

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI

SOSYAL BİLİMLER PERSPEKTİFİNDE İNŞAAT
4.0 KAVRAMI ÜZERİNE FARKINDALIK VE
BİR MODEL ÇALIŞMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN	HAZIRLAYAN
Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Esra PEKER	Ayşenur AKPINAR

ELAZIĞ-2021

ÖZET**YÜKSEK LİSANS TEZİ****SOSYAL BİLİMLER PERSPEKTİFİNDE İNŞAAT 4.0 KAVRAMI ÜZERİNE
FARKINDALIK VE BİR MODEL ÇALIŞMASI****Ayşenur AKPINAR****Fırat Üniversitesi****İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi****İşletme Bölümü****Elazığ -2021, Sayfa: xi+109**

Endüstri 4.0 insanın kas gücüne değil, beyin gücüne dayanan anlayışı benimseyen bir üretim sistemidir. İlk kez 2013 yılında Almanya’da kullanılan Endüstri 4.0, artık günümüz Türkiye’si için de uzak bir kavram olmaktan çıkmıştır. Endüstri 4.0 ya da dördüncü sanayi devrimi olarak bilinen bu süreç, son üretim teknolojilerinin, otomasyon sistemlerinin ve bu sistemi oluşturan teknolojilerin birbirleriyle veri alışverişinde bulunduğu sistem olarak tanımlanmaktadır. Bu yeni sistem, Siber Güvenlik, Siber Fiziksel Sistemler, Bulut Teknolojileri, Akıllı Fabrikalar, Nesnelerin İnterneti, İnternet Servisleri, Öğrenen Robotlar, Büyük Veri, Sanal Gerçeklik ve 3 Boyutlu Yazıcılar gibi yüksek teknoloji içerikli bileşenlerden oluşmaktadır. Bu bileşenlerin rol aldığı üretim sistemi ise karanlık üretim olarak adlandırılmakta olup Endüstri 4.0 kavramı ekonomilerde artan rekabet ortamında verimliliği artıran kilit faktör haline dönüşmüştür.

Son yıllarda sektörler açısından önemli bir sinerji oluşturan Endüstri 4.0 kavramı inşaat sektörünü de etkisi altına almış ve sektördeki birçok ihtiyacı karşılayacak olan teknolojiler yavaş yavaş da olsa inşaat alanına girmeye başlamıştır. Endüstri 4.0’ın inşaat sektörüne uyarlanmış hali olarak nitelendirilen İnşaat 4.0 kavramı ise sektörde yakın zamanda yankı getirmeye başlamıştır. İnşaat sektörünün birçok yan sektörü de

besleyen bir yapıya sahip olduğu ve sektörün özellikle ekonominin daralma dönemlerinde dar boğazdan kurtulmak için ilk çıkış noktalarından birini oluşturduğu düşünüldüğünde sektöre yönelik makro ve mikro perspektifte yapılan çalışmalar büyük önem arz ettiği görülmektedir.

Çalışmada iki farklı analiz yapılmıştır. Bunlardan ilki İnşaat 4.0 kavramına yönelik farkındalık durumunu ortaya koymak için Elazığ ilinin örnek alındığı mikro ölçekli bir analizdir. Çalışma kapsamında Elazığ ilinde faaliyet gösteren 49 adet inşaat şirketi ile anket çalışması gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgular frekans ve yüzdesel ifadelerle ortaya konmuş, anket verileri değerlendirilirken göreceli önem analizi, güvenilirlik analizi ve pestel analizi kullanılmıştır. Çalışmada yapılan bir diğer analiz ise inşaat sektörünün alt bileşenlerinden olan konut sektörü satış talebini belirleyen unsurları ortaya koyan ekonometrik yöntemler ile gerçekleştirilen bir model çalışmasıdır. Çalışmanın dördüncü ve son bölümünde yer alan bu model çalışmasında Klasik Birim kök testlerinden olan Genişletilmiş Dickey Fuller (ADF), Philips Perron (PP) ve Ng-Perron Testlerinden yararlanılmıştır. Ayrıca çalışmanın bu bölümünde yapısal kırılmanın dikkate alındığı birim kök testlerinden Zivots ve Andrews birim kök testi ve Lee ve Strazcich (2013) çift kırılmalı birim kök testlerinden faydalanılmıştır. Doğrusallığın test edilmesi için Harvey, Leybourne, Xia (2008) doğrusallık Testi kullanılmasının ardından Hepsağ (2019) birim kök testi ve eşbütünleşme testinden faydalanılmıştır. Elde edilen bulgulara göre konut satışı miktarı ile kişi başına gelir durumu, tarım istihdam sayısı, nüfus ve evlenme sayısı ve deflatör arasında uzun dönemde bir ilişkinin var olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar kelimeler: Endüstri 4.0, İnşaat 4.0, Pestel Analizi, Eşbütünleşme Analizi

ABSTRACT
MASTER'S THESIS

**AWARENESS AND A MODEL STUDY ON CONSTRUCTION 4.0 CONCEPT
IN SOCIAL SCIENCES PERSPECTIVE**

Ayşenur AKPINAR

**Fırat University
Faculty of Economics and
Administrative Sciences
Department of Business
Elazığ-2021, Page:xi+109**

Industry 4.0 is a production system that adopts an understanding based on brain power, not human muscle strength. Industry 4.0 which was employed for the first time in Germany in 2013 is no longer a distant concept for modern-day Turkey. This process, known as Industry 4.0 or the 4th. Industrial Revolution, is defined as the system where the latest production technologies, automation systems, and technologies that make up this system exchange data with each other. This new system consists of high-tech components such as Cyber Security, Cyber Physical Systems, Cloud Technologies, Smart Factories, Internet of Things, Internet Services, Learning Robots, Big Data, Virtual Reality and 3D Printers. The production system in which these components play a role is called dark production and the concept of Industry 4.0 has become a key factor that increases efficiency in the increasingly competitive environment in economies.

The concept of Industry 4.0, which has created an important synergy in terms of sectors in recent years, has also affected the construction sector and technologies that will meet many needs in the sector have started to enter the construction field, albeit slowly. The concept of Construction 4.0 which is described as the adaptation of Industry 4.0 to the construction sector, has recently started to resonate in the sector. Considering that the construction sector has a structure that feeds many sub-sector and that the sector is one of the effective sectors to get rid of the tightness in the recession periods of the economy, the studies carried out in the macro and micro perspective for the sector are of great importance.

From this point, two different analyses were made in the study. The first of these is a micro-scale analysis in which Elazığ province is taken as an example to reveal the

awareness of the concept of Construction 4.0. Within the scope of the study, a survey was conducted with 49 construction companies operating in Elazığ. In line with the findings obtained, the data were presented with frequency and percentage expressions and in evaluating the survey data, three methods were used, namely, relative importance analysis, reliability analysis Pestel Analysis and Mann Whitney U test. Another analysis made in the study is a model study conducted with econometric methods that reveal the factors that determine the sales demand of the housing industry, which is one of the sub-components of the construction sector. In this model study included in the fourth and last part of the work, the Augmented Dickey Fuller (ADF), Philips Perron (PP) and Ng-Perron tests, which are the Classical Unit Root tests, were used. In addition, in this part of the study, Zivots and Andrews unit root tests and Lee and Strazicich (2013) birefringent unit root tests, which are unit root tests that take structural breakage into account, have been used. In order to test the linearity, following the linearity test of Harvey, Leybourne, Xia (2008), Hepsağ (2019) unit root test and also Hepsağ (2019) cointegration test were used. According to the findings of study, it has been reached that there is a long run relationship between the amount of housing sales with income per capita, the number of agricultural employment, the population and the number of marriages and the deflator.

Keywords: Industry 4.0, Construction 4.0, Pestel Analysis, Hepsağ (2019) Cointegration Analysis

ÖN SÖZ

Tezimin en başından sonuna kadar yoğun iş yükü arasında zaman ayırarak bilgi ve tecrübeleriyle her daim bana yol gösteren, hoşgörü ve nezaketi ile daima hatırlayacağım kıymetli danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Esra PEKER'e sonsuz teşekkür ederim.

Hayatımın her döneminde yanımda olan, maddi-manevi hiçbir desteğini esirgemeyen ve tüm çalışmalarımda desteklerini yürekten hissettiğim aileme ve ayrıca tez çalışmam boyunca öneri ve yardımları ile katkı yapan arkadaşlarım Enes KAYA, Zülküf NARLIKAYA'ya ve Fatih KARLIK'a şükranlarımı sunarım.

Ayşenur AKPINAR

İÇİNDEKİLER

ÖZET	II
ABSTRACT.....	IV
ÖN SÖZ	VI
İÇİNDEKİLER	VII
TABLolar LİSTESİ	X
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

1. SANAYİ DEVRİMLERİ	3
1.1. Dördüncü Sanayi Devrimi.....	5
1.1.1. Üç Boyutlu 3D Yazıcılar	7
1.1.2 Nesnelerin İnterneti ve Makineler Arası İletişim	8
1.1.4. Akıllı Fabrikalar	19
1.1.5.Siber Fiziksel Sistemler	22
1.1.6.Bulut Bilişim Sistemi	23

İKİNCİ BÖLÜM

2. ENDÜSTRİ 4.0 VE KAVRAMSAL ÇERÇEVE	25
2.1. Endüstri 4.0 ve Kavramsal Çerçeve	25
2.2. Endüstri 4.0 Sürecinde Beklenen Gelişmeler.....	29
2.3. Endüstri 4.0'ın Sektörel Etkileri	34
2.3.1. Dünya'da Endüstri 4.0'ın Sektörel Etkileri	35
2.3.2. Türkiye'de Endüstri 4.0'ın Sektörel Etkileri	39
2.3.2.1.Endüstri 4.0 Sağlık Sektörüne Etkileri	41
2.3.2.2. Endüstri 4.0'ın İstihdama Etkisi	43
2.3.3.3. Endüstri 4.0'ın Eğitime Etkisi	45
2.3.3.4. Endüstri 4.0 İnşaat Sektörüne Etkisi	46

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. TÜRKİYE’DE ENDÜSTRİ 4.0 ANLAYIŞININ İNŞAAT SEKTÖRÜNE ETKİSİNİN PESTEL ANALİZİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ..... 49

3.1. Veri seti ve Metodoloji.....	49
3.1.1. Güvenilirlik Analizi	51
3.1.2. Göreceli önem analizi	51
3.2. Anket Sonuçlarına Ait Bulgular	52
3.2.1 Ankete Katılan Kişiler ve Çalıştıkları Şirket Hakkında Bilgiler	52
3.2.1.1 Ankete Katılan Bireylerin Demografik Özellikleri	52
3.2.1.2 Ankete Katılanların Şirket Bilgilerine Yönelik Bulgular	54
3.2.1.3. Ankete Katılanların BT Durumu Ve Yeniliklere Karşı Tutumunun Değerlendirilmesine Yönelik Bulgular	57
3.2.1.4. Güvenilirlik Analiz Sonuçları	59
3.2.2. Araştırma Bulgularının Göreceli Önem Analizi ile Yorumlanması	60
3.3. İnşaat 4.0 Uygulamasına Yönelik Elde Edilen Bulguların Pestel Analizi İle Değerlendirilmesi	65

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4. YAPISAL KIRILMA ALTINDA TÜRKİYE’DE KONUT PİYASASI BELİRLEYECİLERİ ÜZERİNE EŞBÜTÜNLEŞME ANALİZİ..... 67

4.1. Literatür Araştırması	67
4.2. Model ve Veri Seti	71
4.3. Ekonometrik Metodoloji	71
4.3.1. Doğrusal Birim Kök Testleri	72
4.3.1.1. Geniştirilmiş Dickey Fuller Birim Kök Testi (ADF)	73
4.3.1.2. Phillips Perron Testi.....	74
4.3.1.3. Ng –Perron Birim Kök Testi.....	74
4.3.2. Yapısal Kırılmalı Birim Kök testleri	75

4.3.2.1. Zivot ve Andrews (1992) Tek Kırılmalı Birim Kök Testi	76
4.3.2.2. Lee ve Strazicich (2003) Tek Kırılmalı Birim Kök Testi	77
4.3.3. Doğrusal Olmayan Birim Kök ve Koentegrasyon Testleri	78
4.3.3.1. Harvey, Leybourne, Xia (2008) Doğrusallık Testi	79
4.3.3.2. Doğrusal Olmayan Serilerde Hepsağ Yapısal Kırılmalı Birim Kök Testi	79
4.3.3.3. Hepsağ (2019) Eşbütünleşme Testi	80
4.4. Ampirik Bulgular	82
4.4.1. Klasik Birim Kök Test Sonuçları	82
4.4.2. Yapısal Kırılmalı Birim Kök Test Sonuçları	85
4.4.3. Doğrusallık Testlerine İlişkin Ampirik Bulgular	87
4.4.3.1. Harvey, Leybourne, Xia (2008) Doğrusallık Test sonuçları	87
4.4.3.2. Hepsağ (2019) Yapısal Kırılmalı Birim Kök Testi	88
4.4.3.3. Hepsağ (2019) Koentegrasyon Testi	88
SONUÇ	91
KAYNAKÇA	94
EKLER	103
Ek 1. Anket Formu	103
Ek 2. Orijinallik Raporu	108
ÖZ GEÇMİŞ	109

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.	Ankete katılanların Eğitim Durumuna Yönelik Bulgular	52
Tablo 2.	Ankete katılanların yaş aralığına yönelik bulgular	53
Tablo 3.	Ankete katılanların inşaat sektöründe çalışma süreleri.....	53
Tablo 4.	Ankete katılanların şirketteki unvan ve pozisyon bilgileri	54
Tablo 5.	Şirket Projelerindeki Görev ve Yetkilere Yönelik Bulgular	54
Tablo 6.	Ankete katılanların çalıştıkları şirketlerin sektör içinde faaliyet gösterdiği süreye yönelik bulgular	55
Tablo 7.	Ankete katılanların çalıştıkları şirketteki teknik ve idari personel sayısına ait bulgular	55
Tablo 8.	Şirketlerin yıllık cirolarına yönelik bulgular.....	56
Tablo 9.	Şirketin faaliyet gösterdiği pazarlara yönelik bulgular	56
Tablo 10.	Sektördeki Şirketin Çalıştığı Proje Türü	57
Tablo 11.	Şirketlerin BT departmanı durumu	57
Tablo 12.	Ankete katılanların şirketlerine ait BT departmanının bulunmasına yönelik bulgular	58
Tablo 13.	Şirketlerin yıllık cirolarından BT Harcamasına ayrılan paya	58
Tablo 14.	Şirketleringelişen teknolojiye karşı yaklaşımlarına yönelik bulgular.....	59
Tablo 15.	Cronbach Alfa Sonuçları.....	59
Tablo 16.	Sektör Projelerinde Karşılaşılan Sorunların Önem Derecesine Göre Sıralaması	60
Tablo 17.	Sektöre Yönelik Geliştirilen Teknolojilerin Tanınması Durumunun Önem Derecesine Göre Sıralanması	61
Tablo 18.	İnşaat 4.0 Teknolojilerinin Sektöre Yönelik İnşaat Projelerinin Kullanım Düzeyi Önem Derecesine Göre Sıralanması.....	62
Tablo 19.	Gelişen Teknolojilerin Sektörde Tercih Edilmeme Nedenlerinin Ortalama Önem Derecesine Göre Sıralanması ve Önem Göstergeleri.....	63
Tablo 20.	Sektöre yönelik geliştirilmesi beklenen teknolojilerden Beklenen Faydaların Ortalama Önem Derecesine Göre Sıralanması ve Önem Göstergeleri.....	64
Tablo 21.	Değişkenlerin Açıklaması	71

Tablo 22.	lagr Serisine Ait Klasik Birim Kök Test Sonuçları	82
Tablo 23.	ldef serisine ait klasik birim kök test sonuçları.....	83
Tablo 24.	lgdp serisine ait klasik birim kök test sonuçları.....	83
Tablo 25.	lkon serisine ait klasik birim kök test sonuçları.....	83
Tablo 26.	lmar serisine ait klasik birim kök test sonuçları.....	84
Tablo 27.	Zivots ve Andrews(1992) için birim kök test sonuçları.....	85
Tablo 28.	Lee-Strazicich(2013) Birim Kök Test Sonuçları	86
Tablo 29.	Doğrusallık test sonuçları	87
Tablo 30.	Hepsağ 2019 birim kök test sonuçları.....	88
Tablo 31.	Hepsağ 2019 Asimetrik Doğrusal Olmayan Kointegrasyon Test Sonuçları	90

GİRİŞ

2.Dünya Savaşı sonrası 1968’li yıllarda Üretim Teknolojileri Devrimi başlamış ve nükleer, bilgisayar, internet, lazer, çip, atom enerjisi, mikro elektronik, genetik, programlanabilir makinelerin gelişimiyle üçüncü sanayi devrimi başlamıştır. Bilişim teknolojilerindeki hızlı gelişim bu çağa damgasını vurmuş ve bu çağın öncü ülkesi Japonya olmuştur. Bu dönem bilgi ekonomisi olarak da ifade edilmiş ve günümüz Dijital Çağı’nın zemini bu dönemde atılmıştır. Kalifiye düzeyi düşük işçilerin olduğu, üretimde merkezi örgütlenmenin olduğu, standart üretimlerden kısacası Fordizm üretimden Post-Fordizm üretime geçilmiştir. Bilgisayar ve internetin kullanımı ile beraber üretim daha kolay hale gelmiş, insan emeğine duyulan ihtiyaç azalmıştır. Doğu bloğunun yıkılıp soğuk savaşın bitmesi ile de dünya daha bütünleşmiş bir hal almış ve üretim küreselleşmiştir. Seri üretim yerini kişiye özel üretim ile tüketiciye odaklı kaliteli bir üretime bırakmıştır. Her yeni sanayi devriminde özellikle üretim sektöründe emeğe olan ihtiyaç azalmış, insan emeğinin sermaye ile ikame edilebilmesi sermayenin önemini artırmıştır. Gelişen tüm bu sanayi devrimleri ile emek yoğun teknolojilerden sermaye yoğun teknolojilere geçiş yaşanmıştır (Özkan vd, 2018: 4-5).

Zaman içerisinde endüstri, pazarlama, organizasyon, üretim, kültür vb. önemli kavramlar defalarca büyük değişimler geçirmiştir. Her değişimde ise buna ayak uydurabilen ülkeler kalkınmış ve gelişmiştir. Birinci sanayi devriminde bunu Birleşik Krallık da görür iken ikinci sanayi devriminde daha çok İskoç ve İngiltere mühendislerinin keşifleri dikkat çekmiştir. Japonya, Çin ve Hindistan ise bu süreci üçüncü sanayi devriminde yakalamıştır (Özdoğan, 2018: 2).

Resmi olarak ilk defa 2011 Hannover fuarında bahsi geçen, Alman hükümetinin 2012 yılında oluşturduğu çalışma grubu tarafından hazırlanan ve 2013 yılında sunulan raporda Dünya’nın Endüstri 4.0 olarak adlandırılan dördüncü sanayi devrimine geçiş sürecinde olduğu açıklanmıştır. 20.Yüzyılın sonlarında başlayan devrim 21.Yüzyıl’da gelişimine devam etmiştir. Bu çağ birbiri ile iletişim kurabilen teknolojilerin yer aldığı, akıllı fabrikalar sayesinde daha esnek, daha seri ve daha az maliyetli, kişiselleştirilebilen ve daha verimli üretimlerin yapılabilirdiği, üretim ve dağıtım sistemlerinden oluşan muazzam bir çağ olarak ifade edilmektedir (Kılıç ve Alkan, 2018: 32).

Endüstri 4.0 kapsamında üretilen teknoloji odaklı sensörler ile ortamı kontrol edebilen, teknik ihtiyaçları belirleyerek analiz yapabilen, mevcut durum kontrol ederek yapılması gereken değişimleri robotlar sayesinde tespit edebilen, daha kaliteli, hızlı ve daha düşük maliyetli üretim amaçlayan sistemler olarak tanımlanmaktadır (Aytaç, 2018: 547). Dijital çağın beraberinde getirdiği dönüşüm ekonomik yapıda da büyük değişimlerin yaşanmasına neden olmuştur. Üretim sürecinde yoğun olarak kullanılan teknoloji yoğun makine, kombine bilgisayar alt yapısı ve otokontrol sisteminde sahip sensörler, insan gücünden bağımsız üretim yapısının gelişimine yol açmış, bu dönüşüm yüksek verimlilik, hızlı ve kaliteli üretim anlayışını ortaya çıkarmıştır (Yalçın, 2018: 226). Kitlese ve merkezi üretimden kişisel ve esnek üretime geçilmesi uluslararası arenada rekabet şartlarının yeniden revize edilmesi gerekliliğini ortaya koymuştur.

Son yıllarda sektörler açısından önemli bir sinerji oluşturan Endüstri 4.0 kavramı inşaat sektörünü de etkisi altına almış ve sektördeki birçok ihtiyacı karşılayacak olan teknolojiler yavaş yavaş da olsa inşaat alanına girmeye başlamıştır. Endüstri 4.0'ın inşaat sektörüne uyarlanmış hali olarak nitelendirilen İnşaat 4.0 kavramı ise sektörde ilgi görmeye başlamıştır. İnşaat sektörünün birçok yan sektörü de besleyen bir yapıya sahip olduğu ve sektörün özellikle ekonominin daralma dönemlerinde dar boğazdan kurtulmak için ilk çıkış noktalarından birini oluşturduğu düşünüldüğünde sektöre yönelik makro ve mikro perspektifte yapılan çalışmalar büyük önem arz ettiği görülmektedir.

Çalışma dört bölümden oluşmakta olup iki farklı analiz içermektedir. Çalışmanın birinci bölümünde sanayi devrimlerinden Endüstri 4.0 kadar uzanan dönüşüme yer verilmiştir. Çalışmanın ikinci bölümünde ise Endüstri 4.0 kavramına teorik bir yaklaşım yapılmasının ardından Endüstri 4.0'ın sektörlerle olan etkisine yer verilmiştir. Çalışmanın 3. bölümünde ise Endüstri 4.0'ın inşaat sektörüne olan uzantısı sonucunda ortaya çıkan İnşaat 4.0 kavramına yönelik farkındalık durumunu ortaya koymak için Elazığ ilinin örnek alındığı mikro ölçekli bir analiz gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada yapılan anket çalışması Elazığ ili için gerçekleştirilen mikro ölçekli bir analiz iken konut sektörü satışını belirleyen talep belirleyicilerine yönelik yapılan eşbütünleşme çalışması ise makro ölçekli bir analizdir. Elde edilen bulgulardan yola çıkarak sektöre yönelik politika önerilerinde bulunulmuştur.

BİRİNCİ BÖLÜM

1. SANAYİ DEVRİMLERİ

Ekonomi tarihinde toplumların yaşamında köklü değişimlere yol açan tarım devrimi ve sanayi devriminden sıklıkla bahsedilmektedir. Bazı kaynaklarda neolitik devrim olarak ifade edilen tarım devrimi, insan topluluklarının ilk kez tarım faaliyetine başlaması ile ortaya çıkmış ve toplumların sosyoekonomik yapılarında devrimsel dönüşümler yaşanmasına neden olmuştur. Daha öncesinde avcılık ve toplayıcılık ile yaşamlarını sürdüren toplumlar, tarım faaliyetine başlamaları ile birlikte yerleşik hayata geçiş yapmışlardır. Bu durum çiftçilik ve hayvancılık ile hayatlarını idame ettiren toplumların sosyoekonomik yapısında devrimsel bir dönüşüm yaşanmasına neden olmuştur. Bu dönüşüm ile şehir hayatı başlamış, nüfus artmış, sanat ve mimari gelişme göstermiş, özel mülkiyet anlayışı, idari yapılanma gelişmiştir (Özsoylu, 2017: 41). Avcılık ve toplayıcılık döneminde herhangi bir üretim faaliyeti gerçekleştirilmemekte insanoğlu doğadan beslenmektedir. Ancak yerleşik hayata geçilmesi ile birlikte Anadolu topraklarında tarım ve hayvancılık faaliyetlerine başlanmış ve tarihte ilk kez üretim sürecine geçilmiştir. Bu gelişmeler doğrultusunda toplumlar tüketen bir toplum olmaktan çıkıp üreten bir topluma dönüşmüştür. Bu süreç, üretim sürecinin sanayi üretimine doğru kaymasına neden olmuş ve tarım devriminden yaklaşık on bin yıl sonra ikinci bir devrim olarak kabul edilen sanayi devrimi süreci başlamıştır (İşevi ve Çelme, 2005: 3).

Sanayi Devrimi on sekizinci yüzyılın ikinci yarısında İngiltere’de başlayıp üretim yapabilmek için gerekli güç kaynaklarının insan ve hayvan gücü kullanımından makine gücüne geçiş aşamasını başlatmıştır. 1764-1782 yıllarında J.Watt, Newcomen’in atmosferik buhar makinesini geliştirmesi ile Sanayi Devrimi başlamış ve bundan sonra buhar makinesi artık ticari alanda da kullanılmaya başlanmıştır. Sanayi Devrimi öncesi üretim basit aletler kullanılarak evlerde veya atölyelerde kendi imkânları ile yapılırken, sanayi devriminden sonra üretim makineler ile fabrikalarda yapılmaya başlanmıştır. Artık kas gücünün yerini makineler almıştır (Günay, 2002: 10). Buharlı makine ve çırçır makinesinin hayata geçirilmesi ile buharla çalışan ilk tekstil fabrikaları faaliyete başlamış, üretim artmış, hızlanmış ve ucuzlamıştır. Sanayi devriminin başlamasında en

önemli unsurlar buharlı makinelerin icadı, tekstildeki gelişmeler, demir madeninin üretimi ve kullanımı olmuştur. Sanayi devrimi gelmesi ile birlikte üretim yapılarında büyük değişimler yaşanmış, uluslararası ticaretten iş ilişkisine, hukuki yapıdan siyasi yapıya kadar hem sosyal, hem günlük yaşamda radikal değişimler yaşanmıştır (Özdoğan, 2017: 13).

Sanayi devriminin ilk aşamalarında temel enerji kaynağı taşkömürüken içten patlamalı motorların keşfi, petrolü daha cazip hale getirmiştir. Böylece Sanayi Devrimi ile birlikte ekonomide büyük ve köklü değişimler yaşanmaya başlanmıştır. Ülkelerin geçirmiş oldukları endüstri tarihi üç adet sanayi devriminden geçmiş ve dördüncü devrimin eşiğine gelmiştir. 18.yy sonlarında buhar gücünün fabrikalarda kullanımı ile başlayan sanayi devrimleri, 19. yy ortalarına doğru üretimde elektrik gücünden faydalanılması ile birlikte bu çağa ikinci sanayi devrimi adı verilmiştir. 1860’larda başladığı kabul edilen ikinci sanayi devriminin İngiliz mucit H.Bessemer’in icat ettiği ucuz çelik üretim yönteminin yaygınlaşması ile başladığı kabul edilmektedir. Bessemer yöntemi ile eritilmiş pik demir, alttan verilen havanın oksijeni ile çeliğe dönüştürülmüştür. Teknoloji devrimi de denilen ikinci sanayi devrim ile çelik, trenrayları, petrol, kimyasal teknikler, telgraf, telefon ve elektriğin kullanımı başlamış ve yaygınlaşmış, bilimsel bilginin önemi daha iyi anlaşılmıştır. Basit mekanik aletlerin icadı, bilim adamlarının fiziki ve kimyasal alanda yapmış olduğu buluşlar bu çağda çok sıklıkla yaşanmıştır. Elektriğin kullanımı ile Ford’un öncülüğünde seri üretim anlayışı da gelişmiştir (Özsoylu, 2017: 42).

2.Dünya Savaşı sonrası 1968’li yıllarda Üretim Teknolojileri Devrimi başlamış ve nükleer, bilgisayar, internet, lazer, çip, atomenerjisi, mikroelektronik, genetik, programlanabilir makinelerin gelişimiyle üçüncü sanayi devrimi başlamıştır. Bilişim teknolojilerindeki hızlı gelişim bu çağa damgasını vurmuş ve bu çağın öncü ülkesi Japonya olmuştur. Bu dönem bilgi ekonomisi olarak da ifade edilmiş ve günümüz Dijital Çağı’nın zemini bu dönemde atılmıştır. Kalifiye düzeyi düşük işçilerin olduğu, üretimde merkezi örgütlenmenin olduğu, standart üretimlerden kısacası Fordizm üretimden Post-Fordizm üretime geçilmiştir. Bilgisayar ve internetin kullanımı ile beraber üretim daha kolay hale gelmiş, insan emeğine duyulan ihtiyaç azalmıştır. Doğu bloğunun yıkılıp soğuk savaşın bitmesi ile de dünya daha bütünleşmiş bir hal almış ve üretim küreselleşmiştir. Seri üretim yerini kişiye özel üretim ile tüketiciye odaklı kaliteli

ve seri bir üretime bırakmıştır. Her yeni sanayi devriminde özellikle üretim sektöründe emeğe olan ihtiyaç azalmış, insan emeğinin sermaye ile ikame edilebilmesi sermayenin önemini artırmıştır. Gelişen tüm bu sanayi devrimleri ile emek yoğun teknolojilerden sermaye yoğun teknolojilere geçiş başlamıştır (Özkan vd, 2018: 4-5). Zaman içerisinde endüstri, pazarlama, organizasyon, üretim, kültür gibi önemli kavramlar defalarca büyük değişimler geçirmiştir. Her değişimde ise buna ayak uydurabilen ülkeler kalkınmış ve gelişmiştir. Birinci sanayi devriminde bunu Birleşik Krallık da, ikinci sanayi devriminde daha çok İskoç ve İngiltere mühendislerinin keşifleri dikkat çekmiştir. Japonya, Çin ve Hindistan ise bu süreci üçüncü sanayi devriminde yakalamıştır (Özdoğan, 2018: 2).

Endüstri 4.0 resmi olarak ilk defa 2011 Hannover fuarında dile getirilmiştir. Alman hükümetinin 2012 yılında oluşturduğu çalışma grubu tarafından hazırlanan ve sunulan raporda: Dünyanın Endüstri 4.0 olarak adlandırılan dördüncü sanayi devrimine geçiş sürecinde olduğu açıklanmıştır. 20.Yüzyılın sonlarında başlayan devrim 21.Yüzyıl'da gelişimine devam etmektedir. Dördüncü sanayi devrimi ile yaygın mobil internet ağları, otomasyonlar, sensorlar, nesneler arası internet gibi teknolojik gelişmeler hayatımızın her alanında yer almakta ve sürecin zamanla katkı sunduğu bu gelişmeler, toplumlarda büyük bir sinerji oluşturmaktadır. Bu çağ birbiri ile iletişim kurabilen teknolojilerin yer aldığı, akıllı fabrikalar sayesinde daha esnek, daha seri ve daha az maliyetli, kişiselleştirilebilen üretimlerin yapıldığı muazzam bir çağ olarak ifade edilmektedir (Kılıç ve Alkan,2018: 32).

1.1. Dördüncü Sanayi Devrimi

Dördüncü sanayi devrimini ilk defa ortaya atan ve çalışma grupları oluşturarak kavramın ilerlemesini sağlayan öncü ülke Almanya olmuştur. Genel bir ifade ile Endüstri 4.0, makine gücünün insan gücünün yerini alarak üretim süreçlerini kendiliğinden yönetebilir hale gelmesi olarak tanımlanmaktadır. Endüstri 4.0, sanayi üretiminde rol alan tüm paydaşların birbiri ile haberleşmesine, tüm verilere eş zamanlı ulaşabilmesine ve bu sayede yüksek katma değer oluşturulmasına zemin hazırlamıştır. Dördüncü sanayi devrimi, akıllı sanal-fiziksel sistemler tarafından kontrol edilebilen, kendini izleyebilen, kendini iyileştirebilen üretim sistemine sahiptir (Bulut ve Akçacı, 2017: 53).

Bu çağın en belirgin özelliği dijitalleşme süreci olup bugüne kadar üretilmiş tüm cihazların siber fiziksel sistemler ile bulunduğu büyük bir dönüşüm çağdır. Sanayi 4.0, diğer sanayi devrimlerine göre daha hızlı ilerlemekte ve hayatın her alanında hissedilmektedir. Robotların üretimi devralması, yapay zekânın gelişimi, üç boyutlu yazıcıların kullanımı ile ev ortamında dahi üretimin yapılabilir hale gelmesi, veri analizi sayesinde bilgi yığınının arınma gibi dijitalleşme adına yapılan birçok devrime bu yüzyıl şahit olmuştur (Sayar, 2019: 35). Bugünkü donanımlardan farklı olarak yeni nesil yazılım ve donanımla, düşük maliyetli, az enerji harcayan, az yer kaplayan ve aynı zamanda bir o kadarda güvenilir olan bu donanımlar, endüstri 4.0'ın bilgi ve iletişim teknolojilerindeki gelişmelerle üretim sistemlerinin dijital dönüşümünü, yine üretim sistemlerinin her aşamasında akıllı üretim sisteminin gelişmesi hedeflenmektedir (Genç, 2018: 238).

Önemli bir başka bileşen olan siber fiziksel sistemler sayesinde her türlü nesneye entegre edilmiş, sensörler ile donatılmış internet bağlantısı olan ve elektronik sistemler sayesinde yeryüzündeki tüm cihazların birbiriyle bilgi ve veri alışverişi yapabildiği tamamen dijital bir jenerasyon gelişmiştir. Endüstri 4.0 ile teknolojinin gücü insana, insanın gücü teknolojiye aktarılarak, ekonomide üretim artışı ve yeni iş imkânları doğmuştur. Bu süreç hayatımızın her alanında ekonomide, sosyal hayatta, çalışma hayatında etkisini sürdürmektedir. Bu etkilerin olumlu yönde olacağı konusunda fikir birliği söz konusudur. Kimilerine göre işsizliğin artabileceği düşünülse de, eski endüstri zamanlarına bir göz atıldığında buhar makinelerinin keşfi sürecinde insanlar işsiz kalacaklarını düşündüklerinden, yine aynı şekilde bilgisayar bulunduğu zamanda insanlar her işi bilgisayarların yapacağını ve işsiz kalacaklarını düşünmüşlerdir. Ancak bu devrimler sonucunda ellinin üzerinde yeni iş kolu ortaya çıkmış, teknoloji geliştikçe işsizlik azalmayıp aksine artmıştır. Devrimlerde şahit olunduğu üzere teknoloji ile işsizliğin ters orantıya sahip olduğunu söylemek mümkündür. Bu açıdan bakınca da Endüstri 4.0 devriminde de insanın kas gücünden değil, akıl gücünden yararlanmak istendiği, ağır iş yükünü robotlar tarafından yapılırken, insanların ise daha rahat, konforlu ve daha insani ortamda çalışabilecekleri bir sürecin oluşacağı da tahminler arasında yer almaktadır (Yankın, 2019: 26).

Günümüzde sosyoekonomik açıdan gelişmek isteyen geride kalmak istemeyen ülkeler Endüstri 4.0'ı yakından takip etmektedir. Endüstri 4.0'ın kısa vadede %6

istihdam artışı sağlayacağı, uzun vadede ise nitelikli işgücü talebinin ciddi düzeyde artacağı beklenmektedir. 2020 yılında yaklaşık 50 milyar cihazın birbiriyle iletişim halinde olacağı tahmin edilmekle beraber uluslararası ticaret hacminin %46'sını etkileyeceği öngörülmektedir (Aydemir, 2018: 256). Batılı ülkeler Çin'i bir tehdit unsuru olarak algılamakta olup, Çin'in küresel piyasada elde ettiği rekabet gücünü batılı ülkeler tekrar ele geçirmek istemektedir. Çin bu rekabet üstünlüğünü Endüstri 4.0 ile elde etmektedir ve bu konuda oldukça bilinçlidir. Ekonomideki gelişimini müşteri odaklı bir inovasyona dayandırarak, farklı ülkeler ile işbirliği yapmaktadır. Ürünlerin pazara çıkış hızını arttırarak ürünlerin benzer ürünler arasından hemen ayrılması ve böylece daha fazla kar sağlamayı hedeflemektedir. Değişen müşteri talebine karşı esnek üretim yaparak verimliliği arttırması Çin'in küresel piyasada üstünlük sağlamasının sebepleri arasında yer almaktadır (Doğru ve Meçik, 2018: 1585). Değişen teknolojinin hızına ayak uydurabilmek için kültür ve yöntem bakımından sürekli eğitim ve sürekli öğrenmeye dayalı bir yol izlenilmelidir. Devrimi başarılı bir şekilde gerçekleştirebilmek için izlemek, araştırmak ve okumak gerekmektedir. Ancak ekonomiler Endüstri 4.0'ın hızını yakalayabilir ve ancak bu şekilde küresel rekabet ortamında ayakta kalabilirler. Dördüncü sanayi devriminin arkasında pek çok teknolojik yenilik bulunmaktadır. Bunlardan bir kısmı Endüstri 3.0'da keşfedilmiş, ancak Endüstri 4.0'de daha cazip hale gelmiştir. Birçoğu yazılımsal teknolojiden oluşmaktadır. Büyük veri, bulut bilişim, yapay zekâ gibi yazılım ve donanımların birlikte olduğu teknolojiler ile üç boyutlu yazıcılar ve endüstriyel robotların koordinasyonu ile oluşan bir devrimdir (Özdoğan,2018: 75).

1.1.1. Üç Boyutlu 3D Yazıcılar

Günümüzde 3D yazıcılar pek çok alanda kullanılmakta ve her geçen gün kullanım alanı artmaktadır. 3D yazıcıların kullanım alanları arasında endüstriyel imalat, havacılık ve uzay, mimarlık ve inşaat, tekstil, gıda, tıp ve sağlık, şehir planlamasından kuyumculuğa kadar birçok alan yer almaktadır. 3D yazıcıların ilk uygulaması 1984 yılında ortaya çıkmıştır. Üç boyutlu yazıcının üretim süreci daha önce birinci ve ikinci sanayi devrimlerinde uygulanan üretim süreçlerindeki tekniklerden oldukça farklıdır. Geleneksel üretim süreçlerindeki gibi çıkarmalı üretim değil, eklemeli bilgi imalat şeklindedir. Geleneksel üretim de hammadde kesilmekte, biçilmekte ve daha sonra

ürünü ortaya çıkartmak için birleştirilmektedir. Bu süreçte ciddi anlamda malzeme israfı yaşanmaktadır. Oysaki üç boyutlu yazdırma ile yapılan üretim de erimiş malzeme üst üste ekleyerek katmanlar oluşturmakta ve bu işlem sonunda ürün tek parça üretilmektedir. Hammadde kullanımı açısından 3D yazıcılarının ciddi anlamda verimlilik sağladığını söylemek mümkündür (Bulut ve Akçacı,2017:54).

