., 2008]. İzlenebilirlik sisteminin uygulanması ilgili tüm tarafların, malzemelerin/ürünlerin fiziksel akışının ilgili bilgi akışına sistematik olarak bağlamasını gerektirmektedir [Bechini et al., 2008].

Bağlantının gerçekleşmesinin ardından izlenebilirlik sistemleri firmalara aşağıdaki konularda yardımcı olabilmektedir:

- Dokümantasyon ve kayıt tutma,
- Tüketici güvenliğini korumaya yardımcı olmak için malların izlenmesi,
- Süreç iyileştirmelerini etkinleştirme,
- Daha iyi karar verme,
- Daha hızlı, daha etkili ürün geri çağırma yoluyla marka memnuniyetini artırmaya yardımcı olma ve
- Tüketicilerin derhal bilgilendirilebilmesi için sorunlu ürünleri daha erken saptama ve takip etme.

Bu konular bölümün devamında açıklanmaktadır.

Dokümantasyon ve Kayıt Tutma:

Dokümantasyon, bir şeyin ispatını veya kanıtını sağlayan veya bir şeyin kaydı olan belgelerden oluşmaktadır; kayıt tutma ise bir şirketin veya kuruluşun faaliyetleri

ile ilgili tüm belge, dosya, fatura vb. düzenleme ve saklama faaliyetidir [Collins Dictionary, n.d.]. İzlenebilirliğin başarılı bir şekilde uygulanması için verimli, doğru ve işletmeye uygun bir şekilde kayıt tutulması ve bunların kolayca erişilmesi için düzenlenip saklanması gerekmektedir. Dokümantasyon ve kayıt tutma ile alakalı bir izlenebilirlik uygulaması olan doğrudan parça markalama ile her ürünün geçmişinin, bileşenlerinin, kalitesinin ve güvenliğinin belgelenmiş bir izi sağlanmaktadır ve bu ürünlerin belirli standartları karşıladığını veya endüstri düzenlemelerine uygun olduğunu kanıtlamaktadır [Web 31, 2020].

Tüketici Güvenliğini Korumaya Yardımcı Olmak için Malların İzlenmesi:

Ürün izlenebilirliği, envanter hareketlerinizi uçtan uca takip etmenizi sağlamaktadır, yani ürünler sevk edildikleri yere kadar veya operasyonel adımlarından geriye doğru takip edilebilmektedir [Web 32, n.d.]. Bu süreçte izlenebilirlik, birçok yapısal sorunu ortadan kaldırmaktadır, çünkü izlenebilirlik çözümleri hasarlı, sahte veya kusurlu ürünleri tespit etmekte, doğru standartlarda üretimin önünü açmakta ve denetimin doğru yapılmasını sağlamaktadır; bu da sağlıklı ve kaliteli ürünler elde etmeye yaramaktadır [Web 33, n.d.]. Bu aşamalardaki problemin kaynağını belirlemek, tekrarını önlemek ya da kalitesinden emin olunmayan bir ürünün müsait bir biçimde geri çağırılmasını tetiklemek; halk sağlığını tehlikeye atmamak anlamına gelir [Bechini et al., 2008].

Süreç İyileştirmelerini Etkinleştirme:

İzlenebilirlik sayesinde kuruluşlar üretim süreci üzerinde daha fazla kontrole sahip olarak ürünlerini neyin benzersiz veya başarılı kıldığını daha iyi anlayabilmekte ve bu yönleri optimize edebilmektedirler [Web 34, 2020]. Örnek olarak parça ve ürünlerin süreç boyunca takip edilmesi sayesinde sorunlar ve darboğazlar izlenebilmekte ve tespit edilebilmektedir, bunun yanı sıra izlenebilirlik çözümü tarafından sağlanan veriler sayesinde belirlenen sorunlar düzeltilebilmektedir [Web 35, 2021].

Daha iyi karar verme

İzlenebilirlik, karar vermenin daha iyi ve doğru bir biçimde yapılmasına olanak sağlamaktadır çünkü izlenebilirlik yöneticilerin sistemin mevcut durumunun ne olduğunu ve hedeflerinden ne kadar uzakta olduğunu bilmelerini ve belirsizlik ile

karmaşıklığın etkilerine tabi olan bir üretim sistemi içindeki olayların geçişini izlemesini mümkün kılmaktadır [Cheng and Simmons, 1994].

Daha hızlı, Daha Etkili Ürün Geri Çağırma Yoluyla Marka Memnuniyetini Artırmaya Yardımcı Olmak

Tedarik zincirinin önemli bir özelliği olan izlenebilirlik, güvenlik sorunları ve ürün kusurlarının bulunması gibi tedarik zinciri yönetiminde son derece önemli hale gelen birçok kalite sorununun kaynağını belirlemek için kullanılır [Dai et al., 2020]. Geri çağırma süresince sorunlar açığa çıktıktan sonra firmalar tüketicilerine karşı ne kadar sorumlu davranırlarsa geri çağırma sürecinin tüketiciler üzerindeki negatif etkisi de o kadar az olacaktır [Chen et al., 2009]. Yapılan bir ankete göre tüketiciler kamu güvenliğini koruyan ürün geri çağırma kararını anlamakta ve takdir etmektedirler; mesela çalışmada katılımcıların %87'si güvenlik veya kalite sorununa yol açan hatalar yapmış olsalar bile, bir ürünü geri çağırma onurlu ve sorumlu bir şekilde yürüten bir şirket veya markayı satın alma ve bu şirkete veya markaya sadık kalma olasılıklarının daha yüksek olduğuna katılmaktadırlar.

Tüketicilerin Hemen Bilgilendirilebilmesi için Sorunlu Ürünleri Daha Erken Tespit ve Takip Etmek

Ham maddeden bitmiş ürüne kadar tedarik zinciri boyunca hareket eden bir ürünün unsurlarını tanımlama, takip etme ve izleme yeteneği olan ürün izlenebilirliği bir bileşen veya bileşenle ilgili sorunları araştırma ve sorun giderme gibi sayısız fayda sağlamaktadır ve bu sayede sorunlu ürünler derhal piyasadan kaldırılarak, tüketicilerin tercih ettikleri markaların kalitesine ve bütünlüğüne olan güvenini korunmaktadır [Web 36, 2020]. İzlenebilirlik aynı zamanda bir ürün gönderilmeden önce olası sorunları belirlemeyi, sorunun kapsamını doğru bir şekilde tahmin etmeyi ve temel nedenini izole etmeyi çok daha kolay hale getirmektedir [Web 34, 2020].

3.4.4. Tedarik Zincirinde İş Birliği:

Endüstri 4.0'ın tedarik zincirine kattığı bir özellik olan ve tedarik zinciri faaliyetlerinde değer yaratan iş birliği çok yönlü doğası sebebiyle literatürde farklı bakış açılarından incelenmektedir [Sahay, 2003], [Barringer and Harrison, 2000]. Bu

bağlamda yapılan çalışmalardan birinde Simatupang ve Sridharan (2007), tedarik zincirinde iş birliği yapısının iş birlikçi performans sistemi, teşvik uyumu, yenilikçi tedarik zinciri süreçleri, bilgi paylaşımı ve karar senkronizasyonu, olmak üzere beş temel unsurdan oluştuğunu ifade etmektedir [Simatupang and Sridharan, 2007]. Tedarik zincirinde iş birliğinin doğası, biçimleri ve içeriği hakkında bilgi sağlayan bir araştırmada ise bu konsept belirsizliğin azaltılması, işlem maliyeti ekonomisi, kaynak tabanlı görünüm ile öğrenme ve bilgi olmak üzere dört farklı perspektiften incelenmiştir [Cao et al., 2010]. Bu perspektiflerden ilki belirsizliğin azaltılması konseptine göre tahmin edilemez veya yeterince anlaşılamayan durumlarda mevcut olan belirsizlik yüksek düzeyde bilgi arayışıyla sonuçlanmakta ve iş birliği ile iletişim arttıkça belirsizlik düzeyi azalmaktadır [Kramer, 1999]. İşlem maliyeti ekonomisi perspektifine göre optimum organizasyon yapısı, değişim maliyetlerini en aza indirerek ekonomik verimliliği sağlayan bir yapıdır; bu da firmaların süreç entegrasyonu ve karşılıklı güven yoluyla piyasa işlemlerinin doğasında bulunan fırsatçılık ve izleme maliyetlerini düşürmelerine yardımcı olmakta ve böylece ortakların ortaklığın çıkarları doğrultusunda hareket etme olasılığını artırmaktadır [Kaufman et al., 2000]. Firmalar arasında kaynak heterojenliği ve kaynak hareketsizliği varsayımlarını paylaşan teoriler dizisi olan firmanın kaynak tabanlı görünümü perspektifine göre firma, değer yaratan ve izole edici mekanizmalar nedeniyle rakipler tarafından kolayca taklit edilemeyen veya sahiplenilemeyen kaynaklar, yetenekler veya rutinler bütünüdür [Miller, 2019]. Bu perspektife göre kaynak belirli bir firmanın güçlü veya zayıf yönleri olarak düşünülebilecek herhangi bir şeydir [Wernerfelt, 1984]. Öğrenme ve bilgi perspektifinden, iş birliği, tedarik zinciri boyunca büyük miktarda ve türde bilgi dağınık halde olduğu için öğrenme için ideal bir platform sağlamaktadır [Verwaal and Hesselms, 2004].

Tedarik zincirinde iş birliği konsepti Cao ve Zhang'ın (2011) çalışmasında yine dört perspektiften incelenmiştir. Bir önceki paragrafta değinilen dört perspektiften ikisi olan işlem maliyeti ekonomisi ve kaynak tabanlı görünüm bu çalışmadaki dört perspektiften biridir ve bu ikiliye ilaveten ilişkisel görünüm ve genişletilmiş kaynak tabanlı görünüm de yeni perspektifler olarak belirlenmiştir. İlişkisel görüş, tıpkı disiplinler arası ve çapraz fonksiyonel güçlerin firma içinde rekabet avantajına yol açması gibi, rekabet avantajı kaynaklarının firma sınırlarını aşabileceğini varsaymaktadır [Walker et al., 2013]. Bu, bir firmanın performansının esas olarak, sırasıyla odak firmanın paylaşılmamış kaynakları ve iş birliği ortaklarıyla paylaşılan

kaynaklarından kaynaklanan dahili kira ve ilişkisel rantı geliştirmenin ve benimsemenin sonucu olduğunu öne sürmektedir. [Walker et al., 2013]. Kaynak tabanlı görünümün genişletilmiş bir versiyonu olan genişletilebilmiş kaynak tabanlı görünüm, işletmelerin çapraz organizasyon ortamında rekabet avantajlarını nasıl geliştirebileceklerini kavramsallaştırarak birbirine bağlı işletmelerin ağ oluşturma yönünü vurgulamaktadır [Son et al., 2014], [Lavie, 2006].

Literatürdeki bir başka çalışmada ise iş birliğinin organizasyonlar arası bir iş süreci olarak iş birliği ve organizasyonlar arası ilişkilerin temeli olarak iş birliği olarak iki temel kavramsallaştırması ortaya çıkmıştır. Bu iki kavram şekli süreç yönelimi ve ilişki yönelimlidir [Cao and Zhang, 2011]. Tedarik zincirinde iş birliğinin ilişki odaklı kavramsallaştırılması bağlamında iş birlikçi bir stratejinin en büyük getiriyi sağlayacağı ilişkileri arayarak kararları vermeleri gerekir çünkü iş birlikçi ilişkilerin kaynak yoğun doğası nedeniyle, bir firmanın girdiği her ilişkinin iş birlikçi olması muhtemel değildir [Whipple and Russell, 2007].

Tedarik zincirindeki iş birliği konsepti ve uygulamaları dördüncü sanayi devrimi teknolojilerinin tedarik zincirinde kullanılmasıyla yeni özellikler kazanmaktadır. Bu teknolojiler sayesinde dijitalleşen tedarik zincirleri, çok miktarda ve kapsamlı bilgiyi işleme ve tedarik zinciri ortaklarının dijital platformlarda iletişim kurmak ve iş birliği yapmak için birlikte hareket etmelerini sağlama yeteneklerine sahiptir. [Agrawal and Narain, 2018]. Tedarik zinciri ortaklarının birlikte hareket etmesiyle ortaya çıkan iş birliği tarafların karşılıklı olarak fayda sağlayabilmek adına bilgi kaynak ve riskleri paylaştığı ve müşterek karar aldığı bir birlikteliktir [Bowersox et al., 2003]. Endüstri 4.0 bağlamındaki etkili iş birlikleri, daha hızlı tedarik ağları (ekipler) oluşturmayı, geniş bir tedarikçi havuzundan üye seçmeyi, yüksek kaliteli üretim sonuçları sağlamayı, iş birliği yapan üyeler arasında daha yüksek düzeyde güveni ve ölçeklendirme ve son derece dinamik olan üretim gereksinimleri, ürün çeşitliliği, özelleştirme ve sıkı üretim programlarına uyum sağlama yeteneğini içermektedir [Camarinha-Matos et al., 2009], [Mesquita et al., 2017]. Ayrıca ideal olarak iş birliği müşterilerle başlamakta ve mamullerin dağıtımından ham maddelerin üretimine ve tedarikine, malzeme ve hizmet tedarikçileri ile çalışmaya kadar firma genelinde uzanmakta ve tüm paydaşlar için katma değer sunmaktadır [Demartini et al., 2019]. Tedarik zinciri paydaşları arasında üretimci-tedarikçi, üretimci-müşteri, üçüncü ve dördüncü parti lojistik sağlayıcılarıyla iş birliği olarak 3 temel iş birlikçi ilişki mevcuttur [Lapide, 1999]. Bu ilişki tipleri buranın devamında sırayla açıklanmaktadır.

3.4.4.1. Üretici ve Tedarikçi Arasında İş Birliği

Son yıllarda, sayısız yönetim uzmanı ve analist, her büyüklükteki işletmenin tedarikçileri ile ortaklıklar kurarak elde edebilecekleri faydaların çığırtağını yapmaktadır. Bu faydalar; yeni ürün geliştirme, sipariş karşılama ve kapasite planlaması gibi alanlarda olabilmektedir [Sahay et al., 2003]. Tasarım belgelerini paylaşarak ve değış tokuş ederek yapılan ürün geliştirme konusundaki iş birliği , üreticilerin daha iyi ve daha hızlı ürünler geliştirmelerine yardımcı olacaktır [Ahmad and Ullah, 2013]. Bu özellik ayrıca müşterilere taahhüt edilen teslimat tarihlerine güven vermekte ve marka sahiplerinin işlem maliyetlerini azaltmasına ve ödemeleri daha hızlı almasına yardımcı olmaktadır [Web 27, n.d.].

3.4.4.2. Üretici ve Müşteri Arasında İş Birliği

Müşterilerle iş birliği, onlara maksimum değer sağlamak için uzun vadeli bir ilişki geliştirmek ve sürdürmek olarak görülebilmektedir [Phan et al., 2020] İş birliğine dayalı bir ilişkide, üreticiler ile müşteriler, tüm tedarik zinciri için faydaları en üst düzeye çıkarmak üzere ortak karar vermeye ve sorunları birlikte çözmeye isteklidir [Shou et al., 2018]. Diğer bir olası yarar ise erken aşamada sağlanan geri bildirim sayesinde, müşterilerle iş birliğini geliştirmenin ilk aşamalarında daha az hataya ve daha iyi ürün kalitesine yol açmasıdır [Enkel et al., 2005].

3.4.4.3. Üçüncü ve Dördüncü Parti Lojistik Sağlayıcılarıyla İş Birliği

Lojistik hizmet sağlayıcıları ile iş birliği kuran bir şirket, hizmetler başka bir sağlayıcı şirket tarafından ele alındığı için lojistik işlemlerin başarısız olma riski konusunda sakın hissetmelerini sağlamaktadır [Kempa et al., 2020]. Bunlardan biri olan üçüncü parti lojistik sağlayıcılar; nakliye, depolama, envanter kontrolü, paketleme, etiketleme, dağıtım ve benzeri işlemleri içeren zincirde müşteri faaliyetlerini üstlenen şirketlerdir [Aktan et al., 2016]. Ortakların açık bir şekilde bilgi alışverişinde bulunmaları, bilgi ve becerilerini paylaşmaları koşuluyla, bu şirketlerle ilişkiler yeni yetkinlik gelişimine ve yeniliğe yol açabilmektedir [Halldorsson and Skjoett-Larsen, 2004]. Bir diğer lojistik hizmet sağlayıcısı türü olan dördüncü parti

lojistik sağlayıcılar, müşterilerin arz ve talep zincirlerinin bağımsız olarak hesap verebilir, varlık temelli olmayan bir bütünleştiricisidir[Aktan et al., 2016]. Bu sağlayıcıların rolü, araçların üzerinde kontrol yoluyla değer yaratan ve müşteri organizasyonundaki biçim ve sahiplik araçlarını etkileyen bir iş çözümünü uygulamak ve yönetmektir [Win, 2008]



4. ALGINAN ÜRÜN DEĞERİ VE MÜŞTERİ MEMNUNİYETİ

4.1. Algılanan Ürün Değeri

Bir ürünün değeri ve ürüne dair beklentiler için ödeme yapan alıcılar bu iki faktörü nesnel değil, sadece algıladıkları şekliyle yorumlamaktadır [Biesok and Wyród-Wróbel, 2011]. Onlarca yıl önce adı duyulan bu kavram yaygın bir araştırma maddesi olmasına rağmen, bu konudaki belirsizlik devam etmektedir [Sánchez-Fernández and Iniesta-Bonillo, 2007] ve bunlar karmaşık bir yapıya sahip algılanan değere işaret etmektedir [Lapierre, 2000]. Bu işaretler, Zeithaml ve diğerlerinin (1988) çalışmasında müşterileri yönelttiği değerin ne olduğu sorusuna aldığı dört farklı müşteri reaksiyonunda görülebilmektedir. Monroe (1990), değerin, müşteri tarafından kazanılan fayda ile kazanırken gösterilen özveri veya fedakârlık arasındaki bir dengeden kaynaklandığını ve algılanan değerin, algılanan faydanın algılanan fedakarlığa oranı olduğunu ileri sürmektedir.

Birçok kaynakta bunun üzerine algılanan değer konsepti fayda ile maliyet açısından irdelenmektedir ve bu sonraki iki cümlede verilen tanımlardan anlaşılabilir. Değer, tüketicinin fayda kazanmak için vermesi gerekenler arasında bulunan maliyet eşitsizliği algılanmasıdır [Sirdeshmukh et al., 2002]. Başka bir ifadeyle faydanın özveriye oranıdır [Hansen et al., 2008].

Bazı kaynaklarda ise değerin, kaliteden çıktığına işaret edilmektedir. Algılanan değer, müşterinin ödediği bedele mukabil edindiği kalitedir [Zeithaml et al., 1988]. Veyahut özveri ile kalite algısı arasındaki bir takastır [Dodds et al., 1991]. Bu ifadelerin çeşitliliğine karşın kavramın belirsizliği henüz giderilememiştir. Ancak gidermek adına bu kavramı çeşitli boyutlarda kavramsallaştıran araştırmalar üzerinde çalışılmaktadır.

4.1.1. Algılanan Değerin Kavramsallaştırılması

Kaynaklarda iki temel kavramsallaştırma yaklaşımı vardır, tek ve çok boyutlu yaklaşım. Tek boyutlu yaklaşıma göre algılanan değer, birçok bileşenden oluşan toplu

bir kavram değil, birçok bileşenden etkilenebilen tek boyutlu bir yapıdır [Sánchez-Fernández and Iniesta-Bonillo, 2007]. Sunulan hizmet kalitesi ile müşterinin onu elde etmek için yaptığı fedakarlığın, yani alınan hizmetten elde edilen deneyimin birleşimidir [Cronin et al., 1997]. Bu paylaşım değer zihne dayalı olduğu ve algılanan performanstan elde edilen faydalar ve fedakarlıklar arasındaki farktan türediği belirtilmektedir [Patterson and Spreng, 1997]. Bu yaklaşımın birçok yazar tarafından eleştirilen yönleri vardır [Woodruff and Gardial, 1996]. Bu yönler, bahsedilen yaklaşımın değeri basite indirgediğidir. Çünkü bu yaklaşım özellikle değer yapısının bir yanını oluşturan temel ve duygusal faktörleri dikkate almamakta ve sadeliğinin müşterinin değerlerinin karmaşıklığını yansıtmadığı ortaya çıkmaktadır. [Sánchez-Fernández and Iniesta-Bonillo, 2007]. Bu hususta bir diğer eleştiri de bu yaklaşımdaki değer yapılarının çok dar olduğu ve tüketicilerin ürün ve hizmetlere nasıl değer verdiğini anlamak için daha karmaşık bir ölçüye ihtiyaç olduğudur [Sweeney and Soutar, 2001].

Eleştiri sayısındaki artış ile değer kavramsallaştırılmasında çok boyutlu yaklaşımı benimseyen çalışmalar da artmaya başlamıştır. Bahsedilen değer, bu perspektiften, müşterinin algılarını yakalayan çok yönlü nitelikler veya boyutlara atıfta bulunmaktadır [Zauner, 2015]. Sweeney ve Soutar, (2001), Bu boyutları; fonksiyonel (kalite) ile fonksiyonel (fiyat), duygusal ve sosyal boyut olarak bildirmektedir. Aynı kaynakta duygusal boyutun, bir ürüne yönelik hislerden; sosyal boyutun, sosyal kişilik kavramını güçlendirmeye yarayan ürün niteliklerinden kaynaklandığı bildirilmektedir. Ayrıca, fiyatı içeren fonksiyonel boyutun, algılanan kısa veya uzun vadeli maliyetlerin düşüşünden ve kaliteye dair fonksiyonel boyutun da ürünün performansından elde edilebilecek faydalar olduğu ifade edilmektedir. Başka bir kaynakta ise boyutlar algılanan fedakârlık, duygusal, fonksiyonel ve sosyal değerdir [Wang et al., 2004]. Bu çalışmadaki iki boyut olan duygusal ve sosyal değere epistemik ve koşullu değeri ekleyen Pura (2005) tarafından hazırlanan başka çalışmada algılanan değer boyutları olarak incelenmekte ve açıklanmaktadır. Bu açıklamada epistemik değer boyutu, hizmet veya ürün gibi çeşitli araçlar vasıtası ile edinilen verilerle alakalı iken, koşullu boyut durumu ise karakterize eden koşullardan türetilen ve belirli bir bağlamda var olan değerler olduğu söylenmektedir. Whittaker ve diğerleri (2007) araştırmasında bir önceki çalışmadaki boyutlara imajı ve fiyat/kalite oranını dahil etmişlerdir. Bu kavramların ilki fiyat/kalitenin müşterilerin ödeme/fedakârlık olarak verdikleri karşılığında sunulan hizmete ve ikincisi olan imajın

ise, yüksek bir statüye sahip bir iş ortağıyla ilişkilendirilmekten elde edilen faydalara dair algılamaların temsili olduğunu vurgulamaktadır. Pihlström and Brush (2008), sosyal ve duygusal değeri, bu boyutlardan addeden bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada ayrıca para ile elverişlilik boyutunun bu husustaki diğer boyutlar olduğu belirtilmektedir. Parasal değer, alternatiflerle karşılaştırıldığında müşterinin verdiğini alıp almadığını ifade etmektedir [Sheth et al., 1991]. Uygunluk ise görevleri etkin ve verimli bir şekilde tamamlarken zamandan ve emekten tasarruf etmeyi temsil etmektedir [Anderson and Srinivasan, 2003].

Sánchez Fernández ve diğerleri (2009) tarafından yapılan bir araştırma, verimlilik, kalite, sosyal, oyun, estetik ve özgecil değerler olarak tanımlanan yönlerin diğer çalışmalardan farklı olduğunu bulmuştur. Verimlilik, elde edilen ile feda edilen kıyaslayarak ölçülen kalite, nesnenin veya deneyimin bir hedefe ulaşma veya bir işlevi yerine getirme potansiyelinin takdirini kapsayan; sosyal değer, insanlar üzerinde olumlu bir izlenim bırakmak için kendi tüketiminin aktif manipülasyonu (teşhircilik yoluyla statü) ile kişinin sahip olduklarına ilişkin takdirini birleştiren; oyun, eğlenceyi kapsayan ve özgecilin ise manevi yönelimden kaynaklanan boyutlardır [Sánchez Fernández et al., 2009].

Bu konuda yapılan çalışmalar göstermektedir ki algılanan değerın tanımı, boyutları veya ölçümleri ile ilgili belirsizliklere literatürdeki tutarsızlıklar yol açmaktadır. Böyle tutarsızlıklar içerisinde bu konsept hem bilim insanları arasında hem de şirketlerce popülerlik kazanmaya devam etmektedir. Algılanan ürün değeriınin popülerlik kazandığı alanlardan biri de tedarik zinciri yönetimidir ve bu alanla ilişkisi bir sonraki bölümde incelenmektedir.

4.1.2. Algılanan Ürün Değeri ve Tedarik Zinciri Yönetimi

Endüstriyel pazarlarda artan rekabet dolayısıyla firmalar endüstride başarılı olabilmek adına rekabet avantajı sağlamak durumundadır. Bu avantaj, bir işletmenin sağladığı, müşterilerini veya kullanıcılarını, ürünlerini veya hizmetlerini satın almaya motive eden ve ürünlerin veya hizmetlerin gerçek veya potansiyel rakipler tarafından taklit edilmesine engel teşkil eden unsurdur [Christensen, 2010]. Bu unsurun kaynağının iş birlikçi alıcı-satıcı ilişkileri olduğuna dair bilim insanları ve uygulayıcılar arasında artan bir kabul bulunmaktadır [Eggert and Ulaga, 2006]. Bu

ilişki ise müşteri değeri kavramı etrafında merkezileşmekte ve müşterilere hizmet sağlarken kullanılan temel yaklaşımlardan biri olarak ele alınmaktadır [Christopher et al., 2013], [Hu et al., 2009].

Bir işletmenin temel rekabet yeteneğinin birincil özelliği ve aynı zamanda temel rekabet gücünün oluşturulmasının arkasındaki temel ve itici güç olan müşteri değerini yaratmak için işletmenin tedarik zinciri operasyonları ve müşteri memnuniyeti düzeyini iş birlikçi bir şekilde artırmak için işletmeler arasında iş birliği, bilgi paylaşımı, fırsat eşitliği ve risk paylaşımı gibi stratejik ittifak ilişkisi kurmak için kaynağı işletme dışındaki yerlere, yani tedarik zinciri boyunca genişletmek gerekir. [Chun-ping and Xiu-qing, 2010]. Tedarik zinciri üyelerinin gereken performansa ulaşmasını sağlayan tedarik zinciri yönetimi tedarik zinciri üyelerini benzersiz, bireyselleştirilmiş müşteri değeri kaynakları yaratmak için yenilikçi çözümler geliştirmeye odaklanmaya yönlendirmektedir [Mentzer vd 2001]. Bu yenilikçi çözümlerden biri bilgi işleme ve internet ile ilişkili olan büyük teknolojik devrimlerdir ve bunlar, nihai müşteriler ile tedarikin tüm aşamaları arasındaki bağlantısının hızlandırılması yoluyla mevcut tedarik zincirlerini temelden dönüştürmek için fırsatlar sunmaktadır [Cox, 1999]. Günümüzde gerçekleşen teknolojik devrim olan endüstri 4.0'ın da bu konuda yani tedarik zinciri ve algılanan ürün değeri bağlamında sunduğu birçok fayda mevcuttur ve bir sonraki bölümde bu faydalara değinilmektedir.

4.1.3. Endüstri 4.0, Tedarik Zinciri ve Algılanan Ürün Değeri İlişkisi

Tedarik Zinciri 4.0, tüm tedarik zinciri paydaşları için önemli stratejik faydalar yaratmak amacıyla tedarik zinciri süreçlerini, faaliyetlerini ve ilişkilerini düzene sokmak için Endüstri 4.0'ın yıkıcı teknolojilerini kullanan tedarik zinciri yönetimi için dönüşümsel ve bütünsel bir yaklaşımdır [Frederico, 2021]. Bu yaklaşım IoT, büyük veri analitiği, otonom robotik ve benzerleri gibi çağdaş araçların dağıtımını içerse de aslında bunların hiçbirisiyle ilgili değil; tedarik zinciri yönetimi modelini, talimatların tedarikçiden üreticiye, distribütörden tüketiciye aktığı doğrusal bir modelden, bilginin tedarik zincirine çok yönlü bir şekilde aktığı daha entegre bir modele dönüştürmekle ilgilidir ve bu bilgilerin giderek daha fazla analiz edilmesi, tüketici talebine daha duyarlı hale gelmesi anlamına gelmektedir [Ferrantino and Kotten, 2019]. Geçmişte, tedarik zincirinin sonunda ve tedarikçiler tarafından belirlenen ürün ve servisin alıcısı

olarak konumlandırılan müşteriler, günümüzde var olan yeni bir yaklaşımla tedarik zincirinin başında yani sağlandığını görmek istedikleri değeri belirleyen konumda bulunmaktadır [Kench, 2021]. Müşteri değeri odaklı bir tedarik zinciri yönetimi, tedarik zincirindeki üyeler arasında kaynak paylaşımı ve iş birliğini uygulayarak, değer yaratma ve aktarma sırasında yakınsama, koordinasyon ve bilgi paylaşımındaki sorunları çözümlerin yanı sıra rekabetçi maliyet ve zaman avantajları üretebilmektedirler [Chun-ping and Xiu-qing, 2010].

Bir önceki paragrafta, işletmelerin rekabet gücünün, değer yaratma sürecinde oluştuğuna işaret edilmektedir. Bu yüzden de bu süreçte müşterilere fayda sağlamak elzemdir. Bu konuda firmaların birçok uygulamaları bulunmaktadır. Bu çalışma kapsamında incelenen ayakkabı sektöründe bulunan uygulama örneklerine araştırmanın metodolojisi kısmında değinilmektedir.

4.2. Müşteri Memnuniyeti

Pazarlamanın kalbi olduğu düşünülen müşteri memnuniyeti konseptine hem özel sektör hem de kamu sektörü tarafından gösterilen özen geçtiğimiz yıllarda bir hayli artmıştır [Rahim et al, 2012], [Liu and Zahao 2012]. Firmaların bu konseptte gösterdiği özenin artışı çeşitli sebeplere dayanmaktadır. Mesela, müşteri memnuniyetinin müşteri şikayetlerine olan negatif, müşteri sadakati ve kullanım davranışına olan pozitif etkisi ve garanti, şikâyet, hasarlı ürün ve saha servis maliyetlerinde yarattığı düşüş bu sebeplerdendir [Fornell, 1992], [Bolton, 1998]. Memnuniyet, bir hizmet sağlayıcıya karşı genel bir müşteri tutumu veya bazı ihtiyaçların, hedefin veya arzusun yerine getirilmesiyle ilgili olarak müşterilerin bekledikleri ile aldıkları arasındaki farka karşı duygusal bir tepkidir [Hansemark and Albinsson, 2004] Yani bu kavram ürün veya hizmetten memnun olup olmamanın göstergesidir [Leninkumar, 2017]. Buradaki memnun olup olmama durum müşterinin ürün ve hizmete yönelik algısı kaynaklı olduğundan farklı müşteriler aynı deneyim veya hizmetten farklı düzeylerde memnuniyet yaşayabilmektedirler [Kuzu, 2018]. Bu memnuniyet düzeyinin değişmesine yol açan ve müşteriden müşteriye değişen çeşitli faktörler vardır. Bu faktörler Göğüş (2021) tarafından hazırlanan tez çalışmasında fiyat, ürün kalitesi, hizmet kalitesi ile durumsal ve kişisel faktörler olarak belirtilmektedir. Her ne kadar

faktörler farklı olsa da müşterilerin bir firmadan bekledikleri ortaktır ve bu belirtilerden bazıları şu şekildedir:

- Müşteriye kendisinin önemli biri olduğunun hissettirilmesi,
- Müşteriye kişisel olarak ilgi gösterilmesi ve zaman ayarlanması,
- Detaylara önem gösterilmesi,
- Süreçlerle ilgili dürüst olunması ve bir şey saklanmaması,
- Müşteri opsiyonlarının geliştirilmesi,
- İşçiliğin düzgün yapılması ve
- Süreç boyunca hizmet garantisi verilmesi ve satış sonrası desteğin artırılması [Cinemre, 2000].

Bu maddelerden belli olduğu üzere günümüz pazarında ürünler, benzersiz ihtiyaçlarına uygun ürün konfigürasyonları ve hizmetler almayı bekleyen müşteriler tarafından yönlendirilmektedir. Bu yüzden daha yüksek düzeyde müşteri memnuniyeti yaratma yeteneği, önemli bir farklılaştırıcı olarak kabul edilmektedir ve bu nedenle birçok firmanın iş stratejilerinin temel bir unsuru haline gelmiştir [Ellinger et al., 2012].

4.2.1. Müşteri Memnuniyeti ve Tedarik Zinciri

Müşteriye hizmet sağlamak için herhangi bir ürün ve satış stratejisinde tedarik zincirinin de dikkate alınması gerekir [Gilaninia et al., 2012]. Çünkü müşteri hizmetleri, pazarlama, operasyonlar, yeni ürün geliştirme, dağıtım ve finans da tedarik zinciri kavramına dahildir [Lambert et al., 1998]. Burada dahiliyet şu şekilde işlemektedir: Bir müşteri ihtiyacı tanımlandığında, mevcut sorunu çözmeye çalışan tedarik zinciri faaliyetlerini, yani müşteri ihtiyacının tatminini tetiklemektedir ve ardından, ihtiyaç duyulan ürün veya hizmeti, kalitesinden ödün vermeden en düşük fiyatta üretebilen, dağıtım kanalı kararlarından geçen ve müşterinin işlemi ile değil, çoğu durumda ürünün dayanıklılığı ve işleyişi tarafından önceden belirlenmiş olan memnuniyeti ile son bulan doğru üreticilerin aranması ve bulunması ile süreç devam etmektedir. [Stefanov, 2006]. Bazı araştırmalara göre ise tedarik zinciri müşteri hizmeti stratejilerinin sadece bir parçası değil en etkili araçtır çünkü zincir, müşteri

memnuniyetinin en hayati iki parçasını yani fiyat ve teslimatı doğrudan belirlemektedir; yani verimli bir tedarik zincirine sahip olmak, perakende fiyatında rakipleri yenmek ve karlılığınızı artırmak, yüksek performanslı operasyonlara sahip olmak ve aynı zamanda müşterilerinizin ürünlerini teslim ederken beklentilerini karşılayabileceğiniz veya aşabileceğiniz anlamına gelmektedir ve burada müşterilere istediklerini istedikleri zaman ve en ucuz fiyata vermek, onları memnun etmenin anahtarıdır [Web 37, 2019].

Müşteri hizmeti stratejilerinin geliştirilmesini ve dolayısıyla müşteri memnuniyetini artırmayı içeren rekabetçi baskılar, bunu başarmak için firmaların müşteri gereksinimlerini belirlemesini ve diğer satıcılar tarafından sağlanan hizmet düzeylerini karşılamalarına veya aşmalarına olanak tanıyan stratejiler geliştirmesini zorunlu kılmaktadır [Verwijmeren et al., 1996]. Bununla ilgili bir araştırmada Gartner'ın 2021'in ikinci yarısında 983 tedarik zinciri lideriyle yaptığı bir ankete göre, %62'si ticari inovasyonu teşvik etmek için tedarik zincirinin yeniden icat edilmesini desteklemek için tedarik zincirine özgü müşteri memnuniyeti verilerini yakalama, analiz etme ve bunlardan yararlanma yeteneklerine yatırım yapmaktadır. Burada Gartner, geleceğin tedarik zincirlerinin, müşteri ürün kullanım verilerinden müşteri memnuniyeti verilerine ve çok çeşitli teknolojilerden gelen verilere kadar çok büyük miktarda veriden yararlanarak tamamen müşterilerine göre ayarlanacağı sonucuna varmıştır. Bu yüzden de bu süreçte müşterileri memnun etmek elzemdir. Günümüzde gerçekleşen teknolojik devrim olan endüstri 4.0'ın da bu konuda yani tedarik zinciri ve müşteri memnuniyeti bağlamında sunduğu birçok fayda mevcuttur ve bir sonraki bölümde bu faydalara değinilmektedir.

