T.C.

ALTINBAŞ ÜNİVERSİTESİ

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Endüstri Mühendisliği Bölümü

TEKSTİL SEKTÖRÜNDE DİJİTAL DÖNÜŞÜM VE TEKSTİL FİRMALARININ ENDÜSTRİ 4.0 KAVRAMSAL FARKINDALIK DÜZEYİNİ BELİRLEMEYE YÖNELİK BİR ÇALIŞMA

Buğra Artun OLGUN

Yüksek Lisans Tezi

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Fikret Korhan TURAN

İstanbul, 2021

TEKSTİL SEKTÖRÜNDE DİJİTAL DÖNÜŞÜM VE TEKSTİL FİRMALARININ ENDÜSTRİ 4.0 KAVRAMSAL FARKINDALIK DÜZEYİNİ BELİRLEMEYE YÖNELİK BİR ÇALIŞMA

Buğra Artun OLGUN

Endüstri Mühendisliği

Yüksek Lisans Tezi

ALTINBAŞ ÜNİVERSİTESİ

2021

“Buğra Artun OLGUN” tarafından hazırlanmış ve 02/07/2021 tarihinde sunulmuş “TEKSTİL SEKTÖRÜNDE DİJİTAL DÖNÜŞÜM VE TEKSTİL FİRMALARININ ENDÜSTRİ 4.0 KAVRAMSAL FARKINDALIK DÜZEYİNİ BELİRLEMEYE YÖNELİK BİR ÇALIŞMA” başlıklı tez Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

_____

Dr. Öğr. Üyesi Fikret Korhan TURAN

Danışman

Tez Savunma Sınavı Jüri Üyeleri:

Dr. Öğr. Üyesi Fikret Korhan TURAN	Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Altınbaş Üniversitesi	_____
Dr. Öğr. Üyesi Kemal Dinçer DİNGEÇ	Mühendislik Fakültesi, Gebze Teknik Üniversitesi	_____
Dr. Öğr. Üyesi Ahad ARDABİLİ	Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Altınbaş Üniversitesi	_____

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak bütün şartları sağladığını beyan ederim.

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü kabul tarihi:

____/____/____

Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik davranışlara uygun olarak edinildiğini ve sunulduğunu beyan ederim. Ayrıca, bu kuralların ve davranışların gerektirdiği şekilde, bu çalışmada, orijinal olmayan tüm materyalleri ve sonuçları tamamen alıntı yaptığımı ve referans gösterdiğimi de beyan ederim.

Buğra Artun OLGUN

TEŞEKKÜR

Bu yüksek lisans tezimde bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan, çalışmamın her aşamasında önerileriyle bana yol gösteren tez danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Fikret Korhan Turan'a ve eğitim hayatım boyunca her zaman yanımda olan ve bana olan güvenini hiçbir zaman yitirmeyen aileme teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

TEKSTİL SEKTÖRÜNDE DİJİTAL DÖNÜŞÜM VE TEKSTİL FİRMALARININ ENDÜSTRİ 4.0 KAVRAMSAL FARKINDALIK DÜZEYİNİ BELİRLEMEYE YÖNELİK BİR ÇALIŞMA

OLGUN, Buğra Artun

Yüksek Lisans, Endüstri Mühendisliği, Altınbaş Üniversitesi

Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Fikret Korhan TURAN

Tarih: Temmuz, 2021

Sayfa: 68

Bir yeni üretim modeli olarak Endüstri 4.0'ın imalat tekniklerinde dijital dönüşümü tetikleyerek yakın gelecekte pek çok sektörde çalışma kültürünü ve iş yapış şekillerini değiştireceği öngörülmektedir. Dolayısıyla, bu çalışma ile tekstil sektöründe Endüstri 4.0 uygulamaları ile ilgili genel kavramsal farkındalık düzeyinin ve buna etki eden önemli faktörlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, İstanbul ilinde faaliyet gösteren tekstil firmalarının çalışanları ile iletişime geçilmiş ve 358 gönüllünün katılımıyla bir anket çalışması yapılmıştır. Toplanan verinin istatistiksel analizinden elde edilen bulgulara göre Türk tekstil sektöründeki firmaların Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyinin orta ve altı seviyede olduğu; bu seviyenin ise firmanın faaliyet süresine, büyüklüğüne (çalışan sayısına), üretim yapısına (fason üretim yapıp yapmamasına) ve ihracat durumuna (ihracat yapıp yapmamasına) göre anlamlı derecede farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Ayrıca, çalışan birey özelinde, Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyinin çalışanın yaşına, eğitim seviyesine, firmadaki pozisyonuna ve çalışma süresine göre anlamlı derecede farklılaşırken, cinsiyetine göre anlamlı olarak farklılaşmadığı gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tekstil 4.0, Tekstilde Otomasyon, Tekstilde Akıllı Üretim, Tekstil ve Yapay Zekâ, Dijital Dönüşüm.

ABSTRACT

DIGITAL TRANSFORMATION IN TEXTILE INDUSTRY AND A STUDY TO DETERMINE THE CONCEPTUAL AWARENESS LEVEL OF TEXTILE FIRMS REGARDING INDUSTRY 4.0

OLGUN, Buğra Artun

M.Sc., Industrial Engineering, Altınbaş University

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Fikret Korhan TURAN

Date: July, 2021

Page: 68

It is expected that as a new production model, Industry 4.0 will tremendously alter organizational life and work methods in many sectors in the near future by triggering digital transformation in manufacturing techniques. Thus, this research aims to determine the general level of conceptual awareness in textile sector regarding Industry 4.0 practices and the factors that are influential on it. With this aim, the employees of textile firms in Istanbul are contacted and a survey is conducted with the participation of 358 volunteers. Based on the results obtained from the statistical analysis of collected data, it is found that the Industry 4.0 conceptual awareness level of the firms in Turkish textile sector is found to be at the moderate and below level; and this level can significantly vary depending on the firm's operating period, size (the number of employees), production structure (whether it works as a contract manufacturer) and export status (whether it does export). Further, from an individual perspective, it is observed that while the level of Industry 4.0 conceptual awareness changes significantly with respect to the employee's age, education level, position and working duration in the firm, it does not differ significantly according to the employee's gender.

Keywords: Textile 4.0, Automation in Textile, Intelligent Production in Textile, Textile and Artificial Intelligence, Digital Transformation.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET ..... **vi**
ABSTRACT ..... **vii**
TABLO LİSTESİ ..... **x**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **xi**
KISALTMALAR ..... **xii**
1. GİRİŞ **1**
2. LİTERATÜR TARAMASI **3**
2.1. DİJİTAL DÖNÜŞÜM 3
2.2. ENDÜSTRİ KAVRAMI 8
2.3. ENDÜSTRİ DEVRİMLERİ 9
2.4. ENDÜSTRİ 4.0 10
2.5. ENDÜSTRİ 4.0'I ORTAYA ÇIKARAN NEDENLER 12
2.6. ENDÜSTRİ 4.0'IN ÖNEMİ VE SUNDUĞU FIRSATLAR 13
2.7. DÜNYADA ENDÜSTRİ 4.0 UYGULAMALARI 15
2.8. TEKSTİL 4.0 17
2.8.1. Tekstil Sektörü Hakkında Genel Bilgiler 17
2.8.2. Tekstil 4.0 19
2.8.3. Tekstil Sektöründe Endüstri 4.0 Uygulamaları 22
2.8.4. Türkiye Tekstil Sektörü Endüstri 4.0 27
3. DİJİTAL TEKSTİL SEKTÖRÜNDE DİJİTAL DÖNÜŞÜM VE TEKSTİL FİRMALARININ ENDÜSTRİ 4.0 KAVRAMSAL FARKINDALIK DÜZEYİNİ BELİRLEMEYE YÖNELİK BİR ÇALIŞMA **29**
3.1. ARAŞTIRMANIN AMACI VE KAPSAMI 29
3.2. ARAŞTIRMANIN VARSAYIMLARI VE KISITLARI 29
3.3. ARAŞTIRMANIN HİPOTEZLERİ 29
3.4. VERİ TOPLAMA 30
3.5. VERİLERİN ANALİZİ 31
3.6. BULGULAR 32
3.6.1. Katılımcıların Sosyo-Demografik Profili ve Çalıştıkları Firmalara Ait Betimleyici İstatistikler 32

3.6.2. Tekstil Sektöründe Endüstri 4.0 Kavramsal Farkındalık Düzeyi 39
3.6.3. Hipotez Testleri 40
4. SONUÇ VE GELECEKTE YAPILABİLECEK ÇALIŞMALAR 48
KAYNAKÇA 51
EK A 59

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1: Dijital dönüşüm ve özellikleri 4
Tablo 2.2: Dijital dönüşüm fırsatları 7
Tablo 3.1: Çarpıklık ve basıklık katsayıları 31
Tablo 3.2: Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık ölçeği güvenilirlik analizi 32
Tablo 3.3: Katılımcıların cinsiyet dağılımı 33
Tablo 3.4: Katılımcılara ait yaş dağılımı 33
Tablo 3.5: Katılımcıların eğitim seviyesine göre dağılımı 34
Tablo 3.6: Katılımcıların bulundukları firmalardaki pozisyonuna göre dağılımı 35
Tablo 3.7: Katılımcıların bulundukları firmalardaki çalışma süresine göre dağılımı 36
Tablo 3.8: Katılımcıların bulundukları firmaların faaliyet süresine göre dağılımı 37
Tablo 3.9: Katılımcıların bulundukları firmaların çalışan sayısına göre dağılımı 37
Tablo 3.10: Katılımcıların bulundukları firmaların üretim yapısına göre dağılımı 38
Tablo 3.11: Katılımcıların bulundukları firmaların ihracat durumuna göre dağılımı 38
Tablo 3.12: Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık değişkenine ait tanımlayıcı istatistikler 39
Tablo 3.13: Cinsiyet ile Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi arasındaki ilişkiye yönelik bağımsız örneklem t-testi 40
Tablo 3.14: Çalışan yaşı ile Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi arasındaki ilişkiye yönelik tek yönlü varyans analizi 41
Tablo 3.15: Eğitim seviyesi ile Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi arasındaki ilişkiye yönelik tek yönlü varyans analizi 42
Tablo 3.16: Çalışanın firmadaki pozisyonu ile Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi arasındaki ilişkiye yönelik tek yönlü varyans analizi 43
Tablo 3.17: Çalışanın firmadaki çalışma süresi ile Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi arasındaki ilişkiye yönelik tek yönlü varyans analizi 44
Tablo 3.18: Firmanın faaliyet süresi ile Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi arasındaki ilişkiye yönelik tek yönlü varyans analizi 45
Tablo 3.19: Firmanın büyüklüğü (çalışan sayısı) ile Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi arasındaki ilişkiye yönelik tek yönlü varyans analizi 46
Tablo 3.20: Firmanın üretim yapısı (fason üretim yapıp yapmaması) ile Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi arasındaki ilişkiye yönelik bağımsız örneklem t-testi 46
Tablo 3.21: Firmanın ihracat durumu (ihracat yapıp yapmaması) ile Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi arasındaki ilişkiye yönelik bağımsız örneklem t-testi 47
Tablo 4.1: Katılımcıların sosyo-demografik bilgilerine ve çalıştıkları firmaların niteliklerine göre Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyinin özet değerlendirilmesi 50

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: Dijital dönüşüm stratejisi kavramsal modeli 6
Şekil 2.2: Sanayi devriminin dört aşaması 9
Şekil 2.3: Endüstri 4.0 ve temel teknolojileri 11
Şekil 2.4: Tekstil liflerinin sınıflandırılması 18
Şekil 2.5: Nesnelerin interneti teknolojisinin tekstil sektörü değer zincirine entegrasyonu 20
Şekil 2.6: Tekstil 4.0 için önerilen yenilikçi teknolojiler 20
Şekil 2.7: Endüstri 4.0: dijital ve birbirine bağlı üretim 23
Şekil 3.1: Katılımcılara ait yaş dağılım grafiği 34
Şekil 3.2: Katılımcıların eğitim seviyesine göre dağılım grafiği 35
Şekil 3.3: Katılımcıların bulundukları firmalardaki çalışma süresine göre dağılım grafiği 36
Şekil 3.4: Katılımcıların bulundukları firmaların çalışan sayısına göre dağılım grafiği 38
Şekil 3.5: Çalışan yaşı ile Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi arasındaki ilişkiye yönelik Box Plot grafiği 41

KISALTMALAR

BİT	: Bilgi ve İletişim Teknolojileri
ICT	: Information and Communication Technologies
PLC	: Programmable Logic Controller
RFID	: Radio Frequency Identification

1. GİRİŞ

Günümüzde kuruluşlar sosyal, iktisadi ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak çeşitli güçlükler ile karşı karşıya kalmaktadır. Bu güçlüklerin üstesinden gelebilmek için tüm kuruluşlar, değişen koşullara uyum sağlayabilecek sanal ve fiziksel yapılara gereksinim duymakta; inovasyon odaklı, maliyetleri azaltan, tüketici gereksinimlerine daha hızlı ve iyi cevap veren akıllı sistemlerin kullanıldığı yeni bir sanayi çağına doğru geçiş yapmaktadır [1].

Endüstri 4.0 ile, endüstriyel üretimde gelişmiş bir iletişim ağının kurulması ve böylece tüm üretim alanlarının otomasyonu ya da bilgisayarlaştırılması hedeflenmektedir [2]. Bu amaçla uyumlu olarak, Rauch vd. (2020) Endüstri 4.0'ı çoğaltılmış ve dağıtılmış bir durumda olan yapay zekâ tarafından toplanan verilerin sentezlenerek insan operatörünün hizmetine sunulması şeklinde karakterize etmektedir [3].

Teknoloji yoğun yapısı ile diğer sanayi devrimlerinden ayrılan Endüstri 4.0, ekonomik anlamda dünyada söz sahibi olan ülkeleri, gelişmiş üretim yöntemlerinden yararlanan ve tasarım geliştirmeye ağırlık veren girişimlere yatırım yapmaya zorlamaktadır [4]. Çünkü, Zhou vd. (2015) gibi pek çok araştırmacı Endüstri 4.0'ın ortaya koyacağı yenilik ve gelişmelerin, geleneksel üretim yöntemlerini kökten değiştirerek yeni nesil bir dijital üretim anlayışı getireceğini söylemektedir [5].

Endüstri 4.0 üretim modeli ile, üretim enstrümanlarının tamamen birbirleriyle entegre olarak çalıştığı ve ortaklaşa hareket ettiği bütünsel bir üretim sistemi ifade edilmektedir. Endüstri 4.0 üretim modelinde; hizmet ve nesnelerin internetinden yararlanılarak fiziksel ve siber sistemler üzerinde akıllı fabrikaların kurulması, modüler ve sanal bir ortamda üretimin gerçekleştirilmesi planlanmaktadır. Dolayısıyla, Kagermann vd. (2013) ve Davutoğlu (2017) gibi araştırmacılar Endüstri 4.0 üretim modelinin; rekabet yeteneğinde artış, esnek üretim, kişiye özel üretim, yeni iş modelleri ve çalışma biçimleri gibi unsurlarla kurumların yapısında ciddi dönüşümlere yol açacağını öngörmektedir [6,7].

Endüstri 4.0 Türkiye'de yer alan birçok firma için oldukça yeni bir kavramdır ve tekstil sektöründeki firmalar için de benzer bir durum söz konusudur. Hatta, bazı tekstil sektörü çalışanları, Endüstri 4.0'ın Türkiye'de tekstil sektöründe uygulanabilirliğinin kolay

olmayacağını; öyle ki, büyük ölçekli firmalar da dahil olmak üzere pek çok firmada bilgi ve verilerin henüz online olarak izlenemediğini, bununla birlikte firma çalışanlarının teknolojik uygulamalara adapte olmakta güçlük çektiğini ifade etmektedir [8]. Bu ve benzeri sebeplerle, konuyla ilgili atılması gereken ilk adımın, Endüstri 4.0 kavramının ve ilgili uygulamaların tekstil sektöründe faaliyet gösteren firmalar ve çalışanları için ne ifade ettiğinin tespiti olduğudur [9]. Bu bağlamda, yapılan çalışma ile birbiriyle ilişkili aşağıdaki iki temel araştırma sorusunun yanıtlanması amaçlanmıştır:

1. Tekstil sektörü genelinde Endüstri 4.0 ve uygulamalarına ilişkin farkındalık düzeyi nedir?

2. Bu düzeyi etkileyen firma ve çalışan spesifik faktörler nelerdir?

Ortaya koyulan araştırma sorularını yanıtlamak üzere, İstanbul ilinde faaliyet gösteren tekstil firmalarının çalışanları ile iletişime geçilmiş ve sektör çalışanı 358 gönüllünün katılımı ile bir anket çalışması yapılmıştır. Toplanan anket verisi, bağımsız örneklem t-testi ve varyans analizi (analysis of variance - ANOVA) gibi parametrik istatistiksel yöntemlerle, ikili ve çoklu grup ortalaması karşılaştırmaları yapılarak analiz edilmiş; analizlerde hem sektör genelindeki farkındalık düzeyi, hem de buna etki eden firma ve çalışan spesifik faktörlerin neler olabileceği belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan çalışmada, Türkiye'de tekstil sektörünün Endüstri 4.0'a ve dijital dönüşüme ne ölçüde hazır olduğunun saptanması ile konu ile ilgili bilgi birikimine ve literatüre önemli bir katkı yapıldığı düşünülmektedir.

Çalışmanın diğer kısımları şu şekilde özetlenebilir. İlk olarak, 2. bölümde literatürdeki önceki çalışmalar incelenerek genelden özele Endüstri 4.0 ve Tekstil 4.0 kavramları detaylı olarak açıklanmış, bu bilgiler ışığında çalışmanın özgün boyutu ve literatüre yapılan spesifik katkı vurgulanmıştır. Daha sonra, 3. bölümde, yöntemsel yaklaşıma odaklanılarak, hipotez ve anket geliştirme, veri toplama, toplanan verinin analizi gibi süreçlere yer verilmiş ve bu süreçler ile ilgili kısıtlar tartışılmıştır. 4. bölümde ise hipotez testleri sonucu elde edilen bulgulara dayanarak, tekstil sektöründe Endüstri 4.0 adaptasyonunu olumlu yönde etkileyebilecek bazı tavsiyelerde bulunulmuş ve yapılan araştırma özetlenerek, gelecekte konuyla ilgili yapılabilecek çalışmalardan bahsedilmiştir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Bu bölümde dijital dönüşüm kavramı, dijital dönüşümün tarihsel gelişimi, endüstri kavramı ve endüstri devrimlerine yer verilmiştir.

2.1. DİJİTAL DÖNÜŞÜM

Son dönemde, "dijital dönüşüm" kavramı, modern örgütlerin gelişimini ve varlığını etkileyen en önemli konuların ele alınarak enine boyuna incelenmesinde önemli bir konuma ulaşmıştır. Genel anlamda dijital dönüşüm, tüketici ve sosyal davranışlardaki değişiklikleri tetikleyen teknolojik ilerleme ve yeniliğin dinamik temposundan kaynaklanan iş modellerinin modifikasyonu (veya uyarlanması) şeklinde tanımlanmakla birlikte, bu tanımın hem akademik hem de ticari topluluklar tarafından önerilen birçok yaklaşımdan yalnızca biri olduğunu da belirtmek gerekmektedir. Aynı zamanda dijital dönüşümün yeni bir kavram olmadığını, 1995-2001 seneleri arasında yaşadığımız "Web 1.0/dotcom" trendine benzer biçimde, şekil ve yoğunluk açısından önceki bir trendin ticari olarak güdümlü bir tazelenmesi olduğu da öne sürülebilir [9].

İlgili literatürde dijital dönüşüm kavramı ile ilgili benzer tanımların olduğu görülmektedir. Örneğin European Commission dijital dönüşüm kavramını, "gelişmiş dijital teknolojilerin füzyonu (kaynaşma), fiziksel ve dijital sistemlerin entegrasyonu sonucu yenilikçi iş modellerinin, yeni süreçlerin, akıllı ürün ve hizmetlerin oluşması" şeklinde tanımlanmıştır [10]. PricewaterhouseCoopers dijital dönüşümü, "internet tabanlı yeni teknolojiler ile bütün iş dünyasının ve toplumsal yaşamın esas dönüşümü" olarak tanımlamıştır [11]. Fitzgerald ve arkadaşlarına göre ise dijital dönüşüm, "örgütün yeni müşteri ihtiyaçlarına cevap verebilmek ve pazarda rekabet üstünlüğü sağlayabilmek amacıyla yeni dijital teknolojileri (sosyal medya, mobil uygulamalar, veri analitikleri, gömülü sistemler vb.) kullanarak yeni iş modelleri geliştirmesi ve bunun için gerekli her çeşit yapısal dönüşümü gerçekleştirmesidir" [12]. Tablo 2.1'de dijital dönüşümün özellikleri gösterilmektedir.

