

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

**YENİ TEKNOLOJİLERİN ŞİRKETLER ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ: BULANIK
ORTAMDA BÜTÜNLEŞİK BİR YAKLAŞIM İLE DEĞERLENDİRME**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Karvana ALİRIZA ŞİRMEMMEDOV

İşletme Anabilim Dalı

İşletme Yüksek Lisans Programı

HAZİRAN 2019

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

**YENİ TEKNOLOJİLERİN ŞİRKETLER ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ: BULANIK
ORTAMDA BÜTÜNLEŞİK BİR YAKLAŞIM İLE DEĞERLENDİRME**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Karvana ALİRIZA ŞİRMEEMEDOV
403161016**

İşletme Anabilim Dalı

İşletme Yüksek Lisans Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ferhan ÇEBİ

HAZİRAN 2019

İTÜ, Sosyal Bilimler Enstitüsü'nün 403161016 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Karvana ALİRIZA ŞİRMEMMEDOV, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “YENİ TEKNOLOJİLERİN ŞİRKETLER ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ: BULANIK ORTAMDA BÜTÜNLEŞİK BİR YAKLAŞIM İLE DEĞERLENDİRME” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Ferhan ÇEBİ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Şakir ESNAF**
İstanbul Üniversitesi

Doç. Dr. Derya GÜLTEKİN KARAKAŞ
İstanbul Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **03 Mayıs 2019**
Savunma Tarihi : **13 Haziran 2019**

Kızıma,

ÖNSÖZ

Günümüzde her alana nüfus eden teknolojinin önemi her gün arttıkça, kısa sürede büyük gelişmeler yaşayan, daha üst versiyonlarla hayatımızın her alanına dokunan dijital olanakların şirketler üzerinde olan etkileri üzerine bir çalışma yapılması amaçlanmıştır. Bu çalışmada şirketler üzerinde teknolojik etkileri gruplandırmak ve bu etkiler göz önünde bulundurularak şirketlerin daha çok hangi teknolojilere odaklanması gerektiği incelenmiştir.

İlk olarak, bu yolda bilgileri, desteği, ilgisi ve her türlü yardımıyla yanımda olan değerli hocam Prof. Dr. Ferhan Çebi'ye derin teşekkürlerimi sunmak isterim.

Değerli fikir ve görüşleri için Doç. Dr. Gül Temur ve Doç. Dr. Derya Gültekin Karakaş'a derin minnettarlığımı ifade etmek isterim. Sevgili Selvi Önkoyun'a tüm sorularımı her zaman açık şekilde cevaplandığı ve yardımları için teşekkürü borç bilirim.

Başta annem olmak üzere aileme, eşime ve kızıma her zaman yanımda oldukları ve beni destekledikleri için sonsuz teşekkürlerimle..

Mayıs, 2019

Karvana ALİRIZA ŞİRMEMMEDOV

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ.....	vii
KISALTMALAR	xi
SEMBOLLER.....	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xix
SUMMARY.....	xxi
1. GİRİŞ	1
2. SANAYİ DEVRİMLERİ	3
2.1 Birinci Sanayi Devrimi.....	3
2.2 İkinci Sanayi Devrimi	4
2.3 Üçüncü Sanayi Devrimi	4
2.4 Dördüncü Sanayi Devrimi.....	5
3. TÜRKİYE VE SANAYİ 4.0.....	7
4. SANAYİ DEVRİMLERİ BOYUNCA TEKNOLOJİLERİN ETKİLERİ.....	9
4.1 Teknolojilerin Makro Etkileri.....	9
4.2 Teknolojilerin Mikro Etkileri	11
4.2.1 Teknolojilerin firmalar üzerinde örgütsel etkileri.....	11
4.2.1.1 Yeni işgücü profili.....	12
4.2.1.2 Otomasyon tehdidi altındaki işkolları	13
4.2.1.3 İş güvenliği	13
4.2.1.4 Organizasyonel değişimler	14
4.2.2 Teknolojilerin firmalar üzerinde operasyonel etkileri.....	15
4.2.2.1 Üretimde verimlilik artışı	15
4.2.2.2 Tedarik zincirlerinin gelişimi.....	16
4.2.2.3 Lojistik süreçlerin takibi.....	16
4.2.3 Teknolojilerin firmalar üzerinde stratejik etkileri.....	17
4.2.3.1 Rekabet gücü.....	17
4.2.3.2 İnovasyon üzerine işbirliği	17
4.2.4 Teknolojilerin ürün ve hizmetler üzerinde etkileri	18
4.2.4.1 Kişiselleştirilmiş ürün ve hizmetler.....	18
4.2.4.2 Veri ile iyileşen ürün ve hizmetler	18
4.2.4.3 Akıllı ürün ve hizmetler.....	19
4.2.5 Teknolojilerin müşteriler üzerinde etkileri.....	19
4.2.5.1 Müşteri talebinin hızla karşılanması	19
4.2.5.2 Müşteri ‘deneyimlerinin’ öneminin artması	19
5. SANAYİ 4.0 TEKNOLOJİLERİ.....	21
5.1 Büyük Veriler Ve Analitik	21
5.2 Otonom Robotlar	22
5.3 Simülasyon	23
5.4 Yatay ve Dikey Sistem Entegrasyonu.....	23
5.5 Nesnelerin İnterneti.....	24

5.6 Siber Güvenlik.....	24
5.7 Bulut.....	25
5.8 Eklemeli Üretim	25
5.9 Arttırılmış Gerçeklik.....	26
5.10 Yapay Zeka Ve Makine Öğrenimi.....	26
6. BULANIK AHP VE BULANIK TOPSİS	27
6.1 Bulanık Mantık.....	27
6.2 Bulanık Kümeler	28
6.3 Bulanık AHP	28
6.4 Bulanık TOPSİS	31
7. YENİ TEKNOLOJİLERİN ŞİRKETLER ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN BULANIK ORTAMDA BÜTÜNLEŞİK YAKLAŞIK İLE DEĞERLENDİRİLMESİ	35
7.1 Aralık Değerli Pisagor Bulanık AHP Uygulaması.....	41
7.2 Bulanık TOPSİS uygulaması	43
8. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	49
KAYNAKLAR	51
ÖZGEÇMİŞ	65

KISALTMALAR

AHP	:Analitik Hiyerarşı Prosesi
BAHP	:Bulanık Analitik Hiyerarşı Prosesi
BCG	: The Boston Consulting Group
CNC	:Computer Numerical Control
TOPSİS	:Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
TÜSİAD	:Türk Sanayicileri ve İş İnsanları Derneği

SEMBOLLER

CI : Tutarlılık İndeksi

CR : Tutarlılık Oranı

RI : Rassal İndeks

W : Ağırlık Sütun Vektörü

Σ : Toplam Sembolü

$\prod$: Çarpım Sembolü

$\mu(x)$: x'e ait üyelik fonksiyonu

$\nu(x)$: x'e ait üye olmama fonksiyonu

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 5.1: Karşılaştırma matrisi	29
Çizelge 5.2: İkili karşılaştırma matrisi	30
Çizelge 5.3:İç çarpım matrisi	31
Çizelge 6.1:Kriter ve alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrislerinin tutarlılık oranları	41
Çizelge 6.2:Aralık değerli Pisagor bulanık sayılar	41
Çizelge 6.3:İkili karşılaştırma matrisi	42
Çizelge 6.4:Skor matrisi	42
Çizelge 6.5:İç çarpımsal matris	42
Çizelge 6.6: Normalize edilmiş kriter ağırlıkları	43
Çizelge 6.7: Alt kriterlerin normalize edilmiş ağırlıkları	44
Çizelge 6.8: Alternatiflerin için sözel ifadeler ve üçgensel bulanık sayı karşılıkları	44
Çizelge 6.9:Bulanık karar matrisi	46
Çizelge 6.10: Normalize edilmiş karar matrisi	46
Çizelge 6.11: Ağırlıklandırılmış bulanık normalize karar matrisi	47
Çizelge 6.12: Pozitif ideal çözüm uzaklıkları	47
Çizelge 6.13: Negatif ideal çözüm uzaklıkları	47
Çizelge 6.14: Yakınlık indeksleri	48
Çizelge A.1: Kriter ve alt kriterlerin açıklaması	58
Çizelge A.2: Ana kriterlerin karşılaştırılması	59
Çizelge A.3 : Örgütsel alt kriterlerin karşılaştırılması	60
Çizelge A.4: Operasyonel alt kriterlerin karşılaştırılması	61
Çizelge A.5: Stratejik alt kriterlerin karşılaştırılması	61
Çizelge A.6: Ürün ve hizmet alt kriterlerinkarşılaştırılması	62
Çizelge A.7: Müşteri alt kriterlerin karşılaştırılması	62
Çizelge A.8: Alternatiflerin değerlendirilmesi	63
Çizelge A.9: Alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan dilsel değişkenler	64

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1: Teknolojilerin şirketler üzerinde etkileri	11
---	----

YENİ TEKNOLOJİLERİN ŞİRKETLER ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ: BULANIK ORTAMDA BÜTÜNLEŞİK BİR YAKLAŞIM İLE DEĞERLENDİRME

ÖZET

Sürekli gelişen teknolojiler hayatımızın her alanına etki etmektedir. 18.yüzyılda buhar gücüyle çalışan makinelerle başlayan birinci sanayi devriminden bu yana üç büyük devrim yaşamış bulunmaktayız ve bugün dördüncü sanayi devriminin eşiğindeyiz. Yeni çığırılar açan devrimler dünyayı, ülkeleri, sektörleri, firmaları, toplumları ve bireyleri derinden etkilemiştir. Birey, toplum, şirket ve ülke olarak, bu değişikliklerin farkında olmalı ve değişimlere uyum sağlamak zorundayız. Endüstri 4.0 devrimine ayak uyduramayan toplum, ülke ve ya işletmeler kaybetmeye mahkumlar. Bu sebeple Türkiye'nin sanayi 4.0 yolunda gelişimini göz önünde bulundurarak ülkemize ve özellikle de işletmelere faydası olacağını düşündüğüm bir çalışma ortaya koymak istedim.

Bu çalışmada, teknolojilerin yaşanan endüstri devrimleri boyunca makro ve mikro etkileri incelenmiştir. Makro etkiler olarak, teknolojik gelişmelerin ülkeler üzerinde en çok hangi alanda etki ettikleri incelenmiştir. Literatür araştırması sonucu, teknolojilerin en çok ülkeler üzerinde ekonomik büyümeye, işgücü piyasalarına, insanların yaşam tarzı ve standartlarına, yürütülen politikalara etki ettiği görülmüştür. Teknolojik değişimlerin mikro etkileri daha detaylı literatür taramasıyla incelenerek, firmalar üzerinde yarattığı değişimler örgütsel, operasyonel, stratejik, ürün ve hizmetler, müşteriler olarak gruplandırılmıştır. Bu etkiler kriter olarak belirlenip , bir alt grupları da alt kriterler olarak sınıflandırılmıştır. Şöyle ki, örgütsel etkilerin alt kriterleri – yeni işgücü profili, otomasyon tehditi altındaki işkolları, iş güvenliği, organizasyonel değişimler olarak; operasyonel etkilerin alt kriterleri – üretimde verimlilik artışı, tedarik zincirlerinin gelişimi, lojistik süreçlerin takibi olarak; stratejik etkilerin alt kriterleri – rekabet gücü ve inovasyon üzerine işbirliği olarak; ürün ve hizmetler üzerinde etkilerin alt kriterleri – kişiselleştirilmiş ürün ve hizmetler, veri ile iyileşen ürün ve hizmetler, akıllı ürün ve hizmetler olarak;

müşteriler üzerinde etkilerin alt kriterleri – müşteri talebinin hızla karşılanması ve müşteri deneyimlerinin öneminin artması olarak belirlenmiştir.

Bunun yanı sıra, endüstri 4.0 teknolojileri üzerine literatür araştırması yapılmıştır. Endüstri 4.0 teknolojileri üç grup – dijital üretim sistem teknolojileri, sanallaştırma teknolojileri, veri yönetimi teknolojileri - şeklinde gruplandırılmıştır.

Teknolojilerin şirketler üzerinde etkilerini gösteren kriter ve alt kriterler aralık değerli Pisagor Bulanık AHP yöntemi kullanılarak ağırlıkları belirlenmiştir.

Daha sonra, ağırlıkları belirlenen kriterlerin endüstri teknolojileri alternatifleri ile karşılaştırılması Bulanık TOPSİS yöntemiyle yapılarak şirketlerin hangi teknolojiler üzerinde daha yoğun şekilde odaklanmaları gerektiği belirlenmiştir. Bu çalışmanın şirketlerin endüstri 4.0 uyum sağlaması adına faydalı olacağını ve sanayi 4.0 yol haritasında kılavuz olarak kullanılabileceğini düşünmekteyim.

THE EFFECTS OF NEW ERA TECHNOLOGIES ON COMPANIES: ASSESSMENT WITH AN INTEGRATED APPROACH IN FUZZY ENVIRONMENT

SUMMARY

Constantly developing technologies affect every aspect of our lives. We have experienced three major revolutions since the first industrial revolution that began with steam-powered machines in the 18th century, and today we are on the brink of the fourth industrial revolution. New groundbreaking revolutions have deeply affected the world, countries, sectors, firms, societies and individuals. As an individual, society, company and country, we must be aware of these changes and adapt to these changes. Society, countries or businesses that fail to keep up with the Industrial 4.0 revolution are doomed to lose. For this reason, I aimed to make a study that would be useful for our country and especially for enterprises Turkey is considering the development of Turkey on the way of the industry 4.0.

In this study, the macro and micro effects of technologies during the industrial revolutions have been examined. As the macro effects, it was examined in which field the technological developments affect the countries most. As a result of the literature research, it has been seen that technologies mostly affect economic growth, labor markets, people's lifestyle and standards and policies implemented in countries. By examining the micro effects of technological changes with a more detailed literature review, the changes they create on companies are grouped as organizational, operational, strategic, products and services and customers. These effects were determined as criteria and a sub-group was classified as sub-criteria. That is, the sub-criteria of organizational impacts - new workforce profile, business lines under the threat of automation, job safety, organizational changes; sub-criteria of operational impacts – increase of productivity in production, development of supply chains, follow-up of logistics processes; sub-criteria of strategic impacts - in cooperation on innovation and competitiveness; sub-criteria of impact on products and services - personalized products and services, improved products and services

with data, smart products and services; The sub-criteria of impacts on customers are classified as meeting customers' demand rapidly and increasing importance of customer experience. In addition, literature research on industry 4.0 technologies has been conducted. Industry 4.0 technologies are grouped into three groups - digital production system technologies, virtualization technologies, and data management technologies.

Criteria and sub-criteria showing the effects of technologies on companies were determined by using interval-valued Pythagorean Fuzzy AHP method.

Then, the comparison of the alternatives of new technologies with the determined weighted criterias was made by using the Fuzzy TOPSIS method and it was determined which technologies the companies should focus more intensively. I think that this study will be helpful for companies to adapt to industry 4.0 and can be used as a guide for industry 4.0 roadmap.

1. GİRİŞ

18. yüzyılın sonlarına doğru gerçekleşen tarım devriminin devamı olarak bir çok devrim yaşandı. Bu süreçte kas kuvvetinden mekanik kuvvete geçiş yapıldı, buhar makinesi ve demiryollarının inşasıyla ilk sanayi devrimi yaşandı, elektrik ve montaj hattında yaşanan gelişmelerle üçüncü sanayi devrimi gerçekleşti. Bugün ise yapay zekaların, verilerin, robotların, dijitalleşen birçok şey sayesinde tamamen farklı bir noktaya gelmiş bulunmaktayız. [1]

Yaşanan bu radikal değişimleri dünya ve insanlık devrimi olarak adlandıra biliriz. Sanayi devrimlerinin sadece bir sektörü, belirli meslekleri etkilemesini düşünmek çok yanlış olurdu. Bir bireyin yaşam tarzı, yaşam standartları değişirken, küresel olarak da derin değişimler gözlemlenmektedir. Endüstri 4.0 devrimine daha tam olarak yaşamaya başlamasak da, bu devrimdeki ilerlemeler bir öncekilere göre hem daha hızlı, hem de daha farklıdır. Bu devrimi farklı kılan özellik hem fiziksel, hem de siber sistemlerin bir araya gelmesidir. [2]

Sanayi devrimleri boyunca yaşanan teknolojik gelişmelerin ülkeler ve şirketler üzerinde etkileri literatürde çok incelenmiştir. Bu çalışmada teknolojik evrimlerin makro ve mikro etkileri üzerine literatür taraması yapılmış ve özellikle şirketler üzerindeki mikro etkiler daha detaylı incelenerek gruplandırılmıştır. Bu gruplandırmalardaki kriterlerin bir-birlerine göre önemleri kıyaslanmıştır. Endüstri 4.0 teknolojilerinin bu kriterler üzerinde önem düzeyi belirlenerek, şirketlerin hangi teknolojiye odaklanması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde sanayi devrimleri ile ilgili ilk önce özet bilgi verilerek, daha sonra birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü endüstriyel devrimlerinin en spesifik özellikleri ve teknolojik gelişmeleri anlatılmıştır.

Üçüncü bölümde Türkiye'nin sanayi 4.0'da konumuna değinilmiştir.

Dördüncü bölümde sanayi devrimlerinin makro ve mikro etkileri anlatılmıştır. Teknolojilerin makro etkileri olarak ekonomik büyüme, işgücü piyasaları, insanların yaşam tarzı ve standartları, yürütülen politikalarla ilgili değişimlere atıfta bulunulmuştur.

Teknolojilerin mikro etkileri tezin ana konusu olması sebebiyle, makro etkilere göre daha detaylı şekilde incelenmiştir ve bununla ilgili özgün tablo oluşturulmuştur. Teknolojilerin şirketler üzerindeki etkileri örgütsel, operasyonel, stratejik, ürün ve hizmetler, müşteriler olarak gruplandırılmıştır. Bu etkiler kriter olarak, bir alt grupları da alt kriterler olarak tanımlanmıştır. Yapılan literatür taramasına göre, örgütsel etkilerin alt kriterleri – yeni işgücü profili, otomasyon tehditi altındaki işkolları, iş güvenliği, organizasyonel değişimler olarak; operasyonel etkilerin alt kriterleri – üretimde verimlilik artışı, tedarik zincirlerinin gelişimi, lojistik süreçlerin takibi olarak; stratejik etkilerin alt kriterleri – rekabet gücü ve inovasyon üzerine işbirliği olarak; ürün ve hizmetler üzerinde etkilerin alt kriterleri – kişiselleştirilmiş ürün ve hizmetler, veri ile iyileşen ürün ve hizmetler, akıllı ürün ve hizmetler olarak; müşteriler üzerinde etkilerin alt kriterleri – müşteri talebinin hızla karşılanması ve müşteri deneyimlerinin öneminin artması olarak sınıflandırılmıştır. Literatür araştırmasıyla beraber, tablonun oluşturulma sürecinde uzman görüşleri de alınarak kriterler ve alt kriterler belirlenmiştir.

Beşinci bölümde Endüstri 4.0 teknolojileri ele alınmaktadır. Teknolojilerle ilgili açıklamalarda bulunup, uygulamada kullanmak üzere gruplandırılmış hali sunulmaktadır.

Altıncı bölümde bulanık mantığa dayanan bulanık AHP ve bulanık TOPSİS ile ilgili bilgi verilmektedir.

Yedinci bölümde yukarıdaki metotlarla araştırma sorusunun uygulanması yapılmıştır.

Sekizinci bölümde elde edilen sonuçlar değerlendirilmiş, geleceğe yönelik çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.