4.2.2. Endüstri 4.0, Tedarik Zinciri ve Müşteri Memnuniyeti İlişkisi

Günümüzün yüksek rekabet ortamında firmaların müşteri memnuniyetine verdiği önem giderek artmaktadır. Pazarda rekabetçi konumlar arayan ve müşteri memnuniyeti yoluyla performanslarını değiştiren firmaların stratejik yolları, her geçen gün daha da gelişen dünyada gerçekleşen hızlı teknolojik evrimlerden etkilenmektedir [Agyabeng-Mensah et al., 2019]. Bu etkiler sonucu gelişen yeni stratejik yollardan biri de endüstri 4.0'ın tedarik zincirine entegrasyonu içeren tedarik zinciri 4.0'dır. Bu yolda ilerleyen yani tedarik zinciri 4.0'ı benimsemiş şirketler, bu konsept onları esnek,

sürdürülebilir ve son derece duyarlı bir tedarik zinciri ile donatacağından rekabet avantajı elde etmektedir ve dahası teknolojiler, geleneksel lojistik sistemlerini akıllı lojistik sistemlere dönüştürdüğünden tedarik zincirleri daha optimize ve çevik olmakta, maliyet tasarrufu gelişmekte ve daha yüksek müşteri hizmet seviyeleri ve memnuniyeti gerçekleşmektedir [Demir et al., 2020]. Bu nedenle şirketler, dijitalleşmeyi uygulamak için tedarik zinciri prosedürlerinde önemli itici güçler olarak müşteri memnuniyetini dikkate almaktadır [Zekhnini, 2020].

Günümüzün dijitalleşmiş yani endüstri 4.0 ile bütünleşmiş olan tedarik zincirleri ile müşteri memnuniyeti ilişkisine dair firma uygulamaları çeşitli araştırmalarda kendine yer bulmuştur. Bu araştırmalarda değinilen ilişkiler hangi teknolojilerin tedarik zincirini nasıl etkilediği ve bu etkinin bir tedarik zinciri partneri olan müşteriye nasıl dokunduğu gibi soruların cevaplandırılması vasıtasıyla incelenmektedir. Buna örnek olarak büyük veri teknolojisinin tedarik zincirinde kullanılmasına ilişkin neden ve sonuçları belirten çalışmalar gösterilebilir. Tedarik zinciri bağlamında, profesyoneller, tedarik zinciri süreçlerini organize etmenin ve analiz etmenin yeni yollarını ve bu verilerin tedarik zinciri performansını artırmak için kullanılmasını sağlayan verilerle dolup taşmaktadır [Hazen et al., 2014]. Dolup taşan verilerin genel adı olan büyük verinin tedarik zincirindeki mevcudiyeti, gelişmiş bir iş performansına yol açabilmektedir ve bunun sonucunda da genel iş performansı ölçümünü tamamlayan ve dengeleyen iş performansının önemli bir boyutu olarak müşteri memnuniyeti ortaya çıkmaktadır [Stank, Crum ve Arango 1999]. Çünkü ham madde verileri, teslimat verileri, promosyon verileri ve envanter verileri gibi verileri içeren büyük veri sayesinde tedarik zinciri boyunca talep tahmini ve tedarik planlaması yapılabilmektedir [Chavez, et al., 2017]. Bu da müşteri ihtiyaçlarının giderilmesine yol açmakta ve müşteri memnuniyetini sağlamaktadır.

Tedarik zincirinde bilgilerin elde edilmesinin temel kaynağı olan diğer bir endüstri 4.0 teknolojisi nesnelerin interneti de tedarik zinciri özelinde müşteri memnuniyetiyle ilgili çalışmalarda rastlanabilmektedir. Örneğin, bu konuda hazırlanmış bir yazıda nesnelerin internetinin tedarik zincirleri hakkında detaylı bir içgörü sağlayabileceği vurgulanmıştır. Aynı çalışmada bunun ürünleri müşteriye daha hızlı teslim edebilmek ve sipariş edilen ürünlerin ne zaman geleceğini, soğuk zincirin ne zaman ve nerede kesildiğini veya bir paletin çalındığını tam olarak tahmin edebilmek için dijital çözümler aracılığıyla müşteri deneyimi yarattığı belirtilmektedir [Web 38, 2020]. Bu hususta yani bu teknolojilerin tedarik zincirinde kullanılmasının

müşteri deneyimi yaratmasında perakendecilerin çoğunlukla IoT'ye güvendiği dört temel yön, müşteri ihtiyaçlarını, promosyonları, müşterilerin ne satın alması gerektiğine ilişkin önerileri anlamak, müşteri memnuniyetini artırmak ve son olarak incelemeleri ve derecelendirmelerin iyileştirilmesini teşvik etmektir [Vass et al., 2020].

Tedarik zincirinde kullanılan endüstri 4.0 teknolojileriyle müşteri memnuniyeti ilişkisi ile ilgili verilen örnekler artırılabilir fakat bu çalışma bu ilişkiyi değerlendirmek üzerine ayakkabı sektörü üzerinden inceleme yaptığı için bu bölüm için bu örnekler yeterli bulunmuştur. Bu sektör özelinde de çeşitli miktarda örnekler bulunmuştur ve çalışmanın amacına hizmet etmek üzere düzenlenmiştir. Endüstri 4.0 bilgi ve iletişim teknolojilerinin ayakkabı sektöründeki uygulama örnekleri ve daha detaylı bilgiye araştırmanın metodolojisi kısmında değinilmektedir. Bu bölümden sonraki bölümde ise yine bu araştırmanın amacına hizmet edecek bir ilişki olan algılanan ürün değeri ve müşteri memnuniyeti ilişkisi verilmektedir.

4.3. Müşteri Memnuniyeti ve Algılanan Değer İlişkisi

Müşterilerin memnuniyetini sağlamak yeni müşteri elde etmekten onlarca kat daha ucuz olabilmektedir [Demirgüneş, 2015]. Bu yüzden şirketler müşterileri elinde tutmak için efor sarf etmekte ve onlar tarafından algılanan değeri yönetmeye odaklanmaktadır [Morar, 2013]. Çünkü algılanan değer müşteri memnuniyetini etkileyen temel faktördür [Bolton and Drew, 1991], [Parasuraman, et al., 1988]. Müşterilere rakiplerinden daha tutarlı ve daha etkin bir şekilde değer sağlamanın amacı, müşteriye elde tutmak ve müşteriye daha memnun kılmaktır [Schiffman and Kanuk, 2004]. Müşteri memnuniyeti ve algılanan değer konseptlerinin ilişkisi literatürde birçok araştırmada kendine yer bulmuştur (örneğin bkz. Chen and Tsai, 2007; El-Adly and Eid, 2016). Bunlardan, Chen ve Tsai (2007) tarafından yapılan çalışma, Bir müşterinin paranın karşılığını alma algısının, müşterinin memnuniyeti ile olumlu bir şekilde ilişkili olduğu açıktır. Ancak, değer ve memnuniyet arasındaki ilişkinin doğası ve bu ilişkinin gelecekteki niyetler üzerindeki etkileri konusunda belirsizlik vardır. El-Adly and Eid (2016) ise günümüzde müşteriler daha değer odaklı hale geldi; bu nedenle, daha seçici olma eğilimindedirler ve yüksek değer mevcut

olduğunu düşündükleri ve daha memnun oldukları alışveriş merkezlerine sadık olma olasılıkları yüksektir.

Algılanan değer ve müşteri memnuniyeti arasındaki ilişkilerin araştırmasında, geleneksel perakendecilerin ampirik çalışmaları, algılanan değerın çoğu durumda müşteri memnuniyetini olumlu etkilediğini keşfetti [Cronin et al., 2000], [Eggert and Ulaga, 2002]. Bu çalışmada da tedarik zincirindeki bazı uygulamaların müşteri memnuniyetine olan etkisinde algılanan değerin bir etkisi vardır hipotezi test edilecektir. Bu konuyla ilgili detaylı bilgi araştırmanın metodolojisi kısmında verilmektedir.



5. ARAŞTIRMANIN METODOLOJİSİ

5.1. Araştırmanın Amacı ve Önemi

Literatürde algılanan değer ve müşteri memnuniyeti bağlamında endüstri 4.0 uygulamalarının etkileri hakkında sınırlı bilgi bulunduğu görülmektedir. Bu araştırma, endüstri 4.0 teknolojilerinin tedarik zincirinde kullanılmasıyla tedarik zincirinin kazandığı 4 boyut olan gerçek zamanlılık, esneklik, şeffaflık ve iş birliğinin algılanan değer ve müşteri memnuniyeti üzerine etkisi olup olmadığını anlamayı amaçlamaktadır. Ayrıca, bu boyutlar özelinde algılanan ürün değerinin müşteri memnuniyetinin değişmesinde etkisinin olup olmadığını anlaşılması da çalışmanın bir diğer amacıdır. Literatürdeki çalışmaların çoğu endüstri 4.0 uygulamalarının algılanan değer ve müşteri memnuniyetine etkisini incelememiştir. Bu çalışma ayakkabı sektöründe endüstri 4.0 teknolojilerinin tedarik zinciri uygulamalarının algılanan ürün değeri ve müşteri memnuniyetini ne ölçüde etkilediğini bulma girişimidir.

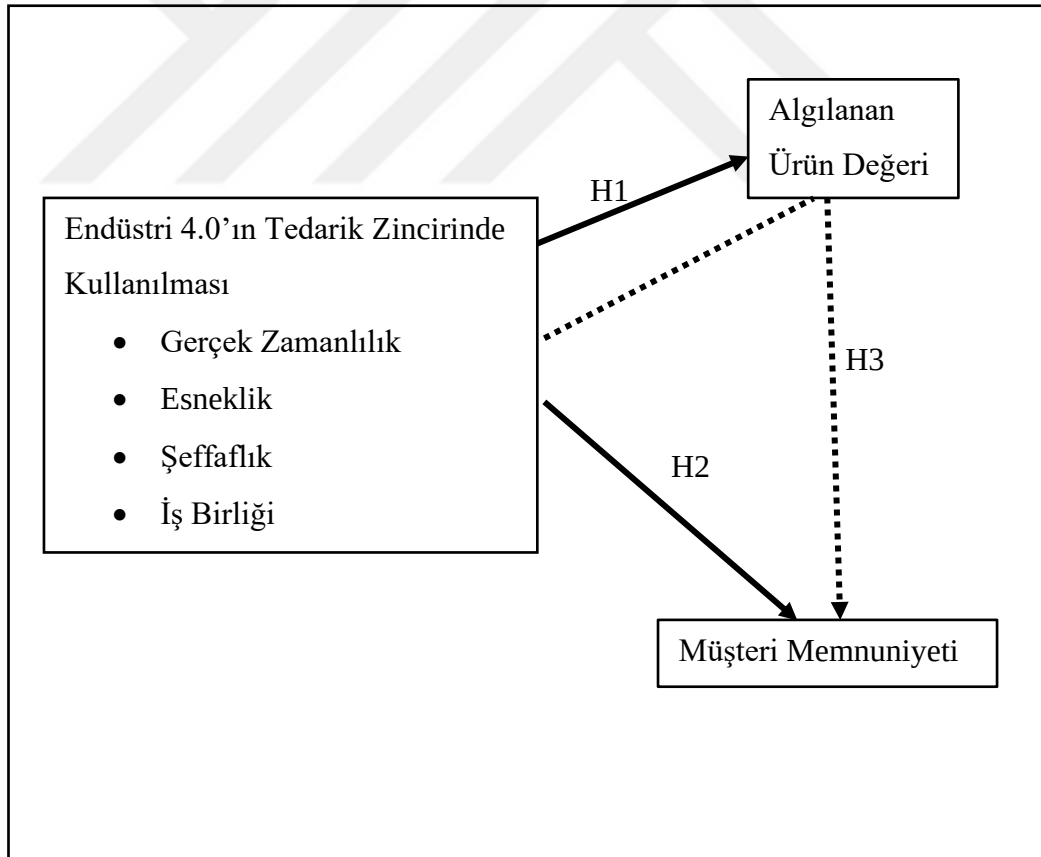
Bu çalışmada temel amaç endüstri 4.0 teknolojilerinin tedarik zincirinde kullanılması sayesinde tedarik zincirlerinin kazandığı 4 boyut olan iş birliği, esneklik, şeffaflık ve gerçek zamanlılığın algılanan değer ve müşteri memnuniyetine etkisinin ölçülmesidir. Bu etki bahsedilen 4 boyut ile ilgili ayakkabı sektöründeki firmaların raporları ve literatür çalışmalarından toplanan örnek uygulamalar üzerinden ölçülmektedir. Yani bu tez temel olarak bahsedilen dört boyutun ayakkabı sektöründeki uygulamalarının algılanan ürün değeri ve müşteri memnuniyetine etkisi olup olmadığını ölçmeyi hedeflemektedir.

5.2. Araştırmanın Kavramsal Modeli

Model, gerçek bir nesnenin veya durumun bir temsili veya soyutlamasıdır; bundan dolayı gerçekliğin kendisinden daha az karmaşık görünebilmektedir [Shafique and Mahmood, 2010]. Araştırmanın sorularının yanıtlanabilmesi ve hipotezlerinin test edilebilmesi amacıyla geliştirilen bu yöntem araştırma sırasında keşfedilecek önemli

değişkenleri, yapıları ve ilişkileri belirleyerek araştırmacıya yardımcı olmaktadır [Büyüköztürk vd., 2017], [Palvia et al., 2006].

Bu çalışma, endüstri 4.0 teknolojilerinin tedarik zincirindeki varlığının algılanan ürün değeri ve müşteri memnuniyeti gibi yapılara olan etkisini keşfetme girişimidir. Endüstri 4.0'ın tedarik zincirine etkileri dört tane boyutu içermektedir: İş birliği, esneklik, şeffaflık ve gerçek zamanlılık. Böylelikle bu çalışma, endüstri 4.0'ın tedarik zincirine kazandırmış olduğu dört boyutun hem ayrı ayrı hem de toplu olarak algılanan ürün değeri ve müşteri memnuniyetine etkisini ölçmeyi amaçlamaktadır. Buradaki bir diğer amaç da bu özelliklerle ilgili tedarik zinciri uygulamaları, ürün değerinden kaynaklı olarak mı müşteri memnuniyetine etki etmektedir sorusuna yanıt bulmaktır. Burada kullanılacak ölçüm maddeleri ayakkabı sektöründeki firmaların raporlarından ve bu sektörle ilgili yapılan önceki araştırmalardan alınarak uyarlanmıştır ve bu çalışma bağlamına en iyi uyacak şekilde değiştirilmiştir. Bu çalışmada ölçülmek istenenlerin kavramsal modeli Şekil 5.1'de gösterilmiştir.



Şekil 5.1: Çalışmanın kavramsal modeli.

5.3. Araştırmanın Hipotezleri

H1: Endüstri 4.0 teknolojilerinin tedarik zincirinde kullanılması algılanan ürün değeri üzerinde belirgin bir etkisi vardır.

H1a: Endüstri 4.0 teknolojilerinin tedarik zincirinde kullanılması sonucu kazanılan gerçek zamanlılık özelliğinin algılanan ürün değeri üzerinde belirgin bir etkisi vardır.

H1b: Endüstri 4.0 teknolojilerinin tedarik zincirinde kullanılması sonucu kazanılan esneklik özelliğinin algılanan ürün değeri üzerinde belirgin bir etkisi vardır.

H1c: Endüstri 4.0 teknolojilerinin tedarik zincirinde kullanılması sonucu kazanılan şeffaflık özelliğinin algılanan ürün değeri üzerinde belirgin bir etkisi vardır.

H1d: Endüstri 4.0 teknolojilerinin tedarik zincirinde kullanılması sonucu kazanılan iş birliği özelliğinin algılanan ürün değeri üzerinde belirgin bir etkisi vardır.

H2: Endüstri 4.0 teknolojilerinin tedarik zincirinde kullanılması müşteri memnuniyeti üzerinde belirgin bir etkisi vardır.

H2a: Endüstri 4.0 teknolojilerinin tedarik zincirinde kullanılması sonucu kazanılan gerçek zamanlılık özelliğinin müşteri memnuniyeti üzerinde belirgin bir etkisi vardır.

H2b: Endüstri 4.0 teknolojilerinin tedarik zincirinde kullanılması sonucu kazanılan esneklik özelliğinin müşteri memnuniyeti üzerinde belirgin bir etkisi vardır.

H2c: Endüstri 4.0 teknolojilerinin tedarik zincirinde kullanılması sonucu kazanılan şeffaflık özelliğinin müşteri memnuniyeti üzerinde belirgin bir etkisi vardır.

H2d: Endüstri 4.0 teknolojilerinin tedarik zincirinde kullanılması sonucu kazanılan iş birliği özelliğinin müşteri memnuniyeti üzerinde belirgin bir etkisi vardır.

H3: Endüstri 4.0 teknolojilerinin tedarik zincirinde kullanılması bağlamında algılanan ürün değerinin müşteri memnuniyeti üzerinde belirgin bir etkisi vardır.

5.4. Araştırmanın Yöntemi

Araştırmada veri toplama aracı olarak online anket kullanılmıştır. Anket formunun ilk bölümünde katılımcıların demografik özelliklerine dair sorular sorulmuştur. Bunlar katılımcıların cinsiyeti, yaşı, eğitim seviyesi ve çalışma durumudur.

Anket formunun ikinci bölümündeki sorular için ise literatür taraması yapılarak daha önce belirlenmiş olan dört boyutun (gerçek zamanlılık, esneklik, şeffaflık ve iş birliği) tedarik zincirine eklediği özellikler bulunmuştur. Daha sonra bulunan özelliklere dair ayakkabı firmalarının tedarik zincirlerindeki uygulamalarından beşer örnek bulunarak soru ifadeleri oluşturulmuştur. Oluşturulan ifadeler algılanan değer ve müşteri memnuniyeti üzerinden ayrı ayrı değerlendirmeleri üzerine katılımcılara yöneltilmiştir. Katılımcılardan hem algılanan ürün değeri hem de müşteri memnuniyeti için belirlenen yirmişer tane ifadeye katılıp katılmadıkları 5’li likert ölçeği aracılığı ile sorulmuştur. Hazırlanan likert ölçeğinde 1- hiç katılmıyorum, 2- katılmıyorum, 3- katılıp katılmama oranım eşit, 4- katılıyorum ve 5- kesinlikle katılıyorum ifadelerine karşılık gelmektedir.

5.5. Araştırmanın Örneklemi

Araştırmanın anketi kolayda örnekleme yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan anket tez danışmanı tarafından kontrol edilip onaylanmıştır. Anket paylaşımı çeşitli sosyal medya platformları(Telegram, Instagram, Whatsapp, Facebook) üzerinden gerçekleştirilmiştir. Ankete 162 kişi katılmıştır; fakat ankete verilen yanıtların filtrelenmesinin ardından 71 kişinin anketi tamamlandığı görülmüştür.

Anketi tamamlayan katılımcıların cinsiyet, yaş, eğitim seviyesi ve çalışma durumlarına ilişkin frekans dağılımları sırasıyla Tablo 5.1, Tablo 5.2, Tablo 5.3 ve Tablo 5.4’te yer almaktadır.

Tablo 5.1: Katılımcıların cinsiyete göre frekans dağılımı.

	Frekanslar	Yüzdeler
Kadın	53	74,6
Erkek	18	25,4
Toplam	71	100,0

Ankete katılan 71 kişinin 53’ü kadın ve 18’i erkektir. Kadınlar katılımcıların %74,6’sını oluştururken erkekler için bu oran %25,4’tür.

Tablo 5.2: Katılımcıların yaşa göre frekans dağılımı.

	Frekanslar	Yüzdeler
18 yaşından küçük	1	1,4
18-24	19	26,8
25-34	30	42,3
35-44	13	18,3
45-54	7	9,9
55 ve üzeri	1	1,4
Toplam	71	100,0

Ankette katılımcıların yaşı gruplar halinde sorulmuştur. Bu gruplar 18 yaşından küçük, 18-24, 25-34, 35-44, 45-54 yaş arası ile 55 ve üzeri şeklindedir. Katılımcıların yaş dağılımı verilen gruplara göre sırasıyla %1,4, %26,8, %42,3, %18,3, %9,9 ve %1,4'tür.

Tablo 5.3: Katılımcıların eğitim seviyesine göre frekans dağılımı.

	Frekanslar	Yüzdeler
İlkokul	1	1,4
Lise	3	4,2
Üniversite	42	59,2
Yüksek Lisans	21	29,6
Doktora	4	5,6
Toplam	71	100,0

Ankette katılımcıların eğitim seviyesi kapalı uçlu soru şeklinde sunulmuştur. Alınan yanıtlara 1 kişi yani katılımcıların %1,4'ünün eğitim seviyesi ilkokul, 3 kişi yani katılımcıların %4,2'sinin eğitim seviyesi lise, 42 kişi yani katılımcıların %59,4'ünün eğitim seviyesi Lisans, 21 kişi yani katılımcıların %29,6'sının eğitim seviyesi yüksek lisans, 4 kişi yani katılımcıların %5,6'sının eğitim seviyesi doktora'dır.

Tablo 5.4: Katılımcıların çalışma durumuna göre frekans dağılımı.

	Frekanslar	Yüzdeler
Çalışıyor	36	50,7
Çalışmıyor	35	49,3
Toplam	71	100,0

Ankette aynı zamanda katılımcılara çalışıp çalışmadığı sorusu yöneltilmiştir; ankete katılanların 36'sı çalışıyorum ve 35'i çalışmıyorum cevabını vermiştir. Çalışanlar toplam katılımcıların %50,7'sini oluştururken çalışmayanlarda bu oran %49,3'tür.

6. ARAŞTIRMANIN BULGULARI

Araştırma kapsamında elde edilen veriler SPSS 28 programı ile analiz edilmiştir. Microsoft Forms üzerinden yapılan anket yoluyla toplanan tüm veriler SPSS 28 programına aktarılmış ve daha sonra frekans analizine tabii tutulmuştur. Frekans analizinin ardından ölçeklerin faktör ve güvenilirlik analizi yapılarak çıkan sonuçlara göre analize devam edilmiştir. Daha sonra verilerin dağılımını görebilmek için beş ayrı normallik testi yapılmış ve bu beş testten 3 tanesinde normallik özelliğini kapsayan faktörlerin normal dağılıma uyduğu varsayılmıştır. Son olarak hipotezleri test etmek için yani endüstri 4.0 teknolojilerinin tedarik zincirinde kullanımı ile ilgili belirlenen boyutların ürün değeri ve müşteri memnuniyetine etkisi olup olmadığının bulunması için tek örneklem t-testi uygulanmıştır. Ayrıca ürün değerinin müşteri memnuniyetine etkisi de basit doğrusal regresyon analizi ile test edilmiştir.

6.1. Frekans Analizi

6.1.1. Ürün Değeri Ölçeğine Ait Frekans Analizi

Bu bölümde, anket katılımcılarının algılanan ürün değeri ile ilgili 20 yargıya verdikleri cevaplara ait frekans dağılımları Tablo 6.1, Tablo 6.2, Tablo 6.3, Tablo 6.4, Tablo 6.5, Tablo 6.6, Tablo 6.7, Tablo 6.8, Tablo 6.9, Tablo 6.10, Tablo 6.11, Tablo 6.12, Tablo 6.13, Tablo 6.14, Tablo 6.15, Tablo 6.16, Tablo 6.17, Tablo 6. 18, Tablo 6.19 ve Tablo 6.20’ de verilmiştir.

Tablo 6.1: “Tedarik zincirinde gerçek zamanlılık sayesinde bilgilerin doğruluk ve güvenilirliğinin artması satın aldığım ürüne yönelik bakış açımı etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.

	Frekanslar	Yüzdeler
Hiç Katılmıyorum	2	2,8
Katılmıyorum	1	1,4
Katılıp Katılmama Oranım Eşit	3	4,2
Katılıyorum	43	60,6
Tamamen Katılıyorum	22	31,0
Ortalama: 4,15; Standart Sapma: 0,80		

Anket katılımcılarının %91,6'sı tedarik zincirinde gerçek zamanlılık sayesinde bilgilerin doğruluk ve güvenilirliğinin artmasının satın aldıkları ürüne yönelik bakış açılarını değiştirdiği ifadesine katılmaktadır. Bu ifadeye katılmayan katılımcıların oranı ise %4,2'dir. Bu ifadeye katılıp katılmama oranının eşit olduğunu belirten katılımcıların toplamda katılan katılımcıların %4,2'sini oluşturmaktadır.

Tablo 6.2: “Tedarik zincirinde gerçek zamanlılık sayesinde verilerin hızla değerlendirilip sonuçların eş zamanlı olarak sunulabilmesi satın aldığım ürüne yönelik bakış açımı etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.

	Frekanslar	Yüzdelere
Hiç Katılmıyorum	0	0,0
Katılmıyorum	1	1,4
Katılıp Katılmama Oranım Eşit	4	5,6
Katılıyorum	36	50,7
Tamamen Katılıyorum	30	42,3
Ortalama: 4,33; Standart Sapma: 0,65		

Anket katılımcılarının %93'ü tedarik zincirinde gerçek zamanlılık sayesinde verilerin hızla değerlendirilip sonuçların eş zamanlı olarak sunulabilmesinin satın aldıkları ürüne yönelik bakış açılarını değiştirdiğini ifade etmektedir. Bu ifadeye katılmayan katılımcıların oranı ise %1,4'tür. Bu ifadeye katılıp katılmama oranının eşit olduğunu belirten katılımcıların toplamda katılan katılımcıların %5,6'sını oluşturmaktadır.

Tablo 6.3: “Tedarik zincirinde gerçek zamanlılık sayesinde müşterilere kişiselleştirilmiş çözümler sunulabilmesi satın aldığım ürüne yönelik bakış açımı etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.

	Frekanslar	Yüzdelere
Hiç Katılmıyorum	1	1,4
Katılmıyorum	2	2,8
Katılıp Katılmama Oranım Eşit	6	8,5
Katılıyorum	34	47,9
Tamamen Katılıyorum	28	39,4
Ortalama: 4,21; Standart Sapma: 0,82		

Katılımcıların %87,3'ü tedarik zincirinde gerçek zamanlılık sayesinde müşterilere kişiselleştirilmiş çözümler sunulabilmesinin satın aldıkları ürüne yönelik bakış açılarını değiştirdiğini ifade etmektedir. Bu ifadeye katılmayanların oranı ise %4,2'dir.

Tablo 6.4: “Tedarik zincirinde gerçek zamanlılık sayesinde müşteri iletişiminin hızlanması ve sorunlara daha hızlı çözümler üretilebilmesi satın aldığım ürüne yönelik bakış açımı etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.

	Frekanslar	Yüzdeler
Hiç Katılmıyorum	1	1,4
Katılmıyorum	6	8,5
Katılıp Katılmama Oranım Eşit	7	9,9
Katılıyorum	35	49,3
Tamamen Katılıyorum	22	31,0
Ortalama: 4,00; Standart Sapma: 0,94		

Katılımcıların %80,3'ü tedarik zincirinde gerçek zamanlılık sayesinde müşteri iletişiminin hızlanmasının ve sorunlara daha hızlı çözümler üretilebilmesinin satın aldıkları ürüne yönelik bakış açılarını değiştirdiğini ifade etmektedir. Bu ifadeye katılmayanların oranı ise %9,9'dur.

Tablo 6.5: “Tedarik zincirinde gerçek zamanlılık sayesinde ürünlerin kalite kontrolünün aktif bir şekilde sağlanabilmesi satın aldığım ürüne yönelik bakış açımı etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.

	Frekanslar	Yüzdeler
Hiç Katılmıyorum	2	2,8
Katılmıyorum	2	2,8
Katılıp Katılmama Oranım Eşit	11	15,5
Katılıyorum	37	52,1
Tamamen Katılıyorum	19	26,8
Ortalama: 3,97; Standart Sapma: 0,83		

Katılımcıların %78,9'u tedarik zincirinde gerçek zamanlılık sayesinde ürünlerin kalite kontrolünün aktif bir şekilde sağlanabilmesinin satın aldıkları ürüne yönelik bakış açılarını değiştirdiğini ifade etmektedir. Bu ifadeye katılmayanların oranı %5,6'dır.

Tablo 6.6: “Tedarik zincirinde esneklik sayesinde firma sistemlerinin müşterilerin çok boyutlu ihtiyaçlarına ve bir üründe meydana gelebilecek herhangi bir değişikliğe yanıt verebilmesi veya bunlara göre uyarlanabilirliği satın aldığım ürüne yönelik bakış açımı etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.

	Frekanslar	Yüzde
Hiç Katılmıyorum	1	1,4
Katılmıyorum	2	2,8
Katılıp Katılmama Oranım Eşit	3	4,2
Katılıyorum	38	53,5
Tamamen Katılıyorum	27	38,0
Ortalama: 4,23; Standart Sapma: 0,78		

Katılımcıların %81,5’u tedarik zincirinde esneklik sayesinde firma sistemlerinin müşterilerin çok boyutlu ihtiyaçlarına ve bir üründe meydana gelebilecek herhangi bir değişikliğe yanıt verebilmesi veya bunlara göre uyarlanabilirliğinin satın aldıkları ürüne yönelik bakış açılarını değiştirdiğini ifade etmektedir. Bu ifadeye katılmayanların oranı %4,2’dir. Bu ifadeye katılıp katılmama oranının eşit olduğunu belirten katılımcıların toplamda katılan katılımcıların %4,2’sini oluşturmaktadır.

Tablo 6.7: “Tedarik zincirinde esneklik sayesinde firmaların yaygın veya yoğun dağıtım kapsamı sağlayabilmesi satın aldığım ürüne yönelik bakış açımı etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.

	Frekanslar	Yüzde
Hiç Katılmıyorum	1	1,4
Katılmıyorum	4	5,6
Katılıp Katılmama Oranım Eşit	12	16,9
Katılıyorum	31	43,7
Tamamen Katılıyorum	23	32,4
Ortalama: 4,00; Standart Sapma: 0,92		

Katılımcıların %76,1’i tedarik zincirinde esnekliğinin bir boyutu olan firmaların yaygın veya yoğun dağıtım kapsamı sağlama yeteneğinin satın aldıkları ürüne yönelik bakış açılarını değiştirdiğini ifade etmektedir. Bu ifadeye katılmayanların oranı %7’dir. Bu ifadeye katılıp katılmama oranının eşit olduğunu belirten katılımcıların toplamda katılan katılımcıların %16,9’unu oluşturmaktadır.

Tablo 6.8: “Tedarik zincirinde esneklik sayesinde bir firmanın piyasa talebindeki nicel değişikliklere uyum sağlayabilmesi satın aldığım ürüne yönelik bakış açımı etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.

	Frekanslar	Yüzdelere
Hiç Katılmıyorum	0	0,0
Katılmıyorum	7	9,9
Katılıp Katılmama Oranım Eşit	5	7,0
Katılıyorum	36	50,7
Tamamen Katılıyorum	23	32,4
Ortalama: 4,05; Standart Sapma: 0,89		

Katılımcıların %83,1'i tedarik zincirinde esneklik sayesinde bir firmanın piyasa talebindeki nicel değişikliklere uyum sağlayabilmesinin satın aldıkları ürüne yönelik bakış açılarını değiştirdiğini %9,9'u aksini ifade etmektedir.

Tablo 6.9: “Tedarik zincirinde esneklik sayesinde bir firmanın değişen iş ortamına yanıt olarak piyasaya yeni parçalar ve ürünler sunabilmesi aldığım ürüne yönelik bakış açımı etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.

	Frekanslar	Yüzdelere
Hiç Katılmıyorum	1	1,4
Katılmıyorum	3	4,2
Katılıp Katılmama Oranım Eşit	8	11,3
Katılıyorum	37	52,1
Tamamen Katılıyorum	22	31,0
Ortalama: 4,07; Standart Sapma: 0,85		

Katılımcıların %83,1'i tedarik zincirinde esneklik sayesinde bir firmanın değişen iş ortamına yanıt olarak piyasaya yeni parçalar ve ürünler sunabilmesinin satın aldıkları ürüne yönelik bakış açılarını değiştirdiğini %5,6'sı aksini ifade etmektedir.

Tablo 6.10: “Tedarik zincirinde esneklik sayesinde firmaların üretim süreçlerini daha verimli ve etkili kullanabilmesi satın aldığım ürüne yönelik bakış açımı etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.

	Frekanslar	Yüzdelere
Hiç Katılmıyorum	3	4,2
Katılmıyorum	10	14,1
Katılıp Katılmama Oranım Eşit	11	15,5
Katılıyorum	31	43,7
Tamamen Katılıyorum	16	22,5
Ortalama: 3,66; Standart Sapma: 1.10		

Katılımcıların %66,2'si Tedarik zincirinde esneklik sayesinde firmaların üretim süreçlerini daha verimli ve etkili kullanabilmesinin satın aldıkları ürüne yönelik bakış açılarını değiştirdiğini ifade etmektedir. Bu ifadeye katılmayanların oranı %18,3'tür.

Tablo 6.11: “Tedarik zincirinde şeffaflık sayesinde ürünlerin yolculuğunun izlenebilmesi satın aldığım ürüne yönelik bakış açımı etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.

	Frekanslar	Yüzdelere
Hiç Katılmıyorum	2	2,8
Katılmıyorum	2	2,8
Katılıp Katılmama Oranım Eşit	3	4,2
Katılıyorum	34	47,9
Tamamen Katılıyorum	30	42,3
Ortalama: 4,23; Standart Sapma: 0,88		

Katılımcıların %90,2'si tedarik zincirinde şeffaflık sayesinde ürünlerin yolculuğunun izlenebilmesinin satın aldıkları ürüne yönelik bakış açılarını değiştirdiğini ifade etmektedir. Bu ifadeye katılmayanların oranı %5,6'dır.

Tablo 6.12: “Tedarik zincirinde şeffaflık sayesinde firmaların biyoçeşitlilik, karbon emisyonu, çocuk işçi, tekstil atıkları ve geri dönüşüm gibi konularda kendisinin ve tedarikçilerinin politikalarını ifşa etmesi ve yayımlaması satın aldığım ürüne yönelik bakış açımı etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.

	Frekanslar	Yüzdelere
Hiç Katılmıyorum	3	4,2
Katılmıyorum	2	2,8
Katılıp Katılmama Oranım Eşit	10	14,1
Katılıyorum	32	45,1
Tamamen Katılıyorum	24	33,8
Ortalama: 4,01; Standart Sapma: 0,89		

Katılımcıların %78,9'u tedarik zincirinde şeffaflık sayesinde firmaların biyoçeşitlilik, karbon emisyonu, çocuk işçi, tekstil atıkları ve geri dönüşüm gibi konularda kendisinin ve tedarikçilerinin politikalarını ifşa etmesi ve yayımlamasının satın aldıkları ürüne yönelik bakış açılarını değiştirdiğini ifade etmektedir. Bu ifadeye katılıp katılmama oranının eşit olduğunu belirten katılımcıların toplamda katılan katılımcıların %14,1'ini oluşturmaktadır.