Tablo 2.1: Dijital dönüşüm ve özellikleri [13]

Dijital Dönüşüm Nedir?	
Organizasyon stratejisi	(Bharadwaj, Omar, Pavlou & Venkatraman, 2013) (Matt, Hess & Benlian, 2015)
İş süreci	(Agarwal, Gao, Desroches & Jha, 2010) (Berman & Marshall, 2014)
Paradigma kayması	(Berman & Marshall, 2014)
Dijital dönüşümün özellikleri nelerdir?	
Köklü	(Westerman, Calméjane, Bonnet, Ferraris & McAfee, 2011) (Berman & Marshall, 2014) (Berman, 2012)
Yıkıcı	(Fitzgerald, Kruschwitz, Bonnet & Welch, 2014) (Berman, 2012)
Evrimsel	(Loebbecke & Picot, 2015)
Karmaşık	(Matt, Hess & Benlian, 2015)

Dijital dönüşümün, başta üretim sektörü olmak üzere çeşitli endüstriler üzerinde ciddi etkileri olmuştur. Dijital dönüşüm inovasyon uygulamalarına, geliştirilmiş tasarımlara ve yeni iş modellerinin oluşturulmasına imkân tanımakta, örgütlerin internet ortamında nasıl değer yarattıklarını biçimlendirmektedir. Örgütler, gerçekleştirdikleri başarılı bir dijital dönüşüm ile güçlü müşteri ilişkileri kurabilir ve çapraz satış imkânlarından yararlanarak satışlarını artırabilir. Dijital dönüşümde amaç yalnızca onun teknolojilerine uygunluk sağlamak değildir; bunun yanında insan kaynakları, iş verimliliği ve iş sürecinin yeniden tasarımı gibi yönetimsel problemlerin irdelenmesinde de önemli bir yaklaşımdır [14].

Dijital dönüşüm, örgütlerin tüketici gereksinimlerine uygun ve daha randımanlı ürünler ile daha kaliteli hizmetler sunmasına yardımcı olma, [15] inovasyon sürecini ve ürünlerin pazara sunulma süresini kısaltma, [16] ve ilgili dijital ekosistemler oluşturma gibi önemli avantajlar sağlamaktadır. Dijital dönüşüm ayrıca örgütleri dijitalleşme ve bağlantı yoluyla değer yaratma ve tahsis etme fırsatlarına yönlendirerek çeşitli sektörler arasındaki bağlantıyı da destek olmaktadır [17].

Örgütlerin başarılı bir dijital dönüşüm stratejisi geliştirmesi, yeni iş modellerinin ve teknolojilerin uygulanması ile mümkün olmaktadır [18]. Ayrıca dijital teknolojiler,

ürünlerin ve hizmetlerin nihai kullanıcıları olarak müşterilerle alakalı değişiklikleri içermektedir. Dijital dönüşüm stratejileri süreç optimizasyonu veya süreç otomasyonu kavramlarını aşan bir konudur. Dijital dönüşüm stratejisi, dijital teknolojilerin bütünleşmesinden kaynaklanan dönüşümleri sürdürülebilir bir biçimde yönetmek amacıyla uygulanan tasarlanmış bir plandır [18, 19].

Dijital dönüşüm örgütlerin tedarikçi, tüketici ve personel ilişkilerini, iş değer zincirlerini, bütün iş süreçlerini, iş modellerini, örgütsel yapısını, liderlik anlayışını ve çalışma biçimlerini radikal olarak değiştirecek kapsamlı ve yıkıcı bir dönüşümdür. Dolayısıyla dijital dönüşüm sürecine girecek olan örgütler çoğunlukla bu sürecin güçlüklerinden söz etmektedirler. Bu nedenle de bu zorlu dönüşüm sürecini başarıyla yönetecek bir yol haritasına gereksinim duymaktadırlar. Bu noktada başarılı bir dijital dönüşüm stratejisi hazırlamak için örgütlerin kendilerine uygun bir dönüşüm şekli belirlemeleri büyük önem taşımaktadır [20].

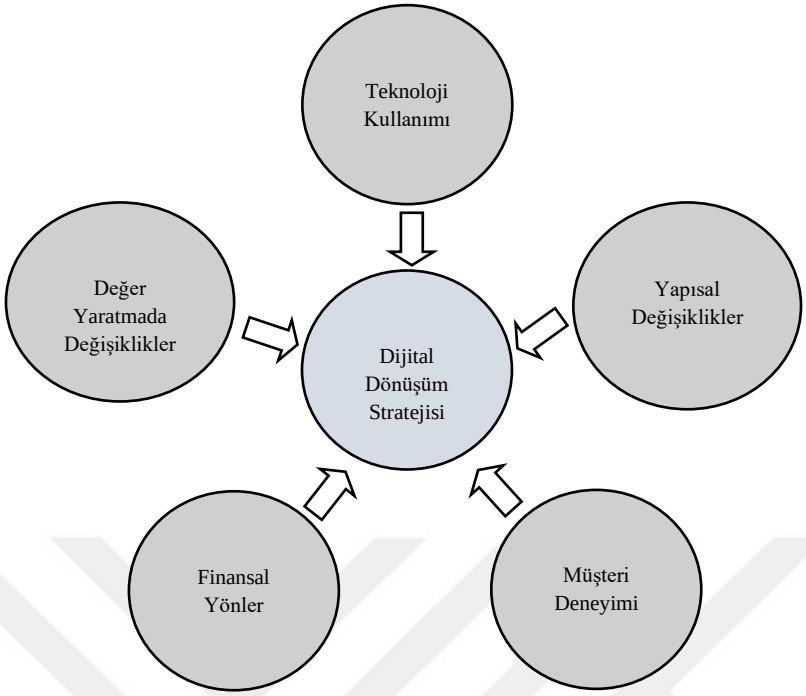
Dijital dönüşüm stratejisinin başarılı bir biçimde uygulanabilmesi ve örgüt üzerindeki olumlu etkilerinden faydalanabilmesi dört faktöre bağlıdır [18, 21, 22]:

a. Uygun teknolojilerin kullanımı,
b. Yapısal değişikliklerin gerçekleştirilmesi,
c. Değer yaratmada yapılan değişiklikler ve
d. Dijital dönüşümün finansal yönleridir.

Sebastian ve arkadaşları ise (2017) başarılı bir dijital dönüşümün unsurlarını aşağıdaki gibi belirlemişlerdir [23]:

a. SMACIT'den ilham alan (sosyal, mobil, analitik, bulut ve nesnelerin interneti) değer teklifiyle ilgili dijital bir strateji,
b. Operasyonel mükemmelliğe yol açan operasyonel bir omurga ve
c. Hızlı yenilik ve hızlı yanıt veren dijital hizmetler platformu.

Ayrıca, aynı yazarlar bu unsurları sayısallaştırılmış çözüm stratejisi ve müşteri katılım stratejisi olmak üzere iki dijital stratejiyle de birleştirmiştir. Şekil 2.1’de, dijital dönüşüm stratejisinin kavramsal modeli sunulmuştur.



Şekil 2.1: Dijital dönüşüm stratejisi kavramsal modeli [23]

Dijital dönüşüm, örgütlerin günden güne gelişen teknolojinin imkânlarından yararlanarak stratejilerini, işlemlerini ve insan kaynaklarını tekrardan gözden geçirmelerini gerektirmektedir. Bu sebeple günümüzün yöneticileri [24]:

a. Kendi ekosistemlerini ve örgütlerini tekrardan kurgulamakta,
b. İş modellerini, ürünlerini, hizmetlerini ve müşterilerine yaşattıkları deneyimi yeniden tanımlamakta,
c. Müşterileri, tedarikçileri, iş ortakları ve çalışanları ile daha etkin bir biçimde ilişki kurmak ve inovatif yetkinlikleri geliştirmek için kullandıkları araç kümesini yeniden oluşturmaktadırlar.

Hızlı dijitalleşme, örgütlerin nüfuz kazanması ve yenilikçi olması için yeni iş fırsatları sunmaktadır [25]. Bazı yazarlar ise, dijital dönüşüm sürecinde ortaya çıkan farklı fırsatlardan söz etmektedir [19,26]. Bunun yanında dijital dönüşümün faydalarının hem müşteriler hem de örgüt tarafından hissedildiğinden emin olmak büyük önem taşımaktadır [21]. Westerman ve arkadaşları bu doğrultuda üç temel dijital dönüşüm alanı belirlemişlerdir [27]. Tablo 2.2'de bu alanlar sunulmuştur.

Tablo 2.2: Dijital dönüşüm fırsatları [27]

MÜŞTERİ DENEYİMİ	OPERASYONEL SÜREÇLER	İŞ MODELLERİ
Müşteri anlayışı • Analitik tabanlı segmentasyon • Sosyal bilgilendirme deneyimi	**Süreç sayısallaştırma** • Performans iyileştirme • Yeni özellikler	**Dijital olarak değiştirilmiş işletmeler** • Ürün / hizmet çoğaltma • Fiziksel den dijitale geçiş • Dijital sarmalayıcılar
En üst seviyede büyüme • Dijital olarak geliştirilmiş satış • Öngörülü pazarlama • Kolaylaştırılmış müşteri süreçleri	**Çalışanların Etkinleştirilmesi** • Her zaman her yerde çalışma • Daha hızlı iletişim • Topluluk bilgi paylaşımı	**Yeni Dijital İşletmeler** • Dijital ürünler • Örgütsel Sınırları Yeniden Şekillendirme
Müşteri temas noktaları • Müşteri servisi • Kanallar arası tutarlılık • Müşterinin kendi satış hizmetini kendisinin yapması	**Performans Yönetimi** • Operasyonel şeffaflık • Veriye dayalı karar verme	**Dijital Küreselleşme** • Kurumsal Entegrasyon • Yeniden dağıtım karar yetkisi • Paylaşılan dijital hizmetler
Birleşik veri ve süreç Analitik kapasite	**Dijital Yetenekler**	İşletme ve IT Entegrasyonu Çözüm Teslimi

Müşteri Deneyimi: Dijital teknolojilerde yaşanan gelişmeler, yüksek seviyede bağlantı sağlayarak tüketici ve örgütler arasındaki ilişkiyi dönüştürmüştür [25]. Dijital pazarda tüketiciler, ortaya çıkan teknolojileri ürün ve hizmet teklifleri hakkında daha fazla bilgi sahibi olmak, kime güveneceklerine, neyi satın alacaklarına ve nereden satın alacaklarına karar vermek amacıyla kullanmaktadır. Diğer yandan örgütler, tüketici davranışlarındaki değişimlere daha çabuk yanıt verebilmek ve değişen tüketici ihtiyaçlarını daha iyi karşılamak amacıyla dijital girişimlere yönelmişlerdir [28].

Operasyonel Süreçler: Dijitalleşme, örgüt içi işlemleri, örgüt içinde optimize ederek çok önemli faydalar sağlamaktadır [29]. Dijital dönüşüm, bir örgütün doğrudan rakiplerine kıyasla kârlılık, yatırım getirisi ve satış büyümesi ile ölçülen örgüt performansını olumlu

açıdan etkilemektedir [30]. Örgütler iş süreçlerini daha hızlı bir hale getirebilmek ve insan emeğini azaltabilmek için otomasyonu kullanmışlardır [31]. Örgütler, çalışanlarını idari görevlerden kurtarmak ve daha stratejik görevlere odaklanmasını sağlamak amacıyla self servis araçlarını uygulamaya başladıkça çalışanların çalışma rutinleri otomatikleşerek iş memnuniyetleri artmaktadır [27, 32]. Dijitalleşme e-postalar, video araçları ve telepresence (telebulunuş) sistemleri gibi dijital yollarla örgütlerin çalışma şekillerini kökten değiştirmektedir [33].

İş Modelleri: Dijital teknolojilerdeki son gelişmeler, örgütlere iş modeli yeniliği için yeni olanaklar sunmaktadır [19]. Dijital iş modellerini geleneksel modellerden ayıran 3 önemli fark vardır. Bunlar; ürün ve hizmetlerin neredeyse sıfır marjinal maliyetle üretiliyor olması, değerinin kullanımda belirleniyor olması ve dijital işletmelerin, çoklu kuruluşlar ve bireyler de dahil olmak üzere ekosistem içinde yer alan her bir üyesine fayda sağlamak amacıyla dijital platformlar kullanıyor olmasıdır [34]. Örgütler dijital teknolojiler vasıtasıyla sınırlarını tekrardan şekillendirmek için yeni iş modelleri geliştirmektedir [27]. Ayrıca örgütler maliyetlerini düşürmek, hizmet kalitesini iyileştirmek, süreçleri basitleştirmek, bilgi aktarmak, en iyi uygulamaları paylaşmak ve yeni iş ortamında daha uyumlu hale gelmek için küresel iş hizmetleri modeline doğru ilerlemektedir.

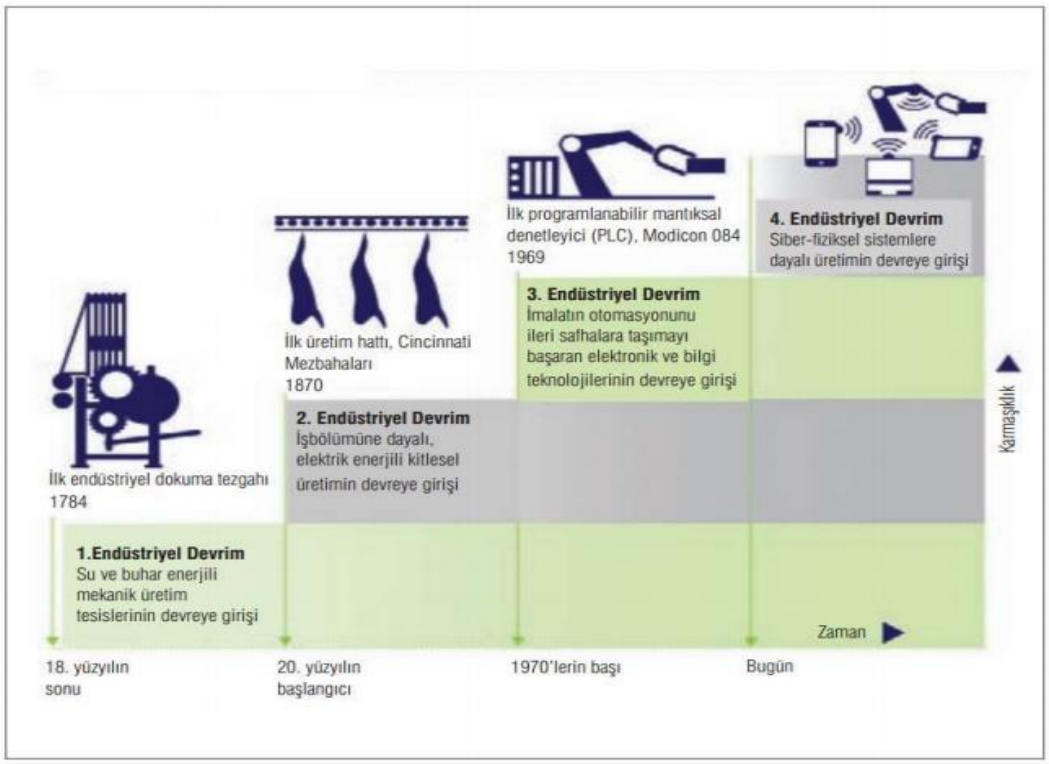
2.2. ENDÜSTRİ KAVRAMI

Ülke ekonomisinin bel kemiği olan endüstri sektörü temelde sınai faaliyetleri kapsamaktadır. Sınai faaliyetler ise hammaddelerin taşınabilir ve kullanılabilir ürünlere dönüştürülmesi olayıdır. Endüstri; kelime kökeni Arap dilinden gelmekte olup "hammaddeleri işlemek, enerji kaynaklarını yaratmak için kullanılan yöntemlerin ve araçların bütünü" şeklinde tanımlanmaktadır. Yeni teknolojileri uygulamadaki tutumları ve kanuni durumları ne olursa olsun büyük, küçük ve orta ölçekli kuruluşların yaptıkları her çeşit ekonomik faaliyet, endüstri olarak değerlendirilmektedir. Endüstri sektörü içinde imalat sanayi en önemli ve dinamik alt sektördür. İmalat sanayi, neredeyse bütün ülkelerde hem üretim değeri hem de istihdam hacmi açısından en büyük paya sahip bir sektördür. İmalat sanayi alt sektöründe, üç alt birim yer almakta olup bunlar da kendi arasında sanayi dallarına ayrılmaktadır. Bu üç alt birim; tüketim malları (gıda, alkollü içecek, tütün, dokuma, hazır giyim, ağaç, mobilya, ayakkabı gibi sanayi dalları), ara mallar (kağıt, basım, deri ve küçük işleme, lastik, plastik kimya, petrokimya, petrol ürünleri, gübre, çimento,

pişmiş kil, seramik, cam, demir-çelik, demir dışı metaller) ve yatırım mallarından (madeni eşya, elektriksiz makinalar, tarım makinaları, elektrikli makinalar, karayolları taşıtları, demir yolu taşıtları, gemi inşaat, uçak imalat ve diğer sanayi dallarından) oluşmaktadır [35].

2.3. ENDÜSTRİ DEVRİMLERİ

Sanayi devrimleri, insanoğlunun bilim ve teknolojide yaşanan köklü dönüşümler sonucunda o vakte kadarki çalışma biçimlerinin ve hayat tarzlarının ciddi ölçüde değişime uğradığı devirlerdir. İnsanoğlu önceleri yalnızca kas ve hayvan gücünden gelen mekanik enerji ile üretim gerçekleştirirken, sanayi devrimleriyle beraber makinaları kullanarak seri üretim yapmaya geçmiştir [36]. Aşağıdaki şekilde endüstri devrimlerinin ne zaman ve nasıl başladığı ile ilgili bilgiler sunulmaktadır.



Şekil 2.2: Sanayi devriminin dört aşaması [37]

18. yüzyılın sonunda ortaya çıkan birinci endüstri devriminde, su ve buhar kuvvetininden randımanlı bir şekilde yararlanmayı sağlayan mekanik tezgahlar icat edilmiştir. 1763 senesinde James Watt'ın İskoçya'da buharla işleyen makineyi bulmasının birinci endüstri devrimine yol açtığı ifade edilmektedir. İkinci endüstri devrimi, 1870-1914 seneleri arasını

kapsamaktadır. Elektrik enerjisinin kullanılmasıyla birlikte imalatta iş bölümü ve seri üretim başlamış ve 1870 senesinde Cincinnati'de ilk montaj hattı mezbahaları kurulmuştur [37].

Üçüncü endüstri devriminde yani sanayinin 3. aşamasında üreticiler, sanayinin ikinci aşamasındaki üretim anlayışı ile faaliyetlerine devam etmişleridir. 1970'li senelerin başından itibaren ticarileşmeye başlayan ve gündelik yaşantımıza dahil olan elektronik ve bilgi teknolojilerinin hızla yaygınlaşması sayesinde ise imalatın otomasyonu artmıştır [38]. Endüstri 4.0 ise birçok modern otomasyon sistemini, veri alışverişlerini ve üretim teknolojilerini barındıran kolektif bir terimdir. Endüstri 4.0 en yalın anlatımla "Makinelerin, bilgisayarların, insanların ve nesnelerin interneti" şeklinde tanımlanmaktadır [39].

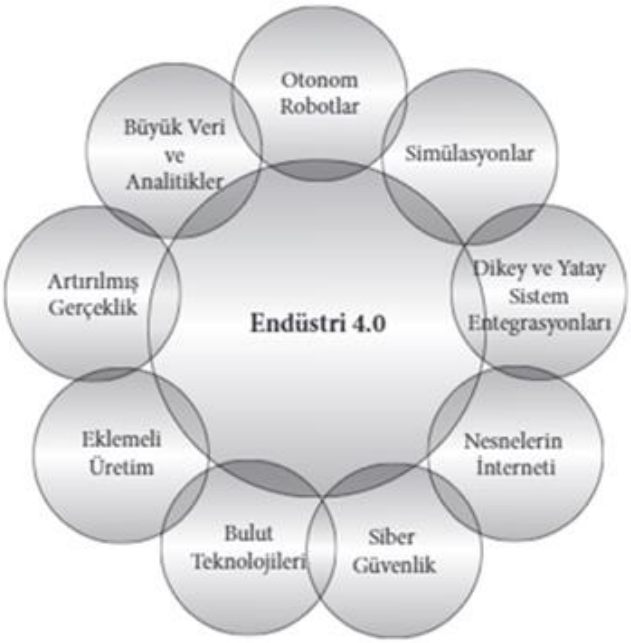
2.4. ENDÜSTRİ 4.0

Endüstri 4.0, üretim ve üretimi ilgilendiren bütün teknik, yöntem ve süreçlerin bilgisayar tabanlı olması ve ileri teknoloji ile donatılması olarak tanımlanabilir. Endüstri 4.0'ın hayata geçirilmesiyle, makine veya nesnelerin etraflarında olup bitenleri algılayabilmesi ve birbirleriyle doğrudan iletişim kurabilmesi hedeflenmektedir. Böylece, Kagermann vd.'nin (2013) de belirttiği gibi, gömülü sistem teknolojisi ile akıllı üretim süreçleri birleştirilebilecek ve bu bütünsel yaklaşım tüm endüstriyel üretim zincirlerine uygulanabilecektir [6]. Hermann vd.'ne göre (2016) Endüstri 4.0'ın aşağıdaki şekilde altı temel ilkesi bulunmaktadır [40]:

1. **Birlikte Çalışabilirlik:** Siber fiziksel sistemler sayesinde, makinelerin ve ilgili bileşenlerin internet üzerinden diğer makinelerle ve insanlarla doğrudan iletişim kurabilmesidir.
2. **Sanallaştırma:** Bütün üretim sisteminin ve alt sistemlerinin sayısal bir ikizinin ya da benzerinin yaratılarak, her çeşit etkileşim, analiz ve konfigürasyon değişikliklerinin sayısal ikiz model üzerinde denenebilmesidir.
3. **Özerk Yönetim:** Tanımlanan tüm üretim süreçlerinin sistem tarafından kendi kendine yürütülebilmesidir.
4. **Gerçek-Zamanlılık:** Sistem üzerindeki tüm süreçlerin gerçek zamanlı olarak yürütülebilmesi ve denetlenebilmesidir.

5. **İnsan-Makine Etkileşimi:** Gelişmiş ara yüzler sayesinde çalışanlar ile makineler arasındaki etkileşimin en az çabayla yönetilebilmesidir.
6. **Modülerlik:** Sistem bileşenlerinin gerektiğinde ihtiyaçlara uygun bir şekilde tekrar konfigüre edilebilmesidir.