2. SANAYİ DEVRİMLERİ

Sanayi devrimlerinden önce üretim için gerekli olan makineler daha keşfedilmemiş ve herşey el emeği ile üretilmekteydi. İnsanların çalıştığı alanlar tarım ve hayvancılıkla kısıtlıydı. Daha sonra kas gücünün makine kuvveti ile ikame edilmesiyle üç büyük sanayi devrimi gerçekleşti. [2]

Su ve buhar gücüne dayalı mekanik üretim tesisleri ile evrim yaratan birinci sanayi devrimi 18. yüzyıl sonunda başlamıştır. İkinci sanayi devrimi 20. yüzyılın başlangıcında başlamış ve elektrik enerjisine dayalı toplu emek üretimi ile bir yeni çağ gerçekleşmiştir. Üçüncü sanayi devriminin başlangıcı 1970'li yıllara tesadüf ediyor ve elektronik ve internet teknolojisine dayalı otomatik üretim özelliği ile diğer sanayi devrimlerinden farklıdır. Dördüncü sanayi devrimi olan Sanayi 4.0 heterojen veri ve bilgi entegrasyonuna dayanan siber fiziksel sistemlerin üretim özellikleri ile günümüzde devam etmektedir. [3]

2.1 Birinci Sanayi Devrimi

18. ve 19. yüzyıllar arasında gerçekleşen birinci sanayi devrimi, çoğunlukla Avrupa, Amerika'daki tarım ve kırsal toplumların endüstriyel ve kentsel hale geldiği bir dönemdi. 1700'lerin sonunda Britanya'da başlayan birinci sanayi devriminden önce, üretim genellikle insanların evlerinde, el aletleri ya da temel makineler kullanılarak yapılmaktaydı. Sanayileşme, güçlü, özel amaçlı makinelere, fabrikalara ve seri üretime sebep oldu. Ulaşım, iletişim ve bankacılıkta gelişmiş sistemlere yol açan birinci endüstri devriminde demir ve tekstil endüstrileri, buhar motorunun gelişmesi en önemli faktörlerden olmuştur. Sanayileşme, artan ürün hacmini ve çeşitliliğini ve bazıları için iyileştirilmiş bir yaşam standardını beraberinde getirirken, aynı zamanda fakir kesim ve işçi sınıfları için acımasız istihdam ve yaşam koşullarına sebep olmuştur.

Endüstri Devrimi'nin doğduğu yer olarak İngiltere'nin rolüne bir dizi faktör katkıda bulundu. Birincisi, sanayileşme için gerekli olduğu kanıtlanan büyük kömür ve demir cevheri yataklarına sahipti. Ek olarak, İngiltere siyasi olarak istikrarlı bir toplumun

yanı sıra, dünyanın önde gelen sömürgeci gücüdür; bu da sömürgelerinin, hammadde kaynağı ve mamul mallar için bir pazar olarak hizmet edebileceği anlamına geliyordu. [4]

Birinci sanayi devrimi boyunca, bir çok yeni makinelerin icatı söz konusu olmuştur. 1764 yılında İngiliz James Harreaves'in dönen motor keşfi ile iplik makaraların üretilmesine başlanmıştır. James ve diğerlerinin icatları tekstil sektöründe gelişimlere sebep olurken, demir-çelik ve lojistik endüstrilerinde de olumlu ilerlemeler kaydedilmiştir. 1800'lü yıllarda ilk ticari vapurun ve demiryolunda gidebilen ilk buhar lokomotifinin üretimi gerçekleşmiştir. Üretilen bu makineler sanayi evriminin başlangıcı olmuş ve bu makinelerin modern sürümlerini günümüzde kullanmaktayız. [2]

2.2 İkinci Sanayi Devrimi

1800'lü yılların sonuna doğru başlayan ikinci sanayi devriminin esas göstericileri elektrik gücü ve seri üretim olmuştur. Teknolojik devrim olarak da adlandırılan ikinci endüstri devrimi birçok yönden, birincisinin devamıydı ve birçok sektörde doğrudan süreklilik vardı. 1914 yılında ikinci sanayi devriminin 1870'ten belirgin bir şekilde farklılaşan gerçek ücretler ve yaşam standartları üzerinde doğrudan bir etkisini görmek mümkündür. [5]

Birinci Dünya Savaşı'nın sonuna kadar devam eden ikinci endüstri devriminde de bugünkü hayatımızın ayrılmaz parçası olan birçok şeyin icadından bahsedebiliriz. Bunlardan en önemlisi Henry Ford tarafından geliştirilen ve üretilen sahip olunabilen ilk otomobil olmuştur. İlk otomobil tasarımcısı ve mucidi Karl Friedrich Benz de bu devrin en önemli isimlerindendir. İkinci sanayi devriminde modern gemicilik ve gemi endüstrisinin temeli oluşmuştur. Bunun yanı sıra, ilk ticari telegraf ve ilk uçak kullanımı da bu sanayi devriminde gerçekleşmiştir. [2]

2.3 Üçüncü Sanayi Devrimi

Dijital devrim olan Endüstri 3.0 1940'larda başlamış, 2010'lara kadar devam etmiştir. Bu devrimin en önemli iki yapıtaşı bilgisayarlar ve internet olmuştur. 1947 yılında bu devrimin en mühim gelişmelerinden olan ilk transistör üretilmiştir. 1952 yılında günümüzde halen kullanılmakta olan CNC (Computer Numerical Controller)

makinelerinin üretimine başlanmıştır. 1951 yılında ilk ticari bilgisayar olan 'LEO I' piyasaya sürülmüştür. Bu gelişmelerin ardından dijitalleşme ve bilgisayarlaşma adına daha hızlı gelişmeler yaşanmış, Compaq, Dell, Toshiba ve sair gibibilgisayarların üretimine başlanmıştır. [2]

2.4 Dördüncü Sanayi Devrimi

'Endüstriyel 4.0' kavramı ilk olarak Alman hükümeti tarafından Kasım 2011'de yayımlanan ve 2020 için bir yüksek teknoloji stratejisi olarak yayımlanan bir makalede ortaya çıkmıştır. Mekanizasyon, elektrifikasyon ve bilgidan sonra, sanayileşmenin dördüncü aşamasına 'Endüstri 4.0' adı verildi. Nisan 2013'te, 'Endüstri 4.0' terimi tekrar Hannover Almanya'daki bir endüstri fuarında tekrardan ortaya atıldı ve hızla alman ulusal stratejisi olarak yükselişe geçti. Sanayi 4.0, uluslararası sanayi üzerinde büyük etkisi olacak yeni bir sanayi devrimi olacak. [6]

Son yıllarda, Endüstri 4.0, üretim ortamının dijitalleşmesi ve otomasyonu yönündeki eğilimi tanımlamak için popüler bir terim olarak kullanılmıştır. Başka bir deyişle, Endüstri 4.0, üretim ortamının teknik açıdan artan dijitalleşmesi ve otomasyonu ile ürünler ve çevreleri arasındaki iletişimi sağlamak için dijital bir değer zinciri oluşturulması olarak tanımlanabilir. Bu nedenle, Endüstri 4.0 konseptinden önce dijitalleşme kavramının incelenmesi gerekmektedir. Schwab'a göre, dijitalleşme basitçe otomasyona işaret ediyor. Ayrıca, dijital çağın en gözle görülür gerçeği, birçok yeni işletmenin sıfır depolama ve nakliye maliyetleri ile ürettiği "bilgi ürünleri" dir. Örneğin, Instagram veya WhatsApp gibibazı çığır açan teknoloji şirketleri, büyümek için düşük sermayeye ihtiyaç duyduklarında bilgi ürünleri üretirler.[7]

3. TÜRKİYE VE SANAYİ 4.0

Sanayi 4.0 devriminde Türkiye'nin durumunu incelemek ve hangi yönde adımlar atılması gerektiğini belirlemek büyük öneme sahiptir. Bu devrim Türkiye'de genç işsizlik göstericilerini ve hizmet sektöründeki işgücünü negatif yönde etkileyeceği beklenmektedir. Bunun yanı sıra, üçüncü sanayi devriminde Türkiye tüketici ülke konumunda görülmektedir. İlaveten, Türkiye düşük ve orta- düşük teknolojilerde daha uzmanlaşmıştır. İşgücü yapısı, teknoloji, yatırım beklentileri ve saire ilişkin kısıtlar gözlenmektedir. Türkiye'nin ihracatta ithalata bağımlılık oran göstericileri son sanayi devrimini geriden takip ettiğinin göstergesidir. Bunun gibi sorunlar, eksik, geliştirilmesi gereken yönler belirlenip, Almanya gibi dördüncü devrimin en öncü ülkeleri örnek alınarak Türkiye için yol haritası çizilmelidir. Bu haritada stratejik adımların akademi, devlet ve reel sektör işbirliği ile atılması pozitif yönde büyük değişimlere sebep olacaktır. İleri teknoloji üzerine çalışmalar ve katma değer üreten bilgi ekonomisi üzerinde yoğunlaşma, Ar-Ge harcamalarının payının artırılması ve en önemlisi yüksek eğitilmiş, son sanayi devriminin beklentileri olan becerilere sahip iş gücünün yetiştirilmesi gibi hedefler üzerinde çalışmalar yapılmalıdır. [8], [9], [10]

4. SANAYİ DEVRİMLERİ BOYUNCA TEKNOLOJİLERİN ETKİLERİ

Buhar ve su makinelerinden, akıllı fabrikalara uzanan sanayi devrimleri boyunca yaşanan tüm gelişmeler insanları, toplumları, mevcut olan ve potansiyel sektörleri, ekonomileri, ülkeleri ve tüm dünyayı yakından etkilemiştir. Sanayi devrimlerine ayak uyduran veya daha geriden takip eden toplumlar ve ülkeler her iki durumda bu değişimlerin avantajlarını ve dezavantajlarına maruz kalmışlar. Bununla ilgili literatürde sistematik bir yapı olmamasına karşın, makro ve mikro boyutta etkiler literatür taraması yapılarak gruplandırılmıştır.

4.1 Teknolojilerin Makro Etkileri

Tarih boyunca teknolojik gelişmeler ve dünyayı yeni algılama şekilleri ekonomik sistemlerde ve sosyal yapılarda radikal değişimlere sebep olmuştur. Teknolojik gelişmelerin ülkeler üzerinde etkileri bugüne kadar birçok yönden incelenmiştir, fakat herhangi bir sınıflandırma yapılmamıştır. Teknolojilerin makro etkileri çok geniş bir konudur. Literatür araştırması sonucunda, tüm etkilerin alt kriterlerine baktığımızda bile tek başına incelenecek şekilde geniş kapsama sahip olduğunu görebiliriz.

Literatürde en çok rastladığımız etki teknolojik gelişmelerin ekonomik büyüme ile yakından ilişkide olduğudur. Buna örnek olarak, 1900’lü yıllarda ikinci sanayi devrimindeki değişiklikler tarihteki en büyük ekonomik büyümeye sebep olmasını göstere biliriz. Bunun yanı sıra, sanayileşme, bilim ve ekonomi politikaları da teknolojiye göre belirlenmektedir. [2], [9], [11]

Ülke ekonomisindeki tüm sektörler ve her ölçekten firmalar da teknoloji etkisine maruz kalmaktadır. [12]

Porter’a göre uzun vadeli teknolojik gelişmeler yabancı şirketlerin ülkeye dahil olarak yatırımlarını arttırmasına ve bununla beraber yerli firmaların da rekabet gücünün azalmasına sebep olacaktır. [13]

Sanayi devrimleri boyunca yaşanan gelişmeler insanların yaşam standartları üzerinde önemli etkiye sebep olmuştur. İkinci sanayi devriminde elektriğin teknolojiadaki kullanımının yaygınlaşması ile şehirlerde elektrik kullanımı artmış, dolayısıyla da insanların refah seviyesinde gözle görülür iyileşme gerçekleşmiştir.[2] İlaveten, bu yıllarda insanlar daha hızlı ve rahat şekilde seyahat etmeye başlamış, sağlık sektöründe gerçekleşen ilerlemeler bulaşma ve salgın hastalıkların önüne geçmiş ve ölüm oranları azalmıştır. Sağlık sektöründeki gelişmelerin nüfus üzerindeki etkisini açık şekilde görmekteyiz. 1870-1914 yıllarında Fransada bebek ölüm oranı %50 oranında azalmış, Birleşik Krallıkta yaşam süresi 40 yıldan 50 yıla uzamıştır. Yaşam standartlarının yanı sıra, insanların yaşam tarzında da büyük değişimler gözlenmiştir. Bunlardan en dikkat çeken insanların şehirlere taşınmasıdır. İkinci Sanayi devriminde 1870-1920 yıllarında ABD’de 11 milyon insan çiftliklerden şehirlere göç etmiştir. Üçüncü Sanayi devriminde Çin ve Hindistan’da Pekin, Şangay, Bombay gibi yüksek teknolojiye sahip şehirlere kırsal alanlardan göçler gerçekleşmiştir. Bunun gibi göçler günümüzde de dünyanın birçok ülkelerinde devam etmektedir.[2]

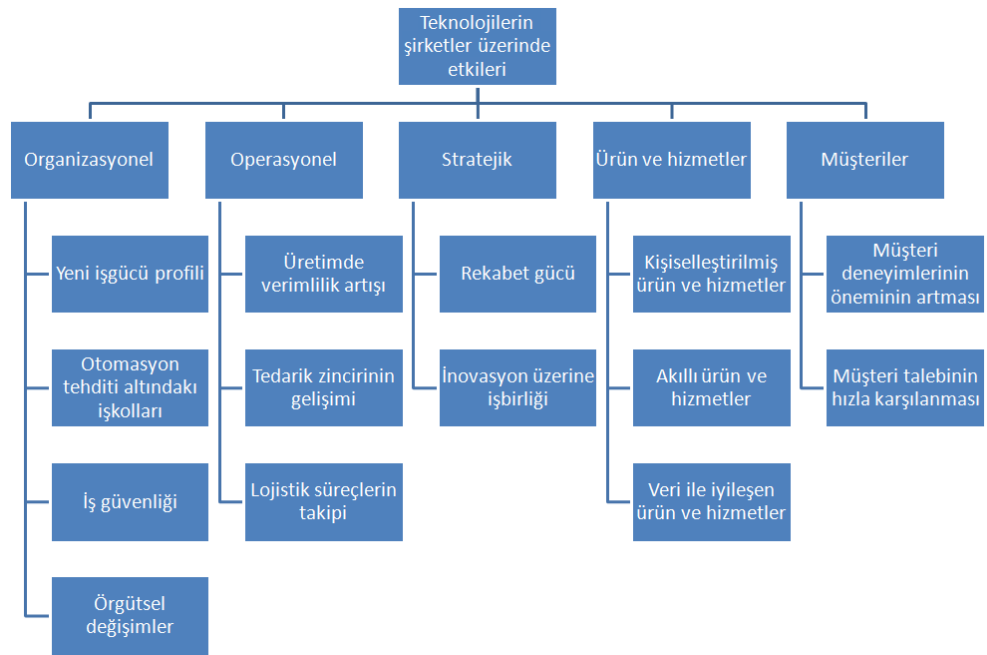
Teknolojik etkilerin en çok gözlemlendiği kriterlerden biri de işgücü piyasalarıdır.

İşgücü piyasaları üzerindeki etkileri literatürde kısa ve ya uzun vadeli, olumlu veya olumsuz şekilde farklı farklı yorumlanmaktadır. Genel olarak özetlemek gerekirse, teknolojinin getirdiği otomasyon etkeni insan emeğini ikame ederek işçilerin işsiz kalmasına veya becerilerini başka bir yerde değerlendirmesine sebep oluyor. Bununla beraber, ortaya çıkan yeni meslekler, hatta sektörler istihdamın artmasına yol açıyor.[1]

Teknoloji ve sanayi devrimlerinin en büyük etki gösterdiği alanı güvenlik olarak göstere biliriz. Güvenlik üzerindeki etkiler geniş çaplı bir başlıktır. Bu başlık altında global güvenlik, ülke bazında güvenlik, işçi güvenliği ve günümüzle beraber geleceğin de en büyük endişelerinden biri olan siber güvenlik konuları büyük kapsamda tartışılabilir. Küresel Riskler Raporu (GRR-Global Risks Report 2017)’e göre, küresel riskler içindebeşinci sırada veri dolandırıcılığı / hırsızlığı yer almaktadır. Bu risk teknoloji ile direkt bağlantılıdır ve dünyanın hiçbir ülkesinde bu güvenlik sorunu yeterli düzeyde önellenmemiştir. [12]

4.2 Teknolojilerin Mikro Etkileri

Teknoloji gelişiminin küresel ve ülkeler üzerinde etkilerinin yanı sıra, firmalar üzerinde de gözardı edilemeyecek kadar büyük etkileri vardır. Sanayi devrimleri işletmelerde köklü değişimlere sebep olmuştur. Literatürde bu değişimler farklı şekilde yorumlanmış, her sanayi devriminde yaşanan gelişmeler firmalara farklı açılardan etki göstermiştir. Her sanayi devriminde işletmelerde yaşanan farklı değişimler literatür taramasında incelenip aşağıdaki özgün tablo oluşturulmuştur.(Şekil 3.1)



Şekil 3.1: Teknolojilerin şirketler üzerinde etkileri

Şekil 3.1’de görüldüğü üzere teknolojilerin şirketler üzerinde etkileri örgütsel, operasyonel, stratejik, ürün ve hizmetler , müşteriler olarak gruplandırılmıştır. Bu etkiler tarih boyunca teknolojik gelişmelere ve bulunduğu zamanın şartlarına göre farklı şekillerde yansımış olabilir.

4.2.1 Teknolojilerin firmalar üzerinde örgütsel etkileri

Teknolojik değişiklikler şirketlerde yönetim, örgütlenme ve kaynak bulma gibirdeğişikliklere sebep olmuştur. Gelişen teknoloji, ivme kazanan inovasyon örgütsel alandaki birçok şeyi derinden etkilemektedir. Bu durumda, şirketler, şirket liderleri, yöneticiler, çalışanlar değişim ve öğrenme kapasitesine sahip mi diye

sorgulamak gerekir. Teknolojik devrimlerin işletmeler üzerinde örgütsel etkilerini bu şekilde gruplandırdık:

- Yeni işgücü profili
- Otomasyon tehditi altındaki işkolları
- İş güvenliği
- Organizasyonel değişimler

4.2.1.1 Yeni işgücü profili

İlk sanayi devriminden bu yana, yaşanan teknolojik farklılıklarla beraber, işçilerden beklenen özellik ve yetenekler de sürekli değişmiş ve artmıştır. Endüstri 1.0'da çalışanlardan beklenen yetenek buhar makine kullanımı olurken, Endüstri 3.0'da CNC makinelerinin kullanımı olmuş, günümüz Endüstri 4.0'daysa üretim bandında robotlarla birlikte çalışmaktır. Gerçekleşen devrimler işçilerin sürekli teknolojilere ayak uydurarak gelişimlerini ve uzmanlaşmalarını talep etmektedir. Zira buna ayak uyduramayan işletmeler sürekli rakiplerini daha geriden takip etmekte. Bu değişimi iş tanımları ve çeşitleri olarak iki yönlü değerlendirebiliriz. İlk olarak, mevcut mesleklerde çalışan işçiler gelişen teknolojilerle alanlarında bir üst düzeyde uzmanlaşma şansı buluyorlar. Burda dikkat edilmesi en önemli hususlar işçilerin bu değişimlere uygun eğitim görmesi, adaptasyonu ve uzmanlaşmasıdır. İkinci olarak, büyük devrimler sonucu daha önceden mevcut olmayan, ortaya yeni çıkan uzmanlık alanları ve mesleklerdir. Şirketler bu tür değişimleri yakından takip etmeli, değerlendirmeli ve çalışanlarına bu yönde gerekli desteği sağlamalıdır.