Tablo 6.13: “Tedarik zincirinde şeffaflık sayesinde şirketlerin tedarik zinciri boyunca çalışanların ve çevrenin korunması için belirlediği standartlar ve hedeflerin paylaşılması satın aldığım ürüne yönelik bakış açımı etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.

	Frekanslar	Yüzdeler
Hiç Katılmıyorum	3	4,2
Katılmıyorum	6	8,5
Katılıp Katılmama Oranım Eşit	7	9,9
Katılıyorum	29	40,8
Tamamen Katılıyorum	26	36,6

Katılımcıların %77,4’ü tedarik zincirinde şeffaflık sayesinde şirketlerin tedarik zinciri boyunca çalışanların ve çevrenin korunması için şirketin belirlediği standartlar ve hedeflerin paylaşılmasının satın aldıkları ürüne yönelik bakış açılarını değiştirdiğini ifade etmektedir. Bu ifadeye katılmayanların oranı %12,7’dir. Bu ifadeye katılıp katılmama oranının eşit olduğunu belirten katılımcıların toplamda katılan katılımcıların %9,9’unu oluşturmaktadır.

Tablo 6.14: “Tedarik zincirinde şeffaflık sayesinde firmaların politikalarını uygulaması, değerlendirmesi ve bu değerlendirmelerin sonuçlarını paylaşması satın aldığım ürüne yönelik bakış açımı etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.

	Frekanslar	Yüzdeler
Hiç Katılmıyorum	3	4,2
Katılmıyorum	10	14,1
Katılıp Katılmama Oranım Eşit	17	23,9
Katılıyorum	31	43,7
Tamamen Katılıyorum	10	14,1
Ortalama: 3,49; Standart Sapma: 1,04		

Katılımcıların %57,8’i tedarik zincirinde şeffaflık sayesinde firmaların politikalarını uygulaması, değerlendirmesi ve bu değerlendirmelerin sonuçlarını paylaşılmasının satın aldıkları ürüne yönelik bakış açılarını değiştirdiğini ifade etmektedir. Bu ifadeye katılmayanların oranı %18,3’tür. Bu ifadeye katılıp katılmama oranının eşit olduğunu belirten katılımcıların toplamda katılan katılımcıların %23,9’unu oluşturmaktadır.

Tablo 6.15: “Tedarik zincirinde şeffaflık sayesinde firmaların tedarik zincirindeki sosyal ve çevresel sorunları ele almak için çok paydaşlı girişimler, sivil toplum kuruluşları, sendikalar ile ne ölçüde birlikte çalıştığını ve yaptıkları faaliyetleri kamuya duyurması satın aldığı ürüne yönelik bakış açımı etkiler” sorusunun frekans dağılımı.

	Frekanslar	Yüzdeler
Hiç Katılmıyorum	2	2,8
Katılmıyorum	7	9,9
Katılıp Katılmama Oranım Eşit	15	21,1
Katılıyorum	29	40,8
Tamamen Katılıyorum	18	25,4
Ortalama: 3,76; Standart Sapma: 1,03		

Katılımcıların %66,2’si tedarik zincirinin tedarik zincirinde şeffaflık sayesinde firmaların tedarik zincirindeki sosyal ve çevresel sorunları ele almak için çok paydaşlı girişimler, sivil toplum kuruluşları, sendikalar ile ne ölçüde birlikte çalıştığını ve yaptıkları faaliyetleri kamuya duyurmasının satın aldıkları ürüne yönelik bakış açılarını değiştirdiğini ifade etmektedir. Bu ifadeye katılmayanların oranı %12,7’dir. Bu ifadeye katılıp katılmama oranının eşit olduğunu belirten katılımcıların toplamda katılan katılımcıların %21,1’ini oluşturmaktadır.

Tablo 6.16: “Tedarik zincirinde iş birliği sayesinde tedarik zinciri unsurlarının aynı amaca hizmet etmesi satın aldığı ürüne yönelik bakış açımı etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.

	Frekanslar	Yüzdeler
Hiç Katılmıyorum	1	1,4
Katılmıyorum	9	12,7
Katılıp Katılmama Oranım Eşit	15	21,1
Katılıyorum	32	45,1
Tamamen Katılıyorum	14	19,7
Ortalama: 3,69; Standart Sapma: 0,97		

Katılımcıların %64,8’i tedarik zincirinde iş birliği sayesinde tedarik zinciri unsurların aynı amaca hizmet etmesinin satın aldıkları ürüne yönelik bakış açılarını değiştirdiğini ifade etmektedir. Bu ifadeye katılmayanların oranı %14,1’dir. Bu ifadeye katılıp katılmama oranının eşit olduğunu belirten katılımcıların toplamda katılan katılımcıların %21,1’ini oluşturmaktadır.

Tablo 6.17: “Tedarik zincirinde iş birliği sayesinde daha hızlı tedarik ağlarının yaratılması satın aldığım ürüne yönelik bakış açımı etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.

	Frekanslar	Yüzde
Hiç Katılmıyorum	3	4,2
Katılmıyorum	9	12,7
Katılıp Katılmama Oranım Eşit	15	21,1
Katılıyorum	30	42,3
Tamamen Katılıyorum	14	19,7
Ortalama: 3,60; Standart Sapma: 1,07		

Katılımcıların %62’si tedarik zincirinde iş birliği sayesinde daha hızlı tedarik ağlarının yaratılmasının satın aldıkları ürüne yönelik bakış açılarını değiştirdiğini ifade etmektedir. Bu ifadeye katılmayanların oranı %16,9’dur.

Tablo 6.18: “Tedarik zincirinde iş birliği sayesinde üretim gereksinimleri, ürün çeşitliliği, özelleştirme ve sıkı üretim programlarına uyum sağlanabilmesi satın aldığım ürüne yönelik bakış açımı etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.

	Frekanslar	Yüzde
Hiç Katılmıyorum	3	4,2
Katılmıyorum	7	9,9
Katılıp Katılmama Oranım Eşit	16	22,5
Katılıyorum	29	40,8
Tamamen Katılıyorum	16	22,5
Ortalama: 3,67; Standart Sapma: 1,06		

Katılımcıların %63,3’ü üretim gereksinimleri, ürün çeşitliliği, özelleştirme ve sıkı üretim programlarına uyum sağlanabilmesinin satın aldıkları ürüne yönelik bakış açılarını değiştirdiğini ifade etmektedir. Bu ifadeye katılmayanların oranı %16,9’dur.

Tablo 6.19: “Tedarik zincirinde iş birliği sayesinde üretim kalitesinin artması satın aldığım ürüne yönelik bakış açımı etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.

	Frekanslar	Yüzde
Hiç Katılmıyorum	0	0,0
Katılmıyorum	4	5,6
Katılıp Katılmama Oranım Eşit	8	11,3
Katılıyorum	41	57,7
Tamamen Katılıyorum	18	25,4
Ortalama: 4,02; Standart Sapma: 0,77		

Katılımcıların %83,1'i tedarik zincirinde iş birliği sayesinde üretim kalitesinin artmasının satın aldıkları ürüne yönelik bakış açılarını değiştirdiğini ifade etmektedir. Bu ifadeye katılmayanların oranı %5,6'dır.

Tablo 6.20: “Tedarik zincirinde iş birliği sayesinde tedarik zinciri üyeleri arasında güvenin sağlanması satın aldığım ürüne yönelik bakış açımı etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.

	Frekanslar	Yüzde
Hiç Katılmıyorum	0	0,0
Katılmıyorum	9	12,7
Katılıp Katılmama Oranım Eşit	18	25,4
Katılıyorum	26	36,6
Tamamen Katılıyorum	18	25,4
Ortalama: 3,74; Standart Sapma: 0,98		

Katılımcıların %62'si tedarik zincirinde iş birliği sayesinde tedarik zinciri üyeleri arasında güvenin sağlanmasının satın aldıkları ürüne yönelik bakış açılarını değiştirdiğini ifade etmektedir. Bu ifadeye katılmayanların oranı %12,7'dir.

6.1.2. Müşteri Memnuniyeti Ölçeğine Ait Frekans Analizi

Bu bölümde, anket katılımcılarının müşteri memnuniyeti ile ilgili 20 yargıya verdikleri cevaplara ait frekans dağılımları Tablo 6.21, Tablo 6.22, Tablo 6.23, Tablo 6.24, Tablo 6.25, Tablo 6.26, Tablo 6.27, Tablo 6.28, Tablo 6.29, Tablo 6.30, Tablo 6.31, Tablo 6.32, Tablo 6.33, Tablo 6.34, Tablo 6.35, Tablo 6.36, Tablo 6.37, Tablo 6.38, Tablo 6.39 ve Tablo 6.40' de verilmiştir.

Tablo 6.21: “Tedarik zincirinde gerçek zamanlılık sayesinde bilgilerin doğruluk ve güvenilirliğinin artması aldığım ürün ve hizmetlere dair memnuniyetimi etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.

	Frekanslar	Yüzde
Hiç Katılmıyorum	2	2,8
Katılmıyorum	1	1,4
Katılıp Katılmama Oranım Eşit	3	4,2
Katılıyorum	44	62,0
Tamamen Katılıyorum	21	29,6
Ortalama: 4,14; Standart Sapma: 0,79		

Katılımcıların %91,6'sı tedarik zincirinde gerçek zamanlılık sayesinde bilgilerin doğruluk ve güvenilirliğinin artmasının aldıkları ürün ve hizmetlere dair memnuniyetlerini etkilediğini ifade etmektedir. Bu ifadeye katılmayanların oranı ise %4,2'dir.

Tablo 6.22: “Tedarik zincirinde gerçek zamanlılık sayesinde verilerin hızla değerlendirilip sonuçların eş zamanlı olarak sunulabilmesi aldığım ürün ve hizmetlere dair memnuniyetimi etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.

	Frekanslar	Yüzdeler
Hiç Katılmıyorum	0	0,0
Katılmıyorum	1	1,4
Katılıp Katılmama Oranım Eşit	6	8,5
Katılıyorum	35	49,3
Tamamen Katılıyorum	29	40,8
Ortalama: 4,29; Standart Sapma: 0,68		

Katılımcıların %90,2'si tedarik zincirinde gerçek zamanlılık sayesinde verilerin hızla değerlendirilip sonuçların eş zamanlı olarak sunulabilmesinin aldıkları ürün ve hizmetlere dair memnuniyetlerini etkilediğini ifade etmektedir. Bu ifadeye katılmayanların oranı ise %1,4'tür.

Tablo 6.23: “Tedarik zincirinde gerçek zamanlılık sayesinde kişiselleştirilmiş çözümler sunulabilmesi aldığım ürün ve hizmetlere dair memnuniyetimi etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.

	Frekanslar	Yüzdeler
Hiç Katılmıyorum	1	1,4
Katılmıyorum	4	5,6
Katılıp Katılmama Oranım Eşit	5	7,0
Katılıyorum	34	47,9
Tamamen Katılıyorum	27	38,0
Ortalama: 4,15; Standart Sapma: 0,88		

Katılımcıların %85,9'u tedarik zincirinde gerçek zamanlılık sayesinde kişiselleştirilmiş çözümler sunulabilmesinin aldıkları ürün ve hizmetlere dair memnuniyetlerini etkilediğini ifade etmektedir. Bu ifadeye katılmayanların oranı ise %7'dir.

Tablo 6.24: “Tedarik zincirinde gerçek zamanlılık sayesinde müşteri iletişiminin hızlanması ve sorunlara daha hızlı çözümler üretilebilmesi aldığım ürün ve hizmetlere dair memnuniyetimi etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.

	Frekanslar	Yüzdeler
Hiç Katılmıyorum	1	1,4
Katılmıyorum	2	2,8
Katılıp Katılmama Oranım Eşit	7	9,9
Katılıyorum	37	52,1
Tamamen Katılıyorum	24	33,8
Ortalama: 4,14; Standart Sapma: 0,81		

Katılımcıların %85,9’u tedarik zincirinde gerçek zamanlılık sayesinde müşteri iletişiminin hızlanmasının ve sorunlara daha hızlı çözümler üretilebilmesinin aldıkları ürün ve hizmetlere dair memnuniyetlerini etkilediğini ifade etmektedir. Bu ifadeye katılmayanların oranı ise %4,2’dir. Bu ifadeye katılıp katılmama oranının eşit olduğunu belirten anket katılımcıları toplamda katılan katılımcıların %9,9’unu oluşturmaktadır.

Tablo 6.25: “Tedarik zincirinde gerçek zamanlılık sayesinde ürünlerin kalite kontrolünün aktif bir şekilde sağlanabilmesi aldığım ürün ve hizmetlere dair memnuniyetimi etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.

	Frekanslar	Yüzdeler
Hiç Katılmıyorum	1	1,4
Katılmıyorum	1	1,4
Katılıp Katılmama Oranım Eşit	6	8,5
Katılıyorum	40	56,3
Tamamen Katılıyorum	23	32,4
Ortalama: 4,16; Standart Sapma: 0,75		

Ankete katılım sağlayanların %88,7’si tedarik zincirinde gerçek zamanlılık sayesinde ürünlerin kalite kontrolünün aktif bir şekilde sağlanabilmesinin aldıkları ürün ve hizmetlere dair memnuniyetlerini etkilediğini ifade etmektedir. Bu ifadeye katılmayanların oranı ise %2,8’dir. Bu ifadeye katılıp katılmama oranının eşit olduğunu belirten anket katılımcıları toplamda katılan katılımcıların %8,5’inin oluşturmaktadır.

Tablo 6.26: “Tedarik zincirinde esneklik sayesinde firma sistemlerinin müşterilerin çok boyutlu ihtiyaçlarına ve bir üründe meydana gelebilecek herhangi bir değişikliğe yanıt verebilmesi veya bunlara göre uyarlanabilirliği aldığım ürün ve hizmetlere dair memnuniyetimi etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.

	Frekanslar	Yüzdelere
Hiç Katılmıyorum	1	1,4
Katılmıyorum	1	1,4
Katılıp Katılmama Oranım Eşit	5	7,0
Katılıyorum	37	52,1
Tamamen Katılıyorum	27	38,0
Ortalama: 4,23; Standart Sapma: 0,76		

Katılımcıların %90,1'i tedarik zincirinde esneklik sayesinde firma sistemlerinin müşterilerin çok boyutlu ihtiyaçlarına ve bir üründe meydana gelebilecek herhangi bir değişikliğe yanıt verebilmesinin veya bunlara göre uyarlanabilirliğinin aldıkları ürün ve hizmetlere dair memnuniyetlerini etkilediğini ifade etmektedir. Bu ifadeye katılmayanların oranı %2,8'dir.

Tablo 6.27: “Tedarik zincirinde esneklik sayesinde firmaların yaygın veya yoğun dağıtım kapsamı sağlayabilmesi aldığım ürün ve hizmetlere dair memnuniyetimi etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.

	Frekanslar	Yüzdelere
Hiç Katılmıyorum	1	1,4
Katılmıyorum	5	7,0
Katılıp Katılmama Oranım Eşit	7	9,9
Katılıyorum	34	47,9
Tamamen Katılıyorum	24	33,8
Ortalama: 4,05; Standart Sapma: 0,92		

Katılımcıların %81,7'si tedarik zincirinde esneklik sayesinde firmaların yaygın veya yoğun dağıtım kapsamı sağlama yeteneğinin aldıkları ürün ve hizmetlere dair memnuniyetlerini etkilediğini ifade etmektedir. Bu ifadeye katılmayanların oranı %8,4'tür. Bu ifadeye katılıp katılmama oranının eşit olduğunu belirten katılımcıların toplamda katılan katılımcıların %9,9'unu oluşturmaktadır.

Tablo 6.28: "Tedarik zincirinde esneklik sayesinde bir firmanın piyasa talebindeki nicel değişikliklere uyum sağlayabilmesi aldığım ürün ve hizmetlere dair memnuniyetimi etkiler." sorusunun frekans dağılımı.

	Frekanslar	Yüzdeler
Hiç Katılmıyorum	0	0,0
Katılmıyorum	4	5,6
Katılıp Katılmama Oranım Eşit	8	11,3
Katılıyorum	32	45,1
Tamamen Katılıyorum	27	38,0
Ortalama: 4,15; Standart Sapma: 0,83		

Katılımcıların %83,1'i tedarik zincirinde esneklik sayesinde bir firmanın piyasa talebindeki nicel değişikliklere uyum sağlayabilmesinin aldıkları ürün ve hizmetlere dair memnuniyetlerini etkilediğini ifade etmektedir. Bu ifadeye katılmayanların oranı %5,6'dır. Bu ifadeye katılıp katılmama oranının eşit olduğunu belirten katılımcılar toplamda katılan katılımcıların %11,3'ünü oluşturmaktadır.

Tablo 6.29: "Tedarik zincirinde esneklik sayesinde bir firmanın değişen iş ortamına yanıt olarak piyasaya yeni parçalar ve ürünler sunabilmesi aldığım ürün ve hizmetlere dair memnuniyetimi etkiler." sorusunun frekans dağılımı.

	Frekanslar	Yüzdeler
Hiç Katılmıyorum	1	1,4
Katılmıyorum	2	2,8
Katılıp Katılmama Oranım Eşit	8	11,3
Katılıyorum	38	53,5
Tamamen Katılıyorum	22	31,0
Ortalama: 4,09; Standart Sapma: 0,81		

Ankete katılım sağlayanların %84,5'i tedarik zincirinde esneklik sayesinde bir firmanın değişen iş ortamına yanıt olarak piyasaya yeni parçalar ve ürünler sunabilmesinin aldıkları ürün ve hizmetlere dair memnuniyetlerini etkilediğini ifade etmektedir. Belirtilen ifadeye katılmayanların katılımcıların oranı ise %4,2'dir. Bu ifadeye katılıp katılmama oranının eşit olduğunu belirten anket katılımcıları toplamda katılan katılımcıların %11,3'ünü oluşturmaktadır.

Tablo 6.30: “Tedarik zincirinde esneklik sayesinde firmaların üretim süreçlerini daha verimli ve etkili kullanabilmesi aldığım ürün ve hizmetlere dair memnuniyetimi etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.

	Frekanslar	Yüzdeler
Hiç Katılmıyorum	3	4,2
Katılmıyorum	10	14,1
Katılıp Katılmama Oranım Eşit	8	11,3
Katılıyorum	31	43,7
Tamamen Katılıyorum	19	26,8
Ortalama: 3,74; Standart Sapma: 1.13		

Katılımcıların %70,5’i tedarik zincirinde esneklik sayesinde firmaların üretim süreçlerini daha verimli ve etkili kullanabilmesinin aldıkları ürün ve hizmetlere dair memnuniyetlerini etkilediğini ifade etmektedir. Katılmayanların oranı %18,3’tür.

Tablo 6.31: “Tedarik zincirinde şeffaflık sayesinde ürünlerin yolculuğunun izlenebilmesi aldığım ürün ve hizmetlere dair memnuniyetimi etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.

	Frekanslar	Yüzdeler
Hiç Katılmıyorum	2	2,8
Katılmıyorum	1	1,4
Katılıp Katılmama Oranım Eşit	6	8,5
Katılıyorum	28	39,4
Tamamen Katılıyorum	34	47,9
Ortalama: 4,28; Standart Sapma: 0,90		

Katılımcıların %87,3’ü tedarik zincirinde şeffaflık sayesinde ürünlerin yolculuğunun izlenebilmesinin aldıkları ürün ve hizmetlere dair memnuniyetlerini etkilediğini ifade etmektedir. Bu ifadeye katılmayanların oranı %4,2’dir.

Tablo 6.32: “Tedarik zincirinde şeffaflık sayesinde firmaların biyoçeşitlilik, karbon emisyonu, çocuk işçi, tekstil atıkları ve geri dönüşüm gibi konularda kendisinin ve tedarikçilerinin politikalarını ifşa etmesi ve yayımlaması aldığım ürün ve hizmete dair memnuniyetimi etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.

	Frekanslar	Yüzdeler
Hiç Katılmıyorum	2	2,8
Katılmıyorum	3	4,2
Katılıp Katılmama Oranım Eşit	9	12,7
Katılıyorum	26	36,6
Tamamen Katılıyorum	31	43,7
Ortalama: 4,14; Standart Sapma: 0,99		

Katılımcıların %80,3'ü tedarik zincirinde şeffaflık sayesinde firmaların biyoçeşitlilik, karbon emisyonu, çocuk işçi, tekstil atıkları ve geri dönüşüm gibi konularda kendisinin ve tedarikçilerinin politikalarını ifşa etmesi ve yayımlamasının aldıkları ürün ve hizmetlere dair memnuniyetlerini etkilediğini ifade etmektedir. Bu ifadeye katılmayanların oranı %7'dir

Tablo 6.33: “Tedarik zincirinde şeffaflık sayesinde şirketlerin tedarik zinciri boyunca çalışanların ve çevrenin korunması için belirlediği standartlar ve hedeflerin paylaşılması aldığım ürün ve hizmetlere dair memnuniyetimi etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.

	Frekanslar	Yüzde
Hiç Katılmıyorum	2	2,8
Katılmıyorum	6	8,5
Katılıp Katılmama Oranım Eşit	9	12,7
Katılıyorum	30	42,3
Tamamen Katılıyorum	24	33,8
Ortalama: 3,95; Standart Sapma: 1.03		

Katılımcıların %76,1'i tedarik zincirinde şeffaflık sayesinde şirketlerin tedarik zinciri boyunca çalışanların ve çevrenin korunması için şirketin belirlediği standartlar ve hedeflerin paylaşılmasının aldıkları ürün ve hizmetlere dair memnuniyetlerini etkilediğini ifade etmektedir. Bu ifadeye katılmayanların oranı %11,3'tür

Tablo 6.34: “Tedarik zincirinde şeffaflık sayesinde firmaların politikalarını uygulaması, değerlendirmesi ve bu değerlendirmelerin sonuçlarını paylaşması aldığım ürün ve hizmetlere dair memnuniyetimi etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.

	Frekanslar	Yüzde
Hiç Katılmıyorum	3	4,2
Katılmıyorum	11	15,5
Katılıp Katılmama Oranım Eşit	14	19,7
Katılıyorum	32	45,1
Tamamen Katılıyorum	11	15,5
Ortalama: 3.52; Standart Sapma: 1.06		

Katılımcıların %60,6'sı tedarik zincirinde şeffaflık sayesinde firmaların politikalarını uygulaması, değerlendirmesi ve bu değerlendirmelerin sonuçlarını paylaşmasının aldıkları ürün ve hizmetlere dair memnuniyetlerini etkilediğini ifade etmektedir. Bu ifadeye katılmayanların oranı %19,7'dir.

Tablo 6.35: “Tedarik zincirinde şeffaflık sayesinde firmaların tedarik zincirindeki sosyal ve çevresel sorunları ele almak için çok paydaşlı girişimler, sivil toplum kuruluşları, sendikalar ile ne ölçüde birlikte çalıştığını ve yaptıkları faaliyetleri kamuya duyurması satın aldığı ürüne yönelik bakış açımı etkiler” sorusunun frekans dağılımı.

	Frekanslar	Yüzdelere
Hiç Katılmıyorum	2	2,8
Katılmıyorum	7	9,9
Katılıp Katılmama Oranım Eşit	13	18,3
Katılıyorum	29	40,8
Tamamen Katılıyorum	20	28,2
Ortalama: 3,81; Standart Sapma: 1,04		

Katılımcıların %70'i tedarik zincirinde şeffaflık sayesinde firmaların tedarik zincirindeki sosyal ve çevresel sorunları ele almak için çok paydaşlı girişimler, sivil toplum kuruluşları, sendikalar ile ne ölçüde birlikte çalıştığını ve yaptıkları faaliyetleri kamuya duyurmasının aldıkları ürün ve hizmetlere dair memnuniyetlerini etkilediğini ifade etmektedir. Bu ifadeye katılmayanların oranı %12,7'dir. Bu ifadeye katılıp katılmama oranının eşit olduğunu belirten katılımcıların toplamda katılan katılımcıların %18,3'ünü oluşturmaktadır.

Tablo 6.36: “Tedarik zincirinde iş birliği sayesinde tedarik zinciri unsurlarının aynı amaca hizmet etmesi aldığım ürün ve hizmetlere dair memnuniyetimi etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.

	Frekanslar	Yüzdelere
Hiç Katılmıyorum	1	1,4
Katılmıyorum	8	11,3
Katılıp Katılmama Oranım Eşit	13	18,3
Katılıyorum	35	49,3
Tamamen Katılıyorum	14	19,7
Ortalama: 3,74; Standart Sapma: 0,95		

Katılımcıların %69'u tedarik zincirinde iş birliği sayesinde tedarik zinciri unsurların aynı amaca hizmet etmesinin aldıkları ürün ve hizmetlere dair memnuniyetlerini etkilediğini ifade etmektedir. Katılmayanların oranı %12,7'dir. Bu ifadeye katılıp katılmama oranının eşit olduğunu belirten katılımcıların toplamda katılan katılımcıların %18,3'ünü oluşturmaktadır.

Tablo 6.37: “Tedarik zincirinde iş birliği sayesinde daha hızlı tedarik ağlarının yaratılması aldığım ürün ve hizmetlere dair memnuniyetimi etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.

	Frekanslar	Yüzdeler
Hiç Katılmıyorum	3	4,2
Katılmıyorum	7	9,9
Katılıp Katılmama Oranım Eşit	16	22,5
Katılıyorum	29	40,8
Tamamen Katılıyorum	16	22,5
Ortalama: 3,67; Standart Sapma: 1,06		

Katılımcıların %63,3’ü tedarik zincirinde iş birliği sayesinde daha hızlı tedarik ağlarının yaratılmasının aldıkları ürün ve hizmetlere dair memnuniyetlerini etkilediğini ifade etmektedir. Bu ifadeye katılmayanların oranı %14,1’dir. Bu ifadeye katılıp katılmama oranının eşit olduğunu belirten katılımcıların toplamda katılan katılımcıların %22,5’ini oluşturmaktadır.

Tablo 6.38: “Tedarik zincirinde iş birliği sayesinde üretim gereksinimleri, ürün çeşitliliği, özelleştirme ve sıkı üretim programlarına uyum sağlanabilmesi aldığım ürün ve hizmetlere dair memnuniyetimi etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.

	Frekanslar	Yüzdeler
Hiç Katılmıyorum	2	2,8
Katılmıyorum	6	8,5
Katılıp Katılmama Oranım Eşit	16	22,5
Katılıyorum	28	39,4
Tamamen Katılıyorum	19	26,8
Ortalama: 3,78; Standart Sapma: 1,02		

Katılımcıların %66,2’si tedarik zincirinde iş birliği sayesinde üretim gereksinimleri, ürün çeşitliliği, özelleştirme ve sıkı üretim programlarına uyum sağlanabilmesinin aldıkları ürün ve hizmetlere dair memnuniyetlerini etkilediğini ifade etmektedir. Bu ifadeye katılmayanların oranı %11,3’tür. Bu ifadeye katılıp katılmama oranının eşit olduğunu belirten katılımcıların toplamda katılan katılımcıların %22,5’ini oluşturmaktadır.

Tablo 6.39: “Tedarik zincirinde iş birliği sayesinde üretim kalitesinin artması aldığım ürün ve hizmetlere dair memnuniyetimi etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.

	Frekanslar	Yüzdeler
Hiç Katılmıyorum	0	0,0
Katılmıyorum	3	4,2
Katılıp Katılmama Oranım Eşit	7	9,9
Katılıyorum	42	59,2
Tamamen Katılıyorum	19	26,8
Ortalama: 4,08; Standart Sapma: 0,73		

Katılımcıların %86’sı tedarik zincirinde iş birliği sayesinde üretim kalitesinin artmasının aldıkları ürün ve hizmetlere dair memnuniyetlerini etkilediğini ifade etmektedir. Bu ifadeye katılmayanların oranı %4,2’dir

Tablo 6.40: “Tedarik zincirinde iş birliği sayesinde tedarik zinciri üyeleri arasında güvenin sağlanması aldığım ürün ve hizmetlere dair memnuniyetimi etkiler.” sorusunun frekans dağılımı.

	Frekanslar	Yüzdeler
Hiç Katılmıyorum	0	0,0
Katılmıyorum	9	12,7
Katılıp Katılmama Oranım Eşit	16	22,5
Katılıyorum	28	39,4
Tamamen Katılıyorum	18	25,4
Ortalama: 3,77; Standart Sapma: 0,97		

Katılımcıların %64,8’i tedarik zincirinde iş birliği sayesinde tedarik zinciri üyeleri arasında güvenin sağlanmasının aldıkları ürün ve hizmetlere dair memnuniyetlerini etkilediğini ifade etmektedir. Bu ifadeye katılmayanların oranı %12,7’dir.

6.2. Faktör ve Güvenilirlik Analizi

Bu çalışmada ölçeklerin istatistiksel analizine geçilmeden önce faktör ve güvenilirlik testleri yapılmıştır. Anketin güvenilirliğini ölçmek için Cronbach Alpha

katsayısı kullanılmıştır. Çünkü bu katsayısı test ögelerinin bir grup olarak ne kadar yakından ilişkili olduğunun göstergesidir [Web 52, n.d.]. Bu test, iç tutarlılığın bir ifadesidir, yani incelenen ögelerin grup olarak hangi derecede yakından ilişkili olduğunun ifadesidir [Web 53, 2022]. Daha sonra genel doğrusal modelin bir parçası olan faktör analizi uygulanmıştır. Bu yöntemde çeşitli varsayımlar mevcuttur. Bunlar Faktör analizi, ögeler arasında doğrusal bir ilişki vardır, çoklu doğrusallık yoktur, değişkenler ve faktörler arasında gerçek bir korelasyon vardır [Web 54, n.d.]. Bu analiz için mevcut olan analiz yöntemlerinin en yaygın olanı temel bileşen analizi bu çalışmada kullanılmıştır.

6.2.1. Algılanan Ürün Değeri Ölçeği Faktör ve Güvenilirlik Analizi

Algılanan ürün değeri ölçeğinin Cronbach Alpha katsayısı 0,923 olarak hesaplanmıştır. Bu değer yüksek derecede güvenilir olarak kabul edilmektedir [Kalaycı, 2010], [Güriş ve Astar, 2015]. Yapısal geçerliliğin kontrolü için doğrulayıcı faktör analizi uygulanmıştır. Yapılan Barlett testi sonucunda ($p < ,001 < 0,05$) olduğundan değişkenler arası ilişki olduğu kabul edilmiştir. Örnek büyüklüğünün faktör analizi için uygun olup olmadığının anlaşılması için yapılan test sonucunda Kaiser-Meyer-Olkin, KMO=0,837 olarak hesaplanmıştır. Bu değer iyi bir değer olarak kabul edilmektedir. KMO>0.60 olduğundan örnek büyüklüğünün faktör analizi uygulanması için yeterli olduğu anlaşılmaktadır. Faktör analizinin uygulanmasında varimax yöntemi seçilerek değişkenlerin yapısının aynı kalması sağlanmıştır. Sanal kaytarma ölçeği için yapılan faktör analizi sonucunda 4 faktör belirlenmiş ve bu faktörler varyansın %65,497'sinde toplanmıştır. Alpha ve açıklanan varyans değeri ölçeğin güvenli ve geçerli olduğunu göstermektedir. Ankete ait faktör yapısı Tablo 6.41'de gösterildiği gibidir.

6.2.2 Müşteri Memnuniyeti Ölçeği Faktör ve Güvenilirlik Analizi

Müşteri memnuniyeti ölçeğinin Cronbach Alpha katsayısı 0,926 olarak hesaplanmıştır. Bu değer yüksek derecede güvenilir olarak kabul edilmektedir. Anketin yapısal geçerliliğin kontrolü için doğrulayıcı faktör analizi uygulanmıştır. Yapılan Barlett testi sonucunda ($p < ,001 < 0,05$) olduğundan değişkenler arası ilişki

olduğu kabul edilmiştir. Örnek büyüklüğünün faktör analizi için uygun olup olmadığının anlaşılması için yapılan test sonucunda KMO= 0,785 olarak hesaplanmıştır. Bu değer iyi bir değer olarak kabul edilmektedir. KMO>0.60 olduğundan örnek büyüklüğünün faktör analizi uygulanması için yeterli olduğu anlaşılmaktadır. Faktör analizinin uygulanmasında varimax yöntemi seçilerek değişkenlerin yapısının aynı kalması sağlanmıştır. Sanal kaytarma ölçeği için yapılan faktör analizi sonucunda 4 faktör belirlenmiş ve bu faktörler varyansın %66,33'ünde toplanmıştır. Alpha ve açıklanan varyans değeri ölçeğin güvenli ve geçerli olduğunu göstermektedir. Ankete ait faktör yapısı Tablo 6.42'de gösterildiği gibidir.

Tablo 6.41: Algılanan ürün değeri ölçeği faktör analizi.

İfadeler	Faktör Yüğü	Varyans	Cronbach Alpha
Soru 1	0,678	65,50%	0,923
Soru 2	0,662		
Soru 3	0,827		
Soru 4	0,564		
Soru 5	0,773		
Soru 6	0,747		
Soru 7	0,646		
Soru 8	0,636		
Soru 9	0,716		
Soru 10	0,757		
Soru 11	0,666		
Soru 12	0,607		
Soru 13	0,504		
Soru 14	0,611		
Soru 15	0,651		
Soru 16	0,722		
Soru 17	0,753		
Soru 18	0,536		
Soru 19	0,685		
Soru 20	0,608		
Kaiser-Meyer-Olkin(KMO): 0,837 Approx Chi-Square: 823,340 Bartlett's Test of Sphericity: < 0,001 Extraction Method:Principal Companent Analysis Rotation Method: Varimax With Kaiser Normalization Açıklanan Varyans Toplamı: 65,50			

Tablo 6.42: Müşteri memnuniyeti ölçeği faktör analizi.

İfadeler	Faktör Yüğü	Varyans	Cronbach Alpha
Soru 1	0,752	66,33%	0,926
Soru 2	0,813		
Soru 3	0,732		
Soru 4	0,511		
Soru 5	0,768		
Soru 6	0,746		
Soru 7	0,653		
Soru 8	0,611		
Soru 9	0,633		
Soru 10	0,694		
Soru 11	0,602		
Soru 12	0,587		
Soru 13	0,609		
Soru 14	0,734		
Soru 15	0,69		
Soru 16	0,786		
Soru 17	0,679		
Soru 18	0,733		
Soru 19	0,648		
Soru 20	0,771		
Kaiser-Meyer-Olkin (KMO): 0,785 Approx Chi-Square: 888,9333 Bartlett's Test of Sphericity: <0,001 Extraction Method:Principal Component Analysis Rotation Method: Varimax With Kaiser Normalization Açıklanan Varyans Toplamı: 66,328%			

6.3. Normallik Analizi

Verilerin normal dağıldığını anlamak için kullanılacak çeşitli testler vardır. Literatürde bazı çalışmalarda bunların birini kullanıp normalliği ölçen çalışmalar olsa da bu testlerin çoğunluğunun normal sonucunu vermesi daha doğru sonuç vereceğini belirten çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmada normallik; histogram, varyasyon katsayısı, çarpıklık/basıklık, eğilimden arındırılmış Q-Q grafiği ve Kolmogorov-

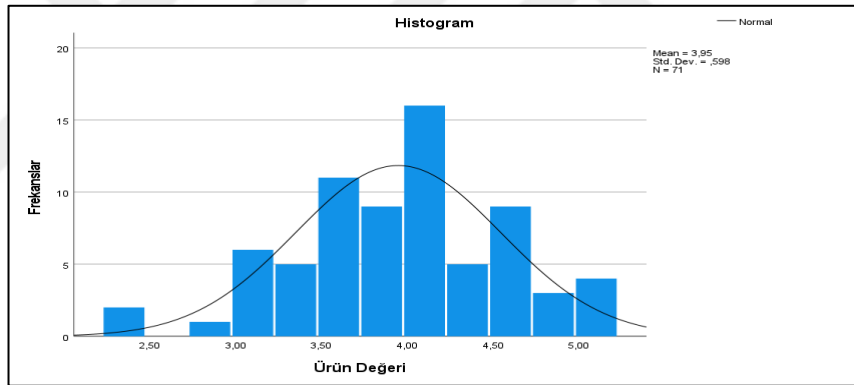
Smirnov ve Shapiro-Wilk normallik testi olmak üzere beş ayrı faktör üzerinden incelenmiş ve verilerin normal dağıldığı sonucuna ulaşılmıştır.