Fırat ve Fırat (2017), Endüstri 4.0'ı oluşturan ve gelecek yüzyıla yön vermesi beklenen dokuz temel teknolojiden bahsetmektedir [41]. Bu teknolojiler, Şekil 2.3'te gösterildiği üzere; büyük veri ve analizi, akıllı robotlar, simülasyon, yatay ve dikey entegrasyon, nesnelerin interneti, siber güvenlik, bulut bilişim, eklemeli üretim (3 boyutlu yazıcılar) ve artırılmış gerçeklik olarak sıralanabilir.



Şekil 2.3: Endüstri 4.0 ve temel teknolojileri [41]

Endüstri 4.0 ifadesi ilk defa 2011 yılında Hannover Fuarı'nda dile getirilmiştir. Alman hükümetinin 2012 yılında kurduğu Endüstri 4.0 çalışma grubunun 2013 yılında düzenlediği nihai rapora göre, Endüstri 4.0'ın başarılı olabilmesi için aşağıda belirtilen sekiz önemli adımın gerçekleştirilmiş olması gerekmektedir [42]:

1. Referans donanım mimarisinin belirlenmesi ve standardize edilmesi
2. Karmaşık sistemlerin yönetilebilir olması
3. Kapsamlı ve yüksek hızlı bir haberleşme altyapısının kurulması

4. Emniyet ve güvenliğin sağlanması
5. Çalışma organizasyonunun oluşturulması
6. Eğitim ve profesyonel gelişimin devamlılığının sağlanması
7. Mevcut mevzuatın yeni teknolojilere uyarlanması
8. Kaynakların verimli bir şekilde kullanılması

Endüstri 4.0'ın unsurları her ne kadar öncelikli olarak üretim ile ilişkilendirilse de, uygulama alanı yalnızca üretim faaliyetleri ile sınırlı kalmayıp, tedarik zincirinin tüm aşamalarını içermektedir. Yani, akıllı robotlar ve sistemler sayesinde; tasarım, tedarik, üretim, dağıtım ve tüketim gibi tedarik zincirinin tüm faaliyetlerinin belirli bir hız, titizlik ve denetim içerisinde gerçekleştirilmesi planlanmaktadır. Ancak, firmaların teknolojik altyapıları bir hayli değişkenlik gösterebildiğinden, kapsamlı bir dijital dönüşümün maliyeti sektöre ya da firmaya göre büyük ölçüde değişebilmektedir. Bu nedenle, konuya finansal açıdan bakan Tosunoğlu (2019), gerçekleşecek bu köklü dönüşümü kaçırmak istemeyen firmaların, çok geçmeden mevcut durumlarını değerlendirerek, teknolojik altyapılarını güçlendirmeye ağırlık vermeleri gerektiğini vurgulamaktadır [43].

2.5. ENDÜSTRİ 4.0'I ORTAYA ÇIKARAN NEDENLER

Günümüzde kuruluşlar sosyal, iktisadi ve teknolojik gelişmeler sebebiyle ciddi güçlükler ile karşı karşıya kalmaktadır. Bu güçlüklerin üstesinden gelebilmek için ise kuruluşlar bütün yaşam döngüsü boyunca yakın iş birliğine ve hızlı uyum sağlayabilecek sanal ve fiziksel yapılara gereksinim duymaktadır [44]. Teknolojik ilerlemeler, kuruluşların ölçek ekonomisine erişmesinde ve maliyetlerini azaltmasında büyük rol oynamaktadır. Bununla birlikte stratejik ortaklıklar kurmak, günden güne gelişen Endüstri 4.0 konseptinin vazgeçilmez bir unsurudur [45].

Pazar taleplerinin sürekli değişmesi ve ortaya çıkan yeni teknolojiler, endüstriyel çalışma sistemlerinde kökten değişikliklere neden olmaktadır. Bununla birlikte üretim sisteminin esnekliği, hızı ve üretkenliği, günden güne değişen ve küreselleşen piyasalarda rekabet üstünlüğü elde etmek isteyen kuruluşlar için önemli bir faktördür. Ürün çeşitliliğinin çoğalması ile beraber üretimdeki karmaşıklık da artmaktadır. Bu karmaşıklığın üstesinden gelebilmek için ise bilgi ve iletişim teknolojileri (BİT) gibi yeni yöntemler ve teknolojiler daha önemli bir hale gelmiştir [46]. BİT altyapısında yaşanan gelişmeler, tüm iş

modellerinde birtakım yeniliklere yol açmıştır. BİT, hemen hemen bütün sektörlerde rekabet üstünlüğü sağlamaktadır [47].

Endüstri 4.0, endüstriyel üretimde gelişmiş ağ oluşturma ve tüm üretim alanlarının bilgisayarlaşmasından ortaya çıkan dijital bir devrimi ifade etmektedir [48]. Endüstri 4.0, çoğaltılmış dağıtılmış yapay zekanın birbirine bağlanması ve insan operatörüne sunulması ile karakterize edilmektedir [49].

Endüstri 4.0'ın ortaya çıkmasının başlıca sebebi doğu ülkelerinin batı ülkelerinden daha fazla sanayi üretimi yapmaya başlamasıdır. Endüstriyel üretimin başta Çin olmak üzere Doğu ülkelerine kayması, Batı'da sanayi alanında söz sahibi ülkelerin yeni tedbirler almasını gerektirmiştir. Büyük bir hızla gelişmeyi sürdüren teknolojiyi üretim ve sanayide faydaya çevirmek, akıllı iş süreçleri ve nesnelerin interneti ile fabrikalarda verimliliği artırmak, Doğu ülkelerinin ucuz işgücü ve üretim kapasitesiyle rekabet etmenin en mantıklı yolu olmuştur. Bunun için ise yeni bir endüstri devrimine gereksinim duyulmuştur. Bu konuda ilk adımı Almanya atmış ve "Industrie 4.0" ı duyurmuştur [50]. Bunun yanında pazar geliştirme, uluslararasılaşma, teknolojik gelişmeler sayesinde artan üretim verimliliği, esnek üretimin yaygınlaşması ve artan rekabet gücü Endüstri 4.0'ın ortaya çıkmasına neden olan diğer nedenlerdir [51].

2.6. ENDÜSTRİ 4.0'IN ÖNEMİ VE SUNDUĞU FIRSATLAR

Endüstri 4.0'ın başlıca amacı, mal ve hizmetlerin daha çabuk ve az maliyetli bir biçimde üretilmesidir. Endüstri 4.0 sayesinde yeni ürünlerin tasarımı ve geliştirilmesi de daha çabuk ve daha kolay bir şekilde gerçekleştirilmektedir. Doğru ürün, doğru kalitede, doğru miktarda, doğru zamanda ve doğru fiyatla sunularak güvenilir teslimat gerçekleşmektedir [45]. Endüstri 4.0, kitlesel kişiselleştirme, artan üretim hızı, esnek üretim, daha yüksek ürün kalitesi, optimize edilmiş verimlilik, azaltılmış hata oranları, veri odaklı karar verme, daha iyi müşteri yakınlığı, yeni değer oluşturma yöntemleri ve iyileştirilmiş iş dâhil olmak üzere sanayide birçok olumlu değişiklik potansiyeline sahiptir. Bununla birlikte Endüstri 4.0'ın talep, stok seviyesi, hatalardaki değişikliklere hızlı tepki, ürünlerin kişiselleştirilmesi, daha güvenli çalışma koşulları, aşırı üretim ve atıkların azaltılması, nakliye ve seyahat eforunun azaltılması, doğal kaynakların tasarrufu gibi faydaları da bulunmaktadır [54].

Endüstri 4.0, malzeme, mal ve donanım arasında en yüksek seviyede düzenli ara bağlantıyı sağlarken, tüketici ihtiyaçlarını da cevap vermektedir. Bir tedarik zinciri bağlamında Endüstri 4.0 teknolojilerinin uygulanması, önemli üretim parametrelerinin, üretim durumunun, enerji tüketiminin, malzemelerin akışının, müşteri siparişlerinin ve tedarikçilerin verilerinin gerçek zamanlı takip edilmesini ve denetlenmesini sağlamaktadır [55]. Endüstri 4.0 ve bileşenleri; daha çok özelleştirilmiş ürün, geliştirilmiş yenilikçilik, düşük maliyetle geliştirilmiş esneklik, bilgiye dayalı karar verme, artan e-ticaret ile küresel pazarlara rahat erişim, kamu hizmetlerine daha kolay erişim, yaşam kalitesinin artması, akıllı şehirler, binalar ve fabrikalar gibi hususlarda ciddi katkılar sağlamaktadır [53].

Endüstri 4.0, değer zincirinde yer alan bütün aktörler arasında iletişim ve etkileşimi sağlayan siber-fiziksel bir üretim ortamı yaratmaktadır. Bununla birlikte üretim ortamında esneklik sağlayan çok çeşitli teknolojiler sunmaktadır [45]. Endüstri 4.0 yenilenebilir enerji kullanımına verdiği önem nedeniyle çevre dostu olarak da kabul edilmektedir [56]. Dijital teknolojiler, pazar yönünden bakıldığında, kuruluşların, ürünlere gömülü internet tabanlı hizmetler gibi tüketiciler için yeni dijital çözümler sunmalarına müsaade etmektedir. Operasyonel yönden bakıldığında, kurulum sürelerini, işçilik ve malzeme maliyetlerini ve işlem sürelerini azaltmak ve böylece üretim işlemlerinde daha yüksek verimlilik elde etmek için siber fiziksel sistemler gibi dijital teknolojiler önerilmektedir [57].

Endüstri 4.0, üretim varlıklarını sensörler, aktüatörler, bilgi işlem platformları, iletişim teknolojisi, kontrol, simülasyon, veri yoğun modelleme ve kestirim mühendisliği ile birleştirmektedir. Endüstri 4.0 standartlarına doğru aşamalı bir geçiş, üretici kuruluşların maliyet, kalite, esneklik, hız ve benzeri konulardaki işlemlerini daha çok geliştirmesine katkı sağlayacaktır [58]. Endüstri 4.0 sunduğu fırsatlar yanında bazı teknik zorlukları da beraberinde getirmektedir. Aşağıda bu zorlukların en önemlileri sıralanmıştır:

a. Üretim kuruluşlarının büyük bir kısmının mevcut bilgi ve iletişim teknolojisi (ICT) altyapıları, Endüstri 4.0'a dönüşümün gerektirdiği yatay, dikey ve uçtan uca entegrasyonu desteklememektedir [59].
b. Endüstri 4.0’da ölçeklendirilebilirlik bir başka kritik konudur. Bu problem, üretim ağlarına ve süreçlerine gittikçe daha fazla fiziksel nesnenin eklenmesiyle ortaya çıkmış ve önem kazanmıştır. Bu ağlar, giderek daha geniş çeşitlilikte büyük hacimli

işlemsel veriler ve bilgiler için yüksek hızlarda kullanılacak ve dolayısıyla, nesnelerin miktarı kaçınılmaz bir şekilde katlanarak artacaktır [60].

c. Endüstri 4.0 ortamında veri analitiğinin ve veri biliminin önemi gün geçtikçe artmaktadır. Nesnelerin internetinin Endüstri 4.0'ın doğal bir parçası haline gelmesiyle beraber birbirine bağlı çok sayıda nesne devasa boyutlarda gerçek zamanlı veri üretecektir. Siber-fiziksel Endüstri 4.0 üretim ağlarında, üretim ile alakalı karar alma süreçlerini anlamlı bir biçimde iyileştirebilmek için bu devasa boyutlardaki verilerin işlenmesi gerekmektedir. Nesnelerin interneti ve yeni bilişim teknolojileri tarafından üretilen bu miktarlardaki verilerin analiz edilebilmesi için veri bilimi ve veri analitiği prosedürlerinin geliştirilmesi ve uygulanması gerekmektedir [61].
d. Nesnelerin interneti, çeşitli iletişim teknolojileri vasıtasıyla birbirine bağlanan oldukça kompleks ve heterojen bir ağdır. Şu anda, bu çeşit bir ağdaki teknoloji ve uygulamaların çeşitliliğini taşıyacak kabul edilmiş bir platform bulunmamaktadır. Nesnelerin interneti ağlarında veri dönüşümündeki gecikmeler, göz önünde bulundurulması gereken bir diğer sorundur [52].

2.7. DÜNYADA ENDÜSTRİ 4.0 UYGULAMALARI

Endüstri 4.0 uygulamaları içerisinde bulunan teknolojileri, üretkenliklerini arttırmak ve maliyetlerini azaltmak amacıyla kullanan pek çok kuruluş vardır. Bu teknolojiler kuruluşların pazardaki itibarlarını yükselttiği gibi daha randımanlı bir iş ortamı da sağlamaktadır. Endüstri 4.0 uygulamalarına ilişkin örnekler aşağıda sunulmuştur:

- Audi son zamanlarda, üretimde büyük veriden yararlanarak, esnek ve yüksek randımanlı üretim yapmayı kendisine vizyon edinmiştir. Bunun yanında Audi, üretimde otonom robotları kullanarak radikal üretim hatları oluşturmak amacıyla çalışmalar yapmaktadır. Firma ayrıca 3D yazıcılar ve sanal gerçeklik gibi Endüstri 4.0 uygulamalarını da mevcut üretim sistemleri ile bütünleştirmeyi amaçlamaktadır [62].
- Festo, Endüstri 4.0'ın temel uygulayıcılarından olup, pek çok sektörde Endüstri 4.0'a uygun ürünler üretmektedir. Sürdürülebilir inovasyon yönetimi yaklaşımıyla faaliyetlerini yürüten Festo, bilhassa robot teknolojisi alanında çok iyi işler

çıkarmaktadır. Şirket insanlar ve diğer canlıların hareketleriyle özdeş olarak hareket edebilen makineler geliştirmiştir [63].

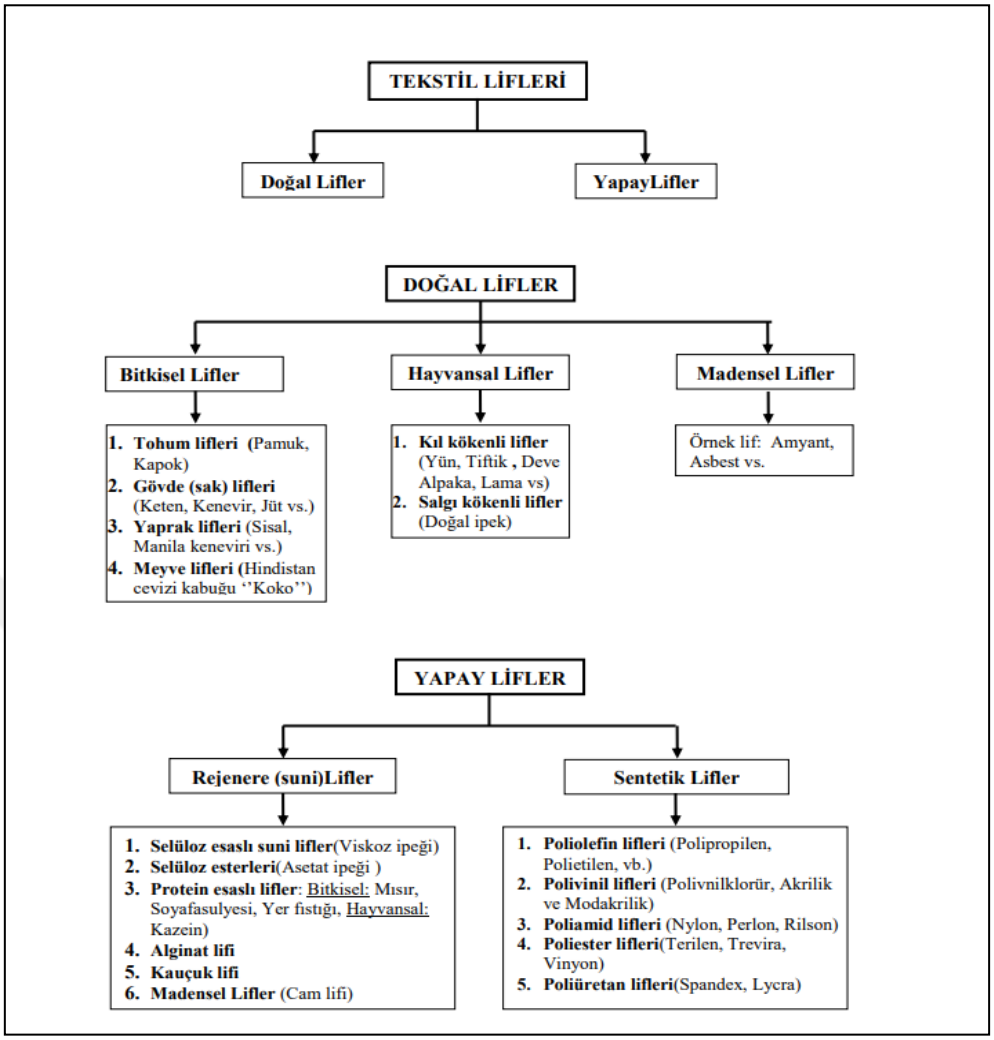
- 1961 senesinde üretim hatlarındaki ilk robotlardan birini faaliyete geçirmiş olan General Motors günümüzde montaj hattında yüzlerce robot ile çalıştığını açıklamıştır. Bununla birlikte firma, çalışanların yerine getirmekte zorlandığı veya iş güvenliğini tehdit eden durumlarda dronelardan yararlanarak bu tehlikeleri minimum seviyeye düşürmektedir. Firma ayrıca çok büyük bir arazide konumlanmış fabrikalarını dronlar yardımıyla denetleyip fazla enerji tüketen montaj tesislerini belirledikten sonra enerjinin boşa harcanmaması adına tedbirler almaktadır. Firma son olarak Chevrolet Traverse ve Buick modellerini yakında tamamen Endüstri 4.0'a uygun teknolojiyle donatılmış tesislerinde üreteceklerini açıklamıştır [64].
- Dünya genelinde Endüstri 4.0 uygulamalarını en etkin ve randımanlı bir biçimde kullanmaya çalışan ve gelişmeleri yakından izleyen Starwood, Mariott ve Hilton gibi dünyaca tanınan oteller mobil anahtar uygulaması ile mobil uygulamalarını kullanmaktadır. Bu sistemlerin yanında Avrupa ve Amerika'da faaliyet gösteren bazı ağırlama kuruluşları, odalara konulan akıllı cihazlar ile konuklara komut ile ışıkların yanıp sönmesi, televizyonun ve perdelerin açılıp kapatılması, oda sıcaklığının ayarlanması gibi imtiyazlı hizmetler vermektedir [65].
- Akıllı fiyatlandırma modelini uygulayan, Avrupa Demiryolları Kargo Konsorsiyumu olan Deutsche Bahn AG şirketi müşterilerinin siparişlerini ve faturalama veri tabanlarını takip eden görüntüleme sensörlerini kullanmaktadır. Bu uygulamayla demir yollarındaki yoğunluğu ve kapasiteleri ile ilgili verileri gerçek zamanlı olarak üreterek müşterilerine anlık duruma göre fiyat vermektedir [66].
- Bilişim teknolojilerinde yaşanan ilerlemeler yapay zekâ robotlarını daha yetenekli bir hale getirmektedir. Örneğin, BMW'nin Güney Carolina'daki üretim tesislerindeki montaj hatlarında robotlar ve işçiler birlikte iş güvenliğine uygun ortamda çalışmaktadır. Ayrıca giyilebilir dış iskelet robotu, işçilere ağır yüklerin bir yere taşınmasında yardımcı olmaktadır. Örneğin Çin'in en büyük çevrimiçi perakendecilerinden biri olan JD.com, ürünlerini raflara yerleştirmek amacıyla gelişmiş robotlar kullanmaktadır [67].

- Dünyanın en büyük ürün ve hizmet tedarikçilerinden birisi olan Bosch, Endüstri 4.0 konusunda önde gelen kuruluşlardandır. Dünya çapında 250'yi aşkın tesisinde birçok projeyi başarıyla tamamlayarak Endüstri 4.0'ı uygulamaya alan Bosch, ağa bağlı teknolojileri savunmakta ve müşterilerine bu alanda sensörler, sürücüler, hatta robot asistanlar gibi çözümler sunmaktadır. Web tabanlı hizmetlerinde kendi bulutu Bosch IoT Cloud'u kullanan Bosch, şu anda beş milyondan fazla cihaz ve makineyi ağa bağlamıştır [63].
- Dünyanın en ünlü motosiklet üreticilerinden birisi olan Harley Davidson firması üretim esnasında meydana gelebilecek arızaları belirlemek amacıyla tesislerinde akıllı sistemler kullanmaktadır. Makineleri yakından takip eden bu akıllı sistemler problemi kendiliğinden saptayarak ilk müdahaleyi gerçekleştirmektedir. Muhtemel hata durumlarını da belirleyebilen sistem, makul aralıklardaki muhtemel hatayı otomatik olarak engellemekte ve makinenin varsayılan ayarlarına geri dönmesini sağlamaktadır [68].
- Pek çok büyük ölçekli çok uluslu şirket, rekabet gücü sağlayabilmek amacıyla Endüstri 4.0 uygulamalarını benimsemektedir. Örneğin, Caterpillar ve Renault gibi şirketler verimliliklerini artırmak ve maliyetleri azaltmak için Endüstri 4.0'ı benimsemişlerdir. BMW, Jaguar Land Rover, Rolls-Royce, General Electric ve Philips gibi otomobil ve elektronik şirketleri başarıyla Endüstri 4.0'ı uygulamaktadır. Gıda sektöründe, Cadbury, Milka, Oreo ve Toblerone gibi birçok lider tüketici markasının sahibi olan Mondelez de Endüstri 4.0 tabanlı uygulamaları benimsemiştir [45].