Almanya'da yayımlanan bir makalede üretim işçilerinin yeni işgücü profili 3 açıdan değerlendirilmiştir. Bunlar çalışanın yetenek ve nitelikleri, görevleri, kullanabildiği araçlar ve teknolojilerdir. Yetenek ve nitelikler değerlendirildiğinde, Endüstri 4.0'a uygun olarak, çalışanın bilişim sistemleri bilgisine, veri işleme yeteneğine sahip olması, modern arayüzler vasıtasıyla iletişim kurması gibi özellikler daha fazla önem kazanıyor. [14]

Endüstri devrimleri ile birlikte yeni meslek dalları da ortaya çıkmaktadır. Yakın gelecek tahminlerine göre, Sanayi 4.0 devrimi endüstriyel veri bilimciliği, robot koordinatörlüğü, bulut hesaplama uzmanlığı, giyilebilir teknoloji tasarımcısı, 3D yazıcı mühendisliği, drone operatörü gibi yeni meslekleri ile birlikte gelecektir. [15]

Bu mesleklerden biri olan drone pilotluğunu incelersek, çıkış noktası askeriye olmuştur, şuan emlakçılık, madencilik, petrol, film sektörü ve reklamcılık gibibirçok sektörde kullanılmaktadır. Amazon ve Google teslimatlarını dronelar ile yapabilecekleri sistemleri test ediyorlar. Üniversiteler ve enstitüler drone operatörlerine olan ve devamlı artış gösteren talebirkarşılama için eğitim programları hazırlamakta ve vermektedirler.[16]

4.2.1.2 Otomasyon tehditi altındaki işkolları

Teknolojik gelişmeler boyunca, ortaya çıkan yeni mesleklerle beraber bazı mesleklere olan talep azalmış ve ya tamamen yok olmuştur. Sanayi 4.0'da bu tehdit daha belirgin şekilde ortaya çıkmıştır.

Bir makalede 700'ün üzerinde sayıda mesleklerin otomasyon tehditi altında olduğu belirtilmektedir. Bu tehditle karşı karşıya kalan meslekler daha çok veri bazlı, tahminedilebilir, makineleşmeye, robotlaşmaya uygun olan işkollarıdır. Bu işkollarının listesinde ilk sırada %98 tehditle kredi memurları, sonraki sıralarda karşılama görevlileri, katipler, taksi sürücüleri, şoförler ve sair yer alıyor. Yok olacak mesleklerin daha çok bankacılık, otelcilik, sigortacılık gibirsektörlerde daha yaygın olduğu gözlemlenmektedir. Bunun yanı sıra, otomasyon tehditi çok düşük olan işdalları da listeleniyor. Bu listede daha çok mühendislik, insan bakımı gerektiren, daha çok sosyal ve insan ilişkileri ile ilgili meslek dalları göze çarpmaktadır. Bunlara örnek olarak, terapistler, sağlık sektöründeki birçok meslekler, mühendis ve yöneticileri göstere biliriz.[17] ,[18]

4.2.1.3 İş güvenliği

Endüstriyel devrimler boyunca gözlemlenen değişimlerden biri de çalışma alanlarında işçilerin hayati tehlikeleri ve işçi ölüm oranları olmuştur. Birinci sanayi devriminde bu oranlar çok yüksek iken, günümüzde daha güvenli olduğunu söyleye biliriz.[2]

Endüstri devrimlerini yaşayan ülkeler çalışma ortamındaki riskleri azaltmak ve işçilerin iş güvenliğini arttırmak için bir çok uygulamalar başlatmıştı. Bunlardan biri de Birleşik Krallık'ta gerçekleşen sanayi hareketleri (factory acts) olmuştur. Bu sanayi hareketlerinde özellikle çocukların çalışmasıyla ilgili düzenlemeler

getirilmiştir. Fabrikalar gün geçtikçe daha güvenilir, daha çalışılabilir hale gelmiştir. [19]

Bundan sonraki sanayi devrimlerinde de gelişen teknolojiler sonucunda çalışma koşulları pozitif yönde etkilenmiştir.

McKinsey firmasının 2015 yılında sunduğu makaleye göre insansız taşıtlar otomotiv sektörü için büyük bir yenilik getirecektir. Bu insansız otomobillerin insanlar için en büyük faydası zaman kaybını azaltmak, endüstri için ise lojistik sektörünün daha verimli bir hale gelmesi olacaktır. Bunun yanı sıra, her yıl trafik kazalarının sebep olduğu ölüm sayısı yazılımla daha güvenli hale gelen araçlar sayesinde önemli düşüş yaşayacaktır. Bu gelişimler şoförlük mesleğinin otomasyonu ile beraber, daha az risk taşımaya sebep olacaktır. [20]

4.2.1.4 Organizasyonel değişimler

Teknolojilerin şirketin örgütsel süreçler üzerindeki etkisinin büyük önemini belirtmemek olmaz. Porter işletmenin faaliyet bütünlüğünün aynı zamanda teknolojiler bütünlüğü demek olduğunu vurgulamıştır. Teknolojik değişimler işletmedeki tüm faaliyetler üzerinde etki göstermektedir. Bilişim teknolojileri faaliyetlerin planlanması, kontrolü, optimizasyonunda büyük rol oynamaktadır. [19]

İlk sanayi devriminden bu yana organizasyonel değişimleri incelersek, ilk başlarda işletme içerisinde iletişimin yüz yüze, telefon ve kağıt üzerinden etkileşim halinde olduğunu görmekteyiz. [22]

Email sisteminin ortaya çıkması ve gelişmesiyle birlikte, örgütsel süreçler de devrim yaşamıştır. Şirket içerisindeki elektronik posta sistemleri bütün yönetim düzeyleri arasındaki etkileşimi daha kolay hale getirmekle beraber, örgüt yapısının da daha esnek ve dinamik olmasına sebep olmuştur. [23]

Bunun yanı sıra, video konferans sistemlerinin gelişimi eşzamanlı birçok kişinin bilgi paylaşmasına, incelemesine ve virtual olarak yüz yüze değerlendirmesine olanak sağlamıştır. İşletmedeki personellerin online sistem üzerinden çalışması zaman yönetimi, bilgi paylaşımı açısından daha verimli olmuştur. [24]

Teknolojik gelişimlerin kurum içerisinde bireylerin takım çalışmalarının üzerindeki etkisi tartışılmazdır. Sadece örgüt içi değil, örgütler arasındaki etkileşim ve iletişimdeki rolü önemlidir. Şöyle ki, bir ve ya birden fazla şirketler dijital

olanaklarla zaman ve ya mekan engelleri olmaksızın sanal ekiplerle herhangi bir projeyi rahatlıkla yürüte biliyorlar.

4.2.2 Teknolojilerin firmalar üzerinde operasyonel etkileri

Teknolojide yaşanan iyileşme ve gelişmeler şirketlerin operasyonel süreçleri üzerinde direkt etki göstermektedir. İlk sanayi devriminden günümüze kadar en önemli değişikliklere maruz kalan süreçlerin üretimde olduğunu söyleye biliriz. Üretimle beraber, tedarik ve lojistik bölümündeki süreçlerde de gelişmeler kaydedilmiştir.

4.2.2.1 Üretimde verimlilik artışı

Yukarıda da kaydettiğimiz gibi, sanayi devrimlerinin en büyük etkileri üretim süreçlerinde gözlenmektedir. Literatür taramasındaki nerdeyse her çalışmada üretimle ilgili değişimlerden bahsedilmiştir. İlk sanayi devriminde el üretimi ve insan emeğiyle yapılan üretim şekli makinelerin kullanımıyla gerçekleşen üretimle ikame olunmuştur.

Teknolojik değişimler üretim şekilleri ve miktarında gelişmelere olanak sağlamıştır. II Dünya savaşı sonrasında sanayi devrimi ile birlikte hızlı ve kesintisiz üretim artışı yaşanmıştır. [11]

2006-2011 yıllarında Avrupa’da bulunan 27 ülkenin toplam sanayi üretim verileri artışı % 12 iken, Çin’deki bu gösterici %241 olmuştur. Bu göstericiler Batı dünyasını önlem almak için tetiklemiş, yapılan çalışmalara göre, ürünün pazara çıkış süresini azaltmak ve esnek üretim modeli uygulamakla Çin’in önüne geçebilirler. [9]

Sanayi 4.0 devriminin en büyük etkilerinden birinin üretim süreçleri üzerinde olacağı beklentisidir. Bu devrimin esas hedefleri üretilen ürünlerin bilişim teknoloji destekli toplu olarak kişiye özelleştirilmesini sağlamak, üretim zincirinin otomatik ve esnek uyarlamasını yapmak, akıllı fabrikalarda nesnelerin interneti özellikli üretim optimizasyonu sağlamaktır. Endüstri 4.0’da üretim algoritmalar, büyük veriler ve yüksek teknolojilerle ilişkili olan entegre, uyarlanmış, optimize edilmiş, hizmet odaklı ve birlikte çalışabilir bir süreç olarak özetlenebilir. [3]

TÜSİAD raporuna göre, Endüstri 4.0 teknolojileri başarılı bir şekilde uygulandığında, verimlilikte artış olması beklenmektedir. Bu artış beklentisi toplam üretim maliyeti de göz önünde bulundurularak tahmin edilmiştir. Buna birkaç örnek

göstermemiz gerekirse, Türkiye’de sanayi 4.0 dönüşümünün beklenen faydaları olarak, otomotiv sektöründe toplam maliyette % 5-7 verimlilik artışının mümkün olacağı, beyaz eşya sektöründe toplam maliyette % 6-9 verimlilik artışının mümkün olacağı beklenmektedir. Bu artışların göstergeleri olarak, otomotiv sektöründe montaj hatlarının ileri düzeyde otomasyonu ve esnekleşmesi, beyaz eşya sektöründeysen, hatların sensörlerle gelişmiş bağlantırlığı gösterilmektedir. [8]

4.2.2.2 Tedarik zincirlerinin gelişimi

Üretim süreçleriyle beraber, tedarik süreçlerinin de iyileşmesi ve gelişmesi şirketin performansına pozitif yönde etki göstermektedir. Bu gelişmeler de yine teknolojik değişimler ve sanayi devrimleriyle ilişkilidir. Sanayi 4.0’da tedarik zincirlerini değerlendirecek olursak, veri odaklı dijitalleşmiş sistemlerle tedarik proseslerinin yürütülmesi en büyük etkenlerden olduğunu görmekteyiz. Bu etkenler tedarik sürecinde şeffaflığa ve sürekli veri paylaşımına sebep olacaktır. [25]

Buna örnek olarak, tedarikçilerle gerçekleştirilecek yatay entegrasyon sayesinde özel beslenme programları ortaya çıkacak ve beslemenin toplam maliyetini düşürmek için hammaddeleri izleye bilecek RFID ve sensörler kullanılacaktır. Bu da tedarikçi verimliliğinin artmasına sebep olacaktır, dolayısıyla zamanında üretim ve ambalaj hatalarında iyileşme gözlemlenecektir [8]

4.2.2.3 Lojistik süreçlerin takibi

Sanayi 4.0 dönüşümünde en önemli noktalardan biri lojistik süreçleridir. Bu alanda gelişen teknolojilerin büyük fayda sağlayacağı beklenmektedir. Lojistik süreçler için optimize edilmiş sistemler sayesinde, simülasyon uygulamaları ile test edilebileceklerdir. Zenginleştirilmiş gerçeklik gözlükleri ile işçiler lojistik ve üretimle ilgili tüm verileri takip edebilecek, bu da bir sonraki aşamayı doğru belirlemekte yardımcı olacaktır. Böylece iç lojistikteki konum ve stok durumu eşzamanlı takip edilebilecek, stok yönetimi ve nakliyat işlemlerindeki hatalar neredeyse sıfıra inecektir. Bu gelişme şirket içinde lojistik süreçlere daha az zaman ayrılmasına, dolayısıyla stok döngüsü ve teslimat süresini azaltarak işletme sermayesini daha faydalı kılacaktır. [8], [25]

4.2.3 Teknolojilerin firmalar üzerinde stratejik etkileri

Teknolojilerin firmalar üzerinde stratejik açıdan faydalarını rekabet gücü ve inovasyon üzerine işbirliği olarak gruplandırabiliriz. Teknolojik gelişmelerin firma üzerinde sağladığı tüm etkiler aslında firmayı stratejik olarak daha da güçlü konuma getirmektedir. Bu firmalar yurtiçi ve yurtdışında rakip firmalarla daha güçlü rekabet edebilir hale gelir. Veya başka firmalarla işbirliği yaparak her taraf için fayda sağlayabilirler.

4.2.3.1 Rekabet gücü

Firmaların teknoloji üstünlüğüne sahip olması rekabet üstünlüğünün kaynağı olarak gösterilmektedir. Buna örnek olarak, American Hospital Supply'ın kullandığı sistemi gösterebiliriz. Bu sistem, bilgisayar terminali sayesinde müşterilerin ürünleri direkt seçme ve sipariş etmesini sağlamıştır. Ve bu sistem kullanıcıların sipariş ve dağıtım maliyetlerinin azalmasına ve daha çok müşteri kazanılmasına yol açmakla beraber, rakip firmalar karşısında büyük avantaj sağlamıştır. 1970-1980 yıllarında American Hospital Supply'ın Pazar payındaki yıllık büyüme payı % 17'e ulaşmıştır. [26],[27]

İşletmeler için her zaman kaygı kaynağı olan rakipler hakkındaki bilgilere internet sayesinde kısa sürede ulaşabilirler. Sahip oldukları üst teknolojiler sayesinde her zaman ulusal veya uluslararası rakiplerine meydan okuyabilirler.

4.2.3.2 İnovasyon üzerine işbirliği

Teknolojileri rakiplere karşı her zaman bir silah olarak kullanmanın yanı sıra, teknolojik gelişmeler adına diğer firmalarla yapılan işbirlikleri de büyük fayda sağlamaktadır. Bunu daha çok küçük işletmeler fırsat olarak değerlendirebilir. Örneğin, küçük hava yolu şirketleri daha büyük şirketlerle rekabet edebilmek adına bir araya gelerek kendi rezervasyon sistemlerini oluşturmuşlardır.[23]

Dünya Ekonomik Forum'un Avrupa'daki Yenilikçi İlerleme Girişimciliğini Teşvik Etme raporunda Avrupa'daki genç firmaların ölçeklendirmesi için önemli ve değerli bir strateji, çeşitli finansal ve organizasyonel kaynaklara erişmek için daha büyük, yerleşik firmalarla işbirliği yapmaktır. Benzer şekilde, dış inovasyon yeteneklerini geliştirmek isteyen yerleşik firmalar, genç firmaların farklı bakış açılarından, yaklaşımlarından ve risk görünümünden faydalanabilir. Genç, dinamik firmalar çoğu zaman gerçekten yeni ve potansiyel olarak yıkıcı ürün ve hizmetlerin

geliştirilmesi etrafında yapılandırılırken, kurulan firmalar köklü süreçlere ve değer ağlarına sahiptir. Ortak inovasyon ortaklıkları bu tamamlayıcı yeteneklerden yararlanabilir.

İşbirlikçi inovasyona bir başka örnek olarak, 343.000 çalışana sahip Siemens ile 100 çalışana sahip Ayasdi firmasının işbirliğini gösterebiliriz. Bu işbirliği sonucu, Siemens analitik zorlukların çözülmesine yardımcı olan bir partnere erişirken, Ayasdi geliştirdiği veri analizi yaklaşımını gerçek verilerle doğrulayarak, aynı zamanda daha geniş pazar payına sahip olma imkanına ulaşmıştır.[28]

4.2.4 Teknolojilerin ürün ve hizmetler üzerinde etkileri

Teknolojiler şirketlerin yönetim ve organizasyon, stratejik güç ve operasyonel süreçlerine etki ederken, aynı zamanda sunulan ürün ve hizmetlerin de birçok yönden farklılaşmasına sebep oluyor. Özellikle günümüz sanayi 4.0 teknolojileri ürün ve hizmetleri farklı şekillerde derinden etkilemektedir.

4.2.4.1 Kişiselleştirilmiş ürün ve hizmetler

Sanayi 4.0'ın en büyük özelliklerinden olan akıllı imalat modeli sayesinde ürün ve hizmetler tek tip olmaktan çıkıp, kişiye özel halde üretime geçmiştir.[12]

4.2.4.2 Veri ile iyileşen ürün ve hizmetler

Pazarlama bölümünün ana etkenlerinden olan ürün ve hizmetler her zaman iyileştirilerek rakiplere karşı avantaj elde edilmesini sağlamıştır. Günümüz Sanayi 4.0'da ürün ve hizmetlerin iyileştirilmesi verilere dayalı şekilde gerçekleştiriliyor. Bu anlamda dijital yeteneklerle zengin teknolojiler büyük fayda sağlamaktadır. Sensörler sayesinde sürekli olarak veri üretilebiliyor, bu da aralıksız izlenebilme olanağı sağlıyor. Bu sayede, sorunların önceden engelleyen bakımlar, müdahaleler yapılabilir hale geliyor, daha sonra ortaya çıkacak sorunları engelleme biliyor. Buna örnek olarak, hava kontrol merkezi uçakta motorun bir hata geliştirmekte olduğunu pilottan daha önce belirleyebilir ve pilotu yapılacak önlem anlamında yönlendirebilir ve varış noktasındaki bakım ekibine de önceden harekete geçmesi adına kolaylık sağlayabilir. [1]

4.2.4.3 Akıllı ürün ve hizmetler

Sanayi 4.0 devrimine geçiş dönemindeyken etrafımızı incelediğimizde, evimizdeki televizyon, bindiğimiz araç, kullandığımız akıllı telefon, bileğimizdeki giyilebilir teknoloji – bunların hepsinin ortak noktası veri üreten akıllı araçlar olmasıdır. Teknolojik evrimlerin etkisi tükettiğimiz ürün ve hizmetlerin dijitalleşme yönünde etkisidir. [2]

Dünya Ekonomik Forumunun Derin-Değişim Teknolojinin Dönüm Noktaları ve Sosyal Etkileri 2015 Raporu'na göre, insanların %10 internete bağlanabilir elbiseler giyiniyorlar.[29]

Bunun yanı sıra, sunulan akıllı ürünlerden biri de Ralph Lauren'in geliştirdiği ter miktarını, nabız hızını, nefes alma yoğunluğu gibisağlık durumlarını ölçebilen spor gömleğidir.[30]

4.2.5 Teknolojilerin müşteriler üzerinde etkileri

Şirketler için en önemli unsurlardan biri mevcut ve potansiyel müşterileridir. Dolayısıyla, teknolojilerin şirket üzerindeki etkilerinden biri de müşterilerle olan ilişkilerde gözlenmektedir. Bu anlamda iki önemle hususu belirlendir: Müşteri talebinin hızla karşılanması ve müşteri 'deneyimlerinin' artan öneme sahip olması.