6.3.1. Algılanan Ürün Değeri Ölçeği Normallik Analizi

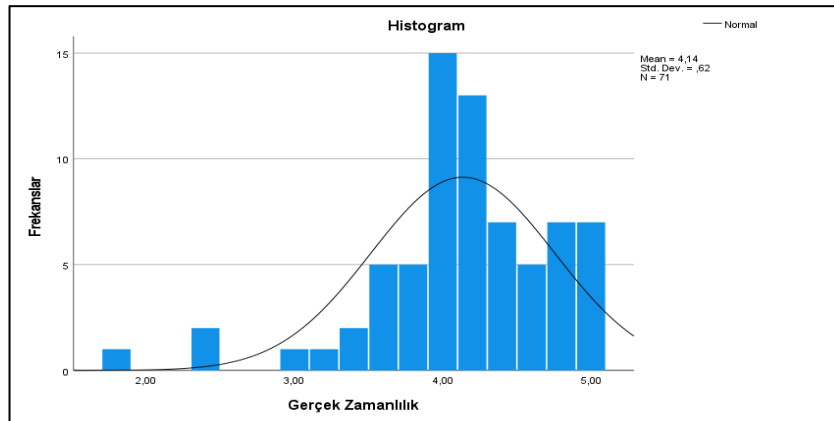
Bu bölümde ürün değeri ölçeğinin normalliği 5 test ile değerlendirilmektedir.

6.3.1.1. Normallik Testi: Histogram (Ürün Değeri Ölçeği için)

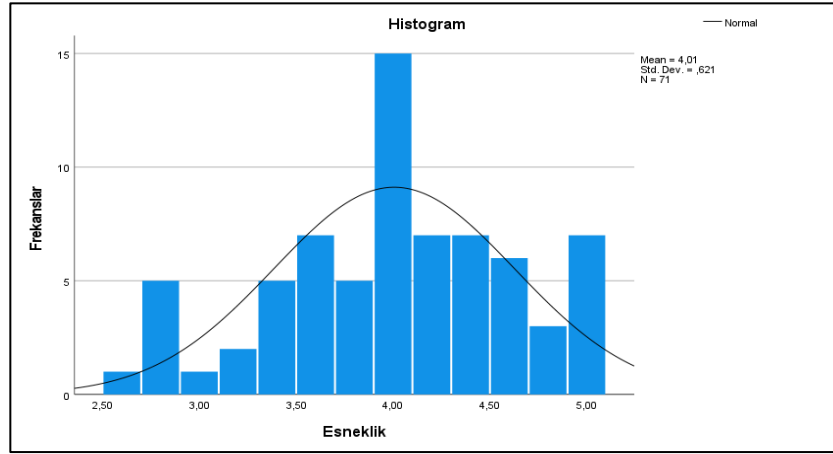
Histogram grafiklerine bakarak ürün değeri ve bunun alt faktörü olan gerçek zamanlılık, esneklik, şeffaflık ve iş birliği verilerinin normal dağıldığı görülebilmektedir. Bununla ilgili histogram grafikleri Şekil 6.1, Şekil 6.2, Şekil 6.3, Şekil 6.4, Şekil 6.5'te sırasıyla verilmiştir.



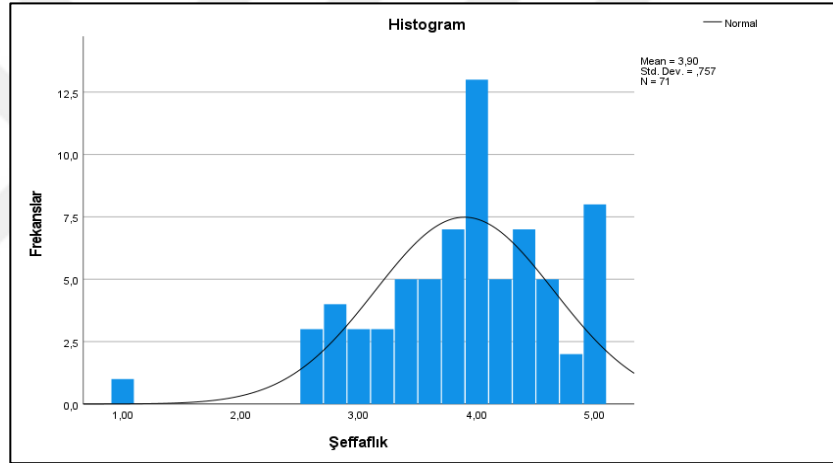
Şekil 6.1: Ürün değeri histogram grafiği.



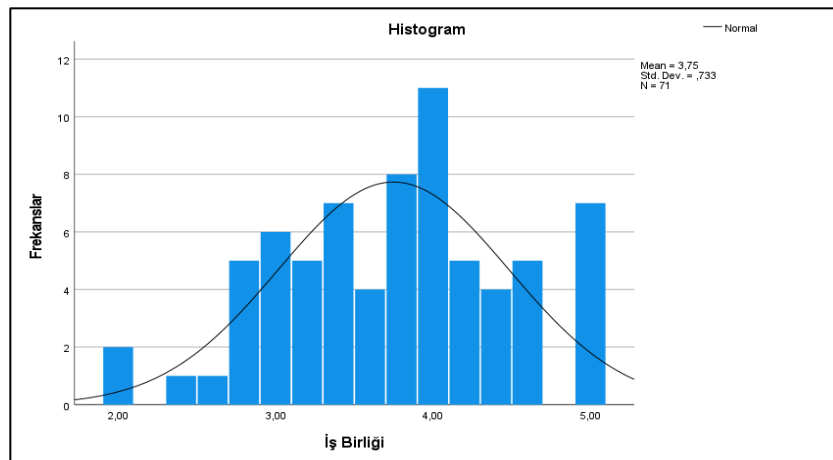
Şekil 6.2: Gerçek zamanlılık histogram grafiği (ürün değeri ölçeği için).



Şekil 6.3: Esneklik histogram grafiği (ürün değeri ölçeği için).



Şekil 6.4: Şeffaflık histogram grafiği (ürün değeri ölçeği için).



Şekil 6.5: İş birliği histogram grafiği (ürün değeri ölçeği için).

6.3.1.2. Normallik Testi: Varyasyon Katsayısı (Ürün Değeri Ölçeği için)

Varyasyon katsayısının standart sapma değerinin ortalama değerine bölünmesiyle ortaya çıkan yüzdelik sonuç olduğu ifade edilmektedir. İyi bir normal dağılım bir veride varyasyon katsayısının yüzde 30'dan az olması gerekiyor. Bu araştırmadaki verilerin varyasyon katsayıları hesaplandığında varyasyon katsayıları sırasıyla 0,152, 0,150, 0,155, 0,194, 0,195 olarak bulunmuştur. Dolayısıyla bu çalışmada bütün faktörlerin varyasyon katsayısına göre normal dağılım gösterdiğini söylenebilmektedir. Faktörlerin varyasyon katsayılarına dair bu sonuçlar Tablo 6.43'te gösterilmektedir.

Tablo 6.43: Algılanan ürün değeri ölçeği varyans katsayısı tablosu.

	Ortalama	Standart Sapma	Varyans Katsayısı
Ürün Değeri	3,9465	0,59799	0,151525482
Gerçek Zamanlılık	4,1352	0,62039	0,150026496
Esneklik	4,0056	0,62149	0,155154717
Şeffaflık	3,8958	0,75658	0,194204798
İş Birliği	3,7493	0,73268	0,195418203

6.3.1.3. Normallik Testi: Çarpıklık Basıklık (Ürün Değeri Ölçeği için)

Çarpıklık ve Basıklık testine göre standart hatanın iki katının çarpıklık veya basıklık değerinin mutlak değerinden büyük olması durumunda verilerin normal dağıldığı varsayılmaktadır. Fakat bu sonuca ulaşabilmek için hem çarpıklık hem de basıklık testinin birlikte incelenip iki testin de normal olduğu sonucuna ulaşılması gerekmektedir.

Bu çalışmada yapılan çarpıklık ve basıklık testleri sonucunda ürün değeri ve alt faktörleri olan esneklik ve iş birliği normal çıkmış ve diğer iki faktör olan gerçek

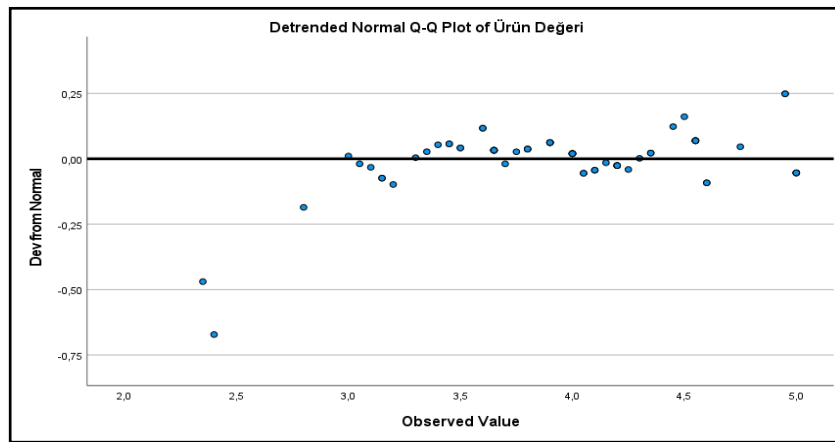
zamanlılık ve şeffaflık normal değil çıkmıştır. Sonuçlara ait çıktılar Tablo 6.44’te verilmiştir.

Tablo 6.44: Algılanan ürün değeri ölçeği çarpıklık basıklık tablosu.

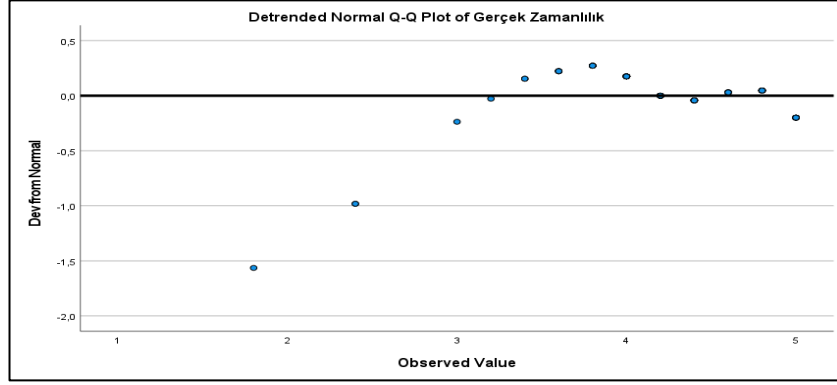
	Çarpıklık	S. Hata	Çarpıklık Normalliği	Basıklık	S. Hata	Basıklık N.	Sonuç
Ürün Değeri	-0,31	0,28	Normal	0,090	0,56	Normal	Normal
Gerçek Zamanlılık	-1,23	0,28	Normal Değil	2,846	0,56	Değil	Değil
Esneklik	-0,31	0,28	Normal	-0,403	0,56	Normal	Normal
Şeffaflık	-0,84	0,28	Normal Değil	1,735	0,56	Değil	Değil
İş Birliği	-0,15	0,28	Normal	-0,378	0,56	Normal	Normal

6.3.1.4. Normallik Testi: Eğilimden Arındırılmış Q-Q (Ürün Değeri Ölçeği için)

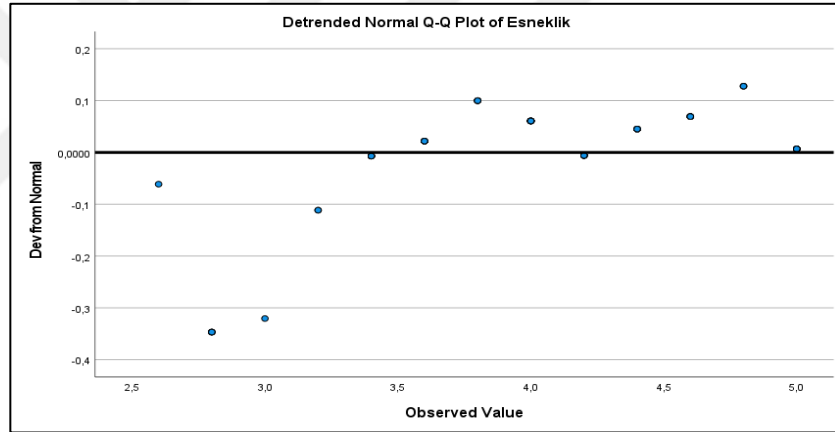
Bu testte verilerin dağılımının şekilli mi rastgele mi saçılmış olduğu gözlemlenmektedir. Rastgele dağılım bize verilerde normal dağılım olduğunu şekilli dağılım ise normal dağılım olmadığını göstermektedir. Bu çalışmada incelenen beş faktörde de rastgele dağılım olduğu Şekil 6.6, Şekil 6.7, Şekil 6.8 Şekil 6.9 ve Şekil 6.10’da görülebilmektedir. Yani verilerimiz normal dağılmaktadır.



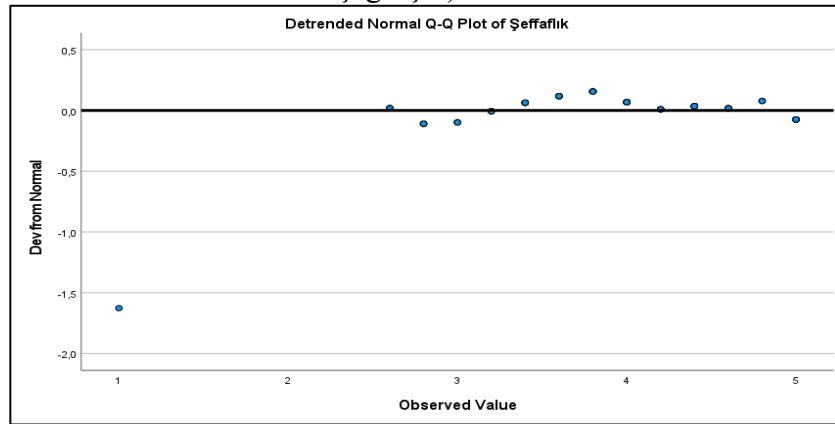
Şekil 6.6: Algılanan ürün değeri eğilimden arındırılmış Q-Q grafiği (algılanan ürün değeri ölçeği için).



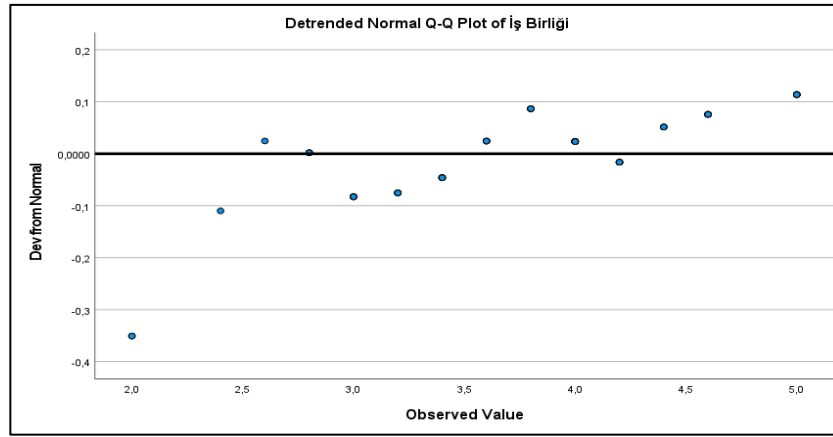
Şekil 6.7: Gerçek zamanlılık eğilimden arındırılmış Q-Q grafiği (algılanan ürün değeri ölçeği için).



Şekil 6.8: Esneklik eğilimden arındırılmış Q-Q grafiği (algılanan ürün değeri ölçeği için).



Şekil 6.9: Şeffaflık eğilimden arındırılmış Q-Q grafiği (algılanan ürün değeri ölçeği için).



Şekil 6.10: İş birliği eğilimden arındırılmış Q-Q grafiği (algılanan ürün değeri ölçeği için).

6.3.1.5. Normallik Testi: Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk (Ürün Değeri Ölçeği için)

Normallik testinde örneklem 50’den küçükse Shapiro-Wilk Testi ve 70’ten büyükse Kolmogorov-Smirnov testi kullanılması daha doğru sonuçlar vermektedir. Bu teste göre 0.05’in üstünde olması gerekmektedir. Bu çalışmada Kolmogorov-Smirnov testi kullanılmış ve ürün değerinin ve alt şeyi iş birliğinin normal dağılıma uyduğunu ve esneklik ve gerçek zamanlılığın normal dağılıma uymadığı görülmektedir. Bu sonuç tablo 6.45’te verilmektedir.

Tablo 6.45: Algılanan ürün değeri ölçeği kolmogorov-smirnov ve shapiro-wilk normallik testi.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	İstatistik	Df	Sig.	İstatistik	Df	Sig.
Ürün Değeri	0,061	71	,200*	0,978	71	0,239
Gerçek Zamanlılık	0,174	71	0,000	0,899	71	0,000
Esneklik	0,130	71	0,005	0,959	71	0,020
Şeffaflık	0,118	71	0,016	0,940	71	0,002
İş Birliği	0,091	71	,200*	0,972	71	0,111

6.3.1.6. Ürün Değeri Ölçeği Normallik Analizi Sonucu

Yapılan normallik testleri için beş test yapılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Ulaşılan sonuçlara göre ürün değeri ve dört boyutu da normal dağılım göstermektedir. Sonuçlar Tablo 6.46’da verilmektedir.

Tablo 6.46: Algılanan ürün değeri ölçeği normallik testleri sonucu

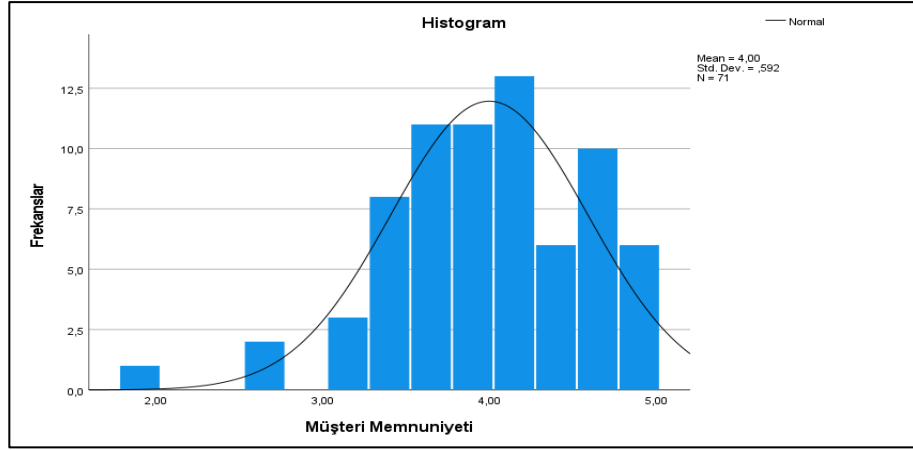
	Histogram	Variance Katsayısı	Çarpıklık ve Basıklık	Detrended	Kolmogorov-Smirnov	Genel Sonuç
Ürün Değeri	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Gerçek Zamanlılık	Normal	Normal	Normal Değil	Normal	Normal Değil	Normal
Esneklik	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal Değil	Normal
Şeffaflık	Normal	Normal	Normal Değil	Normal	Normal Değil	Normal
İş Birliği	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal

6.3.2. Müşteri Memnuniyeti Ölçeği Normallik Analizi

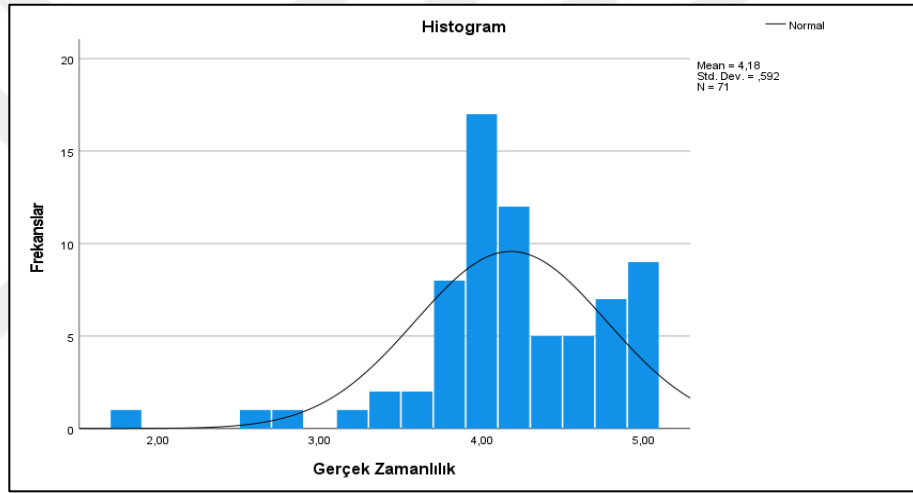
Bu bölümde algılanan ürün değeri ölçeği 5 farklı normallik testi açısından değerlendirilmektedir.

6.3.2.1. Normallik Testi: Histogram (Müşteri Memnuniyeti Ölçeği için)

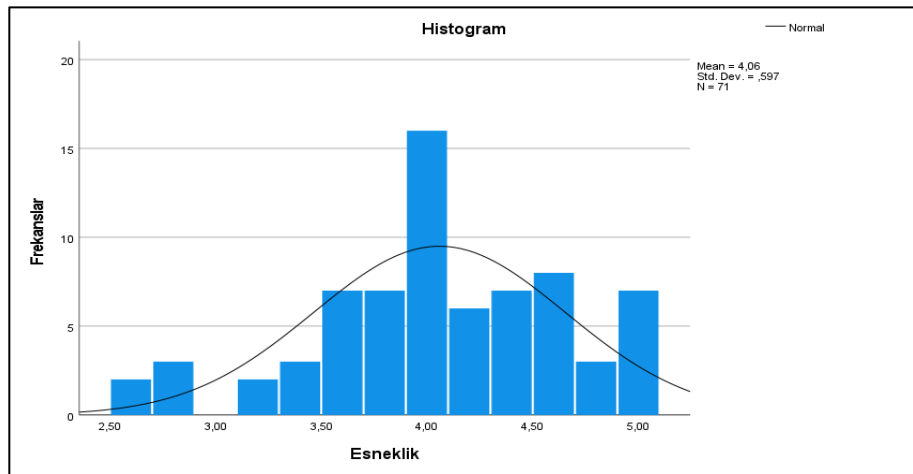
Histogram grafiklerine bakarak ürün değeri ve bunun alt faktörü olan gerçek zamanlılık, esneklik, şeffaflık ve iş birliği verilerinin normal dağıldığı görülebilmektedir. Bununla ilgili histogram grafikleri Şekil 6.11, Şekil 6.12, Şekil 6.13, Şekil 6.14, Şekil 6.15’te sırasıyla verilmiştir.



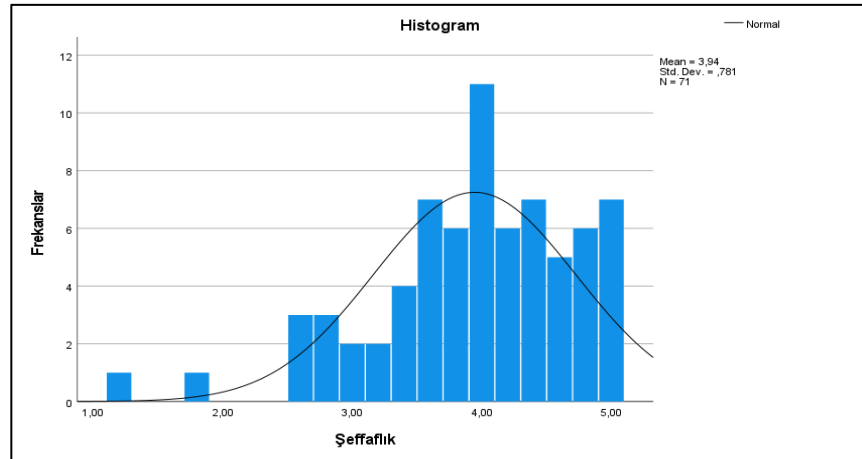
Şekil 6.11: Müşteri memnuniyeti histogram grafiği.



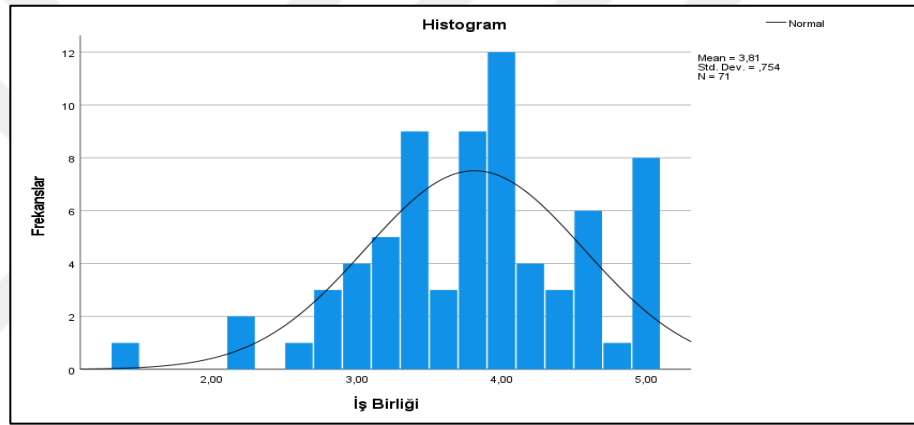
Şekil 6.12: Gerçek zamanlılık histogram grafiği (müşteri memnuniyeti ölçeği için).



Şekil 6.13: Esneklik histogram grafiği (müşteri memnuniyeti ölçeği için).



Şekil 6.14: Şeffaflık histogram grafiği (müşteri memnuniyeti ölçeği için).



Şekil 6.15: İş birliği histogram grafiği (müşteri memnuniyeti ölçeği için).

6.3.2.2. Normallik Testi: Varyasyon Katsayısı (Müşteri Memnuniyeti Ölçeği için)

Varyasyon katsayısı standart sapma değerinin ortalama değerine bölünmesiyle ortaya çıkan yüzdelik sonuç olarak tanımlanmaktadır. İyi bir normal dağılan bir veride varyasyon katsayısının yüzde 30'dan az olması gerekiyor. Bizim verilerimizi hesapladığımızda varyasyon katsayıları sırasıyla 0,148, 0,141, 0,146, 0,198, 0,198 çıkmıştır. Dolayısıyla bütün faktörlerin varyasyon katsayısına göre normal dağılım gösterdiğini söyleyebiliriz. Bu sonuçlar Tablo 6.47'de gösterilmektedir.

Tablo 6.47: Müşteri memnuniyeti ölçeği varyasyon katsayısı tablosu.

	Ortalama	Standart Sapma	Varyans Katsayısı
Müşteri Memnuniyeti	3,9993	0,59182	0,147980754
Gerçek Zamanlılık	4,1803	0,59152	0,141501503
Esneklik	4,0592	0,5966	0,146966551
Şeffaflık	3,9437	0,78134	0,19812595
İş Birliği	3,8141	0,75390	0,197662984

6.3.2.3. Normallik Testi: Çarpıklık Basıklık (Müşteri Memnuniyeti Ölçeği için)

Çarpıklık ve Basıklık Testine göre standart hatanın iki katı çarpıklık veya basıklık değerinin mutlak değerinden büyük olması durumunda verilerin normal dağıldığını varsaymaktayız. Fakat bunu yaparken her iki testin birlikte incelenip ikisinin de normal çıkması gerekmektedir. Bu çalışmada yapılan çarpıklık ve basıklık testi sadece ürün değerinin alt boyutu olan iş birliği normal çıkmış ürün değeri, gerçek zamanlılık, esneklik, şeffaflık normal değil sonucuna ulaşılmıştır. Sonuçlara ait çıktılar Tablo 6.48’de verilmiştir.

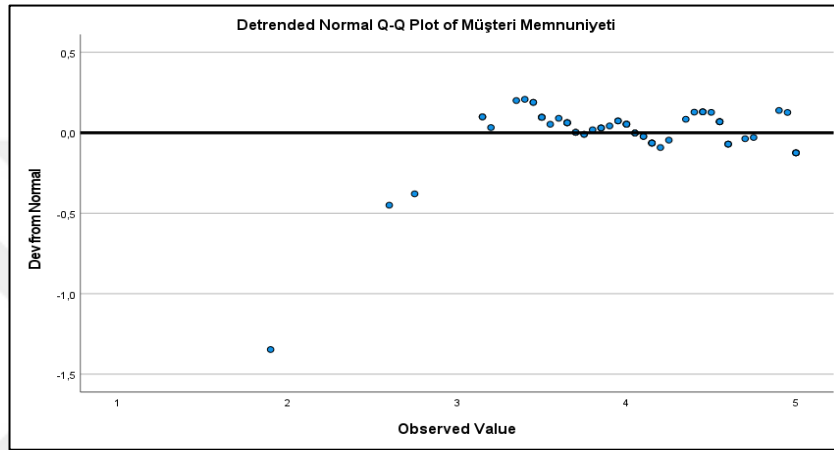
Tablo 6.48: Müşteri memnuniyeti ölçeği çarpıklık basıklık tablosu.

	Çarpıklık	S. Hata	Çarpıklık Normalliği	Basıklık	S. Hata	Basıklık N.	Normallik Sonucu
Müşteri Memnuniyeti	-0,642	0,285	Normal Değil	1,329	0,563	Normal Değil	Normal Değil
Gerçek Zamanlılık	-1,125	0,285	Normal Değil	3,136	0,563	Normal Değil	Normal Değil
Esneklik	0,035	0,563	Normal	3,9437	0,092	Normal Değil	Normal Değil
Şeffaflık	-0,971	0,285	Normal Değil	1,400	0,563	Normal Değil	Normal Değil
İş Birliği	-0,455	0,285	Normal	0,487	0,563	Normal	Normal

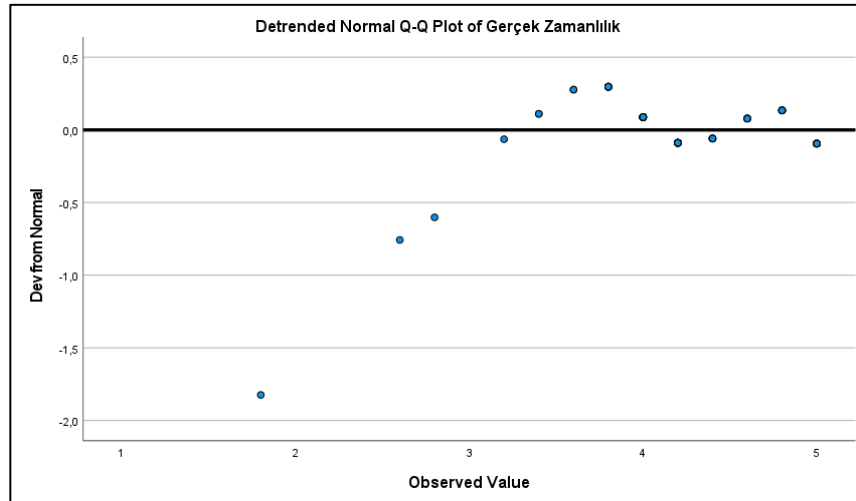
6.3.2.4. Normallik Testi: Eğilimden Arındırılmış Q-Q (Müşteri Memnuniyeti Ölçeği için)

Bu testte verilerin dağılımı şekilli mi rastgele mi saçılmış o gözlemlenmektedir. Rastgele dağılım bize normal dağılım olduğunu göstermektedir.

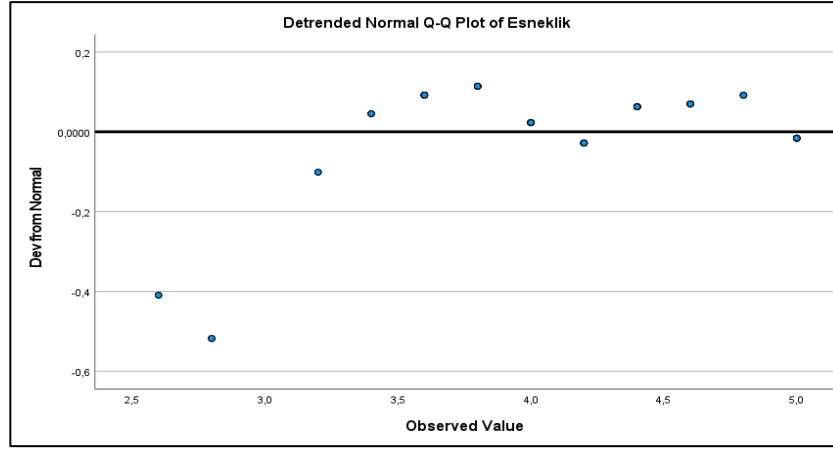
Bu çalışmada incelenen beş faktörde de rastgele dağılım olduğu Şekil 6.16, Şekil 6.17 Şekil 6.18, Şekil 6.19, Şekil 6.20’te görülebilmektedir. Yani verilerimiz normal dağılmaktadır.



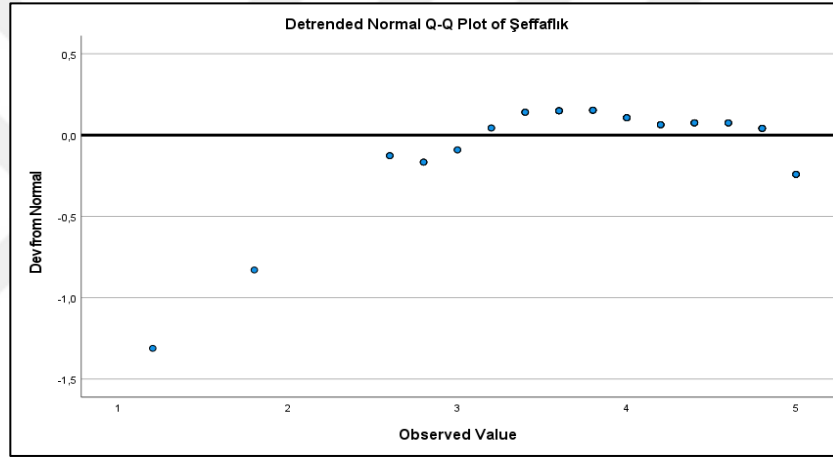
Şekil 6.16: Müşteri memnuniyeti eğilimden arındırılmış Q-Q grafiği.