2.8. TEKSTİL 4.0

2.8.1. Tekstil Sektörü Hakkında Genel Bilgiler

Tekstil sektörü, klasik üretimden endüstriyel üretime sanayi devrimi sayesinde geçmiş ve ülkelerin sanayileşme sürecinde lokomotif bir sektör haline gelmiştir. Günümüzde de tekstil sektörü bu özelliğini, teknolojik gelişmelerin katkısıyla, ortaya koyduğu fonksiyonel ürünler ile sürdürmektedir. Tekstil üretimi elyaf ve iplikten üretilen, çoğunlukla esnek malzemelerin üretimi ile bu malzemeleri şekillendirme ve mamul hale getirilmesini kapsamaktadır. Aşağıdaki şekilde tekstil liflerinin sınıflandırması ayrıntılı bir şekilde gösterilmektedir [69].



Şekil 2.4: Tekstil liflerinin sınıflandırılması [69]

Tekstil üretimi alt sektörleri bakımından büyük oranda sermaye-yoğun bir sanayidir. Dünyanın en sermaye yoğun sanayi sektörlerinden biri olan kimyasal elyaf ve iplik çekimi petro-kimya sanayi içinde yer alırken; iplik, dokuma, örme ve tekstil terbiye kuruluşları diğer sermaye-yoğun sanayi sektörünü meydana getirmektedir. Tekstil imalatı sanayi elyaf (lif), iplik, dokuma ve örme kumaş, dokusuz yüzeyler, boya ve terbiye, ev tekstili, teknik tekstil ve halılar gibi çok geniş bir ürün yelpazesine sahiptir. Tekstil endüstrisinde imal edilen elyaf, iplik ve kumaşlar ara girdi özelliğindeki ürünler olup, boya ve terbiye de üretimde ara bir süreçtir. Buna karşılık ev tekstili, halı ve teknik tekstil ürünlerinin bir bölümü nihai ürün olarak kullanılmaktadır. Kumaşlar yine çok geniş bir sanayi dalını meydana getiren hazır giyim endüstrisinin başlıca girdisini oluşturmaktadır. Tekstil imalatı sanayi üretimi günümüzde ciddi oranda gelişmekte olan ülkelere kaymıştır. Bunun en

önemli sebebi ise gelişmekte olan ülkelerin üretim maliyetlerindeki göreceli avantajlarıdır. Gelişmiş ülkeler ise daha çok teknik tekstil ve katma değeri yüksek ürünlerin üretimini gerçekleştirmektedir. Teknolojide yaşanan radikal gelişmeler tekstil sanayini de önemli ölçüde etkilemektedir. Tekstil sanayinde rekabet gücünü belirleyen en önemli faktör ileri teknolojiyi kullanarak yüksek katma değerli ve fonksiyonel ürünlerin üretilmesidir. Teknik tekstil ise tamamıyla teknoloji tabanlı bir üretim alanı olarak gelişmeye devam etmektedir [70].

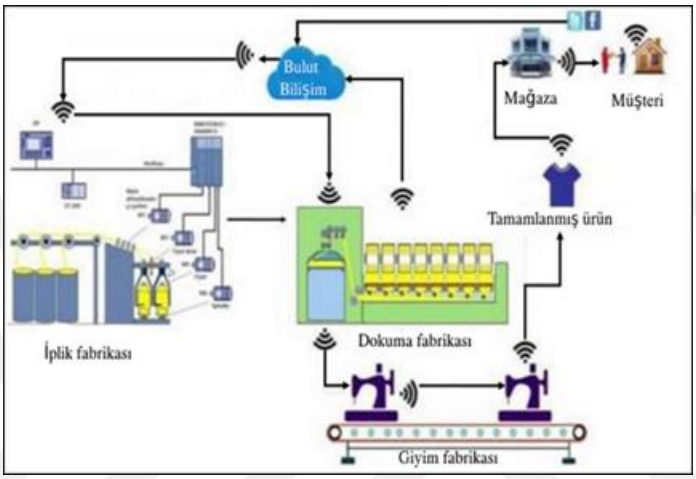
2.8.2. Tekstil 4.0

Endüstri 4.0'ın temelleri ve doğuşu, otomotiv endüstrisine dayansa da getireceği yeniliklerin pek çok sektörü derinden etkileyeceği açıktır. Bu etkinin, özellikle iş gücüne dayalı üretim yapan firmalarda daha büyük olması muhtemeldir. Çünkü, Rüßmann vd.'ne (2015) göre, iş gücüne dayalı üretim artık ihtiyaçları karşılayamamakta ve rekabet avantajı sunamamaktadır [43]. Öyle ki, işgücü kullanımındaki artışın toplam maliyeti arttırması, yoğun işgücü kullanımını tetiklemekte, bu durum ise hem iş sağlığı ve güvenliği risklerini, hem de üretimdeki hata oranını arttırmaktadır.

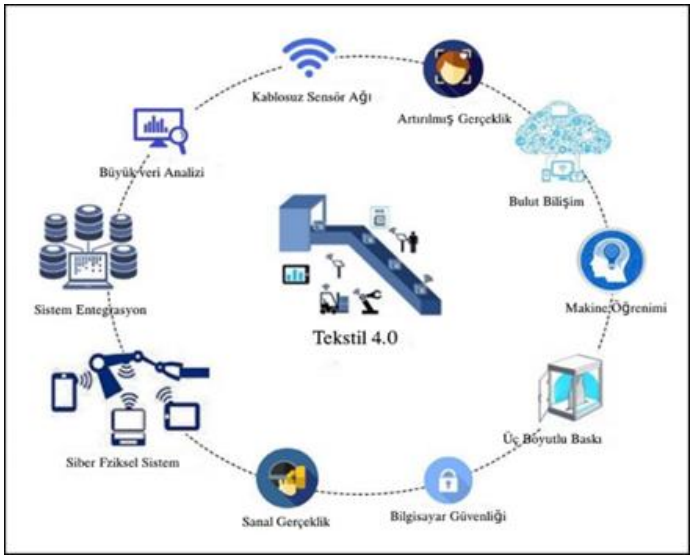
Tekstil sektörü özelinde de durum değişmemekte, hatta yoğun işgücü kullanımının yanı sıra, müşterilerin son yıllarda artan baskın rolü, üretim süreçlerinin yeniden düzenlenmesini zorunlu kılmaktadır. Müşteriler artık standart ürünleri almak yerine, kendi bireysel ihtiyaçlarını daha çok karşılayan, kişiselleştirilmiş ya da özelleşmiş ürünleri tercih etmektedir. Bu sebeplerle, yakın gelecekte, tekstil sektöründe faaliyet gösteren firmaların müşteri taleplerini karşılayabilmek için üretim süreçlerini güncellemeleri gerekmektedir. İşte bu değişim döneminde, Endüstri 4.0 ve ilgili temel teknolojiler, tekstil değer zincirlerinin ve tekstil üretim sistemlerinin iyileştirilmesinde önemli bir rol oynayacaktır [71].

Bu kapsamda, Tekstil 4.0, Endüstri 4.0'ın tekstil teknolojisi ve tekstil imalatı sektörlerindeki bir yorumu ya da uygulaması olarak ortaya çıkmaktadır. Tekstil 4.0 ile tekstil sektörünün daha esnek, hızlı ve güvenilir bir biçimde çalışması planlanmaktadır. Örneğin, Şekil 2.5'te, Görçün (2018) tarafından tasarlanan, nesnelerin interneti teknolojisinin tekstil sektörünün değer zincirine entegrasyonu gösterilmiş olup; bu entegrasyon ile tedarik, üretim, dağıtım, tüketim gibi tüm süreçlerde optimum malzeme

akışının sağlanması hedeflenmektedir [72]. Benzer şekilde, Şekil 2.6'da, Gökalp vd.'nin (2018), Tekstil 4.0 için önerdiği bazı yenilikçi teknolojilere yer verilmiştir [73]. Bu tasarımlara bakarak, Endüstri 4.0 ve uygulamalarının, tüm tekstil üretim teknolojilerinin bir parçası olacağı, otomasyon ve veri alışverişinde giderek daha da önemli bir hale geleceği ve üretimde kalite ile verimliliği arttırabilmenin temel anahtarlarından biri olacağı açık bir şekilde görülmektedir.



Şekil 2.5: Nesnelerin interneti teknolojisinin tekstil sektörü değer zincirine entegrasyonu [71]



Şekil 2.6: Tekstil 4.0 için önerilen yenilikçi teknolojiler [73]

Hermann vd. (2014), çalışmalarında, gelecekte bağlantılı tedarik zincirleri ve dijitalleştirilmiş üretim süreçleri ile; çalışanların, makinelerin, malzemelerin, nesnelerin ve lojistik süreçlerinin tamamen ve anlık olarak birbirleriyle veri alışverişinde

bulunabileceğini; hatta, makine ve nesnelere verilecek dijital kimlikler ile, makinelerin ya da nesnelerin sensörler ve aktüatörler yardımıyla insan operatörü ile rahat ve kolay bir şekilde iletişim kurabileceğini ifade etmektedir [74]. Dolayısıyla, üretilecek nesne, imalat sistemi boyunca algoritmik olarak belirlenen en uygun yolu izleyebilecek ve bir arıza olması durumunda makineler, üretimi durdurmadan birbirleriyle iş birliği yaparak alternatif bir yol belirleyebilecektir [75]. Elbette, hayal gücünü zorlayan bu uygulamaların hayata geçirilebilmesi için birtakım koşulların yerine getirilmesi gerekmektedir ve bunlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir [76]:

- Dijital gelişim vizyonunun oluşturulması ve ilgili stratejilerin belirlenmesi
- İhtiyaç duyulan dijital yetkinliklerin kazanılması
- Bilişim altyapısının güçlendirilmesi
- İlgili ekosistemin oluşturması ve yönetilmesi

Türkiye Tekstil Sanayii İşverenleri Sendikası'na (2017) göre ise, tekstil sektöründe faaliyet gösteren firmaların aşağıda belirtilen uygulamaları hayata geçirerek Endüstri 4.0 dijital dönüşüm sürecinde önemli fırsatlar yakalaması ve başarılar elde etmesi mümkündür [77]:

- Makinelerin gerçek zamanlı olarak takip edilmesi
- Gerçek zamanlı olarak verimlilik hesaplarının yapılması
- Mavi yaka takibinin ve iş optimizasyonunun yapılması
- Makinelerin bakım ve onarım süreçlerinin dijitalleştirilmesi
- Sevkiyat sürelerinin hızlandırılabilmesi ve süreçlerde şeffaflık sağlanması
- Dijital ikiz oluşturulması ve bunun üzerinde yapılacak deneylerle olabilecek hataların önüne geçilmesi
- Tedarikçilerin ve iş birliği yapılan diğer firmaların dijitalleştirilmesi
- 3 boyutlu dijital prototiplerin üretilmesi
- Kişiselleştirilmiş üretim yapılması
- Ürün tasarımında yapay zekâ desteğinin kullanılması

Endüstri 4.0, tekstil sektörü için oldukça heyecan verici gelişmeler vadetse de, henüz bu kavramın sektördeki pek çok firma için oldukça yeni olduğu söylenebilir. Tasarlanan bu kapsamlı teknolojik uygulamaların tamamıyla hayata geçirilebilmesi için bazı ülke ve

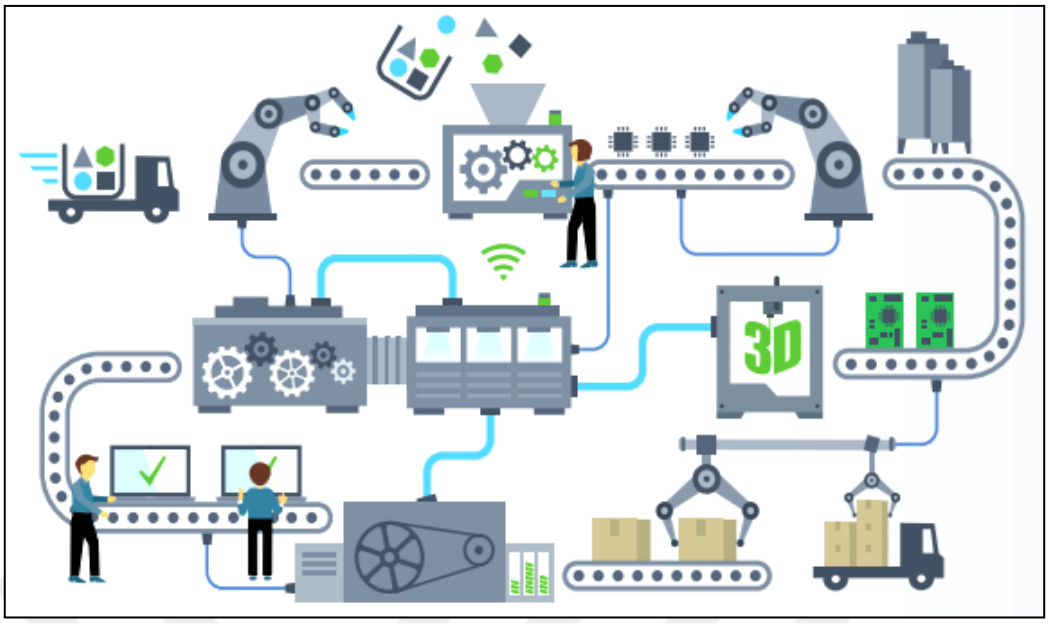
sektör spesifik güçlüklerin aşılması gerekmektedir. Örneğin, İlhan (2019), Türkiye'nin sağlam temelleri olan bir tekstil sektörüne ve güçlü makine parkına sahip olmasına rağmen, teknolojide büyük oranda dışa bağımlı olduğunu ifade etmektedir [78]. Bu ve benzeri sebepler, Türkiye'de Endüstri 4.0'ın tekstil sektörü üzerindeki uygulanabilirliğini kısıtlamakta ve süreci zorlaştırmaktadır. Hatta, şu an için Türkiye tekstil sektöründe yalnızca Endüstri 3.0 uygulamaları yapılabilmektedir. Bunun sebepleri arasında, daha önceki sanayi standartlarının tam olarak oturtulamamış olması ve genel olarak sahip olunan makine, teçhizat, donanım ve işgücü gibi unsurların, Endüstri 4.0 için gereken koşulları sağlayamaması gösterilebilir. Dolayısıyla, Türkiye tekstil sektöründe faaliyet gösteren firmaların ilk olarak mevcut durumlarını değerlendirmeleri ve buna bakarak da somut bir yol haritası oluşturmaları gerekmektedir [8].

Sunduğu önemli miktardaki işgücü istihdamı ve Türkiye ekonomisine yaptığı yüksek net girdi ile tekstil sektörü, Endüstri 4.0 sürecinden en fazla etkilenecek sektörlerin başında gelmektedir. Bu nedenle, Türk tekstil sektörünün sahip olduğu güçlü yönlerini kullanarak, Endüstri 4.0'ın dayandığı teknolojik alanlarda kendisini "tüketici pozisyonundan üretici pozisyonuna" taşıyabilmesi ve ilgili koşulları ya da mekanizmaları oturtabilmesi oldukça önemlidir.

Bu bağlamda, yapılan çalışma ile, öncelikli olarak, Türk tekstil sektöründe faaliyet gösteren firmaların ve bu firmalardaki çalışanların Endüstri 4.0 uygulamalarına ilişkin farkındalık düzeyinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Daha sonra, mevcut durumu daha iyiye taşıyabilmek adına, bu düzeyi etkileyen firma ve çalışan spesifik faktörlerin neler olabileceği istatistiksel olarak ortaya konulmaya çalışılmış ve elde edilen bulgulara dayanarak bazı tavsiyelerde bulunulmuştur. Ortaya konan bu bilgiler ışığında, yapılan çalışmanın hem konuyla ilgili bilgi birikimine ve literatüre özgün bir katkı sağladığı, hem de ileride yapılabilecek araştırmalar için bir temel oluşturacağı düşünülmektedir.

2.8.3. Tekstil Sektöründe Endüstri 4.0 Uygulamaları

Günümüzde endüstriyel üretim radikal bir dönüşümden geçmektedir [79]. Bu süreç, endüstriyel üretimin fiziksel dünyasının bilgi teknolojisinin dijital dünyasıyla birleştiği bir vizyonla- diğer bir deyişle, siber fiziksel sistemler olarak da bilinen dijitalleştirilmiş ve birbirine bağlı bir endüstriyel üretimin yaratılmasıyla ilgilidir (bkz. Şekil 2.7).



Şekil 2.7: Endüstri 4.0: dijital ve birbirine bağlı üretim [80]

Gelecekte, bağlantılı tedarik zincirleri ve dijitalleştirilmiş endüstriyel üretim süreçleri çalışanları, makine bileşenlerini, malzemeleri, üretilecek nesneleri ve hatta lojistiği sürekli veri alışverişiyle birbirine bağlayacaktır. Makinelere ve nesnelere dijital bir kimlik verilecek, sensörler ve aktüatörler yardımıyla da makinelere iletişim kurma ve bilgilendirme yeteneği kazandırılacaktır. Böylece, üretilecek nesne imalat sistemi boyunca algoritmik olarak belirlenen en uygun yolu izlerken bir arıza olması durumunda makineler, üretimi durdurmadan birbirleriyle iş birliği yaparak alternatif bir yol belirleyebilecektir [81].

Endüstri 4.0 uygulamaları kuruluşların sürdürülebilirlik ile ilgili faaliyetlerini olumlu açıdan etkileyecek özelliktedir. Ancak söz konusu uygulamaları hayata geçirebilmek için kuruluşlar bazı şartları yerine getirmelidir. Bu şartlar hakkında aşağıda ayrıntılı bilgiler verilmektedir [82]:

- **Dijital Vizyon ve Strateji Oluşturmak:** Firmalar, dijital vizyonlarını oluştururken dijital teknolojileri ve tekstil sektöründeki olası uygulama alanlarını öğrenmeli, dijital teknolojileri önemli süreçlerinde nasıl kullanacağını belirlemeli ve çalışanları harekete geçirecek şekilde firmanın dijital gelecekteki resmini çizmeli. "Firmalar, dijital teknolojilerden faydalanarak faaliyet göstereceği bölgeleri genişletilebilir, yeni ürünler geliştirebilir, müşterilere yenilikçi faydalar sunulabilir, rekabet avantajı yaratan faaliyet ve yetkinliklerini güçlendirebilir.

- **Dijital Yetkinlikler Edinmek:** Endüstri 4.0'ı başarıyla uygulamaya alabilmek için öncelikle tasarlanan strateji doğrultusunda gerekli kurumsal ve bireysel yetkinlikler belirlenmeli ve edinilmeli. Var olan rollerin görev tanımları değişmeli, genişletilmeli veya gereken alanlarda yeni roller oluşturulmalı.
- **Bilişim Yapısını Güçlendirmek:** Şirketlerin dijital teknolojiler ile ilgili omurgası bilişim altyapılarıdır. Bilişim altyapılarının, daha fazla veri üreten, daha fazla taşınabilir cihazın ve sensör ile entegre olan ve verileri anlık olarak işleyebilen sistemleri sağlıklı bir şekilde taşıyabilmesi gerekiyor. Dolayısıyla bilişim altyapıları ölçeklenebilir olmalı, yeni istekleri hızlıca karşılayacak şekilde esnek olmalı ve şirket içerisinde veriye uçtan uca kolay erişim sağlamalı.
- **Ekosistem Oluşturmak ve Yönetmek:** Firmaların ihtiyaç duydukları yetkinlik ve kaynakların tümünü firma içerisinde barındırmaları verimlilik olarak akılcı değildir. Özellikle dijital dönüşüm ile ilgili alanlarda faydalı olabilecek tamamlayıcıları, iş birliği içerisine girilecek teknoloji şirketlerini, yenilişkçi çözümler ortaya koyan start-up'ları, Endüstri 4.0 hakkında bilgili ve deneyimli danışman ve akademisyenleri bir ekosistemde toplamak daha etkili ve hızlı bir yoldur. Bu durum ekosistem kuran ve ekosistemden bilgi ve tecrübe aktarımı yapabilen firmalara büyük avantaj sağlayacaktır.

Kuruluşlar yukarıda söz edilen ön koşulları yerine getirdikten sonra, tekstil alanında başlıca Endüstri 4.0 uygulamalarını hayata geçirerek Endüstri 4.0 yolunda kayda değer başarılar elde edebilirler. Söz konusu uygulamalar aşağıdaki gibi sıralanabilir [82]:

1) **Makineleri Gerçek Zamanlı Olarak Takip Etmek:** Nesnelerin İnterneti ile elde edilen veriler, bütünleşik bir bilgi teknolojisi altyapısıyla akıllı cep telefonlarına, tabletlere ve dizüstü bilgisayarlara anlamlı grafikler biçiminde aktarılabilir. Ele alınan bu veriler yardımıyla üretim hattı uçtan uca denetim altında tutulur. Operatörler ve bakım uzmanları makinelerin fonksiyonelliğini izlerken, bu verileri planlama verileri ile kıyaslayan proje ekipleri üretim planlarına göre fabrikanın performansını değerlendirir. Böylece gerekli düzeltmeler gerçekleştirilerek işlemde optimizasyon sağlanır.
2) **Gerçek Zamanlı Verimlilik Hesapları Yapmak:** Kuruluşların büyük bir kısmı, üretim verilerini toplasa dahi bu verileri etkin biçimde kullanmadıklarından dolayı

anlamlandıramamaktadır. Fabrikalardan elde edilen tüm verilerin anlık olarak aktarılması ve işlenmesiyle üretim performansı gerçek zamanlı olarak izlenebilir ve planda meydana gelen sapmalar, anında belirlenerek gerekli tedbirler alınabilir.