Yeni endüstriyel çağ olarak ifade edilen Endüstri 4.0'ın önemli bir bileşeni olan 3D yazıcıların üretim iş modellerinde önemli değişiklikler getireceği beklentiler arasında yer almaktadır. Bu teknoloji ile daha az malzeme kullanılarak daha hafif ve daha fonksiyonlu bileşenlerin tasarımına imkân sağlamaktadır. Eklemeli üretim teknolojisi geliştikçe yeni malzemelerin de imalatı kolaylaşmıştır. Böylece maliyetler azalmakta ve kişiye özel tasarlanabilen, daha iyi ürünler geliştirilebilmektedir. Dolayısıyla geleneksel imalattan daha avantajlı bir üretim süreci olduğu kabul edilmektedir. Üretim maliyetlerini ciddi oranda düşüren bu cihazın gelişmekte olan ülkeler için üretim ve inovasyon konusunda bir çığır açacağı tahmin edilmektedir (Kökhan ve Özcan, 2018: 82).

Bilim dünyasına göre yakın bir zamanda 4D yazıcıların kullanımından bahsedebileceğiz. Bu ürünler üç boyutlu olmanın yanı sıra içinde bulundukları ortama göre ürünün kendiliğinden şekil değiştirebilmesi mümkün görülmektedir. Örneğin, yağmurlu ve güneşli havayı algılayarak kendiliğinden bota veya sandalete dönüşebilen ayakkabılar veya düz bir metal parçasının suyun altına yerleştirildiğinde kendiliğinden boru haline dönüştürülmesine imkan veren 4D yazıcıların önümüzdeki yıllarda insanların yaşamına dahil olacağı tahmin edilmektedir (Ünal ve Saygılı, 2019: 85).

1.1.2 Nesnelerin İnterneti ve Makineler Arası İletişim

Endüstri 4.0 kavramının ilişkili olduğu bir diğer kavram ise “nesnelerin interneti”dir. Nesnelerin interneti “fiziki nesnelerin birbiriyle veya daha farklı boyuttaki farklı sistemlerle bağlantılı olduğu bir iletişim ağı” şeklinde tanımlanabilmektedir. Bir başka tanımda ise kavram herhangi bir nesneden, cihazdan, akıllı okuyucudan veya insandan üretilen verilerin, bir ağ aracılığı ile başka sistemlere aktarılması şeklinde tanımlanabilmektedir. Bu kavramı ilk olarak 1999 yılında Kevin Ashton, Procter&Gamble isimli şirket için hazırladığı sunumda kullanmıştır (Özkan vd.2018:12). Günümüz de ise bu kavram birçok alan için dönüşüm teknolojisi haline

gelmiştir. Nesnelerin interneti ile sosyal yaşamdan endüstriye kadar birçok platformda yeni fırsatlar sağlayacağı beklenilmektedir. Makineler arası iletişim ile sağlık, inşaat, ulaşım ve kamu hizmetlerine kadar daha pek çok alanda uygulanabilme imkânına sahiptir. Geleceğin fabrikalarında da bu ve benzeri teknolojiler sıklıkla görülecektir (Yıldız,2018; 551).

Günümüzde nesnelerin interneti günlük yaşamın birçok alanına girmiş ve yoğun olarak kullanılmaya başlanmıştır. Nesne olarak tanımlanan cihazlar arasında nabız takibi sağlayan implant örneklerden sadece birini oluşturmaktadır. Diğer örnekler arasında 2014 yılında Google tarafından satın alınan Nest ile ev, işyeri ya da ofislerin sıcaklığını dışardan kontrol edip artırıp azaltılabilen teknoloji, akıllı ev sistemlerinin en fazla tercih edilen ürünü Smart Things ile akıllı telefon yardımıyla kahvaltının hazır olması ya da akşam eve gelindiğinde ışıklar otomatik olarak açılabilmesi, perdelerin kendiliğinden kapanabilmesi veya doğalgazı açıp kapayarak evin ısınısını eve gelmeden ayarlanabilmesi de yer almaktadır. Akıllı kilit mucidi olan August'un bulduğu anahtar olmadan telefon vasıtası ile eve girilmesi bir başka örnektir. Tüm bunlar dışında gelen veriyi analiz eden, veriyi anlık aktarmakta kullanılacak bir ağ sistemi, akan veriyi saklayabilmek için gerekli bir veri tabanlı platform, gelen veriden anlam çıkaracak bir veri analitiği ve bu veriyi üst yönetime sunacak bir iş zekâsı nesnelerin interneti kavramının baştan sona kadar ilerlemesidir (Özdoğan, 2018: 96). 1991 yılında Cambridge Üniversitesi akademisyenlerinin kurmuş oldukları kameralı bir sistem ile o zamanın şartlarına göre etkili bir buluş denilen ve kahve makinesinin görüntüsünü dakikada üç kez bilgisayar ekranına anlık ve çevrimiçi olarak gönderilmesi, nesnelerin interneti kavramının ilk örneği olarak tarihe geçmiştir (Kalkan, 2018: 16).

Türkiye’de de Nesnelerin İnterneti pazarı büyük bir gelişme göstermektedir. Microsoft Türkiye, nesnelerin interneti alanında Türkiye’nin Endüstri 4.0’ı yakalayabilmesi adına eğitim girişimine ilk başlayan şirketler arasındadır. Hazırlanan bu program ile öğretmen ve öğrenciler hazırlanan müfredat ve Microsoft’un hazırladığı ücretsiz yazılım ile nesnelerin interneti alanında eğitim alma imkânı bulabileceklerdir. Böylece yakın zamanda istihdamda yaşanacak geçiş yönetip kalifiye iş gücünü desteklemek adına bir eğitim seferberliği oluşacaktır. Türkiye’de yeni teknolojiler ile ilgili çalışmalara örnek olarak; Smart Mimic akıllı alarm sistemleri üzerine, Freeparc akıllı araba parkı üzerine, Boni akıllı binalar, Amido, Nesnet, OnLock, Punica, Vevien,

Zipato, Arçelik Home Whiz firmaları akıllı ev sistemleri üzerine, OttoLock akıllı kilit sistemleri üzerinde, Evreka, Onlab, Proline akıllı şehir sistemleri üzerinde ve daha birçok firma nesnelerin interneti üzerinde çalışmalar yapmaktadır (<https://indigodergisi.com/icerik-politikasi/>).

Nesnelerin İnterneti ile pek çok sektörün üretim sürecini değişmiş ve değişmeye devam etmektedir. Tarımdan, inşaata her alanda yaşanan bu değişim ile işin uygulanış şeklinde iyileşme ve gelişme görülmektedir. Örneğin tarım alanında traktörlere takılan sensörler sayesinde ekinlerin verimi takip edilebilmekte ve çiftçiler en uygun zamanda ekip, toplayıp ürünlerinden maksimum verim sağlayabilmektedir. Sağlık alanında yine sensörler sayesinde medikal cihazların internet ile bağlantısı sağlanarak sağlık personeli ihtiyacı halinde hastaya acil müdahale edilmesi gerektiği uyarısı verilebilmektedir. Perakende sektöründe görülen Beacon sensörü ile müşterinin mobil uygulamada varsa o anki lokasyonu belirlenerek müşteri ile iletişim kişiselleştirilip müşteri mağaza yakınında veya mağaza içerisinde ise indirim ve kampanyalar hakkında bilgi verilebilmektedir (Gülşen, 2019: 108).

- Akıllı şehir lambaları,
- Trafik kontrol,
- İzleme kameralarının yönetimi,
- Kazaların önlenmesi,
- Trafiğin azaltılması,
- Sağlıkta uzaktan hasta takibi,
- Çalışan güvenliği,
- Ambulanstan akan veriler,
- Benzin tasarrufu sağlanması,
- Araç arıza ve bakımı hakkında önceden bilgilendirme yapılması veya gıda ürünü taşıyan nakliye araçlarında ısı kontrolünün sağlanması ve böylece ürünlerin bozulma riskinin azalması gibi konularda da nesnelerin interneti büyük önem taşımaktadır

Zamanı daha verimli kullanmak adına nesnelerin interneti ile sabah hazır olan kahvaltı, akıllı araçlar ile işe gitme, akıllı ofislerde daha az enerji ile çalışma ve gün sonunda akıllı evlerde günün tamamlama şansı mümkün olacaktır. Bu değişim sadece günlük yaşamda değil, aynı zamanda endüstride de birçok avantajı beraberinde

getirmektedir (Gökrem ve Bozuklu, 2016: 50-51). Teknoloji ile sadece verimliliği artırmak ile kalmayıp üretim sürecini tamamen değiştirebilecektir. Günümüzde 3-5 milyar olan bağlantılı cihaz sayısı 2020 sonlarına doğru 20 milyara ulaşması beklenmekte, cihazların %60'ını tüketici cihazları oluşturmakta %40'ını endüstriyel cihazlar oluşturacağı tahmin edil edilmektedir (Şahin, 2019: 13).

Yaklaşık 8 milyar nüfusa sahip dünya, doğal kaynaklarının yönetimi açısından büyük bir problem ile karşı karşıyadır. Fakat nesnelerin interneti; temiz su, hava kirliliği, kirlilik kontrolü ile yangın, deprem, tsunami gibi afetler, katı atık depolama alanları ve orman kaybı gibi problemlere çözüm üretmek için alternatifler sunmaktadır. Bu bağlamda da Türkiye'de Nesnelerin İnternetine büyük önem verilmektedir. Özellikle ekosistemin korunması adına temiz su, hava kirliliği, atık depolama gibi konularda büyük çalışmalar yapılmaktadır. Böylece küresel ısınma karşıtı çalışmalar da mevcuttur. Özellikle karbon gazının salınımı ile ilgili yapılan çalışmalarla 2030 yılına kadar karbon gazının emisyonunun azalacağı öngörülmektedir (Bıçakçı, 2019: 32).

Nesnelerin İnterneti alanında faaliyet gösteren birçok şirket olup sayıları her geçen gün artmaktadır. Akıllı şehir planlamasında öncü şirketlerden birisi de Evraka'dır. Çevre gözlemcisi olan Evraka, çöp kamyonları üzerine yapmış olduğu gözlemler neticesinde bu kamyonların rahatsız edici olduğuna, gürültülü olduklarına, trafiğe sebep olduklarına ve atık toplama sürecindeki verimsizliğe odaklanıp çevreye verilen zararı en aza indirmek için çalışmalar yapmıştır. Gün içerisinde atık toplayan çöp kamyonları tüm konteynırları gözden geçirmekte, fakat bu işin %30'u gereksizdir ki buda fazladan yakıt kullanımı, çevre kirliliği ve trafik sorunu demektir. Evraka bu soruna odaklanıp konteynırların doluluk oranlarını, konumlarını, sıcaklık durumlarını raporlayan akıllı sistemler sayesinde gereksiz iş yükünü ortadan kaldırıp daha ekonomik daha çevreci bir hizmet sunuyor. Şu anda Türkiye'de 1000'in üzerinde sensörle büyük şehirlerimizin bazılarında bu uygulama aktif haldedir (Askan, 2016:23). Nesnelerin İnterneti ile mobil kablosuz okuyucu ağlar ile bir bulut bilişim sistemine ulaşip veriyi aktarması da mümkündür. Orman yangınlarının takibinde olduğu gibi nesnelerin interneti büyük veri, bulut bilişim ve veri yönetiminin tamamı kullanılarak, ormanlara belirli aralıklarla yerleştirilmiş mobil kablosuz okuyucu ağlarına erişebilen akıllı okuyucuların ilettiği sıcaklık ve nem verileri ile yangınlar anında kontrol altına alınabilmektedir (Özdoğan, 2018: 98).

Nesnelerin İnterneti kavramı endüstriden, sanayiye, sağıktan, eğitime ve daha birçok alanda etkisini sürdürmektedir. Yakıt fiyatları, trafik sorunu, artan iş gücü oranları şirketlerin mücadele ettiği sıkıntıların başında gelmektedir. Çoğu şirket doğaları gereği nesneleri hava, kara ve deniz yolu ile bir yerden bir yere taşıırken lojistik hizmeti sunmakta ve bu hizmeti sunarken çok geniş alana yayılmış ağırları hakkında hızlı veri akışına ihtiyaç duymaktadır. Ulaşım ve lojistik pek çok şirketin üretkenliği ve anlık verilere ulaşımında en temel unsur olup bu sebepten ötürü birçok işletme mobil teknolojilerinin üstünlüğünü keşfetmektedir. Doğru planlar sonucu şirketler, cihazlarını bulut bilişim ile merkezi bir alana bağlayarak elde ettikleri değerli verileri paylaşp gerçek zamanlı ileri görüş kazanmış olmaktadır (Öğünç, 2018: 1661). Nesnelerin İnterneti, işin yapılma şeklinde büyük değişimlere sebep olurken iş stratejisinin temel kuralı sabit kalmaktadır. Bu yüzden işletmeler hedeflerini iyi tanımalı, iş ihtiyacına karar vermeli, çözüm geliştirmeli ve iş planı oluşturmmalıdır. Daha sonra ulaşım ve lojistik kısım için çalışmalar yapılmalıdır. Nesnelerin İnterneti ile lojistik ve ulaşım alanında gelecek on yılda daha ileri seviyelere ulaşacağı öngörülmektedir. Kargo hizmetlerinde olduğu gibi ürünü an ve an takip edilebilmesi, teslimat personeli, araçlar ve müşteri arasındaki iletişimi sağlaması tüm bunlar işletmelerde nesnelerin interneti etkisi ile verimi arttırmaktadır (Gökrem ve Bozuklu, 2016: 58-59).

- Nesnelerin İnterneti sayesinde daha hızlı ve etkili kararlar alınıp uygulanabilecek, karmaşık ürün yapıları daha kolay üretilebilecek ve süreçler daha kolay idare edilebilmektedir (Berkun, 2018: 24). Avantajları olduğu gibi bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Karmaşık bir yapıya sahip olduğundan sistemsel hatalar yaşanması olasıdır. Örneğin: Bir işyerinde çalışanlara bir ürünün stoklarının azaldığı bildirimi gittiğinde tüm çalışanların aynı ürünü satın alması gibi gereksiz bir israfa neden olmakta veya evde ekmeğin bittiğini hem size hem eşinize mesaj gitmesi sonucunda ihtiyaç duyulan iki katı ekmek almış olunacağı için bu sistemden kaynaklanan karışıklığa sebebiyet veren bir dezavantajdır. Yazılımların saldırıya uğraması halinde mevcut verilerin yok olabilmesi, kişisel bilgilerin yanlış kullanılması veya şu an kullanılan izleme ve etiketleme ekipmanları için uluslararası uyumluluk standardının olmaması birer dezavantajdır. Örneğin internet üzerinden kargo takip sisteminin yapılabilmesi bu teknolojinin daha başlangıcıdır diyebiliriz. Günümüzde kargo tesliminde bir

yanlırlık yapılarak reçetenizin karıştığını varsayın, hangi ilaçları kullandığınızı bilmeleri veya yakınlarınızın sizin mali durumunuzu bilmesi gibi gizlilik ve güvenlik açısından da tehditleri bulunmaktadır (Barutcu, 2019: 15). Tüketiciler, üreticiler, hizmet sağlayıcılar, çalışanlar, örgütler, toplumlar, şehirler, hükümetler gibi pek çok taraf için, nesnelerin interneti problem çözen ve fayda sağlayan bir teknolojidir Nesnelerin İnternetinin birkaç tane dikkat edilmesi gereken dezavantajı vardır fakat avantajları daha fazladır en önemlisi tüketici ve şirketlerin zaman, para konusunda tasarruf sağlamasıdır. Dikkat edilmesi gereken ve önlem alınması gereken dezavantajlara karşı hazırlıklı olup sorunları gözardı edilmemesi ve önlemler alınmasıdır. Nesnelerin interneti aktif ve detaylı bir biçimde kullanıldığında (Alan v.d, 2018: 304-306) ;

- Üretim ve üretim süreci yönetimi pratikleşir, istenmeyen bir durumla karşılaşınca süreç makineler ve robotlar tarafından otomatik olarak durdurulabilir,
 - Tedarik zinciri daha akıllı hale dönüşecektir. Sensorlar ve akıllı etiketler sayesinde tedarik süreci boyunca ürün kendini yönetebilir,
 - Enerji ve altyapı maliyetleri azalacak üretim sürecinde kullanılan makinelerin üzerinde yer alan akıllı ölçüm cihazları ve sensorlar sayesinde üretim sürecinin neresinde ve ne kadar enerji kullanılması gerektiğini ölçerek uygun değerde enerji düzeyi belirlenip gereksiz enerji kullanımının önüne geçilebilir
- 1.1.3. Büyük Veri Big Data

“Veri” günümüz şartlarında işletmeler için ciddi avantajlar ve fırsatlar sunmaktadır.2012 yılında Davos’taki Dünya Ekonomik Forumu’nda ekonomik değer olan altın, para gibi yeni bir ekonomik değer olan “veri”den bahsedilmiştir. Doğan ve Arslantekin, 2016: 21).Dünyada her geçen saniye ciddi oranda veri üretilmektedir. Veri hacmi yanında veri çeşitliliği ve veri üretim hızı da artmaktadır. İlk olarak 2003 yılında Google tarafından duyulan büyük veri kavramı, daha sonra birçok firmanın geliştirdiği açık kodlu yazılım araçları ile çoğaltılmıştır. Günümüzde ismini sıkça duyduğumuz “Big Data” aslında yıllardır içerisinde bulunmuş ancak toplum içinde yabancı bir kavram olmuştur. Veri kavramın insanlara tanıdık gelmese de farkında olmadan toplumlar destek vermekte ve sürekli veri akışı sağlanmaktadır (Özdoğan, 2018: 80).

Big Data’lar yeni veri kaynaklarına göre daha karmaşık daha hacimli verilerdir. Birçok tanımı mevcuttur, ama genellikle ‘‘4V’’ olarak bilinen Volume, Variety, Velocity olarak bilinen kavramları içermektedir. Volume yani hacim anlamına gelip terabayttan petabaytlara kadar olan veri aralıklarını ifade etmektedir. Variety çeşitlilik anlamına gelip çok çeşitli konulardan veri içermektedir. Velocity de hız anlamına gelmekte ve verileri hızlı bir şekilde işleyip sunması anlamına gelmekte ve tanımı güç olan Big Data’yı hacim, çeşitlilik ve hız üçlemesi ile tanımlamaktadır. 4V endüstri 4.0 da ki büyük veri kullanımını doğrudan etkilemektedir. Endüstri 4.0 içerisinde yer alan 4V’yi tanımlanmakta, ancak dördüncü V’yi kendi başına tamamlayamamaktadır. DördüncüV, verilerden elde edilen değeri temsil etmektedir ve bunu anlayabilmek, bilgi edinebilmek büyük öneme sahiptir. Elde ettiğimiz bu verileri zamanında kullanılmazsa hem geçerliliğini yitirir hem de maliyet yükü olmaya devam eder. Bir organizasyon elinde 3V’nin bulunduğunu varsayarak dördüncü V için büyük veri araçlarını seferber edip her yeni seneye daha güçlü veriler ile girmiş olmaktadır. Bir organizasyonun bir endüstrinin veya bir ülkenin devamlılığı ve kalkınması için mutlak suretle büyük veri kavramlarına ve araçlarına yatırım yapmış olmalıdır (Özdoğan, 2018: 81-82).Büyük veri aslında ilişkisiz gibi duran verileri bir arada kullanarak anlamlı sonuçlar çıkaran ve işletmeler için değer yaratan bir olgu olduğuna değinmiştik. Aslında ilişkisiz gibi duran bu veriler arasındaki ilişkinin incelenmesi büyük veriden öncede mevcutmuş. Hawthorne deneylerinde gördüğümüz gibi ışık düzeyi ile çalışan verimliliği arasında ilişki yok gibi gözükse de aralarında olan ilişki göz önüne alınmıştır(Atan, 2016: 151).

Big data gelişen teknolojiler ve tüketicilerin yükselen istek ve ihtiyaçları sonucu veri kullanımlarındaki artış ile doğru orantılı çeşitlilik üreten kümelerdir de denebilir. Böylece öngörülebilir sorunlara erken müdahale için çözümler bulunurken fırsatlarda önceden tahmin edilerek avantaja dönüştürülebilir (Berkun, 2018: 25). Günümüzde pek çok cihaz veri üretebilir hale gelmiştir. Bireylerin, kurumların veya internet dünyasının sakladığı verilerin büyüklüğü her geçen saniye katlanarak çoğalmaktadır. Günümüz teknolojisi ile de bu veriler üretildiği anda kullanılabilir hale gelebilmektedir. Veri daha oluşum aşamasında iken en hızlı tepkiyi verip müdahale edip işlemeye hazır hale gelebilmiştir. Verinin bu hızını yetiştirebilen organizasyonlar veri oluşum aşamasında iken yanlış giden bir şeyler var ise anında müdahale edebileceklerdir (Doğan ve Arslantekin, 2016: 24).Verilerin analiz edilmesinde, işlenmesinde ve kullanılmasındaki

mükemmellik; maliyet açısından da fırsatlar sunmakta böylece işletmelere rekabet avantajı sağlarken günlük hayatta ise işleri kolaylaştırmaktadır. Büyük veri kullanımı hem kamuda hemde özel sektörde önemli bir yere sahiptir. Böylece elde ettikleri veri analizi sonucu geleceğe dair varsayımlar oluşturulup değerlendirmeler yapabilmektedirler. Böylece karşılaşılabilecek fırsat ve tehditlere önlemler alabileceklerdir (Barutcu, 2019: 26). Big Data'nın kullanıldığı alanlara bakacak olursak; sağlık sektöründe hasta geçmişi veri tabanı sayesinde hastanın hangi tarihte hangi bölüme giriş yaptığı, hangi hastalıklar için hangi tarihte muayene olduğu ve hangi tarihte kontrole geleceğini hastalarına aktararak hasta memnuniyeti sağlamaktadır. E-Ticaret sitelerinde sıklıkla rastladığımız gibi site oluşturduğu verileri analiz ederek hangi ürünlerle ilgilendiğimizi keşfedip daha sonra siteye giriş yaptığımızda ilgilendiğimiz ürünleri karşımıza çıkartarak satış miktarını arttırdığı görülmüştür. Arama motorlarında en çok arama yaptığımız sayfaları analiz ederek bir sonraki aramalarda bunları ilk sırada göstermektedir (Aksoy vd, 2017: 1917). California Üniversitesi risk analizi yaparak sistemini geliştirmiş ve 493 milyon dolar kar sağlamıştır. Yine Nissan Şirketi kendi yerel internet sitesini kurarak alıcıların bu sitede yaptığı filtreler sayesinde hangi araca baktığına hangi renge hangi özelliğe ilgi duyduklarını analiz ederek üretim ve pazarlama stratejilerini bu yönde yaptığı görülmüştür. Ülkemizde hepsiburada.com 3 terabaytlık veriyi veri analitiği yaparak 358 gigabayta indirerek günde 7 saatte yaptığı veri analizi işini 1 buçuk saate indirmiştir (Barutcu, 2019: 28). Her sene bir önceki senenin iki katı veri üretilmekte olup bu kadar çok veri yığını içerisinde doğru bilginin, doğru zamanda doğru yerde olmasına Big Data sayesinde ulaşılmaktadır (Öztemel,2018: 26). Big Data karar alma sürecinde kaldıraç görevi görmekte, karar alma sürecindeki karmaşıklığı azaltmak ve birçok alanda destek olmaktadır. Fırsatlarının yanı sıra riskleri de mevcuttur. Kişilerin veya şirketlerin mahremiyet endişeleri olabileceği gibi insan emeği ile yapılan işlerin yerine geçerek bazı iş kollarını bitirmiş gözüksede yeni iş fırsatları doğuracaktır(Bulut, 2017: 57). Tesco, İngiltere'de perakende devi olarak bilinir. Tesco işletmesinin et satışları ile işletmesi ile alakası olmayan işletme dışı bir veri olan hava sıcaklığı arasında olan bir ilişkiyi fark etmiştir. Her 3 derecelik hava sıcaklığı artışında Londra bölgesinde et satışları %10 artmıştır. Bu artış mangal yapımı ile ilişkilendirilmiş ve normal kabul edilmiştir. Tesco büyük veri sayesinde elde ettiği bu çıkarımlarla 16 milyon sterlin tasarruf sağlamıştır (Atan, 2016:

149).Yine bir örnek verecek olursak Walmart, sayısal çözümleme uzmanları ile 2004 yılında hangi müşterinin hangi ürünü aldığına. Sepetinde başka hangi ürünlerin bulunduğu, hangi gün ve hangi saate gibi verileri incelemişlerdir. Bu kadar büyük veri yığını içinden araştırma yapıp veriler elde etmişlerdir. Elde ettikleri veriler neticesinde kasırğa öncesinde el feneri satışlarında yaşanan artış ile beraber bir Amerikan gevreği olan Pop-Tarts satışlarının da arttığını fark etmişlerdir. Bunu fark eden şirket kasırğa malzemeleri yanına gevreği de depolayarak satışları büyük ölçüde arttırmıştır (Doğan ve Arslantekin, 2016: 31).

Big Data bir strateji olarak ele alınmalı ve verinin büyük önem kazandığı bir ortamda veriye ulaşmayı kolaylaştırmak adına çalışmalar yapılmalıdır. Verinin çokluğu kadar kalitesi, işlenebilirliği ve bunu yaparkende bilgi güvenliği çok önemlidir. Veri sahiplerinin mahremiyetinin korunması ve büyük veri paylaşımının taraflara sağladığı fayda arasında iyi bir denge sağlanmalıdır böylece mahremiyet gözetilerek veriler uygun yöntemlerle ilgililere aktarılmalıdır(Canbay v.d,2017;34).

Büyük veri sayesinde artan verimlilik, doğruluk, taleplerin daha iyi tahmin edilip karşılanması, hızlı kararlar alınabilmesi ve uygulanması gibi birçok faydası bulunmaktadır. BigData'yı daha kullanışlı hale getirebilmek için dikkat etmemiz gereken beş adım vardır.

- 1.Adım: Sorunları ve hedefleri belirlemek
- 2.Adım: Bilgi sorgulaması yapmak
- 3.Adım: Elde edilen verileri değerlendirmek
- 4.Adım: Verilerin Biriktirilmesi
- 5.Adım:Elde edilen verilerin analiz edilmesidir (<https://abaserp.com/>).

Büyük verinin günümüzde bu kadar çok önem görüyor olmasının nedeni; insanların, toplulukların, kurum ve kuruluşların esas olan işleri dışında internetten veya benzeri teknolojilerin kullanımı esnasında oluşan verilerin günümüze kadar atıl kalmasıdır. Günümüzde büyük verinin işlenmesi ile kendilerine fayda sağlayacağını farkına varılmış ve bu konuya büyük yatırımlar yapılmaktadır. Büyük veri sayesinde düşünme, algılama, araştırma biçimleri de değişme göstermiştir (Doğan ve Arslantekin, 2016: 33). Big Data yani büyük veri doğru kullanıldığında altın değerinde olup bu ara newgold “yeni altın” olarak da sıkça telaffuz edilmektedir. Datanın doğru kullanılması yeni müşteri kazandırmak veya mevcut müşteriyi iyi tanıyabilmek için büyük avantaj

sunulmakta böylece veriyi özelleştirerek müşteriyi doğru zamanda doğru yerde kişiselleştirme imkânı sunmaktadır.

Kamu alanında da pek çok ülkede BigData ile veriler incelenip öngörülerde bulunmaktadır. Fransa’da Toulouse Belediyesi, IBM sosyal medya analitiğini kullanarak vatandaşların gereksinimlerini belirlemede ve hızlı bir şekilde cevap vermektedir. Yine Singapur’da Karayolu Ulaşım Kurulu vatandaşlarına trafiğin yoğunluğunu azaltmak adına tahmine dayalı araçlar ve akıllı kartlar kullanarak daha konforlu ve akıllı ulaşım hizmeti sunmuştur (Aksoy v.d, 2017: 1918). 2012 yılında Obama’nın yeniden başkan seçilmesi için yapmış olduğu kampanyada Big Data analizleri sonucu elde ettiği verileri kullanmış ve seçimi yine kazanmıştır. Kanseri hastalığı günümüzün korkulu rüyası haline gelmiştir. Bigdata ile kanser araştırması konusunda büyük gelişmeler görülmektedir. Tüm dünyadaki farklı kanser hastalarından elde edilen MR, PET CT gibi görüntüler tek bir havuzda toplanıyor. Böylece her hastaya özel genetik tedavi uygulanabiliyor, yapılan tedavi yöntemleri ile de elde edilen başarı karşılaştırılıyor (Altındış ve Morkoç, 2018: 263).

Büyük verinin sunmuş olduğu çeşitlilik sayesinde birbiri ile alakasız duran verilerin aslında işletme için nasıl değer yarattığı görülmektedir. İşletmeci derin dataya bir madenci gibi ulaşır kararları bu doğrultuda almalıdır. Bir örnek üzerinden konuya bakacak olursak meşhur oyuncak firması LEGO küçük oyuncak tuğlaları bir değişiklik yapıp büyütme kararları alır. Çocukların bir saate yaptığı kuleyi bir dakikada yapabilme imkânı sunarak satışlarda ciddi bir düşüş yaşanmıştır. Bu düşüşün cevabı 11 yaşındaki çocuk da idi. Alman çocuğa odasında en çok gurur duyduğu şeyi göstermesi istenir. Çocuk odasından bir çift eskimiş ayakkabıları gösterir ve herkesi şaşırtır. Ayakkabılarının yıpranmış olması çocuğun o şehirdeki en iyi kaykaycı olduğunu anlattı bütün havalı hareketleri öğrenirken ayağında bu ayakkabıların olması çocuğun kaykay yeteneğinin gerçek bir göstergesiydi. Bu kısa ziyaret neticesinde lego iki sonuca vardı. Oyuncaklar çocukların evrenin sahibi hissi sağlamalı ve ikincisi çocukların evrenin efendisi olma aşklarının süre ile hiçbir ilgisi yoktu. Kaykay ile harika bir şekilde kaymak için saatler harcamak ile lego ile saatlerce kale yapma arasında hiçbir fark yoktur. Lego’nun büyük veri sonuçları şirketi yanlış yönlendirmiş ancak küçük veri Lego’ya büyük öngörüler sağlamıştır. Bugün lego dünyanın en büyük oyuncak

firmasıdır ve yine paketleri açınca tuğlaları küçük göreceksiniz ve her paketteki teması efendiliktir(İnce, 2017).

Büyük veri ile bilgiler analiz edilerek dünyada pek çok ülkede hem resmi hem özel sektörde kullanım alanları oldukça fazladır. Ülkemizde bu kavramın çok yeni olduğu ve işletmelerde, kurumlarda bu verinin nasıl kullanılacağına yönelik bir girişim veya bir alışkanlık mevcut değildir. Türkiye bu alanda geçiş sürecinde olup bu süreci hızlandırmak adına verilerin paylaşılması gerekmektedir. Verilerin paylaşımından kastedilen elbetteki özel bilgilerin paylaşılması demek değildir. Özel bilgiler gizli tutularak veri paylaşımı yapılması pek çok ülkede olduğu gibi ülkemize katkı sağlayıp yeni iş fikirleri ve hizmetler sunmaya yardımcı olacaktır(Aksoy v.d, 2017: 1920).

Ülkemizde dünya analitik lideri SAS katkıları ve desteği Sabancı Üniversitesi ve Massachusetts Institute of Technology (MIT)'nin ortaklığı ile Türkiye'nin ilk ve tek Büyük Veri Davranışsal Ve Görselleştirme Laboratuvarı kurulmuştur. Günlük ve sosyal yaşamda insanların davranışları farklı kaynaklardan topladıkları büyük veri analizi ile değerlendirme ve bu davranışları tahmine yönelik matematiksel metotlar geliştirmeye yönelik çalışmalar yapmışlardır (Erbay ve Kör, 2016: 20). Türkiye'de büyük veri en çok sağlık hizmetlerinde görülmektedir. E-Nabız, UBYS, MHRS, Aşı Takip Sistemi, MEDULA, ALO 170 gibi veri hizmetleri sunulmaktadır. Eğitim sisteminin de doğru ilerleyebilmesi için büyük veri destek sağlayacaktır. Büyük veriyi analiz ederek mevcut programın gerisinde kalan öğrenciler tespit edilebilir buna göre öğrencilerin eksik oldukları konular tespit edilerek eğitim verilebilir. Böylece öğrencinin gelişiminde daha doğru bir sonuç uygulanır. Perakende sektöründe de müşteri istek ve ihtiyaçları doğru tespit edilerek verim sağlanabilir. Enerjinin aktarımı, dağıtımı, kullanımı gibi konularda da Big data önemli bir yere sahiptir. Gaz türbinleri için veri yönetimi, nöral ağlarla rüzgâr güç kaynağı tahmini, enerji santrallerinin gözlenmesi ile hataların önceden tespiti gibi konularda büyük verinin önemi büyüktür (Eğer, 2018). İngiltere ve Amerika'da açık veri paylaşımı yapıldığı gibi ülkemizde de yapılmalı ve Büyük Veri analiz laboratuvarları yaygınlaştırılmalıdır (Erbay ve Kör,2016: 25). Büyük verinin etkili kullanılması için araştırma kurumları öncü olmalıdır. Teknoloji ve uygulamaların gelişmesine destek verilmeli, mesleki açıdan kendilerini geliştirmek isteyenlere gerekli ortam sağlanmalı, seminerler verilmeli, yurtdışı çalışmalar incelenmelidir. BigData bir strateji olarak kabul edebilmelidir (Doğan ve Arslantekin, 2016: 34).

1.1.4. Akıllı Fabrikalar

McKinsey'e göre Sanayi 4.0 kavramı fabrikaların çalışmasında büyük değişiklikler yapacak yeni bir kavram ve teknoloji topluluğudur (Özdoğan, 2018: 51). Dijital sanayi ile dünyanın yeniden dizayn edildiği yeniden şekillendiği bir dönemin içine giriyoruz. Akıllı fabrikaların oluşumunda birçok yapısal bileşen bulunmaktadır en önemlisi de sistem içi iletişimidir. Fiziksel dünya ile sanal alanı internet ile birbirine bağlayan siber fiziksel sistemler; sensörler, yazılımlar, bulut bilişim, 3 boyutlu yazıcılar yardımıyla etkileşim sağlayarak üretimi, kararlamayı, gözlem kabiliyetini, otomasyon teknolojilerini kolaylaştırmaktadır. Böylece siber fiziksel sistemler akıllı fabrikaların ortaya çıkmasına da büyük katkı sağlamıştır. Nesnelerin interneti kavramı da burada ortaya çıkmıştır (Özkan v.d, 2018: 135). İnternet ve robotların üretime katıldığı bunun neticesinde daha güvenli, daha az maliyetli, esnek üretimin sağlandığı akıllı fabrikalar gelişmiştir. İnsanlar ve akıllı fabrikalar birbiri ile iletişime geçerek ve bunu endüstri 4.0'ın yardımı ile geliştirerek istihdam, yatırım, işgücü piyasaları, politika, sosyal hayat, eğitim konularında yenilikler gerçekleştirmesi söz konusudur. Böylece insan gücüne olan ihtiyaç azalacak, akıllı abrikaların sayısı artacaktır. Ancak endüstri 4.0 ile yeni meslek türleri gelişecek ve istihdam alanları artacaktır (Çakır, 2018: 97).

Sistemin ilk örneğini cep telefonu modelleri üreten Çinli bir firma fabrikasında kullandığı bir robot kolun 8 işçinin yapabildiği bir işi tek başına ve daha kısa sürede yaptığını gören fabrika çalıştırdığı işçi sayısını 650 den 60'a indirmiştir. Yine aynı fabrika ürün çıktısındaki kusurlu parça oranını %25'den %5'e kadar düşüğünü gözlemlemiştir (Gürgüze ve Türkoğlu, 2018: 53-58).

Arçelik, geleceğin televizyonlarını üretmek üzere Çerkezköy'de yeni nesil fabrikasını hizmete açtı. 182 bin metrekarelik alanda 500 milyon TL yatırımla kurulan akıllı fabrikada tüm otomasyon ve robot yazılımları ise Türk mühendislerin eseri. Üretim hızının iki katına çıkacağı yeni tesiste geleceğin TV'lerinin yanı sıra videowall ve yazar kasa üretimi de gerçekleştirilecek. Tesiste yıllık üretim kapasitesi 3,2 milyon adet planlanmıştır. Fabrikanın açılış töreninde konuşan Koç Holding CEO'su Levent Çakıroğlu, ülke ekonomisine değer katan yatırımları hız kesmeden gerçekleştirdiklerini belirtti. Grubun son 5 yılda yaptığı 35 milyar liralık yatırımın bunun somut bir göstergesi olduğunu vurgulayan Çakıroğlu, "Türkiye'nin en fazla yatırım yapan

topluluğu olarak, ekonomimizin itici gücü olmaya; dış pazarlarda büyüyerek ülkemize döviz girdisi sağlamaya odaklanıyoruz” dedi.