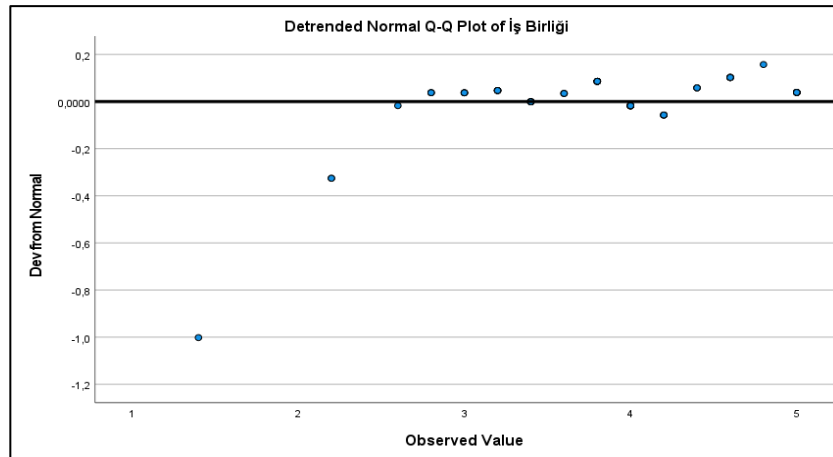
Şekil 6.17: Gerçek zamanlılık eğilimden arındırılmış Q-Q grafiği (müşteri memnuniyeti ölçeği için).



Şekil 6.18: Esneklik eğilimden arındırılmış Q-Q grafiği (müşteri memnuniyeti ölçeği için).



Şekil 6.19: Şeffaflık eğilimden arındırılmış Q-Q grafiği (müşteri memnuniyeti ölçeği için).



Şekil 6.20: İş birliği eğilimden arındırılmış Q-Q grafiği (müşteri memnuniyeti ölçeği için).

6.3.2.5. Normallik Testi: Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk

Normallik testinde örneklem 50'den küçükse Shapiro-Wilk Testi ve 70'ten büyükse Kolmogorov-Smirnov testi kullanılması daha doğru sonuçlar vermektedir. Bu teste göre 0.05'in üstünde olması gerekmektedir. Bu çalışmada Kolmogorov-Smirnov testi kullanılmış ve ürün değerinin ve alt şeye ve iş birliğinin normal dağılıma uyduğunu ve esneklik ve gerçek zamanlılığın gerçek zamanlığa uymadığı görülmektedir. Bu sonuç tablo 6.49'da verilmektedir.

Tablo 6.49: Müşteri memnuniyeti ölçeği kolmogorov-smirnov ve shapiro-wilk normallik testi.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	İstatistik	Df	Sig.	İstatistik	Df	Sig.
Müşteri Memnuniyeti	0,064	71	,200*	0,962	71	0,030
Gerçek Zamanlılık	0,155	71	0,000	0,897	71	0,000
Esneklik	0,122	71	0,010	0,953	71	0,010
Şeffaflık	0,120	71	0,013	0,933	71	0,001
İş Birliği	0,098	71	0,087	0,961	71	0,028

6.3.2.6. Normallik Testleri Sonucu

Yapılan normallik testleri için histogram, variance katsayısı, çarpıklık ve basıklık, detrended ve Kolmogorov-Smirnov olmak üzere beş ayrı test yapılmış ve bu testlerin sonuçları ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Bu beş testten en az üçünde normal olan testler normal olarak kabul edilmiştir ve bu sonuç genel sonuç olarak verilmiştir. Ulaşılan sonuçlara göre müşteri memnuniyeti ve müşteri memnuniyetinin dört boyutu olan gerçek zamanlılık, esnekli, şeffaflık ve iş birliği boyutlarının tamamı normal dağılım göstermektedir. Sonuçlar tablo 6.50'de verilmektedir.

Tablo 6.50: Müşteri memnuniyeti ölçeği normallik testleri sonucu.

	Histogram	Variance Katsayısı	Çarpıklık ve Basıklık	Detrended	Kolmogorov Smirnov	Genel Sonuç
Müşteri Memnuniyeti	Normal	Normal	Normal Değil	Normal	Normal	Normal
Gerçek Zamanlılık	Normal	Normal	Normal Değil	Normal	Normal Değil	Normal
Esneklik	Normal	Normal	Normal Değil	Normal	Normal Değil	Normal
Şeffaflık	Normal	Normal	Normal Değil	Normal	Normal Değil	Normal
İş Birliği	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal

6.4. Tek Örneklem T-testi

T testleri normallik, eşit varyans ve bağımsızlık koşullarının sağladığı durumlarda kullanılan bir tür parametrik yöntemdir [Kim, 2015]. Bu yöntem genellikle bir sürecin veya tedavinin ilgili popülasyon üzerinde gerçekten bir etkisi olup olmadığını veya iki grubun birbirinden farklı olup olmadığını belirlemek için hipotez testlerinde kullanılmaktadır [Web 41, 2020]. Bu ifadede tam olarak belirtildiği gibi bir sürecin bir popülasyon üzerinde gerçekten bir etkisinin olup olmadığını bulmak için yani bu tez çalışması özelinde endüstri 4.0 teknolojilerinin hem algılanan ürün değeri hem de müşteri memnuniyeti üzerinde etkisi olup olmadığının bulunması için bu istatistiksel yöntem seçilmiştir.

Eldeki verilere dayanarak gerçekleştirilebilecek üç çeşit t testi vardır: Tek örneklem, bağımsız iki örneklem ve bağımlı örneklem t-testi olmak üzere üç çeşit t-testi vardır [Web 40, 2019]. Bir grup üzerinde yapılan çalışmanın analizinde, grup ortalamasını zaman içinde veya bir müdahaleden sonra karşılaştırmak için bağımlı örneklem t-testi, grup ortalamasını standart bir değerle karşılaştırmak için tek örneklem t-testi veya iki grup üzerinde çalışılıyorsa bağımsız iki örneklem t-testi kullanılması gerekmektedir [Web 41, 2020].

Bu tez çalışmasında tek örneklem üzerinden ilerlendiğinden dolayı analiz için tek örneklem t-testi seçilmiştir. Çünkü tek örneklem t -testi, tek bir gruptan toplanan örnek verilerden hesaplanan ortalamanın, araştırmacı tarafından belirlenmiş bir

değerden farklı olup olmadığını belirlemek için kullanılan istatistiksel bir hipotez testidir ve belirlenen bu değer, verinin kendisinden gelmez, bilimsel nedenlerle seçilen harici bir değerdir. Bu çalışma için hazırlanmış likert ölçeği tipindeki ankette, “3”, değeri uygulamalar müşterilere etki etmiyor ifadesine karşılık geldiği için analizi yapmak için seçilen değer 3 olarak belirlenmiştir. Özetlemek gerekirse, bu çalışmada tek örneklem t-testi seçilmesinin amacı, bu testin örnek gözlemlerin belirli bir parametreyi (ortalama gibi) izleyen bir süreçten gelip gelemeyeceğini belirliyor [Web 42, n.d] oluşudur ve ayrıca bu testin genellikle küçük örnekler üzerinden uygulanabilir oluşu da [Web 43, 2020] t-testinin analiz için uygun görülmesinin bir diğer nedenidir.

Belirlenen tek örneklem t-testi kullanılarak yapılan, bu çalışma kapsamında hazırlanan iki ölçeğin, analiz sonuçları bu bölümün devamında verilmektedir.

6.4.1. Algılanan Ürün Değeri Ölçeği Tek Örneklem T-testi

Endüstri 4.0 teknolojilerinin tedarik zincirinde kullanılmasının ürün değerine etkisinin bulunması için oluşturulan ürün değeri ölçeği için yapılan tek örneklem istatistikleri tablosu tablo 6.51’de ve tek örneklem t-testi sonuçları tablo 6.52’de gösterilmektedir.

Tablo 6.51: Algılanan ürün değeri ve alt boyutları tek örneklem istatistikleri.

	N	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata Ortalama
Ürün Değeri	71	3,9465	0,59799	0,07097
Gerçek Zamanlılık	71	4,1352	0,62039	0,07363
Esneklik	71	4,0056	0,62149	0,07376
Şeffaflık	71	3,8958	0,75658	0,08979
İş Birliği	71	3,7493	0,73268	0,08695

Tablo 6.52: Algılanan ürün değeri ve alt boyutları tek örneklem t-testi sonuçları.

	Test Değeri = 3						
	t	Df	Anlamlılık Düzeyi		Ortalama Fark	Farkın %95 Güven Aralığı	
			Tek Yönlü p	Çift Yönlü p		Alt	Üst
Ürün Değeri	13,337	70	0,000	0,000	0,94648	0,8049	1,0880
Gerçek Zamanlılık	15,418	70	0,000	0,000	1,13521	0,9884	1,2821
Esneklik	13,634	70	0,000	0,000	1,00563	0,8585	1,1527
Şeffaflık	9,976	70	0,000	0,000	0,89577	0,7167	1,0749
İş Birliği	8,617	70	0,000	0,000	0,74930	0,5759	0,9227

Hesaplanan t istatistik değeri ürün değeri için 13,337'dir. p değeri 0,05'ten küçük olduğu için t değerinin belirlenen test değerinden anlamlı bir şekilde farklı olduğu söylenebilmektedir. Ortalama fark değerine bakıldığında ürün değeri için 0,94648 olduğu görülmektedir. Bu değer bize hesaplanan ortalama değer ile temel değer arasındaki farkı vermektedir. Bu ortalamaya göre katılımcıların uygulamaların kendini etkileyip etkilememesine verdiği ortalama temel ortalamadan daha yüksek çıkmıştır. Yani katılımcılar etkinin olduğunu kabul etmiştir. Etki değeri hesaplandığında ise 1,59 sonucuna ulaşılmıştır bu da etkinin şiddetinin çok olduğunu yani bulunan farklılığın son derece büyük olduğunu göstermektedir. Böylece H1 hipotezi kabul edilmiştir.

Ürün değerinin alt boyutu olan gerçek zamanlılık için t istatistik değeri 15,418 bulunmuştur. p değeri 0,05'ten küçük olduğu t değerinin belirlenen test değerinden anlamlı bir şekilde farklı olduğu söylenebilmektedir. Ortalama fark değerine bakıldığında gerçek zamanlılık boyutu için 1,13521 olduğunu görülmektedir. Bu

ortalamaya göre katılımcıların gerçek zamanlılık uygulamalarının kendini etkileyip etkilememesine verdiği ortalama temel ortalamadan daha yüksek çıkmıştır. Etki değeri hesaplandığında ise 1,84 sonucuna ulaşılmıştır bu da etkinin şiddetinin çok olduğunu yani bulunan farklılığın son derece büyük olduğunu göstermektedir. Böylece H1a hipotezi kabul edilmiştir.

Ürün değerinin alt boyutu olan esneklik için t istatistik değeri 13,634 bulunmuştur. p değeri 0,05'ten küçük olduğu t değerinin belirlenen test değerinden anlamlı bir şekilde farklı olduğu söylenebilmektedir. Ortalama fark değerine bakıldığında esneklik boyutu için 1,00563 olduğu görülmektedir. Bu ortalamaya göre katılımcıların uygulamaların kendini etkileyip etkilememesine verdiği ortalama temel ortalamadan daha yüksek çıkmıştır. Etki değeri hesaplandığında ise 1,63 sonucuna ulaşılmıştır. Bu da etkinin şiddetinin çok olduğunu yani bulunan farklılığın son derece büyük olduğunu göstermektedir. Böylece H1b hipotezi kabul edilmiştir.

Ürün değerinin alt boyutu olan şeffaflık için t istatistik değeri 9,976 bulunmuştur. p değeri 0,05'ten küçük olduğu t değerinin belirlenen test değerinden anlamlı bir şekilde farklı olduğu söylenebilmektedir. Ortalama fark değerine bakıldığında şeffaflık boyutu için 0,89577 olduğu görülmektedir. Bu ortalamaya göre katılımcıların uygulamaların kendini etkileyip etkilememesine verdiği ortalama temel ortalamadan daha yüksek çıkmıştır. Etki değeri hesaplandığında ise 1,192 sonucuna ulaşılmıştır. Bu da etkinin şiddetinin çok olduğunu yani bulunan farklılığın son derece büyük olduğunu göstermektedir. Böylece H1c hipotezi kabul edilmiştir.

Ürün değerinin alt boyutu olan iş birliği için t istatistik değeri 8.617 bulunmuştur. p değeri 0,05'ten küçük olduğu t değerinin belirlenen test değerinden anlamlı bir şekilde farklı olduğu söylenebilmektedir. Ortalama fark değerine bakıldığında iş birliği boyutu için 0,74930 olduğu görülmektedir. Bu ortalamaya göre katılımcıların uygulamaların kendini etkileyip etkilememesine verdiği ortalama temel ortalamadan daha yüksek çıkmıştır. Etki değeri hesaplandığında ise 1,03 sonucuna ulaşılmıştır. Bu da etkinin şiddetinin çok olduğunu yani bulunan farklılığın son derece büyük olduğunu göstermektedir. Böylece H1d hipotezi kabul edilmiştir.

6.4.2. Müşteri Memnuniyeti Ölçeği Tek Örneklem T-testi

Müşteri memnuniyeti ölçeği için yapılan tek örneklem istatistikleri tablosu tablo 6.53'te ve tek örneklem t-testi sonuçları tablo 6.54'te gösterilmektedir.

Tablo 6.53 : Müşteri memnuniyeti ve alt boyutları tek örneklem istatistikleri.

	N	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata Ortalama
Müşteri Memnuniyeti	71	3,9993	0,59182	0,07024
Gerçek Zamanlılık	71	4,1803	0,59152	0,07020
Esneklik	71	4,0592	0,59656	0,07080
Şeffaflık	71	3,9437	0,78134	0,09273
İş Birliği	71	3,8141	0,75390	0,08947

Tablo 6.54: Müşteri memnuniyeti ve alt boyutları tek örneklem t-testi sonuçları.

	Test Değeri = 3						
	t	Df	Anlamlılık Düzeyi		Ortalama Fark	Farkın %95 Güven Aralığı	
			Tek Yönlü p	Çift Yönlü p		Alt	Üst
Müşteri Memnuniyeti	14,228	70	0,000	0,000	0,99930	0,859	1,139
Gerçek Zamanlılık	16,813	70	0,000	0,000	1,18028	1,040	1,320
Esneklik	14,960	70	0,000	0,000	1,05915	0,918	1,200
Şeffaflık	10,177	70	0,000	0,000	0,94366	0,758	1,128
İş Birliği	9,099	70	0,000	0,000	0,81408	0,635	0,992

Hesaplanan t istatistik değeri müşteri memnuniyeti için 14,228'dir. p değeri 0,05'ten küçük olduğu t değerinin belirlenen test değerinden anlamlı bir şekilde farklı olduğu söylenebilmektedir. Ortalama fark değerine bakıldığında bu değerin 0,99930 olduğu görülmektedir. Bu değer bize hesaplanan ortalama değer ile temel değer

arasındaki farkı vermektedir. Bu ortalamaya göre katılımcıların uygulamaların kendini etkileyip etkilememesine verdiği ortalama temel ortalamadan daha yüksek çıkmıştır. Yani katılımcılar etkinin olduğunu kabul etmiştir. Etki değeri hesaplandığında ise 1,70 sonucuna ulaşılmıştır. Bu da bize etkinin şiddetinin çok olduğunu yani bulunan farklılığın son derece büyük olduğunu göstermektedir. Böylece H2 hipotezi kabul edilmiştir.

Müşteri memnuniyetinin alt boyutu olan gerçek zamanlılık için t istatistik değeri 16,813 bulunmuştur. p değeri 0,05'ten küçük olduğu t değerinin belirlenen test değerinden anlamlı bir şekilde farklı olduğu söylenebilmektedir. Ortalama fark değerine bakıldığında gerçek zamanlılık boyutu için 1,18028 olduğu görülmektedir. Bu ortalamaya göre katılımcıların uygulamaların kendini etkileyip etkilememesine verdiği ortalama temel ortalamadan daha yüksek çıkmıştır. Etki değeri hesaplandığında ise 2,01 sonucuna ulaştık bu da bize etkinin şiddetinin çok olduğunu yani bulunan farklılığın son derece büyük olduğunu göstermektedir. Böylece hipotezimiz H1a kabul edilmiştir.

Ürün değerinin alt boyutu olan esneklik için t istatistik değeri 14,960 bulunmuştur. p değeri 0,05'ten küçük olduğu t değerinin belirlenen test değerinden anlamlı bir şekilde farklı olduğu söylenebilmektedir. Ortalama fark değerine bakıldığında esneklik boyutu için 1,00563 olduğu görülmektedir. Bu ortalamaya göre katılımcıların uygulamaların kendini etkileyip etkilememesine verdiği ortalama temel ortalamadan daha yüksek çıkmıştır. Etki değeri hesaplandığında ise 1,63 sonucuna ulaşılmıştır. Bu da etkinin şiddetinin çok olduğunu yani bulunan farklılığın son derece büyük olduğunu göstermektedir. Böylece H2b hipotezi kabul edilmiştir.

Ürün değerinin alt boyutu olan şeffaflık için t istatistik değeri 10,177 bulunmuştur. p değeri 0,05'ten küçük olduğu t değerinin belirlenen test değerinden anlamlı bir şekilde farklı olduğu söylenebilmektedir. Ortalama fark değerine bakıldığında şeffaflık boyutu için 1,05915 olduğunu görmekteyiz. Bu ortalamaya göre katılımcıların uygulamaların kendini etkileyip etkilememesine verdiği ortalama temel ortalamadan daha yüksek çıkmıştır. Etki değeri hesaplandığında ise 1,788 sonucuna ulaşılmıştır. Bu da etkinin şiddetinin çok olduğunu yani bulunan farklılığın son derece büyük olduğunu göstermektedir. Böylece H2c hipotezi kabul edilmiştir.

Ürün değerinin alt boyutu olan iş birliği için t istatistik değeri 9,099 bulunmuştur. p değeri 0,05'ten küçük olduğu t değerinin belirlenen test değerinden anlamlı bir şekilde farklı olduğu söylenebilmektedir. Ortalama fark değerine

bakıldığında iş birliği boyutu için 0,81408 olduğunu görmekteyiz. Bu ortalamaya göre katılımcıların uygulamaların kendini etkileyip etkilememesine verdiği ortalama temel ortalamadan daha yüksek çıkmıştır. Etki değeri hesaplandığında ise 1,09 sonucuna ulaşılmıştır. Bu da etkinin şiddetinin çok olduğunu yani bulunan farklılığın son derece büyük olduğunu göstermektedir. Böylece H2d hipotezi kabul edilmiştir.

6.5. Algılanan Ürün Değerinin Müşteri Memnuniyetine Etkisi

Regresyon Analizi

Bu çalışmanın endüstri 4.0'ın tedarik zinciri uygulamalarının algılanan ürün değeri ve müşteri memnuniyetine etkisi olup olmadığının bulunması dışında bir diğer amacı da belirtilen iki değişkenden biri olan ürün değerinin bir diğer değişken olan müşteri değeri üzerinde etki olup olmadığını test etmektir. Bu etkinin anlaşılması için basit regresyon analizi seçilmiştir. Çünkü regresyon analizi, neden-sonuç ilişkisine sahip iki veya daha fazla değişken arasındaki korelasyonları belirlemek için uygulanmaktadır [Uyanık and Güler, 2013] ve basit doğrusal regresyonda bu, bir tahmin değişkeninin belirli bir sonuç üzerindeki göreceli etkisini değerlendirilmesi şeklindedir [Zou et al., 2003]. Bu çalışmada tahmin yani bağımlı değişkenimiz müşteri memnuniyeti ve bağımsız değişkenimiz ise ürün değeridir. Bu analizi yapmak için bir önceki bölümde olduğu gibi SPSS 28 programı kullanılmıştır. Yine bir önceki bölümde ölçeklerin frekans dağılımı , faktör ve güvenilirlik analizi ile normallik testleri gerçekleştirildiği için bu bölümde onlara yer verilmemiş ve doğrudan basit doğrusal regresyon analizinin sonuçları açıklamıştır. Yapılan analiz sonucu oluşan model özeti tablosu, Tablo 6.55'te, ANOVA tablosu, Tablo 6.56'da ve katsayılar tablosu, Tablo 6.57'de verilmektedir.

Tablo 6.55: Model özeti.

Model	R	R Kare	Düzeltilmiş R Kare	Standart Tahmin Hatası	Durbin- Watson
1	0,942	0,888	0,886	0,19948	1,53

Bu tabloda görülen R değeri, Pearson korelasyon katsayısını ifade etmektedir. Bu ifade bize iki veya daha fazla değişken arasındaki lineer ilişkinin gücü ve yönünü

tanımlamaktadır [Web 44, n.d.]. Pearson korelasyon katsayısı -1 ile +1 arasında değişmektedir ve +1, X ve Y arasında mükemmel bir pozitif ilişki olduğunu göstermektedir (X arttıkça, Y artar). Bu çalışma kapsamında yapılan analiz sonucunda çıkan 0,942 sayısı iki değişken arasında pozitif yönlü güçlü bir ilişki olduğunu göstermektedir. R^2 değeri ise bize bağımlı değişkendeki bağımsız değişken tarafından açıklanabilen toplam varyasyonun oranını verir. [Web 45, 2022]. Bu analizde görülen 0,888 değeri müşteri memnuniyetindeki değişim %88.8'inin ürün değerinden kaynaklandığını göstermektedir. Düzeltilmiş R-kare, bir regresyon modelinde anlamlı olmayan tahmin edicileri hesaba katan, R-kare'nin değiştirilmiş bir versiyonudur [Web 45, 2022]. Yani, düzeltilmiş R-kare, ek tahmin edicilerin eklenmesinin bir regresyon modelini iyileştirip iyileştirmediğini gösterir.

Bu çalışmanın sonucu olan 0,886, değeri müşteri memnuniyetindeki değişimin %88.6'sının ürün değerinden kaynaklandığını göstermektedir. Bu değer ayrıca bize modelin uyumunun yüksek olduğunu gösterir.

Regresyon modelinin çıktısındaki otokorelasyon için bir test olan Durbin Watson analizinde, bir DW istatistiği, 0 ile 4 arasındadır ($0 < d < 2$ pozitif otokorelasyon olduğu, $d = 2$, otokorelasyon olmadığı ve $2 < d < 4$ negatif otokorelasyon olduğu anlamına gelir) ve burada genel kural şudur: 1.5 ila 2.5 aralığındaki DW testi istatistik değerleri nispeten kabul edilebilirdir [Web 46, 2021]. Bu analiz sonucunda çıkan DW istatistik değeri 1.53 çıktığı için otokorelasyon olmadığını göstermektedir.

Tablo 6.56: ANOVA tablosu.

	Kareler Toplamı	Df	Ortalama Kare	F	Sig.
Regresyon	21,772	1	21,772	547,113	< ,001
Artık- Kalıntı	2,746	69	0,04		
Toplam	24,517	70			

ANOVA testi, anket veya deney sonuçlarının önemli olup olmadığını öğrenmenin bir yoludur, yani, sıfır hipotezinin reddedilmesi veya alternatif hipotezin kabul edilmesi gerekip gerekmediğini, hipotezin anlamlı olup olmadığını, anlamaya yardımcı olmaktadır [Web 47, n.d].

Bu tabloda görüldüğü üzere ANOVA testi sonucu çıkan p değeri ,001’den küçük olduğu için hipotezin istatistiksel açıdan anlamlıdır

Tablo 6.57: Katsayısı tablosu.

						Çoklu Doğrusal Bağlantı	
	Standar-dize Edilme-miş B	Hata Kat-sayısı	Stan-dardize Edilmiş Katsayı Beta	t	Sig.	Tolerans	VIF
(Sabit)	0,319	0,159		2	0,049		
Ürün Değeri	0,933	0,04	0,942	23,4	< ,001	1	1

Bir terimin katsayısı, modeldeki diğer terimler sabit tutulurken, o terimdeki bir değişiklik ile ilişkili ortalama yanıtta ki değışikliğı temsil etmektedir ve katsayının işareti, terim ile yanıt arasındaki ilişkinin yönünü göstermektedir [Web 48, n.d.]. Bu analiz sonucunda 0.933 olarak bulunan algılanan ürün değeri katsayısı, ürün değeriindeki bir birim artışın müşteri memnuniyetini 0.933 birim artırdığını göstermektedir.

Standart hata birimlerinde hesaplanmış farkı ifade eden t değeri ne kadar büyük olursa fark o kadar büyük olmaktadır çünkü bu, önemli bir fark olduğuna dair daha fazla kanıt olduğu anlamına gelmektedir ve t değeri sıfıra ne kadar yakınsa, önemli bir fark olmaması o kadar olasıdır. Bununla birlikte anlamlılık düzeyi incelenirken t değeri nin p değeriyle birlikte incelemesi daha büyük kanıt verir; t değeri ne kadar büyük ve p değeri o kadar küçükse hipotezini reddetmek için daha büyük kanıt oluşturmaktadır [Web 49, n.d.]. Bu çalışmanın analiz sonucuna göre hesaplanan t değeri 23,39 ve ilgili p değeri < ,001’dir. Buna göre p değeri 0.05’ten küçük olduğu için ürün değeri nin müşteri memnuniyeti hakkında önemli ve anlamlı bir etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

VIF değeri, bir regresyon katsayısının varyansının, doğrusallık sonucunda artışını gösteren istatistiksel bir kavramdır ve bu kavram 4’ten büyük olduğu veya tolerans değeri 0.25’ten küçük olduğu zaman multikolinerite olduğu ve daha fazla araştırma gerektiği sonucuna ulaşılmaktadır [Web 50, n.d.]. Bu analizdeki değeri lerin ikisi de 1 olduğu için yani tolerans değeri için 0.25’ten büyük VIF değeri için 4’ten küçük olduğu için çoklu doğrusallık varsayımı ihlal edilmemiştir.

Bu bölümde endüstri 4.0 teknolojilerinin tedarik zincirinde kullanılması bağlamında gerçekleşen algılanan ürün değerinin müşteri memnuniyetine etkisi olup olmadığı analiz edilmiştir. Yapılan analiz sonucunda, iki değişken arasında pozitif yönlü güçlü bir ilişki olduğunu göstermektedir. Bu etkiye göre değerindeki bir birim artışın müşteri memnuniyetini 0.933 birim artırdığını göstermektedir. Bütün bunlar sonucu var olan etkinin t ve p testi sonucuna dayanarak önemli ve anlamlı bir etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Yani, H3, hipotezi kabul edilmiştir.



7. SONUÇ VE YORUMLAR

Tarih boyunca insanlar hayatlarını kolaylaştırmak amacıyla çok çeşitli teknolojiler geliştirerek onlardan faydalanmışlardır. Bu teknolojilerinin ilk örneklerinin etki alanı çoğunlukla günlük hayat ile sınırlı iken yakın tarihte geliştirilmiş olanları çok daha geniş alana yayılan büyük dönüşümlere neden olmuştur. Bu dönüşümlerden biri de bilgi ve iletişim teknolojilerinin üretimde otomasyonu sağlamak üzere kullanılmasını içeren endüstri 4.0'dır. Adının duyulduğu andan itibaren hem literatür hem de firmalarca büyük önem kazanan bu konseptte ilgili teknolojilerin kullanım alanı üretimle kalmayarak tedarik zinciri gibi çeşitli alanlara genişlemiştir. Teknolojilerin iş süreçlerinde yoğun olarak kullanılmaya başlaması ile değişen ve gelişen firmalar arasındaki rekabette kazanının belirlenmesinde bu teknolojiler vasıtasıyla sesini daha çok duyurabilen müşteriler önemli bir konuma gelmiştir. Bu nedenle firmaların müşterilerinin taleplerine önem vermeleri, müşterileri analiz etmeleri ve onlara değer sunmaları gerekmektedir.

Bir önceki paragrafta da belirtildiği gibi endüstri 4.0 teknolojilerinin günümüz rekabet dünyasında müşterileri belirleyici bir konuma koyduğu düşünülmektedir. Bu fikirden yola çıkarak bu çalışmada endüstri 4.0 teknolojilerinin sektördeki uygulamalarının müşteriye nasıl yansıdığı belirlenmek istenmiştir. Başka bir ifadeyle buradaki hedef teknolojilerin entegrasyonu sayesinde değişen iş süreçlerinin müşteride karşılığının ne olduğunu anlamaktır. Buradaki müşterideki karşılığının ne olduğu ifadesinden kasıt bu uygulamaların müşteri tarafından algılanan ürün değerine veya müşteri memnuniyetine etkisinin ölçülmesidir. Bu ölçümün yapılabilmesi için öncelikle mevcut pazardaki uygulama örnekleri ve bunların süreçlere nasıl özellikler kazandırabileceğinin bulunması hedeflenmiştir çünkü gerçek dünya örneklerinin müşteriler tarafından daha kolay anlaşılacağı düşünüldüğü için daha doğru sonuçlar çıkaracağına inanılmıştır. Ayrıca sadece sunulan nihai ürün ve hizmetin değil sürecin her aşamasının müşterideki etkilerini görebilmek amaçlandığından bu teknolojilerin sadece üretimden ziyade tedarik zinciri süreçlerini nasıl değiştirdiği üzerinden gidilmesi düşünülmüştür. Tedarik zincirinin kapsam genişliği dolayısıyla konunun kapsamının da çok büyük olması hem üzerinde çalışmayı hem de anlamayı zorlaştırabileceğinden konu üzerinde çeşitli sınırlamalara gidilmiştir. Bunlardan biri

sektör sınırlamasıdır. Burada üzerinde çalışılacak sektör olarak günümüzün en önemli sektörlerinden biri olan ayakkabı sektörü seçilmiştir çünkü bu sektörde endüstri 4.0 uygulamaları ile sıklıkla karşılaşılabilir.

Çalışmada yapılan bir diğer sınırlama ise endüstri 4.0 teknolojilerinin etkisiyle tedarik zincirinin kazandığı boyutların azaltılmasıdır. Yapılan literatür taraması sonucu görülmüştür ki tedarik zincirlerinin bu teknolojiler sayesinde kazandığı boyutlar sayı ve çeşit bakımından değişiklik göstermektedir. Bu çalışma için en çok değinilen dört boyut bulunmuş ve çalışma kapsamına dahil edilmiştir. Bunlar; gerçek zamanlılık, esneklik, şeffaflık ve iş birliğidir. Kısacası bu tez endüstri 4.0 teknolojilerinin tedarik zincirinde kullanılmasıyla tedarik zincirlerinin kazandığı 4 boyut olan gerçek zamanlılık, esneklik, şeffaflık ve iş birliği ile alakalı ayakkabı sektörü endüstri 4.0 uygulama örneklerinin algılanan ürün değeri ve müşteri memnuniyeti üzerinde etkisini ölçmeyi amaçlamıştır. Bunu ölçerken bir yandan da bahsedilen bağlamda algılanan ürün değerinin müşteri memnuniyetine etkisi var mı sorusuna cevap aranmıştır.

Bir önceki paragrafta belirtilen araştırma hedeflerine ulaşabilmek için dört faktörün her birinin hem ayrı ayrı ve hem de toplu olarak algılanan ürün değeri ve müşteri memnuniyetini etkilediğine dair ve algılanan ürün değerinin de bu bağlamda müşteri memnuniyetini etkilediğine dair 11 ayrı hipotez oluşturulmuştur. Bu hipotezleri test etmek için ayakkabı sektöründe endüstri 4.0 teknolojilerinin uygulama örnekleri bulunmuş ve bu örneklerle beşli likert ölçeği tipinde anket kurulmuştur. Müşterilere bu uygulamaların onları memnun edip etmeyeceği veya ürüne olan bakış açılarını değiştirip değiştirmeyeceği ile ilgili sorular yöneltilmiştir. Anket sonucunda bu uygulamaların algılanan ürün değeri ve müşteri memnuniyeti üzerinde etkisi olup olmadığının analizi için tek örneklem t-testi kullanılmıştır çünkü bu analize katılan insanların tepkisi başka bir faktöre bağlı olmadan yani tek örneklem üzerinden gidilmiştir. Bu testin sonuçlarına göre uygulama örnekleri verilen her bir boyutun algılanan ürün değeri ve müşteri memnuniyetini etkilediği sonucuna ulaşılmıştır. Bu test sonucuna göre bulunan algılanan ürün değeri ölçeği t istatistikleri ve etki değerleri sonucu şu şekildedir: Tüm uygulamaların algılanan ürün değerine etkisi sonucuna göre t istatistik değeri 13,337 ve etki değeri 1,59; gerçek zamanlılık uygulamalarının algılanan ürün değeri etkisi sonucuna göre t istatistik değeri 15,418 ve etki değeri 1,84; esneklik uygulamalarının algılanan ürün değeri etkisi sonucuna göre t istatistik değeri 13,634 ve etki değeri 1,63; şeffaflık uygulamalarının algılanan ürün değeri

etkisi sonucuna göre t istatistik değeri 9,976 ve etki değeri 1,192; iş birliği uygulamalarının algılanan ürün değeri etkisi sonucuna göre t istatistik değeri 8.617 ve etki değeri 1,03 çıkmıştır.

Bu test sonucuna göre bulunan müşteri memnuniyeti t istatistikleri ve etki değerleri sonucu şu şekildedir: Tüm uygulamaların müşteri memnuniyetine etkisi sonucuna göre t istatistik değeri 14,228 ve etki değeri 1,70; gerçek zamanlılık uygulamalarının müşteri memnuniyeti etkisi sonucuna göre t istatistik değeri 16,813 ve etki değeri 2,01; esneklik uygulamalarının müşteri memnuniyeti etkisi sonucuna göre t istatistik değeri 14,960 ve etki değeri 1,79; şeffaflık uygulamalarının müşteri memnuniyeti etkisi sonucuna göre t istatistik değeri 10,177 ve etki değeri 1,22; iş birliği uygulamalarının müşteri memnuniyeti etkisi sonucuna göre t istatistik değeri 9,099 ve etki değeri 1,09 çıkmıştır. Bu değerler sonucu görülmüştür ki bu özelliklerin hem algılanan ürün değerine hem de müşteri memnuniyetine etkisi vardır. Bu boyutlardan gerçek zamanlılıkla ilgili uygulamaların hem algılanan değer hem de müşteri memnuniyeti üzerinde algısı en büyüktür. En az etki ise 2 faktör için de iş birliği boyutunundur.

Bu analize ilaveten bu çalışmada belirlenen bir diğer amaç olan algılanan ürün değerinin müşteri memnuniyeti üzerinde etkisini ölçmek üzere aynı ölçeklerin sonucu üzerinden basit doğrusal regresyon analizi yapılmış ve bunun sonucunda iki değişken arasında pozitif yönlü güçlü bir ilişki olduğu görülmüştür. Bu etkiye göre algılanan ürün değerindeki bir birim artışın müşteri memnuniyetini 0,933 birim artırdığı saptanmıştır. Böylelikle çıkan sonuçlara göre tüm hipotezler kabul edilmiştir.

Elde edilen tüm bu sonuçlara göre günümüz rekabet ortamında şirketlerin ayakta kalabilmek için tedarik zincirlerine yeni özellikler kazandıran endüstri 4.0 teknolojilerinin süreçlere adapte edilmesi son derece önemlidir. Çünkü bu teknolojilerin tedarik zincirlerinde varlığı firmalara çeşitli özellikler kazandırmakta ve bu da onları rekabet ortamında güçlü kılmaktadır. Bu sebepten bu çalışma kapsamında elde edilen sonuçları inceleyip uygulamaya geçirmeleri işletmelere pek çok avantaj sağlayacaktır. Gelecek çalışmalarda ise farklı sektörlerde veya farklı boyutlar üzerinden çalışma yapılması literatüre katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Abbott D., (2014), "Applied Predictive Analytics: Principles and techniques for the professional data analyst", 1st Edition, John Wiley & Sons.