4.2.5.1 Müşteri talebinin hızla karşılanması

Sanayi 4.0 ile birlikte gelişen talep ekonomisi teknoloji şirketlerinin tüketicilerin taleplerinin hızlı bir şekilde yerine getirilmesi için fırsatlar sunuyor. Tüketiciler ihtiyaçlarını dijital ortamdan fiziksel ve ya dijital servislere aktararak hızlı şekilde ulaşabiliyorlar. Böyle bir ortamda tüketicilerin maliyetleri, zaman kayıpları neredeyse sıfıra inerken, aynı zamanda kişisel yaşamlarının verimliliği artmaktadır. Oturduğumuz yerden gelişen uygulamalar sayesinde, iki tuşla taksi çağıra biliyoruz, uçak bileti alıp seyahetimizi planlayabiliyoruz ve ya ödemelerimizi gerçekleştirebiliyoruz. Bu da verimliliğin, üretkenliğin artmasına sebep oluyor.[1], [31]

4.2.5.2 Müşteri 'deneyimlerinin' öneminin artması

Müşteri beklentileri her zaman işletmelerin en önemsediyi etkenlerden olmuştur. Sanayi 4.0'da müşteri beklentileri aslında müşteri 'deneyimleri' olarak tanımlana

bilir. Herhangi bir ürün ve ya hizmet ile ilgili bilgiye ulaşmak müşterilere bir parmak dokunuşu kadar uzaklıkta. Yaşadığımız bu dijital çağda veriye erişim o kadar hızlı ve kolay ki, tüketiciler anında hizmet ve ürünlerin fiyat, performans karşılaştırmasına ulaşabilir. Tabii ki, bu seçenekler müşteriler için büyük kolaylık sağlarken, şirketlerin de müşterilerin beklentileri anlamında daha titiz olmasını ve daha fazla odaklanmasını gerektirmektedir.[1]

5. SANAYİ 4.0 TEKNOLOJİLERİ

Hiçbir sanayi devriminde değişim sıfırdan başlamamış, bir öncekinin devamı olmuştur. Endüstri devrim teknolojileri de bu şekilde gelişmeler yaşamıştır. Sanayi 4.0 teknolojilerinin bazılarının ortaya çıkması endüstri 3.0'te gerçekleşmiş, bir sonraki aşamada ivme kazanmıştır. Buna örnek olarak, büyük veri, bulut bilişimi gibi tanımların sanayi 3.0' te ortaya çıktığını göstere biliriz. Dördüncü sanayi devriminde bir önceki aşamada üretilen yazılım sistemlerinin fiziksel sistemlerle birleştirilerek, daha bütün, kendi kendini yönetebilen daha güçlü sistemlerin ortaya çıkacaktır. Sanayi 1.0, 2.0 ve 3.0 devrimleri ortalama yüz yıl sürmüştür. Sanayi 4.0 devriminin daha güçlü, daha akıllı teknolojilerle daha hızlı ilerleyeceği öngörülmektedir.[2]

Birçok kaynakta dördüncü devrimi tetikleyen dokuz unsurdan bahsedilmektedir. Farklı yazarlar sanayi 4.0 teknolojilerini farklı şekilde gruplandırıp yorumlamıştır. Endüstri 4.0 olarak bilinen yeni dijital endüstriyel teknolojinin yükselişi, makineler arasında veri toplanmasını ve analiz edilmesini mümkün kılan, düşük maliyetle daha yüksek kaliteli ürünler üretmek için daha hızlı, daha esnek ve daha verimli süreçler sağlayan bir dönüşümdür. Bu üretim devrimi verimliliği artıracak, ekonomiyi değiştirecek, endüstriyel büyümeyi teşvik edecek ve işgücünün profilini değiştirecek - sonuçta şirketler ve bölgelerin rekabet gücünü değiştirecek. Gelişmiş dijital teknoloji artık üretimde kullanılmaktadır, fakat Endüstri 4.0 ile üretim tamamen dönüşüm yaşayacaktır. Tedarikçiler, üreticiler ve müşteriler arasındaki ve aynı zamanda insan ve makine arasındaki geleneksel üretim ilişkilerini değişecek ve daha fazla verimlilik sağlanacaktır.

5.1 Büyük Veriler Ve Analitik

Endüstri 4.0 bağlamında, birçok farklı kaynaktan (üretim ekipmanı ve sistemleri ile işletme ve müşteri yönetimi sistemleri) verilerin toplanması ve kapsamlı bir şekilde

değerlendirilmesi, gerçek zamanlı karar vermeyi desteklemek için standart hale gelecektir. [32]

Bu da endüstri 3.0'te geliştirilmiş ve endüstri 4.0'ın anayapı taşlarından olacak büyük veri ve analitiğinin artan önemine işaret etmektedir. 2003 yılında Google tarafından ortaya atılan bu kavramın, daha sonradan işletmeler tarafından geliştirilen açık kodlu yazılımlarla kullanım alanları artmıştır.[33]

Büyük veriyi genel olarak özetlersek, 5V kuralını kullanabiliriz. Velocity(hız), Volume(hacim), Value(değer), Variety(çeşitlilik), and Veracity(gerçeklik). Hergün astronomik hızla veriler üretiliyor. Buna makinelerin, akıllı okuyucuların veya e-postaların, hergün paylaşılan twitter mesajlarının, yapılan beğeni sayısını örnek göstere biliriz. Her günün her saniyesinde veri büyük hızla artmaktadır. Yalnızca analiz edilmekle kalmayıp, aktarım hızının ve verilere erişimin, web sitesine, kredi kartı doğrulamasına ve anlık mesajlaşmaya gerçek zamanlı erişim sağlamak için de anlık kalması gerekir. Büyük veri teknolojisi, verileri oluştururken, veritabanlarına koymadan analiz etmemize olanak sağlar.

Bugüne kadar verilerin hacmini gigabaytlarla ifade ederken, şimdi terabaytlardan, petabaytlardan bahsediliyor. Hızla birlikte verinin hacmi inanılmaz artış göstermektedir. Bu da verilerin depolanması ve analiz edilmesi gibir zorluklar ortaya çıkarmaktadır.

Bunun yanı sıra, veri türleri de çeşitlenmektedir. Veriler artık sadece bilgiler içeren tablolar değil, uzaysal ve mekansal bilgiler, sosyal medya verileri, okuyucu, makine vb. verileri içermektedir.

Sınırsız miktarda veriye sahip olmak, bu verilerin değere dönüştürülemediği sürece faydasızdır. Veriler ve içgörüler arasında açık bir bağlantı olsa da, bu her zaman Büyük Veri'de değer olduğu anlamına gelmez. Büyük bir veri girişimi başlatmanın en önemli kısmı, sonuçta elde edilen verinin paraya çevrilebilmesini sağlamak için veri toplamanın ve analiz etmenin maliyetlerini ve faydalarını anlamaktır. [2], [34]

5.2 Otonom Robotlar

İşletmelerde robotlar birbirleriyle etkileşime girecek ve insanlarla yan yana güvenle çalışacak ve onlardan öğreneceklerdir. Bu robotlar daha az maliyetli olacak ve bugün imalatla kullanılanlardan daha fazla yetenek aralığına sahip olacaktır. [32]

Bunun yanı sıra, üretim alanında endüstriyel robotların yazılımsal olarak hızla geliştiği ve daha fazla zekaya sahip olacağı gözlenmektedir.[2]

Robotlar üretimle beraber, bir çok sektörü derinden etkilemektedir. Sağlık sektöründe geliştirilen robotlardan bahsetmemiz gerekirse, yapay zekaya sahip “robot bilimcisi” olan Eve Cambridge üniversitesinde örnek göstere biliriz. Eve ilaç keşfini daha hızlı ve daha ucuz maliyetlerle sağlayabiliyor. Eve’in sıtma ile mücadelede kanser önleyici özelliklere sahip olduğu gösterilen bir bileşiğin de kullanılabileceğini keşfetmiştir.[35]

5.3 Simülasyon

Simülasyonlar, fabrika operasyonlarında gerçek zamanlı verileri kullanarak makineleri, ürünleri ve insanları içerebilecek sanal bir modelde fiziksel dünyayı yansıtmak için daha yaygın olarak kullanılacaktır. Bu, operatörlerin fiziksel değişimden önce sanal dünyada sıradaki bir sonraki ürün için makine ayarlarını test etmesini ve optimize etmesini, böylece makine kurulum zamanlarını düşürmesini ve kaliteyi artırmasını sağlayacaktır. [32]

Siemens’le bir Alman ekipman üreticisinin işbirliği sonucu olarak, bir sanal makine geliştirilmiştir. Bu makine fiziksel makinelerden toplanan verileri kullanarak parçaların işlenmesini simüle etmektedir. Böylece, işleme süreci için gereken hazırlık süresinin %80 azaldığı görülmüştür.[8]

5.4 Yatay ve Dikey Sistem Entegrasyonu

Endüstri 4.0 ile şirketler, departmanlar, fonksiyonlar ve yetenekler, şirketlerarası, evrensel veri entegrasyon ağları geliştikçe ve gerçekten otomatik değer zincirleri oluşturdukça çok daha tutarlı hale gelecektir. [32]

Şöyle ki, sanayi 4.0 temelini oluşturan birbirine bağlantılı yapıların sürekli akışını sağlamak için her noktada yatay ve dikey entegrasyon uygulamak gereklidir. Yatay entegrasyon bütün süreçleri, hatta farklı firmalardaki iş modellerini bile uçtan-uca sistemler kurarak birleştiriyor. Yani, üretim ve planlama sürecinde olan tüm etaplar kendi aralarında, ilaveten farklı firmaların üretim ve planlama süreçlerindeki etapları kesintisiz akışla ilerlemesini sağlayacaktır.

Dikey entegrasyon ise süreçlerin değil, süreçlerde bulunan teknolojik altyapının kesintisiz bırakışla ilerlemesini sağlamaktadır. Mesela, üretim sürecinde kullanılan sensör, kurumsal kaynak planlamaları, vanalar, aktüatörler vb. bir biri ile kesintisiz iletişim sağlayarak dikey entegrasyonu gerçekleştiriliyor.

Sonuç olarak, hem süreçlerde değişiklikler, sorunlar daha hızla sonuçlarken, işletmelerin de daha esnek bir yapısının oluşturuluyor. [36]

5.5 Nesnelerin İnterneti

Nesnelerin interneti, esas olarak veri toplama teknolojilerine sahip bir makine veya nesne sistemidir, böylece bu nesneler birbirleriyle iletişim kurabilir. Nesnelerin interneti, saha cihazlarının hem birbirleriyle hem de daha merkezi kontrol cihazlarıyla iletişim kurmasını ve etkileşimde bulunmasını sağlar. Aynı zamanda analitik ve karar vermeyi merkezden uzaklaştırarak gerçek zamanlı tepkiler verebilir. [32]

BT yöneticileri, nesnelerin interneti'ni fiziksel ortamlarda hakkında bilgi almak istedikleri herhangi bir şey için kullanabilirler. Örneğin, nesnelerin interneti Amazon yağmur ormanlarında ormansızlaşmayı önlemek için kullanılıyor. Cargo Tracck adındaki Brezilyalı bir yer hizmetleri şirketi, güvenlik şirketi Gemalto'nun M2M sensörlerini korunan alanlardaki ağaçlara yerleştiriyor. Bir ağaç kesildiğinde veya taşındığında, güvenlik polisi GPS konumlu ve yetkililerin yasa dışı olarak kaldırılan ağacı izlemesine izin veren bir mesaj alır. [37]

5.6 Siber Güvenlik

Endüstri 4.0 ile gelen artan bağlantı ve standart iletişim protokollerinin kullanımı ile kritik endüstriyel sistemleri ve üretim hatlarını siber güvenlik tehditlerinden koruma ihtiyacı büyük ölçüde artmaktadır. Sonuç olarak, güvenli ve güvenilir iletişim ile birlikte gelişmiş kimlik ve makinelerin ve kullanıcıların erişim yönetimi çok önemlidir. [32]

Rekabetin de çok yoğun olduğu bir dönemde aktarılan verilerin güvenliğinin sağlanması kilit noktalardan biri haline geliyor.

Güvenlik sorunlarının en çok görüldüğü noktalardan biri, eski cihazlar ile yenileri arasındaki bağlantılarda ortaya çıkan sorunlardır. Aynı zamanda dikkat edilmesi

gereken şeylerden biri de verileri elde ettiğimiz kaynakların ne kadar güvenli olduğudur. Endüstri 4.0 ile hem güvenli siber ortamlar oluşturmak, hem de siber güvenlik'ten faydalanma ivme kazanmaktadır. [37]

5.7 Bulut

Sanayi 4.0'un gelişmesiyle birlikte, veri hacimlerinde astronomik artış yaşanmaktadır. Mevcut donanım ve yazılımlar bu artışı yükünü kaldırması her geçen gün daha zor hale geliyor. Bu sorun Bulut Bilişim Sistemlerinin ortaya çıkmasını sağlamıştır. Bu sistem sayesinde, insanlar işletme için gerekli olan bilgileri, verileri, uygulamaları bilgisayar ve ya veri merkezinde depolamak yerine, bulut sistemini kullanarak istedikleri zaman ulaşım sağlayabilmektedirler. Bulut sistemlerinin güvenli olup olmaması bir tartışma konusuyken, maliyetlerde kazandırdığı avantajlar çok büyüktür. [36]

Üretimle ilgili daha fazla taahhüt, siteler ve şirket sınırları arasında daha fazla veri paylaşımı artımı yaşanırken, bulut teknolojilerinin performansı da artarak, sadece birkaç milisaniyelik reaksiyon sürelerine ulaşmaktadır. Sonuç olarak, makine verileri ve işlevselliği giderek daha fazla buluta dağıtılmakta ve böylece üretim sistemleri için daha fazla veritabanlı hizmetler sağlanmaktadır. [32]

Harvard Business Review tarafından yapılan 2014 araştırmasına göre, veriler bulut sisteminde kullanılmasının müşteri destek deneyimlerinde olumlu ve önemli bir faktör olduğu ortaya çıkmıştır. İşletmelerin yüzde 70'i, bulut sistemine geçtikten sonra maddi avantajların arttığını belirtmiştir. Bununla beraber, bulut sistemine geçiş uygulama istikrarı, çalışma süresi, sayfa yükleme sürelerinin azalması ve hepsi müşteri memnuniyetini artıran müşteri sorunlarına daha hızlı ortalama tepkilerde artmaya yol açtığı belirlenmiştir.[38]

5.8 Eklemeli Üretim

Şirketler, daha çok prototip ve tek tek parçalar üretmek için kullandıkları 3-D baskı gibirilave üretimi benimsemeye başladılar. Endüstri 4.0 ile birlikte, bu katkı-üretim yöntemleri, karmaşık, hafif tasarımlar gibirinşaat avantajları sunan küçük miktarlar da özelleştirilmiş ürün üretmek için yaygın olarak kullanılacaktır. [32]

3D yazıcılar sayesinde, en küçük objeden tutmuş, bir gökdelene kadar nesneler üretebilmek mümkün olacaktır. Gerçekleştirilmiş örnek olarak, Wake Forest Üniversitesi, organ, doku, kemik üretebilen bir yazıcı üretmişler. [2]

5.9 Arttırılmış Gerçeklik

Arttırılmış gerçeklik temelli sistemler, bir depoda parça seçimi ve mobil cihazlara onarım talimatı gönderme gibirçeşitli hizmetleri destekler. Bu sistemler şuanda başlangıç aşamasındadır, ancak gelecekte şirketler, çalışanlara karar alma ve çalışma prosedürlerini geliştirmek için gerçek zamanlı bilgi sağlamak için arttırılmış gerçeklikten daha geniş bir şekilde faydalanacaktır.

Buna örnek olarak, Siemens'in geliştirdiği 3 boyutlu ortam sunan fabrika sanal operatörleri, acil durumlarda ne yapılması konusunda fabrika işçilerini eğitmektedirler. Bu operatörler, diğer makinelerle etkileşim sağlayarak parametreleri dönüştürebiliyor ve operasyonel bilgilerle bakım talimatlarına erişebiliyorlar.[32]

5.10 Yapay Zeka Ve Makine Öğrenimi

Yapay zeka, adından anlaşıldığı üzere insan zekasını makinelere aktararak, öğrenme, problem çözme, algı gibi insana has becerilerin uygulanmasıdır. Yapay zeka ve makine öğrenimi sayesinde makinelerin insan seviyesinde bir akla erişmeye çalışıyor. [2]

6. BULANIK AHP VE BULANIK TOPSİS

6.1 Bulanık Mantık

Günlük hayatımızda bir çok şeyi tanımlarken ve ya bir olayı anlattığımızda, düşüncelerimizi ifade ettiğimizde kullandığımız sayısal ve ya sözel tanımlar belirsizlik ve bulanık mantık içerir. Mesela, bir insanın ortalama yaşını ifade etmek için yaşlı, orta yaşlı, genç, çok genç ve sair gibirtanımlar kullanırız. Bu tür tanımlamamızın sebebi, insan beyninin olayları nasıl tanımlaması, değerlendirmesi, yorumlaması ile alakalıdır.[39]

Bulanık mantık, insanların yukarıda bahsettiğimiz üzere belirsiz tanımlarla düşüncelerini ifade etme yeteneği ile örtüşen bir kavramdır. Bu kavram, ilk defa 1965 yılında Lotfi A. Zadeh tarafından “Information and Control” dergisinde yayınlanan “Bulanık Kümeler” adlı makalesinde kullanılmıştır. Bu makalede bulanık mantık ve bu mantığın kurallarına dayanan bulanık küme teorisi ortaya atılmıştır. [40]

Aristo Mantığı, yani bir şeyin doğru ve ya yanlış olduğunu gösteren mantık sisteminden farklı olarak, bulanık mantıkta kısmen doğru, kısmen yanlış, doğru, kesin doğru gibirkarmaşık bir sistem uygulanmaktadır. Bu da belirsiz, karmaşık durumlarda daha kolay çözüm bulunmasını sağlar. İsminin tam tersi olarak, belirsiz işlemlerle ve ya olası bir hesaplamayla değil, değişenlerin ve kuralların esnek bir şekilde olup modellenmesi ile oluşmaktadır. [41]

Bulanık mantık sistemi temel olarak bulanık küme teorisine dayanır. Bulanık kümeler de üyelik fonksiyonlarına göre belirlenir. Belirttiğimiz üyelik fonksiyonları da bulanık sayılarla karakterize edilir. Bir sonraki bölümlerde bu terimler daha açık şekilde tanımlanacaktır.[39]

6.2 Bulanık Kümeler

Herhangi bir karar verme sürecinde her zaman küçük dahi olsa, belirsizlikle karşılaşılır. Bunun en önemli sebebi karar vericilerin muğlak, belirsiz, öznel yargılar ve şüphelerle fikirlerini ifade etmesidir. Karar verme sürecinde bu belirsiz ifadeleri ve düşünceleri gidermek için dilsel terimler kullanılarak bulanık kümeler oluşturulur. Karar verme sürecinde daha sağlıklı sonuçlar elde edilir.

Bulanık küme teorisinden farklı olarak, klasik küme teorisinde üyelik fonksiyonlarına göre bir eleman ya kümeye dahildir ve 1 değeri alır, ya da bir eleman kümeye dahil değil ve kümenin dışındadır, bu durumda 0 değeri alır. Bu karakteristik üyelik fonksiyonu matematiksel olarak denklem 5.1'de gösterilmektedir: [40]

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & x \in A \\ 0 & x \notin A \end{cases} \quad (5.1)$$

Bulanıklık kavramının en temel unsuru olan bulanık kümelerin üyeleri ise değişik ait olma derecelerine sahiptir. Bulanık kümeye kesin dahil olan elemanlar 1 değeri, kesin dahil olmayan elemanlar 0 değeri alır. Bulanık kümeye dahil olup olmadığı belirsiz olan bulanık elemanlar ise [0-1] değerleri arasındaki sonsuz değerler ala bilir. Bu tür üyelik fonksiyonu ile bulanık küme belirsizlik kavramını bir nevi biçimlendirir ve azaltır. [39]

6.3 Bulanık AHP

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ilk defa Saaty tarafından 1971 yılında geliştirilmiştir. Çok kriterli karar verme yöntemi olan AHP karar vericilerin ifadelerine göre karmaşık karar problemlerini çözmeye yardımcı olan faydalı bir uygulamadır. AHP yönteminde uzman görüşleri alınarak değişkenler arasında karşılaştırma yapmak için değişen sayılar kullanılır. Kriterler arasında ikili karşılaştırmalar yapılarak önceliklendirilir.