Üçüncü sanayi döneminde fabrikalar gerekli alt yapıyı oluşturmuştur. Yüksek teknolojiye sahip ekipmanlar, donanımlar, ERP yazılımları, seri üretim yapabilen makineler ile donatılmıştır. Günümüzde endüstri 4.0 ile bu makineler daha fazla veri üretildiğini, internete ve dünyaya bağlı olduğunu, tedarikçiler ve müşteriler ile sürekli iletişim halinde olduğunu görülmektedir. Bütün sanayi dönemlerinde amaç daha az maliyetle daha hızlı ve daha fazla ürün üretebilmektir. Akıllı fabrikalar ile amaçlanan da budur. Dijital sanayi ile birlikte akıllı fabrikalarda depo da hangi ürüne ihtiyacı olduğunu analiz ederek sipariş verebilen, üretim sürecinde kullanılacak olan malzemeyi önceden tedarik edebilen, bu malzemeleri şu tarihte bana ulaştırın diyebilen, arzalanmayı önceden tespit ederek sinyal verebilen üretim sürecinin aksamadığı yani birbiri ile konuşabilen fabrikaların olduğu bir dönemdir (Özdoğan, 2018: 54).

Günümüzde birçok fabrika son model teknolojiye sahiptirler. Yüksek teknolojiye sahip olan bu makinalar milyonlarca veri üretmektedir. Ancak her veri üreten ve teknolojiye sahip olan fabrikaya akıllı fabrika diyemeyiz. Çünkü üretilen bu veriler makinelerin üzerinde kalmakta yani akıllı fabrika olabilmesi için üretilen veriler makineler arasında paylaşılmalı, makineler birbiri ile depo ile hatta müşteri ve tedarikçiler ile konuşabildiği yani veri alışverişi yapabildiği zaman akıllı fabrikalara dönüşeceklerdir. Fabrikalardaki makinelerin önceden yapılandırılmaya ihtiyacı vardı ancak günümüz fabrikalarındaki akıllı makineler diğer makineler ile iletişim kurarak ayarların ve güvenlik mekanizması etrafında çalışmaktadırlar. Yazılım ve analitiğin gücünün makinelerde bulunduğu akıllı fabrikaları diğerlerinden ayıran da bu dur. Eskiden bu işleri insanlar yapmaktaydı. Makineler tek başlarına bir sürecin iyi olması için çalışırken akıllı fabrikalarda makineler tüm sürecin başarılı bir şekilde sürdürülebilmesi için çalışıyorlar. Süreç izleme ve neden sonuç ilişkisi içerisinde kapsamlı olarak gerçekleştirilmekte olup makinelerin gerektiği durumlarda üretimi durdurabilme yeteneği de mevcuttur. Akıllı fabrikalar ile stoklama maliyetleri de minimuma indirebilir. Akıllı fabrikaların depolarında yani tedarik malzemelerinin bulunduğu alanlarda ağırlık sensörleri yardımı ile azalan ve belirlenen seviyenin altına düşen ürün için otomatik olarak tedarikçiye sevk emri gönderilmektedir. Böylece en kısa sürede malzeme temin edilmekte ve stok maliyetlerinde %20 azalma

sağlanmaktadır. Ürün özelleştirme çalışmaları; lojistik, güvenlik, güvenilebilirlik, zaman maliyeti ve sürdürülebilirlik gibi akıllı derleme yoluyla elde edilmektedir. Bunun neticesinde üretim sürecindeki azalma da müşteriye hızlı teslimat yapabilmeyi ve hata olasılığını ortadan kaldırmaktadır. Ayrıca, bu sistemin sağlayacağı faydalar sadece fabrika içerisinde kalmayıp, tedarik zinciri ağının da söz konusu durumlarla ilgili daha fazla bilgiye sahip olmasına yardımcı olacaktır (Şekkeli ve Bakan, 2018: 213).

- Dünya da değişen rekabet koşulları akıllı fabrikalarda üretim yapmayı zorunlu hale getirmektedir. Üretimin dijitalleşmesi işletmeler tarafından da kazanımlar sağlamaktadır. Stok bulundurma maliyetlerinin azalması, yüksek rekabet gücü, performans etkinliği, hatalı imalatın azalması, personel verimliliğinde artış, bakım kalite maliyetlerinin azalması, yüksek üretkenlik, düşük maliyet, kalite, üretim öncesi sürecin hesaplanması gibi pek çok fayda sayabiliriz (Şekkeli ve Bakan, 2018: 212).

Akıllı fabrikaların geleneksel fabrikalardan ayıran özellikler;

- Geleneksel fabrikalarda üretim yöntemi işgörenlerin bilgi beceri ve uzmanlığına dayanmaktaydı yani insan temellidir. Akıllı fabrikalarda ise üretim yönetimi internet, teknoloji temellidir.
- Geleneksel fabrikalarda makineler birbirinden bağımsız iken akıllı fabrikalarda makineler üretim sürecinin tamamına hakimlerdir ve makineler birbirleri ile data alışverişi yapmaktadır, birbirleri ile konuşmaktadır.
- Geleneksel fabrikalar stok bulundurma odaklı iken akıllı fabrikalar stok bulundurmama odaklıdır.
- Geleneksel fabrikalarda karar verme durumu insan odaklı yapılmaktaydı. Akıllı fabrikalarda ise yapay zekâya sahip robotlar tarafından kararlar alınır.
- Geleneksel fabrikalarda makine kendi işi ile ilgili bilgileri kaydetmekte ve bu bilgiler makinelerin üzerinde kalmaktadır, akıllı fabrikalarda ise akıllı nesneler büyük veri üreterek bulut yardımı ile veriler işlenmekte ve veriler diğer nesneler ile paylaşılmaktadır.
- Geleneksel fabrikalarda kaynak kullanımı sınırlıdır ve kullanılacak miktar önceden belirlenir, Akıllı fabrikalarda ise farklı türde kaynaklar bir arada bulunur, çok küçük partiler halinde ve çok çeşitlidir.

- Gelenekse fabrikalarda işletmeler üst ve alt kademeler arasında katmanlar mevcuttur. Akıllı fabrikalarda ise işletme içi bilgi aktarımı artması için ve hızlanması için örgüt düzleştirilmiştir
- Geleneksel fabrikalarda bağımsız denetim yapılmaktadır yani makineler kendilerine verilen görevi yapmak için önceden programlanmış, akıllı fabrikalarda ise kontrol özelliği çok fazla birime dağıtılmıştır. Bu akıllı birimler birbirleri ile müzakere ederek kendilerini organize etmektedir

Akıllı fabrikalar için kritik bir role sahip olan siber güvenlik sistemleri mevcuttur. Siber güvenlik ile işletmelerin, kuruluşların, kişilerin siber ortamda karşılaşabilecekleri tüm risklerden korumak amaçlanır. Günümüzde blok zinciri teknolojisi ile sistemlerin güvenliğini sağlayabilmek adına tedarik zincirlerinde kullanılmaktadır. Blok zincir esasında finansal konularda özellikle son zamanların meşhur dijital para birimi olan Bitcoin'in güvenliğini sağlamak adına geliştirilmiş olsada birçok alanda uygulanmıştır. Blok zincir oldukça güvenilir bir sistemdir. Kayıtların değiştirilme imkânının olmaması, dataların çoklu düğümlerle doğrulanıyor olması ve tüm tarafların uzlaşması gibi. Kullanıcılar zincir içinde gerçekleşen tüm işlemleri aynı anda görebilmektedir buda şeffaflık sağlamaktadır. Ayrıca sistemde yer alan bilgiler her defasında çoğunluğun kararı ile kaydedildiği için veri doğruluğu ve kalitesi yüksektir (Şekkeli ve Bakan, 2018: 9).

Sistem yakın gelecekte çok yaygın şekilde kullanılacak ve tüm dünyayı etkisi altına alacak gibi gözüküyor. Ülkemizde bu sürece en başından ayak uydurmalı gereken önlemleri almalı ve uyum sağlamalıdır. Bu sebepten endüstri 4.0'a vakıf olunmalı ve çağa ayak uydurmalıdır. Böylece kas gücüne yani insana ve emeğe duyulan ihtiyaç azalacak, kendi kendini organize edebilen, gelişmiş çevreci sistemlere sahip fabrikalarla esnek, seri, hatasız ürünler üretilcektir (Eldem,2017: 12).

1.1.5.Siber Fiziksel Sistemler

Günümüzde birbirine bağlı olmayan sistemleri kullanan hala çok fazla organizasyon olmasına karşılık gün geçtikçe bağlanabilirlik artmakta ve endüstride önemli bir yer tutmaya başlamıştır. Akıllı üretim sistemlerinin olmazsa olmazlarından olan, gerçek ve sanal dünya arasındaki sınırları kaldırmaya odaklanan Siber Fiziksel Sistemler(CPS) , Endüstri 4.0'ın temelindeki önemli güçlerden birisidir. Siber Fiziksel

Sistemler; gözlemlleme, koordinasyon, kontrol gibi üretim süreçlerindeki temel unsurların, lojistik ve değer oluşturma sürecinde gerçekleştirilen otomasyonları en üst düzeyde yürüten, hesaplama ve iletişimden oluşan karma teknoloji tarafından yönetilen sistemlerdir (Yüksekbilgili ve Çevik, 2018: 426). Endüstri4.0 tabanlı üretim süreçleri, sistemlerin çeşitli ara yüzler üzerinden farklı ağlara bağlanıp, farklı servislerle iletişim kurmasını esas alıyor ve Endüstri 4.0 ile Siber Fiziksel Sistemler arasındaki ilişki makinelerle yansımaktadır. Bu sistemde; sensör ve aktörler aracılığıyla gerçek dünya sanal dünya ile bağlantı kurmaktadır. Bu iki dünyayı birleştiren Siber Fiziksel Sistemler iki önemli unsurdan oluşur. Bunlardan biri nesneler ile haberleşmeyi sağlayan Nesnelerin İnterneti kavramı bir diğeri ise gerçek dünyadaki nesnelerin ve davranışların bilgisayar ortamında simülasyonu ile ortaya çıkan sanal dünyadır. Böylece çok geniş bir internet ağı yaratarak, gerçek ve sanal dünya arasındaki sınırları kaldıran Siber Fiziksel Sistemler, Endüstri 4.0'ın temelini oluştururlar (Özsoylu, 2017: 53).

Siber Fiziksel Sistemler, güç işleri çok kısa sürede gerçekleştirerek, üretimi çevik ve dinamik bir hale getirip sanayinin etkinliğini artırarak üretim sürecinin kontrolünü, gözetimini ve şeffaflığı sağlamaktadır. İnternet bağlantılı olduğundan verilere çok çabuk ulaşabilmekte ve bu verileri işleyerek üretim sürecine katmaktadır. Sadece üretim aşamasında değil Ar-Ge, tasarım ve pazarlama süreçlerinde de büyük öneme sahiptir. Örneğin bir fabrika fiziksel olarak kurulmadan önce benzetim yolu ile kurulup bütün fizibilite çalışmaları bu simülasyon üzerinden yapılabilir böylece olası riskler, tehditler veya fırsatlar önceden kestirilebilir ve oluşabilecek hatalar önceden fark edilebilmektedir (Yıldız, 2018: 549).

1.1.6.Bulut Bilişim Sistemi

İlk kez 1950'li yıllarında temelleri atılmış olan bulut bilişim (Cloudcomputing) veya çevrimiçi bilgi dağıtım fikri; bilişim aygıtları arasında ortak bilgi paylaşımını sağlayan hizmetlere verilen genel isimdir. Bilgisayarların gittikçe küçülmesi, ucuzlaması, internet kullanımının yaygınlaşması ve erişilebilirliği bilişim altyapısının değişmesini ve gelişmesini zorunlu hale getirmiştir. Bu koşullara uyum sağlayabilmek için "bulut bilişim" geliştirilmiştir (Özsoylu, 2017: 49).Bulut bilişim sayesinde daha fazla bilgiye ulaşılacak, bilgiye bağlı üretim hizmetlerinde verimlilik artışı yaşanacaktır (Bulut ve Akçacı, 2017: 58). Bilgisayar kuramcılarına göre internetin

geleceği bulut bilişime bağlıdır. Yapılandırılabilir bilişim kaynaklarından oluşan ortak bir havuza, uygun koşullarda ve isteğe bağlı olarak her zaman ve her yerde erişim imkânı veren bulut bilişim sistemi, özellikle telekom ve IT sektörünün yanı sıra medya, devlet, eğitim, sağlık gibi sektörlerde büyük etkisi vardır (Özsoylu, 2017: 49). Gelecekte bilgisayar hard disklerin yerine çevrimiçi bulutların kullanılacağı öngörülmektedir bu da kişisel bilgisayarların yükünü azaltmaktadır. Böylece herhangi bir altyapıya gerek kalmadan tamamen çevrimiçi ağ vasıtasıyla işlevsel uygulamalara ulaşabilmeyi sağlamaktadır. Bulut bilişim sisteminin gelişmesiyle bilgi dağıtımını sağlayan firmaların önemli bir konuma geleceği aynı zamanda sektördeki rekabetin hukuksal sorunlar da yaratabileceği tartışılmaktadır (Karabey Aksakallı 2019: 9).

Bulut bilişim sistemleri ile daha fazla depolama alanları, hızlı veri transferi, ve yedekleme üzerine maliyet tasarrufu yapabilmekte, sürekli olarak artan verilerin arşivlenmesi gibi pek çok avantaj sağlamaktadır. Telefon, tablet, Tv gibi birçok platformda kullanılarak platform bağımlılığından kurtarmaktadır. Donanımsal ve yazılımsal bakım maliyetleri azalmakta böylece bulut bilişim sistemleri kurulum gerektirmeden bilgiye her yerden ulaşabilme imkânı sağlamaktadır. Ancak bulut sistemlerinin kullanılması ile saklanan verilerin güvenliği risk taşımaktadır. Güvenlik açıkları oldukça fazladır. En önemli sorun depolanan verilere ulaşmak için internet bağlantısına ihtiyaç vardır. Eğer internetiniz olmazsa verilerinize ulaşamayabilirsiniz veya internet hızınız yavaş ise verilere de ulaşma hızınız o oranda yavaşlayacaktır (Arslan ve Buket, 2018: 20).

İKİNCİ BÖLÜM

2. ENDÜSTRİ 4.0 VE KAVRAMSAL ÇERÇEVE

2.1. Endüstri 4.0 ve Kavramsal Çerçeve

Endüstri 4.0 kavramı ilk kez 2011 Hanover Fuar'ında kullanılmış ve büyük tartışmaları da beraberinde getirmiştir (Ertuğrul ve Deniz, 2018: 163). İnternet teknolojisinin gelişmesi ve yaygınlaşması sektörler üzerinde büyük bir dönüşüm etkisi yaratmasının yanı sıra Endüstri 4.0'ın teknik altyapısını da oluşturmuştur. 260 yıl önce başlayan endüstri tarihinin dördüncü ayağı olarak kabul edilen Endüstri 4.0'ı diğer sanayi devrimlerinden ayıran temel unsur teknoloji odaklı olması olarak ifade edilebilir. Teknoloji kapasitesinin yüksek olmasına bağlı olarak, üretim kapasitesinde ortaya çıkan verimliliğin artması, uluslararası arenada rekabete dayalı iletişimin geliştirilmesi, esnek ve kişiye özel üretimin yaygınlaştırılması bilimsel gelişmelerin hızlanmasında büyük rol oynamıştır (Özkan v.d, 2018: 127). Teknolojik gelişmelere bağlı olarak artan üretim verimliliği, ülkelerin rekabete dayalı ekonomik ilişkileri, hızlı ve daha esnek bir üretimin yaygınlaşması ve ürünlerin piyasada daha hızlı girmesi, Endüstri 4.0'ın yaygınlaşmasındaki en önemli nedenler arasında yer almaktadır (Yazıcı ve Düzkaya, 2016: 64). Emek yoğun üretimin yerini teknoloji ağırlıklı üretimin alması ve kişisel ürünlere yönelik talebin oluşması neticesinde dijital teknoloji kullanımı yaygınlaştırılmıştır. Fordist üretimde tek bir modelin esas alındığı seri üretimin geleneksel yapısı bireysel talepleri karşılamakta zorlanmaktadır. Bu bağlamda Endüstri 4.0, imalat sektörünü yeni bir optimizasyon alanına sokmak için teknolojinin ve emeğin harmanlandığı bir üretim olup, makine ve insan arasında yenilikçi iletişim ve tasarım ile akıllı fabrikalar kurarak üretim yapmaya odaklı bir anlayışı benimsemektedir (Özkan vd, 2018; 133).

Endüstri 4.0 kapsamında sensörler yardımı ile ortamı kontrol edebilen, teknik ihtiyaçları analiz yaparak belirleyebilen, ihtiyaçları robotlar sayesinde tespit edebilen, daha kaliteli, hızlı ve daha düşük maliyetli üretim amaçlanmaktadır (Aytaç, 2018: 547).

Dijital çağın beraberinde getirdiği dönüşüm ekonomik yapıda da büyük değişimlerin yaşanmasına neden olmuştur. Üretim sürecinde yoğun olarak kullanılan teknoloji yoğun makine, kombine bilgisayar alt yapısı ve otokontrol sisteminde sahip

sensörler, insan gücünden bağımsız üretim yapısının gelişmene yol açmış, bu dönüşüm üretim yüksek verimlilik, hızlı ve kaliteli üretim anlayışını ortaya çıkarmıştır (Yalçın, 2018; 226). Kitlese ve merkezi üretimden kişisel ve esnek üretime geçilmesi uluslararası arenada rekabet şartlarının yeniden revize edilmesi gerekliliğini ortaya koymuştur.

Bu noktada ortaya çıkan Endüstri 4.0'ın amacı, otokontrol sistemine sahip üretim süreçlerine sahip akıllı fabrikalarda kullanılacak Siber Fiziksel Sistemlerin (SFS) yaygınlaştırılması ve Nesnelerin İnterneti ile maliyetin aşağı çekilmesi, kullanılabilirlik kapasitesi yüksek, çeşitli konularda optimize edilmiş dayanıklı, esnek, kendi kendini dengeleyebilecek üretim yapısının oluşturulması ve değer zincirinin geliştirilmesidir. Akıllı fabrikalar gibi; nesnelerin interneti, yapay zeka, bulut sistemleri, bu dönemin entegre sistemler arasında yer almaktadır. Akıllı ürünlerin temelini oluşturan Nesnelerin İnterneti, bir işyerindeki farklı kaynaklardan toplanan verilerin organize edilmesini ifade etmektedir. Bu özelliği ile nesneler birbiri ile iletişimde olabilmekte ve kendiışlerini yönetebilmektedir. Nesnelerin interneti teknolojisi ile (Soylu, 2018: 46) ;

- Kaynak kullanımında verimlilik,
- Maliyetlerde azalma,
- Üretimde şeffaflık,
- İşgücü piyasasında yeni iş imkânlarının ortaya çıkması mümkün olacaktır.

Siber Fiziksel Sistemler, bilişim teknolojileri aracılığı ile üretim sürecindeki kontrol, koordinasyon gibi ilkelerin hesaplanması ve iletişim yoluyla teknoloji tarafından yönetilen ve bunun sürekliliğini sağlayan sistemdir. Bu teknolojinin ilk hali 1999 da kullanılan RFID teknolojisi olup Siber Fiziksel Sistemler değer zincirinde yer alan kişiler, ürünler, makineleri kapsayan akıllı ağlar olarak tanımlanmaktadır (Fırat ve Fırat, 2017; 15).

Endüstri 4.0'ın en büyük başarılarından bir diğeri ise Bulut tabanlı imalat (CBM) sistemleridir. Bu sistem, kuruma bağı olmaksızın işlemsel olarak verileri online depolayabilen bir anlayışa sahiptir. Bulut sisteminin birçok alana girmiş ciddi katkıları söz konusudur. Bu katkılardan bazıları büyük verilerin internet üzerinde depolanabilme özelliğine sahip olması ve verilere istenilen zamanda erişim sağlanabilme yeteneğinin olmasıdır. Amazon 2006 yılında Bulut Bilişim Hizmeti ile S3 piyasaya sürmüştür. Oysaki S3 çalışmaları 1950'li yıllara dayanmaktadır. Günümüz teknolojik ürünler

piyajasında ürünlerin fiyatı akıllı olma kapasiteleri ile orantılı olarak değışmektedir. İnternet erişimi bulunan yazılım programları sayesinde depolanan verilere düşük kapasiteli ve işlem kapasiteli cihazlardan dahi ulaşmak mümkün hale gelmiştir. Bu cihazlardan dahi sisteme girilebilmesi bireysel bilgisayarların yükünü azaltmakta, maliyetleri düşürmekte, uzun süreli verilerin depolanma imkânını sağlamaktadır (Kara, 2020; 73).

Sistem, bütün bu olumlu yönlerinin yanı sıra birtakım riskleri de beraberinde getirmektedir. Bunlar arasında kişisel ve kurumsal verilerin güvenliği, kullanıcının kişisel verilerine ulaşılma imkânının bulunması ve internet altyapısını süreklilik göstermesi yer almaktadır (Yoşumaz ve Özkara, 2018; 32-33).

Endüstri 4.0 alt yapısı tamamen internete bağılı olarak şekillendirilmiş bir ağ sisteminden oluşmaktadır. Kişisel bilgisayarlar tarafından depolanamayacak büyük veriler Veri (Big Data) olarak tanımlanmaktadır. Bu kavram uzun zamandır sahada kullanılmasına rağmen son yıllarda birçok platformda daha fazla dile getirilmeye başlanmıştır.

Günlük hayat içerisinde yoğun olarak kullanılan mobil cihazlar, mikrofonlar, kameralar, sosyal medya araçları internet üzerinden çok yoğun şekilde veri akışının yaşanmasına neden olmaktadır. Bu bağlamda Bulut Bilişim Sistemlerinin geliştirilmesiyle verilerin depolanması, bilişim gücünün limitini ortadan kaldırmasına ve büyük verilerin ufkunun genişlemesine yardımcı olmaktadır. İnternetin gelişmesi ile bilgiye ulaşmasının hızı ve gücü artarken, aynı zamanda bilgi kirliliği de artmıştır. Bu sorunu ortadan kaldırmak için yazılımcılar tarafından internet ortamındaki bilgi kirliliğinden anlamlı veriler çıkarmayı düşünen Ar-Ge çalışmalarına başlayarak Big Data'yı geliştirmişlerdir (Özkan vd, 2018; 138).

Endüstri 4.0 daha önceki devrimlerden farklı olarak vasıfsız işgücünü ortadan kaldırarak sıfır hatayı temel alan iş anlayışını benimsemiştir. Bu anlayışın ortaya çıkmasında araç olarak kullanılan unsurlardan biri sensörlerdir. Sensörler otokontrol sistemine sahip olan sistemin bir nevi duyu organlarını oluşturan öğelerdir. Sensörler fiziksel ve kimyasal sinyalleri veriye dönüştürürken ihtiyaç duyulan algılayıcı unsurlardır. Daha sonra sensörler tarafından algılanan veriler sensörler tarafından depolanarak işlenmekte, anlam yüklenmekte, yapay zekâ algoritması sayesinde faydalı bir karar alma sürecinden geçirilerek bilgiye dönüştürülmektedir. Son olarak toplanan

veriler makinelere yönlendirilerek onlara işleme başlaması için komut olarak gönderilmektedir (Soner ve Elavlı, 2017; 27). Buna örnek olarak günümüzde sensörler sayesinde ortamı algılayarak veri analizi yapabilen robotlar üretimde yerini almakta, yapay zekâ sayesinde insan kaynaklı hatalar azalmakta, üç boyutlu yazıcılar sayesinde üretim evlerde yapılabilmektedir. Sıfır hata üretim yanı sıra daha düşük maliyetli ve kaliteli üretilmektedir (Ertuğrul ve Deniz, 2018; 164).

Akıllı sistemleri kapsayan Endüstri 4.0 işgücünde insan gücünü en aşağı seviyeye çekerek müşterilerin taleplerine anlık cevap verebilen, kişisel üretimin yapılabildiği bir üretim yapısının oluşmasına neden olmuştur. Bu üretim yapısı üretim zincirini daha esnek ve daha dinamik hale getirmiştir. Günümüz şartlarında yüksek rekabet şartlarına bağlı olarak müşteri ihtiyacına hızlı cevap verebilen akıllı üretim sistemleri daha fazla kabul görmektedir. Bu noktada nesnelerin interneti, bulut sistemler, büyük veri gibi temeli oluşturan yapıların sağlanması ile eski üretimin yerini siber fiziksel sistemler olan robotlar, 3D yazıcılar almıştır ve böylece esnek üretim sistemleri almıştır.

Günümüzde bahsedilen özelliklere sahip olan robotlar bir yazılım ile denetlenebilmektedir. 1960'lı yıllardan günümüze doğrudan insan müdahalesi olmadan endüstride birçok robot kullanılmaktadır. İlk olarak insan faktörü ile birlikte çalışan robotlar kullanılmaktaydı. Buna örnek olarak 1961 yılında General Motors'da baskı işleri yapan insan gücüne bağlı çalışan robotlar kullanılmaktaydı. Ancak günümüzde ise robot teknolojisi gelişim göstererek birçok ihtiyacı aynı anda yapabilme kapasitesine sahip robotlar üretilmiştir. Robot teknolojisinin gelişmesi ile birlikte üretim esnek bir hal alıp, akıllı üretime geçişimiz hızlanmıştır. Böylece robot teknolojisi Endüstri 4.0 ile sınıf atlamıştır. Robotların gelişimi ile beraber insan istihdamının zorlaştığı ifade edilmektedir. Oysaki burada göz ardı edilmesi gereken noktalardan birisi bu robotlar için teknik destek, yazılım gibi yeni iş kollarının ortaya çıkacağıdır (Özsoylu, 2017; 54). Endüstri 4.0 ile gelen devrim niteliğindeki ürünlerden bir diğeri ise 3D yazıcılardır. Katmanlı imalat olarak da bilinen bu yazıcılar dijital ortamda üç boyutlu olarak tasarlanmıştır. Yani 3 boyutlu yazıcılar sayesinde tasarlanmış obje kısa sürede aktif olarak üretilmektedir. Bu yazıcı teknolojisi talepleri karşılamak için gerekli işgücü ve komisyon maliyetini ortadan kaldırmaktadır. Ünlü bazı ayakkabı markaları üretim zincirlerini bu şekilde değiştirmişlerdir (Sönmez v.d, 2018; 478).

2.2. Endüstri 4.0 Sürecinde Beklenen Gelişmeler

Endüstri 4.0 ile ortaya çıkan dönüşüm birçok alanda kendini hissettirmektedir. Bu devrim artık mekâna, insana, toprağa, iklime bağımlılığı ortadan kaldırmakta, gelişen teknoloji sayesinde hayatın birçok alanında önemli değişimler yaşanmasına neden olmaktadır. Günümüzde Endüstri 4.0 akla geldiğinde sadece üretim sektörünün etkileneceği şeklinde bir yanlış algı bulunmaktadır. Oysaki ekonomiden çalışma hayatına, ekonomik büyümeden istihdam yapısına kadar birçok alanda değişimlerin yaşanmasına neden olmaktadır. Endüstri 4.0 ile işgücü piyasasının geleneksel yapısı dinamik bir yapıya dönüşmektedir.

Endüstri 4.0 anlayışı bazı sektörlerde olumlu dönüşümlerin yaşanmasına neden olurken, bazı sektörlerde de işsizliği artıran bir unsur olarak karşılanmaktadır. Bu noktada yapılması gereken Endüstri 4.0'ın getirdiği olumlu ve olumsuz şartların erken bir şekilde belirlenerek riskler karşısında hazırlıklı olunmasıdır (Taş, 2018; 1819).

Endüstri 4.0 ile üretimdeki geleneksel anlayış terkedilerek bireysellik ön plana çıkmakta üretim biçimi esnek hale dönüşmektedir. İşgücü piyasasında beden gücünün değil akıl gücünün dikkate alındığı bir yapının oluştuğu bir süreç yaşanmaktadır. Üretim sistemlerinden insan figüründen başka enerji, makine gibi ihtiyaçlara da gereksinim azaltılarak ve süreçleri robotlar yönettiği bir anlayış hakimdir. Üretimde robotların olması hata payının azalmasına kaynak ve malzeme tüketimi de minimize edilip verimlilik artmasına neden olacaktır. Elde edilen kaynak tasarrufu ile yeşil enerji dönemine geçilmesi de mümkün hale gelecektir (Soylu, 2018; 47).

Endüstri 4.0 anlayışın birçok ekonomi için yüksek büyüme rakamlarını vaad etmektedir. Üretimde robot sistemlerin hakim olması, insan gücüne olan gereksinimi azaltmasının yanı sıra binlerce yeni istihdam olanaklarının oluşmasına da katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Robotik teknolojiler, 3D yazıcılar ve big data sayesinde kişiselleştirilmiş ürünler geliştirilerek, esnek ve seri üretim sayesinde yıllık büyüme rakamlarının %2-3 oranında artış göstereceği tahmin edilmektedir (Özkan vd, 2018: 140).

Endüstri 4.0 ile birlikte gelişen teknolojinin sağlayacağı bir diğer fayda da insan sağlığı açısından zararlı, riskli ve tehlikeli olan bazı iş kollarının yerine robotların

devreye girmesidir. Bu şekilde boşa çıkan işçiler eğitilerek başka alanlarda istihdam kazandırılabilir (Bozlar, 2018; 65).

Hızla ilerleyen bir çağda Endüstri 4.0 farklı bir yere koyulmalıdır. Endüstri 4.0'ı sürdürülebilir endüstriyel değer yaratmaya yönelik atılmış bir adım olarak kabul edilmekte olup teknolojik bir devrim olarak nitelendirilmektedir. Sağlık sektöründen eğitim sektörüne, askeri yapıdan ekonomik yapıya kadar birçok sahada çığır açabilecek bir unsurdur. Oluşturulan yeni stratejik politikalar akıllı sistemler sayesinde de oluşabilecek olumsuzlukların giderilebilmesi mümkündür. Uluslararası arenada yerini almak isteyen ekonomilerin hedefi sürdürülebilir teknolojiyi ayak uydurmak olmalıdır. Bu bağlamda da bu teknolojileri kullanabilen üretebilen yönetebilen personelin yanı sıra teknolojiden yararlanmak isteyen işverenlerinde sürece hazırlanması için gerekli eğitimlerin başlatılması gerekmektedir (Toker, 2018; 56).

Dış ticaret yapısının da değişime uğradığı bu sanayi devriminde, ihracat ve ithalat mal ticareti ile değil veri ticareti ile gerçekleşir hale geldi. Örnek olarak bu verileri bilişim hizmetleri teknik çizimler, filimler, müzikler, bilgisayar oyunları, yazılımlar kapsamaktadır. Sanayi devrimleri yıllar boyunca Dünya'yı ve toplumları küresel boyutta etkilemiştir ve etkilemeye devam etmektedir. Her sektörün gelişmesinde mutlaka sanayi devriminin etkisi olduğunu görmekteyiz çünkü insanlar ürettiklerini duyurmalı ki bu süreç devam edebilsin. Bu durumda bilişim teknolojisinin gelişmesine ve yeni sektörlerin doğmasına sebep olmuştur. Sektöre ayak uyduramayan herşey şüphesiz geride kalmaktır. Bu durum sadece sektör açısından değil, insanlar, şirketler, ülkeler için de geçerlidir. Ülkece bundan önceki üç sanayi devriminde bu durumu yaşadık. Türkiye'nin dördüncü sanayi devrimini yakalaması gerekmektedir. Türkiye'nin dış ticaret yapısında kalıplaşmış sorunların çözülmesi için köklü ve radikal değişimlerin yaşandığı bu çağa ayak uydurması gerekmektedir (Nuroğlu ve Nuroğlu, 2018; 336).

Dördüncü Sanayi Devriminin teknolojik gelişmeleri sayesinde işletmelerin geleneksel iş yapma yöntemleri değiştirmeye başlamış ve sürekli yenilik yapmaya zorlar hale getirip, işletmeleri kaynak bulma yöntemlerine kadar etkilemiştir. İnternetin yaygın kullanımı veri üretiminin artmasına neden olmaktadır. Artan veriler sayesinde işletmeler yeni bakış açıları kazanarak yeni piyasalara açılmaya başlamıştır. Bu çağ işletmelerde çeşitli teknolojileri bir araya getirip karmaşık bir inovasyon sisteminin ortaya çıkmasına neden olmakla beraber bu durumda işletmeler geleneksel yöntemleri terk edip sürekli

yenilik yapmaya zorlanmaktadır, yeniliklere ayak uyduramayan işletmeler ise zamanla yok olmaya mahkûmdurlar (Özkan vd, 2018; 144).

İnternetin aktif kullanımı ile birlikte veri ulaşımı ve veri kullanımı artmaya başlamış bu durumda farklı bakış açıları doğurmuştur. Farklı bakış açılarına sahip olan işletmeler sayesinde yeni pazarlar, kişiye özel farklı ürünlerin üretimi kolaylaşmıştır. Artan müşteri beklentileri, arz ve taleplerin değişmesi; işletmeleri işbirliği yapmaya itmektedir. İş birliği yapan işletmeler ihtiyaçlara mevcut çözümlerden daha sağlam bir şekilde cevap verirken aynı zamanda işletmelerin yeteneklerini geliştirerek ekonomik, sosyal, çevresel kaynaklarını daha verimli kullanılmasını sağlamıştır. Endüstri 4.0 ile işletmeler stok yapmayı bırakmış talebe göre, kişiye göre veya gerçek ihtiyaca göre üretim yapmaya başlamışlardır. Zamanında uygulanan stratejiler ve teknolojinin hızla gelişmesi, her zamankinden daha hızlı üretim, çevre korunması ve iş güvenliği olumlu yönde ivme kazandırmıştır (Banger, 2017; 193).

Müşterilerin günümüzde markalarına olan sadakatleri kısa sürmektedir. Yeni olanı merak etme ve keşfetme istekleri daha yoğundur. Bu durumda işletmelerin de mevcut müşterilerini kaçırmamaları ve gizli müşterilerine ulaşabilmeleri için müşterilerinin istek ve ihtiyaçlarını iyi bilmeli, müşterilerini tanımalı ve buna uygun ürün ve hizmet geliştirmelidir (Ertuğrul ve Deniz, 2018; 168).

Yaşanan her devrimde daha önceleri de gördüğümüz gibi insanların toplumsal ve ekonomik konumlarını etkisi altına almıştır. Gerekli değişimlere ayak uydurabilen ülkeler hızla büyümüş ayak uyduramayanlar da ise gerileme yaşamıştır. İşletmeler, dijitalleşmenin etkisiyle sıfıra yakın marjinal maliyet ile üretim yapabilir duruma geldiğinden dolayı bu çağın etkileri daha büyük olacaktır (Yalçın, 2018; 232).

Son 30- 40 yıldır dünya her alanda hızla büyük bir değişim yaşamaktadır. Endüstri 4.0 eğitim alanında da dijital dönüşüm sağlamıştır. Her şey ve herkes bu değişimlere ayak uydurmak zorundadır. Endüstrinin yaşamış olduğu 4 farklı çağa paralel olarak eğitim alanındaki değişimi de bu çağlara göre sınıflandırmak yanlış olmaz. Eğitim 1.0 dediğiniz çağlar daha çok tarım toplumlarında ihtiyaçlara cevap verecek boyutta eğitimler verilmekte olup o zamanda öğrenciler öğretmenlerini izleyerek onların uyguladıklarını uyguluyorlardı. Daha sonraları sanayi kuruluşlarını ihtiyaçlarını karşılayabilmek için teknolojik ekipmanların geliştirilmesi hedefleniyordu. İlerleyen zamanda bilgi tüketen değil bilgiyi üreten nesil sayesinde eğitim 3.0 boyutuna

gelindi. Bu dönemin en belirgin özelliği internetin, sosyal medyanın eğitim alanında başrol oynaması sayesinde kendi kendine öğrenme çağına geçilmiştir. Günümüz olan ve Z kuşağı diye adlandırdığımız yeni neslin teknoloji ile olan bağı eğitim sistemlerine kadar yansımıştır. Artık sınıflarda akıllı tahtalar, tabletler yardımı ile eğitim veriliyor, çevrimiçi dersler ve sınavlar yapılıyor.

Eğitimde 4.0; istediğin yerde, istediğin zamanda, ömür boyu öğrenme hedefli, kişiye özel, esnek, seçmeli dersler, öğrenci merkezli üretim, uygulamaya dayalı, saha tecrübeli, klasik öğretmen değil danışman öğretmenlik ön planda olup, veri yorumlama gibi daha birçok fayda sağlayacağı öngörülmektedir (Öztemel, 2018; 27). Kaçınılmaz olan dijital dönüşüm için ülkeler her alanda ama özellikle eğitim alanında plan, proje yapmak zorundadır.

Nesnelerin interneti, 3D yazıcılar, robotlar vs. yaygın kullanımında etkin beyinlere ihtiyaç olacağından oluşabilecek kaygılara engel olabilmek için de eğitim sistemlerini ona göre yeniden tasarımılamak gerekecektir.

Endüstri 4.0 ile bilgi ve teknolojinin gelişmesiyle fayda sağlayan bir diğer alan sağlık sektörü olmuştur. Sağlık hizmeti küçük ihmallerin insan hayatı ile sonuçlanabileceği ve çerisinde bulundurduğu veri yükü göz önünde bulundurulduğunda karmaşık organizasyonlardandır. Bu nedenle dijital dönüşümü hızla hayata geçirmesi gereken sektörlerin başında gelmektedir. Ülkemizde Şehir Hastaneleri endüstri 4.0'ın etkileri ile donatılmış dijital hastanelerdir. Kâğıtların, filmlerin, dosyaların ve manuel işlemlerin olmadığı dijital hastanelerdir. Mikro cerrahi işlemlerle insan elinin ulaşamadığı noktalara mikro robot kollar ile ulaşarak hassas ameliyatların çok daha başarılı şekilde yapılmasına olanak sağlamakta, zihin gücüyle kontrol edilebilen protez kollar bacaklar, 3D yazıcılar ile protez üretimi, yine ülkemizde Acıbadem Mobil Sağlık ile uzaktan sağlık hizmetleri Endüstri 4.0'ın sağlık alanındaki bazı bazı örnekleridir (Aslan ve Güzel, 2019; 656).