Abdel-Basset M., Mohamed M., (2018), "Internet of Things and its Impact on supply chain: A framework for building smart, secure and efficient systems" Future Generation Computer Systems, 86, 614-628.

Abdirad M., Krishnan K., (2021), "Industry 4.0 in logistics and supply chain management: a systematic literature review", Engineering Management Journal, 33 (3), 187-201.

Abolghasemi M., Beh E., Tarr G., Gerlach R., (2020), "Demand forecasting in supply chain: The impact of demand volatility in the presence of promotion", Computers & Industrial Engineering, 142, 106380.

Ackerman K. B., (1990), "The Functions of Warehousing", In: "Practical Handbook of Warehousing", Springer Boston.

Adamson G., Wang L., Moore P. (2017). "Feature-based control and information framework for adaptive and distributed manufacturing in cyber physical systems", Journal of manufacturing systems, 43, 305-315.

Addo-Tenkorang R., Helo P. T., (2016), "Big data applications in operations/supply-chain management: A literature review", Computers & Industrial Engineering, 101, 528-543.

Afzal B., Umair M., Shah G. A., Ahmed E., (2019), Enabling IoT platforms for social IoT applications: Vision, feature mapping, and challenges" Future Generation Computer Systems, 92, 718-731.

Aggarwal R., Das M. L., (2012), "RFID security in the context of" internet of things"", International Conference on Security of Internet of Things, Kollam, India, 17-19 August.

Agrawal P., Narain R., (2018), "Digital supply chain management: An Overview", 2nd International Conference on Advancements in Aeromechanical Materials for Manufacturing, Telangana, India, 13-14 July.

Agyabeng-Mensah Y., Ahenkorah E. N. K., Osei E., (2019), "Impact of Logistics Information Technology on Organisational Performance: Mediating Role of Supply Chain Integration and Customer Satisfaction", Journal of Supply Chain Management Systems, 8 (4), 30-43.

Ahmad S., Ullah A., (2013), "Driving forces of collaboration in supply chain: a review", *Interdisciplinary Journal of Contemporary Research in Business*, 5 (7), 39-69.

Ahmed I., Ahmad M., Jeon G., Piccialli F., (2021), "A framework for pandemic prediction using big data analytics", *Big Data Research*, 25 (4), 100190.

Ahmed S. H., Kim G., Kim D., (2013), "Cyber Physical System: Architecture, applications and research challenges", *IFIP Wireless Days*, Valencia, Spain 13-15 November.

Ahsan K., Shah H., Kingston P., (2010), "RFID Applications: An Introductory and Exploratory Study", *International Journal of Computer Science Issues*, 7 (1).

Aktan C., Şahin E. E., Başaran N., (2016), "Relation of 3PL and 4PL activities and their effect on emerging economies", *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 12 (12), 262-269.

Aktaş E., Bourlakis M., Minis I., Zeimpekis V., (2021), "Supply Chain 4.0: Improving supply chains with analytics and Industry 4.0 technologies", 1st Edition, KOGAN PAGE

Akyüz G. A., (2021) "Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetiminde İşbirlikçi Paradigma", *Optimum Ekonomi ve Yönetim Bilimleri Dergisi*, 8 (1), 59-74.

Alkhader W ., Alkaabi N., Salah K., Jayaraman R., Arshad J., Omar M., (2020), "Blockchain-Based Traceability and Management for Additive Manufacturing", *IEEE Access*, 8, 188363-188377.

Allen L., Atkinson J., Jayasundara D., Cordiner J., Moghadam P. Z., (2021), "Data visualization for Industry 4.0: A stepping-stone toward a digital future, bridging the gap between academia and industry", *Patterns*, 2 (5), 100266.

Alvarenga C. A., Schoenthaler R. C. (2003), "A NEW TAKE ON SUPPLY CHAIN EVENT MANAGEMENT. SUPPLY CHAIN MANAGEMENT REVIEW". 7 (2), 28-35.

Anderson R. E., Srinivasan S. S., (2003), "E-satisfaction and e-loyalty: A contingency framework", *Psychology and Marketing*, 20 (2), 123-138.

Angel M. S., Manuela P., (2005), "Supply chain flexibility and firm performance" *International Journal of Operations & Production Management*, 25 (7), 681-700.

Anumba C. J., Roofigari-Esfahan N., (2020), "Cyber-Physical Systems in the Built Environment", 1st Edition, Springer International Publishing.

Anuradha J., (2015), "A brief introduction on Big Data 5Vs characteristics and Hadoop technology" *Procedia computer science*, 48, 319-324.

Ardagna C. A., Damiani E., Frati F., Rebecani D., Ughetti M., (2012), "Scalability patterns for platform-as-a-service", IEEE Fifth International Conference on Cloud Computing Honolulu, HI, USA, 24-29 June.

Ardito L., Petruzzelli A. M., Panniello U., Garavelli A. C., (2018), "Towards Industry 4.0: Mapping digital technologies for supply chain management-marketing integration", Business Process Management Journal, 25 (2), 323-346.

Armbrust M., Fox A., Griffith R., Joseph A. Katz R., Konwinski A., Lee, G., Patterson D., Rabkin A., Stoica I., Zaharia M., (2010), "A View of Cloud Computing", Communications of the ACM, 53 (4), 50-58.

Aryal A., Liao Y., Nattuthurai P., Li, B., (2018), "The emerging big data analytics and IoT in supply chain management: a systematic review", Supply Chain Management: An International Journal, 25 (2), 141-156.

Asad M. M., Mohammadi V., Shirani M., (2016), "Modeling flexibility capabilities of IT-based supply chain, using a grey-based DEMATEL method", Procedia Economics and Finance, 36, 220-231.

Atlam H. F., Wills G. B., (2019), "Technical aspects of blockchain and IoT", Advances in Organometallic Chemistry, 60, 1-39.

Aukstakalnis S., Blatner D., (1992), "Silicon Mirage: The Art and Science of Virtual Reality", Peachpit Press.

Awan U., Kanwal N., Alawi S., Huiskonen J., Dahanayake A., (2021), "Artificial intelligence for supply chain success in the era of data analytics", In: A. Hamdan, A. E. Hassanien, A. Razzaque, B. Alareeni, Editors, "The Fourth Industrial Revolution: Implementation of Artificial Intelligence for Growing Business Success", Springer, Cham.

Azuma R. T., (1997), "A survey of augmented reality". Presence: teleoperators & virtual environments, 6 (4), 355-385.

Azzi R., Chamoun R. K., Sokhn M., (2019), "The power of a blockchain-based supply chain", Computers & industrial engineering, 135 (09), 582-592.

Badis, H., & Rachedi, A. (2015). Modeling tools to evaluate the performance of wireless multi-hop networks. In M. S. Obaidat, P. Nicopolitidis, F. Zarai, Editors, "Modeling and Simulation of Computer Networks and Systems", Morgan Kaufmann.

Bahrin M. A. K., Othman M. F., Azli N. N., Talib M. F., (2016), "Industry 4.0: a review on industrial automation and robotic", Jurnal Teknologi, 78, 137-143.

Balbin J. R., Garcia R. G., Latina M. A. E., Allanigue M. A. S., Ammen J. K. D., Bague A. V. B., Jimenez J. M., (2017), "Vehicle door latch with tracking and alert system using global positioning system technology and IoT based hardware control for visibility and security of assets", IEEE 9th International Conference on Humanoid,

Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment and Management (HNICEM), Manila, Philippines, 1-3 December.

Baldwin C. Y., Clark K. B., (1997), "Managing in an Age of Modularity", Harvard Business Review 75, (5) 84–93.

Ballou R.H., (1999), "Business Logistics Management: Planning, Organizing, and Controlling the Supply Chain", 4th Edition, Prentice-Hall.

Bandyopadhyay A., Bose S., (2019), "Additive Manufacturing", 2nd Edition, CRC Press.

Banerjee A., (2018), "Blockchain technology: supply chain insights from ERP", In: P. Raj, G. C. Deka, Editors, "Advances in computers", Elsevier.

Barreto L., Amaral A., Pereira T., (2017), "Industry 4.0 implications in logistics: an overview", Procedia manufacturing, 13, 1245-1252.

Barringer B. R., Harrison J. S., (2000), "Walking a tightrope: Creating value through interorganizational relationships", Journal of management, 26 (3), 367-403.

Bartodziej C. J., (2017), "The concept industry 4.0", 1st Edition, Springer Gabler.

Barykin S. Y., Bochkarev A. A., Dobronravin E., Sergeev S. M., (2021), "The place and role of digital twin in supply chain management", Academy of Strategic Management Journal, 20 (2), 1-19.

Barykin S. Y., Bochkarev A. A., Kalinina O. V., Yadykin V. K., (2020), "Concept for a supply chain digital twin", International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences, 5 (6), 1498-1515.

Başar A. G. Ç., (2013), "Türk Ayakkabı Firmalarının Rekabet Stratejilerinde Tasarımın Rolü", Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi,

Bayraktar E., Demirbag M., Koh S. L., Tatoglu E., Zaim H., (2009), "A causal analysis of the impact of information systems and supply chain management practices on operational performance: evidence from manufacturing SMEs in Turkey", International Journal of Production Economics, 122 (1), 133-149.

Bechini A., Cimino M. G., Marcelloni F., Tomasi A., (2008), "Patterns and technologies for enabling supply chain traceability through collaborative e-business", Information and software technology, 50 (4), 342-359.

Bedi P., Jindal V., Gautam A., (2014), "Beginning with big data simplified", International Conference on Data Mining and Intelligent Computing, Delhi, India, 5-6 September.

Ben-Daya M., Hassini E., Bahroun Z., (2019), "Internet of things and supply chain management: a literature review", International Journal of Production Research, 57 (15-16), 4719-4742.

Bennis W., Goleman D., O'Toole J., (2008), "Transparency: How leaders create a culture of candor", 1st Edition, John Wiley & Sons.

Berger R., (2015), "The digital transformation of industry. The study commissioned by the Federation of German Industries (BDI)", Roland Berger: Global consulting,

Bertrand J. W. M., Wortman J. C., Wijngaard J., (1990), "Production control: a structural and design oriented approach", 1st Edition, Elsevier.

Bhardwaj T., Kumar M., Sharma S. C., (2018), "Megh: a private cloud provisioning various IaaS and SaaS", In: M. Pant, T.K. Sharma, O. P. Verma, R. Singla, A. Sikander, Editors, "Soft Computing: Theories and Applications ", Springer Singapore.

Bhardwaj V., Fairhurst A., (2010), "Fast fashion: Response to changes in the fashion industry", The International Review of Retail, Distribution and Consumer Research, 20 (1), 165-173.

Bhave D. P., Teo L. H., Dalal R. S., (2020), "Privacy at work: A review and a research agenda for a contested terrain", Journal of Management, 46 (1), 127–164.

Bhunja S., Tehranipoor M., (2018), "Hardware security: a hands-on learning approach", 1st Edition, Morgan Kaufmann.

Biesok G., Wyród-Wróbel J., (2011), "Customer satisfaction-Meaning and methods of measuring", Marketing and Logistic Problems in the Management of Organization, Wydawnictwo Akademii Techniczno-Humanistycznej W Bielsku-Białej, Bielsko-Biała, 23-41.

Bolan C., (2008), "A Review of the Electronic Product Code Standards for RFID Technology" ECU Publications.

Bolton R. N., (1998), "A dynamic model of the duration of the customer's relationship with a continuous service provider: The role of satisfaction", Marketing science, 17 (1), 45-65.

Bolton R. N., Drew J. H., (1991), "A multistage model of customers' assessments of service quality and value", Journal of consumer research, 17 (4), 375-384.

Bolumole Y. A., Knemeyer A. M., Lambert D. M., (2003), "The customer service management process", The International Journal of logistics management, 14 (2), 15-31.

Bordeleau F. E., Felden C., (2019), "Digitally transforming organisations: A review of change models of Industry 4.0", 27th European Conference on Information Systems, Stockholm and Uppsala, Sweden, 8-14 June.

Borodo S. M., Shamsuddin S. M., Hasan S. (2016), "Big data platforms and techniques", Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science, 1 (1), 191-200.

Bowersox, D. J., Closs D. J., Stank T. P., (2003) “How to Master Cross-Enterprise Collaboration”, Supply Chain Management Review, 7 (4), 18-26.

Boyson S., Corsi T., (2002), “Managing the real-time supply chain”, 35th Annual Hawaii International Conference on System Sciences, Big Island, Hawaii, USA, 7-10 January.

Brito M. P. D., Dekker R., (2004), “A framework for reverse logistics”, In: R. Dekker, M. Fleischmann, K. Inderfurth, L.N. Wassenhove, Editors, “Reverse logistics” Springer Berlin.

Brittanica, (n.d.), delivery, In Brittanica,

Brittanica, (n.d.), transportation, In Brittanica,

Brock D. L., (2001), “The Electronic Product Code (EPC)-A naming scheme for physical objects”, [White paper], Massachusetts, Massachusetts Institute of Technology,

Bär K., Herbert-Hansen Z. N. L., Khalid W., (2018), “Considering Industry 4.0 aspects in the supply chain for an SME”, Production Engineering, 12 (6), 747-758.

Budak G., Yaralıoğlu K., (1993), “Ayakkabı Sektörünün İhracata Yönlendirilmesi, İzmir Ticaret Odası Yayınları”, Ticaret Odası Yayınları, 1.

Büyüközkan G., Göçer F., (2018), “Digital Supply Chain: Literature review and a proposed framework for future research”, Computers in Industry, 97, 157-177.

Büyüköztürk Ş., Çakmak E. K., Akgün Ö.E., Karadeniz Ş., Demirel F. (2017), “Bilimsel araştırma yöntemleri”, Pegem Akademi Yayıncılık.

Camarinha-Matos L. M., Paraskakis I., Afsarmanesh H., (2009), “Leveraging Knowledge for Innovation in Collaborative Networks”, 1st Edition, Springer Berlin.

Cambridge University Press. (n.d.), Accessibility, In Cambridge dictionary,

Cambridge University Press. (n.d.), Crane, In Cambridge dictionary,

Cambridge University Press. (n.d.), Customer Service, In Cambridge dictionary, h

Cambridge University Press. (n.d.), Real Time, In Cambridge dictionary,

Cambridge University Press. (n.d.), Virtualization, In Cambridge dictionary,

Cambridge University Press. (n.d.), Virtual Reality, In Cambridge dictionary,

Cambridge University Press. (n.d.), Work in Progress, In Cambridge dictionary,

Caniato F., Longoni A., Moretto A., (2012), “Effective eProcurement implementation process”, Production Planning & Control, 23 (12), 935-949.

Cao M., Vonderembse M. A., Zhang Q., Ragu-Nathan T. S., (2010), "Supply chain collaboration: conceptualisation and instrument development", *International Journal of Production Research*, 48 (22), 6613-6635.

Cao M., Zhang Q., (2011), "Supply chain collaboration: Impact on collaborative advantage and firm performance", *Journal of operations management*, 29 (3), 163-180.

Cardenas A. A., Amin S., Sastry S., (2008), "Secure control: Towards survivable cyber-physical systems", *The 28th International Conference on Distributed Computing Systems Workshops*, Beijing, China, 17-20 June.

Caridi M., Moretto A., Perego A., Tumino A., (2014), "The benefits of supply chain visibility: A value assessment model", *International Journal of Production Economics*, 151, 1-19.

Carruthers K., (2016), "Internet of things and beyond: Cyber-physical systems", *IEEE Internet of Things Newsletter*, 62-4.

Carvalho, N. G. P. , & Cazarini, E. W. (2020). "Industry 4.0 - What Is It?", In: C.H, Ortiz, Editors, "Industry 4.0 - Current Status and Future Trends", IntechOpen

Castelo-Branco I., Cruz-Jesus F., Oliveira T., (2019), "Assessing Industry 4.0 readiness in manufacturing: Evidence for the European Union", *Computers in Industry*, 107, 22-32.

Chadwick C., Betzig S., Hu F., (2013), "Cyber-Physical Systems: Integrated Computing and Engineering Design", 1st Edition, Taylor & Francis Group.

Chanda A., (2019), "Barcode Technology and its Application in Libraries", *Library Philosophy and Practice*, e-Journal,

Chapurlat V., Daclin N., (2012), "System interoperability: definition and proposition of interface model in MBSE Context", *IFAC Proceedings Volumes*, 45 (6), 1523-1528.

Chavez R., Yu W., Jacobs M. A., Feng M., (2017), "Data-driven supply chains, manufacturing capability and customer satisfaction", *Production Planning & Control*, 28 (11-12), 906-918.

Chen B., Wan J., Shu L., Li P., Mukherjee M., Yin B., (2017), "Smart factory of industry 4.0: Key technologies, application case, and challenges", *Ieee Access*, 6, 6505-6519.

Chen C. F., Tsai D., (2007), "How destination image and evaluative factors affect behavioral intentions?", *Tourism management*, 28 (4), 1115-1122.

Cheng M. J., Simmons J. E. L., (1994), "Traceability in manufacturing systems", *International journal of operations & production management*, 14 (10), 4-16

Chen Y., Ganesan S., Liu Y., (2009), “Does a Firm’s Product Recall Strategy Affect Its Financial Value? An Examination of Strategic Alternatives During Product-Harm Crises”, *Journal of Marketing*, 73 (6), 214-226.

Chen Y., Han F., Yang Y. H., Ma H., Han Y., Jiang C., Lai, H. Q., Claffey, D., Safar Z., Liu, K. R. (2014). Time-reversal wireless paradigm for green internet of things: An overview. *IEEE Internet of Things Journal*, 1 (1), 81-98.

Cherbakov L., Galambos G., Harishankar R., Kalyana S., Rackham G., (2005), “Impact of service orientation at the business level”, *IBM Systems Journal*, 44 (4), 653–668.

Chiueh S. N. T. C., Brook, S., (2005), “A survey on virtualization technologies”, *Rpe Report*, 142.

Chowdhury M., Sadek A. W., (2012), “Advantages and limitations of artificial intelligence” *Artificial intelligence applications to critical transportation issues*, 6 (3), 360-375.

Christensen H. K., (2010), “Defining customer value as the driver of competitive advantage”, *Strategy & Leadership*, 38 (5), 20–25.

Christopher M., (1992), “Logistics and Supply chain management”, 3rd Edition, Prentice Hall

Christopher M., Payne A., Ballantyne D., (2013), “Relationship marketing”, 1st Edition, Routledge.

Chu H. K., Egbelu P. J., Wu C. T., (1995), “ADVISOR: A computer-aided material handling equipment selection system”, *International Journal of Production Research*, 33 (12), 3311-3329.

Chun-ping Z., Xiu-qing L., (2010), “Research on customer value oriented supply chain management strategies”, *International Conference on Logistics Systems and Intelligent Management (ICLSIM)* Harbin, China, 9-10 January.

Cinemre Ç., (2000), “Serviste Kalite”, 1. Baskı, Panel Matbaacılık.

Cirulis A., Ginters E., (2013), “Augmented reality in logistics”, *Procedia Computer Science*, 26, 14-20.

Cohen Y., Faccio M., Pilati F., Yao X., (2019), “Design and management of digital manufacturing and assembly systems in the Industry 4.0 era”, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 105 (9), 3565-3577.

Collins Dictionary, (n.d.), documentation, In Collins Dictionary,

Collins Dictionary, (n.d.), finished goods, In Collins Dictionary,

Collins Dictionary, (n.d.), record keeping, In Collins Dictionary,

- Collins Dictionary, (n.d.), sensor network, In Collins Dictionary, documentation,
- Coskun V., Ozdenizci B., Ok, K., (2013) “A Survey on Near Field Communication (NFC) Technology”, *Wireless personal communications*, 71 (3), 2259-2294.
- Cox A., (1999), “Power, value and supply chain management”, *Supply chain management: An international journal*, 4 (4), 167-175.
- Cronin, J. J., Brady, M. K., Brand, R. R., Hightower, R., & Shemwell, D. J. (1997). A cross-sectional test of the effect and conceptualization of service value. *Journal of services Marketing*, 11 (6), 375-391.
- Cronin J. J., Brady M. K., Hult G. T. M., (2000), “Assessing the effects of quality, value, and customer satisfaction on consumer behavioral intentions in service environments”, *Journal of retailing*, 76 (2), 193-218.
- Curran O. R., Fischer L., Pérez D., (2012), “Aviation security in a digital age: can security benefit from wireless communication technologies in passenger air transport?”, R. Curran, L. Fischer, D. Pérez, K. Klein, J. Hoekstra, P. Roling, W.J.C. Verhagen, Editors,” *Proceedings of the 3rd International Air Transport and Operations Symposium*”, IOS Press, US.
- Çelik, N., (2020), “Anadolu’nun Geleneksel Ayakkabı Formlarından Günümüz Tasarım Anlayışına Ayakkabı Kültürü”, *Yüksek Lisans Tezi*, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi.
- Dabbene F., Gay P., (2011), “Food traceability systems: Performance evaluation and optimization”, *Computers and Electronics in Agriculture*, 75 (1), 139-146.
- Dai B., Nu Y., Xie X., Li J., (2021), “Interactions of traceability and reliability optimization in a competitive supply chain with product recall”, *European Journal of Operational Research*, 290 (1), 116-131.
- Dallasega P., Rauch E., Linder C., (2018), “Industry 4.0 as an enabler of proximity for construction supply chains: A systematic literature review”, *Computers in industry*, 99, 205-225.
- Dash R., McMurtrey M., Rebman C., Kar U. K., (2019), “Application of artificial intelligence in automation of supply chain management”, *Journal of Strategic Innovation and Sustainability*, 14 (3), 43-53.
- da Silva G. C., Kaminski P. C., (2016), “From Embedded Systems (ES) to Cyber-Physical Systems (CPS): an analysis of transitory stage of automotive manufacturing in the Industry 4.0 scenario”, *Technical Report No: 2016-36-0230*, Universidade Federal do ABC (UFABC), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP), Brazil.
- Davies H., (2015), “The Paranoid Interface”, *IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality-Media, Art, Social Science, Humanities and Design*, Fukuoka, Japan, 29 September-3 October.

Demartini M., Bertani F., Tonelli F., (2018), “AB-SD hybrid modelling approach: a framework for evaluating industrial sustainability scenarios”, In: T. Borangiu, D. Trentesaux, A. Thomas, S. Cavalieri, Editors, “International Workshop on Service Orientation in Holonic and Multi-Agent Manufacturing”, Springer, Cham.

Demchenko Y., Grosso P., De Laat C., Membrey P., (2013), “Addressing big data issues in scientific data infrastructure”, International conference on collaboration technologies and systems (CTS), San Diego, CA, USA, 20-24 May.

Demirgüneş B. K., (2015), “Relative importance of perceived value, satisfaction and perceived risk on willingness to pay more”, International Review of Management and Marketing, 5 (4), 211-220.

Demir S., Paksoy T., Kochan C. G., (2020), “Logistics 4.0: SCM in Industry 4.0 Era:(Changing Patterns of Logistics in Industry 4.0 and Role of Digital Transformation in SCM)”, In T. Paksoy, Ç. G. Koçhan, S. S. Ali., Editors, “Logistics 4.0”, CRC Press.

de Sousa Bastos J. A., (2018), “Understanding Customer-Focused Supply Chain Management: A Set-Based Concept Framework”, Doctorate Thesis, University of Porto.

Devezas T., Leitão J., Sarygulov A., (2017), “Industry 4.0. Studies on Entrepreneurship, Structural Change and Industrial Dynamics”, 1st Edition, Springer Cham.

Devriendt F., Moldovan D., Verbeke W., (2018), “A literature survey and experimental evaluation of the state-of-the-art in uplift modeling: A stepping stone toward the development of prescriptive analytics”, Big data, 6 (1), 13-41.

Dikhanbayeva D., Shaikholla S., Suleiman Z., Turkyilmaz A., (2020), “Assessment of Industry 4.0 Maturity Models by Design Principles”, Sustainability, 12 (23), 9927.

Dodds W., Kent M., Dhruv G., (1991), "Effects of Price, Brand, and Store Information on Buyers' Product Evaluations", Journal of Marketing Research, 28 (3), 307-319.

Dudukalov E., (2020), “Industry 4.0 readiness: the impact of digital transformation on supply chain performance”, XXII International Scientific Conference Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies (EMMFT-2020), Voronezh, Russia, 8-10 December.

Duman M. Ç., (2022), “İŞLETMELER İÇİN YENİ BİR VERİMLİLİK TEKNOLOJİSİ: DİJİTAL İKİZ”, Verimlilik Dergisi, 188-205.

Durao F., Carvalho J. F. S., Fonseca A., Garcia, V. C., (2014), “A systematic review on cloud computing”, The Journal of Supercomputing, 68 (3), 1321–1346.

Ege B., (2012), “Bulut Bilişim” Bilim ve Teknik Dergisi (TÜBİTAK), 46 (541), 12-15.

Eggert A., Helm S., (2003), "Exploring the impact of relationship transparency on business relationships: A cross-sectional study among purchasing managers in Germany", *Industrial Marketing Management*, 32 (2), 101-108.

Eggert A., Ulaga W., (2002), "Customer perceived value: a substitute for satisfaction in business markets?", *Journal of Business & industrial marketing*, 17 (2/3), 107-118.
Eggert A., Ulaga W., Schultz F., (2006), "Value creation in the relationship life cycle: A quasi-longitudinal analysis", *Industrial Marketing Management*, 35 (1), 20-27.

El-Adly M. I., Eid R., (2016), "An empirical study of the relationship between shopping environment, customer perceived value, satisfaction, and loyalty in the UAE malls context", *Journal of Retailing and Consumer Services*, 31, 217-227.

Elgazzar S. E., Saleh A. A., El-Bakry H. M., (2017), "Overview of using private cloud model with GIS" *International Journal of Electronics and Information Engineering*, 7 (2), 68-78.

Ellinger A., Shin H., Northington W. M., Adams F. G., Hofman D., O'Marah K., (2012), "The influence of supply chain management competency on customer satisfaction and shareholder value", *Supply chain management: an international journal*, 17 (3) 249-262.

Elmas G., Erdoğan F., (2011), "The importance of reverse logistics", *International journal of business and management studies*, 3 (1), 161-171.

El Sawy O. A., Bowles G., (1997), "Redesigning the customer support process for the electronic economy: Insights from storage dimensions" *MIS quarterly*, 21 (4), 457-483.

Ene C., (2013), "The relevance of traceability in the food chain", *Економика пољопривреде*, 60 (2), 287-297.

Enkel E., Kausch C., Gassmann O., (2005), "Managing the risk of customer integration", *European Management Journal*, 23 (2), 203-213.

Esturillo C.G., Esturillo C., (2010), "The deployment of manufacturing flexibility as a function of company strategy", *Journal of Manufacturing Technology Management*, 21 (8), 971-989.

Fabian B., Günther O., Spiekermann S., (2005), "Security Analysis of the Object Name Service. 1st International Workshop on Security, Privacy and Trust in Pervasive and Ubiquitous Computing", Santorini Island, Greece, 14 July.

Fantazy K. A., Tipu S. A. A., Kumar V. (2016). "Conceptualizing the relative openness of supply chain and its impact on organizational performance", *Benchmarking: An International Journal*.

Fatorachian H., Kazemi H., (2018), "A critical investigation of Industry 4.0 in manufacturing: theoretical operationalisation framework", *Production Planning & Control*, 29 (8), 633-644.

Ferrantino M. J., Koten E. E. (2019), “Understanding Supply Chain 4.0 and its potential impact on global value chains”, Global Value Chain Development Report 2019, 103-119.

Folinas D., Manikas I., Manos B., (2006), "Traceability data management for food chains", British Food Journal, 108 (8), 622-633.

Fornell C., (1992), “A national customer satisfaction barometer: The Swedish experience”, Journal of marketing, 56 (1), 6-21.

Francisco K., Swanson D., (2018), “The supply chain has no clothes: Technology adoption of blockchain for supply chain transparency”, Logistics, 2 (1), 1-13.

Frank A. G., Dalenogare L. S., Ayala N. F. 2019, “Industry 4.0 Technologies: Implementation Patterns in Manufacturing Companies.” International Journal of Production Economics, 210, 15–26.

Frazzetto D., Nielsen T. D., Pedersen T. B., Šikšnys L., (2019), “Prescriptive analytics: a survey of emerging trends and technologies”, The VLDB Journal, 28 (4), 575-595.
Frederico G. F., (2021), “From supply chain 4.0 to supply chain 5.0: Findings from a systematic literature review and research directions”, Logistics, 5 (3), 49.

Gallego A., Kurer T., (2022)., “Automation, Digitalization, and Artificial Intelligence in the Workplace: Implications for Political Behavior”, Annual Review of Political Science, 55 (1), 60-92.

Ganchev I., van der Mei R. D., Van den Berg H., (2018), “Autonomous control for a reliable Internet of Services: methods, models, approaches, techniques, algorithms, and tools”, 1st Edition, Springer Nature.

Gandino F., Montrucchio B., Rebaudengo M., Sanchez E. R., (2009), “On improving automation by integrating RFID in the traceability management of the agri-food sector”, IEEE Transactions on Industrial Electronics, 56 (7), 2357-2365.

Gangadharan, G. R., & Swami, S. N. (2004,). Business intelligence systems: design and implementation strategies. In 26th International Conference on Information Technology Interfaces, 2004, Cavtat, Croatia, 7-10 June.

Gao J. Z., Prakash L., Jagatesan R., (2007), “Understanding 2d-barcode technology and applications in m-commerce-design and implementation of a 2d barcode processing solution”, International Computer Software and Applications Conference (COMPSAC), Beijing, China, 24-27 July.

Garay-Rondero C. L., Martinez-Flores J. L., Smith N. R., Morales S. O. C., Aldrette-Malacara A., (2020), “Digital supply chain model in Industry 4.0”, Journal of Manufacturing Technology Management, 31 (5), 887-933.

Garg V. K., (2007), "Wireless personal area networks: Low rate and high rate. In: D. Clark, Editor, "Wireless Communications and Networking", Elsevier Morgan Kaufmann.

Gautam M. K., Pati A., Mishra S. K., Appasani B., Kabalci E., Bizon N. Thounthong P., (2021), "A Comprehensive Review of the Evolution of Networked Control System Technology and Its Future Potentials", Sustainability, 13, 2962.

Gehani A., LaBean T., Reif J., (2003), "DNA-based cryptography", In: N. Jonoska, G. Păun, G. Rozenberg, Editors "Aspects of Molecular Computing", Springer, Berlin.

Geng H., McKeeth J. (2017). "Internet of things and data analytics handbook", John Wiley & Sons

Ghadge A., Er Kara M., Moradlou H., Goswami M., (2020), "The impact of Industry 4.0 implementation on supply chains", Journal of Manufacturing Technology Management, 31 (4), 669-686.

Ghobakhloo M., (2019), "Industry 4.0, Digitization, and Opportunities for Sustainability", Journal of Cleaner Production, 252, 119869.

Gilaninia S., Taleghani M., Mousavian S. J., Jalilvand S., Khanjani S., Rad, M. S. Shadmani E., Shiri Z., Seighalani, F. Z., (2012), "Impact of supply chain dimensions on customer satisfaction" Kuwait Chapter of Arabian Journal of Business and Management Review, 1 (5), 104-111.

Gilchrist A., (2016), "Introducing Industry 4.0. In Industry 4.0", 1st Edition, Apress. Gligor D. M., Davis-Sramek B., Tan A., Vitale A., Russo I., Golgeci I., Wan X., (2022), "Utilizing blockchain technology for supply chain transparency: A resource orchestration perspective", Journal of Business Logistics, 43 (1), 140-159.

Gobbi L., Massa I., (2015), "Supply chain management in textile sector: the case of the Italian T-fashion traceability system", International Journal of Environment and Health, 7 (4), 359-370.

Gokhale P., Bhat O., Bhat S. (2018), "Introduction to IOT. International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology", 5 (1), 41-44.

Golan E. H., Krissoff B., Kuchler F., Calvin L., Nelson K. E., Price, G. K., (2004), "Traceability in the US food supply: economic theory and industry studies ", Agricultural Economic Report, 830, 183-185.

Goyal M., Netessine S., (2011), "Volume flexibility, product flexibility, or both: The role of demand correlation and product substitution", Manufacturing & service operations management, 13 (2), 180-193.

Goyal S., (2014), "Public vs private vs hybrid vs community-cloud computing: a critical review", International Journal of Computer Network and Information Security, 6 (3), 20-29.

Grabara J., Man M., Kolcun M., (2014), "The benefits of reverse logistics", *International Letters of Social and Humanistic Sciences*, 15 (2), 138-147.
Gravier M., (2016), "3D printing: customers taking charge of the supply chain" *Industry Week*, 12 April.

Green J. C., Lee J., Kozman T. A., (2009), "Managing lean manufacturing in material handling operations", *International Journal of Production Research*, 48 (10), 2975–2993.

Grigore S. D., (2007), "Supply chain flexibility", *Romanian economic and business review*, 2 (1), 66-70.

Grönman K., Soukka R., Järvi-Kääriäinen T., Katajajuuri J. M., Kuisma M., Koivupuro H. K., Ollila M., Pitkänen M., Miettinen O., Silvenius F., Thun R., Wessman-Jääskeläinen H., Linnanen L., (2013), "Framework for sustainable food packaging design", *Packaging Technology and Science*, 26 (4), 187-200.

Gupta S., Drave V. A., Bag S., Luo Z., (2019), "Leveraging smart supply chain and information system agility for supply chain flexibility", *Information Systems Frontiers*, 21 (3), 547-564.

Göğüş C. A., (2021), "Otel işletmelerinde Demografik Faktörlerin Müşteri Memnuniyetine Etkisi", *Yüksek Lisans Tezi*, Hasan Kalyoncu Üniversitesi

Güriş S., Astar M., (2015), "Bilimsel Araştırmalarda SPSS ile İstatistik", İstanbul: Der Yayınları.

Halldórsson A., Skjøtt-Larsen T., (2004), "Developing logistics competencies through third party logistics relationships", *International Journal of Operations & Production Management*, 24 (2), 192-206.

Handfield R. (2016), "Preparing for the era of the digitally transparent supply chain: a call to research in a new kind of journal", *Logistics*, 1 (1), 2.

Handfield R., Linton T., (2017), "The LIVING supply chain: The evolving imperative of operating in real time", 1st Edition, John Wiley & Sons.

Handfield R.B., Nichols E.L., (1998) "Introduction to Supply Chain Management", 1st Edition, Pearson.

Hansemark, O. C., & Albinsson, M. (2004). Customer satisfaction and retention: the experiences of individual employees. *Managing Service Quality: An International Journal*, 14 (1), 40-57.

Hansen H., Samuelsen B. M., Silseth P. R., (2008), "Customer perceived value in BtB service relationships: Investigating the importance of corporate reputation", *Industrial Marketing Management*, 37 (2), 206-217.

Hardoon D. R., Shmueli G., (2013), "Getting started with business analytics: insightful decision-making", 1st Edition, CRC Press.

Hazen B. T., Boone C. A., Ezell J. D., Jones-Farmer, L. A., (2014), "Data quality for data science, predictive analytics, and big data in supply chain management: An introduction to the problem and suggestions for research and applications", *International Journal of Production Economics*, 154, 72-80.

Hellström D., Saghir M., (2007), "Packaging and logistics interactions in retail supply chains" *Packaging Technology and Science: An International Journal*, 20 (3), 197-216.

Helmrich R., Weber E., Wolter M. I., Zika G., (2019), "The Consequences of Industry 4.0 for the Labour Market and Education" In G. Bast, E. G. Carayannis, D. F. J. Campbell, Editors, 1st Edition, "The Future of Education and Labor", Springer, Cham.