3) **Mavi Yaka Takibi ve İş Optimizasyonu Yapmak:** Fabrikalarda, periyodik olarak elde edilen personel konum bilgisi ile tezgahların başında gerçekleştirilen işlerde ya da masa başında geçen süreler hesaplanarak, üretimi yavaşlatan alanlar tespit edilebilir. Genellikle mavi yakalının gerçekleştirdiği veri girişi, hammaddenin makineye yerleştirilmesi, makinelerin kurulumu, üretim ve kalite kontrol gibi süreçlerde sarf edilen zaman ölçülür ve düzeltme yapılabilecek alanlar belirlenebilir.
4) **Makinelerin Bakım ve Onarım İşini Dijitalleştirmek:** Makina bakım ve onarımının dijitalleştirilmesi üç ana başlık altında incelenmektedir.
   a) **Koruyucu (Planlı) Bakımın Dijital Takibi:** Zaman, kullanım ve çevre ile ilgili şartlar hakkında veri toplayarak, bakım gereken durumları anında belirleyip ilgili iş birimlerini bilgilendiren sistemleri barındırmaktadır.
   b) **Düzeltici (Plansız) Bakım:** Normal bakım aralıkları dışında aniden bozulan makinelerin saptanan problemine göre öneri sunan, önceki problemlerin çözümlerini içerisinde barındırdığından problemi çözerken teknisyene yardımcı olan bakım sistemlerini içermektedir.
   c) **Öngörülü (İleri Seviye) Bakım:** Makinelerin sensörler yardımıyla düzenli bir şekilde izlenildiği, verilerde gözlenen anormal durumların, dalgalanmaların takip edilmesi sayesinde hata meydana gelmeden oluşabilme olasılığı ile alakalı kullanıcıya bilgi sunan ileri yapay zekâ teknolojisi ile donatılmış bakım araçlarıdır.
5) **Sevkiyat Sürelerini Hızlandırmak ve Süreçlerde Şeffaflık Sağlamak:** Hammadde, ara madde ve bitmiş ürünlerin konumları, dijital bir sevkiyat sisteminde, RFID ve barkod gibi metotlar ile süreçler boyunca takip edilebilir. Sevkiyat araçlarının izleyeceği yolları optimize etmek ve araçların bakımlarını takip ederek ilerideki sevkiyatlar için bir planlama yapmak da mümkündür. Tedarik zincirinin bütün basamaklarında sarf edilen zaman tespit edilerek sürelerin düşürülmesi için çalışmalar gerçekleştirilebilir. Tedarik zincirinin en başından müşteriye ulaşana kadar geçen süreçlerin gerçek zamanlı olarak izlenmesi, sürecin

kuruluş tarafından denetlenip iyileştirilmesini sağlarken, müşterilerde sipariş verdikleri ürünleri şeffaf bir biçimde takip edebilmektedir.

6) **Dijital İkiz ile Hataları Erken Tespit Etmek:** Üretimin her kademesinde var olan durum dijital ikizinde öngörülen hali ile kıyaslanır ve sapmalar anında belirlenir. Aynı biçimde üretim hattından doğan bir problemin ortaya çıkaracağı sonuçlar da dijital ikiz üzerinde simüle edilerek önceden görülebilir ve üretim planları gözden geçirilerek, yeniden bir değerlendirme yapılabilir. Dijital ikiz oluşturarak üretim hakkındaki bilgileri önceden elde edebilmek ve herhangi bir hata meydana gelmeden müdahalede bulunabilmek Endüstri 4.0'ın en önemli avantajlarından biridir.
7) **Tedarikçileri Dijitalleştirmek:** Tedarikçilerin teslim ve kalite performansı, ürünlerin teslimat sürelerini ve ürün kalitesini doğrudan etkilemektedir. Ortaya çıkabilecek teslimat süre ve performans problemleri önceden belirlendiğinde, problem giderici müdahaleler gerçekleştirilebilir. Tedarikçiler, kuruluşların mevcut üretim süreci ile alakalı bilgileri bilgisayarlarından izleyebildiği gibi, kuruluşlar da tedarikçilerinin üretim süreçlerini sensörler yardımıyla izleyebilir ve üretim hakkında bilgi sahibi olabilirler. Ayrıca, tedarikçiler ile yürütülen sipariş verme, sipariş durumu takip etme, faturalaşma gibi süreçler de dijital kanallar üzerinden takip edilerek hız ve verimlilik sağlanabilir.
8) **3 Boyutlu Dijital Prototipler Üretmek:** Numune üretmek tekstil sektörünün üzerindeki en büyük mali yüklerden biridir. 3 boyutlu dijital prototipler üretmek yeni ürün geliştirme süreçlerini kısalttığı gibi, müşteriler ile paylaşılmak üzere üretilen fiziksel prototip/numune gereksinimlerini azaltacak ve kuruluşların çevresel sürdürülebilirliğine yardımcı olacaktır.
9) **Kişiselleştirilmiş Üretim Yapmak:** Teknoloji çözümleri ile tüketiciler ve üretim bandı arasında bağlantı kurmak ve ürünleri tüketicilerin taleplerine uygun bir biçimde kişiselleştirebilmek mümkündür. Fakat özel tasarımların üretim tesislerinde hızlı bir biçimde üretilip müşterisine gönderilmesi sadece dinamik olarak çok iyi yönetilen bir planlama ortamıyla gerçekleşebilir. Ayrıca, üretime başlamadan önce dizayn edilmiş ürünü, zenginleştirilmiş gerçeklik üzerinden müşterisi ile paylaşmak, müşteri memnuniyetini de arttıracaktır.

10) **Ürün Tasarımlarında Yapay Zekâ Desteği Kullanmak:** Kişiye özel tasarım, son dönemde, üstünde pek çok çalışmanın gerçekleştirildiği ve başarı yüzdesinin fazla olduğu bir alandır. Müşteriyi çok iyi bir şekilde analiz ederek çözmüş yapay zekâ modelleri, müşterinin seveceği stilde kumaş ve kıyafetler tasarlayabilmektedir.

2.8.4. Türkiye Tekstil Sektörü Endüstri 4.0

Türkiye sağlam temelleri olan bir tekstil sektörüne ve güçlü makine parkına sahip olmakla beraber teknolojide büyük oranda dışa bağımlıdır. Türkiye ekonomisine net girdi ve yüksek oranda işgücü temin eden tekstil sektörü, Endüstri 4.0 sürecinden en fazla etkilenecek sektörlerin başında gelmektedir. Dolayısıyla Türk tekstil sektörünün sahip olduğu güçlü yönlerinden güç alarak Endüstri 4.0'ın dayandığı teknolojik alanlarda kendisini, "tüketici pozisyonundan üretici pozisyonuna" taşıyacak koşulları ve mekanizmaları oluşturması gerekmektedir. Tekstil üretim süreçlerinde Endüstri 4.0'ın uygulanması ile ilgili örnekler olmakla birlikte, akıllı fabrikaların tam anlamıyla faaliyete geçmesinin uzun bir zaman alacağı ve sürecin büyük güçlükler barındırdığı ifade edilmektedir. En azından kısa dönemde, standartlaştırılmaya uygun belirli üretim birimlerinde Endüstri 4.0 uygulamalarının gerçekleşebileceği söylenmektedir [83].

Dünyada, bilhassa Türkiye'de faaliyet gösteren pek çok kuruluş için Endüstri 4.0 çok yeni bir kavramdır. Türkiye'de Endüstri 4.0'ın tekstil sektöründe uygulanabilirliğinin zor olacağı düşünülmektedir. Büyük ölçekli şirketler dahil bilgilerin ve verilerin online takip edilebilirliği bulunmamakta olup, şirket çalışanları da yeni sistemlerin uygulanmasına uyum sağlamakta güçlük çekmektedir. Dolayısıyla bu sorunların üstesinden gelebilmek için ilk etapta Endüstri 4.0 kavramının ne ifade ettiği iyi anlaşılmalıdır. Teknik açıdan, şirket sahipleri nasıl bir yol takip edebilecekleri konusunda yeterli bilgiye sahip değildir. Ayrıca önce arzın oluşması ve daha sonra şirket yönetimi ile personelinde bu uygulamalara inandırılması gerekmektedir. Sanayiye ve üniversitelerde yapılacak bilgilendirmeler, düzenlenecek seminerler, çalıştaylar ve kongreler gibi pek çok etkinlikler ile Endüstri 4.0 farkındalığı arttırılmaya çalışılmalıdır. Öncelikle Endüstri 4.0 içerisinde yer alan teknolojiler yakından izlenerek bilgi sahibi olunmalıdır. Bu noktada üniversiteler ile sanayicilerin iş birliği yapması Endüstri 4.0'a geçişi hızlandıracaktır. Şu anda Türkiye, tekstil endüstrisinde Endüstri 3.0'ı ancak uygulayabilmektedir. Ayrıca Türkiye'de önceki sanayi standartları da tam olarak oturmamıştır. Bu sebeple genel olarak sahip olunan

makine-teçhizat-donanım ve işgücü Endüstri 4.0 için gereken koşulları sağlamaya yeterli değildir. Dolayısıyla Endüstri 4.0'a en yakın olduğu düşünülen şirketler öncelikle bir yol haritası oluşturmalı, bu haritaya eksiksiz biçimde uyarak gerekli teknolojileri ve insan kaynağını standarda uygun hale getirmelidir. Ayrıca bu köklü değişim için belli bir bütçe ayrılmalı ve belli bir süre konarak süreç, düzenli bir şekilde izlenmelidir. Bununla beraber makinaların PLC (Programlanabilir Mantıksal Denetleyici) sistemlere geçirilmesi sağlanmalıdır. Ayrıca insan kaynakları bu sistemlere adapte olabilecek elemanların yetiştirilebilmesi için içinde kodlama ve bilişim teknolojilerinin yer aldığı eğitimlere ağırlık vermelidir. Sonuç olarak Türkiye Endüstri 4.0'a hazır görünmemektedir. Dolayısıyla aşağıdaki tedbirleri alınması öncelik oluşturmaktadır [84]:

- Çeşitli kurumların desteğini de alarak, Endüstri 4.0 farkındalığının gelişmesini sağlayacak konferans, sempozyum ve çalıştay gibi toplantılar tertip etmek.
- Kuruluşların, rekabetçi olsalar da iş birliğine yönelmelerini sağlayacak çalışmalar gerçekleştirilmelidir.
- Farklı devlet kuruluşlarının da katılımıyla araştırma laboratuvarı ve deney merkezleri inşa edilmelidir. Ayrıca üniversiteler bu çalışmalara faal bir şekilde iştirak etmeli ve gerekli kaynaklar ayrılmalıdır.
- Endüstri 4.0 konseptini güncel tutacak programların medyada yer alması sağlanmalıdır.
- Endüstri 4.0'ın gereklerine uygun personelin yetiştirilmesi amacıyla çalışmalar yapmak.
- Malî kaynakların temini için gerekli faaliyetleri yürütmek.

3. TEKSTİL SEKTÖRÜNDE DİJİTAL DÖNÜŞÜM VE TEKSTİL FİRMALARININ ENDÜSTRİ 4.0 KAVRAMSAL FARKINDALIK DÜZEYİNİ BELİRLEMEYE YÖNELİK BİR ÇALIŞMA

3.1. ARAŞTIRMANIN AMACI VE KAPSAMI

Bu çalışmada tekstil sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin ve bu işletmelerdeki çalışanların Endüstri 4.0 uygulamalarına ilişkin farkındalık düzeyleri incelenmiştir. Bu kapsamda, çalışmanın temel amacı, tekstil sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin ve bu işletmelerdeki çalışanların Dijital Dönüşüm yani Endüstri 4.0 olarak adlandırılan yeni üretim modeli hakkındaki bilgi seviyelerinin belirlenmesi ve buna etki eden faktörlerin istatistiksel olarak ortaya konması şeklinde özetlenebilir.

3.2. ARAŞTIRMANIN VARSAYIMLARI VE KISITLARI

Araştırma için tekstil sektöründen alınan çalışan örneklemi evren içerisinden basit tesadüfi yöntemle seçilen 358 katılımcıdan oluşmaktadır. Tüm katılımcıların kendilerine gönderilen ankette bulunan soruları hiçbir etki ya da baskı altında kalmadan dürüstlük çerçevesinde yanıtladığı varsayılmaktadır. Bu bağlamda, araştırmanın en büyük sınırlılığı anket örnekleminin yalnızca İstanbul ilinde faaliyet gösteren tekstil firmalarının çalışanlarından oluşuyor olmasıdır. Ancak, İstanbul'un Türkiye'nin en büyük ve endüstrileşmiş ili olduğu düşünüldüğünde toplanan veriden elde edilecek bulguların Türkiye geneli için de bir fikir verebileceği söylenebilir. Araştırmanın bir diğer sınırlılığı ise 358 çalışanın katılımıyla oluşturulan anket verilerinin firma bazında katılımcı sayılarında herhangi bir ayrım yapılmadan sektör genelinde değerlendirilmiş olmasıdır. Dolayısıyla bu durum için oluşabilecek sapmalar ihmal edilmiştir.

3.3. ARAŞTIRMANIN HİPOTEZLERİ

Araştırmanın amaçları doğrultusunda, test edilmek üzere kurulan hipotezler H_1, H_2, H_3, H_4, H_5, H_6, H_7, H_8 ve H_9 olarak verilmiştir. Bunlar içerisinden, H_1, H_2, H_3, H_4 ve H_5 çalışan spesifik faktörlerin; H_6, H_7, H_8 ve H_9 ise firma spesifik faktörlerin Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi üzerindeki potansiyel etkisini ele almaktadır:

H_1: Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi çalışanın cinsiyetine göre farklılık göstermektedir.

H_2: Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi çalışanın yaşına göre farklılık göstermektedir.

H_3: Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi çalışanın eğitim seviyesine göre farklılık göstermektedir.

H_4: Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi çalışanın firmadaki pozisyonuna göre farklılık göstermektedir.

H_5: Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi çalışanın bulunduğu firmadaki çalışma süresine göre farklılık göstermektedir.

H_6: Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi çalışılan firmanın faaliyet süresine göre farklılık göstermektedir.

H_7: Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi çalışılan firmanın büyüklüğüne (çalışan sayısına) göre farklılık göstermektedir.

H_8: Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi çalışılan firmanın üretim yapısına (fason üretim yapıp yapmamasına) göre farklılık göstermektedir.

H_9: Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi çalışılan firmanın ihracat durumuna (ihracat yapıp yapmamasına) göre farklılık göstermektedir.

3.4. VERİ TOPLAMA

İlk olarak, araştırma verisinin toplanabilmesi için çalışmanın yürütüldüğü üniversitenin etik kurulundan onay alınmış, katılımcıların kişisel bilgi ve verilerinin gizli tutulacağına dair garanti verilmiştir. Daha sonra İstanbul ilinde faaliyet gösteren tekstil firmalarının çalışanları ile iletişime geçilmiş ve basit tesadüfi yöntemle seçilen 358 gönüllünün katılımıyla bir anket çalışması yapılmıştır. Tüm katılımcıların kendilerine gönderilmiş olan ankette bulunan soruları hiçbir etki ya da baskı altında kalmadan dürüstlük çerçevesi içerisinde yanıtladığı varsayılmaktadır.

Çalışmada kullanılan ve Ekler bölümünde verilen anketin geliştirilmesinde Doğan ve Baloğlu (2020) tarafından tasarlanan Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık ölçeğinden yararlanılmıştır [85]. Doğan ve Baloğlu (2020) tasarladıkları tek boyutlu ve 39 maddelik Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık ölçeğinin güvenilirlik durumunu, Cronbach Alfa katsayısı ile ölçmüş ve güvenilirlik katsayı değerini 0,96 olarak bulmuştur [85]. Ankette, katılımcılardan her bir Endüstri 4.0 uygulaması için farkındalık düzeyini “Hiç” (1) ile “Tam” (5) arasında değişen 5 maddelik bir likert ölçeği üzerinden belirtmesi istenmiştir.

3.5. VERİLERİN ANALİZİ

Yapılan istatistiksel analizde IBM SPSS 25.0 paket programı kullanılmış olup, ilk olarak Endüstri 4.0 farkındalık düzeyini etkileyebilecek faktörlere ait tanımlayıcı istatistikler hesaplanmıştır. Verilerin normal dağılım varsayımına uyup uymadığı çarpıklık ve basıklık katsayılarına bakılarak test edilmiştir. Gruplar arası dağılımların karşılaştırmasında ve normal dağılımın incelenmesinde Box Plot grafiklerinden yararlanılmıştır. Ayrıca, Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık ölçeğine yönelik bir iç tutarlılık analizi yapılmış ve bu ölçeğin çalışmada kullanılmasının uygun olup olmadığına bakılmıştır. Gruplar arası varyansların eşitliği Levene testi ile kontrol edilmiştir. Normal dağılım gösteren değişkenlerin ikili grup ortalaması karşılaştırmalarında bağımsız örneklem t- testinden yararlanılırken, üç ve üzeri grup ortalaması karşılaştırmalarında tek yönlü varyans analizinden (one-way analysis of variance - ANOVA) faydalanılmıştır. Elde edilen sonuçlar ise $p<0,05$ anlamlılık düzeyinde değerlendirilmiştir.

Seçer (2015) normal dağılım varsayımının testi için, çarpıklık ve basıklık değerlerinin kontrolünün daha doğru bir yaklaşım sunacağını öne sürerken, Tabachnick ve Fidell (2013) çarpıklık ve basıklık değerlerinin +1,500 ve -1,500 değerleri arasında olduğu durumlarda normal dağılım varsayımının sağlanacağını belirtmiştir [86, 87]. Tablo 3.1'de verildiği üzere veriye ait çarpıklık ve basıklık değerlerinin belirtilen aralıklarda olduğu, veride aşırı uç değerlerin olmadığı, dolayısıyla da normal dağılım varsayımının sağlandığı ve yapılan analizlerde genel olarak parametrik testlerin kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Tablo 3.1: Çarpıklık ve basıklık katsayıları

Ölçek	**N**	**Çarpıklık**	**Basıklık**
Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık ölçeği	358	-0,176	-0,594

Güvenilirlikle ilgili Cronbach Alpha katsayısının değerlendirme ölçütleri ise aşağıda yer almaktadır:

"0,00 < Cronbach Alpha < 0,40 ise ölçek güvenilir değildir,"

"0,40 < Cronbach Alpha < 0,60 ise ölçek düşük güvenilirliktedir,"

"0,60 < Cronbach Alpha < 0,80 ise ölçek oldukça güvenilirdir,"

"0,80 < Cronbach Alpha < 1,00 ise ölçek yüksek derecede güvenilirdir" [88].

Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık ölçeği 39 ifadeden oluşan 5'li likert ("1= Hiç", "2= Az", "3= Orta", "4= Çok", "5= Tam") tipinde bir ölçektir. Tablo 3.2'de görüldüğü üzere bu çalışma için yapılan iç tutarlılık analizinde ise Cronbach Alpha için 0,987 değeri elde edilmiştir. Bu değer; Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık ölçeğinin yüksek derecede güvenilir olduğunu ve yapılan analizlerde kullanılmasında bir sakınca bulunmadığını göstermektedir.

Tablo 3.2: Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık ölçeği güvenilirlik analizi

Ölçekler	**Cronbach's Alpha**	**N**
Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık ölçeği	0,987	39

3.6. BULGULAR

Daha önce belirtildiği üzere araştırmanın örneklemini evren içerisinden basit tesadüfi yöntem ile seçilen, tekstil sektöründe faaliyet gösteren işletmelerde çalışan 358 katılımcı oluşturmaktadır. İlgili verinin toplanabilmesi için çalışmanın yürütüldüğü üniversiteden etik kurul onayı alınmış, gönderilen anketlerde katılımcılara kişisel bilgi ve verilerinin gizli tutulacağı garantisi verilmiştir. Araştırmanın verisi, çalışanlara Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık ölçeği ifadeleri ile beraber bir dizi sosyo-demografik ve firma spesifik soruların sorulması ile elde edilmiş olup, verilerin detaylı istatistiksel analizi bu bölüm altında ele alınmıştır. Analizlerde, değişkenlere ait betimleyici istatistiklere ve oluşturulmuş olan hipotezlerin testlerine yer verilmiştir.

3.6.1. Katılımcıların Sosyo-Demografik Profili ve Çalıştıkları Firmalara Ait Betimleyici İstatistikler

Çalışmanın bu bölümünde katılımcıların cinsiyeti, yaşı, eğitimi, firmadaki pozisyonu ve çalışma süresi ile çalışılan firmanın faaliyet süresi, büyüklüğü (çalışan sayısına göre), üretim yapısı ve ihracat yapma durumu değişkenlerine yönelik veriler frekans analizi yapılarak irdelenmiştir.

Katılımcıların cinsiyet dağılımı Tablo 3.3'te verilmiştir. Yapılan frekans analizi sonuçlarına göre araştırmaya katılan katılımcıların %71,5'inin erkek, %28,5'inin ise kadın olduğu görülmektedir.