Endüstri 4.0 ile istihdam alanında da birçok görüş bulunmaktadır. Kimilerine göre istihdam azalacak kimilerine göre artış gösterecektir. İyimser taraflara göre uzun vadede otomasyonun yeni iş kolları yaratmaya devam edeceğini savunurken, karamsar taraftakiler ise önümüzdeki yıllarda milyarlarca insanın ekonomik düzenin devam edebilmesi için işlevsel hale geleceğini sunmaktadırlar (Özsoy, 2018; 266). İstihdam Araştırmaları Enstitüsü (IAB) 2015 yılında yayınladığı raporunda Almanya üzerinde

yapmış olduğu kapsamlı makroekonomik bir model analiz sonucuna göre; 10 yıl içinde imalat sanayi başta olmak üzere pek çok sektörde 490.000 işin kaybedileceğini, diğer alanlarda ise 430.000 yeni iş alanının doğacağını ileri sürmüştür. Yapılan analize göre Endüstri 4.0'ın ne istihdam yaratacağını ne de yok edeceğini, genel olarak mesleklerin ve sektörlerin bunlara bağlı olarak vasıfların değişeceğini öne sürmüşlerdir. Endüstri 4.0 sayesinde ortaya çıkan olumlu gelişmeleri genel olarak özetlemek gerekirse (Soylu, 2018; 49)

- Operasyonel ve bakım maliyetlerin azalması
- Etkin ve hızlı kararlar verme süreci
- Müşteri memnuniyetini esas alan esnek üretim
- İşgücü piyasasında yeni istihdam alanlarının geliştirilmesi
- Stok optimizasyonunun sağlanması ve kolaylaştırılması
- Üretimde verimliliğin artırılması
- Çevre dostu sistem olması
- İnsana dayalı üretim ile karşılaştırıldığında hatasız ürün devamlılığının sağlanması
- Üretimde iyileştirme faaliyetlerinin sürdürülebilir olması,
- Denetlenebilir sistemler ile oluşan aksaklıkların hızlı bir şekilde giderilmesi,
- İnsan temelli hasarların ortadan kaldırılması
- Minimum insan maksimum makine gücü anlayışı
- Sistemler konusunda öz farkındalık kazandırılması
- Personel seçimi ve eğitimin kolaylaşması
- İşletmelerin yetki ve sorumlulukların daha kolay belirlenmesi
- Örgütsel iletişimin etkin ve hızlı sağlanmasının kolaylaşması
- Kullanıcılar açısından bilgi kanallarının sadeleşmesi

Endüstri 4.0 sayesinde ortaya çıkan olumsuz gelişmeleri genel olarak özetlemek gerekirse (Baysal, 2015; 19)

- Robotların üretimi devralması ile işsizliğin artması,
- Siber güvenlik ihtiyacına duyulan ihtiyacın artması,
- Büyük yatırımlara olan gerekliliğin artması,
- Etkin ve uzman personel yetersizliği,

- Uluslararası standartlardaki yetersizlikler,
- Küçük işletmelerde uygulamanın daha zor olması,
- Rekabet kanunundaki yetersizlikler,
- Bilişim ağı altyapı yetersizlikleri,
- Veri güvenliği
- Yeni otomasyon süreçleri değişecek istihdam koşullarına göre yeniden planlanması,
- Yaşanabilecek teknik problemlerden doğabilecek sorunların uzun vadede yüksek maliyetlere sebep olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır

2.3. Endüstri 4.0'ın Sektörel Etkileri

Türkiye'nin Endüstri 4.0 için atması gereken adımların doğru bir şekilde belirlenebilmesi adına ülkenin içinde bulunduğu konumun tespitini yapmak oldukça önemlidir. Türkiye küresel pazarda avantajlı konuma sahiptir. Bu avantajının en büyük sebebi bulunduğu coğrafi konumdur. Türkiye'nin 2023 hedeflerine ulaşma çabası orta düzeyde kullanılan teknolojilerin seviyesini arttırıp, üst düzey teknolojik ürün üretmesi ile mümkündür. Konumundan ötürü kazandığı lojistik avantajla beraber düşük maliyetli iş gücü sayesinde düşük maliyetli üretim yapabilmesi de avantajlı konumda olduğunu gösteren bir diğer husustur. Dünya'da rekabetçi bir konum elde edebilmek için gelişen teknolojileri yakından takip etmemiz ve bu sebepten yatırım ortamının iyileştirilmesi, ürün ve hizmet kalitesinin arttırılması, Ar-Ge ve inovasyon çalışmaları ile ekonomik büyüme arttırılmalıdır. Böylece ülkeler, devletler, üniversiteler, sanayiler, şirketler ve hatta bireyler olarak bu süreçte hazırlıklı olup, gerekli alt yapı yatırımları sağlanmalıdır (Doğru ve Meçik, 2018; 1592).

Küresel rekabet ve akabinde yaşanan teknolojik, sosyal, ekonomik, kültürel gelişmeler ülkeleri seferberlik yapmasını zorunlu hale getirmiştir. Almanya başta olmak üzere sanayi devi ülkeler 2003 yılından beri olayın bilincine sahipler. Endüstri 4.0'ın öncüsü konumunda Almanya gözüktüyorsa da 'McKinsey'nin 2015 yılında ABD, Almanya ve Japonya'da yapılan çalışmalar olduğundan sadece Almanya'nın öncü olmadığı anlaşılmıştır. Almanya Ar-Ge harcamalarının %15'i kadar bir bölümünü Endüstri 4.0 için ayırırken, Amerika'da bu oran %29 ile dikkat çekmektedir. Ayrıca Amerika'nın Endüstri 4.0 ile ilişkili gelirlerinin toplama oranı %30 iken bu oran

Almanya’da %19, Japonya’da ise %11 olarak görülmektedir’’(Özkan vd, 2018; 21). Birçok ülke Endüstri 4.0’ın alışlagelmiş üretim süreçlerini değiştireceği bilincinde olup gelecekte de üretimde söz sahibi olmak istediklerinden stratejilerini Endüstri 4.0’a göre yapıyorlar. Aynı zamanda ülkeler küresel rekabet ortamında tutunabilmek için birbirleri ile olan ilişkilerini de iyileştiriyorlar. Birçok ülke bu kapsamda atılımlar yapmaya, stratejilerini geliştirmeye başladılar (Barutcu, 2019; 34).

2.3.1. Dünya’da Endüstri 4.0’ın Sektörel Etkileri

Endüstri 4.0’ın ekonomik yaşamda yerini almasıyla birlikte ekonomi üzerindeki etkileri de artmıştır. Bu etkilere makro düzeyde baktığımızda ülke ekonomileri, mikro düzeyde ise gerçek ve tüzel kişi işletmeleri üzerinde açık bir şekilde görmekteyiz (Özkan vd, 2018; 139). Endüstri 4.0 kavramını ilk kez 2011 yılında Hannover Fuarında duymuştuk. Alman Hükümeti’nin bu konuyu tekrardan dile getirmesi ile yeni bir sanayi stratejisi olarak benimsenmiş ve resmi bir nitelik kazanmıştır. Söz Konusu fuardan sonra 4.Sanayi Devrimi üzerine bir çalışma grubu kurulmuş ve bir yılın sonunda Endüstri 4.0’ın stratejik biçimde uygulanabilmesine yönelik önerilerini yine Hannover Fuarında sunmuş hemde Almanya Hükümeti’ne raporlamıştır. Almanya’nın öncülüğünü yaptığı Endüstri 4.0, birçok teknolojik kavramı içerisinde barındıran ve bunların bir bütün olarak uygulanması ile ulaşılabilecek bir vizyondur. Tüm dünyada yaşanan bu devrimsel sanayi hareketliliği birçok ülkenin üretim süreçlerinde adımlar atmasına neden olmuştur ve Endüstri 4.0 teknolojisinin kullanım alanı hızla artmaya devam etmiştir. Fabrikalar, tedarik zincirleri, satış mağazaları, ulaşım, şehir, inşaat, sağlık ve daha pek çok alanda Endüstri 4.0’ın etkileri ile insana duyulan ihtiyaç azalmakta ve yerini robot teknolojileri, sensörler, akıllı sistemler almaktadır. Endüstri 4.0 ile alakalı denenmiş uygulamalar, uzmanlıklar neticesinde elde edilen sonuçlara bakarsak avantajlar her geçen gün artmaktadır. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde hem siyasi hem de ekonomik açıdan dünyadaki konumlarını güçlendirmek için Endüstri 4.0’a büyük ilgi göstermektedirler. Dünya Ekonomik Forumu’nun 100 ülke ile yaptığı çalışma raporuna göre endüstri 4.0’dan yararlanarak konumlarını güçlendiren 25 lider ülke bulunmaktadır. Bunlar; Avusturya, Kanada, Belçika, Çekya, Danimarka, Estonya, Finlandiya, Fransa, Almanya, İrlanda, İsrail, İtalya, Japonya, Güney Kore, Malezya,

Hollanda, Polonya, Singapur, Slovenya, İspanya, İsveç, İsviçre, Birleşik Krallık ve Amerika Birleşik Devletleri dir. (Barutçu, 2019; 33).

Almanya'nın öncü ülke olması Endüstri 4.0 vizyon gelişimini kontrol etmek amacıyla Plattform Industrie 4.0 kurulmuştur. Alman Federal Ekonomi İşleri ve Enerji Bakanlığı ile Alman Federal Eğitim ve Araştırma Bakanlığı başkanlığında faaliyet göstermekte olan platformda akademik ve sendikalardan üst düzey temsilciler, iş dünyasının önde gelenleri de platformun yönetiminde bulunmaktadır. Federal Bilgi Teknolojileri Birliği, Alman Elektrik ve Elektronik Üreticileri Birliği, Almanya Makine ve Tesis Üreticileri Birliği gibi daha pek çok çalışma grupları oluşturulmuş olup bu gruplarda; araştırma, ağ güvenliği, standartlaşma, eğitim ve yasal çerçeve gibi alt başlıklar da faaliyet göstermektedirler.

Almanya'nın Endüstri 4.0 vizyonunu; yasal mevzuatı oluşturma sürecinden Ar-Ge çalışmalarına kadar koordine ederek vizyonunu belirginleştirmeye çalışıyor. Günümüzden yaklaşık 4-5 yıl önce ekonomideki öncü ülkelerden ABD ve Almanya'ya baktığımızda Küresel Uzmanlık Araştırmasının 2015 yılındaki verilerinde, ABD'nin Ar-Ge harcamaları %29 iken Almanya o tarihte % 15 olup yine o zamanlarda ki toplam gelirin içinden Endüstri 4.0'ın sağladığı gelir ABD'de yüzde 30, Almanya'da yüzde 19 görülmüştür. Amerika'nın Endüstri 4.0 sürecinde stratejilerine yön verecek Ulusal Üretim İnovasyon Ağı (NNMI) programı önemli yapılarından bir diğeridir. Akademik, özel sektörün ve devlet kuruluşlarının dahil olduğu program Amerika Birleşik Devletleri Ticaret Bakanlığı bünyesindeki Ulusal Gelişim İmalat Programı Ofisi (AMNPO) tarafından gerçekleştirilmektedir (Kılıç ve Alkan, 2018; 43).

ABD, "Akıllı Üretim Liderlik Koalisyonu" (Smart Manufacturing Leadership Coalition (SMLC)) adlı kâr amacı gütmeyen girişimiyle endüstriyel üretimin geleceğine odaklanmıştır. Üretimde otomasyon ve iş zekâsının benimsenmesi için çalışmakta yine ABD genelinde bir Ar-Ge platformu oluşturarak Endüstri 4.0 ile akıllı üretim yapmayı amaçlayan çalışmalarını sürdürmektedir. ABD akıllı üretim çalışmalarına SMLC (Smart Manufacturing Leadership Coalition) çalışmalarına 2010 yılında başladı. Endüstriyel internet için devlet tarafında 2 milyar dolarlık bir fon oluşturulmuştur. Caterpillar de her sene Ar-Ge yatırımları için 2 milyar dolar ayırmaktadır. Endüstriyel 4.0 ile ilgili çalışmalarına Amerika'nın önemli oyuncularından GE (General Electric) da büyük katkı sağlamaktadır (Bayrak, 2018; 64).

Son sanayi devriminin dünya ekonomisinde, sektörde ve iş modellerinde büyük etkileri olacağı ortadadır. Eski yöntemler ile üretime devam etmek artık mümkün olmayacak. McKinsey'nin yaptığı çalışmaya göre; araştırmaya katılan şirketlerin %80'i iş modellerinin değişeceğini düşünmektedir. Değişen iş modelleri ve iş yapış şekilleri, yeni firmalar için potansiyel fırsatlar barındırmaktadır. ABD şirketlerinin %92'si yeni rakipler beklerken Alman şirketlerinde bu oranın %46'larda kaldığını görmekteyiz. Bu farkın en muhtemel sebebi Amerikan ve Alman şirketlerinin faaliyet gösterdikleri alanlardaki farklılıklar olabilir. Araştırmada teknoloji şirketlerinde yeni rakip beklentisinin %84 lerde olduğunu görüyoruz fakat imalat sanayinde bu oran %58'dir. Özellikle yazılım alanında giriş maliyetlerinin daha düşük olması ve bu alanın büyük oranda etişmiş insan gücüne dayanmasından dolayı böyle bir farklılık ortaya çıkmış olabilir (Kaban Kadioğlu, 2019; 228).

Çin, pazarın en önemli aktörlerinden biridir. Dünyanın önemli nüfus oranına sahip olan Çin'in teknoloji alanında gelişme süreci gözler önündedir. Çin 2016 yılında % 6,7 büyümüş ve dünyanın en büyük ekonomilerinden biri sayılan ABD %1,9 büyüme göstermiş ve yine 2016 yılında toplam endüstriyel robot pazarındaki %30 pazar payı ile lider konuma gelmiştir. Böylece Çin dünya ekonomisine 1.2puanlık bir katkı sağlarken ABD 0,3 puanda kalmıştır. Ekonomik başarısını devam ettirebilmek için yeni bir itici güç aramış ve "Made in China 2025" stratejisini benimsemiş böylece bir kaç yıl içerisinde en iyi teknolojik endüstriyel ülkelerden biri olmayı hedeflemektedir (Sözen ve Mescioğlu, 2019; 305).

Almanya Hannover'da düzenlenen dünyanın en büyük bilişim fuarı olan CeeBIT 2017'ye bizzat katılan Japonya Başbakanı Shinzo Abe Endüstri 4.0 ardından yaşanan yeni dönemi Tokyo'da Society 5.0 ismiyle başlatmıştır. Bu fuarda Japonya Başbakanı Shinzo Abe: "Beşinci bölümün açılışına şahitlik ediyoruz. Daha önce asla çözülemeyen bazı sorunlara etkin çözümler buluyoruz. Bu dönem Nesnelerin İnterneti ile her şeyin bağlantıda olduğu, teknolojilerin etkin kullanıma açıldığı Society 5.0 dönemi." İfadelerini kullanmıştır. Japonya'da Seiren isimli tekstil firmasının dükkânlarında tezgâhtarlar yerine akıllı aynalar kullanmaya başlamıştır. Böylece müşteriler dijital ortamda elbise denemekte ve seçilen modellerin kişiye özel üretilip evlere yollandığı bilişim teknolojileri sayesinde sadece sattılan ürünleri üreteceğiz, farklı stiller, küçük üretimler, kısa sürede teslimat anlayışı ile hizmet vermektedir. Bir başka Japon

teknolojisi olan SoftBank'ın geliştirdiği ‘Pepper Humanoid’ insanların duygularını anlayabilen robotları otellerde resepsiyonist olarak görebileceğiz (Bayrak, 2018; 69).

Güney Kore’de gelişmiş ülkelerde ortaya çıkan yeni üretim sistemini yakından takip etmektedir. Eğitim, Ar-Ge ve inovasyonda dünyada önde gelen ülkelere olan Güney Kore hükümeti, küresel rekabet gücünü devam ettirebilmek için 2016 yılında akıllı kentler, yapay zekâ, sürücüsüz araçlar gibi teknolojileri de içine alan 9 alanda 10 yıl içinde 2 milyar dolar harcama yapacağını açıklamıştır. Genel olarak üç başlıktan oluşan onyedili sektöre odaklanmış durumdadır. Bunlar; yeşil teknoloji, ileri teknolojiye yakınsama ve katma değerli hizmetlerdir. Yeşil teknoloji ile alternatif enerji kaynakları, ileri materyaller, akıllı ızgaralar, bulut bilişim gibi teknolojilere odaklanmaktadır. İleri teknolojiye yakınsama ile otomobil, gemi, tekstil, yarı iletkenler, çelik, makine gibi malzeme üretiminde teknolojiye son nokta olan ürünlere ve yöntemlere odaklanmaktadır. Katma değerli hizmet ile bölgesel kümelenme ağı, bölgesel kurumlar, kamu ve özel sektör finansman hizmetleri oluşturmaya odaklanmıştır (Bağcı, 2018; 135). Yapay zekâ konusunda teknoloji devleri ile el ele vererek AlphaGo’nun Güney Kore versiyonunu geliştirme misyonunu benimsediklerini açıklamışlardır. Devlet desteği ve Samsung, Hyundai ve SK Telekom’u da içeren 7 dev kuruluşun her biri yaklaşık 300 milyon dolar koyarak Yapay Zekâ Araştırma Enstitüsünü kurmuşlardır. Yine dünyanın en büyük ikinci endüstriyel robot pazarına sahiptir (Bayrak, 2018; 70).

Otomasyonun giderek hızlandığı dördüncü sanayi devriminde, Uluslararası Robotik Federasyonu (International Federation of Robotics-IFR)’nin yapmış olduğu araştırma verilerine göre 2017-2020 yılları arasında yıllık ortalama %14 oranında artışla 2020 yılı sonlarında dünya çapındaki pek çok fabrikada hizmet veren endüstriyel robotların 3 milyona ulaşabileceği tahmin edilmektedir. 2016 yılında endüstriyel robot satışlarında dünya genelinin %74’ünü beş büyük ülke olan Çin, Güney Kore, Japonya, Amerika, Almanya pazarında görmekteyiz (Kılıç ve Alkan, 2018; 32).

Üretkenlik artışını tüm dünyada sağlayabilmek için ekonomik büyüme, yoksulluğun azaltılması, işsizliğe çare bulunması, gelirin adil dağıtılmasını sağlayacak refahın oluşturulabilmesi gerekir. Sanayi 4.0 ile de işletmelerin amacı; bilgi, akılcılık, iletişim yoluyla verimli ve esnek üretim sağlayıp uzun vadede rekabet gücünü sağlamaktır. Enerji ve kaynak verimliliği sayesinde üretkenlik artmakta, inovasyon ve pazarlama sürecindeki döngünün kısaltılması, mühendislik sürecinin tamamını dijital

entegrasyon ile gerçekleşmesi Endüstri 4.0'ın bizlere sunmuş olduğu avantajlardan bir kısmıdır.

Endüstri 4.0 işletmelerde üretim maliyetlerinde ve lojistik maliyetlerinde yüzde 10 ile yüzde 30 arası, kalite yönetim maliyetlerinde yüzde 10 ile yüzde 20 arası bir dönüş sağlaması beklenmektedir. Günümüzde hala akıllı fabrikalar pek sık rastlanması da zamanla işletmelerin dijital dönüşüm den uzak kalmaları pek mümkün görünmemektedir. Günümüzde dijitalleşmeye yatırım yapan işletmelerin oranı yüzde 21 iken önümüzdeki beş yılda bu oran yüzde 81'e çıkacaktır. Böylece küresel ekonomideki dijital dönüşümü sağlayamayan işletmeler orta vadede rekabet güçlerini kaybedeceklerdir (Toker, 2018; 56-59).

2.3.2. Türkiye'de Endüstri 4.0'ın Sektörel Etkileri

İmalat sektöründe üretim tasarım ve idari süreçlerin; yazılımlar, makineler, robotlar ve insan-makina entegrasyonu ile sağlanmasını Endüstri 4.0 olarak adlandırıyoruz. Bu yeni çağda; siber fiziksel sistemler, nesnelerin interneti, yapay zekâ, bulut bilişim ve sensörler gibi olguların üzerinde durmakta ve üretim sürecinde bu teknolojiler kullanılmaktadır (Sayar ve Yüksel, 2018: 88).

Endüstri 4.0 ile özellikle 2006 - 2011 yıllarında doğu ülkeleri, düşük insan maliyetiyle yüksek üretim miktarları elde ederek ülkelerin ekonomik güçlerini arttırmıştır. Batı ülkeleri ise otomasyon maliyetlerini azaltarak esnek, çevik, hızlı ve kaliteli üretim ile hamleler yapmaya başlamışlardır. Türkiye'de ilk olarak en hızlı işleyen sektör olması sebebiyle otomotiv sektöründe kullanılmaya başlayan Endüstri 4.0 sonrasında beyaz eşya sektöründe ve ardından sağlıktan inşaata pek çok sektörde etkisini az da olsa göstermeye başlamıştır (Genç, 2017: 25).

Bilim Sanayi ve Teknoloji bakanlığı tarafından 2016 Şubat ayında yapılan Bilim Teknoloji Yüksek Kurulu toplantısının konusu Endüstri 4.0 olmuştur. Endüstri 4.0 konsepti ile daha verimli üretim teknikleri ile ülke ekonomisine katkı sağlayabilmek adına teşvikler ve çalışmalar yapılmaktadır. Toplantıda konuşma yapan Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanı Fikri Işık yeni sanayi çağına uyumun ülkemiz için önemine vurgu yapmış ve gerisinde kalmak gibi bir durumun olamayacağından söz etmiştir. Bu bağlamda ortaya çıkan teknolojik gelişmelerden olan nesnelerin interneti, 3D yazıcılar, yapay zekâ, bulut sistemler gibi konuların üzerinde durulmuş yine bu bağlamda 25

Öncelikli Dönüşüm Programının üzerinde durulmuş, 64. Hükümet Programı ve Eylem Planı ile ülkemizin ileri bir noktaya taşınması için çalışıldığından bahsetmiştir. Ülkemizin sanayi stratejisi uzun dönemde orta yüksek ve yüksek teknoloji ürünlerde, Afro-Avrasya'nın tasarım ve üretim üssü olmayı hedeflemektedir (Yüksekbilgili ve Çevik; 2018; 428).

Sanayi 4.0 ışığında bu gelişmelere ayak uydurabilen ülkeler küresel anlamda rekabet üstünlüğü sağlayacaktır. Özellikle yazılım sektörüne yapılacak yatırımlar sayesinde; düşük yatırım maliyeti, yüksek nitelikli, yüksek istihdamlı ve yüksek katma değerli ürünler üretilecektir. (Bağcı, 2018; 137). Türkiye Yazılım Sektörü Stratejisi ve Eylem Planında dört temel hedef belirlemiştir. Bunlar; ulusal bilinci artırmak ve alt yapıyı güçlendirmek, hukuki ve idari düzenlemeleri yapmak, nitelikli insan kaynağı geliştirmek, ulusal rekabet gücünü arttırmaktır (Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2017). Küresel pazarda rekabet edebilecek güçte olabilmek için yeni sanayi döneminin getirilerine ayak uydurabilmek, özümseyebilmek hayati öneme arz etmekte olup inovatif olmayan hiçbir organizasyonun uzun vadede ayakta kalabilmesi neredeyse imkânsıza ulaşmıştır.

Türkiye'de otomotiv, finans, telekom, ilaç sektörlerindeki büyük şirketler haricinde Türkiye'deki KOBİ'lerin Endüstri 2.0'a yeni geçtiği görülmektedir. Ancak ülkemizin başlangıç seviyesindeki girişimleri, KOBİ'leri ve imalat atölyeleri Endüstri 4.0'a geçmek için gerekli güce sahiptirler. Hızla gelişen teknolojiler; nesnelerin interneti, sensörler, yapay zekâ, 3D yazıcılar sayesinde Türkiye gerçeklerine uygun yerel, düşük maliyetli, esnek üretimler mümkün. Fason üretim yapan imalat atölyelerinde KOBİ'lere ve holdinglere kadar her alanda hızla uygulanabilecek potansiyele sahibiz.

Türkiye için öncelikli yol haritamız; otomotiv, tekstil, kimya, enerji sektöründe yan sanayinin ana sektöre entegre edilmesi gerekir. Böylece maliyetler düşürülerek hızlı ve seri üretim gerçekleştirip sektörün uluslararası rekabet gücünün artırılması sağlanabilir

Ülkemizin yeni gelişen bu sanayi çağını kaçırmaması büyük öneme sahiptir; daha önceki endüstriyel adımlarda geri kalmanın dezavantajlarını hala yaşamakya olup Endüstri 4.0'ı kaçırmak gibi bir lüksümüz yoktur. Bunun için öncelikle ülke ekonomisinin düzeltilmesi, orta gelir seviyesinden çıkarılması gerekmektedir. Bu

doğrultuda ihtiyar ların doğru şekilde belirlenmesi, verimli politikalar ve uygulamalar için; kamu, özel sektör ve sivil toplum kuruluşlarının işbirliği içerisinde çalışmaları gerekmektedir.

Ülkemiz şu anki konumu ile Avrupa ülkelerine yakın bir seviyeye geldiğini söyleyemeyiz. Bazı görüşlere göre endüstriyel açıdan Türkiye 2.Sanayi Devrimi ile 3.Sanayi Devrimi arasında bir konumdadır. Bunun en önemli sebebi olarak yatırım eksikliği gösterilmektedir. Ülkemizin AB 2020 stratejileri ve Vizyon 2023 deki hedeflerini gerçekleştirebilmesi için devlet desteği ile birlikte teşviklere ve Ar-Ge çalışmalarına ihtiyaç vardır. Mevcut koşullar göz önünde bulundurulduğunda Türkiye'nin Endüstri 4.0 için kat etmesi gereken uzun bir yol var. Bunun için yapılması gereken çalışmaların, atılması gereken adımların doğru zamanda yapılması gerekmektedir (Yüksekbilgili ve Çevik, 2018; 432-434).

2.3.2.1.Endüstri 4.0 Sağlık Sektörüne Etkileri

Endüstri 4.0 uygulamalarında sağlık sektörünün son yıllarda ön plana çıkmaya başladığı görülmektedir. Buna örnek olarak Avrupa stratejisinde 2012-2020 dönemleri Endüstri 4.0 teknolojilerinin hasta haklarını güçlendirmek için stratejiler arasına eklenmiştir. Burada amaç sağlık hizmetlerinde kalitenin istenen talepler doğrultusunda gerçekleştirilebilmesi ve kaynakların azaldığı ortamda Endüstri 4.0'ın bu eksikliği giderilmesidir. Bir diğer amaç idari maliyetleri azaltmak, terapi faaliyetlerinin kurumlar arası dokümantasyonunu sağlamak, yenilik yapmak ve yeni katma değerli hizmetler ortaya koymaktır (Kaya ve Peker, 2020: 260).

Sağlık hizmetleri küçük ihmallerin insan hayatı ile sonuçlanabileceği karmaşık organizasyonlardan biridir. Günümüzde Endüstri 4.0'ın etkisi ile sağlık sistemleri, hastaneler, tedavi süreçleri, hasta doktor ilişkileri günümüzde dijital bir dönüşüm yaşayarak yeni bir boyut kazanmaktadır. Teknolojik alanda yaşanan gelişmeler bu dönüşümü daha da hızlandırmaktadır. Akıllı robotlar, sensörler, veri analiz sistemleri, veri depolama gibi birçok teknoloji bu dönüşümde büyük rol oynamaktadır. Hastanelerde yapılan işlemler hastalar, çalışanlar için yorucu hastane açısından ise oldukça maliyetlidir. Tüm bu olumsuzlukları en aza indirmek için dijital hastane kavramı konuşulmaktadır. Dijital hastaneler ile bilişim teknolojilerinin hasta ve çalışan

yararına kullanıldığı hastaneleri ifade etmektedir. Bilişim teknolojilerinin tek başına kullanılıyor olması o hastanenin dijital hastane olması için yeterli değildir. İdari mali ve tıbbi süreçlerde teknolojinin kullanıldığı bir hastanede her türlü iletişim aracı ve tıbbi cihazın birbiriyle ve diğer tüm sistemlerle entegre olduğu, hastaların ve çalışanların mobil tip uygulamalar ile hastane içinden veya uzaktan veri alışverişinde bulunabildiği hastaneleri ifade etmektedir. Böylece verimliliğin artmasına, insan kaynaklı hataların en aza indirilmesine, maliyetlerin düşürülmesine ve hasta memnuniyeti sağlanmasında etkili olmaktadır (Aslan ve Güzel, 2018:654).

Dünya genelinde sağlık sistemlerinde artan kronik hastalıklar, yaşlanan nüfus, ekonomik problemler, değişen teknolojiler ve bu doğrultuda beklentilerin artması ciddi maliyetler doğurmaktadır. Bu problemlerin aşılması için sağlık bilgi sistemlerinin sağladığı imkânlardan yararlanılmalıdır. Sağlıklı ve gelişmiş toplum hedefine ulaşmak için iyi örgütlenmiş bir sağlık sistemi ile mümkündür.

Yeni dönem, sağlık kuruluşlarını hızla ve sürekli bir değişime yöneltmiştir. Endüstri 4.0'ın etkileri ile beraber bilim ve teknoloji alanında özellikle genetik ve tıp alanında ilerleme kat ederek, küresel yöntemler ile teknolojiyi harmanlayarak mekân sınırlamasını kaldırmış, sağlık hizmetini gereken her yere ulaştırabilen, son teknolojik imkânlar ile kişiye özel teşhis ve tedavi imkânları sunmaktadır. Dördüncü sanayi devrimi, sağlık alanında teknolojik değişim olmaktan öte sağlık sisteminin tamamında görülen kaliteden maliyete verimlilikten etikliğe kadar her alanda bir reformdur (Şenol vd. 2007).

Dijital dönüşüm sayesinde geleneksel yapıdan kurtulan sağlık sektörü akıllı hastaneler ile hastane sınırlarını aşarak uzaktan tanı ve tedavi, vücuda yerleştirilebilir veya giyilebilir cihazlar, mobil cihazlar sayesinde hastaları uzaktan izleyebilme ve yine bu tıbbi cihazlar sayesinde hasta bilgilerini hastane personeli ve sisteme göndermeyi sağlar. Sağlıkta nesnelerin interneti ile hastaları hastane dışında izleme lüksüne ulaşılmıştır. Hastanelerde biriken büyük miktardaki verilerin güncel ve doğru olması, analiz edilip anlam yüklenmesi nesnelerin interneti, büyük veri, bulut bilişim gibi teknolojik imkânlar sayesinde artık çok kolaydır. Dijital hastanelerde en çok kullanılan diğer teknoloji ise yapay zekâ ve robotlar dır (Kosif, 2019: 53).

Sağlık sektörünün gelişimi endüstri 4.0'ın gelişimi ile paralel bir şekilde ilerlemiştir. Stretoskop'un ilk olarak kullanılması kendi döneminde ne kadar mucize ise

şu an mevcut sağlık hizmetlerinde kullanılan ileri teknolojik cihazlar da geçmişe nazaran bir o kadar mucize olduğu görülmektedir. Sağlık sektöründe günden güne gelişen hastane yapıları hastalar, sağlık çalışanları ve yönetim üçgenine hem kolaylık hem de bir takım zorluklar yaşatmıştır. Artan nüfus ve buna bağlı olarak kronik hastalıkların çokluğu sistemleri daha derin ve kısa sürede karşılık almaya zorlamıştır. Bu durumlara karşılık olarak gelişen ve değişen ekipmanlar hastaların kısa zamanda sağlığına kavuşmalarına zemin hazırlamıştır (Kaya ve Peker, 2020: 275).

Sağlıkda 4.0, teknolojik desteklerle hastane ortamından uzakta bireylerin sağlık hizmetlerine ulaşabilmeleridir. Tıpkı Endüstri 4.0 kapsamında ışık olmayan, işçi içermeyen karanlık fabrikalara karşılık geldiği gibi Sağlık 4.0 kavramında da içerisinde hasta olmayan sağlık kuruluşları olarak yorumlanabilir. Sağlık alanındaki bu dönüşüm ile bireyleri sağlıklı iken sağlık kuruluşlarına gitmesi, hastalanmadan önce sağlığın korunması ve iyileştirilmesi için aktivitelerin yapıldığı, hastanelerin hastalık kuruluşları olmaktan çıkıp kişilerin sağlıklı olmaları için çalışmaların yapıldığı alanlar olması amaçlanmaktadır. Teknolojinin devreye girmesi ile tüm bireylere sunulamayacak hizmetlerin, bireysel olarak sunulması, evlerde giyilebilir teknolojilerle, otonom karar destek ve uyarı sistemleri ile harmanlanması mümkün olacaktır. Sektörün amacı bireylerin sağlıklı olması için çalışmak olacaktır.

2.3.2.2. Endüstri 4.0'ın İstihdama Etkisi

Birinci sanayi devriminden günümüze kadar tüm sanayi dönemlerinin temelinde teknoloji kavramı yer almıştır. Teknoloji kavramı her ne kadar boyut değiştirse de her zaman başrolde olmuştur. Makinelerin icad edilip üretime dâhil edilmesi ile insan gücüne olan ihtiyacın azalacağı, işsizliğin temel sorun olacağı, bazı mesleklerin yok olacağı, bazı yeni mesleklerin doğacağı ve bu mesleklerin uzmanlık gerektireceği, vasıfsız emeğe ihtiyaç kalmayacağı gibi konular her yeniçağda konuşulmuştur (Aydın, 2018:461).

Teknolojinin emek ile olan ilişkisi Sanayi Devrimleri ile beraber sıkça incelenmeye başlanmış ve teknolojinin insana olan ihtiyacı üzerinde çok durulmuştur. Yaşadığımız çağda üretim teknolojilerinin ve buna bağlı olarak üretici güçlerin geldiği seviye, üretim ilişkilerini tamamen değiştirmiştir böylece sermaye ve emek yeni

konumlara ulaşmıştır. Emek teknolojisi ve işsizlik arasındaki ilişkiyi yapılan araştırmalar sonucu teorik açıdan değerlendirilmiş ve enformasyon teknolojisinin doğrudan işsizliğe sebep olmadığı, teknolojinin gelişmesiyle bazı işler başka yerlere kaydırılıp yeni işlerin ortaya çıktığı bazı işlerin ise tamamen yok olduğu görülmüştür. Bu kayıplar ve artışlar arasındaki ilişkiyi rekabet gücüne, iktidarın politikalarına şirketlerin stratejilerine, sektöre, bölgeye, ülkeye göre farklılıklar gösterebilmektedir (Orhan ve Savuk, 2014; 22).

Endüstri 4.0 daha önceki endüstri devrimlerinde olduğu gibi toplam iş gücüne olan ihtiyacın azalmasında çok, yeni iş alanları ile insanın fiziki gücüne dayalı işler yerine, daha nitelikli eğitim ve gelir düzeyi yüksek bir işgücü potansiyeli oluşturacağı düşünülmektedir (Taş, 2018; 1826). Dördüncü Sanayi Devrimi ile birlikte çalışma hayatı ve istihdam yapısı önemli bir değişim yaşayacaktır. Nitelikli insan kaynağı önem kazanacak ve insan kaynağının duyulan ihtiyaç farklılık gösterecektir. Kas gücünden ziyade daha kompleks işler öğrenen bilgi iletişim teknolojileri konusunda donanımlı insan gücü tercih edilecektir. Bilisim Teknolojisi ile bağlantılı meslekler önem kazanacak, vasıfsız işler ve iş güçleri önemini yitirecektir (Özsoylu, 2017; 57). İstihdam fırsatlarının artacağını ileri süren iyimserlerin görüşüne göre farklılaşan ürün ve hizmetlere olan talep artışı ve ortaya çıkacak yeni iş modellerine olan ilginin artacağını savunurlar. Onların görüşüne göre bu yeni sanayi çağında insanlar işlerini kaybetmeyecek iş tanımları ve meslekleri değişecektir. İstihdam oranının düşeceğini savunan kötümserler ise bu azalışı emek- sermaye ikamesine sağlamaktadırlar (Doğru ve Meçik, 2018; 1587).

İstihdam konusundaki en önemli kaygılardan biri de ilerleyen yıllarda robotların çalışan işçilerin işlerini elinden alacağı ve işsizliğin artacağı kaygısıdır. Ancak geçtiğimiz her sanayi çağının başında bu kaygıların oluştuğunu, yeni gelişen her teknolojinin yeni iş kollarının ve becerilerinin gelişmesini beraberinde getirdiği görülmüştür. Bunların beraberinde olmazsa olmaz diyebileceğimiz iki sonuç kaçınılmaz olacaktır. Birincisi çalışma sürelerindeki azalma ikinci olarak da daha iyi bir iş ve kariyer sahibi olabilmek için iyi bir eğitim zorunlu hale gelmektedir (Taş, 2018; 1827).

Özel ve kamu sektörü ile toplumun tüm katmanlarını etkisi altına alan Endüstri 4.0, sahip olduğu bilişim altyapısı ile akıllı üretim yapmakta böylece yeni iş modelleri ortaya çıkmakta, ürünlerin yapısından tedarik ve satışa kadar olan tüm süreçlerde büyük

değişimler yaşanmaktadır. Geçmiş sanayi çağlarında da olduğu gibi köklü ve önemli değişiklikler yaşanmaktadır. Üretimde %30 hızlanma ve %25 esneklik sağlanması öngörülmektedir. Büyük veri sayesinde ürünlerin kalitesi artacak müşteri memnuniyeti arttırılacaktır. Değişen tüketici tercih ve davranışlarına uygun olarak imalatda daha kaliteli daha yenilikçi bir anlayış, müşteri tercihlerine daha uygun ve daha esnek üretim, daha az kaynak ile daha fazla ve daha hızlı üretim ile en uygun şekle sokma ve verimlilik sağlanacaktır. Tüm bu gelişmeler neticesinde görüyoruz ki; insanlar, nesneler ve sistemler birbirleri ile bağlantılı olacak, istihdam, ekonomik büyüme, yatırımlar, iş dünyası, akademik çalışmalar yeni imkânlar ve sorumluluklar doğuracaktır. Rekabet gücünü kaybetmek ya da gelişmiş ülkeler arasına katılmak gibi iki seçeneğimiz vardır. Tüm bu fırsatları değerlendirebilen çalışanlar, işverenler, fabrikalar, şirketler, devletler ayakta kalabilecek ve geleceğe damga vurabilecektir (Özsoylu, 2017; 61).