Helo P., Shamsuzzoha A. H. M., (2020), "Real-time supply chain—A blockchain architecture for project deliveries", *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 63, 101909.

Heng S., (2014), "Industry 4.0: upgrading of Germany's industrial capabilities on the horizon", *Deutsche Bank Sector Research*.

Henriette, E., Feki, M., & Boughzala, I. (2016,). *Digital Transformation Challenges*". *Mediterranean Conference on Information Systems (MCIS)*, Paphos, Cyprus, 4-6 September.

Hermann M., Pentek T., Otto B., (2015), "Design principles for Industrie 4.0 scenarios: a literature review", Working Paper No: 01, Dortmund.

Hermann M., Pentek T., Otto B., (2016), "Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios", 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS), Koloa, Hawaii, USA, 5-8 January.

Hetterscheid E., Schlüter F., (2019), "Morphology for Designing Cyber-Physical Systems in Supply Chain Planning and Control Processes", *Logistics Journal: nicht referierte Veröffentlichungen*, 2019 (03).

Hofmann E., Sternberg H., Chen H., Pflaum A., Prockl G., (2019), "Supply chain management and Industry 4.0: conducting research in the digital age", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 49 (10), 945-955

Holler J., Tsiatsis V., Mulligan C., Karnouskos S., Avesand S., Boyle D., (2014), "From Machine-to-Machine to the Internet of Things: Introduction to a New Age of Intelligence", 1st Edition , Academic Press.

Horn T. J., Harrysson O. L., (2012), "Overview of current additive manufacturing technologies and selected applications", *Science progress*, 95 (3), 255-282.

Hozdić E., (2015), "Smart factory for industry 4.0: A review", *International Journal of Modern Manufacturing Technologies*, 7 (1), 28-35.

Hu H. H., Kandampully J., Juwaheer T. D., (2009), "Relationships and impacts of service quality, perceived value, customer satisfaction, and image: an empirical study", *The service industries journal*, 29 (2), 111-125.

Iatsyshyn A., Valeriia K., Romanenko Y.O., Deinega I.I., Popov O., Kutsan Y., Artemchuk B. O., Lytvynova S., (2019), "Application of augmented reality technologies for preparation of specialists of new technological era", 2nd International Workshop on Augmented Reality in Education, Kryvyi Rih, Ukraine, 22 March.

Ilie-Zudor E., Kemeny Z., Egri P., Monostori L., (2006), "The RFID technology and its current applications", *Modern Information Technology in the Innovation Processes of the Industrial Enterprises (MITIP)*, Budapest, Hungary, 11-12 September.

Inns, G. R. (2012). The packaging supply chain. In: A. Emblem, H. Emblem, Editors, "Packaging Technology" Woodhead Publishing Intelligence", *Journal of Computer Information Systems (JCIS)*, 58 (2), 162-169.

ISO, (2000), *Kalite Yönetim Sistemi, ISO 9001*, International Organization for Standardization.

Ivanov D., Tsipoulaidis A., Schönberger J. (2019), "Digital supply chain, smart operations and industry 4.0", *Global Supply Chain and Operations Management*, 1st Edition, Springer, Cham.

Jack E. P., Raturi A., (2002), "Sources of volume flexibility and their impact on performance" *Journal of Operations Management*, 20 (5), 519–548.

Jadeja Y., Modi K., (2012), "Cloud computing - concepts, architecture and challenges", *International Conference on Computing, Electronics and Electrical Technologies (ICCEET)* Nagercoil, India, 21-22 March.

Jain V. N., (2019), "Robotics for Supply Chain and Manufacturing Industries and Future It Holds", *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 8 (03), 66-79.

Janocha H., (2004). "Actuators", 1st Edition, Springer Berlin.

Jansen-Vullers M. H., van Dorp C. A., Beulens A. J., (2003), "Managing traceability information in manufacture", *International journal of information management*, 23 (5), 395-413.

Janvier-James A. M., (2012), "A new introduction to supply chains and supply chain management: Definitions and theories perspective", *International Business Research*, 5 (1), 194-207.

Jeble S., Kumari S., Patil Y., (2016), "Role of big data and predictive analytics", *International Journal of Automation and Logistics*, 2 (4), 307-331.

Jechlitschek C., (2006), "A survey paper on Radio Frequency Identification (RFID) trends", *Reports on Recent Advances in Networking*.

Jia X., Feng Q., Fan T., Lei Q., (2012), "RFID technology and its applications in Internet of Things (IoT)", International Conference on Consumer Electronics, Communications and Networks (CECNet), Yichang, China, 21-23 April.

Johnson P. F., Klassen R. D., (2005), "E-procurement", MIT Sloan Management Review, 46 (2), 7.

Kagermann H., Wahlster W., Helbig J., (2013), "Securing the Future of German Manufacturing Industry: Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0". Final Report of the Industrie 4.0, Working Group, Acatech, National Academy of Science and Engineering.

Kakkar L., Gupta D., Saxena S., Tanwar S., (2021), "IoT Architectures and Its Security: A Review", International Conference on Information Management and Machine Intelligence, Jaipur, India, 24-25 June.

Kalaycı Ş., (2010), "SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri", 5. Baskı, Ankara: Asil Yayın Dağıtım.

Kaplan, M., (2020), "Dinamik Yeteneklerin Rekabet Avantajı ve Çevresel Türbülans Üzerine Etkisi: Ayakkabıcılık Sektörü Örneği", Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi.

Kardasz P., Doskocz J., Hejduk M., Wiejkut P., Zarzycki H., (2016), "Drones and possibilities of their using", Journal of Civil & Environmental Engineering, 6 (3), 1-7.

Kasza J., (2019), "Forth Industrial Revolution (4 IR): Digital Disruption of Cyber-Physical Systems" World Scientific News, 134 (2), 118-147.

Kaufman A., Wood C. H., Theyel G., (2000), "Collaboration and technology linkages: a strategic supplier typology", Strategic Management Journal, 21 (6), 649-663.

Kavzoğlu T., Şahin E. K., (2012), "Bulut Bilişim Teknolojisi ve Bulut CBS Uygulamaları", IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu (UZAL-CBS), Zonguldak, Türkiye, 16-19 Ekim.

Keller E., Rexford J., (2010), "The" Platform as a Service" Model for Networking", INM/WREN, 10, 95-108.

Kempa S., Tanuwijaya N. C., Tarigan Z. J. H., (2020), "The impact of supply chain collaboration in logistic service for small medium enterprise in east java, Indonesia", Bali, Indonesia, 26-28 September.

Kench J. (2021), "Supply Chain 4.0", Supply Chain 4.0: Improving Supply Chains with Analytics and Industry 4.0 Technologies", 1st Edition, KOGAN PAGE.

Keow M. A. K. S., Nee A. Y. H., (2018), "Robotics in Supply chain", Emerging Technologies for Supply Chain Management, 25 (8), 25-31.

Khalidi Y., (2011), "Building a cloud computing platform for new possibilities", *Computer*, 44 (3), 29-34.

Khan M., Jan B., Farman H., (2019), "Deep learning: convergence to big data analytics", 1st Edition, Springer Singapore.

Khan M., Wu X., Xu X., Dou W., (2017), "Big data challenges and opportunities in the hype of Industry 4.0", *IEEE International Conference on Communications (ICC)*, Paris, France, 21–25 May.

Khan M. Z., Askwith B., Bouhafs F., Asim M., (2011), "Limitations of simulation tools for large-scale wireless sensor networks", *IEEE Workshops of International Conference on Advanced Information Networking and Applications*, Biopolis, Singapore, 22-25 March.

Khanzode K. C. A., Sarode R. D., (2020), "Advantages and Disadvantages of Artificial Intelligence and Machine Learning: A Literature Review", *International Journal of Library & Information Science (IJLIS)*, 9 (1), 30-36.

Kim J. I., Shunk D. L., (2004), "Matching indirect procurement process with different B2B e-procurement systems", *Computers in Industry*, 53 (2), 153-164.

Kim T. K., (2015), "T test as a parametric statistic", *Korean journal of anesthesiology*, 68 (6), 540.

Klötzer C., Pflaum A., (2015), "Cyber-physical systems as the technical foundation for problem solutions in manufacturing, logistics and supply chain management", *5th International Conference on the Internet of Things (IOT)*, Seoul, South Korea, 26–28 October.

Kocaoğlu B., Acar, A. Z., Yılmaz B., (2014), "Demand forecast, up-to-date models, and suggestions for improvement an example of a business", *Journal of Global Strategic Management*, 8 (1), 26-37.

Koh L., Orzes G., Jia, F. J., (2019), "The fourth industrial revolution (Industry 4.0): technologies disruption on operations and supply chain management", *International Journal of Operations & Production Management*, 39, 817-828.

Koste L. L., Malhotra M. K., (1999), "A theoretical framework for analyzing the dimensions of manufacturing flexibility" *Journal of operations management*, 18 (1), 75-93.

Kramer M. W., (1999), "Motivation to reduce uncertainty: A reconceptualization of uncertainty reduction theory", *Management Communication Quarterly*, 13 (2), 305-316.

Kubáč L., Kodym O., (2017), "The impact of 3D printing technology on supply chain", *The Fifth International Multi-Conference on Engineering and Technology Innovation (IMETI)*, Taichung, Taiwan, 28 October-01 November.

Kumaş E., Erol S., (2021), “Endüstri 4.0’da anahtar teknoloji olarak dijital ikizler”, Politeknik Dergisi, 24 (2), 691-701.

Kuzu B., (2018), “The Effect of Service Quality on Customer Satisfaction in Mobile Banking”, Graduation Thesis, Doğuş University.

Lakshen G. A., Vraneš S., Janev V. (2016), “Big data and quality: A literature review”. 24th telecommunications forum (TELFOR), Belgrade, Serbia, 22-23 November.

Lambert D., Stock J. R., Ellram L. M., (1998), “Fundamentals of logistics management”, 1st Edition, McGraw-Hill/Irwin.

Lambert S., Riopel D., Abdul-Kader W., (2011), “A reverse logistics decisions conceptual framework”, Computers & Industrial Engineering, 61 (3), 561-581.

Langley C. J., Novack R. A., Gibson B., Coyle J. J., (2013), “Supply chain management: a logistics perspective”, 9th Edition South-Western College Pub.

Lapide L., (1999), ”New Developments in Business Forecasting”, Journal of Business Forecasting Methods and Systems, 18 (3), 24–25.

Lapierre J., (2000), “Customer-perceived value in industrial contexts”, Journal of business & industrial marketing, 15 (2/3), 122-145.

Lasi, H., Fettke P., Kemper, H. G., Feld T., Hoffmann M., (2014), “Industry 4.0”, Business & information systems engineering, 6 (4), 239-242.

Lavie D., (2006), “The competitive advantage of interconnected firms: An extension of the resource-based view”, Academy of management review, 31 (3), 638-658.

Lee J., Ardakani H. D., Yang S., Bagheri B., (2015), “Industrial big data analytics and cyber-physical systems for future maintenance & service innovation”, Procedia cirp, 38, 3-7.

Leninkumar V., (2017), “The relationship between customer satisfaction and customer trust on customer loyalty”, International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences, 7 (4), 450-465.

Lepenioti K., Bousdekis A., Apostolou D., Mentzas G., (2020), “Prescriptive analytics: Literature review and research challenges”, International Journal of Information Management, 50, 57-70.

Lewis G., (2010), “Basics about cloud computing”, [White paper], Pittsburgh, Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University.

Liao S. H., (2005), “Technology management methodologies and applications: A literature review from 1995 to 2003”, Technovation, 25 (4), 381-393.

Li S., Xu L. D., Zhao S., (2015), “The internet of things: a survey” Information systems frontiers, 17 (2), 243-259.

Liu H., Zahao X., (2012), "A literature review and critique on customer satisfaction", 359-364.

Lummus R. R., Duclos L. K., Vokurka R. J., (2003), "Supply chain flexibility: building a new model", *Global Journal of Flexible Systems Management*, 4 (4), 1-13.

Lustig I., Dietrich B., Johnson C., Dziekan C., (2010), "The analytics journey", *Analytics Magazine*, 3 (6), 11–13.

Mabkhot M. M., Al-Ahmari A. M., Salah B., Alkhalefah H., (2018), "Requirements of the smart factory system: A survey and perspective", *Machines*, 6 (2), 23.

Madakam S., Ramaswamy R., Tripathi S., (2015), "Internet of Things (IoT): A Literature Review", *Journal of Computer and Communications*, 3, 164-173.

Majeed, A. A., 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", *International Journal of Supply Chain Management*, 6 (1), 25-40.

Malik M. I., Wani S. H., Rashid A., (2018), "Cloud computing-technologies", *International Journal of Advanced Research in Computer Science*, 9 (2), 379-383.

Manvi S. S., Shyam G. K., (2014), "Resource management for Infrastructure as a Service (IaaS) in cloud computing: A survey", *Journal of network and computer applications*, 41 (1), 424-440.

Manyika J., Chui M., Brown B., Bughin J., Dobbs R., Roxburgh C., Hung Byers A., (2011), "Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity", McKinsey Global Institute.

Masood T., Egger J., (2019), "Augmented reality in support of Industry 4.0—Implementation challenges and success factors", *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 58, 181-195.

McDonald L. (1993), "Setting New Standards for Customer Advocacy", *Journal of Business Strategy*, 14 (1), 11-15.

McNeff J. G., (2002), "The global positioning system", *IEEE Transactions on Microwave theory and techniques*, 50 (3), 645-652.

McPoil T. G., (1988), "Footwear", *Physical Therapy*, 68 (12), 1857-1865.

Mell P., Grance T., (2011), "The NIST definition of cloud computing", Technical Report No: 800-145, National Institute of Standards and Technology, USA.

Mentzer J. T., Schuster A. D., (1978), "Computer modeling in logistics: Existing models and future Outlook", *Journal of Business Logistics*, 3 (1), 1-55.

Merlino M., Sproge I., (2017), "The augmented supply chain", *Procedia Engineering*, 178, 308-318.

Merriam-Webster, (n.d.), barcode, In Merriam-Webster.

Merriam-Webster, (n.d.), interoperability, In Merriam-Webster.

Merriam-Webster, (n.d.), raw material, In Merriam-Webster

Mesquita L.F., Ragozzino R., Reuer J.J., (2017), “Collaborative Strategy: Critical issues for Alliances and Networks”, Edward Elgar Publishing.

Mhlanga D., (2021), “Artificial intelligence in the industry 4.0, and its impact on poverty, innovation, infrastructure development, and the sustainable development goals: Lessons from emerging economies?”, *Sustainability*, 13 (11), 5788.

Miller D., (2019), “The Resource-Based View of the Firm”. *Oxford Research Encyclopedia of Business and Management*, 39 (3), 519-543.

Milosevic, Z., Chen, W., Berry, A., Rabhi, F. A., Buyya, R., Calheiros, R. N., & Dastjerdi, A. V. (2016), “Real-time analytics”, In: Rajkumar Buyya , Rodrigo N. Calheiros , Amir Vahid Dastjerdi, Editors, “Big Data: Principles and Paradigms”, Morgan Kaufmann.

Min H., (2010), "Artificial intelligence in supply chain management: theory and applications", *International Journal of Logistics Research and Applications*, 13 (1), 13–39.

Miorandi D., Sicari S., Pellegrini F., Chlamta I., (2012), “Internet of Things: Vision, Applications and Research Challenges”, *Ad Hoc Networks*, 10 (7), 1497-1516.

Mishra A., Mathuria M., (2017), “Multilevel security feature for online transaction using QR code & digital watermarking”, *International conference of Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA)*, Caimbatore, India, 20-22 April.

Modi D., Zhao, L., (2020), “Social media analysis of consumer opinion on apparel supply chain transparency”, *Journal of Fashion Marketing and Management: An International Journal*, 25 (3), 465-481.

Moe T., (1998), “Perspectives on traceability in food manufacture”, *Trends in Food Science & Technology*, 9 (5), 211-214.

Moeuf A., Lamouri S., Pellerin R., Eburdy R., Tamayo., (2017), “Industry 4.0 and the SME: a technology-focused review of the empirical literature”, 7th International Conference on Industrial Engineering and Systems Management, Saarbrücken, Germany, 11-13 October.

Monostori L., Kádár B., Bauernhansl T., Kondoh S., Kumara S., Reinhart G., Sauer O., Schuh G., Sihn W., Ueda K., (2016), “Cyber-physical systems in manufacturing. *CIRP Annals – Manufacturing Technology*”, 65 (2), 621-641.

Monroe K. B., (1990), "Pricing. Making Profitable Decisions", 2nd Edition, McGraw Hill Book Company: New York.

Moon K. K. L., Yi C. Y., Ngai E. W. T., (2012), "An instrument for measuring supply chain flexibility for the textile and clothing companies", *European Journal of Operational Research*, 222 (2), 191-203.

Morar D. D., (2013), "An overview of the consumer value literature—perceived value, desired value", *Marketing from information to decision*, (6), 169-186.

Morash E. A., Clinton S. R., (1997), "The role of transportation capabilities in international supply chain management", *Transportation journal*, 36 (3), 5-17.

Moreno-Vozmediano R., Montero R. S., & Llorente I. M., (2013), "Key Challenges in Cloud Computing: Enabling the Future Internet of Services", *IEEE Internet Computing*, 17 (4), 18–25.

Mosconi F., (2015), "The New European Industrial Policy: Global Competitiveness and the Manufacturing Renaissance", 1st Edition, Routledge.

Motta G., Sfondrini N., Sacco D., (2012) "Cloud Computing: A Business and Economical Perspective", *International Joint Conference on Service Sciences*, Shanghai, China, 24-26 May.

Murugaiyan P., Ramasamy P., (2021), "Analyzing interrelated enablers of Industry 4.0 for implementation in present industrial scenario", *Management Research Review*, 44 (9), 1241-1262.

Muthusami S., Srinivsan M., (2018), "Supply chain 4.0: digital transformation, disruptions and strategies", *Review of Business and Technology Research*, 14 (2), 32-35.

Mörth O., (2018), "Implementation of Cyber-Physical Systems in Intralogistics IoT in Conveyor Technology", *Master's Thesis*, Graz University of Technology.

Müller J. M., Voigt, K. I., (2018), "The impact of industry 4.0 on supply chains in engineer-to-order industries-an exploratory case study", *IFAC-PapersOnLine*, 51 (11), 122-127.

Nambiar A. N., (2009), "RFID technology: A review of its applications", *World congress on engineering and computer science*, San Francisco, USA, 20-22 October.

Naqvi M. H., Asim D. M., Manzoor S., (2020), "Analysing the impact of supply chain agility on customer satisfaction through responsiveness and innovation", *CenRaPS Journal of Social Sciences*, 2 (1), 26-40.

Neugebauer R., Hippmann S., Leis M., Landherr M., (2016), "Industrie 4.0-From the perspective of applied research", *Procedia CIRP*, 57, 2-7.

Niu H., Bhowmick C., Jagannathan S., (2019), "Attack Detection and Estimation for Cyber-Physical Systems by Using Learning Methodology", In A. Alanis, N. Arana-Daniel, C. Lopez-Franco, Editors, "Artificial Neural Networks for Engineering Applications", Academic Press.

Narwane V. S., Raut R. D., Yadav, V. S., Singh A. R. (2021), "Barriers in sustainable industry 4.0: a case study of the footwear industry", *International Journal of Sustainable Engineering*, 14 (3), 175-189.

Ochoa Delorenzi, S., Fortino G., Di Fatta G., (2017), "Cyber-physical systems, internet of things and big data", *Future Generation Computer Systems*, 75, 82-84.

Olander-Roese M., Nilsson F., (2009), "Competitive advantage through packaging design? Propositions for supply chain effectiveness and efficiency", *The 17th International Conference on Engineering Design*, Palo Alto, CA, USA, 24.-27 August.

Oliveira M. P. V. D., Handfield R., (2019), "Analytical foundations for development of real-time supply chain capabilities", *International Journal of Production Research*, 57 (5), 1571-1589.

Olsen P., Borit M. (2013), "How to define traceability", *Trends in food science & technology*, 29 (2), 142-150.

Olsen T. L., Tomlin B., (2020), "Industry 4.0: Opportunities and challenges for operations management", *Manufacturing & Service Operations Management*, 22 (1), 113-122.

Olsson A., Petterson M., Jönson G., (2004), "Packaging demands in the food service industry" *Food Service Technology*, 4 (3), 97-105.

Oluwaseyi J. A., Onifade M. K., Odeyinka O. F., (2017), "Evaluation of the role of inventory management in logistics chain of an organisation", *LOGI–Scientific Journal on Transport and Logistics*, 8 (2), 1-11.

Ortiz S., (2006), "Is near-field communication close to success?", *computer*, 39 (3), 18-20.

Oussous A., Benjelloun F. Z., Lahcen A. A., Belfkih S., (2018), "Big Data technologies: A survey", *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences*, 30 (4), 431-448.

Ozguner U., Acarman T., Redmill K. A., (2011), "Autonomous ground vehicles", 1st Edition, Artech House.

Palanisamy R., (2005), "Strategic information systems planning model for building flexibility and success", *Industrial Management & Data Systems*, 105 (1), 63-81.

Palmer R. C., (1995), "The Bar Code book: Reading, Printing, and Specification of Bar Code Symbols", 3rd edition, Helmers Publishing.

Palvia, P., Midha, V., & Pinjani, P. (2006), "Research Models in Information Systems", *Communications of the Association for Information Systems*, 17, 47.

Panayiotou N. A., Gayialis S. P., Tatsiopoulos I. P., (2004), "An e-procurement system for governmental purchasing", *International journal of production economics*, 90 (1), 79-102.

Parasuraman A., Zeithaml V. A., Berry L. L., (1988), "SERVQUAL: A multiple- Item Scale for measuring consumer perceptions of service quality", *Journal of retailing*, 64 (1), 12-40.

Park, S. (2016). Development of innovative strategies for the Korean manufacturing industry by use of the Connected Smart Factory (CSF). *Procedia Computer Science*, 91, 744-750.

Patterson P. G., Spreng R. A., (1997), "Modelling the relationship between perceived value, satisfaction and repurchase intentions in a business-to-business, services context: an empirical examination", *International Journal of service Industry management*, 8 (5), 414-434.

Peterson J., (2018), "Virtual Reality, Augmented Reality, and Mixed Reality Definitions", *VAMR: 10TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON VIRTUAL, AUGMENTED AND MIXED REALITY*, Las Vegas, NV, USA, 15-20 July.

Pfohl H. C., Yahsi B., Kurnaz T., (2015), "The impact of Industry 4.0 on the Supply Chain" In: W. Kersten, T. Blecker, C.Ringle, Editors, "Innovations and Strategies for Logistics and Supply Chains: Technologies, Business Models and Risk Management", Berlin: epubli GmbH.

Phan A. C., Nguyen H. T., Nguyen K. B., Le A. T. T., Matsui Y., (2020), "Relationship between customer collaboration in supply chain management and operational performance of manufacturing companies", *International Journal of Productivity and Quality Management*, 29 (3), 372-396.

Phase A., Mhetre N., (2018), "Using IoT in supply chain management", *International Journal of Engineering and Techniques*, 4 (2), 973-979.

Pihlström M., Brush G. J., (2008), "Comparing the perceived value of information and entertainment mobile services", *Psychology & Marketing*, 25 (8), 732-755.

Pizzuti T., Mirabelli G., (2015), "The Global Track&Trace System for food: General framework and functioning principles", *Journal of Food Engineering*, 159, 16-35.

Popkova E. G., Ragulina Y. V., Bogoviz A. V., (2019), "Industry 4.0: Industrial revolution of the 21st century", 1st ,Edition, Springer Cham.

Porkodi R., Bhuvanewari V., (2014), "The Internet of Things (IoT) Applications and Communication Enabling Technology Standards: An Overview", *International Conference on Intelligent Computing Applications*, Coimbatore, India, 6-7 March.

Presutti J. W. D., (2003), "Supply management and e-procurement: creating value added in the supply chain", *Industrial marketing management*, 32 (3), 219-226.

Priniotakis G., Argyropoulos P., (2018), "Inventory management concepts and techniques", *Aegean International Textile and Advanced Engineering Conference (AITAE 2018)*, Lesvos, Greece, 5–7 September.

Pujawan I. N., (2004), "Assessing supply chain flexibility: a conceptual framework and case study", *International Journal of Integrated Supply Management*, 1 (1), 79-97.

Pura M., (2005), "Linking perceived value and loyalty in location-based mobile services", *Managing Service Quality: An International Journal*, 15 (6), 509-538.

Purcell B. M., (2014), "Big data using cloud computing", *Journal of Technology Research*, 4 (1), 129-137.

Puschmann T., Alt R., (2005), "Successful use of e-procurement in supply chains", *Supply Chain Management: an international journal*, 10 (2), 122-133.

PWC, (2016), "Industry 4.0- How digitization makes the supply chain more efficient, agile, and customer-focused", <https://www.pwc.ch/en/publications/2017/how-digitization-makes-the-supply-chain-more-efficient-pwc-2016.pdf>

Pålsson H., Hellström D., (2016), "Packaging logistics in supply chain practice – current state, trade-offs and improvement potential", *International Journal of Logistics Research and Applications*, 19 (5), 351-368.

Pérez M., Carou D., Rubio E. M., Teti R., (2020), "Current advances in additive manufacturing", *Procedia Cirp*, 88, 439-444.

Qi L., Zhang J., Xu M., Fu Z., Chen W., Zhang X., (2011), "Developing WSN-based traceability system for recirculation aquaculture", *Mathematical and Computer Modelling*, 53 (11-12), 2162–2172.

Qin J., Liu Y., Grosvenor R., (2016), "A categorical framework of manufacturing for industry 4.0 and beyond", *Procedia cirp*, 52, 173-178.

Queiroz, M. M., Machado, M. C. (2017), "Smart supply chain in industry 4.0: trends, challenges, and research opportunities", *XX Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais (SIMPOI)*, São Paulo, Brasil, 28-29 August.

Qureshi A., Murphy J. T., Kuchinsky B., Seepersad C. C., Wood K. L., Jensen D. D., (2006), "Principles of product flexibility", *International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference*, Philadelphia, Pennsylvania, USA, 10-13 September.

Rahim A. G., Ignatius I. U., Adeoti O. E., (2012), "Is customer satisfaction an indicator of customer loyalty?", *Australian Journal of Business and Management Research*, 2 (07), 14-20.

Raisin S. N., Jamaludin J., Rahalim F. M., Mohamad F. A. J., & Naeem B., (2020), "Cyber-Physical System (CPS) Application- A REVIEW", *Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, 1 (2), 52-65.

Rajkumar R., Lee I., Sha L., Stankovic J., (2010), "Cyber-physical systems: the next computing revolution", *Design automation conference*, 731-736, Anaheim, California, USA, 13-18 June.

Rajnai Z., Kocsis I., (2018), "Assessing industry 4.0 readiness of enterprises", 2018 IEEE 16th world symposium on applied machine intelligence and informatics (SAMI), Piscataway, New Jersey, USA, 7-10 February.

Ramaa A., Subramanya K. N., Rangaswamy T. M., (2012), "Impact of warehouse management system in a supply chain", *International Journal of Computer Applications*, 54 (1), 14-20.

Ramaraj P., (2010), "Information systems flexibility in organizations: conceptual models and research issues", *Global Journal of Flexible Systems Management*, 11 (1), 1-12.

Rani D., Ranjan R. K., (2014), "A comparative study of SaaS, PaaS and IaaS in cloud computing", *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, 4 (6), 458-461.

Rashid A., Tjahjono B., (2016), "Achieving manufacturing excellence through the integration of enterprise systems and simulation", *Production Planning & Control*, 27 (10), 837-852.

Ravi V., Shankar R., Tiwari M. K., (2005), "Analyzing alternatives in reverse logistics for end-of-life computers: ANP and balanced scorecard approach", *Computers & industrial engineering*, 48 (2), 327-356.

Rebbani Z., Azougagh D., Bahatti L., Bouattane O., (2021), "Definitions and applications of augmented/virtual reality: A survey", *International Journal*, 9 (3), 279-285.

Reed K., Blunsdon B., (1998), "Organizational flexibility in Australia", *The International Journal of Human Resource Management*, 9 (3), 457-477.

Reis J., Gonçalves R., (2018), "The Role of Internet of Services (IoS) on Industry 4.0 Through the Service Oriented Architecture (SOA)", *IFIP WG 5.7 International Conference on Advances in Production Management Systems*, Seoul, Korea, 26-30 August.

Rejeb A., Keogh J. G., Treiblmaier H., (2019), "Leveraging the internet of things and blockchain technology in supply chain management", *Future Internet*, 11 (7), 161.

Ren L., Zhang L., Wang L., Tao F., Chai X., (2017), "Cloud manufacturing: key characteristics and applications", *International journal of computer integrated manufacturing*, 30 (6), 501-515.

- Ren S., Zhang Y., Liu Y., Sakao T., Huisingh D., Almeida C. M., (2019), "A comprehensive review of big data analytics throughout product lifecycle to support sustainable smart manufacturing: A framework, challenges and future research directions", *Journal of cleaner production*, 210, 1343-1365.
- Roblek V., Meško M., Krapež A. (2016), "A complex view of industry 4.0", *Sage open*, 6 (2), 1-11.
- Rosenberg N., (1984), "Inside the black box: technology and economics", *Technology and Culture*, 51 (1), 296.
- Rosenblatt M.J. (2013) "Material Handling", In: S.I. Gass, M.C. Fu, Editors, "Encyclopedia of Operations Research and Management Science", Springer, Boston.
- Rossit D. A., Tohmé F., Frutos M. (2019), "Industry 4.0: smart scheduling", *International Journal of Production Research*, 57 (12), 3802-3813.
- Saghir M., "A platform for packaging logistics development – a systems approach", Doctoral thesis, Lund University.
- Sahay B. S., (2003), "Supply chain collaboration: the key to value creation", *Work study*, 52 (2), 76-83
- Sahay B. S., Ranjan J., (2008), "Real time business intelligence in supply chain analytics", *Information Management & Computer Security*, 16 (1), 28-48.
- Salkin C., Oner M., Ustundag A., Cevikcan E. (2018), "A Conceptual Framework for Industry 4.0. In: Industry 4.0: Managing The Digital Transformation", Springer Series in Advanced Manufacturing. Springer, Cham.
- Sarder M. D., (2020), "Logistics Transportation Systems", 1st Edition, Elsevier.
- Sarkar C., Nambi S.N., Prasad R.V., Biswas A.R., Neisse R., Baldini G., (2015), "DIAT: A Scalable Distributed Architecture for IoT", *IEEE Internet of Things Journal*, 2 (3), 230-239.
- Sarma, S. E., Weis, S. A., & Engels, D. W. (2002,). "RFID systems and security and privacy implications", *International workshop on cryptographic hardware an embedded systems*, Redwood Shores, CA, USA, 13-15 August.
- Schallmo D. R., Williams C. A., (2018), "History of digital transformation", In: "Digital Transformation Now!", Springer Cham.
- Schiffman L. G., Kanuk L. L., (2004), "Customer Behavior", 8th Edition, Pearson College Div.
- Schmidmayr P., Ebner M., Kappe F., (2008), "What's the Power behind 2D Barcodes? Are they the Foundation of the Revival of Print Media", 6th International Conference on Knowledge Management and New Media Technology. Graz, Austria, 3-5 September.

Schnackenberg A. K., Tomlinson E., Coen C., (2021), "The dimensional structure of transparency: A construct validation of transparency as disclosure, clarity, and accuracy in organizations", *Human Relations*, 74 (10), 1628–1660.

Schroeder A., Ziaee Bigdeli A., Galera Zarco C., Baines T., (2019), "Capturing the benefits of industry 4.0: a business network perspective", *Production Planning & Control*, 30 (16), 1305-1321.

Schuitemaker R., Xu X., (2020), "Product traceability in manufacturing: A technical review", *Procedia CIRP*, 93, 700-705.

Shafique F., Mahmood K., (2010), "Model development as a research tool: An example of PAK-NISEA". *Library Philosophy and Practice*, 2010, 1-12

Shankar R., Gupta R., Pathak D. K., (2018), "Modeling critical success factors of traceability for food logistics system", *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 119, 205-222.

Shen W., Norrie D. H., (1999), "Agent-based systems for intelligent manufacturing: a state-of-the-art survey", *Knowledge and information systems*, 1 (2), 129-156.

Sherman W. R., Craig A. B., (2018), "Understanding virtual reality: Interface, application, and design", 2nd Edition, Morgan Kaufmann.

Sheth J. N., Newman B. I., Gross B. L., (1991), "Why we buy what we buy: A theory of consumption values", *Journal of business research*, 22 (2), 159-170.

Shishkov B., (2018)., "Business modeling and software design", 1st Edition, Springer Cham

Shou Y., Li Y., Park, Y., Kang M., (2018), "Supply chain integration and operational performance: the contingency effects of production systems", *Journal of Purchasing and Supply Management*, 24 (4), 352-360.

Silva R., Oliveira J. C., Giraldo G. A., (2003), "Introduction to augmented reality", *National laboratory for scientific computation*, 11, 1-11.

Simatupang T. M., Sridharan R., (2007), "The architecture of supply chain collaboration", *International Journal of Value Chain Management*, 1 (3), 304-323.

Simchi-Levi D., Zhao Y., (2003), "The value of information sharing in a two-stage supply chain with production capacity constraints", *Naval Research Logistics (NRL)*, 50 (8), 888-916.

Singh D., Verma A., (2018), "Inventory management in supply chain" *Materials Today: Proceedings*, 5 (2), 3867-3872.

Singh R. K., Acharya P., (2013), "Supply Chain Flexibility: A FrameWork of Research Dimensions", *Global Journal of Flexible Systems Management*, 14 (3), 157–166.

Sirdeshmukh D., Singh J., Sabol B., (2002), "Consumer trust, value, and loyalty in relational exchanges", *Journal of marketing*, 66 (1), 15-37.

Sodhi M. S., Tang C. S., (2019), "Research opportunities in supply chain transparency", *Production and Operations Management*, 28 (12), 2946-2959.

Soleimani S., (2018), "A perfect triangle with: artificial intelligence, supply chain management, and financial technology", *Archives of Business Research*, 6 (11), 85-94.

Song J. M., Sung J., Park T., (2019), "Applications of blockchain to improve supply chain traceability", *Procedia Computer Science*, 162, 119-122.

Son I., Lee D., Lee J. N., Chang Y. B., (2014), "Market perception on cloud computing initiatives in organizations: An extended resource-based view", *Information & Management*, 51 (6), 653-669.

Srinivasan A., Quadir M. A., Vijayakumar V., (2015), "Era of cloud computing: A new insight to hybrid cloud", *Procedia Computer Science*, 50, 42-51.

Staikos T., Rahimifard S., (2007), "A decision-making model for waste management in the footwear industry", *International journal of production research*, 45 (18-19), 4403-4422.

Stank T., Crum M., Arango M., (1999), "Benefits of interfirm coordination in food industry supply chains", *Journal of business logistics*, 20 (2), 21- 42.

Stefanov I., (2006), "Supply chain strategy as part of customer satisfaction", Degree Programme Thesis, Lahti University of Applied Sciences, Finland.

Sterling J. U., Lambert D. M., (1987), "Establishing customer service strategies within the marketing mix", *Journal of business Logistics*, 8 (1), 1-30.

Stevenson M., Spring M., (2007), "Flexibility from a Supply Chain Perspective: Definition and Review", *International Journal of Operations & Production Management*. 27 (7), 685-713.

Suarez F.F., Cusumano M.A., Fine C.F., (1996), "An empirical study of manufacturing flexibility in printed circuit board assembly", *Operations Research*, 44 (1), 223-40.