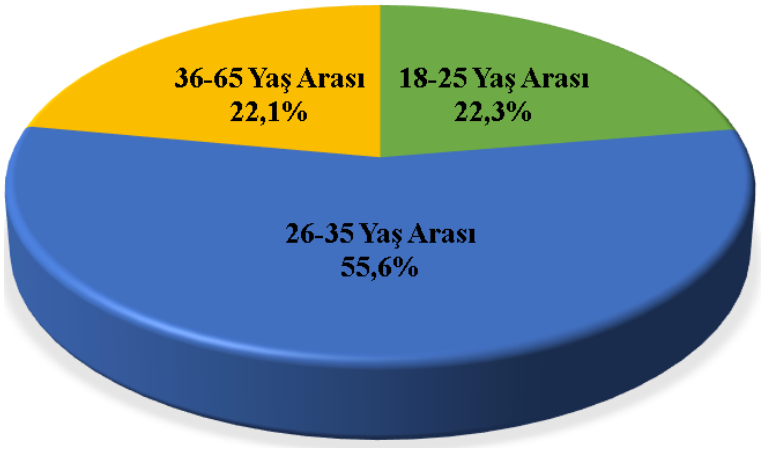
Tablo 3.3: Katılımcıların cinsiyet dağılımı

	Sosyo-Demografik Özellik	**f**	**%**
Cinsiyet Durumu	Erkek	256	71,5
	Kadın	102	28,5
	Toplam	358	100,0

Katılımcılara ait yaş dağılımı Tablo 3.4'te verilmiştir. Yapılan frekans analizi sonuçlarına göre araştırmaya katılan katılımcıların %22,3'ünün (80) 18-25 yaş aralığında iken %55,6'sının (199) 26-35 yaş aralığında, %15,9'unun (57) 36-45 yaş aralığında, %5'inin (18) 46-55 yaş aralığında ve %1,1'inin (4) 56-65 yaş aralığında olduğu görülmektedir. Örneklem büyüklüğünün çok küçük olduğu durumlarda istatistiksel testlerin sonucunda sapma olabilmektedir. Bu sebeple, daha anlamlı ve doğru sonuçlar elde etmek adına 46-55 ve 56-65 yaş grupları 36-45 yaş grubu ile birleştirilerek 36-65 yaş grubu olarak yeniden tanımlanmış ve katılımcıların yaş dağılımı Şekil 3.1 ile özetlenmiştir.

Tablo 3.4: Katılımcılara ait yaş dağılımı

	Sosyo-Demografik Özellik	**f**	**%**
Yaş Durumu	18-25 Yaş Arası	80	22,3
	26-35 Yaş Arası	199	55,6
	36-45 Yaş Arası	57	15,9
	46-55 Yaş Arası	18	5,0
	56-65 Yaş Arası	4	1,1
	Toplam	358	100,0

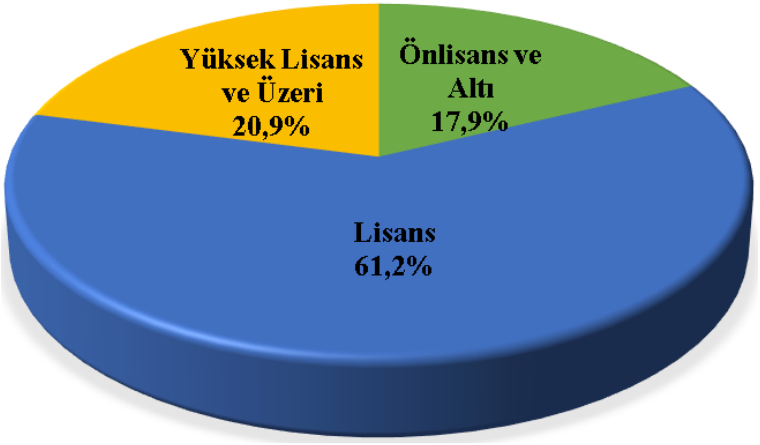


Şekil 3.1: Katılımcılara ait yaş dağılım grafiği

Katılımcıların eğitim seviyesine göre dağılımı Tablo 3.5'te verilmiştir. Yapılan frekans analizi sonuçlarına göre araştırmaya katılan katılımcıların %0,6'sının (2) lise ve altı mezunu iken %17,3'ünün (62) ön lisans mezunu, %61,2'sinin (219) lisans mezunu, %17,9'unun (64) yüksek lisans mezunu ve %3,0'ünün (11) doktora mezunu olduğu görülmektedir. Örneklem büyüklüğünün çok küçük olduğu durumlarda istatistiksel testlerin sonucunda sapma olabilmektedir. Bu sebeple, daha anlamlı ve doğru sonuçlar elde etmek adına lise ve altı eğitim grubu, ön lisans eğitim grubu ile birleştirilerek ön lisans ve altı eğitim grubu olarak, doktora eğitim grubu ise yüksek lisans eğitim grubu ile birleştirilerek yüksek lisans ve üzeri eğitim grubu olarak yeniden tanımlanmış ve katılımcıların eğitim seviyelerine göre dağılımı Şekil 3.2 ile özetlenmiştir.

Tablo 3.5: Katılımcıların eğitim seviyesine göre dağılımı

	Sosyo-Demografik Özellik	**f**	**%**
Eğitim Durumu	Lise ve Altı	2	0,6
	Ön Lisans	62	17,3
	Lisans	219	61,2
	Yüksek Lisans	64	17,9
	Doktora	11	3,0
	Toplam	358	100,0



Şekil 3.2: Katılımcıların eğitim seviyesine göre dağılım grafiği

Katılımcıların bulundukları firmalardaki pozisyonuna göre dağılımı Tablo 3.6'da verilmiştir. Yapılan frekans analizi sonuçlarına göre araştırmaya katılan katılımcıların %17,0'sinin (61) uzman yardımcısı iken %46,9'unun (168) uzman, %23,5'inin (84) orta düzey yönetici ve %12,6'sının (45) üst düzey yönetici olduğu görülmektedir.

Tablo 3.6: Katılımcıların bulundukları firmalardaki pozisyonuna göre dağılımı

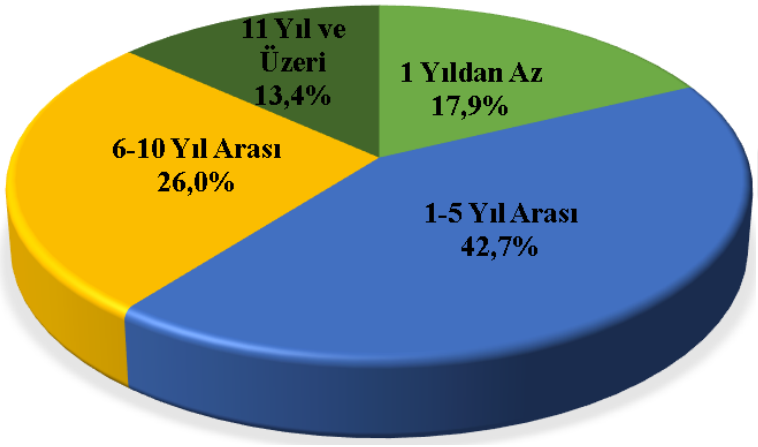
	Sosyo-Demografik Özellik	**f**	**%**
Şirkette Pozisyon Durumu	Uzman Yardımcısı	61	17,0
	Uzman	168	46,9
	Orta Düzey Yönetici	84	23,5
	Üst Düzey Yönetici	45	12,6
	Toplam	358	100,0

Katılımcıların bulundukları firmalardaki çalışma süresine göre dağılımı Tablo 3.7'de verilmiştir. Yapılan frekans analizi sonuçlarına göre araştırmaya katılan katılımcıların %17,9'unun (64) 1 yıldan az çalışma aralığında iken %42,7'sinin (153) 1-5 yıl çalışma aralığında, %26'sının (93) 6-10 yıl çalışma aralığında, %9,2'sinin (33) 11-15 yıl çalışma aralığında ve %4,2'sinin (15) 15 yıl ve üzeri çalışma aralığında olduğu görülmektedir. Örneklem büyüklüğünün çok küçük olduğu durumlarda istatistiksel testlerin sonucunda sapma olabilmektedir. Bu sebeple, daha anlamlı ve doğru sonuçlar elde etmek adına 15 yıl ve üzeri çalışma grubu, 11-15 yıl arası çalışma grubu ile birleştirilerek 11 yıl ve üzeri

çalışma grubu olarak yeniden tanımlanmış ve katılımcıların bulundukları firmalardaki çalışma süresine göre dağılımı Şekil 3.3 ile özetlenmiştir.

Tablo 3.7: Katılımcıların bulundukları firmalardaki çalışma süresine göre dağılımı

	Sosyo-Demografik Özellik	**f**	**%**
Çalışma Süresi	1 Yıldan Az	64	17,9
	1-5 Yıl Arası	153	42,7
	6-10 Yıl Arası	93	26,0
	11-15 Yıl Arası	33	9,2
	15 Yıl ve Üzeri	15	4,2
	Toplam	358	100,0



Şekil 3.3: Katılımcıların bulundukları firmalardaki çalışma süresine göre dağılım grafiği

Katılımcıların bulundukları firmaların faaliyet süresine göre dağılımı Tablo 3.8'de verilmiştir. Yapılan frekans analizi sonuçlarına göre araştırmaya katılan katılımcıların çalıştıkları firmaların %7,3'ünün (26) 5-10 yıldır, %33,5'inin (120) 11-20 yıldır ve %59,2'sinin (212) 20 yıl ve üzeri süredir faaliyette olduğu görülmektedir. Bu durum, aynı zamanda, 5 yıl altında faaliyet süresi olan bir firmada çalışan herhangi bir katılımcının olmadığını da göstermektedir.

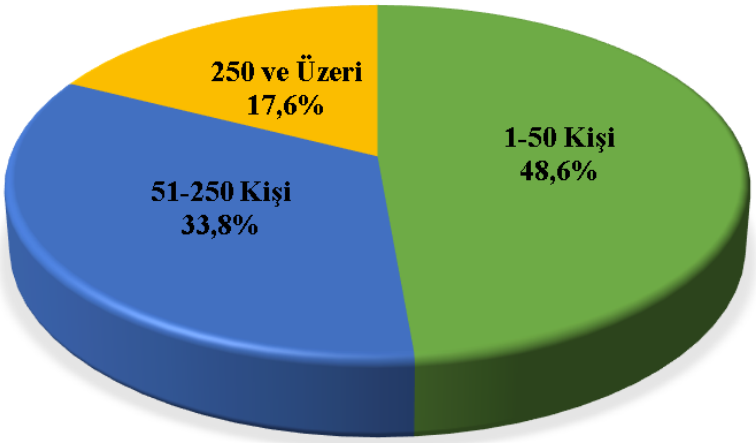
Tablo 3.8: Katılımcıların bulundukları firmaların faaliyet süresine göre dağılımı

	Sosyo-Demografik Özellik	**f**	**%**
Firmanın Faaliyet Süresi	5-10 Yıl	26	7,3
	11-20 Yıl	120	33,5
	20 Yıl ve Üzeri	212	59,2
	Toplam	358	100,0

Katılımcıların bulundukları firmaların çalışan sayısına göre dağılımı Tablo 3.9'da verilmiştir. Yapılan frekans analizi sonuçlarına göre araştırmaya katılan katılımcıların %1,1'inin (4) çalıştığı firmada 1-10 kişi çalışıyor iken %47,5'inin (170) çalıştığı firmada 11-50 kişinin, %33,8'inin (121) çalıştığı firmada 51-250 kişinin ve %17,6'sının (63) çalıştığı firmada 250 ve üzeri kişinin çalıştığı görülmektedir. Örneklem büyüklüğünün çok küçük olduğu durumlarda istatistiksel testlerin sonucunda sapma olabilmektedir. Bu sebeple, daha anlamlı ve doğru sonuçlar elde etmek adına 1-10 kişilik grup, 11-50 kişilik grup ile birleştirilerek 1-50 kişilik grup olarak yeniden isimlendirilmiş ve katılımcıların bulunduğu firmaların çalışan sayısına göre dağılımı Şekil 3.4 ile özetlenmiştir.

Tablo 3.9: Katılımcıların bulundukları firmaların çalışan sayısına göre dağılımı

	Sosyo-Demografik Özellik	**f**	**%**
Firmada Çalışan Sayısı	1-10 Kişi	4	1,1
	11-50 Kişi	170	47,5
	51-250 Kişi	121	33,8
	250 ve Üzeri	63	17,6
	Toplam	358	100,0



Şekil 3.4: Katılımcıların bulundukları firmaların çalışan sayısına göre dağılım grafiği

Katılımcıların bulundukları firmaların üretim yapısına göre dağılımı Tablo 3.10'da verilmiştir. Yapılan frekans analizi sonuçlarına göre araştırmaya katılan katılımcıların bulundukları firmaların %14,8'inin fason üretim yaptığı, %85,2'sinin ise kendi markası ile üretim yaptığı görülmektedir.

Tablo 3.10: Katılımcıların bulundukları firmaların üretim yapısına göre dağılımı

	Sosyo-Demografik Özellik	**f**	**%**
Firmanın Üretim Yapısı	Fason Üretim	53	14,8
	Kendi Markası ile Üretim	305	85,2
	Toplam	358	100,0

Katılımcıların bulundukları firmaların ihracat durumuna göre dağılımı Tablo 3.11'de verilmiştir. Yapılan frekans analizi sonuçlarına göre araştırmaya katılan katılımcıların bulundukları firmaların %84,4'ünün ihracat yaptığı, %15,6'sının ise ihracat yapmadığı görülmektedir.

Tablo 3.11: Katılımcıların bulundukları firmaların ihracat durumuna göre dağılımı

	Sosyo-Demografik Özellik	**f**	**%**
İhracat Yapılıyor	Evet	302	84,4
	Hayır	56	15,6
	Toplam	358	100,0

3.6.2. Tekstil Sektöründe Endüstri 4.0 Kavramsal Farkındalık Düzeyi

Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi, araştırmanın bağımlı değişkenini oluşturmaktadır. Bağımlı değişkenin değerinin yorumlanmasında Tekin (1977) tarafından öne sürülen yaklaşımdan yararlanılmıştır [89]. Bu yaklaşıma göre, ilk olarak eldeki değişkenin değerinin likert vb. ölçek kullanılarak ölçülmesinde kaç aralıktan yararlanıldığı belirlenir. Daha sonra, bu sayının bir eksiği, yararlanılan aralık sayısına bölünür ve elde edilen katsayı değişken değerinin yorumlanmasında kullanılır. Buradan hareketle, Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık anketinde 5'li likert tipi ölçek kullanıldığı için aralık katsayısı [(5-1)/5)] = 0,80 olarak hesaplanmıştır ve değişkenin değeri bu katsayı kullanılarak oluşturulan aralıklar yardımıyla şu şekilde yorumlanmıştır: Değişken değerinin; 4,20-5,00 arasında çıkması "çok yüksek düzeyde" farkındalığın, 3,40-4,19 arasında çıkması "yüksek düzeyde" farkındalığın, 2,60-3,39 arasında çıkması "orta düzeyde" farkındalığın, 1,80-2,59 arasında çıkması "düşük düzeyde" farkındalığın ve son olarak 1,00-1,79 arasında çıkması ise "oldukça düşük düzeyde" farkındalığın olduğunu göstermektedir. Değişken değerinin

- 4,20-5,00 arasında çıkması "Çok Yüksek Düzeyde" farkındalığın,
- 3,40-4,19 arasında çıkması "Yüksek Düzeyde" farkındalığın,
- 2,60-3,39 arasında çıkması "Orta Düzeyde" farkındalığın,
- 1,80-2,59 arasında çıkması "Düşük Düzeyde" farkındalığın,
- 1,00-1,79 arasında çıkması "Oldukça Düşük Düzeyde" farkındalığın olduğunu göstermektedir.

Tablo 3.12'de verilen Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi değişkenine ait tanımlayıcı istatistiklere göre, araştırmaya dahil olan katılımcıların, Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeylerinin ortalaması 3,14, standart sapması 0,76, en küçük ile en büyük değerleri ise sırasıyla 1,00 ve 5,00'tir. Bu bulgulara dayanarak tekstil sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin Endüstri 4.0 kavramsal farkındalıklarının genel olarak orta düzeyde olduğu söylenebilir.

Tablo 3.12: Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık değişkenine ait tanımlayıcı istatistikler

Ölçek	N	En Küç.	En Büy.	Ort.	SS
Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi	358	1,00	5,00	3,14	0,76

3.6.3. Hipotez Testleri

Bu bölümde, Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi bağımlı değişken değerinin araştırma grubunu oluşturan katılımcıların cinsiyeti, yaşı, eğitimi, firmadaki pozisyonu ve çalışma süresi ile katılımcıların bulunduğu firmanın faaliyet süresi, büyüklüğü (çalışan sayısına göre), üretim yapısı ve ihracat yapma durumu gibi bağımsız değişkenlere ait değerlere göre değişip değişmediği irdelenmiştir.

Tablo 3.13'te verilen bağımsız örneklem t-testi sonucuna göre, araştırma grubunu oluşturan katılımcıların Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi cinsiyete göre istatistiksel olarak anlamlı farklılaşmamaktadır (t=-0,329, p>0,05). Bu sonuca göre, "H1: Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi çalışanın cinsiyetine göre farklılık göstermektedir." hipotezi reddedilmiştir.

Tablo 3.13: Cinsiyet ile Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi arasındaki ilişkiye yönelik bağımsız örneklem t-testi

Değişkenler	**Cinsiyet**	**f**	**X̄**	**SS**	**t**	**p**	**Levene F**	**p**
Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi	Erkek	256	3,14	0,76	-0,329	0,743	,083	,773
	Kadın	102	3,17	0,76				

Tablo 3.14'te tek yönlü varyans analizi sonucuna göre, araştırma grubunu oluşturan katılımcıların Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi katılımcıların yaşına göre istatistiksel olarak anlamlı farklılaşmaktadır (F=75,100, p<0,05). Bu sonuca göre, "H2: Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi çalışanın yaşına göre farklılık göstermektedir." hipotezi desteklenmektedir. Ayrıca, istatistiksel olarak anlamlı farklılaşmanın hangi gruplar arasında olduğu eşit varyans varsayımı sağlanamadığı (F=10,497, p<0,05) için Games-Howell post-hoc testi ile irdelenmiştir. Ayrıca çalışan yaşı ile Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi arasındaki ilişkiye yönelik box plot grafiği incelendiğinde artık değerlerinde olmadığı görülmektedir. Post-hoc test sonuçlarına göre:

a. 18-25 yaş grubunda olan katılımcıların Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyinin diğer yaş gruplarında yer alan katılımcıların kavramsal farkındalık

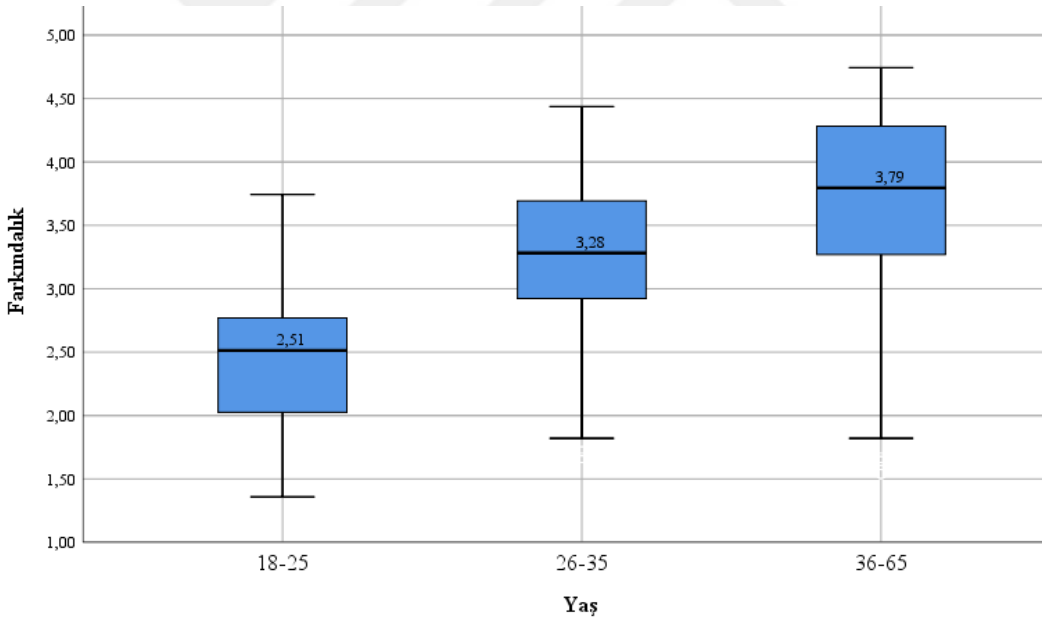
düzeyine göre daha düşük olduğu ve bu durumun istatistiksel olarak anlamlı olduğu ($p<0,05$) sonucuna ulaşılmıştır.

b. 26-35 yaş grubunda olan katılımcıların Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyinin 36-65 yaş grubunda yer alan katılımcıların kavramsal farkındalık düzeyine göre daha düşük olduğu ve bu durumun istatistiksel olarak anlamlı olduğu ($p<0,05$) sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 3.14: Çalışan yaşı ile Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi arasındaki ilişkiye yönelik tek yönlü varyans analizi

Değişkenler	Yaş	f	X̄	SS	F	p	Levene F	p	Grup Fark
Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi	(1) 18-25 (2) 26-35 (3) 36-65	80 199 79	2,47 3,22 3,65	0,53 0,59 0,86	75,100*	0,000	10,497	,000	1→2,3 2→3

* Eşit varyans varsayımı sağlanamadığı için Welch testi ile elde edilen F değeri kullanılmıştır.



Şekil 3.5: Çalışan yaşı ile Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi arasındaki ilişkiye yönelik Box Plot grafiği

Şekil 3.5'te çalışan yaşı ile Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi arasındaki ilişkiye yönelik Box Plot grafiği sunulmuştur. 18-25 yaş grubunda olan katılımcılara ait grafik incelendiğinde minimum değerin 1,36, maksimum değerin 3,74 ve medyan değerinin 2,51 olduğu, 26-35 yaş grubunda olan katılımcılara ait grafik incelendiğinde minimum değerin

1,82, maksimum değerin 4,44 ve medyan değerinin 3,28 olduğu, 36-65 yaş grubunda olan katılımcılara ait grafik incelendiğinde ise minimum değerin 1,84, maksimum değerin 4,74 ve medyan değerinin 3,79 olduğu görülmektedir.