2.3.3.3. Endüstri 4.0'ın Eğitime Etkisi

Endüstri 4.0 süreçlerinin başarılı bir şekilde uygulanabileceği alanlardan biri de eğitim sektörüdür. Teknolojik gelişmeleri ile insan hayatı üzerinde önemli değişimlere yol açan Endüstri 4.0, her alanda olduğu gibi eğitim alanında da dijital dönüşümler sağlamıştır. Toplumların, önceleri tarım toplumundan endüstri toplumuna oradan enformasyon toplumuna oradan da bilgi toplumuna geçişi sadece üretim sistemlerinde değil aynı zamanda eğitim, sağlık, çevre gibi hizmet üretiminin kaçınılmaz olduğu alanlarda da kendisini göstermektedir. Bilinen eğitim sistemleri teknolojik gelişmeler ile birleşerek inovasyon ağırlıklı bir yapıya bürünmektedir (Öztemel, 2018; 25).

Endüstri devrimlerinde olduğu gibi eğitim 4.0'a anlatım ve ezber odaklı Eğitim 1.0'dan bilgisayar ve internet odaklı eğitim 2.0 sürecine, bu süreçten bilgi üretim odaklı eğitim 3.0 sürecine ve oradan da inovasyon ve üretim odaklı olan eğitim 4.0 sürecine geçilerek varılmıştır. Eğitimde 4.0 ile dijital teknolojilerden yararlanan, üst düzey düşünme becerileri gelişmiş, kişiselleştirilmiş veri, açık kaynak içeriği kullanan, mekândan ve zamandan bağımsız, bilgiyi üreten ve transfer edebilen tasarımcı, üretken bireyler ve organizasyonlardır (Demir, 2018; 147-148). Eğitim 4.0 ile ezber odaklı eğitim sistemlerinin aksine teknolojiden yararlanan ve kişiye özel eğitim sistemi ile günümüz dünyasının beklentilerini karşılayan deneyim esaslı yeni bir eğitim sistemidir. Endüstri 4.0 dünyasının beklentilerini karşılayacak bu sistem ile bireyselliği ve keşfe

dayalı öğrenmeyi harmanlayarak yeni bir eğitim modeli sunmaktadır. Böylece günümüz iş dünyasının insan kaynaklarından beklediği niteliksel özelliğe sahip bireylerin yetiştirilmesi açısından önemlidir (Yelkikalan vd, 2019; 123)

2.3.3.4. Endüstri 4.0 İnşaat Sektörüne Etkisi

Birçok sektörde olduğu gibi inşaat sektörü de dijital bir dönüşüm geçirmektedir. Her geçen gün sektöre yeni teknolojiler entegre edilmektedir. İnşaat enstitüsü ülke ekonomilerinde merkezi role sahiptir. Küresel GSYİH'nın % 6'sını oluşturan inşaat sektörü diğer sektörlerin gelişmesine imkân sağlamakta, endüstriyel ve sivil alt yapıyı inşa etmektedir. İnşaat 4.0 kavramı, dördüncü sanayi devriminin modern teknolojilerinin ve yeni üretim tekniklerinin inşaat projesinin yaşam döngüsü boyunca kullanılarak süreçlerin otomatikleşmesi ve dijitalleşmesi anlamına gelir. İnşaat sektörü günümüze ulaşıncaya kadar belli süreçlerden geçmiştir. Tıpkı endüstri çağlarında olduğu gibi inşaat 1.0 da basit el aletleri kürek, kazıcı, çapa kullanıldığı dönemlerdir. İnşaat 2.0 ile vinç, beko gibi makinelerin kullanıldığı mekanizasyona geçiş çağıdır. İnşaat 3.0 ile BIM (bina bilgileri modelleme) ve Revit gibi yazılımlar kullanılmaya başlanmıştır. Günümüz olan inşaat 4.0 ile internet, yazılım, sensörler, lazer ve drone gibi ileri teknolojilerin birlikte çalıştığı inşaat sektörünün dijitalleşmesi anlamına gelir

Başarılı İnşaat 4.0 için ön şart bir binanın dijital ikizinin oluşturulması ve tutarlı bir veri yönetimi ile Bina Bilgisi Modelleme (BIM) dijital bina üretiminin anahtarıdır. İnşaat sektörü dijitalleşmeye doğru yönelirken üretim süreçlerinde insan nesne ayırt edilmeksizin üretimde rol alan tüm aktörlerin birbirleri ile anlık haberleşmesine imkân sunan ve kendi kararlarını alabilen sistemlerden oluşan; bina bilgileri modelleme (BIM), robotik sistemler, kablosuz algılama, 3 boyutlu yazdırma gibi yeni teknolojiler ile üretim sağlamak hedeflenmektedir (Reddy, 2012). Son yıllardaki tasarım ve analiz yazılımlarındaki hızlı gelişmeler ve bilgisayar kapasitelerindeki artış hızı yapım ve tasarımda sayısal çözümler geliştirmiştir. Bina Bilgi Modelleme bir alet ya da bir yazılım değildir, bir süreç geliştirme yöntemi olup bir tesisin fiziksel ve işlevsel özelliklerinin sayısal gösterimidir. BIM ile bir tesisin oluşum aşamasından yıkım aşamasına kadar yaşam süresi içerisinde alınan kararlar hakkında bilgi almak için kullanılır (Demirdöven ve Arditi, 2014; 3). Bina bilgileri modellemenin doğru kullanılması halinde geleneksel yöntemlere nispeten bilgi kayıpları azalacağından yapı

projeleri daha verimli bir biçimde yürütülebilir. BIM ve diğer dijital gelişmeler yapıların bazı otomasyon sistemleri ile çevrelenerek oluşturulması, akıllı yapılara dönüşümü hızla gerçekleştirebilir. BIM tüm bu verilerin içinde yer aldığı üç boyutlu gösterim de sağlamakta, eş zamanlı çalışma eksikliğinden kaynaklanan süre ve maliyet kaybının en aza inmesini sağlarken yapısına entegre edilecek çeşitli enerji simülasyonları sayesinde, çevre dostu binalara da olanak sağlamaktadır (Ceylan, 2019; 56).

Son yıllarda öne çıkan gelişmelerden biri olan fiziksel dünya ile sanal dünya arasındaki bağlantı olarak bilinen Dijital İkiz (Digital Twin) kavramı da inşaat sektöründe kullanılmaya başlanmıştır. Dijital İkizler bir nevi karar merkezi gibi çalışmaktadır. Dijital İkizler herşeyden önce analitik araçlardır, ham veriyi anlamlandırır. Çok sayıda kullanıcıyı, teknolojik aracı ve yüklü miktarda veriyi bir araya getirebilen, veriyi toplayan ve bilgiyi dağıtabilen sanal bir kopya olup fiziksel varlıkların çalışma durumunu ve konumunu görselleştirip böylece saha yatırımlarının durumlarına ilişkin tabloyu net görmeyi ve gelecekteki operasyonlar için doğru bilgi üretmeyi sağlar (Ceylan, 2019; 53). Dijital İkizler fiziksel bir nesneyi veya sistemi temsil ederken, bunları bir şekilde değiştirmeyi amaçlamaz. Burada amaç o nesnenin veya sistemin optimizasyonunu sağlamaktır. Dijital İkizler ile amaç sadece dijital kopyasına sahip olmak değildir, dijital ve fiziksel dünyanın eşleştirilmesidir. Böylece verilerin analizini ve sistemlerin izlenebilmesini sağlarken fiziksel sorunlar oluşmadan bunların önüne geçilmeye olanak sağlar. Dijital İkizler ile inşaat süresince meydana gelebilecek iş kazalarını da azaltması öngörülmektedir. Giyilebilir teknoloji araçları, kameralar, sensörler kullanılarak çalışanların anlık izlenebilmekte, olası tehditlere karşı uyarı verilmekte ve konumları tespit edilebilmektedir. İnşaat yapım süreci bittikten sonra da işletme maliyeti, güvenlik, bakım-onarım gibi kalemleri ciddi oranlarda ilgilendirmektedir.(Yüksel, 2020; 51).

1980'li yıllarda geliştirilen 3 boyutlu yazıcılar günümüz inşaat sektörü içinde önemli bir role sahiptir.

3 boyutlu baskı ile inşaat sektöründe karmaşık ve özel sipariş ürünlerin daha hızlı ve daha doğru bir şekilde oluşturulması işçilik maliyetlerinin düşmesini ve daha az atık üretilmesini sağlamaktadır. İtalya merkezli 3 boyutlu baskı şirketi Centro Sviluppo Progetti'nin (CSP), güneş enerjisi ile çalışan 3 boyutlu yazıcı üretmiştir. İlk adım olarak, su, sebze elyafı ve toprağı kullanarak basit bir kerpiç benzeri yapı oluşturmuştur. 3D

baskı evlere en iyi örnek ise 2016'nın Aralık ayında Rusya'dan geldi. Bir vinci andıran 3D yazıcı, 24 saatten daha az bir sürede kaba inşaatını tamamlanan iki kişinin rahatlıkla yaşayabileceği bir ev inşa etmiştir. İnşaat 4.0 kapsamında maliyetleri azaltmak, olası tehlikelerin önüne geçebilmek, zamandan tasarruf sağlayabilmek adına önemli bir diğer unsurda robotlardır (Şahin ve Turan 2018; 99).

Gelişen teknoloji yaşamlarımızı etkilediği kadar inşaat sektörünü de etkiliyor ve yeni teknolojiler getiriyor. Özellikle son dönemde, dünya ve ülkemizde inşaat sektöründe müşteri beklentileri ve talepleri hızla değişmiştir. Değişen bu talepler inşaat maliyetlerini de yükseltmektedir. Böylece sektör yeni teknolojilere yönelmek zorundadır. Yeni teknolojik imkânlar ve bu teknolojilere yapılacak yatırımlar sayesinde hem maliyetler düşecek hem de farklılaşan müşteri talep ve beklentileri karşılanmış olacaktır. Bu yeniliklerin sağladığı avantajlar yanında bazı zorlukları da beraberinde getiriyor. Her ne kadar var olan alışkanlıkların değişmesi kolay değilse de inşaat sektörünün dijitalleşmeden uzak kalması olası görünmüyor (Candemir vd, 2012; 2)

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. TÜRKİYE'DE ENDÜSTRİ 4.0 ANLAYIŞININ İNŞAAT SEKTÖRÜNE

ETKİSİNİN PESTEL ANALİZİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Makro göstergelerin olumlu seyir gösterdiği dönemlerde gayrimenkul sektörü ile konut sektörünün de olumlu bir büyüme trendi içerisine girdiği görülmektedir. Birçok çalışmada konut sektörü ile gayrimenkul sektörü birbiri yerine kullanılsa da birbirinden farklı kavramlar olup konut sektörü gayrimenkul sektörünün sadece alt bileşenlerinden birini oluşturmaktadır. Öyle ki konut sektörünün yanı sıra arsa, bahçe, ticari işyeri gibi unsurları da gayrimenkul sektörü içerisinde barındırmaktadır. Çalışmanın temelini oluşturan konut sektörü ekonomide emek yoğun üretim nedeniyle istihdam kapasitesini artırması, ithal bağımlılığı diğer sektörlerle nazaran daha düşük olması, demir çelik, çimento gibi yan sanayileri üzerinde de çarpan etki yaratması, spekülasyon riski neredeyse yok denecek kadar düşük olması, düşük riskli yatırım olması nedeniyle muhafazakar yatırımcılar açısından oldukça popüler bir yatırım olması, özellikle az gelişmiş yada gelişmekte olan ekonomilerde enflasyonist dönemlerde yüksek kazanç sağlama imkanı olması nedeniyle Türkiye'nin hedeflenen büyüme trendini yakalaması için birçok dönemde tampon olarak kullanılan dinamik sektörlerden biri olarak ifade edilebilmektedir.

Konut sektörünün birçok yan sektörü de besleyen bir yapıya sahip olması sektörü özellikle ekonominin daralma dönemlerinde dar boğazdan kurtulmak için ilk çıkış noktalarından birini oluşturduğu görülmektedir. Bu bağlamda sektöre yönelik makro ve mikro perspektifte yapılan çalışmalar büyük önem arz etmektedir. Çalışmanın bu alt başlığında Elazığ ilinde faaliyet gösteren firmalardan yola çıkarak son dönemde sektör içerisinde yerini alan İnşaat 4.0 kavramına mikro ölçekte bir değerlendirilme yapılmak istenmiştir.

3.1. Veri seti ve Metodoloji

Anket çalışmasında hedef kitle Elazığ ilinde aktif olarak faaliyet gösteren inşaat şirketlerinin İnşaat 4.0 kavramı konusundaki mevcut farkındalıklarının belirlenmesi ardından elde edilen bulgulardan yola çıkarak PESTEL analizinin yapılması

hedeflenmiştir. Anket sorularının hazırlanmasında Ayşegül Gürkan tarafından 2019 yılında hazırlanan “İnşaat 4.0 Kavramı ve Türk İnşaat Firmalarının Yeni Teknolojik Gelişmelere Yaklaşımı Üzerine Bir İnceleme” isimli yüksek lisans tezinden destek alınmıştır.

Anket sorularının ilk bölümünde ankete katılan bireylerin demografik özelliklerinin yanı sıra şirkete ait temel bilgilere yer verilmiştir. Anketin ikinci bölümünde ise şirketin bilgi teknoloji düzeylerine yönelik sorulara yer verilmiştir. Ankettin bir diğer bölümünde ise Endüstri 4.0 sonrası ortaya çıkan İnşaat 4.0 kavramı konusunda mevcut bilgileri ve farkındalık düzeylerinin belirlenmesine yönelik sorulara yer verilmiştir.

Yaşanan pandemi süreci nedeniyle anketler online olarak yapılmış, 12. Soru hariç bütün soruların cevaplanması zorunlu tutulmuştur. Anketin gerçekleştirildiği hedef kitleye Elazığ İnşaat Mühendisleri Odası yoluyla toplu SMS gönderimi şeklinde hedef kitleye ulaşılmıştır. Anket yapılacak kişi sayısının belirlenmesinde kullanılan örnekleme Slovin Formülü esas alınmıştır (Gürkan,2019: 46).Formül

$$n = \frac{N}{1 + NE^2}$$

Şeklindedir. Formülde yer alan;

n: Örneklem sayısı

N: Elazığ’da faaliyet gösteren inşaat şirket sayısı

E: Hata oranıdır (anketin güvenilirliği %85 olarak belirlendiği için hata oranı %15 olarak kabul edilmiştir)

Elazığ’da faaliyet gösteren aktif inşaat şirket verisi 700 olarak oda kayıtlarından alınmıştır. Denkleme N sembolü 700 olarak belirlenmiştir. Formülde yerine koyulduğunda;

$$n = \frac{700}{1+700*0,15^2}=42 \text{ bulunmuştur.}$$

Anket yapılması gereken kişi sayısı 42 olarak belirlenmiştir. Ancak ankete geri dönüş 49 adet olması nedeniyle örnekleme yakın olması nedeniyle 49 firma baz alınmıştır. Anketin ilk sorularını oluşturan ilk sorularda frekans dağılımı ve yüzde dağılımlar verilmiştir. Yüzde dağılımın yanı sıra kümülatif yüzdelerde hesaplanmış Tablolar’da verilmiştir.

3.1.1. Güvenilirlik Analizi

Anketlerdeki soruların iç tutarlılığını sorgulayan ölçütlerden biri Cronbach Alfa Katsayısı'dır. Bu katsayıya göre yüksek bulunması durumunda ölçek tutarlı olarak kabul edilirken, belirli bir oranın altına düşmesi durumunda ölçekte tutarsızlıklar olduğu kabul edilmektedir. Özellikle likert ölçekli sorularda Cronbach Alfa katsayısından sıklıkla faydalanılmaktadır. Cronbach alfa aşağıdaki gibi ifade edilmektedir;

- $0 < R^2 < 0.40$ ise güvenilir değil
- $0.40 < R^2 < 0.60$ ise düşük güvenilirlikte
- $0.60 < R^2 < 0.80$ ise oldukça güvenilir
- $0.80 < R^2 < 1.00$ ise yüksek güvenilirlikte şeklinde yorumlanmaktadır.

Cronbach alfa hesaplanmasında çeşitli yaklaşımlar mevcuttur. Bunlar;

1. Varyans analizi yaklaşımı
2. Madde ve madde toplamalarının bulunması yaklaşımı
3. Maddeler arası kovaryans değerlerinin ve korelasyon katsayılarının elde edilmesi yaklaşımı ikinci yaklaşımdaki formül daha çok tercih edilmektedir (Alpar, 2013: 848-851).

3.1.2. Göreceli önem analizi

Faktörlerin ortalama önem derecesine göre sıralanmasında ağırlıklı ortalama yöntemi kullanılmaktadır. Ağırlıklı ortalama denklemi 3.3 kullanılarak anket sorularına verilen cevaplar önem derecesine göre sıralanacaktır (Gürkan, 2019: 49).

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n (w_i x_i)}{x_i} \quad (3.3)$$

Her faktörün bir önem göstergesi bulunmaktadır. Önem göstergelerinin bulunmasında önem göstergesi formülü 3.4 kullanılacaktır.

$$\text{Ö.G} = \frac{\sum W}{AN} = \frac{\sum_{i=1}^n (w_i x_i)}{WX} \quad (3.4)$$

x_i =Her bir w_1 sayısal değerine cevap veren toplam kişi sayısıdır.

w =Sorulardaki ölçütlerin en büyük değeridir. $w=5$ (1"den 5"e), $w=3$ (1"den 3"e)

x =Ankete katılan toplam kişidir. Anketteki katılımcı sayısı 49 kişi olduğu için bu çalışmada $x=49$ 'dur.

$0 \leq \ddot{O}.G \leq 0,2$ İse; Faktör “Çok Düşük” derecede önemli
 $0,2 \leq \ddot{O}.G \leq 0,4$ ise; Faktör “Düşük” derecede önemli
 $0,4 \leq \ddot{O}.G \leq 0,6$ ise; Faktör “Orta” derecede önemli
 $0,6 \leq \ddot{O}.G \leq 0,8$ ise; Faktör “Yüksek” derecede önemli
 $0,8 \leq \ddot{O}.G \leq 1,0$ ise; Faktör “Çok Yüksek” derecede önemli olarak değerlendirilir

3.2. Anket Sonuçlarına Ait Bulgular

Bu alt başlıkta anketten elde edilen bulgular değerlendirilmiştir.

3.2.1 Ankete Katılan Kişiler ve Çalıştıkları Şirket Hakkında Bilgiler

Bu bölümde anketin ilk bölümünü oluşturan anket bulguları, frekans dağılımı, yüzde ve kümülatif yüzde dağılımları hesaplanarak yorumlanmıştır.

3.2.1.1 Ankete Katılan Bireylerin Demografik Özellikleri

Anketteki hedef kitle inşaat mühendislerinden oluşmaktadır. Ankette yer alan ilk soruda eğitim durumlarına yönelik bir soru sorularak lisans eğitimlerini tamamlamalarının ardından uzmanlaşma noktasındaki mevcut eğilimleri belirlenmeye çalışılmış ve sonuçlar Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1.Ankete katılanların Eğitim Durumuna Yönelik Bulgular

Eğitim Durumu	Frekans	Yüzde (%)	Kümülatif Yüzde
Lisans	38	77,6	77,6
Yüksek Lisans	10	20,4	98,0
Doktora	1	2,0	100
Toplam	49	100	

Tablo 1’de yer alan sonuçlara göre ankete katılanların %77.6’si lisans mezunu, %20,4’ü yüksek lisans mezunu ve sadece %2’si ise doktora mezunu olduklarını ifade etmişlerdir. Ankete katılanların yaş aralığına yönelik bulgular Tablo 2’de verilmektedir.

Tablo 2. Ankete katılanların yaş aralığına yönelik bulgular

Yaş	Frekans	Yüzde (%)	Kümülatif Yüzde
20-25	12	24,5	24,5
26-30	16	32,7	57,1
31-35	12	24,5	81,6
36-40	3	6,1	87,8
46-50	3	6,1	93,9
46 ve üzeri	3	6,1	100
Toplam	49	100	

Ankete katılanların %24,5'inin 20-25 yaş grubunda, %32,7'sinin 26-30 yaş grubunda, %24,5'inin 31-35 yaş grubunda, % 6,1'inin 36-40 yaş grubunda, %6,1'inin 46-50 yaş grubunda ve % 6,1'inin ise 46 ve üzeri aralığında olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Ankete katılanların inşaat sektöründe çalışma süreleri sorulmuş ve sonuçlar Tablo 3'de özetlenmiştir.

Tablo 3. Ankete katılanların inşaat sektöründe çalışma süreleri

Sektörde Çalışma Süresi	Frekans	Yüzde (%)	Kümülatif Yüzde
1-5	19	38,8	38,8
6-10	15	30,6	69,4
11-15	6	12,2	81,6
16-20	3	6,1	87,8
21-25	3	6,1	93,9
26-30	1	2,0	95,9
31-35	1	2,0	98,0
36 ve üzeri	1	2,0	100
Toplam	49	100	

Elde edilen bulgulara göre ankete katılanlardan %38,8'inin 1-5 yıl arası, %30,6'sının 6-10 yıl arası, %12,2'sinin 11-15 yıl arası, %6,1'inin 16-20 yıl arası , %6,1'inin 21-25 yıl arası, %2,0'sinin (1) 26-30 yıl arası, %2'sinin 31-35 yıl arası ve %2'sinin 36 ve üzeri yıldır sektörde çalıştıkları belirlenmiştir. Ankete katılanların şirketteki unvan ve pozisyon bilgileri sorulmuş ve sonuçlar Tablo 4'de yer almaktadır.

Tablo 4. Ankete katılanların şirketteki unvan ve pozisyon bilgileri

Şirketteki Unvan/Pozisyon	Frekans	Yüzde (%)	Kümülatif Yüzde (%)
Şirket Sahibi/Ortağı	28	57,1	57,1
Proje Müdürü	2	4,1	61,2
Kalite Kontrol Mühendisi	1	2,0	63,3
Teknik Ofis Çalışanı	1	2,0	65,3
Tasarım Ofisi Çalışanı	3	6,1	7,4
Şantiye Şefi	4	8,2	79,6
Saha Mühendisi	6	12,2	91,8
İhale ve Teklif Sorumlusu	1	2,0	93,9
Yapı Denetim Mühendisi	2	4,1	98,0
Fotogrametri ve LİDAR Uzmanı	1	2,0	100,0
Toplam	49	100,0	

Ankete katılanların %57,1'inin şirket sahibi/ortağı, %4,1'inin proje müdürü, %2'sinin teknik ofis çalışanı, %8,2'sinin Şantiye Şefi, %2'sinin ihale ve teklif sorumlusu, %12,2'sinin saha mühendisi, %2'sinin kalite kontrol mühendisi, %6,1'inin tasarım ofis çalışanı, %2'sinin ihale ve teklif sorumlusu, %4,1'inin yapı denetim mühendisi ve %2'sinin Fotogrametri ve Lidar uzmanı olarak çalıştığı sonucuna ulaşılmıştır.

3.2.1.2 Ankete Katılanların Şirket Bilgilerine Yönelik Bulgular

Ankete katılan şirketlerin yapıları bu bölümde değerlendirilmiştir. Belirli sorularda birden fazla cevap verme hakkı tanınmıştır. İlk olarak projelerde hangi görevde yer aldıkları sorulmuş ve sonuçlar Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5. Şirket Projelerindeki Görev ve Yetkilere Yönelik Bulgular

Şirketin Üstlendiği Projeler	Frekans	Yüzde (%)	Kümülatif Yüzde
Proje Yönetimi	8	16,3	16,3
Mühendislik Hizmetleri ve Mimari Tasarım	15	30,6	46,9
Ana Yüklenici	26	53,1	100
Toplam	49	100,0	

Ankete katılanların projelerde genellikle projelerde ana yüklenici görevini üstlenirken en az üstlendikleri görev alt yüklenici ve diğer görevler olduğu belirlenmiştir. Ankete katılanların çalıştıkları şirketlerin sektör içinde faaliyet gösterdiği

süreye yönelik bulgular sorulmuş ve sonuçlar Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 6. Ankete katılanların çalıştıkları şirketlerin sektör içinde faaliyet gösterdiği süreye yönelik bulgular

Faaliyet Yılı	Frekans	Yüzde (%)	Kümülatif Yüzde
1-5	8	16,3	16,3
6-10	13	26,5	42,9
11-15	7	14,3	57,1
16-20	7	14,3	71,4
21-25	3	6,1	77,6
26-30	5	10,2	87,8
31-35	2	4,1	91,8
36 ve üzeri	4	8,2	100
Toplam	49	100	

Elde edilen bulgulara göre şirketlerin inşaat sektöründeki faaliyet süresi %16,3’ü 1-5 yılları arasında, %26,5’i 6-10 yılları arasında, %14,3’ü 11-15 yılları arasında, %14,3’ü 16-20 yılları arasında, %6,1’i 21-25 yılları arasında, %10,2’si 26-30 yılları arasında, %4,1’i 31-35 yılları arasında ve %8,2’i ise 36 yıldan daha fazla süredir faaliyet gösterdiklerini belirtmişlerdir. Ankete katılanların çalıştıkları şirketteki teknik ve idari personel sayısına ait bulgular Tablo 7’de verilmektedir.

Tablo 7. Ankete katılanların çalıştıkları şirketteki teknik ve idari personel sayısına ait bulgular

Çalışan Sayısı	Frekans	Yüzde(%)	Kümülatif Yüzde
1-9	27	55,1	55,1
10-49	10	20,4	75,5
50-249	10	20,4	95,9
250 ve üzeri	2	4,1	100
Toplam	49	100,0	

Ankete katılanların faaliyet gösterdikleri şirketlerde çalışan teknik ve idari personel sayılarına göre %55,1’i 1-9 arası kişi, %20,4’ü 10-49 arası kişi, %20,4’ü 50-249 arası kişi, %4,1’i 250 ve üzeri arası kişi çalıştırdığı belirlenmiştir. Elde edilen bu bulgular doğrultusunda istihdam edilen kişi sayılarına göre mikro, küçük, orta ve büyük ölçekli olarak şirketlerin değerlendirilmesi yapılacaktır. Şirketlerin yıllık cirolarına yönelik bulgular Tablo 8’de verilmektedir.

Tablo 8.Şirketlerin yıllık cirolarına yönelik bulgular

Yıllık Ciro	Frekans	Yüzde (%)	Kümülatif Yüzde
1 milyon TL den az	9	18,4	18,4
1-5 milyon TL	15	30,6	49,0
6-9 milyon TL	7	14,3	63,3
10-19 milyon TL	6	12,2	75,5
20-49 milyon TL	7	14,3	89,8
100 milyon TL üzeri	5	10,2	100
Toplam	49	100	

Tablo 8’de görüldüğü üzere şirketlerin %18,4’ü 1 Milyon TL den az, %30,6’sı 1-5 Milyon TL arası, %14,3’ü 6-9 Milyon TL arası, %12,2’si 10-19 Milyon TL arası, %14,3’ü 20-49 Milyon TL arası ve %10,2’si 100 Milyon TL ve üzeri yıllık cirolarının olduğunu belirtmişlerdir. Şirketin faaliyet gösterdiği pazarlara yönelik bulgular Tablo da verilmektedir.

Tablo 9.Şirketin faaliyet gösterdiği pazarlara yönelik bulgular

Faaliyet Pazarları	Frekans	Yüzde (%)	Kümülatif Yüzde
Sadece ulusal projelerde faaliyet göstermektedir.	35	71,4	71,4
Daha çok ulusal projelerde yer almakla birlikte uluslararası projelerde de faaliyet göstermektedir.	2	4,1	75,5
Daha çok uluslararası projelerde yer almakla birlikte ulusal projelerde de faaliyet göstermektedir.	11	22,4	98,0
Sadece uluslararası projelerde faaliyet göstermektedir.	1	2,0	100
Toplam	49	100	

Tablo 9’da görüldüğü gibi ankete katılan 49 kişiden %71,4’ü sadece ulusal projelerde faaliyet göstermektedir, %4,1’si daha çok ulusal projelerde yer almakla birlikte uluslararası projelerde de faaliyet göstermektedir. %22,4’ü daha çok uluslararası projelerde yer almakla birlikte ulusal projelerde de faaliyet göstermektedir ve %2’si ise çalıştığı firmanın sadece uluslararası projelerde faaliyet gösterdiğini belirtmektedir.

Ankete katılanların çalıştıkları firmaların üstlendikleri proje türü birden fazla tercih hakkıyla sorulmuştur. Katılımcıların çalıştıkları firmalar daha çok konut/toplu konut projeleri üstlenirken altyapı ve diğer tür projeleri daha az üstlenmektedirler. Tablo 10’da katılımcıların çalıştıkları firmaların üstlendiği proje türleri ayrıntılı bir şekilde verilmiştir.

Tablo 10.Sektördeki Şirketin Çalıştığı Proje Türü

Üstlenilen Projeler	Frekans	Yüzde (%)	Kümülatif Yüzde
Konut/Toplu Konut	25	51,0	51,0
Ticari ve Kurumsal Yapılar	13	26,5	77,6
Altyapı Projeleri	7	14,3	91,8
Karayolları	2	4,1	95,9
Bakım ve onarım	1	2,0	98,0
Hepsi	1	2,0	100
Toplam	49	100	

3.2.1.3. Ankete Katılanların BT Durumu Ve Yeniliklere Karşı Tutumunun

Değerlendirilmesine Yönelik Bulgular

Bu bölümde anket katılımcılarının çalıştıkları firmaların BT konusunu farkındalık durumları belirlenmeye çalışılacaktır. Ankete katılan şirketlerin BT departman durumu sorulmuş ve cevaplar Tablo 11’de verilmiştir.

Tablo 11.Şirketlerin BT departmanı durumu

	Frekans	Yüzde (%)	Kümülatif Yüzde
Özel bir BT departmanı var.	9	18,4	18,4
BT sorumlulukları olan personelimiz var ancak özel bir departman değil.	15	30,6	49,0
BT kaynakları dışarıdan sağlanmaktadır.	8	16,3	65,3
BT departmanı yok.	17	34,7	100
Toplam	49	100	

Tablo 11’de görüldüğü üzere ankete katılan kişilerden %18,4’ü çalıştığı firmada BT departmanın olduğunu, %30,6’sı BT sorumlulukları olan personelimiz var ancak özel bir departman olmadığını, %16,3’ü BT kaynakları dışarıdan sağlandığını ve %34,7’si ise BT departmanı olmadığını belirtmişlerdir.

Ankette yer alan on ikinci soru sadece şirketlerinde BT departmanı olanların cevaplaması istenmiş ve sadece özel bir BT departmanı var cevabını verenlerin dışındaki cevaplar dikkate alınmamıştır. Ankete katılanların şirketlerine ait BT departmanının bulunmasına yönelik bulgulara ait sonuçlar Tablo 12’de verilmektedir.

Tablo 12. Ankete katılanların şirketlerine ait BT departmanının bulunmasına yönelik bulgular

BT Çalışan Sayısı	Frekans	Yüzde (%)	Kümülatif Yüzde
1-3	26	53,06	53,06
4-7	3	6,12	59,18
8 ve üzeri	3	6,12	65,3
BT departmanı yok	17	34,7	100
Toplam		100	

Ankete katılanların çalıştıkları firmalarda BT departmanı olan 32 kişi bulunduğu görülmektedir. Tablo 12’de görüldüğü üzere %53,6’sı çalıştıkları firmada BT departmanında 1-3 arasında kişi çalıştığını, %6,12’si çalıştıkları firmada BT departmanında 4-7 arasında kişi çalıştığını ve %6,12’si çalıştıkları firmada BT departmanında 8 ve üzeri kişi çalıştığını belirtmişlerdir. Şirketlerin yıllık cirolarından BT Harcamasına ayrılan paya ait sonuçlar Tablo 13’de verilmiştir.

Tablo 13.Şirketlerin yıllık cirolarından BT Harcamasına ayrılan paya

BT’in Yıllık Ciro İçerisindeki Oranı	Frekans	Yüzde (%)	Kümülatif Yüzde
% 1’den az	23	46,9	46,9
%1	12	24,5	71,4
%2	7	14,3	85,7
%3	3	6,1	91,8
%5 ve üzeri	4	8,2	100
Toplam	49	100	

Tablo 13’de görüldüğü gibi ankete katılanların büyük bir çoğunluğunun %46,9’unun çalıştıkları şirketin yıllık cirosun %1’den az bölümünü BT için ayırdığını, diğer katılımcıların ise %24,5’i %1 kadar, %14,3’ü %2’si kadar, %6,1’si %3’ü kadar ve %8,2’i ise %5 ve üzeri bir oranla yıllık cirolarından BT için pay ayırdıklarının belirtmişlerdir. Şirketlerin gelişen teknolojiye karşı yaklaşımlarına yönelik bulgular Tablo 14’de verilmektedir.

Tablo 14. Şirketleringelişen teknolojiye karşı yaklaşımlarına yönelik bulgular

Teknolojilere Karşı Yaklaşımlar	Frekans	Yüzde (%)	Kümülatif Yüzde
Yenilikleri yakından takip ediyor, projelerinde uyguluyor.	22	44,9	44,9
Yenilikleri takip ediyor, fakat uygulama konusunda eksiklikler var.	20	40,8	85,7
Yeniliklere açık bir şirket değil.	7	14,3	100
Toplam	49	100	

Tablo 14’de görüldüğü gibi ankete katılanların %14,3’ü çalıştıkları şirketin yeniliklere açık olmadığını, %40,8’i yenilikleri takip ettiğini, fakat uygulama konusunda eksikliklerin olduğunu, %44,9’u yenilikleri yakından takip ettiğini ve projelerinde uyguladığını belirtmiştir.

3.2.1.4. Güvenilirlik Analiz Sonuçları

Anket sorularının güvenilirliğinin ölçülmesi için Cronbach alfa değerleri ile kullanılmıştır. Hesaplama SPSS paket programı ile gerçekleştirilmiştir. Cronbach alfa değerleri Tablo 15’de verilmiştir.

Tablo 15. Cronbach Alfa Sonuçları

Sorular	Faktör Sayısı	Cronbach alfa değerleri(α)
Sektöre yönelik sorunlara ilişkin sorular	11	0,855
Sektöre yönelik geliştirilen teknolojilerin tanınma durumu	12	0,876
İnşaat 4.0 teknolojilerinin sektör projelerinde kullanım düzeyi	12	0,939
Gelişen teknolojilerin sektörde tercih edilmeme nedeni	12	0,914
Sektöre yönelik geliştirilmesi beklenen teknolojiler	18	0,984

Tablo 15’de yer alan anketin güvenilirliğini ölçen Cronbach Alfa Değerleri’ne göre sektöre yönelik sorunlara ilişkin sorular için 0,855; Sektöre yönelik geliştirilen teknolojilerin tanınma durumu için 0,876; Sektöre yönelik inşaat projelerinin kullanım düzeyi için 0,939; Gelişen teknolojilerin sektörde tercih edilmeme nedeni için 0,914 ve Sektöre yönelik geliştirilmesi beklenen teknolojiler için 0,984 olarak hesaplanmıştır. Cronbach alfa değerlerinin $0.80 < R^2 < 1.00$ aralığında olması anketin yüksek güvenilirlikte olduğunu göstermektedir.

3.2.2. Araştırma Bulgularının Göreceli Önem Analizi ile Yorumlanması

Bu bölümde anket elde edilen bulgular ağırlıklı ortalama formülü kullanılarak önem derecesine göre sıralama yapılmıştır. İlk olarak on beşinci soruda ankete katılanlara sektöre yönelik projelerinde karşılaştıkları sorunlar sorulmuş ve alınan cevaplar Tablo 16’da özetlenmiştir.

Tablo 16.Sektör Projelerinde Karşılaşılan Sorunların Önem Derecesine Göre Sıralaması

Değişkenler	N	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Sıra No	Ö.G.	Önem Derecesi
Vasıfsız işgücü sonucu verimliliğin düşük olması	49	2,12	,85	1	0,49	ORTA
Projeler ve Tasarımlar Arasında Çakışmaların oluşması	49	2,06	,92	2	0,41	ORTA
Alet ekipmanların etkin şekilde kullanılmaması	49	2,02	1,14	3	0,40	ORTA
Proje sorumluları arasında yetersiz iletişim olması	49	2,14	,88	4	0,40	ORTA
Projelerde ortaya çıkan malzeme israfının yüksek olması	49	2,00	1,09	5	0,40	ORTA
Zaman kaynaklı oluşan gecikmeler	49	2,18	,85	6	0,36	DÜŞÜK
Hedeflenen bütçenin aşılması	49	1,71	,70	7	0,34	DÜŞÜK
Proje yönetim ve uygulayıcıları arasında Asimetrik bilginin oluşması	49	1,69	,96	8	0,34	DÜŞÜK
Metraj yada Ölçüm Hataları	49	1,63	,72	9	0,33	DÜŞÜK
Yeteriz iş güvenliği şartları	49	1,61	,93	10	0,31	DÜŞÜK
Kalitenin yetersiz olması nedeniyle yenilemenin yapılması	49	1,42	,81	11	0,29	DÜŞÜK

*(Soruda değerlendirme ölçütü olarak: Nadiren=1, Ara sıra=2, Sıklıkla=3, Çoğunlukla=4, Her zaman=5)

Tablo 16’da yer alan bulgular doğrultusunda sektör projelerinde karşılaşılan en önemli problem sıralamasında vasıfsız işgücü sonucu verimliliğin düşük olması, projeler ve tasarımlar arasında çakışmaların oluşması, alet ekipmanların etkin şekilde kullanılmaması, proje sorumluları arasında yetersiz iletişim olması ve projelerde ortaya çıkan malzeme israfının yüksek olması “Orta” düzeyde sıklıkla karşılaşılan bir problem olduğu görülmektedir. Sektöre yönelik geliştirilen teknolojilerin tanınması durumunun önem derecesine göre sıralanması Tablo 17’de verilmektedir.