AHP'nin amacı, uzmanın bilgisine dayanarak çözüm üretse de, geleneksel AHP hala insan düşünce tarzını yansıtmıyor. Karar verme sürecinde ikili karşılaştırmada kesin değerlerin kullanılması ve öznel düşüncelerden dolayı sonuçlar etkin değerlendirilmiyor. Bu eksiklik ve belirsizlik AHP yönteminin literatürde sürekli eleştirilmesine sebep olmuştur. [42]

Bu nedenle, hiyerarşik bulanık problemleri çözmek için AHP'nin bir uzantısı olan bulanık AHP geliştirilmiştir. Çeşitli yazarlar birçok bulanık AHP (BAHP) yöntemleri önermiştir. Bu yöntemlerin hepsi, bulanık küme teorisi ve hiyerarşik yapı analizi kavramlarını kullanarak alternatif seçim ve gerekçelendirme problemine sistematik yaklaşımlardır. Karar vericiler genellikle aralıklı kararlar vermeyi sabit değerlerle yargılamadan daha güvenli buluyorlar. Bunun esas nedeni, karar vericiler tercihlerini karşılaştırma sürecinin bulanık doğasından dolayı açıkça ifade edebilmemektedirler. Bulanık AHP ilk olarak, üçgen üyelik işlevlerinin tanımlandığı bulanık oranları karşılaştıran Van Laarhoven ve Pedrycz (1983) tarafından ortaya atılmıştır. Buckley (1985), üyeliği yamuk olan karşılaştırma oranlarının bulanık önceliklerini belirlemiştir. Stam ve diğ. (1996), AHP'deki tercih derecelendirmelerini belirlemek ya da yaklaşık olarak tahmin etmek için geliştirilen yapay zeka tekniklerinin nasıl kullanılabileceğini araştırmıştır. [43]

AHS yönteminde ilk olarak, kriterlerin bulunduğu her düzey için kendi aralarında karşılaştırma yapılır ve bulunan değerlerle $n \times n$ boyutunda bir kare matris oluşturulur.(Çizelge 5.1)

Çizelge 5.1: Karşılaştırma matrisi

		C_1	C_2	...	C_n
$A =$	C_1	1	a_{12}	...	a_{1n}
	C_2	$1/a_{12}$	1	...	a_{2n}
	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
	C_n	$1/a_{1n}$	$1/a_{2n}$	...	1

Karşılaştırmada Saaty'nin 1-9 ölçeğindeki değerler kullanılır.

İkinci adım olarak, karşılaştırma matrisindeki her sütuna ait elemanlar sütunun toplamına bölünerek normalize edilmiş değerleri bulunur. Bu işlemin sonrasında, satır elemanlarının ortalaması alınarak, öncelik vektörü elde edilir. Elde edilen öncelik vektörü ile başlangıçtaki karşılaştırma matrisi çarpılarak 'tüm öncelikler matrisi' bulunur. Elde edilen matris elemanları öncelik vektörü elemanlarına bölünür ve bu değerlerin ortalaması alınarak λ_{maks} bulunur. Aşağıdaki formülle CI bulunur. (5.2)

$$CI = \frac{\lambda_{maks} - n}{n-1} \quad (5.2)$$

Son olaraksa, 5.3'teki formülle tutarlılık oranı bulunur ve bu oranın %10'un altında olması kabul görmektedir.

$$C R = \frac{C I}{R I} \quad (5.3)$$

Tutarlılık oranının kabuledilir olduğu hesaplandıktan sonra, AHP uygulama aşamaları hesaplanır.

Bu çalışmada kriter karşılaştırması için kullanacağımız aralık-değerli Pisagor BAHP'dir. Aralık-değerli Pisagor BAHP'nin adımları aşağıdaki şekildedir:

Adım 1: Çizelge 5.2'deki dilsel değişkenler kullanılarak, uzman görüşleri alınarak ikili karşılaştırma matrisi $\tilde{D}_{n \times n}$ oluşturulur.

Çizelge 5.2: İkili karşılaştırma matrisi

$$\tilde{D}_{n \times n} = \begin{bmatrix} \tilde{d}_{11} & \tilde{d}_{12} & \cdot & \cdot & \tilde{d}_{1n} \\ \tilde{d}_{21} & \tilde{d}_{22} & \cdot & \cdot & \tilde{d}_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \tilde{d}_{m1} & \tilde{d}_{m2} & \cdot & \cdot & \tilde{d}_{nn} \end{bmatrix}$$

Eğer uzman sayısı 1'den fazlaysa; k sayıda uzmanın, n sayıda kriter ve alternatifler değerlendirmeleri için geometrik ortalama değerleri aşağıdaki formülle hesaplanacaktır.(5.4)

$$\left(\left[\prod_{i=1}^k (\mu_i^L)^{\frac{1}{k}}, \prod_{i=1}^k (\mu_i^U)^{w_i} \right] \left[\sqrt{1 - \prod_{i=1}^k (1 - v_i^L)^2}^{\frac{1}{k}}, \sqrt{\prod_{i=1}^k (1 - v_i^U)^2}^{\frac{1}{k}} \right] \right) \quad (5.4)$$

Adım 2: Denklem a ve b kullanılarak, üyelik ve üyelik dışı fonksiyonların alt ve üst değerleri arasındaki fark matrisi olan skor matrisi oluşturulur.(5.5)

$$\begin{aligned} \tilde{s}_{ij} &= (\tilde{\mu}_{ij})^2 - (\tilde{v}_{ij})^2 = \left[(\mu_{ij}^L)^2 - v_{ij}^{U^2}, (\mu_{ij}^{U^2} - v_{ij}^{L^2}) \right] \\ \tilde{s}_{ji} &= (\tilde{\mu}_{ji})^2 - (\tilde{v}_{ji})^2 = \left[(\mu_{ji}^L)^2 - v_{ji}^{U^2}, (\mu_{ji}^{U^2} - v_{ji}^{L^2}) \right] \end{aligned} \quad (5.5)$$

Adım 3: $\tilde{\alpha}_{ij} = \sqrt{1000 \tilde{s}_{ij}}$ kullanılarak, iç çarpım matrisi oluşturulur.(Çizelge 5.3)

Çizelge 5.3:İç çarpım matrisi

$$\tilde{A}_{n \times n} = \begin{bmatrix} 1000^{\tilde{s}_{11}} & 1000^{\tilde{s}_{12}} & \cdot & \cdot & 1000^{\tilde{s}_{1n}} \\ 1000^{\tilde{s}_{21}} & 1000^{\tilde{s}_{22}} & \cdot & \cdot & 1000^{\tilde{s}_{2n}} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 1000^{\tilde{s}_{n1}} & 1000^{\tilde{s}_{n2}} & \cdot & \cdot & 1000^{\tilde{s}_{nn}} \end{bmatrix}$$

*Adım 4:*Elde ettiğimiz değerler ve 5.6'dakı denklem kullanılarak öncelik vektörü hesaplanır.

$$\tilde{W}_i = \frac{\sum_{j=1}^n \tilde{a}_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \tilde{a}_{ij}} = \left[\frac{\sum_{j=1}^n \tilde{a}_{ij}^L}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \tilde{a}_{ij}^L}, \frac{\sum_{j=1}^n \tilde{a}_{ij}^U}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \tilde{a}_{ij}^U} \right] = [w_i^L, w_i^U] \quad (5.6)$$

Adım 5: 5.7'deki formülle öncelik vektörlerinin olabilirlik derecesi hesaplanır.

$$p(\tilde{w}_i \geq \tilde{w}_j) = \frac{\min\{\tilde{w}_i^U - \tilde{w}_j^L + \tilde{w}_j^U - \tilde{w}_j^L, \max(\tilde{w}_i^U - \tilde{w}_j^L, 0)\}}{\tilde{w}_i^U - \tilde{w}_i^L + \tilde{w}_j^U - \tilde{w}_j^L} \quad (5.7)$$

Adım 6: Bulunan olabilirlik dereceleri kullanılarak öncelik ağırlıkları bulunur.(5.8)

$$w_i = \frac{1}{n} \left[\sum_{j=1}^n p_{ij} + \frac{n}{2} - 1 \right] \quad (5.8)$$

Adım 7: Bulduğumuz öncelik ağırlıkları değerleri 5.9'dakı formülle normalize edilir.

$$W_i^T = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (5.9)$$

*Adım 8:*Kriterler için uyguladığımız yukarıdaki 7 adım aynı şekilde alternatifler için de uygulanır. Nihai adım olarak alternatiflerin sıralama değerleri 5.10'dakı formülle hesaplanır. Ve en yüksek öncelik değerine sahip alternatif seçilir. [44]

$$P_j = \sum_{i=1}^n W_i^T \cdot \varphi_i \quad (5.10)$$

6.4 Bulanık TOPSİS

İdeal Çözümle Benzerlik Sırasıyla Sipariş Performansı Tekniği (TOPSIS) Hwang ve Yoon tarafından önerilmiştir ve çok kriterli karar verme problemlerini çözmek için en bilinen tekniklerdendir. Bu yöntem, alternatifin Pozitif İdeal Çözümüne (PIS)

(maliyet kriterlerini en aza indiren ve fayda kriterlerini en üst seviyeye çıkaran çözüm) en kısa mesafeye sahip olması ve Negatif İdeal Çözüm'e (NIS) en uzak mesafeye sahip olması kavramına dayanmaktadır. [45]

TOPSİS yöntemini kullanarak pozitif ideal çözüme en yakın mesafesi olan ve negatif ideal çözüme de en uzak olan alternatifin belirlenmesi amaçlanır.

Daha gerçekçi ve sağlıklı çözüme ulaşmak için TOPSİS yöntemini bulanık mantıkla beraber kullanarak Bulanık TOPSİS yöntemi önerilmiştir. Şöyle ki, karar vericilerin yargıları belirsiz olabilir ve kesin şekilde ifade edilmeyebilir. Bulanık TOPSİS yönteminde karar vericiler kriter ve alternatifleri değerlendirirken daha doğru seçim yapabilmek adına sözel ifadeler, yani dilsel değişkenler kullanılmaktadırlar. [46]

2000 yılında Chen tarafından geliştirilen Bulanık TOPSİS yönteminin uygulama aşamaları aşağıdaki gibidir.

Adım1: Karar vericilerin değerlendirmeleri aritmetik ortalama işleme uygulanarak birleştirilir ve bulanık karar matrisi oluşturulur.

Adım2: Bulanık karar matrisindeki değerler $[0,1]$ aralığına indirgenerek normalizasyon işlemi uygulanır. Bu işlemin uygulanması için öncelikle karar kriterinin fayda ve ya maliyet kriter olması belirlenmelidir. Eğer değerlendirilen kriter fayda kriteri ise, normalizasyon işlemi her sütundaki üçüncü bileşenin en büyüğü belirlenerek, sütundaki elemanların en büyük değere bölünerek normalizasyon işlemi yapılır. Maliyet kriteri olması durumunda, her sütundaki ilk bileşenin minimum değeri dikkate alınarak normalizasyon işlemi uygulanmaktadır.(5.11) Sonuç olarak, normalize edilmiş karar matrisi elde edilir.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{u_j^+} = \left(\frac{l_{xij}}{u_j^+}, \frac{m_{xij}}{u_j^+}, \frac{u_{xij}}{u_j^+} \right) j \in B$$

$$r_{ij} = \frac{l_j^-}{u_{ij}^-} = \left(\frac{l_j^-}{u_{ij}^-}, \frac{l_j^-}{u_{ij}^-}, \frac{l_j^-}{u_{ij}^-} \right) j \in C$$

$$u_j^+ = \max(u_{ij}) \forall i = 1, 2, \dots, m \in B$$

$$u_j^- = \min(l_{ij}) \forall i = 1, 2, \dots, m \in C$$
(5.11)

Adım 3: Normalize edilmiş karar matrisindeki değerler kriter ağırlıkları ile çarpılarak ağırlaklandırılmış normalize karar matrisi oluşturulur.

Adım 4: Bu adımda her alternatif için pozitif ve negatif ideal çözüm değerleri aşağıdaki gibihesaplanır. (5.12)

$$A^+ = (V_1^+, V_j^+, \dots, V_n^+) \text{ ve } V_j^+ = \begin{cases} (1,1,1)_j \in B \\ (0,0,0)_j \in C \end{cases}$$

$$A^- = (V_1^-, V_j^-, \dots, V_n^-) \text{ ve } V_j^- = \begin{cases} (0,0,0)_j \in B \\ (1,1,1)_j \in C \end{cases}$$
(5.12)

Adım 5 : Her kriterin pozitif ve negatif ideal çözüme olan uzaklıkları aşağıdaki formüllerle hesaplanır.(5.13)

$$d_{i+} = \sum_{j=1}^n d(v_{ij}; v_j^+) = \sum_{j=1}^n \sqrt{\frac{1}{3} * [(l_{ij} - j_j^+)^2 + (m_{ij} - m_j^+)^2 + (u_{ij} - u_j^+)^2]}$$

$$d_{i-} = \sum_{j=1}^n d(v_{ij}; v_j^-) = \sum_{j=1}^n \sqrt{\frac{1}{3} * [(l_{ij} - j_j^-)^2 + (m_{ij} - m_j^-)^2 + (u_{ij} - u_j^-)^2]}$$
(5.13)

Adım 6: Bir önceki adımda bulunan uzaklıklar kullanılarak yakınlık indeksleri aşağıdaki formülle bulunularak alternatif sıralaması elde edilir.(5.14)

$$C_i = \frac{d_{i-}}{d_{i+} + d_{i-}}$$
(5.14)

Yakınlık indeksinin 1'e yaklaşması ilgili alternatifin pozitif ideal çözüme yaklaşması ve negatif ideal çözümden uzaklaşması gibiryorumlanır. Dolayısıyla, 1'e daha yakın olan indeksli alternatiflerin seçilme şansı da biro kadar fazladır. [47]

7. YENİ TEKNOLOJİLERİN ŞİRKETLER ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN BULANIK ORTAMDA BÜTÜNLEŞİK YAKLAŞIK İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

İlk sanayi devriminden bu yana teknolojik gelişmeler tüm ülkeler, toplumlar, işletmeler üzerinde büyük değişimlere sebep olmuş ve halen artan hızla etkileri gözlenmektedir. Günümüz sanayi 4.0 teknolojilerinde yaşanan hızlı gelişmeler teknolojinin önemini her geçen gün daha da arttırmaktadır. Bunlar göz önünde bulundurularak, bu çalışmada daha önceden de belirtildiği gibi, teknolojilerin şirketler üzerinde etkilerini incelemek ve şirketlerini bu etkileri göz önünde bulundurarak hangi sanayi 4.0 teknolojilerine odaklanmaları gerektiğini belirlemek amaçlanmıştır.

Çalışmanın literatür araştırması kısmında teknolojilerin ülkeler üzerinde etkilerine de yer verilmiştir. Bu kısımda teknolojik etkilere makro açıdan yaklaşmakta olup, birçok kriter belirlenmiştir. Literatürde en çok rastladığımız etki teknolojik gelişmelerin ekonomik büyüme ile yakından ilişkide olduğudur. Bunun yanı sıra, insanların yaşam standartları, işgücü piyasaları, bir çok açıdan güvenlik sorunları gibi kriterler belirlenmiştir. Bulunan bu kriterler sosyal, ekonomik, politik ve saire gibigruplandırılabilir.

Çalışmanın ana konusu olan teknolojilerin şirketler üzerinde etkilerini belirlemek için detaylı literatür çalışması yapılmıştır. Bu çalışma sonucu hiyerarşik yapı oluşturularak ana kriter ve alt kriterler taslağı hazırlanmış ve bu taslak üzerinde uzmanların fikir ve önerileri alınarak, ekleme çıkarmalar yapılarak son hali elde edilmiştir. Bu çalışma tüm zamanlarda bulunan teknolojilerin etkileri göz önünde bulundurularak ve sektör ayırmaksızın tüm şirketlere sanayi 4.0 yolunda kılavuz olacak şekilde tasarlanmıştır. Bu etkiler dikkate alınarak şirketlerin teknoloji odaklarını belirlemek için gerekli olan alternatifler sanayi 4.0 teknolojileridir ve bu teknolojiler bundan önce yapılmış tez çalışmasında bulunan faktör analizine göre gruplandırılmış hali alternatifler olarak hiyerarşiye eklenmiştir.[47] Bu çalışmada

amaçlanan yol haritasının geçtiğimiz bu devrimde daha kesin ve sağlam adımlarla ilerlemek adına şirketler için faydalı olacağı düşünülmektedir.

Yukarıda bahsedilen teknolojilerin firmalar üzerinde mikro etkileri ve endüstri 4.0 teknolojiler arasındaki ilişkiyi değerlendirmek amacıyla aşağıdaki özgün tabloda hiyerarşik yapı gösterilmiştir.(Şekil 6.1.) Bu tabloyu incelediğimizde teknolojik devrimlerin şirketler üzerinde etkileri örgütsel, operasyonel, stratejik, ürün ve hizmetler ve müşteriler olarak 5 kriter olarak tanımlanmıştır. Örgütsel ana kriteri endüstri devrimleri ve teknolojik değişimlerin firmaların örgüt yapıları üzerinde etkilerini; operasyonel ana kriteri endüstri devrimleri ve teknolojik değişimlerin firmalardaki tüm operasyonel süreçler üzerinde etkileri; stratejik ana kriteri endüstri devrimleri ve teknolojik değişimlerin firmaların rekabet avantajları ve işbirlikleri üzerindeki etkilerini; ürün ve hizmet ana kriteri endüstri devrimleri ve teknolojik değişimlerin ürün ve hizmetler üzerinde etkilerini; müşteri ana kriteri endüstri devrimleri ve teknolojik değişimlerin müşteriler üzerinde etkilerini göstermektedir.

Bu kriterlerin alt kriter sayısı 14'tür, tabloda detaylı şekilde verilmiştir. Örgütsel etkilerin alt kriterleri – yeni işgücü profili, otomasyon tehditi altındaki işkolları, iş güvenliği, organizasyonel değişimler olarak; operasyonel etkilerin alt kriterleri – üretimde verimlilik artışı, tedarik zincirlerinin gelişimi, lojistik süreçlerin takibi olarak; stratejik etkilerin alt kriterleri – rekabet gücü ve inovasyon üzerine işbirliği olarak; ürün ve hizmetler üzerinde etkilerin alt kriterleri – kişiselleştirilmiş ürün ve hizmetler, veri ile iyileşen ürün ve hizmetler, akıllı ürün ve hizmetler olarak; müşteriler üzerinde etkilerin alt kriterleri – müşteri talebinin hızla karşılanması ve müşteri deneyimlerinin öneminin artması olarak belirlenmiştir.

Alt kriterleri aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

- Yeni işgücü profili - Daha nitelikli yetenek ve becerilere sahip işgücü beklentisi
- Otomasyon tehditi altındaki işkolları - Bilgisayarlaştırılarak yok olacak meslekler ve robotların mevcut işçilerin yerini alması
- İş güvenliği - Daha güvenilir ve çalışılabilir iş ortamlarının artması
- Organizasyonel değişimler - Firmanın yönetim ve organizasyonunda, çalışanların iş yapış şekilleri ve çalışma düzenlerinin değişime uğraması,

örgüt içinde ve örgütler arasında birlikte çalışmada yetersiz iletişimin giderilerek kolaylaştırılması gibirdeğişimler

- Üretimde verimlilik artışı - Toplam üretim maliyeti göz önüne alındığında, verimlilikteki artış
- Tedarik zincirlerinin gelişimi - Veri odaklı sistemler sayesinde tedarik zincirindeki olumlu gelişmeler
- Lojistik süreçlerin takibi - Lojistik süreçlerinin her aşamasının takipedilebilir olması
- Rekabet gücü - Firmanın rekabet avantajlarının artması
- İnovasyon üzerine işbirliği - Şirketlerin işbirlikçi inovasyon yoluyla kaynaklarını paylaşarak bütün taraflar için değer yaratılması
- Kişiselleştirilmiş ürün ve hizmetler - Ürün ve hizmetlerin tek tip olmaktan, kişiye özel hale (customized) hale dönüşümü
- Veri ile iyileşen ürün ve hizmetler - Dijital yeteneklerin ürün ve hizmetlerde hata ve eksikleri saptayıp işçileri ve işletmeyi ne yapma konusunda yönlendirmesi
- Akıllı ürün ve hizmetler - Akıllı ürün ve hizmetlerin üretim ve sunumu
- Müşteri talebinin hızla karşılanması - Talep ekonomisinin gelişmesiyle tüketiciler ya da talebirolan kişilerin istedikleri ürün veya hizmeti ihtiyaç duydukları zaman hızlı şekilde elde etmesi
- Müşteri ‘deneyimleri’nin öneminin artması - Firmaların müşteri beklentileri kavramını deneyimler şeklinde yeniden tanımlayarak çok hızlı tepki vermelerinin artan önemi.