Grafiklerde ortalama değer ve medyan değerinin birbirlerine çok yakın olduğu bu değerlere göre grupların kabul edilebilir bir normal dağılıma sahip olduğu söylenebilir. Ayrıca gruplara ait ortalama değerlerin grafiklerde her iki yana simetrik şekilde bulunması da normal dağılımı desteklemektedir.

Tablo 3.15'te verilen tek yönlü varyans analizi sonucuna göre, araştırma grubunu oluşturan katılımcıların Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi eğitim seviyesine göre istatistiksel olarak anlamlı farklılaşmaktadır ($F=149,783$, $p<0,05$). Bu sonuca göre, "H3: Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi çalışanın eğitim seviyesine göre farklılık göstermektedir." hipotezi desteklenmektedir. Ayrıca, istatistiksel olarak anlamlı farklılaşmanın hangi gruplar arasında olduğu eşit varyans varsayımı sağlandığı ($F=1,023$, $p>0,05$) için Tukey's HSD post-hoc testi ile irdelenmiştir. Bu kapsamda post-hoc test sonuçlarına göre:

a. Ön lisans ve altı seviyede eğitimi olan katılımcıların Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyinin diğer eğitim gruplarında yer alan katılımcıların kavramsal farkındalık düzeyine göre daha düşük olduğu ve bu durumun istatistiksel olarak anlamlı olduğu ($p<0,05$) sonucuna ulaşılmıştır.

b. Lisans mezunu katılımcıların Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyinin yüksek lisans ve üzeri seviyede eğitime sahip olan katılımcıların kavramsal farkındalık düzeyine göre daha düşük olduğu ve bu durumun istatistiksel olarak anlamlı olduğu ($p<0,05$) sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 3.15: Eğitim seviyesi ile Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi arasındaki ilişkiye yönelik tek yönlü varyans analizi

Değişkenler	**Eğitim Durumu**	**f**	**X̄**	**SS**	**F**	**p**	**Levene F**	**p**	**Grup Fark**
Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi	(1) Ön Lisans ve Altı	64	2,22	0,47	149,783	0,000	1,023	,361	1→2,3 2→3
	(2) Lisans	219	3,17	0,58					
	(3) Yüksek Lisans ve Üzeri	75	3,88	0,56					

Tablo 3.16'da verilen tek yönlü varyans analizi sonucuna göre, araştırma grubunu oluşturan katılımcıların Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi katılımcıların çalıştıkları firmadaki pozisyonuna göre istatistiksel olarak anlamlı farklılaşmaktadır (F=103,874, p<0,05). Bu sonuca göre, "H4: Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi çalışanın firmadaki pozisyonuna göre farklılık göstermektedir." hipotezi desteklenmektedir. Ayrıca, istatistiksel olarak anlamlı farklılaşmanın hangi gruplar arasında olduğu eşit varyans varsayımı sağlandığı (F=1,446, p>0,05) için Tukey's HSD post-hoc testi ile irdelenmiştir. Post-hoc test sonuçlarına göre:

a. Uzman yardımcısı olan katılımcıların Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyinin diğer pozisyonlarda yer alan katılımcıların kavramsal farkındalık düzeyine göre daha düşük olduğu ve bu durumun istatistiksel olarak anlamlı olduğu (p<0,05) sonucuna ulaşılmıştır.

b. Uzman olan katılımcıların Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyinin orta ve üst düzey yönetici olan katılımcıların kavramsal farkındalık düzeyine göre daha düşük olduğu ve bu durumun istatistiksel olarak anlamlı olduğu (p<0,05) sonucuna ulaşılmıştır.

c. Üst düzey yönetici olan katılımcıların Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyinin orta düzey yönetici olan katılımcıların kavramsal farkındalık düzeyine göre daha düşük olduğu ve bu durumun istatistiksel olarak anlamlı olduğu (p<0,05) sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 3.16: Çalışanın firmadaki pozisyonu ile Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi arasındaki ilişkiye yönelik tek yönlü varyans analizi

Değişkenler	**Şirketteki Pozisyonu**	**f**	**X̄**	**SS**	**F**	**p**	**Levene F**	**p**	**Grup Fark**
Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi	(1) Uzman Yard.	61	2,22	0,41	103,874	0,000	1,446	,229	1→2,3,4 2→3,4 3→4
	(2) Uzman	168	3,08	0,57					
	(3) Orta Düzey Yönetici	84	3,48	0,59					
	(4) Üst Düzey Yönetici	45	3,14	0,59					

Tablo 3.17'de verilen tek yönlü varyans analizi sonucuna göre, araştırma grubunu oluşturan katılımcıların Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi katılımcıların firmadaki çalışma süresine göre istatistiksel olarak anlamlı farklılaşmaktadır (F=38,431, p<0,05). Bu sonuca göre, "H5: Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi çalışanın bulunduğu firmadaki çalışma süresine göre farklılık göstermektedir." hipotezi desteklenmektedir. Ayrıca, istatistiksel olarak anlamlı farklılaşmanın hangi gruplar arasında olduğu eşit varyans varsayımı sağlandığı (F=1,011, p>0,05) için Tukey's HSD post-hoc testi ile irdelenmiştir. Post-hoc test sonuçlarına göre:

a. 1 yıldan daha az çalışma süresi olan katılımcıların Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyinin diğer çalışma sürelerinde yer alan katılımcıların kavramsal farkındalık düzeyine göre daha düşük olduğu ve bu durumun istatistiksel olarak anlamlı olduğu (p<0,05) sonucuna ulaşılmıştır.

b. 1-5 yıl arası çalışma süresi olan katılımcıların Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyinin 6-10 yıl arası ile 11 yıl ve üzeri çalışma süresi olan katılımcıların kavramsal farkındalık düzeyine göre daha düşük olduğu ve bu durumun istatistiksel olarak anlamlı olduğu (p<0,05) sonucuna ulaşılmıştır.

c. 6-10 yıl arası çalışma süresi olan katılımcıların Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyinin 11 yıl ve üzeri çalışma süresi olan katılımcıların kavramsal farkındalık düzeyine göre daha düşük olduğu ve bu durumun istatistiksel olarak anlamlı olduğu (p<0,05) sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 3.17: Çalışanın firmadaki çalışma süresi ile Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi arasındaki ilişkiye yönelik tek yönlü varyans analizi

Değişkenler	**Şirkette Çalışma Süresi**	**f**	**X̄**	**SS**	**F**	**p**	**Levene F**	**p**	**Grup Fark**
Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi	(1) 1 Yıldan Az	64	2,68	0,61	38,431	0,000	1,011	,388	1→2,3,4 2→3,4 3→4
	(2) 1-5 Yıl	153	2,98	0,68					
	(3) 6-10 Yıl	93	3,33	0,68					
	(4) 11 Yıl ve Üzeri	48	3,94	0,66					

Tablo 3.18'de verilen tek yönlü varyans analizi sonucuna göre, araştırma grubunu oluşturan katılımcıların Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi katılımcıların çalıştıkları firmanın faaliyet süresine göre istatistiksel olarak anlamlı farklılaşmaktadır (F=39,266, p<0,05). Bu sonuca göre, "H6: Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi çalışılan firmanın faaliyet süresine göre farklılık göstermektedir." hipotezi desteklenmektedir. Ayrıca, istatistiksel olarak anlamlı farklılaşmanın hangi gruplar arasında olduğu eşit varyans varsayımı sağlandığı (F=0,756, p>0,05) için Tukey's HSD post-hoc testi ile irdelenmiştir. Post-hoc test sonuçlarına göre, 20 yıl ve üzeri süredir faaliyette olan firmalarda çalışan katılımcıların Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyinin diğer gruplarda yer alan katılımcıların kavramsal farkındalık düzeyine göre daha yüksek olduğu ve bu durumun istatistiksel olarak anlamlı olduğu (p<0,05) sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 3.18: Firmanın faaliyet süresi ile Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi arasındaki ilişkiye yönelik tek yönlü varyans analizi

Değişkenler	**Firmanın Faaliyet Süresi**	**f**	**X̄**	**SS**	**F**	**p**	**Levene F**	**p**	**Grup Fark**
Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi	(1) 5-10 Yıl	26	2,50	0,76					
	(2) 11-20 Yıl	120	2,82	0,66	39,266	0,000	,756	,470	3→1,2
	(3) 20 Yıl ve üzeri	212	3,41	0,76					

Tablo 3.19'da verilen tek yönlü varyans analizi sonucuna göre, araştırma grubunu oluşturan katılımcıların Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi katılımcıların bulundukları firmanın büyüklüğüne (çalışan sayısına) göre istatistiksel olarak anlamlı farklılaşmaktadır (F=45,485, p<0,05). Bu sonuca göre, "H7: Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi çalışılan firmanın büyüklüğüne (çalışan sayısına) göre farklılık göstermektedir." hipotezi desteklenmektedir. Ayrıca, istatistiksel olarak anlamlı farklılaşmanın hangi gruplar arasında olduğu eşit varyans varsayımı sağlandığı (F=0,774, p>0,05) için Tukey's HSD post-hoc testi ile irdelenmiştir. Post-hoc test sonuçlarına göre:

a. 1-50 çalışanı olan firmalarda bulunan katılımcıların Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyinin diğer gruplarda yer alan katılımcıların kavramsal farkındalık düzeyine göre daha düşük olduğu ve bu durumun istatistiksel olarak anlamlı olduğu (p<0,05) sonucuna ulaşılmıştır.

b. 51-250 çalışanı olan firmalarda bulunan katılımcıların Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyinin 250'nin üzerinde çalışanı olan firmalarda bulunan katılımcıların kavramsal farkındalık düzeyine göre daha düşük olduğu ve bu durumun istatistiksel olarak anlamlı olduğu ($p<0,05$) sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 3.19: Firmanın büyüklüğü (çalışan sayısı) ile Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi arasındaki ilişkiye yönelik tek yönlü varyans analizi

Değişkenler	Firmada Çalışan Sayısı	f	X̄	SS	F	p	Levene F	Levene p	Grup Fark
Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi	(1) 1-50 Kişi (2) 51-250 Kişi (3) 250 ve Üzeri	174 121 63	2,84 3,27 3,76	0,70 0,67 0,66	45,485	0,000	,774	,462	1→2,3 2→3

Tablo 3.20'de verilen bağımsız örneklem t-testi sonucuna göre, araştırma grubunu oluşturan katılımcıların Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi katılımcıların bulundukları firmanın üretim yapısına (fason üretim yapıp yapmamasına) göre istatistiksel olarak anlamlı farklılaşmaktadır ($t=-6,968$, $p<0,05$). Bu sonuca göre, "H8: Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi çalışılan firmanın üretim yapısına (fason üretim yapıp yapmamasına) göre farklılık göstermektedir." hipotezi desteklenmektedir. Dolayısıyla, kendi markası ile üretim yapan firmalarda çalışan katılımcıların Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyinin fason üretim yapan firmalarda çalışan katılımcıların farkındalık düzeyine göre daha yüksek olduğu ve bu durumun istatistiksel olarak anlamlı olduğu ($p<0,05$) sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 3.20: Firmanın üretim yapısı (fason üretim yapıp yapmaması) ile Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi arasındaki ilişkiye yönelik bağımsız örneklem t-testi

Değişkenler	Firma Üretim Yapısı	f	X̄	SS	t	p	Levene F	Levene p
Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi	Fason üretim Kendi markası ile üretim	53 305	2,51 3,25	0,61 0,73	-6,968	0,000	2,248	,135

Tablo 3.21'de verilen bağımsız örneklem t-testi sonucuna göre, araştırma grubunu oluşturan katılımcıların Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi katılımcıların bulundukları firmanın ihracat durumuna (ihracat yapıp yapmamasına) göre istatistiksel

olarak anlamlı farklılaşmaktadır (t=4,166, p<0,05). Bu sonuca göre, "H9: Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi çalışılan firmanın ihracat durumuna (ihracat yapıp yapmamasına) göre farklılık göstermektedir." hipotezi desteklenmektedir. Dolayısıyla, ihracat yapan firmalarda çalışan katılımcıların Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyinin ihracat yapmayan firmalarda çalışan katılımcıların farkındalık düzeyine göre daha yüksek olduğu ve bu durumun istatistiksel olarak anlamlı olduğu (p<0,05) sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 3.21: Firmanın ihracat durumu (ihracat yapıp yapmaması) ile Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi arasındaki ilişkiye yönelik bağımsız örneklem t-testi

Değişkenler	**İhracat Yapılıyor mu?**	**f**	**X̄**	**SS**	**t**	**p**	**Levene F**	**p**
Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi	İhracat yapıyor	302	3,22	0,76	4,166	0,000	2,941	,087
	İhracat yapmıyor	56	2,76	0,61				

4. SONUÇ VE GELECEKTE YAPILABİLECEK ÇALIŞMALAR

Yapılan çalışma ile, Türk tekstil sektöründe faaliyet gösteren firmaların ve bu firmalardaki çalışanların Endüstri 4.0 uygulamalarına ilişkin farkındalık düzeyi ile bu düzeye etki edebilecek faktörlerin belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu hedefe yönelik olarak, İstanbul ilinde faaliyet gösteren tekstil firmalarının çalışanları ile iletişime geçilmiş ve 358 gönüllünün katılımıyla bir anket çalışması yapılmıştır. Toplanan verinin istatistiksel analizi ile, sektördeki Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyinin katılımcıların cinsiyeti, yaşı, eğitimi, firmadaki pozisyonu ve çalışma süresi ile çalıştıkları firmanın faaliyet süresi, büyüklüğü (çalışan sayısı), üretim yapısı (fason üretim yapıp yapmamasına) ve ihracat durumu (ihracat yapıp yapmaması) gibi hem çalışan hem de firma spesifik faktörlere göre değişip değişmediği araştırılmıştır. Yapılan araştırma, Türk tekstil sektöründe Endüstri 4.0 farkındalığının ölçümlenmeye çalışıldığı literatürdeki ilk çalışma olup hem bilimsel açıdan literatüre hem de uygulama anlamında tekstil sektörüne önemli bir katkının sağlandığı düşünülmektedir.

Analiz sonucunda elde edilen bulgular aşağıdaki şekilde özetlenmiştir:

- Araştırmaya katılan katılımcıların %71,5'i erkek, %28,5'i kadındır.
- Araştırmaya katılan katılımcıların %22,3'ü 18-25 yaş aralığında, %55,6'sı 26-35 yaş aralığında, %15,9'u 36-45 yaş aralığında, %5'i 46-55 yaş aralığında ve %1,1'i 56-65 yaş aralığındadır.
- Araştırmaya katılan katılımcıların %0,6'sı lise ve altı, %17,4'ü ön lisans, %79,2'si lisans, %17,9'u yüksek lisans ve %3,1'i doktora mezunudur.
- Araştırmaya katılan katılımcıların %17'si uzman yardımcısı, %46,9'u uzman, %23,5'i orta düzey yönetici ve %12,6'sı üst düzey yönetici olarak çalışmaktadır.
- Araştırmaya katılan katılımcıların %17,9'u 1 yıldan az, %42,7'si 1-5 yıl arasında, %26'sı 6-10 yıl arasında, %9,2'si 11-15 yıl arasında ve %4,2'si 15 yıl ve üzeri süredir bulundukları firmada çalışmaktadır.
- Araştırmaya katılan katılımcıların %1,1'inin bulunduğu firmada 1-10 kişi, %47,5'inin bulunduğu firmada 11-50 kişi, %33,8'inin bulunduğu firmada 51-250 kişi, %17,6'sının bulunduğu firmada ise 250 ve üzeri çalışan vardır.
- Araştırmaya katılan katılımcıların bulundukları firmaların %7,3'ü 5-10 yıldır, %33,5'i 11-20 yıldır ve %59,2'si 20 yıl ve üzeri süredir faaliyet göstermektedir.

- Araştırmaya katılan katılımcıların bulundukları firmaların %14,8'i fason üretim yapmakta, %85,2'si ise kendi markası ile üretim yapmaktadır.
- Araştırmaya katılan katılımcıların bulundukları firmaların %84,4'ü ihracat yapmakta, %15,6'sı ise ihracat yapmamaktadır.

Araştırma grubunu oluşturan katılımcıların Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyinin firma ve çalışan spesifik faktörlere göre değişip değişmediğini incelemek amacıyla dokuz adet hipotez geliştirilmiş ve bu hipotezlerin toplanan veri üzerinden test edilmesi ile elde edilen bulgular Tablo 4.1'de özetlenmiştir. Buna göre, tekstil sektöründe Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi çalışanların cinsiyetine göre farklılık göstermezken; çalışanların yaşına, eğitim seviyesine, çalıştıkları firmadaki pozisyonuna ve çalışma süresine göre farklılık göstermektedir. Ayrıca, katılımcıların Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyi üzerinde, çalıştıkları firmanın faaliyet süresi, büyüklüğü (çalışan sayısı), üretim yapısı (fason üretim yapıp yapmaması) ve ihracat durumu (ihracat yapıp yapmaması) gibi firma spesifik faktörlerin de önemli derecede etkisi vardır. Genel olarak tekstil sektöründeki Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyine bakıldığında ise bunun orta ve altı seviyede kaldığı gözlemlenmiştir. Dolayısıyla, bu düzeyi artırmak isteyen tekstil firmalarına, hipotez testlerinden elde edilen bulgular ışığında, büyümeye ve sürekliliği korumaya, çalışan eğitimine, kendi markası ile üretim yapmaya ve ihracata ağırlık vermeleri tavsiyelerinde bulunulabilir. Çalışanların ise bu çabaya kişisel gelişimlerine yatırım yaparak ve bulundukları firmada uzun süreli çalışmayı hedefleyerek bireysel anlamda destek vermeleri yerinde olacaktır.

Tablo 4.1: Katılımcıların sosyo-demografik bilgilerine ve çalıştıkları firmaların niteliklerine göre Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyinin özet değerlendirilmesi

Hipotezler	**Çalışanın**					**Firmanın**			
	H_1: Cinsiyeti	H_2: Yaşı	H_3: Eğitim Seviyesi	H_4: Firmadaki Pozisyonu	H_5: Firmadaki Çalışma Süresi	H_6: Faaliyet Süresi	H_7: Büyüklüğü	H_8: Üretim Yapısı	H_9: İhracat Durumu
Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyinin çalışların sosyo-demografik bilgilerine ve çalıştıkları firmaların niteliklerine göre farklılık gösterme durumu	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

* ✗: Farklılaşmamaktadır ✓: Farklılaşmaktadır

Çalışma sonucunda elde edilen bulgulara bakıldığında ise, Türk tekstil sektörünün henüz Endüstri 4.0'a hazır olmadığı görülmektedir. Mevcut durumu iyileştirmek üzere, tekstil sektöründe faaliyet gösteren kurumların üst yönetimlerinin katılımı ile vizyon toplantılarının düzenlenmesi, devlet kurumlarının ya da üniversitelerin Endüstri 4.0 uygulamalarına ilişkin aktif çalışmalarda bulunması ve Endüstri 4.0 konusunda tecrübeli tekstil mühendislerinin yetiştirilmesi ile konu hakkında farkındalığın arttırılması sağlanabilir.

Endüstri 4.0 ve Tekstil 4.0 uygulamalarının yaygınlaşabilmesi için kişisel verilerin, kurum bilgilerinin korunmasına ve bu uygulamaların etik yönüne azami derecede özen gösterilmesi gerekmektedir. Dolayısıyla, gelecekte Endüstri 4.0 uygulamalarının etik boyutunu da hesaba katacak çalışmaların yapılması, daha sağlıklı ve sürdürülebilir bir ekonomik gelişim imkânının elde edilmesini sağlayacaktır.

Son olarak gelecekte çoklu regresyon analizi ile en çok hangi grupların Endüstri 4.0 kavramsal farkındalık düzeyini etkilediği incelenebilir ve parametreler arasında etkileşimin olup olmadığına ilişkin etkileşimli regresyon çalışması yapılabilir.

KAYNAKÇA

[1] Schumacher, A., Erol, S. and Sihn, W., (2016), A Maturity Model for Assessing Industry 4.0 Readiness and Maturity of Manufacturing Enterprises, Procedia CIRP, 52, 161-166.

[2] Kamble, S.S., Gunasekaran, A. and Sharma, R., (2018), Analysis of the Driving and Dependence Power of Barriers to Adopt Industry 4.0 in Indian Manufacturing Industry, Computers in Industry, 101, 107-119.

[3] Rauch, E., Linder C. and Dallasega P., (2020), Anthropocentric Perspective of Production Before and Within Industry 4.0, Computers & Industrial Engineering, 139, 1-15.

[4] Thames, L. ve Schaefer, D., (2016), Software-Defined Cloud Manufacturing for Industry 4.0, Procedia CIRP, 52, 12-17.

[5] Zhou, K., Liu, T. and Zhou, L., (2015), Industry 4.0: Towards Future Industrial Opportunities And Challenges, IEEE 12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD), August 15-17, Zhangjiajie, China.

[6] Kagermann, H., Wahlster, W. and Helbig, J., (2013), Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0, Final report of the Industrie 4.0 Working Group, National Academy of Science and Engineering, Frankfurt.

[7] Davutoğlu, N.A., (2017), İşletme Yönetiminde Sanayi 4.0 Kavramı ile Farkındalık Oluşturarak Etkin Bir Şekilde Değişimi Sağlamak, Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi, 52(52), 544-567.

[8] Tekstil Mühendisleri Odası, (2018), Bursa'da Tekstil Günleri 2018 etkinlikleri, Tekstil Endüstrisinde 4.0 Çalıştayı Raporu, Bursa, 6 Aralık, websitesi: https://www.tmo.org.tr/images/editorimages/uploads/tekstil-endustrisinde-4.0-calistayi-raporu.pdf., Erişim Tarihi: 09.02.2021.