Sule D. R., (2008), "Manufacturing facilities: location, planning and design", 3rd Edition, CRC press.

Sun C., (2012), "Application of RFID technology for logistics on internet of things" *AASRI Procedia*, 1, 106-111.

Sung W. T., Hsiao S. J., (2021), "Building an indoor air quality monitoring system based on the architecture of the Internet of Things" *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, 2021 (1), 1-41.

Sun Z., Sun L., Strang K., (2018), “Big Data Analytics Services for Enhancing Business Intelligence”, *Journal of Computer Information Systems (JCIS)*, 58 (2), 162-169.

Sweeney J. C., Soutar G. N., (2001) “Consumer perceived value: The development of a multiple item scale”, *Journal of retailing*, 77 (2), 203-220.

Symbol the enterprise mobility company (n.d.), “ACHIEVING COMPETITIVE ADVANTAGE WITH THE REAL-TIME WAREHOUSE SOLUTION OVERVIEW”, <https://s26142.pcdn.co/wp-content/uploads/2014/04/real-time-warehouse.pdf>, (Erişim Tarihi: 12.04.2020)

Sánchez-Fernández R., Iniasta-Bonillo M. Á., (2007), “The concept of perceived value: a systematic review of the research”, *Marketing theory*, 7 (4), 427-451.

Sánchez-Fernández R., Iniasta-Bonillo M. Á., Holbrook M. B., (2009), “The conceptualisation and measurement of consumer value in services”, *International Journal of Market Research*, 51 (1), 1-17.

Sánchez J. A. G., Vázquez J. R., (2014), “Open CPS Platforms”, *CyPhERS 2nd Experts Workshop*, Berlin, Germany, 14 April.

Tachizawa E. M., Thomsen C. G., (2007), “Drivers and sources of supply flexibility: an exploratory study”, *International Journal of Operations & Production Management*, 27 (10), 1115–1136.

Tao F., Zhang M., (2017), “Digital Twin Shop-Floor: A New Shop-Floor Paradigm Towards Smart Manufacturing” *IEEE Access*, 5, 20418-20427.

Tapscott D., Ticoll D., (2003), “The naked corporation: How the age of transparency will revolutionize business”, 1st Edition, Simon and Schuster.

Tarantilis C. D., (2008), “Topics in real-time supply chain management”, *Computers and Operations Research*, 35 (11), 3393-3396.

Taylor F. V., 1949, “Cybernetics (or control and communication in the animal and the machine)”, *Psychological Bulletin*, 46 (3), 236-237.

Tay S. I., Lee T. C., Aziati A. H. N., & Ahmad A. N. A., (2018), “An Overview of Industry 4.0: Definition, Components, and Government Initiatives”, *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*, 14, 1379-1387

Taşkin E., Durmaz Y., (2010), “The role of service quality of the logistic activities in creating customer value and a research on the institutional customers of Yurtici Cargo”, *European Journal of Economics, Finance and Administrative Sciences*, 23, 170-178.

Tlaty M., Moutmihi M., (2015), “From the logistics function to the logistics service: A literature Review”, *Global Journal of Management And Business Research*. 15 (6), 9-16.

Tonelli F., Demartini M., Pacella M., Lala R., (2021), "Cyber-physical systems (CPS) in supply chain management: from foundations to practical implementation", *Procedia CIRP*, 99 (3), 598-603.

Topleva S., (2018), "Industry 4.0: Transforming economy through value added" *Asian Journal of Economic Modelling*, 6 (1), 37-46.

Tortorella G., Fettermann D., (2017), "Implementation of Industry 4.0 and lean production in Brazilian manufacturing companies" *International Journal of Production Research*, 56 (8), 2975-2987.

Trauer J., Schweigert-Recksiek S., Engel C., Spreitzer K., Zimmermann M., (2020), "What is a digital twin?–Definitions and insights from an industrial case study in technical product development", *Design Society: DESIGN Conference*, 1, 757-766.

Tsige, M. T. (2013), "Improving order-picking efficiency via storage assignments strategies", Master's thesis, University of Twente.

Twede D., (1992), "The process of logistical packaging innovation" *Journal of business logistics*, 13 (1), 69-94.

UNICEF, (n.d.), "UNICEF GUIDANCE ON THE USE OF DRONES IN SUPPLY CHAINS", <https://www.unicef.org/supply/media/10326/file/UNICEF-Guidance-on-use-of-drones-in-supply-chains.pdf>

Uyanık G. K., Güler N., (2013), "A study on multiple linear regression analysis", *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 106, 234-240.

Vaidya S., Ambad P., Bhosle S., (2018), "Industry 4.0–a glimpse", *Procedia manufacturing*, 20, 233-238.

Van Dam A., Forsberg A. S., Laidlaw D. H., LaViola J. J., Simpson R. M., (2000), "Immersive VR for scientific visualization: A progress report", *IEEE Computer Graphics and Applications*, 20 (6), 26-52.

Van Nunen K., Swuste P., Reniers G., Paltrinieri N., Aneziris O., Ponnet K., (2018), "Improving pallet mover safety in the manufacturing industry: A bow-tie analysis of accident scenarios", *Materials*, 11 (10), 1955.

Vass T. D., Shee H., Miah S. J., (2021), "IoT in supply chain management: a narrative on retail sector sustainability", *International Journal of Logistics Research and Applications*, 24 (6), 605-624.

Verghese K., Lewis H., Lockrey S., Williams H., (2015) "Packaging's role in minimizing food loss and waste across the supply chain", *Packaging Technology and Science*, 28 (7), 603-620.

Verwaal E., Hesselmanns M., (2004), "Drivers of Supply Network Governance: An Explorative Study of the Dutch Chemical Industry", *European Management Journal*, 22 (4), 442-451.

Verwijmeren M., Van Der Vlist P., Van Donsellar, K., (1996), “Networked inventory management information systems: materializing supply chain management”, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 26 (6), 16-31.

Vickery S., Calantone R., Dröge C., (2006), “Supply Chain Flexibility: An Empirical Study”, *Journal of Supply Chain Management*, 35 (2), 16-24.

Walker H., Schotanus F., Bakker E., Harland C., (2013), “Collaborative procurement: a relational view of buyer–buyer relationships”, *Public administration review*, 73 (4), 588-598.

Wallace T. F., Stahl R. A., (2008), “Sales and operation planning: The how-to handbook”, 3rd Edition, Steelwedge Software.

Wang K., (2016), “Logistics 4.0 solution-new challenges and opportunities”, 6th international workshop of advanced manufacturing and automation, Manchester, UK, 10-11 November.

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

Wang L., Wang X. V., (2018), “Cloud-based cyber-physical systems in manufacturing”, 1st Edition, Springer International Publishing.

Wang W., Lee K., Murray D., (2012), “Integrating sensors with the cloud using dynamic proxies”, *IEEE 23rd International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications-(PIMRC)*, Helsinki, Finland, 9-12 September.

Wang Y., Lo H. P., Chi R., Yang Y., (2004), “An integrated framework for customer value and customer-relationship-management performance: A customer-based perspective from China”, *Managing Service Quality: An International Journal*, 14 (2/3), 169-182.

Wan J., Cai H., Zhou K., (2015), “Industrie 4.0: Enabling Technologies”, *Intelligent Computing and Internet of Things*, Harbin, China, 17-18 January.

Web 1, (n.d.), <https://www.ge.com/additive/additive-manufacturing>, (Erişim Tarihi: 07.05.2022).

Web 2, (n.d.), <https://additivemanufacturing.com/basics>, (Erişim Tarihi: 07.05.2022).

Web 3, (n.d.), <https://builtin.com/artificial-intelligence>, (Erişim Tarihi: 15.04.2022).

Web 4, (n.d.), <https://www.innovae.eu/en/industry-40-augmented-and-virtual-reality>, (Erişim Tarihi: 07.05.2022).

Web 5, (2021), <https://www.netsuite.com/portal/resource/articles/erp/order-processing>, (Erişim Tarihi: 11.04.2022).

Web 6, (n.d.), <https://accion.work/blog/order-processing-in-logistics>, (Erişim Tarihi: 11.04.2022).

Web 7, (2020), <https://www.netsuite.com/portal/resource/articles/inventory-management/inventory-management.shtml>, (Erişim Tarihi: 11.04.2022).

Web 8, (n.d.), <https://www.mhi.org/fundamentals/material-handling>, (Erişim Tarihi: 11.04.2022).

Web 9, (n.d.), <https://www.gs1.org/1/tlkeys/index.php/p=asset/aid=39>, (Erişim Tarihi: 11.04.2022).

Web 10, (n.d.), <https://people.engr.ncsu.edu/kay/mhetax/PosEq/index.htm>, (Erişim Tarihi: 11.04.2022).

Web 11, (n.d.), <https://www.thomasnet.com/articles/materials-handling/material-handling-equipment>, (Erişim Tarihi: 11.04.2022).

Web 12, (n.d.), <https://people.engr.ncsu.edu/kay/mhetax/IdentEq/index.htm>, (Erişim Tarihi: 11.04.2022).

Web 13, (2020), <https://albionlanguages.com/communicating-effectively-in-logistics-and-supply-chain>, (Erişim Tarihi: 12.04.2022).

Web 14, (n.d.), <https://mybluegrace.com/bluegrace-logistics/how-to-build-an-effective-logistics-communication-process/#:~:>, (Erişim Tarihi: 12.04.2022).

Web 15, (n.d.), <https://www.prologis.com/what-we-do/resources/role-of-transportation-in-supply-chain#:~:>, (Erişim Tarihi: 12.04.2022).

Web 16, (n.d.), <https://www.g2.com/glossary/route-planning-definition>, (Erişim Tarihi: 12.04.2022).

Web 17, (2021), <https://www.altexsoft.com/blog/load-planning-software/#:~:>, (Erişim Tarihi: 12.04.2022).

Web 18, (2022), managementhelp.org/operationsmanagement/relationships.htm, (Erişim Tarihi: 12.04.2022).

Web 19, (n.d.), <https://supplierca.com/>, (Erişim Tarihi: 30.03.2022).

Web 20, (2015), <https://www.linkedin.com/pulse/what-makes-digital-reality-jason-higgins>, (Erişim Tarihi: 31.03.2022).

Web 21, (2019), <https://projectproduction.org/journal/how-autonomous-vehicles-will-disrupt-logistics-and-create-new-business-opportunities>, (Erişim Tarihi: 01.04.2022).

Web 22, (2014), <https://www.forbes.com/sites/stevebanker/2014/03/06/intelligent-forklifts-reshape-the-warehouse/?sh=6a426f343b1c>, (Erişim Tarihi: 01.04.2022).

Web 23, (2021), <https://www.universalpallets.com/2021/10/smart-pallets-work/#:~:>, (Erişim Tarihi: 01.04.2022).

Web 24, (2021), <https://www.hsssearch.co.uk/Smart-pallet-movers-manufacturing-logistics>, (Erişim Tarihi: 01.04.2022).

Web 25, (2012), www.oemoffhighway.com/electronics/sensors/article/10614150, (Erişim Tarihi: 01.04.2022).

Web 26, (2021), www.forbes.com/sites/nokia-industry-40/2021/11/18/acceleration-to-supply-chain-40-ensuring-agility-and-sustainability-as-we-forge-a-new-way-forward, (Erişim Tarihi: 03.04.2022).

Web 27, (n.d.), www.e2open.com/purchase-order-collaboration, (Erişim Tarihi: 03.04.2022).

Web 28, (n.d.), <https://www.sisense.com/glossary/real-time-analytics/>, (Erişim Tarihi: 06.04.2022).

Web 29, (2020), <https://www.solvexia.com/blog/real-time-analytics#benefits>, (Erişim Tarihi: 06.04.2022).

Web 30, (2020), <https://www.actian.com/blog/cloud-data-warehouse/why-do-you-need-real-time-decision-making-in-times-of-market-uncertainty-and-what-is-it-anyway>, (Erişim Tarihi: 07.04.2022).

Web 31, (2020), <https://www.mecco.com/blog-6-reasons-why-manufacturing-traceability-is-essential-now>, (Erişim Tarihi: 07.04.2022).

Web 32, (n.d.), <https://katanamrp.com/blog/product-traceability>, (Erişim Tarihi: 07.04.2022).

Web 33, (n.d.), <https://www.akead.com/solutions/product-traceability>, (Erişim Tarihi: 07.04.2022).

Web 34, (2020), <https://forcam.com/en/what-is-traceability/>, (Erişim Tarihi: 07.04.2022).

Web 35, (2021), <https://emax-systems.co.uk/traceability-in-manufacturing/>, (Erişim Tarihi: 07.04.2022).

Web 36, (2020), <https://www.holded.com/blog/what-is-product-traceability>, (Erişim Tarihi: 07.04.2022).

Web 37, (2019), <https://www.aptean.com/en-AU/insights/blog/supply-chain-and-customer-satisfaction>, (Erişim Tarihi: 09.05.2022).

Web 38, (2020), <https://iot.telekom.com/en/blog/iot-boosts-customer-relations>, (Erişim Tarihi: 10.05.2022).

Web 39, (2019), <https://www.verypossible.com/insights/smart-vs-connected-products-whats-the-difference>, (Erişim Tarihi: 31.03.2022).

Web 40, (2019), <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2019/05/statistics-t-test-introduction-r-implementation/>, (Erişim Tarihi: 13.05.2022).

Web 41, (2020), <https://www.scribbr.com/statistics/t-test>, (Erişim Tarihi: 13.05.2022).

Web 42, (n.d.), <https://www.graphpad.com/quickcalcs/OneSampleT1.cfm>, (Erişim Tarihi: 13.05.2022).

Web 43, (2020), <https://www.machinelearningplus.com/statistics/one-sample-t-test/> (Erişim Tarihi: 13.05.2022).

Web 44, (n.d.), <https://www.statisticssolutions.com/free-resources/directory-of-statistical-analyses/pearsons-correlation-coefficient/>, (Erişim Tarihi: 14.05.2022).

Web 45, (2022), <https://www.investopedia.com/ask/answers/012615/whats-difference-between-rsquared-and-adjusted-rsquared.asp>, (Erişim Tarihi: 14.05.2022).

Web 46, (2021), <https://medium.com/@analyttica/durbin-watson-test-fde429f79203>, (Erişim Tarihi: 14.05.2022).

Web 47, (n.d.), <http://www.stat.yale.edu/Courses/1997-98/101/anovareg.htm>, (Erişim Tarihi: 14.05.2022).

Web 48, (n.d.), <https://support.minitab.com/en-us/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/regression/how-to/fit-regression-model/interpret-the-results/all-statistics-and-graphs/coefficients-table/>, (Erişim Tarihi: 14.05.2022).

Web 49, (n.d.), <https://blog.minitab.com/en/statistics-and-quality-data-analysis/what-are-t-values-and-p-values-in-statistics>, (Erişim Tarihi: 14.05.2022).

Web 50, (n.d.), corporatefinanceinstitute.com/resources/knowledge/other/variance-inflation-factor-vif, (Erişim Tarihi: 14.05.2022).

Web 51, (n.d.), <https://roundtablelearning.com/virtual-reality-driving-innovation-supply-chain-training-4-examples/>, (Erişim Tarihi: 01.04.2022).

Web 52, (n.d.), <https://www.statisticshowto.com/probability-and-statistics/statistics-definitions/cronbachs-alpha-spss/>, (Erişim Tarihi: 20.05.2022).

Web 53, (2022), <https://www.ibm.com/docs/en/spss-statistics/25.0.0?topic=features-reliability-analysis>, (Erişim Tarihi: 20.05.2022).

Web 54, (n.d.), <https://www.statisticssolutions.com/free-resources/directory-of-statistical-analyses/factor-analysis/>, (Erişim Tarihi: 20.05.2022).

Web 55, (n.d.), “Utilizing virtual reality to drive supply chain innovation”, <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/process-and->

[operations/us-cons-utilizing-virtual-reality-to-drive-supply-chain-innovation.pdf](#),
(Erişim Tarihi: 14.04.2022)

Web 56, (n.d.), “The Ultimate Guide to Real-Time Data Visualization”, [White paper],
<https://cdn.fusioncharts.com/resources/downloads/whitepapers/the-ultimate-guide-to-real-time-data-visualization.pdf>. (Erişim Tarihi: 15.04.2022)

Weis, S. A., Sarma, S. E., Rivest, R. L., & Engels D. W., (2004), “Security and privacy aspects of low-cost radio frequency identification systems”, Second International Conference, SPC 2005, Boppard, Germany, 6-8 April.

Weis S. A., (2007), “RFID (radio frequency identification): Principles and applications” System, 2 (3), 1-23.

Wernerfelt B., (1984), “A resource-based view of the firm”, Strategic management journal, 5 (2), 171-180.

Whipple J. M., Russell D., (2007), “Building supply chain collaboration: a typology of collaborative approaches”, The international journal of logistics management, 8 (2), 174-196.

Whittaker G., Ledden L., Kalafatis S. P., (2007), “A re-examination of the relationship between value, satisfaction and intention in business services”, Journal of Services Marketing, 21 (5), 345-357.

Wieringa R. J, (1995), “An introduction to requirements traceability”. Technical Report No: IR-389, Faculty of Mathematics and Computer Science, University of Vrije, Amsterdam, The Netherlands.

Win A., (2008), “The value a 4PL provider can contribute to an organisation”, International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 38 (9), 674-684.

Woodruff R. B., (1997), “Marketing in the 21st century customer value: The next source for competitive advantage”, Journal of the Academy of Marketing Science, 25 (3), 256-256.

Word Reference, (n.d), sensor, In Word Reference Dictionary,
<https://www.wordreference.com/definition/sensor>, (Erişim Tarihi: 10.05.2022).

Wortmann F., Flüchter K., (2015), "Internet of Things - Technology and Value Added," Business & Information Systems Engineering, 57 (3), 221-224.

Xu L. D., He W., Li S., (2014), “Internet of things in industries: A survey”, IEEE Transactions on industrial informatics, 10 (4), 2233-2243.

Xu L. D., Xu E. L., Li, L., (2018), “Industry 4.0: state of the art and future trends” International journal of production research, 56 (8), 1-22.

Yan, Z., Zhang, P., & Vasilakos, A. V. (2014). A survey on trust management for Internet of Things. *Journal of network and computer applications*, 42, 120-134.

Yu K., Cadeaux J., Song H., (2012), “Alternative forms of fit in distribution flexibility strategies”, *International Journal of Operations & Production Management*, 32 (10), 1199–1227.

Yıldız A., (2018), “Endüstri 4.0 ve akıllı fabrikalar”, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22 (2), 546-556.

Yıldızöz H., (2006), “Tedarik Zinciri Yönetimi ve Bir Uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi.

Zakir J., Seymour T., Berg K. (2015), “Big Data Analytics”, *Issues in Information Systems*, 16 (2), 81-90.

Zauner A., Koller M., Hatak I., (2015), “Customer perceived value—Conceptualization and avenues for future research”, *Cogent psychology*, 2 (1), 1061782.

Zeithaml V. A., Berry L. L., Parasuraman A., (1988), “Communication and control processes in the delivery of service quality”, *Journal of marketing*, 52 (2), 35-48.

Zekhnini K., Cherrafi A., Bouhaddou I., Benghabrit Y., Garza-Reyes J. A., (2020), “Supply chain management 4.0: a literature review and research framework”, *Benchmarking: An International Journal*, 28 (2), 465-501.

Zelbst P. J., Green K. W., Sower V. E., Bond P. L., (2019), “The impact of RFID, IIoT, and Blockchain technologies on supply chain transparency”, *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31 (3), 441-457.

Zhang Q., Vonderembse M. A., Lim J., (2005), “Logistics flexibility and its impact on customer satisfaction”, *The International Journal of Logistics Management*, 16 (1), 71–95.

Zhang Z., Cheng H., Chu X. (2010), “Aided analysis for quality function deployment with an Apriori-based data mining approach”, *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 23 (7), 673-686.

Zhou J., Zhou Y., Wang B., & Zang J., (2019), “Human–cyber–physical systems (HCPSs) in the context of new-generation intelligent manufacturing”, *Engineering*, 5 (4), 624-636.

Zhou K., Liu T., Liang L., (2016), “From cyber-physical systems to Industry 4.0: make future manufacturing become possible” *International Journal of Manufacturing Research*, 11 (2), 167-188.

Zhou K., Liu T., Zhou L., (2015), “Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges”, 12th International conference on fuzzy systems and knowledge discovery (FSKD), Zhangjiajie, China, 15-17 August.

Zou K. H., Tuncali K., Silverman S. G., (2003), “Correlation and simple linear regression”, Radiology, 227 (3), 617-628.

Özceylan E., Çetinkaya C., Demirel N., Sabırlıoğlu O., (2017), “Impacts of additive manufacturing on supply chain flow: A simulation approach in healthcare industry”, Logistics, 2 (1), 1.

Özgüner U., Acarman T., Redmill K. A., (2011), “Autonomous ground vehicles”, 1st Edition, Artech House.

Şekkeli Z. H., Bakan İ., (2018), “ENDÜSTRİ 4.0’IN ETKİSİYLE LOJİSTİK 4.0”, Journal of Life Economics, 5 (2), 17-36.

Şen, A., (2008). “The US fashion industry: A supply chain review”, International Journal of Production Economics, 114 (2), 571-593.

Şengül S. B., Tümer A. E., Koçer, S., (n.d.), “Nesnelerin İnternetine Erişim”.

Šikšnys L., Pedersen T.B., (2018), “Prescriptive analytics”, In: L. Liu, M.T. Özsu, Editors, “Encyclopedia of Database Systems”, Springer New York.

ÖZGEÇMİŞ

Çağla BULUT, 2015 yılında başladığı Bahçeşehir Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi İşletme Mühendisliği Bölümünü 2019 yılında başarıyla tamamladı. Lisans eğitimi tamamladıktan sonra 2020 yılında Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı.



EKLER

Ek A: Endüstri 4.0'ın tedarik zincirinde kattığı boyutlar.

Tedarik zincirinin gerçek zamanlılığı sayesinde bilgilerin doğruluk ve güvenilirliği artabilmektedir. -VF Corporation, kullanıcıların hammadde tedarikçilerinden ürünlerin mağazadaki bitmiş ürüne kadar olan yolculuğunu takip etmelerini sağlayan bir çevrimiçi izlenebilirlik aracı kullanmaktadır ve bu araç yolun her adımında sürekli olarak, gerçek zamanlı veri toplayarak sahteciliği, tağşişi, dolandırıcılığı, israfı veya kötüye kullanımı gösterebilecek her şeyi işaretlemektedir.
Tedarik zincirinin gerçek zamanlılığı sayesinde veriler hızla değerlendirilip sonuçlar eş zamanlı olarak sunulabilmektedir. -Under Armour'un "HOVR Infinite" adlı ayakkabısı "Under Armour MapMyRun" uygulamasına bağlıdır ve ayakkabı kutusundan çıkarılır çıkarılmaz uygulama ürünün modelini ve rengini tanımlamaktadır. Kullanıcının boy, kilo, yaş ve fitness hedeflerini girip koşuya çıkmasının ardından uygulama, ayakkabının tabanındaki bir sensörden veri toplayarak adım uzunluğu ve tempoyu hesaplamaktadır ve ilk koşudan sonra koşu formunda kullanıcıya koçluk yapmaktadır.
Tedarik zincirinin gerçek zamanlılığı sayesinde müşterilere kişiselleştirilmiş çözümler sunulabilir. -Nike, "Nike Fit" adlı bir uygulaması kullanıcılar bir akıllı telefon kamerasını ayaklarına doğrulttuğunda onların ayaklarını tarayarak 13 veri noktasına dayalı bir dijital ayak morfolojisi oluşturmaktadır. Nike daha sonra bunu bir kategoriden diğerine değişen ayakkabı tasarımlarına uygulayarak kullanıcılara kişiselleştirilmiş ürünler sunmaktadır.
Tedarik zincirinin gerçek zamanlılığı sayesinde müşteri iletişimi hızlanmakta ve müşterilerin sorunlarına daha hızlı çözümler üretilebilmektedir. - FILA'nın dinamik müşteri deneyimi ekosistemi, müşterilerinin 360 derecelik bir görünümünü sağlamaktır. Bu sayede satış ve müşteri hizmetleri temsilcileri, sorunsuz bir işlem ve müşteri deneyimi sağlamak için siparişi takip edebilmekte, müşteri profillerine erişebilmektedir ve dolayısıyla müşteri sorunları daha hızlı çözüme kavuşturulabilmektedir.
Tedarik zincirinin gerçek zamanlılığı sayesinde ürünlerin kalite kontrolü aktif bir şekilde sağlanabilmektedir. -VF Corporation, şirketin tüm dünyadaki dış kaynaklı üretim tesislerinde kaliteyi proaktif olarak izlemek, tespit etmek ve geliştirmek için denetim yapan web tabanlı bir çözüm kullanmaktadır. Bu sistem bir arıza durumunda otomatik olarak uyarı üretmekte ve daha önce günler veya haftalarca fark edilemeyen üretim hataları hızla çözülebilmektedir.

Ek B: Esneklik boyutunun özellikleri ve örnekleri

Firma sistemlerinin müşterilerin çok boyutlu ihtiyaçlarına ve bir üründe meydana gelebilecek herhangi bir değişikliğe yanıt verebilmesi veya bunlara göre uyarlanabilirliği tedarik zinciri esnekliğinin bir boyutudur - FILA, yürüttüğü "FILA Cycle" adı verilen özelleştirilmiş bir hizmet sayesinde, müşterinin ayaklarına tam olarak uyan bisiklet ayakkabılarının müşteri tarafından istenilen tasarıma göre üretmektedir.
Firmaların yaygın veya yoğun dağıtım kapsamı sağlama yeteneği tedarik zinciri esnekliğinin bir parçasıdır. -Nike, bölgesel hizmet merkezlerinin kullanımına ek olarak müşterilerine 'Çevrimiçi Satın Al', 'Mağazadan Al', 'Mağazaya Gönder' gibi alternatifler sunmaktadır. Ayrıca sürdürülebilirliğe öncelik veren müşterileri için de 'Acele Gönderim Yok' seçeneği ve 'Doğrudan Sipariş Bırakma' gibi hizmet seçeneklerini de barındırmaktadır.
Bir firmanın piyasa talebindeki nicel değişikliklere uyum sağlama yeteneği tedarik zinciri esnekliğinin bir boyutudur. - Crocs müşteri ihtiyacına odaklı yeni bir tedarik zinciri modeli geliştirmiştir. Bu model çok iyi satılan ürünlerin tekrar üretilmesi için bir sonraki sezonun beklenmemesine ve sezon içinde tekrar üretilip birkaç hafta içerisinde raflardaki yerini almasına dayanmaktadır. Yani bu model, Crocs'un sezon içinde siparişleri yerine getirmesine olanak tanımakta ve talepteki dalgalanmalara karşı daha duyarlı olmasını sağlamaktadır.
Bir firmanın değişen iş ortamına yanıt olarak piyasaya yeni parçalar ve ürünler sunma yeteneği tedarik zinciri esnekliğinin bir boyutudur. -Under Armour, artık doğrudan tüketicilere 3-D baskılı orta tabanlı ayakkabılar satmaktadır. Bu ayakkabılar online siparişin ardından talep üzerine yapılmakta ve iki gün içinde sevk edilmektedir.
Firmaların üretim süreçlerini daha verimli ve etkili kullanabilmesi tedarik zinciri esnekliğinin bir boyutudur. -Adidas üretim ve dağıtım operasyonlarını merkezsizleştirmeye yönelik küresel stratejisinin bir parçası olarak üretiminin işçiler değil robotlar tarafından yapıldığı "Speedfactory" adı verilen tesisler kurmuştur. Bu tesislerdeki amaç üretim döngülerini kısaltmak, daha verimli ve çevre dostu hale getirmek; ürün çeşitliliğini artırmak, şirketin tüketici ihtiyaçlarına hızlı bir şekilde yanıt vermesini sağlamak ve ürünlerin tüketicilere ulaşmak için kat etmesi gereken mesafeyi azaltmaktır.

Ek C: Şeffaflık boyutunun özellikleri ve örnekleri

Müşterilerin ürünlerin yolculuğunu izleyebilmesi tedarik zinciri şeffaflığının bir boyutudur. -Adidas 1.5 milyar ürününün etiketleyerek müşterilerine, ürünün menşe ve orijinalliğinden bakım ve içerik talimatlarıyla ilgili ayrıntılara kadar her şeyi kontrol edebilme ve ayrıca bozulabilir ürünler için son kullanma ve geri çağırma bilgilerini alabilme imkânı sunmaktadır.
Firmaların biyoçeşitlilik, karbon emisyonu, çocuk işçi, tekstil atıkları ve geri dönüşüm gibi konularda kendisinin ve tedarikçilerinin politikalarını ifşa etmesi ve yayımlaması tedarik zinciri şeffaflığının bir boyutudur. - VF global, websitesinde iş uygulamaları, işyeri sağlığı ve güvenliği, iklim eylemi ve enerji verimliliği, sürdürülebilir, döngüsel ve izlenebilir malzemeler, ürün yönetimi ve güvenliği gibi sürdürülebilirlik ve sorumluluk ile alakalı konulardaki uygulamalarını paylaşmaktadır. Örneğin; VF ve Timberland, Vans ve The North Face markaları, endüstrinin ilk rejeneratif kauçuk tedarik sistemini uygulamaya geçirmek üzere doğal orman ekosistemi yaratabilmek için birden fazla ağaç türünü içeren ve doğal çiftlik tekniklerinin kullanıldığı bir rejeneratif kauçuk çiftliği kurmuştur.
Tedarik zinciri boyunca çalışanların ve çevrenin korunması için şirketin belirlediği standartlar ve hedeflerin paylaşılması tedarik zinciri şeffaflığının bir boyutudur. -FILA tedarik zincirinde insan ticareti ve kölelik risklerini belirlemek, değerlendirmek ve yönetmek için potansiyel üreticileri ve tedarikçilerini şirket prosedürlerine uygun olarak değerlendirmektedir ve onlara herhangi bir ürünün üretiminde tutuklu veya senetli işçilerin çalıştırılmasını engelleyen FILA'nın davranış kurallarını imzalamalarını şart koşturmaktadır.
Firmalar politikalarının uygulanmasını değerlendirmesi ve bu değerlendirmelerin sonuçlarını paylaşması tedarik zinciri şeffaflığının bir boyutudur. -Adidas tedarikçilerin işyeri standartlarına uyum sağlayıp sağlayamadığını değerlendirmek için yenilikçi bir derecelendirme sisteminin kullanılması da dahil olmak üzere, çok seviyeli bir izleme ve uygulama süreci uygulamaktadır. Derecelendirme sonuçlarını, tedarik ekipleriyle paylaşmakta ve belirli bir tedarikçiyle iş ilişkisini sürdürüp sürdürmeyeceğine veya ne ölçüde sürdüreceğine karar vermesini etkileyen genel tedarikçi derecelendirmesine dahil etmektedir.
Firmaların, tedarik zincirindeki sosyal ve çevresel sorunları ele almak için çok paydaşlı girişimler, sivil toplum kuruluşları, sendikalar ile ne ölçüde birlikte çalıştığını ve bu faaliyetlerin ne kadarını kamuya duyurduğu tedarik zinciri şeffaflığının bir boyutudur -Under Armour ilgili tedarikçilerinin adları, adresleri ve diğer bilgilerini, Fair Labor Association'a(Adil Emek Derneği) ifşa etmektedir. Bu dernek de her üyelik yılında, fabrikaların yüzde 5'ini bağımsız olarak değerlendirmekte ve denetimlerin bulgularını kamuya açıklamaktadır. (Fair Labor Association sıkı çalışma standartlarının korunmasını sağlamak için şeffaf ve bağımsız izleme gerçekleştiren, uygunsuzlukların temel nedenlerini belirleyen ve işyeri sorunlarına çözümler öneren bir kuruluştur)

Ek D: Şeffaflık boyutunun özellikleri ve örnekleri

Tedarik zincirinde iş birliğinin varlığı firma tedarik zinciri unsurların aynı amaca hizmet etmesine olanak sağlamaktadır. -Under Armour “4D Collaboration” olarak adlandırdıkları yeni bir iş birliği modeli geliştirmiştir. Bu sistemde Under Armour veriyi merkeze koymuş ve çevresine süreç, insan ve araç unsurlarını yerleştirmiştir. Böylece çevresindeki unsurları veri temelli olarak birbirine bağlamakta ve tedarik zincirindeki veri eksikliğinden kaynaklanan güven eksikliği fayda paylaşımı gibi sorunların önüne geçmektedir.
Tedarik zinciri iş birliğinin varlığı daha hızlı tedarik ağlarının yaratılmasıyla sonuçlanabilmektedir. -Nike çeşitli firmalarla ortaklık kurarak tedarik zinciri süreçlerinde otomasyon ve robot teknolojilerinden yararlanmakta ve tedarik zinciri süreçlerini hızlandırmaktadır. Buna örnek olarak Nike, akıllı lojistik çözümleri sağlayıcısı Geek+ ile ortaklık kurmuş ve Geek+ robotlarını dağıtım merkezlerinde kullanmaya başlamıştır. Bu sayede Nike tesislerindeki saatte 100 olan sipariş toplama oranı 300'e yükselmektedir. Nike, ayrıca, bu yeni ortaklık sayesinde Japonya'da aynı gün teslimatın geldiğini duyurmuştur.
Tedarik zincirinde iş birliğinin varlığı üretim gereksinimleri, ürün çeşitliliği, özelleştirme ve sıkı üretim programlarına uyum sağlama yeteneğini içermektedir. -Adidas, Amazon Web Services ile partnerlik kurmasıyla süreçlerini dijital ortama taşımıştır. Bunun bir sonucu olarak ürün hatlarının sanal temsili olan dijital ikizler üretilebilmektedir. Bu da daha hızlı ürün tasarlama ve yaratma ile sonuçlanmakta ve tüketiciler ve tasarımcılar arasında daha fazla iş birliğine olanak tanıyarak tasarımcıların, tüketici geri bildirimlerini tasarım sürecinin ilk aşamalarında hızlı bir şekilde dahil etmelerini sağlamaktadır.
Tedarik zincirinde iş birliğinin varlığı üretim sonuçlarının kalitesine etki edebilmektedir. -FILA araştırma ve geliştirme merkezi geliştirilen ürünün fiziksel işlevlerini iyileştirme ve ürünlerin pratikliğini ve uygulanabilirliğini iyileştirme konusunda araştırmalar yapmaktadır. Bu merkez aynı zamanda çeşitli üniversitelerle endüstri-akademik iş birliği yoluyla koşu stabilizasyonu, düztabanlık ve yaralanma/bozukluk için taban desteği üzerine araştırmalar yapmakta ve akademik dergilerde araştırma makalelerinin yayınlanmasına katılmaktadır. FILA bu uygulamalarıyla ürün performansını ve dayanıklılığını ve işlevselliğini artırmayı hedeflemektedir.
Tedarik zincirinde iş birliğinin varlığı tedarik zinciri üyeleri arasında güven sağlanmasına imkân tanımaktadır. -VF Corporation, tedarik zincirlerinde daha iyi sağlık ve güvenlik standartları oluşturmak için sektördeki meslektaşları, sosyal girişimler, sivil toplum kuruluşları ve işçilerle iş birliği yapmaktadır. Yangın, elektrik, yapısal bina güvenliği ile ilgili en acil riskleri belirleyerek ve düzelterek işçi güvenliğini artırmak için çalışan LABS (Yaşam ve Bina Güvenliği) ve Nirapon işçi güvenliği girişimlerinin kurucu ortakları ve üyesidirler.