Literatür taramasında tüm sanayi 4.0 teknolojileri üzerine araştırma yapılmış ve bölüm 4’de tüm teknolojilerle ilgili bilgi ve örnekler verilmiştir. Alternatifler olarak, endüstri 4.0 teknolojilerinin faktör analizi ile gruplandırılmış hali kullanılmıştır. Bu gruplandırmaya göre, üç alternatif belirlenmiştir: dijital üretim sistem teknolojileri, sanallaştırma teknolojileri ve veri yönetimi teknolojileri.

Dijital üretim sistemi teknolojilerine sensör teknolojisi, robot ve otomasyon, yatay / dikey sistem, bütünleşme, katmanlı imalat teknolojilerini kapsamaktadır.

Sanallaştırma teknolojilerine arttırılmış gerçeklik, simülasyon ve sanal gerçeklik teknolojilerini içermektedir.

Veri yönetimi teknolojilerine büyük veri, siber güvenlik, bulut bilişim, makine öğrenimi ve yapay zeka dahildir. [48]

Yukarıdaki bahsettiğimiz hiyerarşik yapının değerlendirilmesi için EK-A'daki anket çalışması düzenlenmiş, sektör ve akademik kadrodan olan toplam 3 uzman tarafından değerlendirilmiştir. Soru 1-6'da uzmanlardan endüstri 4.0 teknolojilerinin firmaların çeşitli alanları üzerinde yarattığı etkileri dikkate alarak, bu etkinin düzeyini diğerine kıyasla belirtmesi istenmiştir. Soru 1-6 değerlendirilmesi için dilsel değişkenler olarak- mutlak derecede önemli, çok kuvvetliden biraz daha önemli, çok kuvvetli derecede önemli, kuvvetliden biraz daha önemli, kuvvetli derecede önemli, ortadan biraz daha önemli, orta derecede önemli, biraz daha önemli, eşit derecede önemli kullanılmıştır. Örnek olarak, EK-A'da soru 1'de tablodaki ilk satırı "Endüstri 4.0 teknolojilerinin örgütsel alan üzerinde yarattığı etkinin düzeyi operasyonel alan üzerinde etki düzeyine kıyasla dir" şeklinde değerlendiriliyorsa ilk ("eşit derecede önemli"nin solundaki) sütunda belirtilmesi istenmiştir. "Endüstri 4.0 teknolojilerinin operasyonel alan üzerinde yarattığı etkinin düzeyi örgütsel alan üzerindeki etki düzeyine kıyasla dir." şeklinde değerlendiriliyorsa ikinci ("eşit derecede önemli"nin sağındaki) sütunda belirtilmesi istenmiştir. Soru 7'de endüstri 4.0 teknolojilerinin her bir faktör üzerinde etki düzeyini değerlendirilmesi istenmiştir. Bu soruda dilsel değişkenler olarak çok düşük, düşük, biraz düşük, orta, biraz yüksek, yüksek, çok yüksek kullanılmıştır.

Hiyerarşik yapının değerlendirilmesi için uygulama metodu olarak, çok kriterli karar verme yöntemlerinden aralık değerli Pisagor BAHP ve bulanık TOPSİS tercih edilmiştir. Kriterlerin ve alt kriterlerin etki düzeyleri aralık değerli Pisagor bulanık AHP yöntemi kullanılarak elde edilmiştir. Alt kriterlerin belirlenen ağırlıklarına göre alternatiflerle karşılaştırılması bulanık TOPSİS yöntemi ile yapılarak şirketlerin hangi teknolojiler üzerinde daha fazla odaklanması gerektiği belirlenmiştir.

Çok kriterli karar verme yöntemi olan AHP karar vericilerin ifadelerine göre karmaşık karar problemlerini çözmeye yardımcı olan faydalı bir uygulamadır. AHP yönteminde uzman görüşleri alınarak değişkenler arasında karşılaştırma yapmak için

değişen sayılar kullanılır. Kriterler arasında ikili karşılaştırmalar yapılarak önceliklendirilir.

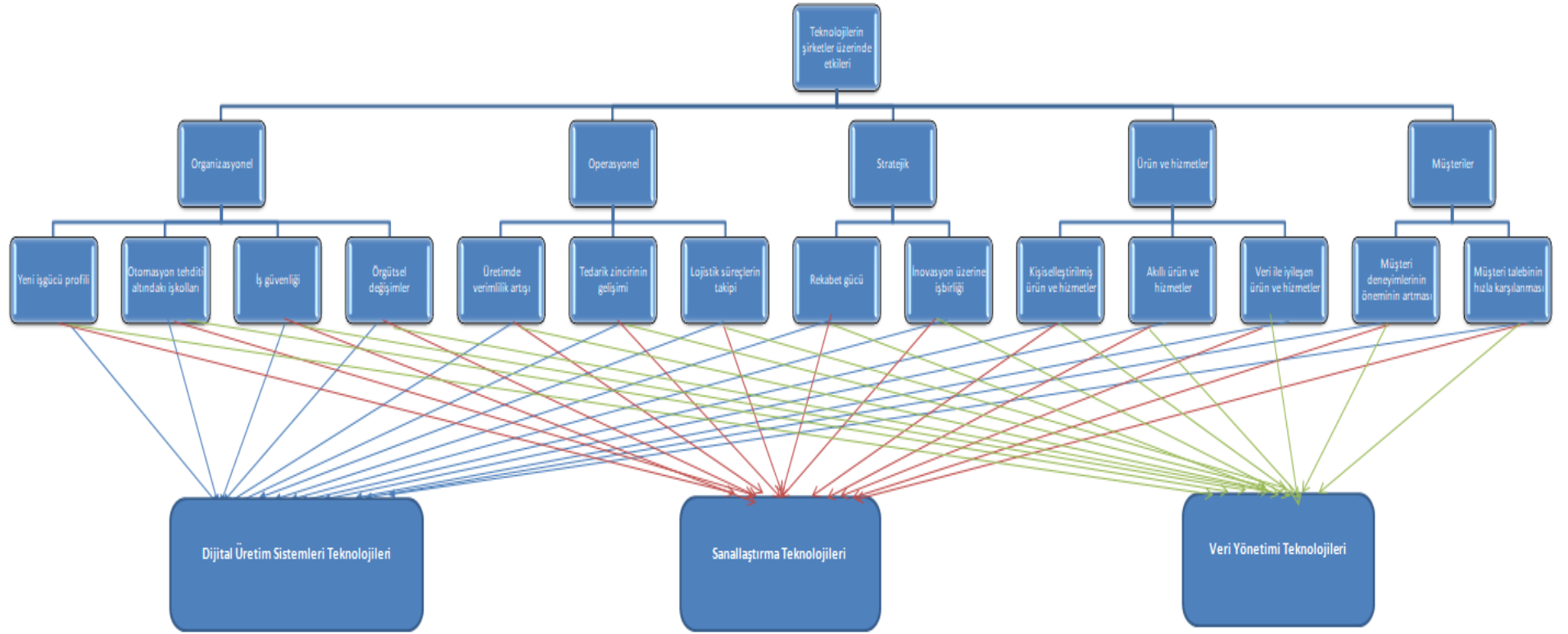
AHP'nin amacı, uzmanın bilgisine dayanarak çözüm üretse de, geleneksel AHP hala insan düşünce tarzını yansıtamıyor. Karar verme sürecinde ikili karşılaştırmada kesin değerlerin kullanılması ve öznel düşüncelerden dolayı sonuçlar etkin değerlendirilmiyor. Bu eksiklik ve belirsizlik AHP yönteminin literatürde sürekli eleştirilmesine sebep olmuştur.

Bu nedenle, hiyerarşik bulanık problemleri çözmek için AHP'nin bir uzantısı olan bulanık AHP geliştirilmiştir. Çeşitli yazarlar birçok bulanık AHP (BAHP) yöntemleri önermiştir. Bu yöntemlerin hepsi, bulanık küme teorisi ve hiyerarşik yapı analizi kavramlarını kullanarak alternatif seçim ve gerekçelendirme problemine sistematik yaklaşımlardır. Karar vericiler genellikle aralıklı kararlar vermeyi sabit değerlerle yargılamadan daha güvenli buluyorlar. Bunun esas nedeni, karar vericiler tercihlerini karşılaştırma sürecinin bulanık doğasından dolayı açıkça ifade ede bilmemektedirler.

İdeal Çözümle Benzerlik Sırasıyla Sipariş Performansı Tekniği (TOPSIS) Hwang ve Yoon tarafından önerilmiştir ve çok kriterli karar verme problemlerini çözmek için en bilinen tekniklerdendir. Bu yöntem, alternatifin Pozitif İdeal Çözüm (PIS) (maliyet kriterlerini en aza indiren ve fayda kriterlerini en üst seviyeye çıkaran çözüm) en kısa mesafeye sahip olması ve Negatif İdeal Çözüm'e (NIS) en uzak mesafeye sahip olması kavramına dayanmaktadır.

TOPSİS yöntemini kullanarak pozitif ideal çözüme en yakın mesafesi olan ve negatif ideal çözüme de en uzak olan alternatifin belirlenmesi amaçlanır.

Daha gerçekçi ve sağlıklı çözüme ulaşmak için TOPSİS yöntemini bulanık mantıkla beraber kullanarak Bulanık TOPSİS yöntemi önerilmiştir. Şöyle ki, karar vericilerin yargıları belirsiz olabilir ve kesin şekilde ifade edilmeyebilir. Bulanık TOPSİS yönteminde karar vericiler kriter ve alternatifleri değerlendirirken daha doğru seçim yapabilmek adına sözel ifadeler, yani dilsel değişkenler kullanmaktadırlar.



Şekil 6.1: Hiyerarşik yapı

7.1 Aralık Değerli Pisagor Bulanık AHP Uygulaması

Uygulama aşamasında endüstri 4.0 teknolojilerinin şirketleri üzerinde etki düzeylerini ve bu etkileri göz önünde bulundurularak şirketlerin hangi teknolojiler üzerinde yoğunlaşmasını belirlemek için EK-A'daki anket çalışması yapılarak uzman görüşleri elde edilmiştir. Öncelikle, kriter ve alt kriterle ilgili uzman görüşlerinin bulanıklaştırma öncesi ikili karşılaştırma matrisi oluşturularak tutarlılık analizi yapılmıştır. Çizelge 6.1'de tüm bulanıklaştırma öncesi ikili karşılaştırma matrislerinin tutarlılık analizi sonuçları gösterilmiştir. Yapılan analiz sonuçlarına göre, tutarlılık oranlarının %10'un altında olması herhangi bir tutarsızlığın olmadığını göstermektedir.

Çizelge 6.1: Kriter ve alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrislerinin tutarlılık oranları

Kriterler	Örgütsel a.k.	Operasyonel a.k.	Stratejik a.k.	Ürün ve hizmet a.k.	Müşteri a.k.
0,021	0,097	0,046	0,00	0,005	0,00

Kriterlerin uzmanlar tarafından değerlendirilmesi Çizelge 6.2'deki Pisagor bulanık sayılara çevrildikten sonra 5.4 denklemi kullanılarak çizelge 6.3'de gösterilen ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur. Daha sonra ikinci adımdaki formüller uygulanarak skor matrisi elde edilmiştir.(Çizelge 6.4)

Skor matrisinde bulunan sonuçlar kullanılarak adım 3'deki formülle iç çarpım matrisi oluşturulmuştur.(Çizelge 6.5) Matrisleri oluşturduktan sonraki adımları izleyerek normalize edilmiş kriter ağırlıkları bulunmuştur. (Çizelge 6.6)

Çizelge 6.2: Aralık değerli Pisagor bulanık sayılar

Dilsel değişkenler	Eşdeğer İVPF Sayıları				Karşılıklı Eşdeğer İVPF Sayıları			
Eşit derecede önemli	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Biraz daha önemli	0,1	0,2	0,8	0,9	0,8	0,9	0,1	0,2
Orta derecede önemli	0,2	0,35	0,65	0,8	0,65	0,8	0,2	0,35
Ortadan biraz daha önemli	0,35	0,45	0,55	0,65	0,55	0,65	0,35	0,45
Kuvvetli derecede önemli	0,45	0,55	0,45	0,55	0,45	0,55	0,45	0,55
Kuvvetliden biraz daha önemli	0,55	0,65	0,35	0,45	0,35	0,45	0,55	0,65
Çok kuvvetli derecede önemli	0,65	0,8	0,2	0,35	0,2	0,35	0,65	0,8
Çok kuvvetliden biraz daha önemli	0,8	0,9	0,1	0,2	0,1	0,2	0,8	0,9
Mutlak derecede önemli	0,9	1	0	0	0	0	0,9	1

Çizelge 6.3:İkili karşılaştırma matrisi

Adım 1	Örgütsel				Operasyonel				Stratejik				Ürün ve Hizmet				Müşteri			
Örgütsel	0,50	0,50	0,50	0,87	0,66	0,78	0,24	0,94	0,48	0,58	0,42	0,81	0,54	0,66	0,35	0,89	0,54	0,66	0,35	0,89
Operasyonel	0,19	0,32	0,69	0,58	0,50	0,50	0,50	0,87	0,43	0,50	0,50	0,86	0,44	0,48	0,52	0,83	0,52	0,59	0,44	0,86
Stratejik	0,41	0,51	0,49	0,81	0,50	0,56	0,44	0,86	0,50	0,50	0,50	0,83	0,30	0,40	0,62	0,70	0,52	0,55	0,46	0,87
Ürün ve Hizmet	0,32	0,44	0,56	0,72	0,52	0,55	0,46	0,87	0,52	0,59	0,44	0,86	0,50	0,50	0,50	0,87	0,52	0,55	0,46	0,87
Müşteri	0,32	0,44	0,56	0,72	0,30	0,40	0,62	0,70	0,44	0,48	0,52	0,87	0,44	0,48	0,52	0,83	0,50	0,50	0,50	0,87

Çizelge 6.4:Skor matrisi

Adım2	Örgütsel			Operasyonel		Stratejik		Ürün ve Hizmet		Müşteri									
Örgütsel	-	0,50	-	-	0,44	0,54	-	0,42	0,16	-	0,49	0,31	-	0,49	0,31				
Operasyonel	-	0,30	-	0,37	-	0,50	-	0,55	-	0,00	-	0,49	-	0,03	-	0,48	0,15		
Stratejik	-	0,48	-	0,03	-	0,50	-	0,12	-	0,44	-	0,39	-	0,22	-	0,50	0,09		
Ürün ve Hizmet	-	0,43	-	0,12	-	0,50	-	0,09	-	0,48	-	0,15	-	0,50	-	0,50	0,09		
Müşteri	-	0,43	-	0,12	-	0,39	-	0,22	-	0,55	-	0,03	-	0,49	-	0,03	-	0,50	-

Çizelge 6.5:İç çarpımsal matris

Adım 3	Örgütsel		Operasyonel		Stratejik		Ürün ve Hizmet		Müşteri	
Örgütsel	0,178	1,000	0,217	6,548	0,232	1,747	0,183	2,917	0,183	2,917
Operasyonel	0,350	0,274	0,178	1,000	0,150	0,985	0,184	0,886	0,193	1,667
Stratejik	0,188	1,099	0,179	1,534	0,221	1,000	0,257	0,468	0,178	1,356
Ürün ve Hizmet	0,230	0,662	0,178	1,356	0,193	1,667	0,178	1,000	0,178	1,356
Müşteri	0,230	0,662	0,257	0,468	0,148	0,886	0,184	0,886	0,178	1,000

Çizelge 6.6'den anlaşıldığı üzere,teknolojilerin şirketler üzerinde en yüksek etki düzeyi örgütsel alandadır. Bunun akabinde, ürün ve hizmetler üzerindeki etkilerle stratejik etkilerin yüksek seviyede olduğu anlaşılmaktadır. En düşük etki düzeyi operasyonel süreçlerde ve müşteriler üzerinde gözlemlenmektedir.

Çizelge 6.6: Normalize edilmiş kriter ağırlıkları

Örgütsel	Operasyonel	Stratejik	Ürün ve Hizmet	Müşteri
0,258	0,183	0,192	0,199	0,169

Kriterler için uygulanan tüm adımlar aynı şekilde alt kriterlere de uygulanarak normalize edilmiş alt kriter ağırlıkları elde edilmiştir.(Çizelge 6.7)Sonuçlardan anlaşıldığı üzere örgütsel kriterinin alt kriterlerinin normalize edilmiş ağırlıklarına göre, en yüksek etki düzeyine işgüvenliği 0,311 ağırlıkla sahip olurken, yeni işgücü profili, otomasyon tehditi altındaki işkolları ve organizasyonel değişimler sırayla onu takip etmektedir. Operasyonel kriterinin alt kriter normalize ağırlıklarına bakıldığında, ilk sırada 0,378 ağırlıkla lojistik süreçlerin takibi, ikinci sırada 0,340 ağırlıkla üretimde verimlilik artışı, en sonda ise 0,283 ağırlıkla tedarik zincirlerinin gelişimi görülmektedir. Stratejik kriterin alt kriter normalize ağırlıkları sıralaması rekabet gücü (0,557) ve inovasyon üzerine işbirliği (0,443) şeklindedir. Ürün ve hizmet kriterinin alt kriter ağırlıkları incelendiğinde büyük farkla ilk sırada akıllı ürün ve hizmetler görülmektedir. Daha sonraki sıralarda kişiselleştirilmiş ürün ve hizmetler, veri ile iyileşen ürün ve hizmetler gelmektedir. Müşteri kriterinin alt kriter normalize ağırlıklarındaki sıralama müşteri talebinin hızla karşılanması (0,537) ve müşteri deneyimlerinin öneminin artması (0.463) şeklindedir.