Tablo 17.Sektöre Yönelik Geliştirilen Teknolojilerin Tanınması Durumunun Önem Derecesine Göre Sıralanması

Değişkenler	N	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Sıra No	Ö.G.	Önem Derecesi
Drone	49	2,42	,64	1	0,81	Çok yüksek
Yapı Bilgi Modellemesi (BIM)	49	2,18	,78	2	0,73	Yüksek
Prefabrikasyon ve Modüler Sistemlerin geliştirilmesi	49	2,12	,69	3	0,71	Yüksek
3D Yazıcılar (3d-Printing)	49	2,28	,73	4	0,71	Yüksek
Giyilebilir Teknolojiler	49	2,14	,64	5	0,71	Yüksek
Arttırılmış Gerçeklik-Sanal Gerçeklik (AR-VR)	49	2,02	,74	6	0,67	Yüksek
Nesnelerin İnterneti (IoT)	49	2,00	,76	7	0,66	Yüksek
Büyük Veri (Big Data)	49	1,81	,69	8	0,61	Yüksek
Bulut Bilişim Sistemi (Cloud Computing)	49	1,83	,77	9	0,61	Yüksek
Radyo Frekansı ile Tanıma (RFID)	49	1,69	,74	10	0,56	Orta
Robotlar	49	1,65	,75	11	0,55	Orta
Siber Fiziksel Sistemler (CFS)	49	1,57	,67	12	0,52	Orta

*(Değerlendirme ölçütlerinin ortalaması: ilk defa duyuyorum=1, Duydum, fakat detaylı bilgim yok=2, Teknolojiye oldukça hakimim=3)

On altıncı soruda ankete katılanların İnşaat 4.0 konusundaki teknolojileri tanıma durumlarına yönelik verdikleri cevapları Tablo 17’de özetlenmiştir. Tablo 17’de görüldüğü üzere anket çalışmasına katılanlar tarafından bu teknolojiler içerisinde en yaygın olarak tanınanları teknolojiler sıralamasında Drone “Çok yüksek” düzeyde; Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) Prefabrikasyon ve Modüler Sistemlerin geliştirilmesi, 3D Yazıcılar (3d-Printing), Giyilebilir Teknolojiler, Arttırılmış Gerçeklik-Sanal Gerçeklik (AR-VR), Nesnelerin İnterneti (IoT), Büyük Veri (Big Data) ve Bulut Bilişim Sistemi (Cloud Computing) “Yüksek” düzeyde tanınır olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Radyo Frekansı ile Tanıma (RFID), Robotlar ve Siber Fiziksel Sistemler (CFS) uygulamalarının ise “Orta” düzeyde tanınır olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Burada bir önceki soruda tanınırlığı sorulan teknolojilerin bu soruda sektör projelerinde kullanım durumu belirlenmek istemiş ve sonuçlar Tablo 18’de verilmiştir.

Tablo 18.İnşaat 4.0 Teknolojilerinin Sektöre Yönelik İnşaat Projelerinin Kullanım Düzeyi Önem Derecesine Göre Sıralanması

Değişkenler	N	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Sıra No	Ö.G.	Önem Derecesi
İnternet Hizmetleri	49	2,85	1,51	1	0,57	ORTA
Drone	49	2,79	1,44	2	0,56	ORTA
Yapı Bilgi Modellemesi	49	2,44	1,30	3	0,49	ORTA
3D Yazıcılar	49	2,36	1,14	4	0,47	ORTA
Büyük Veri	49	2,28	1,25	5	0,46	ORTA
Giyilebilir Teknolojiler	49	2,24	1,14	7	0,45	ORTA
Arttırılmış Gerçeklik/Sanal Gerçeklik	49	2,18	1,09	8	0,44	ORTA
Bulut Bilişim Sistemi	49	2,22	1,32	9	0,44	ORTA
Radyo Frekansı ile Tanıma	49	2,10	1,12	10	0,43	ORTA
Robotlar	49	2,04	1,05	11	0,41	ORTA
Prefabrikasyon ve Modüler Sistemler	49	2,10	1,21	6	0,39	DÜŞÜK
Siber Fiziksel Sistemler	49	1,93	,92	12	0,36	DÜŞÜK
Nesnelerin İnterneti	49	2,00	1,13	13	0,34	DÜŞÜK

İnşaat 4.0 teknolojilerinin sektörde kullanım düzeyinin belirlenmesine yönelik cevaplar Tablo 18’de önem derecesine göre sıralanmıştır. Sıralamada internet hizmetleri, drone, yapı bilgi modellemesi, 3d yazıcılar, büyük veri, giyilebilir teknolojiler, arttırılmış gerçeklik/sanal gerçeklik, bulut bilişim sistemi ve radyo frekansı ile tanıma robotlar “Orta” düzeyde önem seviyesine sahip olduğu görülmektedir. Buradan elde edilen bulgulara bakıldığında sektörde internet hizmetlerinin en fazla kullanılan bir teknoloji olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Drone ve yapı bilgi modellemesinin bu sıralamayı takip etmektedir.

Bir sonraki soruda gelişen teknolojilerin sektörde yaygın kullanım bulmamasına neden olan faktörlerin çalıştıkları şirket koşullarını göz önünde bulundurduklarında ne derece etkili olduğunu 1’den 5’e kadar değerlendirmeleri istenmiş ve sonuçlar Tabloda verilmiştir.

Tablo 19. Gelişen Teknolojilerin Sektörde Tercih Edilmeme Nedenlerinin Ortalama Önem Derecesine Göre Sıralanması ve Önem Göstergeleri

Değişkenler	N	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Sıra No	Ö.G.	Önem Derecesi
Yeni bir teknolojinin kullanılması durumunda adaptasyonun zaman alması ve şirketin yapılan yatırımdan kısa sürede kar elde etmeyi beklemesi	49	2,44	1,06	1	0,59	ORTA
Sektörün şantiye koşullar nedeniyle teknolojik aletlerin kullanımının zor olması	49	2,55	1,25	2	0,58	ORTA
Teknolojilerin ulaşılmaz olarak değerlendirilmesi ve sektör işleyişi itibari ile uygulanması konusunda kaygılar	49	2,46	1,06	3	0,57	ORTA
Teknolojik yenilikler konusunda bilgi sahibi olan bireylerin istihdam edilmesi bunun maliyetleri yükseltmesi	49	2,53	1,13	4	0,55	ORTA
Projenin tüm taraflarının (ana ve alt yükleniciler, tedarikçiler, işveren, vs.) gerekli olan teknolojiye aynı seviyede hâkim olmaması	49	2,59	1,22	5	0,54	ORTA
Şirketin geleneksel bir yapıya sahip olması ve yeniliklere şirketin kapalı olması	49	2,46	1,37	6	0,53	ORTA
Teknolojik yeniliklerinin kullanımı için yeni ofis çalışanları istihdam etme zorunluluğunun ortaya çıkması bunun maliyetleri artırması	49	2,46	1,08	7	0,49	ORTA
Yenilikler konusunda yasal düzenlemelerde yetersizlikler ve belirsizliklerin olması	49	2,20	1,11	8	0,49	ORTA
Alınması gereken eğitim ve danışmanlık hizmetlerinin maliyetleri yükseltmesi	49	2,36	1,07	9	0,45	ORTA
Siber saldırılara karşı veri güvenliğinin sağlanamama kaygısı	49	2,12	1,01	10	0,44	ORTA
Mevcut personelin yeni teknolojiyi kullanmada karşılaştıkları zorluklar	49	2,20	,88	11	0,43	ORTA
Teknolojiye yönelik yatırımların yüksek maliyetli olması ve şirketin bu maliyeti karşılayacak bütçesinin olmaması yada yetersiz olmasıdır	49	2,36	1,05	12	0,42	ORTA

*(Soruda değerlendirme ölçütü olarak: Az=1, Çok az=2, Orta=3, Yüksek=4, Çok yüksek=5)

Ortalama önem derecesine göre faktörlerin sıralanmasında ilk üç sırayı Yeni bir teknolojinin kullanılması durumunda adaptasyonun zaman alması ve şirketin yapılan yatırımdan kısa sürede kar elde etmeyi beklemesi, sektörün şantiye koşullar nedeniyle teknolojik aletlerin kullanımının zor olması ve teknolojilerin ulaşılmaz olarak değerlendirilmesi ve sektör işleyişi itibari ile uygulanması konusunda kaygılar yer almaktadır. İnşaat uzmanlarının verdikleri cevaplar doğrultusunda oluşturulan Tablo 19’da görüldüğü gibi sıralamadaki bütün faktörleri “Yüksek” derecede etkiye sahip oldukları belirlenmiştir.

Son soruda İnşaat 4.0 ile gelişen teknolojilerden beklenen faydaların neler olduğu sorulmuş ve alınan cevaplar Tablo’da verilmiştir. Katılımcılardan teknolojilerin çalıştıkları şirkette kullanılması durumunda listelenen faydaların çalıştıkları şirkete ne derece katkı sağlayacağını 1’den 5’e kadar değerlendirmeleri istenmiştir

Tablo 20. Sektöre yönelik geliştirilmesi beklenen teknolojilerden Beklenen Faydaların Ortalama Önem Derecesine Göre Sıralanması ve Önem Göstergeleri

Değişkenler	N	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Sıra No	Ö.G.	Önem Derecesi
İş kazalarının azalması ve kazaların önlenmesi	49	3,20	1,13	1	0,66	YÜKSEK
İnsan kaynaklı hataların en az seviyeye çekilmesi	49	3,22	1,06	2	0,64	YÜKSEK
Proje bütçesinin tahmini bütçenin altına düşmesi	49	2,69	1,51	2	0,64	YÜKSEK
Projenin zamanında yetersizliklerinin ve eksiklerinin giderilmesi	49	3,12	1,09	2	0,64	YÜKSEK
Projede karşılaşılan sorunlara hızlı müdahale edilmesi	49	3,14	1,19	3	0,63	YÜKSEK
Yüksek yapılar, dar tüneller gibi insan erişiminin zor olduğu yerlere, güvenli, kolay ve hızlı erişim sağlanması	49	3,28	1,13	4	0,62	YÜKSEK
Müşteri memnuniyetinin artması	49	3,12	1,03	4	0,62	YÜKSEK
Projenin ilerleyişi hakkında anlık verilerin elde edilmesi	49	3,14	1,17	4	0,62	YÜKSEK
Firmanın sektörde teknoloji kullanımı konusunda öncü olması ve prestij kazanması	49	3,30	1,26	4	0,62	YÜKSEK
İşgücü verimliliğinin artması	49	3,00	1,08	5	0,61	YÜKSEK
Proje tarafları arasında hızlı ve doğru bilgi akışının sağlanması	49	3,08	1,03	5	0,61	YÜKSEK
Sürdürülebilir uygulamaların yaygınlaşması	49	3,02	1,14	5	0,61	YÜKSEK
Ürün kalitesinin artması	49	3,06	1,17	5	0,61	YÜKSEK
Üretimin minimum atık ile gerçekleşmesi	49	3,16	1,14	6	0,60	YÜKSEK
Projenin planlanan süreden önce tamamlanması (Zaman)	49	3,12	1,14	6	0,60	YÜKSEK
Projenin planlanan sürede ve bütçede tamamlanması	49	3,22	1,06	6	0,60	YÜKSEK
Firmanın pazarda rekabet avantajı kazanması	49	2,89	1,22	7	0,58	YÜKSEK
Makine-ekipmanın daha etkin kullanılması	49	3,24	1,07	8	0,57	YÜKSEK

Katılımcıların verdiği cevaplar doğrultusunda Tablo 20’de görüldüğü gibi teknolojilerin kullanılmasıyla beklenen faydalardan ilk üç sırayı işgücü verimliliğinin artması, İnsan kaynaklı hataların minimize edilmesi Projenin öngörülen bütçenin altında tamamlanması (Bütçe Tasarrufu) Projenin sorunlarının ve eksikliklerinin zamanında doğru tespit edilmesi oluşturmaktadır. Ankete katılanların İnşaat 4.0’den beklentilerinin “Yüksek” derecede olduğu belirlenmiştir.

3.3. İnşaat 4.0 Uygulamasına Yönelik Elde Edilen Bulguların Pestel Analizi İle Değerlendirilmesi

Bu bölümde Elazığ ilinden yola çıkılarak yapılan mikro ölçekli anket çalışmasında İnşaat 4.0 kavramına yönelik bulgular Pestel analizi ile değerlendirilmiştir. Bu analize göre elde edilen bulgular politik, ekonomik, sosyal ve teknolojik faktörler altında özetlenmiştir.

İnşaat 4.0'a yönelik politik yaklaşımlar

- İş güvenliği konusunda ilgili sorunların ortadan kalkacağı beklenmektedir.
- İnşaat 4.0 üzerinde yasal düzenlemelerle ilgili belirsizliklerin olması

İnşaat 4.0'a yönelik ekonomik yaklaşımlar

- Nitelsiz işgücü nedeniyle düşük verimlilik
- Bütçe aşılması
- Malzeme israfının önlenmesi,
- İnşa edilebilirlik sorunlarını azaltması
- Teknolojik yatırımların maliyetli olması ve şirketin böyle bir yatırıma ayıracak bütçesinin olmaması
- Dışarıdan eğitim ve danışmanlık hizmetleri almak gibi ek masraflar yaratması
- İşgücü verimliliğinin artması
- Makine ekipmanın daha etkin kullanılması
- Zaman tasarrufunun sağlanması
- Bütçede tasarruf sağlanması

İnşaat 4.0'a yönelik sosyal yaklaşımlar

- Teknolojik yeniliklerin benimsenmesi ile kalifiye işçi istihdam etme zorunluluğunun gündeme gelmesi ve bunun maliyetleri arttırması
- İnsan kaynaklı hataların minimize edilmesi
- Karbon salınımının azalması
- İnsanların güvenilir binalarda yaşamlarına devam etmesi
- Toplumların yaşam kalitesinin yükseltilmesi
- Yapı kalitesinin yükselmesine bağlı olarak toplumları doğal afetlerden daha az etkilenmesi
- Şirketlerin gelenekçi bir yapıya sahip olması nedeniyle yeteneklere kapalı olması
- Projede iletişim sorunlarının yaşanması

-Şantiye ve ofis arasında bilgi alışverişi aksaklıkları

İnşaat 4.0'a yönelik teknolojik yaklaşımlar

-Teknoloji tabanlı makine-ekipman etkin kullanılmaması

-Projenin tüm taraflarının gerekli olan teknolojiyi aynı düzeyde kullanamaması

-Teknolojilerin ütopik olarak değerlendirilmesi ve sektörişleyişi itibari ile uygulanabilirliğine dair endişeler

-Siber saldırılara karşı veri güvenliğinin sağlanamama Endişesi

-Şirketin pazarda rekabet avantajı sağlaması

-Şirketin teknoloji odaklı olması öncü olmasının yanısıra prestijli olması

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4. YAPISAL KIRILMA ALTINDA TÜRKİYE’DE KONUT PİYASASI

BELİRLEYECİLERİ ÜZERİNE EŞBÜTÜNLEŞME ANALİZİ

4.1. Literatür Araştırması

Kaba (2008), müşterilerin konut satın alma kararlarını etkileyen faktörleri ve konut satın almak isteyenlerin profillerini belirlemeyi amaçlayan çalışmada, 157 kişiye anket uygulamıştır. Konut satın alma kararlarını etkileyen faktörlerin ortalamalarına bakıldığında müşteriler müteahhit firmanın güvenilirliğine, konutun güvenli site içinde olmasına ve bahçe, oyun ve park alanlarının site içinde olmasına önem vermektedir. Müşterilerin demografik özellikleriyle istedikleri konut özellikleri arasındaki ilişkinin incelenmesi amacıyla yapılan testler sonucunda müşterilerin cinsiyetlerine göre satın almak istedikleri konut tipi ve oda sayısı değişmezken müşterilerin medeni durumlarıyla istedikleri konutun büyüklüğü arasında ilişki bulunmuş ve evli müşterilerin m²'si büyük olan evleri tercih ettikleri gözlenmiştir. Müşterilerin sosyoekonomik durumlarıyla tercih ettikleri konut tipi arasında anlamlı ilişkiler bulunmuş olup ekonomik durumları daha yüksek kişilerin villa tipi evleri tercih ettikleri sonucuna ulaşılmıştır. Müşterilerin gelir durumlarına göre konut içindükleri ödeme şekli arasında anlamlı bir ilişki olmadığı gibi çoğu müşterilerinin vadeli ve konut kredili ödemeyi tercih ettikleri gözlenmiştir.

Durkaya ve Yamak (2004), konut talebini etkileyen faktörlerin ne olduğunu araştırırken makro düzeyde değişkenleri kullanmıştır. Çalışmada elde edilen bulgulara göre, fiyatlar bütün talep fonksiyonlarının ana öğesidir. Konut talebi de konut fiyatlarından etkilenmektedir. Talep sadece mal ve hizmetlerin fiyatlarından değil, ikame ve tamamlayıcı malların fiyatlarından da etkilenir. Yatırım amaçlı konut talebi, diğer yatırım malların fiyatlarında meydana gelen değişikliklerden etkilenir. Alternatif yatırım araçlarının fiyatlarındaki bir artış yatırım amaçlı konut talebini de artırmaktadır (Durkaya ve Yamak, 2004).

Lim vd. (1980) Kore ekonomisi için konut talebini etkileyen faktörleri belirlemek amacıyla 1293 haneye ait verileri OLS yaklaşımını kullanmışlardır. Yapılan analiz

sonucunda, konut talebini etkileyen en önemli faktörün hanehalkı büyüklüğü ve konut fiyatları olduğu belirlenmiştir. Konut talebinin fiyat esnekliği -0.14, gelir esnekliği ise 0.03 ile 0.12 arasında değerler aldığı tespit edilmiştir (Lim vd. 1980).

Güriş, Çağlayan ve Ün, (2011) kentsel ve kent dışı yerleşim yerlerinde konut talebini etkileyen faktörleri belirlemek amacıyla logit, probit ve gompit modellerini kullanmış ve bu modelleri karşılaştırmıştır. Konut talebini etkileyen faktörleri belirlemede logit model en iyi model olarak belirlenmiş ve gelir, yaş, cinsiyet, eğitim durumu, medeni durum, aile reisinin istihdam durumu ve konut tipi değişkenleri anlamlı bulunmuştur (Güriş, Çağlayan ve Ün, 2011).

Lebe ve Akbaş (2014)'deki çalışmalarında Türkiye'nin konut talebini etkileyen faktörlerinin belirlenmesi amacıyla 1970-2011 dönemini incelemişlerdir. Kişi başına gelir, sanayileşmedeki artışlar ve medeni durumun konut talebini olumlu yönde; konut fiyatları, tarım sektörü istihdamındaki artışlar ve faizin ise olumsuz yönde etkilediğini bulmuşlardır (Lebe ve Akbaş, 2014).

Martin'in (1966) kurduğu konut talep modelinde; hane halkı sayısı, nüfusun yıllık büyüme oranı, ortalama yaşam süresi, aile gelirindeki yıllık yüzde artış oranı, işsizlik oranı, medeni durum ve ailede yaşayan birey sayısı gibi değişkenlerin konut talebini belirlediğini bulmuştur (Martin, 1966).

Dönmez (1997) tarafından Eskişehir'de ailelerin konut değiştirmelerinde etkili olan faktörleri belirlemek amacıyla 200 aile üzerinde bir araştırma yapılmıştır. Yapılan araştırma sonucunda ailede fert sayısı arttıkça daha geniş ve daha çok odalı konutlarda oturma isteğinin arttığı, erkeğin yaşının ilerlemesiyle daha geniş ve nitelikte konutta yaşama isteğinin öne çıktığı, nitelikli ve iyi tasarlanmış konutta oturma isteğinin konut talebinde önemli bir faktör olduğu görülmüştür (Dönmez, 1997).

Gelfand (1966)'ya göre konut talebini etkileyen en önemli faktörlerden birisi de kredi koşulları ve kredi faiz oranlarıdır. Özellikle orta gelir grubuna yönelik esnek ödeme kolaylığı sağlayan krediler konut talebini önemli oranda etkilemektedir (Gelfand 1966).

Elder ve Zumpano (1991) yaptığı çalışmada konut talebini hanehalkı büyüklüğü ile gelirin pozitif, konut fiyatlarının ise negatif yönde etkilediği tespit edilmiştir. Konut talebinin fiyat esnekliği konut sahipleri için -0.45, kiracılar için -0.33 olarak bulunmuştur. Gelir esnekliği ise mülk sahipleri için 0.43, kiracılar için 0.50 olarak

tahmin edilmiştir (Elder ve Zumpano, 1991).

Martin (1996)'da konut talep modelini geliştirmiştir. Bu modele göre; hanehalkı sayısı, nüfusun yıllık büyüme oranı, ortalama yaşamsüresi, aile gelirindeki yıllık yüzde artış oranı, işsizlik oranı, medeni durum ve ailede yaşayan birey sayısı değişkenleri konut talebini etkilemektedir. Diğer bir çalışmada, konut talebi bir yandan hane halklarının gelirin ve servetine diğer yandan ise konutun piyasa fiyatına bağlıdır. Ancak, konut dışındaki diğer varlıkların reel getirisine ve konut sahibinin elde edeceği reel net getirisine de bağlı olmaktadır (Dornbusch ve Fischer, 1994).

Ermisch vd. (1996) İngiltere için yapmış olduğu çalışmada, konut talebin gelir esnekliğinin 0.8 ile 1.0 arasında, fiyat esnekliğinin ise -0.5 ile -0.8 arasında değerler aldığı ortaya koymuştur (Ermisch vd. 1996).

Zhang (1999) çalışmasında ABD'nin konut talebi ile makroekonomik değişkenler (enflasyon, işsizlik, konut kredisi, gelir) arasındaki ilişkiyi OLS yaklaşımıyla ele almıştır. Yapılan analiz sonucu, konut talebi ile konut kredisi ve enflasyon arasında negatif bir ilişki olduğu ortaya koymuştur. Ayrıca, enflasyonun konut talebini belirgin bir biçimde yavaşlatıcı etkisinin vurgulanmıştır. Bununla birlikte, enflasyon nakit akışını yavaşlatarak konut talebini etkilemekte ve aylık konut kredisi ödemelerinin de artmasına neden olduğu ifade edilmektedir. Konut talebinin gelir esnekliği 2.609 olarak tahmin edilmiş olup, konut talebiyle işsizlik arasında ters yönlü bir ilişki olduğu tespit edilmiştir (Durkaya, 2002: 53, 68-70).

Bocutoğlu ve Ertürk (1992) çalışmasında hızlı nüfus artışı, hızlı kentleşme ve sanayileşme ile yüksek enflasyon değişkenleri çerçevesinde Türkiye'nin konut talebini ele almıştır. Yapılan analiz sonucunda, Türkiye'nin konut talebini etkileyen en önemli değişkenin yüksek nüfus artışı olduğu belirlenmiştir (Bocutoğlu ve Ertürk, 1992).

Durkaya ve Yamak (2004) tarafından, Türkiye'de konut piyasasının talep yönü araştırılmıştır. 1964-1997 dönemine ilişkin zaman serisi verileri kullanarak konut talep denklemleri tahmin edilmiştir. Konut talebinin fiyat, gelir ve maliyet elastikiyetleri hesaplanmıştır. Tahmin edilen analiz sonuçları, konut talebi ile gelir arasında pozitif ve güçlü ilişkiler ortaya koymuştur. Gelir elastikiyeti, 1.9 ile 3.8 arasında çeşitli değerler almıştır. Konut talebinin maliyet elastikiyetleri -0.1 ile -0.5 arasında, fiyat elastikiyeti -0.03 ile -0.10 arasında değerler almıştır (Durkaya ve Yamak, 2004).

Halıcıoğlu (2007) ARDL yaklaşımıyla Türkiye'nin 1964-2004 dönemine ait makroekonomik verileri kullanılarak yaptığı çalışmada, konut talebinin gelir esnekliği 1 yakın, fiyat esnekliği -0.2 olarak tespit etmiştir (Halıcıoğlu, 2007).

Lebe ve Yiğit (2009) yaptıkları çalışmada Türkiye'nin konut talebiyle ilgili yaptıkları çalışmada konut talebini uzun dönemde kişi başı gelir, nüfus, evlenen çift sayısı ve sanayileşmenin pozitif yönde; fiyatlar genel düzeyi, reel faiz, konut maliyeti ve tarım sektöründeki istihdamın ise negatif yönde etkilediği tespit edilmiştir. Bununla birlikte, kısa (uzun) dönem konut talebinin gelir esnekliği 0.29 (0.321), fiyat esnekliği -0.056 (-0.144) ve maliyet esnekliği ise +0.075 (-0.141) olarak tahmin edilmiştir (Lebe ve Yiğit, 2009).

Öztürk ve Fitöz (2009) yerli literatürden farklı olarak Türkiye'nin konut piyasasında konut arz ve talebinin belirleyicilerini regresyon analiziyle ortaya koymaya çalışmışlardır. Yapılan analiz sonucu, kişi başı gelir, konut fiyatları ve faiz oranları ile konut talebi arasında pozitif yönlü bir ilişki olduğu; demografik faktörler ile konut talebi arasında ise önemsiz bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Konut arzını etkileyen değişkenlerden kişi başına gelir, konut fiyatları ve likidite genişlemesi ile konut arzı arasında pozitif yönlü bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Konut talebinin gelir esnekliği 1.421 ve 1.920 gibi genelde 1'den büyük; konut talebinin fiyat esnekliği ise -0.003 ve -0.004 gibi 1'in çok altında değerler aldığı görülmektedir (Öztürk ve Fitöz, 2009).

Güriş vd. (2011) çalışmalarında kentsel ve kent dışı yerleşim yerlerinde konut talebini etkileyen faktörleri belirlemek amacıyla Logit, Probit ve Gompit modellerini kullanmıştır. Yapılan analiz sonucunda, konut talebini etkileyen faktörleri belirlemede Logit modelin daha iyi bir model olduğu belirlenmiş ve demografik faktörler, aile reisinin istihdam durumu, konut tipi ve gelir gibi faktörlerin konut talebi üzerinde anlamlı etkilerinin olduğu tespit edilmiştir (Güriş vd. 2011).

4.2. Model ve Veri Seti

Çalışmada 1960-2019 dönemlerinde ait yıllık veriler esas alınarak değişkenlerin doğal logaritmaları alınarak analize dâhil edilmiştir. Çalışmada kullanılan değişkenlere ilişkin açıklamalar ve veri kaynakları Tablo 21’de verilmektedir.

Tablo 21. Değişkenlerin Açıklaması

Değişkenlerin kısaltması	Açıklaması	Kaynağı	Dönemi
Lkon	Konut sayısı	Türkiye İstatistik Kurumu (TUIK)	1960-2019
Lgdp	Kişi başına GSYİH (2010=100)	World Bank (WDI)	1960-2019
Lagr	İstihdamda tarım sektörü bin kişi	Türkiye İstatistik Kurumu (TUIK)	1960-2019
Ldef	GSYİH deflatörü (2010=100)	World Bank (WDI)	1960-2019
Lmar	Evlenen kişi sayısı	Türkiye İstatistik Kurumu (TUIK)	1960-2019
Lpop	Nüfus sayısı	World Bank (WDI)	1960-2019

Modelde bağımlı değişken lkon olarak belirlenmiştir. Diğer değişkenler ile bağımlı değişken arasında eşbütünleşme ilişkisinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Modeller aşağıdaki şekilde oluşturulmuştur. Modeller;

$$Model\ 1: lkon_t = \beta_0 + \beta_1 lgdp + \varepsilon_t$$

$$Model\ 2: lkon_t = \alpha_0 + \alpha_1 lagr + \mu_t$$

$$Model\ 3: lkon_t = \delta_0 + \delta_1 ldef + \lambda_t$$

$$Model\ 4: lkon_t = \theta_0 + \theta_1 lmar + \rho_t$$

$$Model\ 5: lkon_t = \gamma_0 + \gamma_1 lpop + \sigma_t$$

Burada $t=1,2,3,\dots,T$ ise zaman boyutunu göstermektedir.

4.3.Ekonometrik Metodoloji

Ekonometri “ekonomik ölçme” anlamına gelmekte olup ekonominin kantitatif analizi olarak tanımlanmaktadır. Matematik, istatistik ve iktisat disiplinlerinden faydalanılan multidisipliner anlayışa sahip olan ve sosyal bilimlerin yanısıra son yıllarda sağlık ve fen bilimleri olmak üzere birçok alanda kullanılan yöntemlerden biridir. Ekonometrik yöntemler birçok aşamadan oluşmakta olup iktisadi teorinin ortaya

koyulması ile başlayan, matematiksel ve ekonometrik modellerin oluşturulduğu, ilgili verilerin toplanması ve modellenmesi ile devam eden ve son olarak hipotezleri test edildiği ve sonuçların yorumlandığı süreçler zincirinden oluşmaktadır (Yerdelen Tatoğlu, 2020:17)

İktisat teorilerinin geçerliliğinin ele alındığı ekonometrik modeller sıklıkla kullanılmaktadır. Zaman serisi çalışmalarının ilk aşamasında çalışmada kullanılan serilerin birim köke sahip olup olmadıklarını ortaya koyan testler oluşturmaktadır. Serinin birim kök içermemesi bir başka ifade ile durağan olması analiz açısından büyük önem taşımaktadır. Serinin birim kök içermemesi serinin durağan olduğu ifade ederken, serinin durağan olmaması serinin durağan bir özellik göstermemesidir (Mert ve Çağlar, 2019: 97). Zaman serisi analizlerinin en önemli konularından biri birim kök testleridir. Birim kök testleri serilerin sınanmasına kullanılmakta olup birim kök sınanması yapılmadan kurulan modellerde sonuçlar güvenilir olmamaktadır. Eğer serinin ortalaması, varyansı ve kovaryansı zamandan bağımsız ise serinin zayıf durağan olduğunun bir göstergesi olarak kabul edilmektedir. İlk birim kök testi Dickey Fuller (1979) tarafından önerilmiş ve temel model olarak üzerine birçok klasik birim kök testi geliştirilmiştir. Ancak serilerde yapısal kırılmanın olması durumunda klasik birim kök testleri yetersiz kalmış yapısal kırılmanın dikkate alındığı birim kök testleri geliştirilmiştir (Sertbaş, 2019: 27). Son yıllarda ise zaman serisinde serilerin doğrusal olma kavramı üzerinden iki ayrı sınıflandırmanın yapıldığı görülmektedir. Varyansta doğrusal olmayan modeller volatilité modelleri, ortalamadan doğrusal olmayan modeller ise rejim değişim modelleri olarak adlandırılmıştır. Bu çalışmada Klasik Birim kök testlerinden olan Genişletilmiş Dickey Fuller (ADF), Philips Perron (PP) ve Ng-Perron Testleri kullanılmıştır. Yapısal kırılmanın dikkate alındığı birim kök testlerinden Zivots ve Andrews birim kök testi ve Lee ve Strazcich (2013) çift kırılmalı birim kök testlerinden faydalanılmıştır. Doğrusallığın test edilmesi için Harvey, Leybourne, Xia (2008) doğrusallık Testi kullanılmasının ardından Hepsağ (2019) birim kök testi ve yine Hepsağ (2019) eşbütünleşme testinden faydalanılmıştır.

4.3.1. Doğrusal Birim Kök Testleri

Belirli bir zaman diliminde hareket eden zamanserisinin doğrusal özellik göstermesi durumunda geleneksel olarak bilinen klasik birim kök testleri

kullanılmaktadır. Bu çalışmada klasik birim kök testlerinden Genişletilmiş Dickey Fuller (ADF), Philips Perron (PP) ve NG-Perron Testleri kullanılmıştır. Bu başlık altında belirtilen birim kök testlerinin metodolojisine yer verilmiştir.

4.3.1.1. Genişletilmiş Dickey Fuller Birim Kök Testi (ADF)

İlk geliştirilen Dickey-Fuller (DF) testinin geliştirilmesi ile oluşturulan yeni bir birim kök testidir. Rassal yürüyüş sürecine ait olan denklem Eşitlik 4.1’de verilmektedir.

$$y_t = \varphi y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (4.1)$$

Genişletilmiş Dickey Fuller testinde Eşitlik (4.1)’in birinci farkı alınarak eşitliğin her iki tarafından y_{t-1} çıkarılarak Eşitlik 4.2 elde edilmiştir.

$$y_t - y_{t-1} = \varphi y_{t-1} - y_{t-1} + \varepsilon_t$$

$$\Delta y_t = (\varphi - 1)y_{t-1} + \varepsilon_t$$

$$\Delta y_t = \delta y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (4.2)$$

Eşitlik 4.2’deki model sabitli model (intercept) ve sabitli trendli (trend and intercept) olmak üzere iki şekilde olup Eşitlik 4.3 ve Eşitlik 4.4’de verilmektedir.

$$\Delta y_t = \mu + \delta y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (4.3)$$

$$\Delta y_t = \mu + \beta_t + \delta y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (4.4)$$

Birim kök olması durumunda $\delta = 1 - \varphi = 0$ ($\varphi \neq 0$), durağan olması durumunda ise $\delta = 1 - \varphi < 0$ olmaktadır. Standart DF birim kök testine ait hipotezler;

$H_0: \delta = 0$ (Birim kök vardır, seri durağan dışıdır)

$H_s: \delta < 0$ (Birim kök yoktur, seri durağandır) şeklindedir.

Standart DF testi Eşitlik 4.2, 4.3 ve 4.4.’de görüldüğü üzere AR(1) sürecinden yararlanılmaktadır. Seride yüksek korelasyonun olması durumunda ε_t temiz olma özelliğini yitirmektedir. Arttırılmış Dickey Fuller (ADF) testi bu sorunu ortadan kaldırmak için AR(p) sürecinden yararlanmakta denkleme p gecikmeli fark terimleri eklemektedir. Böylece sabitli (intercept), sabitli ve trendli (trend and intercept) ADG denklemleri Eşitlik 4.5 ve 4.6’da verilmektedir.

$$\Delta y_t = \mu + \delta y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \beta_i \Delta y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (4.5)$$

$$\Delta y_t = \mu + \beta_t + \delta y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \beta_i \Delta y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (4.6)$$

4.3.1.2. Phillips Perron Testi

Phillips ve Perron (1988) birim kök hipotezinin test edilmesinde serilerin korelasyonunun ortadan kaldıran alternatif bir parametrik olmayan yöntem önererek standart DF testini modifiye ederek asimtotik dağılımının serisel korelasyondan etkilenmemesini sağlamaktadır. PP test istatistiği Eşitlik 4.7’de verilmektedir.

$$\Delta Y_t = \beta_0 + \theta Y_{t-1} + \beta_1 \left(t - \frac{T}{2}\right) + u_t \quad (4.7)$$

Burada T; serinin gözlem sayısıdır.

Hipotezlerin değerlendirilmesi ADF testi ile aynıdır. Yani;

$H_0 : \gamma = 0$ ise seri durağan olmamaktadır

$H_1 : \gamma < 0$ ise seri durağandır.

Hipotezleri test etmek için yine MacKinnon (1996) kritik değerleri kullanılabilir.

4.3.1.3. Ng –Perron Birim Kök Testi

PP testinde serilerde hareketli ortalama olması ve köklerinin -1’e yaklaşması durumunda hata teriminde çarpıklık meydana gelmektedir. Bu çarpıklığı ortadan kaldırmak için Ng-Perron testi hem PP testini hemde bilgi kriterlerini modifiye etmiştir. Modifiye edilmiş test için temel hipotezleri farklı olan dört test istatistiği geliştirilmiştir. İlk test PP testindeki Z_α ’nın modifiye halidir. Eşitlik 4.8’de modifiye hali verilmektedir.

$$MZ_\alpha = Z_\alpha + (T/2)(\phi_1 - 1)^2 \quad (4.8)$$

MZ_α ve Z_α aynı kritik değerlere sahip olup hesaplanan test istatistiği eğer kritik değerden küçük olursa temel hipotez reddedilememektedir. Bir başka ifade ise seri birim köklüdür. İkinci olarak Durbin Watson testinin genelleştirilmiş hali olan MSB testi aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır ve Eşitlik 4.9’da verilmektedir.

$$MSB = (T^2 \sum_{i=1}^T Y_{t-1}^2 / s^2) \quad (4.9)$$

Geliştirilen bu test istatistiği için sıfır değeri alt sınırı oluşturmaktadır. MSB değeri kritik değerden daha küçük olursa temel hipotez reddedilmekte yani seri birim köklüdür. Üçüncü test istatistiği olan MZ_t ’dir. Bu test istatistiği de PP testindeki Z_t ’nin

bir modifikasyonu olup aşağıdaki şekilde hesaplanmakta ve Eşitlik 4.10'da verilmektedir.

$$MZ_t = Z_t + \left(\frac{1}{2}\right) \left(\sum_{i=1}^T Y_{t-1}^2 / s^2\right)^{1/2} (\phi_1 - 1)^2 \quad (4.10)$$

MZ_α ve MZ_t için,

Kritik değer $> MZ_\alpha$ yada Kritik değer $> MZ_t$ ise temel hipotez reddedilemez.

H_0 =Seri birim köklüdür.

H_1 =Seri durağandır.

Kritik değer $> MSB$ yada Kritik değer $> MPT$ ise temel hipotez reddedilir.

H_0 = Seri durağandır.

H_1 = Seri birim köklüdür.