[9] Kotarba, M. "Digital Transformation of Business Models", Foundations of Management, Vol. 10, pp. 123-142, 2018.

[10] European Commission (2019). Digital transformation, https://ec.europa.eu/growth/industry/policy/advanced-technologies_en (23 Temmuz 2020).

[11] PricewaterhouseCoopers "Digitale Transformation –der grösste Wandel seit der Industriellen Revolution", Frankfurt: PwC, 2013.

[12] Fitzgerald, M., Kruschwitz, N., Bonnet, D. and Welch, M. "Embracing Digital Technology: A New Strategic İmperative", MIT sloan management review, Vol 55, No 2, pp. 1-12, 2014.

[13] Morakanyane, R., Grace, A. and O'Reilly, P. “Conceptualizing Digital Transformation in Business Organizations: A Systematic Review of Literature”, *30th Blede Conference Digital Transformation –From Connecting Things to Transforming Our Lives*, Slovenia, 2017, pp. 428-443.

[14] Nadeem, A., Abedin, B., Cerpa, N. and Chew, E. “Digital Transformation & Digital Business Strategy in Electronic Commerce-The Role of Organizational Capabilities”, Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research, Vol 13, No 2, pp. 1-8, 2018.

[15] Tresp, V., Overhage, J.M., Bundschus, M., Rabizadeh, S., Fasching, P.A. and Yu, S. “Going Digital: A Survey on Digitalization and Large-Scale Data Analytics in Healthcare”, Proceedings of the Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), Vol 104, No 11, pp. 2180-2206, 2016.

[16] Urbinati, A., Chiaroni, D., Chiesa, V., and Frattini, F. “The Role of Digital Technologies in Open Innovation Processes: An Exploratory Multiple Case Study Analysis”, R&D Management, Vol 50, No 1, pp. 136-160, 2020.

[17] Nambisan, S., “Digital Entrepreneurship: Toward a Digital Technology Perspective of Entrepreneurship”, Entrepreneurship: Theory and Practice, Vol 41, No 6, pp. 1029-1055. 2017.

[18] Matt, C., Hess, T. and Benlian, A. “Digital Transformation Strategies”, Business and Information Systems Engineering, Vol. 57, No. 5, pp.339–343, 2015.

[19] Bharadwaj, A., El Sawy, O.A., Pavlou, P.A., and Venkatraman, N. “Digital Business Strategy: Toward a Next Generation of Insights. MIS Quarterly Executive”, Vol. 37, No. 2, pp.471–482, 2013.

[20] Oswald, G. And Krcmar, H. “Digitale Transformation: Fallbeispiele und Branchenanalysen”, Berlin: Springer-Verlag, 2018.

[21] Chanias, S., Myers, M.D. and Hess, T. “Digital Transformation Strategy Making in Pre-Digital Organizations: The Case of A Financial Services Provider”, The Journal of Strategic Information Systems, Vol 28, No 1, pp. 17-33, 2018.

[22] Hess, T., Benlian, A., Matt, C. and Wiesböck, F. “Options for Formulating a Digital Transformation Strategy”, MIS Quarterly Executive, Vol. 15, No 2, pp. 123–139, 2016.

[23] Sebastian, I.M., Ross, J.W., Beath, C., Mocker, M., Moloney, K.G. and Fonstad, N.O. “How Big Old Companies Navigate Digital Transformation”, MIS Quarterly Executive, Vol 16, No 3, pp. 197–213, 2017.

[24] Deloitte (2015). Türkiye’deki Dijital Değişime CEO Bakışı, https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/tr/Documents/technology-media-

telecommunications/turkiyedeki-dijital-degisime-CEO-bakisi.pdf (25 Temmuz 2020).

[25] Berman, S. and Marshall, A. "The Next Digital Transformation: From an individual–Centered to an Averyone-to-Everyone Economy", Strategy and Leadership, Vol 42, No 5, pp. 9–17, 2014.

[26] Agarwal, R., Gao, G., Desroches, C. and Jha, A. "The Digital Transformation of Healthcare: Current Status and the Road Ahead", Information Systems Research, Vol. 21, No. 4, pp. 796–809, 2010.

[27] Westerman, G., Calméjane, C., Bonnet, D., Ferraris, P. and McAfee, A. "Digital Transformation: A roadmap for billion–dollar organizations", MIT Center for Digital Business and Capgemini Consulting, pp. 1–68, 2011.

[28] Piccinini, E., Gregory, R.W. and Kolbe, L.M. "Changes in the Producer-Consumer Relationship: Towards Digital Transformation", Wirtschaftsinformatik Proceedings, No 109, pp. 1634-1648, 2015.

[29] Mithas, S., Tafti, A. and Mitchell, W. How a Firm's Competitive Environment and Digital Strategic Posture Influence Digital Business Strategy", MIS Quarterly, No 37, pp. 511–536, 2013.

[30] Nwankpa, J. and Roumani, Y. "IT Capability and Digital Transformation: A Firm Performance Perspective", *International Conference on Information Systems*, Dublin, Ireland, 2016, pp. 1-16.

[31] Antonoaie, V., Irimeş, A. and Chicoş, L.A. "ERP Processes Automation in Corporate Environments", MATEC Web of Conferences CoSME'16, 94 (1), 06001, pp. 1-11, 2017.

[32] Parviainen, P., Tihinen, M., Kääriäinen, J. and Teppola, S. "Tackling The Digitalization Challenge: How to Benefit From Digitalization in Practice", International Journal of Information Systems and Project Management, Vol 5, No 1, pp. 63–77, 2017.

[33] Allen, T.D., Golden, T.D. and Shockley, K.M. "How Effective Is Telecommuting? Assessing the Status of Our Scientific Findings", Psychological Science in the Public Interest, Vol. 16, No 2, pp. 40–68, 2015.

[34] Remane, G., Hanelt, A., Nickerson, R.C. and Kolbe, L.M. "Discovering digital business models in traditional industries", Journal of Business Strategy, Vol 38, No 2, pp. 41–51, 2017.

[35] Koç, E., Kaya, K. ve Şenel, M.C. "Türkiye'de Sanayi Sektörü ve Temel Sanayi Göstergeleri – Ekonomik Güven Endeksi", Mühendis ve Makina, Cilt 58, Sayı 688, ss. 15-37, 2017.

[36] Peker, H.S. ve Arslanoğlu, H. "Sanayi 4.0'ın Enerji Güvenliğine Olası Etkileri", Turkish Journal of Security Studies, Cilt 20, Sayı 2, ss. 121-133, 2018.

[37] Kagermann, H., Wahlster, W. and Helbig, J. "Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0, Final report of the Industrie 4.0 Working Group", National Academy of Science and Engineering, Frankfurt, 2013.

[38] Özsoylu, A.F. "Industry 4.0", Çukurova Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Cilt 21, Sayı 1, ss. 41-64, 2017.

[39] Evans, P.C. ve Annunziata, M. (2012). Industrial Internet: Pushing the Boundaries of Minds and Machines, https://www.researchgate.net/profile/Marco_Annunziata2/publication/271524319_Industrial_Internet_Pushing_the_boundaries_of_minds_and_machines/links/5579e4d508aeb6d8c0205a56/Industrial-Internet-Pushing-the-boundaries-of-minds-and-machines.pdf?origin=publication_detail (28 Temmuz 2020).

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

[41] Fırat, S.Ü. ve Fırat, O.Z., (2017), Sanayi 4.0 Devrimi Üzerine Karşılaştırmalı Bir İnceleme: Kavramlar, Küresel Gelişmeler ve Türkiye, Toprak İşveren Dergisi, 114, 10-23.

[42] Acatech – National Academy of Science and Engineering, (2011), Cyber-Physical Systems: Driving Force for Innovation In Mobility, Health, Energy and Production, Berlin: Springer-Verlag.

[43] Tosunoğlu, B., (2019), Endüstri 4.0 ile Birlikte Akıllı İmalat Çağı, İçinde: Endüstri 4.0'ın Muhasebe, Denetim ve Finans Dünyasına Yansımaları, Ankara: Gazi Kitabevi, 25-40.

[44] Schumacher, A., Erol, S. ve Sihn, W. "A Maturity Model for Assessing Industry 4.0 Readiness and Maturity of Manufacturing Enterprises", Proeedia CIRP 52, pp. 161-166, 2016.

[45] Salam M.A. "Analyzing Manufacturing Strategies and Industry 4.0 Supplier Performance Relationships from a Resource-Based Perspective", Benchmarking: An International Journal Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print, 2019.

[46] Wolf, M., Kleindienst, M., Ramsauer, C. Zierler, C. and Winter, E. "Current and Future Industrial Challenges: Demographic Change and Measures for Elderly Workers in Industry 4.0", Annals of Faculty Engineering Hunedoara – International Journal of Engineering, Vol. 16, No 1, pp. 67-76, 2018.

[47] Castelo-Branco, I., Cruz-Jesus, F. and Oliveira T. “Assessing Industry 4.0 Readiness in manufacturing: Evidence for the European Union”, Computers in Industry Vol 107, pp. 22-32, 2019.

[48] Kamble, S.S., Gunasekaran, A. and Sharma, R. “Analysis of the Driving and Dependence Power of Barriers to Adopt Industry 4.0 in Indian Manufacturing Industry”, Computers in Industry, Vol. 101, pp. 107-119, 2018a.

[49] Rauch, E., Linder C. ve Dallasega P. “Anthropocentric Perspective of Production Before and Within Industry 4.0. Computers & Industrial Engineering, Vol. 139, pp. 1-15, 2020.

[50] Şahin, A. (2017, Şubat). Akıllı üretim çağı: Endüstri 4.0. Erişilebilir: https://www.fortuneturkey.com/akilli-uretim-cagi-endustri-40-42841

[51] Piccarozzi, M., Aquilani, B. and Gatti, C. “Industry 4.0 in Management Studies: A Systematic Literature Review”, Sustainability, MDPI, Open Access Journal, vol. 10(10), pp. 1-24, 2018.

[52] Xu, L., W. He, and S. Li. “Internet of Things in Industries: A Survey”, IEEE Transactions on Industrial Informatics, Volume 10, Issue 4, pp. 2233–2243, 2014.

[53] Öztemel H. ve Gursev S. “Literature Review of Industry 4.0 and Related Technologies”, Journal of Intelligent Manufacturing, Vol. 31, pp. 127–182, 2018.

[54] Jeyanthi P.M. “Industry 4.0: The Combination of the Internet of Things (IoT) and the Internet of People (loP)”, Journal of Contemporary Research in Management, Vol. 13, No.4, 2018.

[55] Luthra, S. and Mangla, S.K. “Evaluating Challenges to Industry 4.0 initiatives for supply Chainsustainability in Emerging Economies”, Proeess Safety and Environmental Protection, Vol. 117, pp. 168-179, 2018.

[56] Erdoğan, G. “Land selection criteria for lights out factory districts during the industry 4.0 process”, Journal of Urban Management, Volume 8, Issue 3, pp. 377-385, 2019.

[57] Dalenogare, L.C., Benitez, G.B.B., Ayala, N.F. and Frank, A.G. “The Expected Contribution of Industry 4.0 Technologies for Industrial Performance”, International Journal of Production Economics, Vol. 204, pp. 383-394, 2018.

[58] Chauhan, C. Sharma, A. and Singh, A. “A SAP-LAP Linkages Framework for Integrating Industry 4.0 and Circular Economy”, Benchmarking: An International Journal, 2019.

[59] Liao, Y., Deschamps, F., Loures, E.D.F.R. and Ramos, L.F.P. “Past, Present and Future of Industry 4.0 – A Systematic Literature Review and Research Agenda Proposal”, International Journal of Production Research, Vol 55 Issue 12, pp. 3609–3629, 2017.

[60] Bi, Z., and Cochran, D. "Big Data Analytics with Applications", Journal of Management Analytics, Volume 1 Issue 4, pp. 249–265, 2014.

[61] Cheng, Y., K. Chen, H. Sun, Y. Zhang, and F. Tao. "Data and Knowledge Mining with Big Data Towards Smart Production", Journal of Industrial Information Integration, Vol. 9, pp. 1–13, 2017.

[62] VIAR. (2018, Apr). A Few Real-World Examples of Industry 4.0. Available: https://medium.com/@viarbox/a-few-real-world-examples-of-industry-4-0-8e2de4f4f23e. 2018.

[63] Kahraman, H. (2018, Nis). Dördüncü Sanayi Devrimine Öncülük Eden 5 Şirket. Erişilebilir: https://www.endustri40.com/dorduncu-sanayi-devrimine-onculuk-eden-5-sirket/. 2018.

[64] Amend, J.M. (2018, Jun.). GM Prefers Smart Manufacturing to Industry 4.0. Available: https://www.wardsauto.com/manufacturing-technology/gm-prefers-smart-manufacturing-industry-40. 2018.

[65] Akmaz, A. ve Kale, A. "Endüstri 4.0 teknolojilerinin Ağırlama İşletmelerindeki Uygulamaları". (Ed: Altınç Olcay). İçinde: Ağırlama İşletmelerinde Girişimcilik ve İnovasyon: Endüstri 4.0 Perspektifinde Bir Uygulama. Ankara: Gazi Kitabevi, ss. 151-171, 2020.

[66] Sniderman, B., Mahto, M. and Cotteleer, M.J. *Industry 4.0 and Manufacturing Ecosystems*, UK: Deloitte University Press, 2016.

[67] Tang, C.S. and Veelenturf, L.P. "The Strategic Role of Logistics in the Industry 4.0 Era", Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, Elsevier, vol. 129(C), pp. 1-11, 2019.

[68] Hargerty, J.R. (2013, May). How Many Turns in a crew? Big Data Knows. Available: https://www.wsj.com/articles/SB10001424127887324059704578472671425572966,

[69] T.C. Millî Eğitim Bakanlığı. "Tekstil Teknolojisi Doğal Lifler", Ankara, 2018.

[70] İstanbul Sanayi Odası. "Tekstil İmalatı Sanayi", Avrupa Birliği'ne Tam Üyelik Sürecinde İstanbul Sanayi Odası Meslek Komiteleri Sektör Stratejileri Geliştirilmesi Projesi, İstanbul Sanayi Odası Yayınları, No: 2014/4.

[71] Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Engel, P., Harnisch, M. and Justus, J., (2015), Industry 4.0: The Future of the Productivity and Growth in Manufacturing Industries, Boston Consulting Group, Inc.

[72] Görçün, Ö.F., (2018), The Rise of Smart Factories in the Fourth Industrial Revolution and Its Impacts on the Textile Industry, International Journal of Materials, Mechanics and Manufacturing, 6(2), 136-141.

[73] Gökalp, E., Gökalp, M.O. and Eren, P.E., (2018), Industry 4.0 Revolution in Clothing and Apparel Factories: Apparel 4.0, Berlin: Peter Lang Publishing, Inc.

[74] Herrmann, C., Schmidt, C., Kurle, D., Blume, S. and Thiede, S., (2014), Sustainability in Manufacturing and Factories of the Future, International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology, 1(4), 283-292.

[75] Sivamani, S., Kwak, K. and Cho, Y., (2014), A Study on Intelligent User-Centric Logistics Service Model Using Ontology, Journal of Applied Mathematics, 2014(1), 1-10.

[76] Türkiye Tekstil Sanayii İşverenleri Sendikası, (2017), Türkiye Tekstil Sektörünün Endüstri 4.0 Durum Değerlendirmesi ve Yol Haritası, Mentoro Platformu.

[77] United Nations Industrial Development Organization (UNIDO), (2017), Accelerating Clean Energy through Industry 4.0: Manufacturing the Next Revolution, Vienna, Austria.

[78] İlhan, İ., (2019), Tekstil Üretim Süreçleri Açısından Endüstri 4.0 Kavramı, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 25(7), 810-823.

[79] Herrmann, C., Schmidt, C., Kurle, D., Blume, S. and Thiede, S. "Sustainability in Manufacturing and Factories of the Future", International Journal of Precision Engineering and Manufacturing -Green Technology, Volume 1, Issue 4, pp. 283–292, 2014.

[80] UNIDO - United Nations Industrial Development Organization, "Accelerating Clean Energy through Industry 4.0: Manufacturing The Next Revolution", Vienna, Austria, 2017.

[81] Sivamani, S., Kwak, K. and Cho, Y. "A Study on Intelligent User-Centric Logistics Service Model Using Ontology", Journal of Applied Mathematics, Volume 1, pp. 1-10, 2014.

[82] Mentoro Platformu. "Türkiye Tekstil Sektörünün Endüstri 4.0 Durum Değerlendirmesi ve Yol Haritası", Türkiye Tekstil Sanayii İşverenleri Sendikası İçin Hazırlanan Rapor, 2017.

[83] İlhan, İ. "Tekstil Üretim Süreçleri Açısından Endüstri 4.0 Kavramı", Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Volume 25, Issue 7, pp.810-823, 2019.

[84] Tekstil Mühendisleri Odası. "Tekstil Endüstrisinde 4.0 Çalıştayı Raporu", "Bursa'da Tekstil Günleri 2018" etkinlikleri, Bursa, 6 Aralık, 2018, ss. 1-13. https://www.tmo.org.tr/images/editorimages/uploads/tekstil-endustrisinde-4.0-calistayi-raporu.pdf.

[85] Doğan, O. ve Baloğlu, N., (2020), Endüstri 4.0 Kavramsal Farkındalık Ölçeği, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi, 22(38), 58-81.

[86] Seçer, İ. (2015). Spss ve Lisrel ile Pratik Veri Analizi, 2, Baskı. ss: 28, Anı Yayıncılık, Ankara. Tabachnick, B.G., Fidell. L.S. (2013). Using multivariate statistics. Sixth Ed. Boston: Pearson.

[87] Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2013). Using multivariate statistics (6th ed.), Boston: Allyn and Bacon.

[88] Özdamar, K. (1999) Paket Program ile İstatistiksel Veri Analizi, Kaan Kitabevi, 2, Baskı, Eskişehir.

[89] Tekin, H. (1977). Eğitimde Ölçme ve Değerlendirme. 1, Baskı, Mars Matbaası, Ankara.

EK A

ANKET FORMU

I.BÖLÜM: SOSYO-DEMOGRAFİK BİLGİLER

Lütfen cevabınıza en uygun seçeneği işaretleyiniz.

SOSYO-DEMOGRAFİK BİLGİLER				
Cinsiyetiniz:	( ) Kadın	( ) Erkek		
Yaşınız:	( ) 18-25	( ) 26- 35	( ) 36-45	( ) 46-55
	( ) 56-65	( ) 65 ve üzeri		
Eğitim durumunuz:	( ) Lise ve altı	( ) Ön Lisans	( ) Lisans	( ) Yüksek Lisans
	( ) Doktora			
Şirketteki pozisyonunuz:	( ) Üst düzey yönetici	( ) Orta düzey yönetici	( ) Uzman	( ) Uzman yardımcısı
Şirketteki çalışma süreniz:	( ) 1 yıldan az	( ) 1-5 yıl	( ) 6-10 yıl	( ) 11-15 yıl
	( ) 15 yıl üzeri			
Firmanın yaşı:	( ) 5 yıldan az	( ) 5-10 yıl	( ) 11-20 yıl	( ) 20 yıl üzeri
Firmada çalışan sayısı:	( ) 1-10 kişi arası	( ) 11-50 kişi arası	( ) 51-250 kişi arası	( ) 250 ve üzeri
Firmanın üretim yapısı	( ) Fason üretim	( ) Kendi üretimi		
İhracat yapılıyor mu?	( ) Evet	( ) Hayır		

II. BÖLÜM: ENDÜSTRİ 4.0 KAVRAMSAL FARKINDALIK ÖLÇEĞİ

Lütfen, aşağıdaki kavramlara ilişkin farkındalık düzeyinizi her bir maddenin karşısında bulunan kutucuğu işaretleyerek belirtiniz.

ENDÜSTRİ 4.0 KAVRAMSAL FARKINDALIK ÖLÇEĞİ		**Farfındalık Düzeyim**				
Ben:		**Hiç (1)**	**Az (2)**	**Orta (3)**	**Çok (4)**	**Tam (5)**
1	Nesnelerin İnterneti					
2	Yapay Zekâ					
3	Öğrenen (Akıllı) Robotlar					
4	Üç Boyutlu Yazıcılar					
5	İleri Seviye Otomasyon					
6	Siber Güvenlik					
7	Siber Fiziksel Sistemler					
8	Bulut Bilişim Teknolojisi					
9	Büyük Veri ve Veri Analitiği					
10	Sanal Gerçeklik					
11	Arttırılmış Gerçeklik					
12	Karışık Gerçeklik					
13	Akıllı Üretim Teknolojileri					
14	Karanlık Fabrikalar					
15	Gömülü Sistemler					
16	Makine-Makine İş Birliği					
17	Sensör Teknolojileri					
18	Bilgisayar Görmesi					
19	Kişiye Özel Ürün Geliştirme					
20	Derin Öğrenme					
21	Veri Odaklı Hizmet					
22	Enerji 4.0					
23	Dijital Tedarik Zinciri					
24	İnsansız Sistemler					
25	Çevik ve Esnek Üretim-Hizmet					
26	Hologram Teknolojileri					

27	Giyilebilir Teknolojiler					
28	Dijital Tanı, Teşhis, Tedavi					
29	Nanoteknoloji					
30	Endüstriyel İnternet					
31	İleri Üretim Teknikleri					
32	Teknolojik İnovasyon					
33	Hızlı Prototip Üretimi					
34	Mikro Fabrikalar					
35	Enerjisini Kendi Üreten Fabrikalar					
36	Yapay Sinir Ağları					
37	Akıllı Depolama ve Transfer Teknolojileri					
38	Simülasyon Teknolojileri					
39	Eklemeli İmalat					