7.2 Bulanık TOPSİS uygulaması

Aralık değerli Pisagor Bulanık AHP yöntemiyle kriterlerin ve alt kriterlerin etki düzeyleri ölçülmüştür. Bu etki düzeyleri dikkate alınarak, şirketlerin endüstri 4.0 yolunda daha emin adımlarla ilerlemesi adına hangi teknolojiler üzerinde yoğunlaşması gerektiğini belirlemek için Bulanık TOPSİS yöntemi kullanılmıştır. Alternatifler olarak endüstri 4.0 teknolojilerinin faktör analiziyle gruplandırılmış hali kullanılmıştır. Bu gruplandırmaya göre 3 alternatif belirlenmiştir - dijital üretim sistemleri teknolojileri, sanallaştırma teknolojileri, veri yönetimi teknolojileri. Dijital üretim sistemleri teknolojileri grubuna sensör teknolojisi, robot ve otomasyon, yatay/dikey sistem bütünleşmesi, katmanlı imalat ve nesnelerin interneti;

sanallaştırma teknolojileri grubuna arttırılmış gerçeklik teknolojisi, simülasyon, sanal gerçeklik; veri yönetimi teknolojileri grubuna büyük veri, siber güvenlik, bulut bilişim, makine öğrenimi ve yapay zeka dahildir. [47]

Çizelge 6.7: Alt kriterlerin normalize edilmiş ağırlıkları

Örgütsel	
Yeni İşgücü profili	0,286
Otomasyon tehditi altındaki işkolları	0,211
İşgüvenliği	0,311
Organizasyonel değişimler	0,192
Operasyonel	
Üretimde verimlilik artışı	0,34
Tedarik zincirlerinin gelişimi	0,283
Lojistik süreçlerinin takibi	0,378
Stratejik	
Rekabet gücü	0,557
İnovasyon üzerine işbirliği	0,443
Ürün ve hizmetler	
Kişiselleştirilmiş ürün ve hizmetler	0,327
Veri ile iyileşen ürün ve hizmetler	0,267
Akıllı ürün ve hizmetler	0,406
Müşteri	
Müşteri talebinin hızla karşılanması	0,537
Müşteri deneyimlerinin öneminin artması	0,463

Bulanık TOPSİS uygulamasında alt kriterlerin etki düzeyleri göz önünde bulundurularak uzmanlardan alternatiflerin her bir kriter üzerinde öneminin değerlendirilmesi istenmiştir. Değerlendirme için çizelge 6.8'daki dilsel değişkenler kullanılmıştır.[46]

Çizelge 6.8: Alternatiflerin için sözel ifadeler ve üçgensel bulanık sayı karşılıkları

Çok yüksek	9	10	10
Yüksek	7	9	10
Biraz yüksek	5	7	9
Orta	3	5	7
Biraz düşük	1	3	5
Düşük	0	1	3
Çok düşük	0	0	1

Uzman değerlendirmelerinin aritmetik ortalaması alınarak bulanık karar matrisi oluşturulmuştur. (Çizelge 6.9)İkinci adımda normalizasyon işlemi uygulanarak normalize edilmiş karar matrisi oluşturulur.(Çizelge 6.10)Üçüncü adımda normalize karar matrisindeki değerler daha önceden aralık değerli Pisagor BAHİ ile hesaplanmış ilgili alt kriter ağırlıkları ile çarpılarak ağırlıklandırılmış bulanık normalize karar matrisi oluşturulmuştur. (Çizelge 6.11)Her bir alt kriterin pozitif ve negatif çözümlere olan mesafeleri hesaplanır. (Çizelge 6.12 ve Çizelge 6.13)En son adım olarak her bir alt kriterin yakınlık indeksi hesaplanır ve bulunan yakınlık indeksler sıralanarak hangi teknoloji grubuna daha öncelikli ağırlık verilmesi belirlenir.(Çizelge 6.14) Yakınlık indeks sonuçlarına bakıldığında en yüksek değere sahip olan veri yönetimi, ikinci sırada dijital üretim sistemleri ve en düşük yakınlık indeksli alternatif sanallaştırmadır. Bu çalışma sonucuna göre şirketlerin veri yönetimi teknolojilerine daha ağırlıklı öncelik vermeleri gerektiği belirlenmiştir. Bunun yanı sıra, dijital üretim sistemleri ikinci ağırlıklı öneme sahip olurken, sanallaştırma en düşük değerli alternatif olarak belirlenmiştir.

Elde ettiğimiz bu sıralama endüstri 4.0 teknolojileri ile ilgili yapılan literatür araştırmasına göre yorumlandığında anlamlı bir sonuç oluşturmaktadır. Şöyle ki, verinin endüstri 4.0'da en önemli yapı taşı olduğu bilinmektedir. Veri olmadan, veriyi üretmeden, depolamadan, anlamlı bir şekilde kullanmadan diğer sistemlerin çalışması ve gelişmesi nerdeyse mümkünsüz. Bu sebeple şirketlerin odaklanması gerektiği teknoloji sıralamasında veri yönetimi teknolojileri olması yaptığımız anket çalışmasının, uzman görüşlerinin ve kullanılan yöntemlerin anlamlı bir çalışma olduğunu göstermektedir. İkinci sırada dijital üretim sistemlerinin yer alması da yapılan literatür araştırmasına göre anlamlı yorumlanmaktadır. Endüstri 4.0 teknolojilerinde veriyi doğru şekilde yönettiğimiz sürece en radikal etkiler üretim sahasında göze çarpmaktadır. Bu da dijital üretim sistemlerinin önemini bir daha göstermektedir.

Çizelge 6.9: Bulanık karar matrisi

	Yeni işgücü profili	Otomasyon tehditi altındaki işkolları	İş güvenliği	Organizasyonel değişimler	Üretimde verimlilik artışı	Tedarik zincirlerinin gelişimi	Lojistik süreçlerin takibi	Rekabet gücü	İnovasyon üzerine işbirliği	Kişiselleştirilmiş ürün ve hizmetler	Veri ile iyileşen ürün ve hizmetler	Akıllı ürün ve hizmetler	Müşteri talebinin hızla karşılanması	Müşteri 'deneyimleri' nin öneminin artması
Dijital Üretim Sistemleri	5,67	6,33	7,00	4,33	8,33	8,33	8,33	5,67	6,33	7,00	7,00	7,67	7,00	5,00
	7,67	8,33	9,00	6,00	9,67	9,67	9,67	7,67	8,33	8,67	8,67	9,00	8,67	7,00
	9,33	9,67	10,00	7,33	10,00	10,00	10,00	9,00	9,67	9,67	9,67	9,67	9,67	8,67
Sanallaştırma	5,67	4,33	6,33	3,00	5,00	4,33	4,33	3,00	3,00	6,33	4,33	4,33	4,33	5,00
	7,67	6,33	8,00	5,00	7,00	6,33	6,33	5,00	5,00	8,00	6,33	6,33	6,33	6,67
	9,00	8,00	9,00	7,00	8,67	8,00	8,00	7,00	7,00	9,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Veri yönetimi	7,67	7,67	7,67	7,00	9,00	9,00	7,00	8,33	7,00	7,00	9,00	7,67	7,67	8,33
	9,33	9,33	9,33	9,00	10,00	10,00	8,67	9,67	8,67	8,67	10,00	9,33	9,33	9,67
	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	9,67	10,00	9,67	9,67	10,00	10,00	10,00	10,00

Çizelge 6.10: Normalize edilmiş karar matrisi

	Yeni işgücü profili	Otomasyon tehditi altındaki işkolları	İş güvenliği	Organizasyonel değişimler	Üretimde verimlilik artışı	Tedarik zincirlerinin gelişimi	Lojistik süreçlerin takibi	Rekabet gücü	İnovasyon üzerine işbirliği	Kişiselleştirilmiş ürün ve hizmetler	Veri ile iyileşen ürün ve hizmetler	Akıllı ürün ve hizmetler	Müşteri talebinin hızla karşılanması	Müşteri 'deneyimleri' nin öneminin artması
Dijital Üretim Sistemleri	0,57	0,63	0,70	0,43	0,83	0,83	0,83	0,57	0,66	0,72	0,70	0,77	0,70	0,50
	0,77	0,83	0,90	0,60	0,97	0,97	0,97	0,77	0,86	0,90	0,87	0,90	0,87	0,70
	0,93	0,97	1,00	0,73	1,00	1,00	1,00	0,90	1,00	1,00	0,97	0,97	0,97	0,87
Sanallaştırma	0,57	0,43	0,63	0,30	0,50	0,43	0,43	0,30	0,31	0,66	0,43	0,43	0,43	0,50
	0,77	0,63	0,80	0,50	0,70	0,63	0,63	0,50	0,52	0,83	0,63	0,63	0,63	0,67
	0,90	0,80	0,90	0,70	0,87	0,80	0,80	0,70	0,72	0,93	0,80	0,80	0,80	0,80
Veri yönetimi	0,77	0,77	0,77	0,70	0,90	0,90	0,70	0,83	0,72	0,72	0,90	0,77	0,77	0,83
	0,93	0,93	0,93	0,90	1,00	1,00	0,87	0,97	0,90	0,90	1,00	0,93	0,93	0,97
	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,97	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Çizelge 6.11: Ağırlıklandırılmış bulanık normalize karar matrisi

	Yeni işgücü profili	Otomasyon tehditi altındaki işkolları	İş güvenliği	Organizasyonel değişimler	Üretimde verimlilik artışı	Tedarik zincirlerinin gelişimi	Lojistik süreçlerin takibi	Rekabet gücü	İnovasyon üzerine işbirliği	Kişiselleştirilmiş ürün ve hizmetler	Veri ile iyileşen ürün ve hizmetler	Akıllı ürün ve hizmetler	Müşteri talebinin hızla karşılanması	Müşteri 'deneyimleri'nin öneminin artması
Alt kriter ağırlığı	0,21	0,15	0,30	0,08	0,39	0,29	0,46	0,62	0,48	0,31	0,23	0,47	0,70	0,40
Dijital Üretim Sistemleri	0,12	0,09	0,21	0,04	0,32	0,24	0,38	0,35	0,32	0,23	0,16	0,36	0,49	0,20
	0,16	0,12	0,27	0,05	0,37	0,28	0,44	0,47	0,42	0,28	0,20	0,42	0,61	0,28
	0,20	0,14	0,30	0,06	0,39	0,29	0,46	0,55	0,48	0,31	0,22	0,45	0,68	0,35
Sanallaştırma	0,12	0,06	0,19	0,02	0,19	0,13	0,20	0,18	0,15	0,20	0,10	0,20	0,30	0,20
	0,16	0,09	0,24	0,04	0,27	0,18	0,29	0,31	0,25	0,26	0,14	0,30	0,44	0,27
	0,19	0,12	0,27	0,06	0,33	0,23	0,37	0,43	0,35	0,29	0,18	0,37	0,56	0,32
Veri yönetimi	0,16	0,11	0,23	0,06	0,35	0,26	0,32	0,51	0,35	0,23	0,21	0,36	0,54	0,33
	0,20	0,14	0,28	0,07	0,39	0,29	0,40	0,60	0,43	0,28	0,23	0,44	0,66	0,39
	0,21	0,15	0,30	0,08	0,39	0,29	0,44	0,62	0,48	0,31	0,23	0,47	0,70	0,40

Çizelge 6.12: Pozitif ideal çözüm uzaklıkları

d+	Yeni işgücü profili	Otomasyon tehditi altındaki işkolları	İş güvenliği	Organizasyonel değişimler	Üretimde verimlilik artışı	Tedarik zincirlerinin gelişimi	Lojistik süreçlerin takibi	Rekabet gücü	İnovasyon üzerine işbirliği	Kişiselleştirilmiş ürün ve hizmetler	Veri ile iyileşen ürün ve hizmetler	Akıllı ürün ve hizmetler	Müşteri talebinin hızla karşılanması	Müşteri 'deneyimleri'nin öneminin artması
Dijital Üretim Sistemleri	1,26	1,33	1,11	1,45	0,96	1,10	0,86	0,79	0,88	1,09	1,22	0,88	0,59	1,08
Sanallaştırma	1,27	1,37	1,15	1,46	1,09	1,23	1,06	1,01	1,11	1,12	1,29	1,05	0,81	1,10
Veri yönetimi	1,22	1,31	1,10	1,41	0,95	1,09	0,91	0,63	0,86	1,09	1,18	0,86	0,53	0,94

Çizelge 6.13: Negatif ideal çözüm uzaklıkları

d-	Yeni işgücü profili	Otomasyon tehditi altındaki işkolları	İş güvenliği	Organizasyonel değişimler	Üretimde verimlilik artışı	Tedarik zincirlerinin gelişimi	Lojistik süreçlerin takibi	Rekabet gücü	İnovasyon üzerine işbirliği	Kişiselleştirilmiş ürün ve hizmetler	Veri ile iyileşen ürün ve hizmetler	Akıllı ürün ve hizmetler	Müşteri talebinin hızla karşılanması	Müşteri 'deneyimleri'nin öneminin artması
Dijital Üretim Sistemleri	0,27	0,20	0,42	0,08	0,57	0,43	0,67	0,76	0,66	0,44	0,31	0,65	0,95	0,46
Sanallaştırma	0,26	0,16	0,38	0,07	0,44	0,31	0,48	0,54	0,44	0,41	0,24	0,49	0,74	0,43
Veri yönetimi	0,31	0,22	0,43	0,11	0,58	0,44	0,62	0,91	0,68	0,44	0,34	0,67	1,01	0,59

Çizelge 6.14: Yakınlık indeksleri

Dijital Üretim Sistemleri	Sanallaştırma	Veri yönetimi
0,32	0,25	0,34

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Şu an yaşadığımız çağ sanayi 4.0 devrimine geçiş dönemidir. Bu devrim bir öncekilerden daha hızlı olmanın yanı sıra, birçok açıdan da büyük farklılıklar göstermektedir. Bu devrimin nabzını tutamayan işletmeler, ülkeler, toplumlar zamanla kaybolmaya mahkumdur. Endüstri 4.0 getirdiği avantaj ve riskler yakından takip edilmeli, getirebileceği sonuçlara göre kararlar verilmelidir. Ortaya çıkan yeni kavramlar, yeni teknolojiler, yeni uzmanlık alanları sadece şirket, ülke gibi büyük düzeyde değil, toplumdaki birey veya yaşadığımız çevre gibi küçük zincir halkalarında da büyük etkiler gösterilmektedir. Buna örnek olarak, yakın gelecekte yaygın olacak daha nitelikli iş becerileri gerektiren yeni uzmanlık alanlarına hızlı uyum sağlamak için tüm eğitim kurumlarında anaokulundan itibaren kodlama dersleri gibi zorunlu eğitimler verilerek birsonraki genç işgücünün dijitalleşmeye hazırlıklı olması büyük önem taşımaktadır. Nerdeyse bahsedebileceğimiz herşeye nüfus eden endüstri 4.0 teknolojilerinin makro ve mikro etkileri bu çalışmada incelenmiştir. İlk sanayi devriminden bu yana tüm teknolojilerin ülkeler üzerindeki en büyük etkileri literatür taraması yapılarak belirlenmiştir.

Teknolojilerin şirketler üzerindeki mikro etkilerini incelemek için daha detaylı araştırma yapılarak kriter ve alt kriterler belirlenmiş ve hiyerarşik yapı oluşturulmuştur. Alternatifler olarak, bundan daha önce yapılan birçalışmadaki endüstri 4.0 teknolojilerinin faktör analizi ile ortaya çıkan gruplar tanımlanmıştır. Hiyerarşik yapıya uygun olarak hazırlanmış EK A'da gösterilen anket çalışması 3 uzman tarafından değerlendirilmiştir. Sonuçlar Bulanık AHP ve Bulanık TOPSİS yöntemi ile uygulanarak elde edilmiştir.

Teknolojiler işletmelerde etki ettiği ana alanlar- örgütsel, stratejik, operasyonel, müşteriler, ürün ve hizmet olarak belirlenmiştir. Kriter ve alt kriterlerin ağırlıklarını belirlemek için aralık değerli Pisagor BAHF uygulanmıştır. AHP yönteminde kriterlerin değerlendirilmesi sürecinde uzmanların tereddütlü veya kesin olmayan

görüşlerinin değerlendirilmesinde daha sağlıklı sonuçlar elde edebilmek adına bulanık mantık yaklaşımıyla uygulanmıştır.

Bunun yanı sıra, uzman kişilerden bu etkileri dikkate alarak, teknolojilerin şirket üzerinde etkilerini değerlendirilmesi istenmiştir. Alternatiflerin değerlendirilmesi de bulanık mantık yaklaşımı ile gerçekleştirilse de, yöntem olarak Bulanık TOPSİS tercih edilmiştir. Teknolojilerin mikro açıdan etkileri karşılaştırılarak önem düzeyleri belirlenerek elde edilen ağırlıklara göre de alternatiflerle karşılaştırılarak şirketlerin hangi teknolojiye odaklanması konusunda kılavuz oluşturmuştur.

Sonuç olarak, şirketlerin ilk olarak veri yönetimi teknolojilerine, daha sonra dijital üretim sistemlerine ve sanallaştırma teknolojilerine öncelik vermeleri gerektiği belirlenmiştir. Elde ettiğimiz bu sıralama endüstri 4.0 teknolojileri ile ilgili yapılan literatür araştırmasına göre yorumlandığında anlamlı bir sonuç oluşturmaktadır. Şöyle ki, verinin endüstri 4.0'da en önemli yapı taşı olduğu bilinmektedir. Veri olmadan, veriyi üretmeden, depolamadan, anlamlı bir şekilde kullanmadan diğer sistemlerin çalışması ve gelişmesi neredeyse mümkünsüz. Bu sebeple şirketlerin odaklanması gerektiği teknoloji sıralamasında veri yönetimi teknolojileri olması yaptığımız anket çalışmasının, uzman görüşlerinin ve kullanılan yöntemlerin anlamlı bir çalışma olduğunu göstermektedir. İkinci sırada dijital üretim sistemlerinin yer alması da yapılan literatür araştırmasına göre anlamlı yorumlanmaktadır. Endüstri 4.0 teknolojilerinde veriyi doğru şekilde yönettiğimiz sürece en radikal etkiler üretim sahasında göze çarpmaktadır. Bu da dijital üretim sistemlerinin önemini bir daha göstermektedir.

Gelecek çalışmalar için öneri olarak, öncelikle mikro etkilerle ilgili hiyerarşik yapının sektörel bazda uygulanarak faydalı ve daha spesifik sonuçlar elde edilebilir. Sektörel bazda şirketler incelendiğinde bu çalışmadaki kriter ve alt kriterler sektöre göre uyarlanabilir.

İlaveten, bu çalışmada daha az yer verilen teknolojilerin ülkeler üzerinde makro etkileri ile ilgili daha detaylı araştırma yapılarak hiyerarşik yapı oluşturularak bu tezdeki gibibirdeğerlendirilme yapılabilir.