4.3.2. Yapısal Kırılmalı Birim Kök testleri

Ekonomik krizler, politika değişiklikleri, doğal afetler gibi anlık şoklar karşısında bir zaman serisinin düzeyi trendi ya da her ikisinin birden değişebilmektedir. Serinin ortalamasının, trendinin ya da her ikisinin birden anlık da olsa değişim göstermesi aslında durağan olan serinin sıradan birim kök testleri tarafından durağan dışı bulunmasına yol açabilmektedir. Bir başka ifade ile yapısal kırılma ya da kırılmaların olduğu bir serinin durağanlık analizinin sıradan birim kök testleri ile sınanması doğru bir yaklaşım değildir. Ekonometrik analizlerde yapısal kırılmanın göz ardı edilmesi önemli istatistiksel sorunlara neden olabilmektedir. Ekonomide yapısal kırılmalar belirgin bir durumda olması durumunda yapılan analizlerde elde edilen sonuçlar ve bu sonuçlara bağlı raporlamalar yanlış olabilmektedir. (Sevüktekin ve Nargeleçekenler, 2010: 399). Bu nedenle analizlerde yapısal kırılmanın dikkate alınması, kırılma sayısının doğru belirlenmesi elde edilen sonuçların geçerliliği için oldukça önemlidir. Yapısal kırılma analizleri birçok çalışmada klasik birim kök testleri ile birlikte yapılmakta ve çalışmalara eklenmektedir. Klasik birim kök testinde durağan olmayan bir serinin yapısal bir kırılmadan kaynaklı olarak yapısal kırılmalı birim kök testi ile sınanmaktadır. Bir başka ifade ile klasik birim kök testinde durağan olmayan bir serinin yapısal kırılmanın dikkate alındığı birim kök testinde durağan çıkması seride yapısal kırılmanın varlığını göstermektedir. Bu çalışmada yapısal kırılmanın dikkate

alındığı Zivots ve Andrews (1992) testi ve Lee ve Strazicich (2003) testleri kullanılmıştır.

4.3.2.1. Zivot ve Andrews (1992) Tek Kırılmalı Birim Kök Testi

Zivot ve Andrews (1992) tarafından yayınlanan makalede Perron (1989)'un dışsallık varsayımını eleştirilmiştir. Perron'un verileri kullanılarak kırılma noktasının içsel olarak tahmin edildiği yeni bir birim kök testi geliştirilmiştir. Zivot-Andrews'ın bu çalışmasında, Perron (1989) yaklaşımındaki kırılma zamanı T_B 'nin bilindiği varsayımını yeniden ele alınmıştır. Zivot ve Andrews testine göre kırılma zamanının dışsal olduğunun eklenmesi hipotez testlerine ait sonuçların birim kök reddine lehine bir değişim yaşanmasına neden olmuştur. Zivot ve Andrews, geliştirdikleri yaklaşımda kırılma tarihinin içsel olarak belirlenmesinin veri kaybının önlediğini ve bu nedenle Perron testine göre daha üstün bir test olduğunu savunmaktadır (Zivot ve Andrews, 1992). Bu birim kök testinin uygulanması ADF birim kök testinin temeline dayanmaktadır. Bu test ile regresyon denklemleri mümkün olan her kırılma noktası tahmin edilmekte ve bu yöntemde t-istatistiği kullanılmaktadır (Çil Yavuz, 2015).

Bu testte üç model için yokluk hipotezi geliştirilmiştir. Bu hipotez Eşitlik 4.11'de verilmektedir.

$$\Delta Y_t = \mu_1 + Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (4.11)$$

Denklem 4.11'de yer alan model herhangi bir yapısal kırılmayı içermeyen ve birinci dereceden entegre olan bir kayan rassal yürüyüş modelidir. Zivots ve Andrews testinin uygulamasında kullanılan üç regresyon modeli aşağıdaki şekilde olup Eşitlik 4.12, 4.13 ve 4.14'de verilmektedir.

$$\text{Model A: } \Delta y_t = \mu + \beta t + \theta D U_t T_b + \alpha y_{t-1} + \sum_{i=1}^k c_i \Delta y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (4.12)$$

$$\text{Model B: } \Delta y_t = \mu + \beta t + \lambda D T_t T_b + \alpha y_{t-1} + \sum_{i=1}^k c_i \Delta y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (4.13)$$

$$\text{Model C: } \Delta y_t = \mu + \beta t + \theta D U_t T_b + \lambda D T_t T_b + \alpha y_{t-1} + \sum_{i=1}^k c_i \Delta y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (4.14)$$

Model A sabit terimdeki kırılmayı, Model B eğimdeki kırılmayı Model C ise yapısal değişimin hem sabit hem de eğimi değiştirdiğini ifade eden bir denklemdir (Zivots ve Andrews, 1992). Eşitlik 4.12, 4.13 ve 4.14'de yer alan regresyon

denklemlerinde bulunan Δ fark işlemini, ε_t hata terimini, t ise zamanı ifade etmektedir. Eşitlikte yer alan T_b kırılma noktası olarak kabul edilmektedir. Modelde yer alan gölge değişkenler Eşitlik 4.15 ve 4.16’da verilmektedir.

$$DU_t(\lambda) = 1 \text{ veya } 0 \quad \text{ise} \quad t > T_{B0}, \text{ aksi durumda} \quad (4.15)$$

$$DT_t(\lambda) = t - TB \text{ veya } 0 \quad \text{ise} \quad t > T_B, \text{ aksi durumda} \quad (4.16)$$

Şeklinde tanımlanmaktadır.

Zivots ve Andrews testini uygulanmasında öncelikli kullanılan model, C modelidir. DU ve DT gölge değişkenlerinin her ikisi de istatistiksel açıdan anlamlıysa Model C kullanılmaktadır. Sadece DU anlamlı ise Model A, sadece DT anlamlı ise Model B’nin kullanımı uygundur (Zivots ve Andrews, 1992).

4.3.2.2. Lee ve Strazicich (2003) Tek Kırılmalı Birim Kök Testi

Lee-Strazicich testinde, Schimdt ve Phillips (1992) tarafından önerilen Lagrange çarpanı birim kök testleri esas alınmakta ve Perron (1989)’da ele alınan Model A ve C’ye göre sabit ile sabit ve trendde kırılmaları dikkate alarak durağanlık test edilmektedir. Lee-Strazicich testinde kırılmalar içsel olarak belirlenmektedir. Kırılma tarihleri ise ızgara taraması ile tespit edilmektedir. Testte veri üretme süreci 4.17’deki numaralı denklem vasıtasıyla açıklanabilir (Dumrul, 2010: 213).

$$Y_t = \delta Z_t + \varepsilon_t \quad \varepsilon_t = \beta \varepsilon_{t-1} + u_t \quad (4.17)$$

4.17’deki denklemde yer alan (Y_t) ve (Z_t) sırasıyla bağımlı değişken ve dışsal değişken vektörünü göstermekte ve Model C için esas alınmaktadır. Model A seviyesinde iki kırılmaya izin vermekte ve $t \geq T_{Bj} + 1, j = 1, 2$ için $D_{jt} = 1$ ve diğerleri 0 olmak üzere $Z_t = [1, t, D_{1t}, D_{2t}]'$ vektörü tarafından tanımlanmaktadır.

Model C ise, sabitte ve trendde iki kırılmaya izin vermekte ve $t - T_{Bj} + 1, j = 1, 2$ için $D_{jt} = t - T_{Bj}$ ve diğerleri 0 olmak üzere $Z_t = [1, t, D_{1t}, D_{2t}, DT_{1t}, DT_{2t}]'$ vektörü tarafından ifade edilmektedir (Lee ve Strazicich, 2003: 1083).

Model A ve Model C’ye ilişkin vektörlerde yer alan D kısaltması kukla değişkenleri ifade etmektedir. Buna göre (D_{1t}) ve (D_{2t}) sabitteki kırılmaları ve (DT_{1t})

ve (DT_{2t}) ise, trendde kırılmayı incelemek amacıyla kullanılan kukla değişkenleri ifade etmektedir. Model A'ya ilişkin sıfır hipotezi ve alternatif hipotez Eşitlik 4.18 ve Eşitlik 4.19'daki denklemlerde verilmektedir.

$$H_0 : Y_t = \mu_0 + d_1 \beta_{1t} + d_2 \beta_{2t} + y_{t-1} + v_{1t} \quad (4.18)$$

$$H_a : Y_t = \mu_1 + \lambda + d_1 D_{1t} + d_2 D_{2t} + v_{2t} \quad (4.19)$$

Eşitlik 4.18 ve 4.19'da yer alan (v_{1t}) ve (v_{2t}) modellere ilişkin durağan hata terimleridir. $j = 1, 2$ iken $t = T_{Bj} + 1$ için $B_{jt} = 1$; diğer durumlarda ise, sıfıra eşittir. $d = (d_1, d_2)$ ' ise kukla değişkenlere ilişkin katsayı matrisidir. Model C için sıfır ve alternatif hipotezlerin oluşturulabilmesi için ise; denklem (3)'e D_{jt} terimi, denklem (4)'de de DT_{jt} terimleri ilave edilmelidir (Lee ve Strazicich, 2003: 1083).

4.3.3. Doğrusal Olmayan Birim Kök ve Koentegrasyon Testleri

İktisadi zaman serilerinin doğrusal olmayan forma sahip olması durumunda durağanlık analizi doğrusal olmayan testler ile gerçekleştirilmelidir. Eğer doğrusal olmayan zaman serileri doğrusal testler ile çalışma yapılması durumunda sapmalı sonuçlar elde edilmektedir. Ekonometrik çalışmaların ilk yıllarında doğrusal testler daha sıklıkla kullanılsa da son yıllarda doğrusal olmayan testler daha fazla kullanılmaktadır. Bu bölümde çalışmada kullanılan doğrusal olmayan birim kök testleri ile koentegrasyon testlerinin metodolojisine yer verilmiştir.

Serinin doğrusal olması bağımlı değişkenin doğrusal bir fonksiyon olması sapmasız olması, beklenen değerinin ve ortalamasının gerçeğe çok yakın olması şeklinde tanımlanmaktadır. Bu noktadan yola çıkarak serinin doğrusal olmaması bağımlı değişkenin doğrusal bir fonksiyondan oluşmaması, sapmalı olması, beklenen değerinin ve ortalamasının gerçekten uzak olması şeklinde tanımlamak mümkündür. Bu bağlamda durağanlık analizinin yapılmasından önce serinin doğrusallığının test edilmesi büyük önem arz etmektedir. Doğrusallığın belirlenmesi için farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bunlar arasında Keenan, Tsay, McLeod-Li ve Harvey gibi testler yer almaktadır. Bu testler arasında Harvey testi diğerlerine nazaran daha fazla tercih edilmektedir. Bu testin diğer testlerden üstün olduğu bir yanı serinin durağanlığının bilinmesinin bir öneminin olmamasıdır (2020:54).

4.3.3.1. Harvey, Leybourne, Xia (2008) Doğrusallık Testi

Bu doğrusallık testi 2007 yılında literatürde yerini almıştır. Harve Leybourne gibi serinin durağanlığı konusunda herhangi varsayıma ihtiyaç duyulmayan bir testtir (Yılcı ve Tıraşoğlu,2016). Bu teste serinin durağan olması ve olmaması durumuna bağlı olarak iki farklı testin ağırlıklı ortalaması alınmaktadır. Bu durum Eşitlik 4.20’de verilmektedir.

$$W\gamma=(1-\gamma)W_s+\gamma W_u \quad (4.20)$$

Eşitlik 4.20’de W_s serinin durağan olduğu, W_u ise durağan olmadığı varsayımı altında gerçekleştirilmektedir. γ hesaplanması ise Eşitlik 4.21’de verilmekte olup g değeri sabit terimi ifade etmektedir.

$$\gamma(U,S) = \exp(-g \frac{U}{S})^2$$

Denklemdaki U birim kökü sembol olarak ifade ederken, S ise durağanlığı ifade etmektedir. γ ’nın sıfıra yaklaşması serinin durağan bir seyir gösterdiğini, bire yaklaşması ise serinin birim kök içerdiğini göstermektedir (...2020:55).

4.3.3.2.Doğrusal Olmayan Serilerde Hepsağ Yapısal Kırılmalı Birim Kök Testi

Hepsağ (2019) tarafından geliştirilen birim kök testi hem doğrusal dışılığı hem de yapısal kırılmayı aynı zamanda ele alabilen yeni birim kök testlerinden biridir.

Yapısal kırılmayı lojistik yumuşak geçiş fonksiyonuyla doğrusal dışılığı ise ESTAR model yardımıyla modele dahil etmiştir. Testin alternatifleri olarak Leybourne (1998) ve Kruse (2011) esas alınmaktadır. Hepsağ birim kök testinde yapısal değişimi rejimler arasında yumuşak geçiş olarak modellemeye dahil ederken, Kruse tarafından ESTAR modeli ile doğrusal dışılığı modele dahil etmiştir (Hepsağ 2019), Hepsağ birim kök testi Eşitlik 4.22’de verilmektedir.

$$\text{Model A: } Y=\alpha_1+\alpha_2 S_t(\gamma_2 \tau)+v_1$$

$$\text{Model B: } Y=\alpha_1+\beta_1 t+\alpha_2 S_t(\gamma_2 \tau)+v_1$$

$$\text{Model B: } Y=\alpha_1+\beta_1 t+\alpha_2 S_t(\gamma_2 \tau)+\beta_2 t S_t(\gamma_2 \pi)+v_1 \quad (4.22)$$

Kruse (2011) tarafından geliştirilen ESTAR modelinden farklı olarak farklı bir konum parametresi olarak c ’ye izin verilmektedir. Hepsağ hipotezine göre;

Ho: $\delta_1 = \delta_2 = 0$

H1: $\delta_1 < 0, \delta_2 \neq 0$ şeklindedir.

Model A kullanılıyorsa test istatistiği olarak $\tau_{SNL(\alpha)}$ bakılırken, Model B olması durumunda $\tau_{SNL\alpha(\beta)}$ test istatistiği olarak Model C için test istatistiği için $\tau_{SNL\alpha\beta}$ bakılmaktadır. Uygulamadan elde edilen test istatistik sonuçları Hepsağ (2019) tarafından belirtilen kritik değerler ile karşılaştırılmakta ve serinin durağan olup olmadığı test edilmektedir.

4.3.3.3. Hepsağ (2019) Eşbütünleşme Testi

Doğrusal olmayan eşbütünleşme testlerinden bir diğeri literatüre yeni kazandırılan Hepsağ (2019), testidir. Asimetrik doğrusal olmayan Hepsağ Testi (2019), iki aşamalı tahmin yöntemi ile hesaplanmaktadır. Testin ilk aşmasında eşitlik 4.33'de olan uzun dönem modeli EKK ile tahmin edildikten sonra; ikinci aşamada elde edilen kalıntıların AESTAR süreç izlediği varsayılarak 4.34 numaralı eşitlikte asimetrik doğrusal olmayan "Üssel Yumuşak Geçişli Hata Düzeltme Modeli (AESTAR-ECM) dikkate alınmaktadır;

Doğrusal olmayan eşbütünleşme testlerinden bir diğeri literatüre yeni kazandırılan Hepsağ (2019), testidir. Asimetrik doğrusal olmayan Hepsağ Testi (2019), iki aşamalı tahmin yöntemi ile hesaplanmaktadır. Testin ilk aşmasında eşitlik 4.33'de olan uzun dönem modeli EKK ile tahmin edildikten sonra; ikinci aşamada elde edilen kalıntıların AESTAR süreç izlediği varsayılarak 4.34 numaralı eşitlikte asimetrik doğrusal olmayan "Üssel Yumuşak Geçişli Hata Düzeltme Modeli (AESTAR-ECM) dikkate alınmaktadır;

$$y_t = \beta x_t + u_t \quad (4.33)$$

$$\Delta x_1 = \sum_{i=1}^p \Gamma_i \Delta z_{t-i} + \eta_1 \quad (4.34)$$

$$\Delta y_1 = G_t(\theta_1, u_{t-1}) \{S_t(\theta_2, u_{t-1}) \gamma_1 + (1 - S_t(\theta_2, u_{t-1})) \gamma_2\} u_{t-1} + \psi' \Delta x_t + \sum_{i=1}^p \omega_i' \Delta z_{t-i} + \varepsilon_t \quad (2.72)$$

$$G_t(\theta_1, u_{t-1}) = 1 - \exp(-\theta_1(u_{t-1}^2)) \theta_1 \geq 0 \quad (4.35)$$

$$S_t(\theta_2, u_{t-1}) = [1 + \exp(-\theta_2(u_{t-1}))]^{-1} \theta_2 \geq 0 \quad (4.36)$$

Yukarıda yer alan eşitlik 4.36'de, $z_{t-i} = (y_t, x_t')$ birinci mertebeden durağan ($I(1)$) boyutlu değişken olarak tanımlanmaktadır. Burada y_t skaler bir değişken, $x_t' = (x_{1t}, \dots, x_{kt})$ Boyutlu değişken vektörüdür. Eşitlikte yer alan u_t ise uzun dönem modeline ait hata terimidir. Hata terimi;

$u_t = y_t - \beta_x' x_t$ Şeklinde ifade edilmektedir.

Testin temel hipotezi ise; $\theta I = 0$ ve alternatif hipotez $\theta I > I$ 'dir. Hepsağ yaklaşımında, eşbütünleşmenin olmadığını ifade eden temel hipoteze karşı, asimetrik ESTAR eşbütünleşmenin varlığını ifade eden alternatif hipotez test edilmektedir. Ancak (4.37) numaralı modelde yer θ_2, γ_1 ve γ_2 parametreleri sıfır hipotezinde tanımlı değildir. Bu nedenle Hepsağ testte AESTAR-ECM'ye birinci mertebeden Taylor açılımı uygulanması önerilmektedir. Birinci mertebeden Taylor açılım sonucu eşbütünleşme varlığının sınanabileceği yardımcı regresyon modeli eşitlik 4.37'de yer almaktadır.

$$\Delta y_t = \phi_1 \hat{u}_{t-1}^3 + \phi_2 \hat{u}_{t-1}^4 + \psi' \Delta x_t + \sum_{i=1}^p \omega_i' \Delta z_{t-i} + v_t \quad (4.37)$$

(4.37) numaralı eşitlikte yer alan; $\hat{u}_t, \hat{u}_t = \hat{y}_t - \hat{\beta}_x' x_t$; testin ilk aşamasında uzun dönem modelinden elde kalıntılardır. Analizde katsayıları getirilen kısıtlara dayanarak F_{ANEC} test istatistiği hesaplanmaktadır. Hesaplanan istatistiğin, Hepsağ Test tarafından elde edilen kritik değerlerden büyük olması durumunda eşbütünleşme olmadığını ifade eden temel hipotez, asimetrik ESTAR eşbütünleşme varlığına karşı reddedilmektedir. Hepsağ (2019), tarafından geliştirilen ikinci test istatistiği F_{ANEG} ise eşitlik 4.38'da yer alan yardımcı regresyon modelini temel almaktadır;

$$\Delta \hat{u}_t = \phi_1 \hat{u}_{t-1}^3 + \phi_2 \hat{u}_{t-1}^4 + \sum_{i=1}^p \lambda_i \Delta \hat{u}_{t-2} + \xi_t \quad (4.38)$$

Hesaplanan istatistiğin, Hepsağ Test tarafından elde edilen kritik değerlerden büyük olması durumunda eşbütünleşme olmadığını ifade eden temel hipotez, asimetrik ESTAR eşbütünleşme varlığına karşı reddedilmektedir.

$$H_0: \phi_1 = \phi_2 = 0$$

$$H_1: \phi_1 = \phi_2 = 0$$

4.4. Ampirik Bulgular

4.4.1. Klasik Birim Kök Test Sonuçları

Çalışmanın bu bölümünde klasik birim kök testlerinin sonuçlarına yer verilmiştir. İlk olarak lagr serisinin birim kök test sonuçları Tablo 22’de verilmektedir. ldef serisine ait klasik birim kök test sonuçları Tablo 23’de, lgdp serisine ait klasik birim kök test sonuçları Tablo 24’de, lkon serisine ait klasik birim kök test sonuçları Tablo 25’de ve lmar serisine ait klasik birim kök test sonuçları Tablo 26’da verilmektedir.

Tablo 22. lagr Serisine Ait Klasik Birim Kök Test Sonuçları

TEST	Seri	Sabitli model		Sabitli ve trendli model	
		Test istatistiği	Prob	Test istatistiği	Prob
ADF	lagr	-1,189181	0,6735	-2,1599604	0,5022
	Δ lagr	-5,094182***	0,0001	-5,098835***	0,0005
PP	lagr	-0,952033	0,7645	-1,893997	0,6451
	Δ lagr	-5,075023***	0,0001	-5,081557***	0,0006
Ng-Perron					
MZ_{α}	lagr	-3,93634	-8,10000	-8,88270	-17,300
	Δ lagr	-25,0170**		-25,2822**	
MZ_t	lagr	-1,18521	-1,98000	-2,08034	-2,91000
	Δ lagr	-3,53621**		-3,55176**	
MZ_{β}	lagr	0,30109	0,23300	0,23420	0,16800
	Δ lagr	0,14135**		0,14048**	
MZ_t	lagr	6,41280	3,170000	10,3610	5,48000
	Δ lagr	0,98109**		3,62629**	

Tablo 23. ldef serisine ait klasik birim kök test sonuçları

TEST	Seri	Sabitli model		Sabitli ve trendli model	
		Test istatistiği	Prob	Test istatistiği	Prob
ADF	lgdp	-1,857298	0,3499	-1,732868	0,7240
	Δ lgdp	-8,045095***	0,0000	-8,132070***	0,0000
PP	lgdp	-1,826942	0,3642	-1,664980	0,7543
	Δ lgdp	-8,050957***	0,0000	-8,247590***	0,0000
Ng-Perron					
MZ_{α}	lgdp	-2,85216	-8,10000	-3,87246	-17,300
	Δ lgdp	-28,8413**		-28,7626**	
MZ_t	lgdp	-1,18305	-1,98000	-1,35468	-2,91000
	Δ lgdp	-3,79109**		-3,79053**	
MZ_{β}	lgdp	0,41479	0,23300	0,34982	0,16800
	Δ lgdp	0,13145**		0,13179**	
MZ_t	lgdp	8,55832	3,170000	23,0475	5,48000
	Δ lgdp	0,86967**		3,17833**	

Tablo 24. lgdp serisine ait klasik birim kök test sonuçları

TEST	Seri	Sabitli model		Sabitli ve trendli model	
		Test istatistiği	Prob	Test istatistiği	Prob
ADF	ldef	-0,098921	0,9631	-2,260699	0,4481
	Δ ldef	-7,590203***	0,0000	-7,515101***	0,0000
PP	ldef	0,111761	0,9641	-2,412915	0,3694
	Δ ldef	-7,590231***	0,0000	-7,514865***	0,0000
Ng-Perron					
MZ_{α}	ldef	-2,10732	-8,10000	-9,69257	-17,300
	Δ ldef	-27,2815**		-28,8071**	
MZ_t	ldef	3,35798	-1,98000	-2,15156	-2,91000
	Δ ldef	-3,69156**		-3,76749**	
MZ_{β}	ldef	1,59348	0,23300	0,22198	0,16800
	Δ ldef	0,13531**		0,13078**	
MZ_t	ldef	204,968	3,170000	9,61907	5,48000
	Δ ldef	0,90382**		3,32465**	

Tablo 25. lkon serisine ait klasik birim kök test sonuçları

TEST	Seri	Sabitli model		Sabitli ve trendli model	
		Test istatistiği	Prob	Test istatistiği	Prob
ADF	lkon	-3,133952**	0,0294	-2,912983	0,1660
	Δ lkon	-5,996816***	0,0000	-6,358552***	0,0000
PP	lkon	-3,133952	0,0294	-2,917167	0,1648
	Δ lkon	-6,009113***	0,0000	-6,355919***	0,0000
Ng-Perron					
MZ_{α}	lkon	0,81105	-8,10000	-2,84077	-17,300
	Δ lkon	-27,9447**		-28,3198**	
MZ_t	lkon	0,93092	-1,98000	-1,07728	-2,91000
	Δ lkon	-3,61913**		-3,71325**	
MZ_{β}	lkon	1,14779	0,23300	0,37922	0,16800
	Δ lkon	0,12951**		0,13112**	
MZ_t	lkon	86,1471	3,170000	28,8175	5,48000
	Δ lkon	1,25244**		3,50738**	

Tablo 26. lmar serisine ait klasik birim kök test sonuçları

TEST	Seri	Sabitli model		Sabitli ve trendli model	
		Test istatistiği	Prob	Test istatistiği	Prob
ADF	lmar	-1,960974	0,3029	-0,901070	0,9488
	Δ lmar	-6,788995***	0,0000	-7,110250***	0,0000
PP	lmar	-2,222049	0,2009	-0,517874	0,9800
	Δ lmar	-6,743544***	0,0000	-7,850287***	0,0000
Ng-Perron					
MZ_{α}	lmar	0,37205	-8,10000	-2,66289	-17,300
	Δ lmar	-28,5513**		-28,7716**	
MZ_t	lmar	0,40597	-1,98000	-0,90928	-2,91000
	Δ lmar	-3,77488**		-3,79098**	
MZ_{β}	lmar	1,09117	0,23300	0,34146	0,16800
	Δ lmar	0,13221**		0,13176**	
MZ_t	lmar	71,3239	3,170000	26,6541	5,48000
	Δ lmar	0,86904**		3,17822**	

Türkiye için lagr, ldef, lkon, lgdp ve lmar serileri için sabitli ve sabitli-trendli modellerinde ADF birim kök test sonuçları görülmektedir. Değişkenler için sabitli ve sabitli-trendli modelde hesaplanan test istatistiğinin %1, %5 ve %10 kritik değerlerinden mutlak değer olarak küçük olduğu görülmektedir. Dolayısıyla tüm serilerin hem sabitli, hem de sabitli-trendli modelde durağan olmadığı ve birim kök içerdiğine karar verilmiştir. Düzey değerlerinde durağan olmayan serilerin durağanlık mertebelerini belirlemek amacıyla birinci farkı alınan tüm seriler için birim kök testi yeniden yapılmış. %1, %5 ve %10 kritik değerleriyle karşılaştırıldığında ise tüm serisinin birinci farkının sabitli ve sabitli-trendli modellerde %1 önem seviyesinde durağan olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bir başka ifade ile ADF birim kök test sonuçlarına göre tüm serilerin I(1) mertebesinde durağan olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Çalışmada kullanılan tüm seriler için PP birim kök test sonuçları özetlenmiştir. PP birim kök testi için yokluk hipotezi “Seriler birim kök içermektedir” şeklinde kurulmuştur. PP birim kök testi için sabitli modelde hem sabitli hem trendli modelde band genişliği Barlett Kernel kullanılarak Newey-West stratejisine göre otomatik olarak belirlenmiştir. Elde edilen test istatistiklerine göre tüm seriler için MacKinnon (1996) tarafından üretilen kritik değerlerin büyük olduğu için yokluk hipotezi reddedilememektedir. Bir başka ifade ile tüm serilerin durağan bir dışı yapı gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır. Serilerin birinci farkının alınması durumunda hem sabitli, hem de sabitli-trendli modelde yokluk hipotezi olan “Serilerin birinci farkı birim kök içermektedir” şeklindedir. Elde edilen sonuçlara bakıldığında tüm serilerin birinci

farkında sabitli modelde hem de sabitli-trendli modelde elde edilen test istatistikleri tüm kritik değerlerden küçük olduğu için yokluk hipotezi reddedilmektedir. Bir başka ifade ile tüm seriler için her iki modelde durağan bir yapı göstermektedir.

Ng- Perron birim kök test sonuçları verilmektedir. Sonuçlara bakıldığında tüm seriler için hem sabitli hem sabitli-trendli modelde durağan dışı bir yapı gösterdiği görülmektedir. Serilerin birinci farkının alınması durumunda birim kök içermediği yâda durağan bir seri olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

4.4.2. Yapısal Kırılmalı Birim Kök Test Sonuçları

Çalışmada ilk olarak klasik birim kök test sonuçlarına yer verilmiştir. Yapısal kırılmanın olmadığı testler ile karşılaştırmak üzere bu bölümde yapısal kırılmanın dikkate alındığı birim kök test sonuçları raporlanmıştır. Çalışmada yapısal kırılmanın esas alındığı birim kök testlerinden Zivots ve Andrews (1992) testi ve Lee ve Strazicich (2003) testleri kullanılmıştır. Zivots ve Andrews(1992) için birim kök test sonuçları Tablo 27’de verilmektedir.

Tablo 27. Zivots ve Andrews(1992) için birim kök test sonuçları

		Model A	Model C
Lkon	$T_{\beta 1}$	1994:01	1998:01
	Test istatistiği	-3,20378	-2,93790
Lagr	$T_{\beta 1}$	2003:01	2004:01
	Test istatistiği	-2,28051	-2,82103
Lpop	$T_{\beta 1}$	1996:01	1979:01
	Test istatistiği	-1,92222	-2,75979
Ldef	$T_{\beta 1}$	1979:01	1999:01
	Test istatistiği	-3,85262	-3,86905
Lgdp	$T_{\beta 1}$	2002:01	1999:01
	Test istatistiği	-3,94220	-3,41070
Lmar	$T_{\beta 1}$	1980:01	1980:01
	Test istatistiği	-4,38765	-7,74029**

Model A için sırasıyla 1%,5% güven aralığında -5.34000, -4.80000, Model C için sırasıyla 1%,5% güven aralığında -5.57000, -5.08000’dır. 1% düzeyinde anlamlı olması durumu (**), 5% düzeyinde anlamlı olması durumunda ise (*) kullanılmıştır.

Zivots ve Andrews(1992) birim kök testinde kırılma tarihi içsel ve tek kırılma olarak belirlenmektedir. Teste ilişkin hipotezler ise;

Ho: Yapısal kırılma olmadan seri birim kök içermektedir.

H1: Yapısal kırılma ile seri durağandır.

Tablo 'da görüldüğü üzere tüm seriler için Model A'daki bütün test istatistiklerinin %1 ve %5 kritik değerlerinden mutlak değerce küçük oldukları için sabitte kırılma olmadan birim köklüdür şeklinde yorumlanmaktadır. Model C içinse yine tüm seriler için hem sabitte hem trendde lmar hariç test istatistiklerinin %1 ve %5 kritik değerlerinden mutlak değerce küçük oldukları için sabitte kırılma olmadan birim köklü olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bir başka ifade ile tüm seriler için yapısal kırılma olmadan serilerin birim kök içerdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Yapısal kırılmalı birim kök testlerinden olan Lee-Strazicich (2013) birim kök testine ilişkin sonuçlar Tablo 28'de verilmektedir. Teste ilişkin hipotezler

Ho: Yapısal kırılmalar ile birlikte seri birim kök içermektedir.

H1: Yapısal kırılma ile seri durağandır.

Tablo 28. Lee-Strazicich(2013) Birim Kök Test Sonuçları

Değişkenler	Kırılma Tarihleri ve Test istatistiği	LS (2013)	
		Model A	Model C
Lkon	$T_{\beta 1}$	1975:01	1978:01
	$T_{\beta 2}$	2001:01	1978:01
	Test istatistiği	-1,4299	-3,7036
Lagr	$T_{\beta 1}$	1994:01	2001:01
	$T_{\beta 2}$	2004:01	2001:01
	Test istatistiği	-2,9821	-3,9397
Lpop	$T_{\beta 1}$	1999:01	2014:01
	$T_{\beta 2}$	2001:01	2014:01
	Test istatistiği	-3,2498	-3,4450
Ldef	$T_{\beta 1}$	1978:01	2001:01
	$T_{\beta 2}$	2010:01	2001:01
	Test istatistiği	-2,9053	-3,1128
Lgdp	$T_{\beta 1}$	1980:01	2002:01
	$T_{\beta 2}$	1985:01	2002:01
	Test istatistiği	-2,5610	-3,2714
Lmar	$T_{\beta 1}$	2001:01	1981:01
	$T_{\beta 2}$	2008:01	1981:01
	Test istatistiği	-1,3823	-3,4175

Not. Model A için %1,%5 ve %10 için sırasıyla -4.0730 , -3.5630, -3.296, Model C için %1,%5 ve %10 için sırasıyla -4.6670 , -4.0980 ve -3.8150'dir.

Tablo incelendiğinde Model A için tüm seriler için test istatistik değeri %1 ve %5 için anlamlılık düzeyinde kritik değerden mutlak değerce küçük olduğu için Ho reddedilememektedir. Yani tüm seriler için yapısal kırılmalar ile birlikte birim kök içermektedir. Model C için durumda benzerlik göstermektedir. Model C için tüm seriler için test istatistik değeri %1 ve %5 için anlamlılık düzeyinde kritik değerden mutlak

değerce küçük olduğundan H_0 reddedilememekte bir başka ifade ile tüm seriler için yapısal kırılmalar ile birlikte birim kökün varlığı belirlenmiştir.

Elde edilen sonuçlardan görüldüğü üzere Zivots-Andrews ve Lee-Strazicich birim kök test sonuçlarının uyumlu olduğu ve tüm serilerin birim kök içerdiği sonucuna ulaşılmıştır.

4.4.3. Doğrusallık Testlerine İlişkin Ampirik Bulgular

4.4.3.1. Harvey, Leybourne, Xia (2008) Doğrusallık Test sonuçları

Çalışmanın bu bölümünde serilerin doğrusal olup olmadığının belirlenmesi için doğrusallık testi yapılmış ve sonuçları verilmiştir. Türkiye konut talebine yönelik yapılan modelde Harvey vd (2008) doğrusallık test sonuçlarına göre seri doğrusal olmayan yapı gösterirken, Harvey ve Leybourne (2007) doğrusallık test sonuçlarına göre ise doğrusal yapı gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır. Harvey vd (2008) testinin daha güçlü bir test olması nedeniyle çalışmada serinin doğrusal olmadığı kabul edilerek hem yapısal kırılmayı esas alan hemde doğrusal olmayan serilerde kullanılan Hepsağ (2019) birim kök testinden faydalanılmıştır.

Tablo 29. Doğrusallık test sonuçları

	Harvey vd. 2008	Harvey ve Leybourne (2007)		
	W_{lam}	W^*_{10}	W^*_5	W^*_1
Türkiye	6,11**	2,21	2,28	2,42

Not: Harvey vd (2008) testi kritik değerleri %1,%5 ve %10 değerleri için sırasıyla 9.21, 5.99 ve 4.60 şeklindedir. Harvey ve Leybourne (2007) test kritik değerleri %1,%5 ve %10 değerleri için sırasıyla 13.27, 9.48 ve 7.77 şeklindedir. *, **, *** sırasıyla %1,%5 ve %10 için doğrusallık temel hipotezinin reddedildiğini ifade etmektedir.

4.4.3.2. Hepsağ (2019) Yapısal Kırılmalı Birim Kök Testi

Hepsağ (2019) birim kök test sonuçları Tablo 29’da verilmektedir

Tablo 30. Hepsağ 2019 birim kök test sonuçları

	Model A		Model C	
	Test İstatistiği	Gecikme Uzunluğu	Test İstatistiği	Gecikme Uzunluğu
Lkon	36,457025**	3	10,32879	4
Lagr	11,42950**	0	21,68647**	0
Lpop	26,41048**	3	78,11960**	1
Ldef	10,27132**	0	10,97836	0
Lgdp	19,14344**	12	19,08690**	12
Lmar	33,87885**	1	2,28697	0

T=50 için Model A için %5 için t_{SNLX} kritik değeri 9,662, Model C için %5 için $t_{SNL\beta_0}$ kritik değeri 12,404’dir. ** %5 anlamlılık düzeyinde birim kök temel hipotezinin reddedildiğini ifade etmektedir. Gecikme uzunlukları Akaike Bilgi Kriterine göre minimum değer olarak belirlenmiştir.

Model A için lkon, ldef lagr, lpop, lgdp ve lmar için H_0 reddedilmektedir. Model C içinse lagr, lpop ve lgdp için H_1 kabul edilirken, lkon, ldef ve lmar için H_0 reddedilememektedir. Model A’ya göre serilerin I(1) mertebesinde durağan olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

4.4.3.3. Hepsağ (2019) Koentegrasyon Testi

Serilerin tamamının birinci farkında durağan olmasının belirlenmesinin ardından seriler arasındaki koentegrasyon ilişkisi belirlenmek istenmiştir. Serilere uygulanan doğrusallık testinde serinin durağan olmamasının belirlenmesi nedeniyle doğrusal olmayan koentegrasyon analizlerinden Hepsağ (2019) koentegrasyon testi çalışmada kullanılmıştır. Hepsağ (2019) eşbütünleşme test sonuçları Tablo da verilmektedir.