KAYNAKLAR

- [1]Schwab, K. (2017). Dördüncü Sanayi Devrimi. Istanbul: Optimist.
- [2]Ozdogan, O. (2017). Endüstri 4.0. Ankara: Pusula yayın.
- [3]Lu, Y. (2017). Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues, Journal of Industrial Information Integration, 1–10.
- [4]İndustrial Revolution: Erişim 25 Nisan 2019,
<https://www.history.com/topics/industrial-revolution/industrial-revolution>
- [5]Joel, M.(1998). The Second Industrial Revolution, 1870-1914, Northwestern University, August
- [6]Keliang, Z., Taigang, L. & Lifeng, Z. (2015). Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges, College of Electrical Engineering & Automation Jiangxi University of Science and Technology, Ganzhou, China, August.
- [7]Ayşe, N. Y. & Emine, S. (2017).The Reflections of Digitalization at Organizational Level: Industry 4.0 in Turkey, Journal of Business, Economic sand Finance - (JBEF), Vol 6, İssue 3, 2146 – 7943.
- [8] TÜSİAD & BCG (2016): Türkiye’nin Küresel Rekabetçiliği İçin Bir Gereklik Olarak Sanayi 4.0 Raporu.
- [9]Genç,S. (2018). Sanayi 4.0 Yolunda Türkiye, Sosyoekonomi, Vol. 26(36), 235-243
- [10]Aydemir, H. (2018). Sanayi 4.0 ve Türkiye Ekonomisi Açısından Etkileri, Sosyoekonomi Dergisi, Vol. 26(36), 253-261.
- [11]Algan, N., Manga, M. & Tekeoğlu, M. (2017). Teknolojik Gelişme Göstergeleri ile Ekonomik Büyüme Arasındaki Nedensellik İlişkisi: Türkiye Örneği, International Conference on Eurasian Economies.
- [12]Fırat, S. Ü., & Fırat, O. Z. (2017). Sanayi 4.0 Devrimi Üzerine Karşılaştırmalı Birİnceleme: Kavramlar, Küresel Gelişmeler ve Türkiye. Toprak İşveren Dergisi, (114), 10-23.
- [13] Porter, M. (1990). Competitive Advantage of Nations
- [14]Gehrkle, E., Kühn, T.A., Moore,P., Rule, D. (2015). A Discussion of Qualifications and Skills in the Factory of the Future: A German and American Perspective, VDI TheAssociation of German Engineers and ASMEAmerican Society of Mechanical Engineers, April.
- [15]Endüstri 4.0 ile Birlikte Gelecek 10 Yeni Meslek, Erişim 20 Nisan 2019,
<https://www.endustri40.com/endustri-4-0-ile-birlikte-gelecek-10-yeni-meslek/>

- [16]Geleceğin Meslekleri “Drone Pilotluğu”,Erişim 20 Nisan 2019, <http://otomasyondergisi.com.tr/bolumler/gelecegin-meslekleri/gelecegin-meslekleri-drone-pilotlugu/>
- [17]Peterson, H. (2015). The 12 jobs most at risk of being replaced by robots, Erişim 10 Nisan 2019, <https://www.weforum.org/agenda/2015/11/the-12-jobs-most-at-risk-of-being-replaced-by-robots/>
- [18]Frey, B.C., & Osborne, M.A.(2013). The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerisation?.
- [19]1833 Factory Act.Erişim Nisan,2019, <http://www.nationalarchives.gov.uk/education/resources/1833-factory-act/>
- [20]Bertoncello, M., & Wee, D.(2015).Ten ways autonomous driving could redefine the automotive world, Erişim 5 Nisan 2019, <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/ten-ways-autonomous-driving-could-redefine-the-automotive-world>.
- [21]Micheal, E. P. (1985). Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance, The Free Press, New York.
- [22]Deb, C. (2000). Strategic İmpact of the İnformation Age, Research Technology Management, January-February,36.
- [23]Robert, S., & Mary, S.(1995). Management İnformation Systems: The Manager’s View, 3.Edition, İrwin Chicago.
- [24]Demarie, S.M., &Hitt, M. A. (2000). Strategic İmplications of the İnformation Age, Journal of Labor Research, Vol XXI, No 3.
- [25]Temur, G.T., Beşkese,A., Camcı,A. (2018). Hazır Giyim ve Konfeksiyon Sektörü için Endüstri 4.0. Dönüşümü, Mühendislik ve Teknoloji Yönetimi Zirvesi 2018– ETMS2018, İstanbul Teknik Üniversitesi&Bahçeşehir Üniversitesi.
- [26]Dave,W. (1996). EDİ Maturity and the Competitive Edge, Logistics İnformation Management, Vol 9, no 4.
- [27]Bradley, S.P. (1993). The Role of IT Networking in Sustaining Competitive Advantage, Globalization, Technology and Competition, Harvard Business School Press,Boston.
- [28]Collaborative Innovation Transforming Business, Driving Growth. (2015) World Economic Forum, Erişim Nisan 2019, http://www3.weforum.org/docs/WEF_Collaborative_Innovation_report_2015.pdf
- [29]Deep Shift Technology Tipping Points and Societal Impact. (2015). World Economic Forum, Erişim Nisan 2019, http://www3.weforum.org/docs/WEF_GAC15_Technological_Tipping_Points_report_2015.pdf
- [30]İredale, J. (2015). Ralph Lauren’s PoloTech Smart Shirt Is Here, Erişim Nisan 2019, <https://wwd.com/fashion-news/fashion-features/ralph-lauren-polotech-smartshirt-10204865/>

- [31]'Talep ekonomisi ile yeni bir dünya yaratılıyor', (2016). Erişim 14 Nisan 2019, <https://www.dunya.com/sektorler/teknoloji/talep-ekonomisi-ile-yeni-bir-dunya-yaratiliyor-haberi-337388>.
- [32]Scalabre, O. (2018). Embracing Industry 4.0—and Rediscovering Growth. Retrieved January, 14, 2019.
- [33]Ghemawat, S., Gobioff, H., & Leung, S. T. (2003). The Google file system.
- [34]Cano, J. (2014). The v's of big data: velocity, volume, value, variety and veracity. Last modified March, 11, 2014.
- [35]Williams, K., Bilsland, E., Sparkes, A., Aubrey, W., Young, M., Soldatova, L. N., ...& Oliver, S. G. (2015). Cheaper faster drug development validated by the repositioning of drugs against neglected tropical diseases. *Journal of the Royal society Interface*, 12(104), 20141289.
- [36]Url-1<<http://www.kayserito.org.tr/upload/dosyalar/file/3.pdf>>, erişim 29.02.2019.
- [37]Url-2<<https://internetofthingsagenda.techtarget.com/feature/Explained-What-is-the-Internet-of-Things>>, erişim 19.02.2019.
- [38]Url-3<<https://venturebeat.com/2014/12/04/4-surprising-facts-about-smb-cloud-adoption-infographic/>>, erişim 10.03.2019.
- [39]Altaş, H.İ. (1999). Bulanık Mantık :Bulanıklılık Kavramı, Enerji, Elektrik, Elektromekanik-3e,Sayı 62, Sayfalar:80-85, Bilesim yayıncılık A.Ş., İstanbul, Temmuz.
- [40]Tekez, E.K.& Bark, N.(2016). Mobilya sektöründe bulanık TOPSIS yöntemi ile tedarikçi seçimi, SAÜ Fen Bilimleri Dergisi 20. Cilt, 1. Sayı, s. 55-63.
- [41]Kıyak, E., & Kahvecioğlu, A. (2003). Bulanık Mantık ve Uçuş Kontrol Problemine Uygulanması, Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi, Cilt 1, Sayı 2, Temmuz ,63-72.
- [42]Şişman, B. (2017). Hata Türü ve Etkileri Analizinde Bulanık AHP ve Bulanık VIKOR Yöntemleri ile Otomotiv Sektöründe Risk Değerlendirmesi, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt.9, Sayı.18, Mart,234-250.
- [43]Kahraman, C., Ulukan, Z., & Cebeci, U. (2003). Multi-criteria supplier selection using fuzzy AHP, *Logistics Information Management*, Vol. 16 Iss 6 pp. 382– 394.
- [44]Coşkun, R., Kiriş, Z.N. & Tepe, S. (2019). “A Fuzzy Based Marketing Performance Measurement Model With A Real Case Study”, *International Social Sciences Studies Journal*, 5(34):2371-2387.
- [45]Nadabana, S., Dzitac, S., & Dzitac, I. (2016). Fuzzy TOPSIS: A General View, *Procedia Computer Science* , 91, 823 – 831.
- [46]Ünal, Y., (2011). Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve Bir Takım Oyunu İçin Oyuncu Seçimi Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

- [47]Ayvalı, N., (2015). Banka Başarısızlıklarına Aktif Kalitesinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, T.C. Marmara Üniversitesi Bankacılık ve Sigortacılık Enstitüsü, İstanbul.
- [48]Atak, G., (2018). Impact factors and current issues on technology development for industry 4.0 transformation in technopark companies: The case of Turkey, Yüksek Lisans Tezi, T.C. İTÜ İşletme Fakültesi, İstanbul.

EKLER

EK A:ANKET ÇALIŞMASI

EK A

ANKET ÇALIŞMASI

Sayın Yetkili,

İstanbul Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Fakültesinde Endüstri 4.0 teknolojilerinin firmalar üzerinde etkilerinin belirlenmesi ve bu etkilere göre firmaların hangi teknolojiler üzerinde odaklanması konusunda yüksek lisans tezi çalışması yapmaktayız. Tez için hazırladığımız anketi cevaplamanızı ve bu çalışmamıza katkıda bulunmanızı önemle rica ederiz. Araştırmamızın başarısı açısından katılımınız ve cevaplarınız bizim için çok değerlidir. Şirketiniz ve şahsınızla ilgili tüm bilgiler kesinlikle gizli tutulacak, şirket ve şahıs ismi verilmeyecek ve başka bir amaç için kullanılmayacaktır. İstenirse, araştırma sonuçlarımız hakkında size genel bir bakış sunmaktan mutluluk duyarız.

İlginiz ve katılımınız için önceden teşekkür ederiz.

Saygılarımızla,

Prof. Dr. Ferhan ÇEBİ

YL Öğrencisi Karvana ALİRIZA ŞİRMEMMEDOV

İletişim Bilgileri ve Adres: İstanbul Teknik Üniversitesi 34367 Maçka / İstanbul

Tel: 0212 293 13 00 Dahili: 2034/ (2051-sekreterlik)

Mobile: 0531 105 1001 Fax: +90 212 224 86 85

Endüstri 4.0 teknolojilerinin firmalar üzerinde etkilerinin belirlenmesi amacıyla yapılan literatür araştırması ve uzman görüşlerine istinaden 5 ana faktör(örgütsel, operasyonel, stratejik, ürün ve hizmet, müşteri) ve toplam 14 alt faktör belirlenmiştir. Aşağıdaki soruları okuyarak ikili karşılaştırma yapınız.

İlaveten, ikili karşılaştırmalarda daha kolaylık sağlanması ve daha kesin sonuçlar ortaya çıkması amacıyla aşağıda kriterler ve alt kriterlerle ilgili açıklama tablosunu sunmaktayız.

AÇIKLAMALAR

Çizelge A.1: Kriter ve alt kriterlerin açıklaması

Kriter ve ya alt kriterler	Açıklama
Örgütsel	Endüstri devrimleri ve teknolojik değişimlerin firmaların örgüt yapıları üzerinde etkileri
Operasyonel	Endüstri devrimleri ve teknolojik değişimlerin firmalardaki tüm operasyonel süreçler üzerinde etkileri
Stratejik	Endüstri devrimleri ve teknolojik değişimlerin firmaların rekabet avantajları ve işbirlikleri üzerindeki etkileri
Ürün ve hizmet	Endüstri devrimleri ve teknolojik değişimlerin ürün ve hizmetler üzerinde etkileri
Müşteri	Endüstri devrimleri ve teknolojik değişimlerin müşteriler üzerinde etkisi
Yeni işgücü profili	Daha nitelikli yetenek ve becerilere sahip işgücü beklentisi
Otomasyon tehdidi altındaki işkolları	Bilgisayarlaştırılarak yok olacak meslekler ve robotların mevcut işçilerin yerini alması
İş güvenliği	Daha güvenilir ve çalışılabilir iş ortamlarının artması
Organizasyonel değişimler	Firmanın yönetim ve organizasyonunda, çalışanların iş yapış şekilleri ve çalışma düzenlerinin değişime uğraması, örgüt içinde ve örgütler arasında birlikte çalışmada yetersiz iletişimin giderilerek kolaylaştırılması gibideğişimler
Üretimde verimlilik artışı	Toplam üretim maliyeti göz önüne alındığında, verimlilikteki artış
Tedarik zincirlerinin gelişimi	Veri odaklı sistemler sayesinde tedarik zincirindeki olumlu gelişmeler
Lojistik süreçlerin takibi	Lojistik süreçlerinin her aşamasının takipedilebilir olması
Rekabet gücü	Firmanın rekabet avantajlarının artması
İnovasyon üzerine işbirliği	Şirketlerin işbirlikçi inovasyon yoluyla kaynaklarını paylaşarak bütün taraflar için değer yaratılması
Kişiselleştirilmiş ürün ve hizmetler	Ürün ve hizmetlerin tek tip olmaktan, kişiye özel hale (customized) hale dönüşümü
Veri ile iyileşen ürün ve hizmetler	Dijital yeteneklerin ürün ve hizmetlerde hata ve eksikleri saptayıp işçileri ve işletmeyi ne yapma konusunda yönlendirmesi
Akıllı ürün ve hizmetler	Akıllı ürün ve hizmetlerin üretim ve sunumu
Müşteri talebinin hızla karşılanması	Talep ekonomisinin gelişmesiyle tüketiciler ya da talebi olan kişilerin istedikleri ürün veya hizmeti ihtiyaç duydukları zaman hızlı şekilde elde etmesi
Müşteri ‘deneyimleri’nin öneminin artması	Firmaların müşteri beklentileri kavramını deneyimler şeklinde yeniden tanımlayarak çok hızlı tepki vermelerinin artan önemi

SORULAR

Soru1 -Endüstri 4.0 teknolojilerinin firmaların çeşitli alanları üzerinde yarattığı etkileri dikkate alarak, bu etkinindüzeyini diğerine kıyasla belirtiniz.

Not:Tablodaki ilk satırı “Endüstri 4.0 teknolojilerinin örgütsel alan üzerinde yarattığı etkinin düzeyi operasyonel alan üzerinde etki düzeyine kıyasla dir” şeklinde değerlendiriyorsanız görüşünüzü ilk (“eşit derecede önemli”nin solundaki) sütunda belirtiniz.

“Endüstri 4.0 teknolojilerinin operasyonel alan üzerinde yarattığı etkinin düzeyi örgütsel alan üzerindeki etki düzeyine kıyasla dir.” şeklinde değerlendiriyorsanız görüşünüzü ikinci (“eşit derecede önemli”nin sağındaki) sütunda belirtiniz.

Çizelge A.2: Ana kriterlerin karşılaştırılması

	Mutlak derecede önemli	Çok kuvvetli biraz daha önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Kuvvetli biraz daha önemli	Kuvvetli derecede önemli	Ortadan biraz daha önemli	Orta derecede önemli	Biraz daha önemli	Eşit derecede önemli	Biraz daha önemli	Orta derecede önemli	Ortadan biraz daha önemli	Kuvvetli derecede önemli	Kuvvetli biraz daha önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Çok kuvvetli biraz daha önemli	Mutlak derecede önemli	
Örgütsel																		Operasyonel
Örgütsel																		Stratejik
Örgütsel																		Ürün ve hizmet
Örgütsel																		Müşteri
Operasyonel																		Stratejik
Operasyonel																		Ürün ve hizmet
Operasyonel																		Müşteri
Stratejik																		Ürün ve hizmet
Stratejik																		Müşteri
Ürün ve hizmet																		Müşteri

Soru2 - Endüstri 4.0 teknolojilerinin firmaların çeşitli alanları üzerinde yarattığı etkileri dikkate alarak, bu etkinin düzeyini diğerine kıyasla belirtiniz.

Çizelge A.3 : Örgütsel alt kriterlerin karşılaştırılması

	Mutlak derecede önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Kuvvetli derecede önemli	Kuvvetli derecede önemli	Ortadan biraz daha önemli	Orta derecede önemli	Biraz daha önemli	Eşit derecede önemli	Biraz daha önemli	Orta derecede önemli	Ortadan biraz daha önemli	Kuvvetli derecede önemli	Kuvvetli derecede önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Mutlak derecede önemli	
Yeni işgücü profili																		Otomasyon tehditi altındaki işkolları
Yeni işgücü profili																		İş güvenliği
Yeni işgücü profili																		Organizasyonel değişimler
Otomasyon tehditi altındaki işkolları																		İş güvenliği
Otomasyon tehditi altındaki işkolları																		Organizasyonel değişimler
İş güvenliği																		Organizasyonel değişimler

Soru3 - Endüstri 4.0 teknolojilerinin firmaların çeşitli alanları üzerinde yarattığı etkileri dikkate alarak, bu etkinin düzeyini diğerine kıyasla belirtiniz.

Çizelge A.4: Operasyonel alt kriterlerin karşılaştırılması

	Mutlak derecede önemli	Çok kuvvetli biraz daha önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Kuvvetli biraz daha önemli	Kuvvetli derecede önemli	Ortadan biraz daha önemli	Orta derecede önemli	Biraz daha önemli	Eşit derecede önemli	Biraz daha önemli	Orta derecede önemli	Ortadan biraz daha önemli	Kuvvetli derecede önemli	Kuvvetli biraz daha önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Çok kuvvetli biraz daha önemli	Mutlak derecede önemli	
Üretimde verimlilik artışı																		Tedarik zincirlerinin gelişimi
Üretimde verimlilik artışı																		Lojistik süreçlerin takibi
Tedarik zincirlerinin gelişimi																		Lojistik süreçlerin takibi

Soru4- Endüstri 4.0 teknolojilerinin firmaların çeşitli alanları üzerinde yarattığı etkileri dikkate alarak, bu etkinin düzeyini diğerine kıyasla belirtiniz.

Çizelge A.5: Stratejik alt kriterlerin karşılaştırılması

	Mutlak derecede önemli	Çok kuvvetli biraz daha önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Kuvvetli biraz daha önemli	Kuvvetli derecede önemli	Ortadan biraz daha önemli	Orta derecede önemli	Biraz daha önemli	Eşit derecede önemli	Biraz daha önemli	Orta derecede önemli	Ortadan biraz daha önemli	Kuvvetli derecede önemli	Kuvvetli biraz daha önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Çok kuvvetli biraz daha önemli	Mutlak derecede önemli	
Rekabet gücü																		İnovasyon üzerine işbirliği

Soru5 - Endüstri 4.0 teknolojilerinin firmaların çeşitli alanları üzerinde yarattığı etkileri dikkate alarak, bu etkinin düzeyini diğerine kıyasla belirtiniz.

Çizelge A.6: Ürün ve hizmet alt kriterlerin karşılaştırılması

	Mutlak derecede önemli	Çok kuvvetli biraz daha önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Kuvvetli biraz daha önemli	Kuvvetli derecede önemli	Ortadan biraz daha önemli	Orta derecede önemli	Biraz daha önemli	Eşit derecede önemli	Biraz daha önemli	Orta derecede önemli	Ortadan biraz daha önemli	Kuvvetli derecede önemli	Kuvvetli biraz daha önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Çok kuvvetli biraz daha önemli	Mutlak derecede önemli	
Kişiselleştirilmiş ürün ve hizmetler																		Veri ile iyileşen ürün ve hizmetler
Kişiselleştirilmiş ürün ve hizmetler																		Akıllı ürün ve hizmetler
Veri ile iyileşen ürün ve hizmetler																		Akıllı ürün ve hizmetler

Soru6 - Endüstri 4.0 teknolojilerinin firmaların çeşitli alanları üzerinde yarattığı etkileri dikkate alarak, bu etkinin düzeyini diğerine kıyasla belirtiniz.

Çizelge A.7: Müşteri alt kriterlerin karşılaştırılması

	Mutlak derecede önemli	Çok kuvvetli biraz daha önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Kuvvetli biraz daha önemli	Kuvvetli derecede önemli	Ortadan biraz daha önemli	Orta derecede önemli	Biraz daha önemli	Eşit derecede önemli	Biraz daha önemli	Orta derecede önemli	Ortadan biraz daha önemli	Kuvvetli derecede önemli	Kuvvetli biraz daha önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Çok kuvvetli biraz daha önemli	Mutlak derecede önemli	
Müşteri deneyimlerinin öneminin artması																		Müşteri talebinin hızla karşılanması

Soru7- Aşağıdaki endüstri 4.0 teknolojilerinin her bir faktör üzerinde etki düzeyini değerlendiriniz.

Değerlendirme için kullanılacak ifadeler:

Çizelge A.8: Alternatiflerin değerlendirilmesi

TEKNOLOJİLER ETKİLER	Dijital Üretim Sistemleri -Sensör Teknolojisi -Robot ve Otomasyon -Yatay / Dikey Sistem bütünleşme -Katmanlı İmalat	Sanallaştırma -Arttırılmış gerçeklik -Simülasyon -Sanal gerçeklik	Veri yönetimi -Büyük veri -Siber güvenlik -Bulut bilişim -Makine Öğrenimi ve Yapay zeka
Örgütsel			
Operasyonel			
Stratejik			
Ürün ve hizmet			
Müşteri			
Yeni işgücü profili			
Otomasyon tehdidi altındaki işkolları			
İş güvenliği			
Organizasyonel değişimler			
Üretimde verimlilik artışı			
Tedarik zincirlerinin gelişimi			
Lojistik süreçlerin takibi			
Rekabet gücü			
İnovasyon üzerine işbirliği			
Kişiselleştirilmiş ürün ve hizmetler			
Veri ile iyileşen ürün ve hizmetler			
Akıllı ürün ve hizmetler			
Müşteri talebinin hızla karşılanması			
Müşteri ‘deneyimleri’nin öneminin artması			

Çizelge A.9: Alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan dilsel değişkenler

ÇD	D	BD	O	BY	Y	ÇY
Çok düşük	Düşük	Biraz düşük	Orta	Biraz yüksek	Yüksek	Çok yüksek

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad :Karvana ALİRIZA ŞİRMEMMEDOV

Doğum Tarihi ve Yeri : 16.02.1993, AZERBAYCAN

E-posta :kara.alirzayeva@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

Lisans :2015, Azerbaycan Devlet İktisat Üniversitesi, Maliye, Maliye

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

Eylül, 2018'ten itibaren Avrupa Ekonomi, Ticaret ve Sanayi Odasında çalışmaktadır.