Hepsağ (2019) koentegrasyon Model A test sonuçlarına göre;

- Model 1 için %5 düzeyinde H_0 hipotezi “Uzun dönemde konut satışları ile kişi başına gelir arasında bir ilişki bulunmamaktadır” şeklinde kurulmuştur. Hesaplanan değer kritik değerden mutlak değerce büyük olması nedeniyle H_0 hipotezi reddedilmektedir. Yani uzun dönemde Türkiye’de konut satışları ile kişi başına gelir arasında bir ilişkinin var olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

- Model 2 için %5 düzeyinde H_0 hipotezi “Uzun dönemde konut satışları ile tarımda istihdam arasında bir ilişki bulunmamaktadır” şeklinde kurulmuştur. Hesaplanan değerin kritik değerden mutlak değerce büyük olması nedeniyle H_0 hipotezi reddedilmektedir. Yani uzun dönemde Türkiye’de konut satışları ile tarım istihdamı arasında bir ilişkinin var olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
- Model 3 için %5 düzeyinde H_0 hipotezi “Uzun dönemde konut satışları ile deflatör arasında bir ilişki bulunmamaktadır” şeklinde kurulmuştur. Hesaplanan değerin kritik değerden mutlak değerce büyük olması nedeniyle H_0 hipotezi reddedilmektedir. Yani uzun dönemde Türkiye’de konut satışları ile deflatör arasında bir ilişkinin var olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
- Model 4 için %5 düzeyinde H_0 hipotezi “Uzun dönemde konut satışları ile evlenme sayısı arasında bir ilişki bulunmamaktadır” şeklinde kurulmuştur. Hesaplanan değerin kritik değerden mutlak değerce büyük olması nedeniyle H_0 hipotezi reddedilmektedir. Yani uzun dönemde Türkiye’de konut satışları ile evlenme sayısı arasında bir ilişkinin var olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
- Model 5 için %5 düzeyinde H_0 hipotezi “Uzun dönemde konut satışları ile nüfus arasında bir ilişki bulunmamaktadır” şeklinde kurulmuştur. Hesaplanan değerin kritik değerden mutlak değerce büyük olması nedeniyle H_0 hipotezi reddedilmektedir. Yani uzun dönemde Türkiye’de konut satışları ile nüfus arasında bir ilişkinin var olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Hepsağ (2019) koentegrasyon Model C test sonuçlarına göre;

- Model C için Model 1 için %5 düzeyinde H_0 hipotezi “Uzun dönemde konut satışları ile kişi başına gelir arasında bir ilişki bulunmamaktadır” şeklinde kurulmuştur. Hesaplanan değerin kritik değerden mutlak değerce büyük olması nedeniyle H_0 hipotezi reddedilmektedir. Yani uzun dönemde Türkiye’de konut satışları ile kişi başına gelir arasında bir ilişkinin var olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
- Model C için Model 2 için %5 düzeyinde H_0 hipotezi “Uzun dönemde konut satışları ile tarımda istihdam arasında bir ilişki bulunmamaktadır” şeklinde kurulmuştur. Hesaplanan değerin kritik değerden mutlak değerce büyük olması nedeniyle H_0 hipotezi reddedilmektedir. Yani uzun dönemde Türkiye’de konut

satışları ile tarım istihdamı arasında bir ilişkinin var olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

- Model C için Model 3 için %5 düzeyinde H_0 hipotezi “Uzun dönemde konut satışları ile deflatör arasında bir ilişki bulunmamaktadır” şeklinde kurulmuştur. Hesaplanan değerin kritik değerden mutlak değerce büyük olması nedeniyle H_0 hipotezi reddedilmektedir. Yani uzun dönemde Türkiye’de konut satışları ile deflatör arasında bir ilişkinin var olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
- Model C için Model 4 için %5 düzeyinde H_0 hipotezi “Uzun dönemde konut satışları ile evlenme sayısı arasında bir ilişki bulunmamaktadır” şeklinde kurulmuştur. Hesaplanan değerin kritik değerden mutlak değerce büyük olması nedeniyle H_0 hipotezi reddedilmektedir. Yani uzun dönemde Türkiye’de konut satışları ile evlenme sayısı arasında bir ilişkinin var olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
- Model C için Model 5 için %5 düzeyinde H_0 hipotezi “Uzun dönemde konut satışları ile nüfus arasında bir ilişki bulunmamaktadır” şeklinde kurulmuştur. Hesaplanan değerin kritik değerden mutlak değerce büyük olması nedeniyle H_0 hipotezi reddedilmektedir. Yani uzun dönemde Türkiye’de konut satışları ile nüfus arasında bir ilişkinin var olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 31.Hepsağ 2019 Asimetrik Doğrusal Olmayan Kointegrasyon Test Sonuçları

	F_{ANEG}	F_{ANEC}
Model 1	6,44627**	5,23858**
Model 2	12,97406**	11,30487**
Model 3	21,27867**	22,86893**
Model 4	10,91369**	7,55646**
Model 5	17,10364**	15,50519**

SONUÇ

Gelişmişlik düzeyi ne olursa olsun ülke ekonomilerinin stratejik ve dinamik sektörlerinden birini inşaat sektörü oluşturmaktadır. Küresel ekonomide Gayri Safi Yurtiçi Hasılası'nın %6'sını oluşturan sektör aynı zamanda beslediği diğer sanayi kolları ile bu oranı %10'lara kadar çekmektedir. Dördüncü sanayi devrimi olarak adlandırılan ve merkezine teknolojiyi ve internet üzerinden yönetilen ürün, makine ve yeni nesil ekipmanları koyan Endüstri 4.0 etkisini gün geçtikçe artırmakta, bu etki birçok sektörün de değişimini tetiklemektedir. Yeni nesil teknolojilerin sadece fabrikalar için değil, toplum için olduğu kabulünden yolan çıkan bu anlayışla Endüstri 4.0'dan başlayan bu süreç İnşaat 4.0 kavramına kadar ulaşmıştır. Teknoloji ve internetin gücünün birleşmesi ile ortaya çıkan bu sinerjinin yanı sıra dünyada son yıllarda doğal afetlerin sıklıkla yaşanması sonucu oluşan sosyal yaşamdaki yıkıcı etkilerinin azaltılmasına yönelik daha güvenli yapıların bireyler tarafından talep edilmesi kentsel dönüşümü ve sürdürülebilir kalkınma olgusunun beraberinde getirdiği anlayış ise yeşil ve akıllı bina oluşumunu ortaya çıkarmış, bu sonuç İnşaat 4.0 olgusunun ekonominin yeni trendleri arasına girmesine neden olmuştur.

Diğer sektörler ile karşılaştırılması yapıldığında yeni teknolojileri benimsemekte daha yavaş olan inşaat sektörünü son zamanlarda bina bilgileri modelleme (BIM), robotik sistemler, kablosuz algılama ve üç boyutlu baskı gibi yeni sayısal teknolojiler altyapı, gayrimenkul ve diğer varlıkların tasarlanma ve inşa edilme biçimini değiştirmeye başlamıştır. 2016 yılında Rusya'da 3D yazıcıların kullanılmasında iki kişinin rahatlıkla yaşayabileceği ev 24 saat gibi çok kısa bir sürede tamamlanmış olup, yapının taşınabilir olması işlemlerin otomatik olması insan kaynaklı riskleri ortadan kaldırmıştır. Bir başka uygulama ise drone teknolojisinin BIM teknolojisiyle bütünleşmesinin inşaat 4.0 proje yönetiminde kullanılması sayesinde inşaat süresinin kısılması, daha az CO2 salınımını gerçekleştirmesi, insan kaynaklı hataların önlenmesi, trafik tıkanıklığına sebep olan ağır vasıtaların (vinç vb.) kullanımının azalması, iş güvenliğinin artması, daha az maliyetle daha yüksek kar sağlanması, insan gücünün sınırlı kaldığı veya gerçekleşmesi zaman alan eylemlerin gerçekleştirilmesi, proje ilerleyişinin gerçek zamanlı takibinin sağlanması, sahanın anlık kuşbakışı görüntüleri sayesinde malzeme yerleşimi ve işçi akışını planlamasının hızlı ve etkin bir şekilde

yapılması, sahada meydana gelen sorunun, kaza vs. kaynağının tespiti ve anında müdahale edebilme imkânı mümkün hale gelmiştir.

Bu noktadan yola çıkan çalışmada makro ve mikro ölçekte konunun ele alınması için iki farklı analiz yapılmıştır. Bu analizlerden birisinde mikro ölçekte özelden genele doğru giden bulguların elde edilebilmesi için örneklem olarak Elazığ ili belirlenmiş, İnşaat 4.0 konusuna yönelik mevcut kullanım durumu, sektörde kullanılmasını zorlaştıran kısıtlar ve sektörde kullanılması sonucunda ortaya çıkacak beklentilerine yönelik bulgular değerlendirilmiştir. İkinci bir analizde ise inşaat sektörünün alt sektörlerinden olan Türkiye’de konut sektörü satışları ile tarımda istihdamı, evlenme sayısı, nüfus, kişi başına gelir düzeyi ve deflatör arasındaki uzun dönemli eşbütünleşme ilişkisi ele alınmıştır. Sonuçlara göre konut sektörü satışını etkileyen belirleyiciler arasında uzun dönemli bir ilişkinin var olduğu belirlenmiş ve makro ölçekli etkilerinin var olduğu belirlenmiştir.

İki analizden yola çıkarak sektörün bu değişime kayıtsız kalmadığı görülmektedir. Bu değişimin önündeki en büyük kısıtın teknolojiye uyum sürecinin hızlandırılması gerekliliğidir. Bu bağlamda sektörün bu yeniliğe cevap verebilecek teknoloji tabanlı mühendislik anlayışına ihtiyacı olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra işgücü piyasasında inşaat sektöründe istihdam edilen bireylerin vasıfsız işgücü olması bir diğer önemli kısıt olarak karşımıza gelmektedir. Bu bağlamda şirket yönetiminden başlayarak her aşamada bu değişime hazır olması için mesleki eğitimlerin büyük bir önem taşıdığı görülmektedir. Bunun yanı sıra şirketlerin kendilerine ait teknoloji temelli ARGE birimlerinin olması ve bu birimin kurulması için ilgili Bakanlık tarafından ilk aşamada ortaya çıkacak maliyetin belirli bir oranının devlet tarafından desteklenmesi ayrıca teşviklerin yasalaştırılması büyük önem taşımaktadır. Anketlerden elde edilen unsurlardan görülmektedir ki İnşaat 4.0 anlayışının getirilerinin büyük bir kolaylık olduğu herkes tarafından kabul görmektedir. Ancak maliyetlerinin oldukça yüksek olması, teknoloji seviyesinin yetersiz olması nedeniyle kullanımında büyük problemlerin olacağı ve maliyetleri oldukça fazla artıracığı için özellikle Küçük ve Orta Ölçekli şirketlerin bütçeleri tarafından karşılanamayacağı için devlet tarafından desteklenmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Yapılan makro ölçekli konut satışı ile tarımda istihdam edilen nüfus sayısı, evlenme sayısı, nüfus artışı, kişi başına gelir düzeyi ve deflatör arasında uzun dönemli

bir ilişkinin var olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu bağlamda Türkiye’de bireylerin en güvenli yatırım aracı olarak kabul etmesi ve riskinin düşük olması nedeniyle konut sektörüne güvenilir bir yatırım aracı olarak kabul edildiği görölmektedir.

Sonuç olarak teknoloji tabanlı İnşaat sektörü anlayışının tüm Dünya’da etkisini arttığı bu dönemde Türkiye’nin bu değişime kayıtsız kalmaması gerekmektedir. Bunun yanı sıra Türkiye’de konut sektörünün stratejik bir diğer önemi ise toplum anlayışında konut sahibi olmanın bireysel bir güven teminatı olarak kabul edilmesi nedeniyle, sektörün dinamik bir yapıya sahip olması ve sürekli talep görmesi Türkiye’de sektörün sürdürülebilir bir büyüme aracı olarak kabul edilmesine neden olmaktadır. Bu bağlamda sektöre yön verirken bu iki unsurun birlikte değerlendirilmesi ve bu yönde farkındalıkların artırılması için gerekli tanıtım çalışmalarının yapılması ve konuya dikkat çekilmesi büyük önem taşımaktadır. Mevcut durumda İnşaat 4.0 uygulamalarının kullanıldığı projeler sadece belirli bir gelir düzeyinin üzerinde kabul gören bir olgu olarak kabul edilmektedir. Oysaki birçok köy merkezi içerisinde sürdürülebilir çevre anlayışı çerçevesinde aynı zamanda teknolojinin içerisine dahil edildiği teknoloji tabanlı yeniden kırsalın geliştirilebileceği bir sistem önerilebilir. 2020 yılında yaşanan pandemi süreci toplumları geriye göçe zorlamış ancak mevcut imkanların yetersiz olması insanları zorda bırakmıştır. Oysaki bu iki anlayışının bir arada düşünöldüğü bir yeni yapı anlayışının geliştirilmesi noktasında kırsal alanlarda oluşturulacak teknoköyler ile başlanabilir. Geleneksel yapıda kurulmuş bir şehir merkezinin yeni bir sürece dönüşümü oldukça zor ve maliyetli olacaktır. Bu anlamda bu değişimin kırsal alanlardan başlanması birçok anlamda fayda sağlayacağı düşünölmektedir.

KAYNAKÇA

- AKSOY, B, BAYRAKÇI, H.C, BAYRAKÇI, E. ve UĞUZ, S. (2017),Büyük Verinin Kurumlarda Kullanımı, Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi,22, ss.1853-1878.
- ALPER REHA ; (2013), Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Yöntemler, Detay Yayıncılık Dördüncü baskı
- ARSLAN, B. (2018). ‘‘Bulut Bilişim’in Avantajları ve Dezavantajları’’ ,Maltepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- ASLAN, Ş. ve GÜZEL, Ş. (2019), ‘‘ Endüstri 4.0 Gelişim Süreci ve Sağlıkta Dijital Dönüşüm’’, International Congress On New Horizons In Education And Social Sciences, ss.650-659.
- ALTINDİŞ, S. & KIRAN MORKOÇ, İ. (2018). Sağlık Hizmetlerinde Büyük Veri. Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 11 (2), s. 257-271.
- ATAN, S. (2016), ‘‘ Veri, BüyükVeri ve İşletmecilik’’ , Balıkesir University The Journal ofSocial Sciences Institute, 19 (35), ss.137-153.
- AYDIN, E. (2018), ‘‘ Türkiye’de Teknolojik İlerleme İle İstihdam Yapısındaki Değişme Projeksiyonu: Endüstri 4.0 Bağlamında Ampirik Analiz’’,Yönetim Bilimleri Dergisi, 16 (31), ss. 461-471.
- BAĞCI, E. (2018), Endüstri 4.0:Yeni Üretim Tarzını Anlamak, Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Elektronik Dergisi, 9(24), ss.123-146.
- BAKAN, İ ve Şekkeli, H,Z(2019),Blok Zincir Teknolojisi ve Tedarik Zinciri Yönetimindeki Uygulamaları, Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi,11(18),ss.2849-2877.
- BARUTCU, H.C. (2019), ‘‘Endüstri 4.0 Uygulamalarının Üretim Süreçlerine Etkisi: Bosch Sanayi Ve Ticaret Anonim Şirketi Örneği’’,İstanbul Gelişim Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

- BAYRAK, A. (2018). Dünya’da ve Türkiye’de Sanayi’de Dijital Dönüşüm (Sanayi 4.0) İncelemesi ve Türkiye’nin Entegrasyonu İçin Değerlendirmeler.
- BAYSAL İ. (2015). Endüstri 4.0: 14. çözüm ortaklığı platformu dijital dönüşümü anlamak. PWC.
- BANGER, G. (2016) Endüstri 4.0 ve Akıllı İşletme, (Ankara: Dorlion Yayınları).
- BULUT, E. AKÇACI, T. (2017). Endüstri 4.0 Ve İnovasyon Göstergeleri Kapsamında Türkiye Analizi. Assam Uluslararası Hakemli Dergi, 4 (7) , 55-77.
- BOZLAR, T. (2018). 4. sanayi devriminin işgücü piyasasına olası etkileri. İŞKUR, İstihdamda 3İ Dergisi, 27, 62-67.
- BIÇAKÇI, S.N. 2019. Nesnelerin İnterneti, Takvim-i Vekayi, 24-36, ISSN: 2148-0087.
- BERKSUN, E. (2018),’’Sanayide Endüstri 4.0 Süreçleri: Çorum Sanayiinde Bir Uygulama’’ ,Sosyal Bilimleri Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Çorum.
- BOCUTOĞLU, E. and ERTÜRK, Z. (1992). “Supply and Demand Analysis in Housing Market: A Case Study in Turkey as a Developing Country”, Management Quality and Economics, pp.203-210.
- BULUT, E. (2017), “Endüstri 4.0 ve İnovasyon Göstergeleri Kapsamında Türkiye Analizi’’ , ASSAM Uluslararası Hakemli Dergi, 7, ss. 50-72.
- CANDEMİR, B. , BEYHAN, B. ve KARAATA, S. (2012), “ İnşaat Sektöründe Sürdürülebilirlik: Yeşil Binalar ve Nanoteknoloji Stratejileri’’, İMSAD-R/2012-11/374, TÜSİAD-T/2012-10/533, ss.17-134.
- CEYLAN, E.Z. (2019), “Dijital İkizler Ve İnşaat Sektöründeki Yeri’’, Dergi Park, YapıBilgi Modelleme, 1(2) , ss.53-61.
- ÇAKIR, N.N. (2018), “Endüstri 4.0 ve Çalışmanın Geleceği’’, Electronic Journal of Vocational Colleges - November, ss. 97-105.
- ÇİL YAVUZ, N. (2015). Finansal Ekonometri (2nd ed.). İstanbul: Der Yayınları.
- DUMRUL, C. (2010), “Türk Ekonomisinde Para İkamisinin Belirleyicil- eri Sınır Testi Yaklaşımı ile Eş-Bütünleşme Analizi’’, Erciyes Üniversitesi İİBF Dergisi, 35, ss. 199-231.
- DEMİR, A. (2018), “Endüstri 4.0’dan Eğitim 4.0’a Değişen Eğitim-Öğretim Paradigmaları’’ International Congress on Social Sciences, 13 (15), ss. 147-171.

- DOĞAN, K. ve ARSLANTEKİN, S. (2016), Büyük Veri: Önemi, Yapısı ve Günümüzdeki Durumu, DTCTF Dergisi, 56(1), ss.15-36.
- DOĞRU, B.N. ve MEÇİK, O. (2018), “ Türkiye’de Endüstri 4.0’ın İşgücü Piyasasına Etkileri: Firma Beklentileri”, Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Özel Sayı, 23, ss.1581-1606.
- DORNBUSCH, R.& FİSCHER, S. (1994), “Macro Economics (6th ed.)”, McGrawHill Inc. İstanbul: Literatür Yayıncılık.
- DÖNMEZ M. (1997), Eskişehir’de Ailelerin Konut Değişirmelerinde Etkili Olan Faktörlerin Belirlenmesi. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Ankara: Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- DURKAYA, M. (2002). Türkiye’de Konut Piyasasının Talep Yönlü Analizi, (Yayınlanmamış Doktora Tezi), Karadeniz Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Trabzon
- ELDER, W.H. and ZUMPARNO, V.L. (1991). “Tenure Choice, Housing Demand and Residential Location”, The Journal of Real Estate Research, 6(3), pp.341-356.
- Engineering Hunedoara – International Journal of Engineering, 2, ss. 1584-2665.
- ERCAN, T. ve KUTAY, M. (2016), “Endüstride Nesnelerin İnterneti (IoT) Uygulamaları” , Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 16, ss. 599-607.
- ERMİSCH, J.F. FİNDLAY, J. and GİBB, K. (1996). “The price Elasticity Of Housing Demand in Britain: Issues Of Sample Selection”, Journal of Housing Economics, 5(1), pp.64–86.
- ERTUĞRUL, İ. ve DENİZ, G. (2018), “ 4.0 Dünyası: Pazarlama 4.0 ve Endüstri 4.0’”, Bitlis Eren Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 7(1), ss. 158-170. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- ELDEM, M. O. (2017). Endüstri 4.0. TMMOB EMO Ankara Şubesi Haber Bülteni, 3, 10–16.
- EĞER, E. (2017). “Endüstri 4.0 ile Birlikte Gelecek 10 Yeni Meslek”.
- FIRAT, S. Ü. ve FIRAT, O. Z. (2017). “Sanayi 4.0 Devrimi Üzerine Karşılaştırmalı Bir İnceleme: Kavramlar, Küresel Gelişmeler ve Türkiye”. Toprak İşveren Dergisi, 114, 10-23.

- GÖKREM, L. BOZUKLU, M. (2016). Nesnelerin İnterneti: Yapılan Çalışmalar ve Ülkemizdeki Mevcut Durum. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 13: 47-68.
- GÜLŞEN, İ. (2019). NESNELERİN İNTERNETİ: VAATLERİ VE FAYDALARI. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 6 (8) , 106-118.
- GÜRKAN, A. (2019). “İnşaat 4.0 Kavramı ve Türk İnşaat Firmalarının Yeni Teknolojik Gelişmelere Yaklaşımı Üzerine Bir İnceleme” İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- GENÇ, S. (2018), “Sanayi 4.0 Yolunda Türkiye”, *Sosyoekonomi*, 26(36), ss. 235-243.
- GÜRİŞ, S. ÇAĞLAYAN, E. and ÜN, T. (2011). “Estimating of Probability of Homeownership in Rural and Urban Areas: Logit, Probit and Gompit Model”, *European Journal of Social Sciences*, 21, 405-411.
- GÜRGÜZE, G. And TÜRKOĞLU, İ. (2019). “Kullanım Alanlarına Göre Robot Sistemlerinin Sınıflandırılması” *Fırat Üniversitesi Mühendis Dergisi* 31(1), 53-66.
- GÜNAY, D. (2002) “Sanayi ve Sanayi Tarihi”, *Mimar ve Mühendis Dergisi*, 31, 8-14 İstanbul
- HALICIOĞLU, F. (2007). “The demand for new housing in Turkey: an application of ARDL model”, *Global Business and Economics Review*, 9(1), 62–74.
- İŞLEVİ, A.S. ve ÇELME, B. (2005). “ Bilgi Çağında Yeni Hazine: Entelektüel Sermayele Rekabeti Yakalamak”, *Bilgi Dünyası*. 6(2),251-267.
- Kökhan, S. & Özcan, U. (2018). “3D yazıcıların eğitimde kullanımı”,*Bilim, Eğitim, Sanat ve Teknoloji Dergisi (BEST Dergi)*, 2(1), 81-85
- KARA, M. (2020). “BIST Sürdürülebilir Endeksinde Yer Alan ve Endüstri 4.0’ı Benimsemiş Firmaların Finansal Performanslarının Araştırılması: Gri İlişkisel Analiz Yöntemi Uygulaması” *Bartın Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi Bartın*.
- Kaya E. and Peker, A.E (2020). *The Effect Of Industry 4.0 Advanced Technology Applications On The Healthcare Industry*. Bora Yenihan ve Gökçe Cerev (Edit.), *Industry 4.0 and Social Change*, pp. 257-280, Dora Basım ve Yayın, Bursa.

- KABAN KADIOĞLU, Z. (2019). Uluslararası İletişim Düzeninde İnternet Tabanlı Küresel İletişim Şirketlerinin Rekabet Ortamları, Büyüme Stratejileri ve Toplumsal Dışsallıkları: Microsoft, Apple, Google ve Facebook*. Erciyes İletişim Dergisi Uluslararası Dijital Çağda İletişim Sempozyumu Özel Sayısı, (1), 225-244.
- KABA, E. (2008). Konut Alma Kararlarını Etkileyen Faktörler ve Alıcı Profilini Belirlemeye Yönelik Bir Araştırma, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul
- KABLAN, A(2018),Endüstri 4.0, “Nesnelerin İnterneti” - Akıllı İşletmeler ve Muhasebe Denetimi, Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi,23,ss.1561-1579.
- KILIÇ, S. ve ALKAN, R.M. (2018), “Dördüncü Sanayi Devrimi, Endüstri 4.0: Dünya ve Türkiye Değerlendirmeleri”, Girişimcilik İnovasyon ve Pazarlama Dergisi, 2(3), ss. 29-49.
- KÖR, H. ve ERBAY, H. (2016). Uzaktan Eğitim ve E-öğrenme Sürecinde Bulut Tabanlı Yaklaşımların Kullanımı. Akademik Bilişim 2016 Kongresinde Sunulmuş Bildiri.
- KOSİF, F.K. (2019). “KURUMLARIN DİJİTAL DÖNÜŞÜM SÜREÇLERİNİN İNCELENMESİ: BİR SAĞLIK KURUMU İÇİN ÖNERİ”,İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- KÖKHAN, S. & ÖZCAN, U. (2018). 3D yazıcıların eğitimde kullanımı. Bilim, Eğitim, Sanat ve Teknoloji Dergisi (BEST Dergi), 2(1), 81-85.
- LEBE, F. and YİĞİT, B. (2009). “Analysis of the Short and Long Run Housing Demand in Turkey”, The 7th International Symposium of The Romanian Regional Science Association, June 12-13, Baia Mare, Romania.
- LEBE, F.& AKBAŞ, Y.E. (2014). “Türkiye’nin Konut Talebinin Analizi: 1970-2011.” Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi,28(1), ss.57-83.
- LİM, C-G. FOLLAİN, J. and RENAUD, B. (1980). “Determinants of HomeOwnership in a Developing Economy: The Case of Korea”, Urban Studies, 17, pp.13-23.
- LEE, J. & STRAZIČICH, M. C. (2003). Minimum Lagrange multiplier unit root test with two structural breaks. Review of Economics and Statistics, 85(4), 1082–1089.

- MERTT, M. ve ÇAĞLAR, A. E. (2019). EvIEWS ve Gauss Uygulamalı Zaman Serileri Analizi. Ankara: Detay Yayıncılık.
- MARTİN, P. (1966), “Aggregate Housing Demand: Test Model, Southern California” , Land Economics, 42, ss. 503–513.
- NUROĞLU, E. ve Nuroğlu, H.H. (2018), “Endüstri 4.0’I Türkiye’nin Dış Ticareti İçin Bir Fırsat Penceresine Dönüştürmek”, Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi, 16, ss. 329-346.
- ORHAN S. ve SAVUK F. (2014) Emek Teknoloji İşsizlik, ÇSBG Çalışma Dünyası Dergisi, 2(2).
- ÖZCAN, B.& ARI, A. (2014). Araştırma-Geliştirme Harcamaları Ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Panel Veri Analizi. Maliye Dergisi (166), 39-55.
- ÖZDOĞAN, O. (2018). “Dördüncü Sanayi Devrimi ve Endüstriyel Dönüşümün Anahtarları” İstanbul
- ÖZKAN, G. Ve YILMAZ, H. (2017). “AR-GE Harcamalarının İleri Teknoloji Ürün İhracatı ve Kişi Başı Gelir Üzerindeki Etkileri: 12 AB Ülkesi ve Türkiye İçin Uygulama (1996-2015)”, Bilgi Ekonomisi ve Yönetim Dergisi, Cilt: XII, Sayı: I.
- ÖZKAN, M. AL, A. ve YAVUZ, S. (2018), “Uluslararası Politik Ekonomi Açısından Dördüncü Sanayi- Endüstri Devrimi’nin Etkileri ve Türkiye”, Marmara Üniversitesi Siyasal Bilimler Dergisi, 6(2), ss.126-156.
- ÖZSOYLU, A.F. (2017), “Endüstri 4.0”, Çukurova Üniversitesi İİBF Dergisi, 21(1), ss.41-64.
- ÖZTEMEL, E. (2018), “Eğitimde Yeni Yönelimlerin Değerlendirilmesi ve Eğitim 4.0” Üniversite Araştırmaları Dergisi, 1(1), ss. 25-30.
- ÖZTÜRK N. ve FİTÖZ, E. (2009). “Türkiye’de Konut Piyasasının Belirleyicileri: Ampirik Bir Uygulama”, ZKÜ Sosyal Bilimler Dergisi, 5(10), ss.21-46.
- ÖĞÜNÇ, H. (2018). NESNELERİN İNTERNETİ UYGULAMALARININ TAM ZAMANINDA ÜRETİM SİSTEMİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ. Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Endüstri 4.0 ve Örgütsel Değişim Özel Sayısı, 1651-1673.
- REDDY, K. P. (2012). BIM for Building Owners and Developers: Making a Business Case for Using BIM on Projects, Wiley, Hoboken, NJ.

- SAYAR, M. ve YÜKSEL, H. (2018). “Endüstri 4.0 Ve Türkiye Kamu Sektöründe Endüstri 4.0 Dönüşümü”. *Hukuk Ve İktisat Araştırmaları Dergisi*, 10(2): 83-98.
- SÖZEN, M. ve MESÇİOĞLU, T. (2019), “Endüstri 4.0’ın İtici Güçlerinin Türkiye ve Çin Üzerindeki Etkileri”, *International Journal of Social Inquiry*, 12, ss. 287-315.
- SOYLU A. (2018), Endüstri 4.0 Ve Girişimcilikte Yeni Yaklaşımlar, Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 32, 43-57.
- SERTBAS, M. E. (2019). Türkiye ekonomisinde mal ve hizmet enflasyonunun genel enflasyona yakınsaması. *Ekoist: Journal of Econometrics and Statistics*, 30, 21-33.
- SEVÜKTEKİN, M. NARGELEÇEKENLER, M. (2010) “Ekonometrik Zaman Serileri Analizi”, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- ŞAHİN, K, TURAN, B. (2018). ÜÇ BOYUTLU YAZICI TEKNOLOJİLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ. *Stratejik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 2 (2) , 97-116.
- ŞAHİN, C. (2019) “Ülkelerin Endüstri 4.0 Düzeylerinin Copras Yöntemi İle Analizi: G-20 Ülkeleri ve Türkiye” Bartın Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Bartın.
- ŞEKKELİ, H.Z.Ü ve Bakan, İ (2018), Akıllı Fabrikalar, *JOURNAL OF LIFE ECONOMICS*, 5(4), ss.2148-4139.
- ŞENER, S. , ve ELEVLİ, B. (2017), Endüstri 4.0’da Yeni İş Kolları Ve Yüksek Öğrenim, *Mühendis Beyinler Dergisi*, 1(2), 1-13.
- ŞENOL, U. A. AKTAŞ, O. SAKA (2007), “Radyoloji Bilgi Sistemi, Akademik Bilişim” 07- IX. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, 431-433
- TAŞ, H.Y. (2018), “Dördüncü Sanayi Devrimi’nin (Endüstri 4.0) Çalışma Hayatına ve İstihdama Muhtemel Etkileri” *Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, 9(16), ss. 1819-1836.
- TOKER, K. (2018), Endüstri 4.0 ve Sürdürülebilirliğe Etkileri, *Istanbul Management Journal*, 29(84), 51-64.
- TÜSİAD (2016) Türkiye’nin Küresel Rekabetçiliği İçin Bir Gereklik Olarak Sanayi 4.0 Gelişme Oln Ekonomi Perspektifi.

- TÜSİAD (2017) Türkiye'nin Sanayide Dijital Dönüşüm Yetkinliği.
- ÜNAL, A, SAYGILI, M. (2019). Sanayi 4.0 Dönüşümünde 4 Boyutlu Baskı Teknolojisinin Yeri ve Tedarik Zinciri Yönetimine Etkileri. Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi Cilt:7 Sayı:2 (2019) (Özel Sayı) , 1-14.
- YILDIZ, A (2018),Endüstri 4.0 ve akıllı fabrikalar, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 22 (2), ss.546-556.
- YILANCI, V, TIRAŞOĞLU, M. (2016). Türkiye'nin Makroekonomik Zaman Serilerinin Doğrusallığının Testi. Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 6 (2) , 1-16.
- YOŞUMAZ, İ.(2018),''Endüstri 4.0'a Geçiş Sürecinde Kurumsal Hafızanın Rolü'' , Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Afyonkarahisar.
- YÜKSEKBİLGİLİ, Z. Ve ÇEVİK, G. Z. (2018), " Endüstri 4.0 Bağlamında Türkiye'nin Yerine İlişkin Güncel ve Gelecek Eksenli Bir Analiz", Nişantaşı Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Yönetimi Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- YAZICI, E. DÜZKAYA, H. (2016). Endüstri Devriminde Dördüncü Dalga ve Eğitim: Türkiye Dördüncü Dalga Endüstri Devrimine Hazır mı? . Eğitim Ve İnsani Bilimler Dergisi: Teori Ve Uygulama, 7 (13) , 49-88.
- YOŞUMAZ, İ. ve ÖZKARA, B. (2019). Endüstri 4.0 Sürecinin Hazır Giyim İşletmeleri Üzerindeki Etkileri: Hugo Boss Türkiye Örneği. İşletme Araştırmaları Dergisi, 11(4), 2587-2600.
- YALÇIN, M. F. (2018) 'Küresel Rekabette Türkiye Açısından Dönüm Noktası: Sanayi 4.0', Sosyoekonomi, 26(36): 225-233.
- YILDIZ, A. (2018), Endüstri 4.0 Ve Akıllı Fabrikalar, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 22 (2), 546-556.
- YANKIN, F. (2019). DİJİTAL DÖNÜŞÜM SÜRECİNDE ÇALIŞMA YAŞAMI. Trakya Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 7 (2) , 1-38.
- YELKİKALAN, N. ÖZCAN, S. TEMEL, K. (2019), Endüstri 4.0 Farkındalığının Belirlenmesi: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Örneği, Girişimcilik ve Kalkınma Dergisi,14(1), 31-44.

- YERDELEN TATOĞLU, F. (2018). İleri Panel Veri Analizi, Beta Basım Yayım Dağıtım, 3. Baskı, İstanbul.
- YALÇIN, M. F. (2018) ‘Küresel Rekabette Türkiye Açısından Dönüm Noktası: Sanayi 4.0’, Sosyoekonomi, 26(36), 225-233.
- ZİCOT, E. & ANDREWS, D. W. K. (1992). Further Evidence on the Great Crash, the Oil-Price Shock, and the Unit-Root Hypothesis. Journal of Business & Economic Statistics, 10(3), 251–270.

EKLER

Ek 1. Anket Formu

İnşaat 4.0 Kavramı Altında Türk İnşaat Firmalarının Yeni Teknolojilere Yaklaşımı Üzerine Bir İnceleme
Sayın İlgili • Sanayi devrimisonucu ortaya çıkan İnşaat 4.0 kavramı, inşaat üretiminin her sürecinde dijitalleşmeyi hedefleyen bir yaklaşımdır. Günümüzde bankacılık, imalat, otomobil gibi birçok farklı sektör, dijitalleşme ve bilgi teknolojilerinin gelişiminden faydalanırken; inşaat sektörü bugelişimden yeni yeni faydalanmaya başlamıştır. Bu anket çalışması bir yüksek lisans tezinde kullanılacaktır. Bu tezin amacı; • Türkiye’de inşaat sektöründe faaliyet gösteren firmalar hangi teknolojilerine sıklıkla kullanmaktadır? • Firmaların gelişen bu teknolojiyi yaygın olarak kullanamamasının nedenleri nelerdir? • Firmalar gelişen bu teknolojiyi yaygın olarak kullanırlarsa, hangi düzeyde faydası sağlayacaklardır? gibi sorulara cevap aramaktadır. Sorulara verdiğiniz cevaplar sadece akademik amaçlar doğrultusunda kullanılacak olup üçüncü şahıslarla kesinlikle paylaşılmayacaktır. Katılımınız ve desteğiniz için şimdiden teşekkür ederiz. Saygılarımızla, Fırat Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Öğr. Üyesi Dr. Ayşe Esra PEKER Fırat Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Yüksek Lisans Öğrencisi Ayşenur AKPINAR

Genel Bilgiler

1. Eğitim Durumunuz?
• Lisans ☐ Yüksek Lisans ☐ Doktora
2. Yaşınız?
☐ 20-25 ☐ 26-30 ☐ 31-35 ☐ 36-40 ☐ 41-45 ☐ 45-50 ☐ 50-55 • 56 ve üzeri
3. Kaç yıldır inşaat sektöründe çalışmaktasınız?
☐ 1-5 ☐ 6-10 ☐ 11-15 ☐ 15-20 ☐ 21-25 ☐ 26-30 ☐ 31-35 ☐ 36 ve üzeri
4. Çalıştığınız şirkette unvanınız/pozisyonunuz nedir?
• şirket Sahibi/Ortağı ☐ Proje Müdürü ☐ BIM Uzmanı • Ar-Ge Departmanı Çalışanı ☐ Planlama Mühendisi ☐ İş Güvenliği Uzmanı • Kalite Kontrol Mühendisi ☐ Teknik Ofis Çalışanı ☐ Tasarım Ofisi Çalışanı • Şantiye Şefi ☐ Saha Mühendisi ☐ Satın Alma Sorumlusu • ihale ve Teklif Sorumlusu ☐ Diğer (Lütfen belirtiniz).....

5. Çalıştığınız şirket projelerde hangi görev(leri) üstlenmektedir? • Proje Yönetimi ☐ Mühendislik Hizmetleri ve Mimari Tasarım ☐ AnaYüklenici • Alt Yüklenici ☐ Diğer (Lütfen belirtiniz).....
6. Çalıştığınız şirket kaç yıldır sektör içerisinde faaliyet göstermektedir? ☐ 1-5 ☐ 6-10 ☐ 11-15 ☐ 15-20 ☐ 21-25 ☐ 26-30 ☐ 31-35 • 36 ve üzeri
7. Çalıştığınız Şirkette çalışan teknik ve idari personel sayısı kaçtır? ☐ 1-9 ☐ 10-49 ☐ 50-249 ☐ 250 ve üzeri
8. Çalıştığınız şirketin yıllık cirosu (tahsil edilen toplam miktar) hangi aralıktadır? • 1 Milyon\$’danaz ☐ 1-5 Milyon \$ ☐ 6-9 Milyon\$ ☐ 10-19 Milyon\$ • 20-49 Milyon \$ ☐ 50-99 Milyon\$ ☐ 100 Milyon \$ ve üzeri
9. Çalıştığınız şirket hangi pazarlarda faaliyet göstermektedir? • Sadece ulusal projelerde faaliyet göstermektedir. • Daha çok ulusal projelerde yer almakla birlikte uluslararası projelerde de faaliyet göstermektedir. • Daha çok uluslararası projelerde yer almakla birlikte ulusal projelerde de faaliyet göstermektedir. • Sadece uluslararası projelerde faaliyet göstermektedir.
10. Çalıştığınız şirket hangi tür projeler üstlenmektedir? • Konut/Toplu Konut ☐ Endüstriyel Tesisler ☐ Ticari ve Kurumsal Yapılar • Altyapı Projeleri ☐ Diğer (Lütfen belirtiniz).....
11. Çalıştığınız şirkette BT (Bilgi Teknolojisi) departmanı var mı? • Özel bir BT departmanı var. • BT sorumlulukları olan personelimiz var ancak özel bir departman değil. • BT kaynakları dışarıdan sağlanmaktadır. • BT departmanı yok.
12. Çalıştığınız şirkette BT departmanı varsa, çalışan sayısı kaçtır? ☐ 1-3 ☐ 4-7 ☐ 8 ve üzeri
13. Çalıştığınız şirketin yıllık cirosunun yüzde kaçını BT (Bilgi Teknolojileri) için harcamaktadır? ☐ %1’den az ☐ %1 ☐ %2 ☐ %3 ☐ %4 ☐ %5 ve üzeri
14. Çalıştığınız şirketin sektörde gelişen teknolojilere karşı yaklaşımı nedir? • Yenilikleri yakından takip ediyor, projelerinde uyguluyor. • Yenilikleri takip ediyor, fakat uygulama konusunda eksiklikler var. • Yeniliklere açık bir şirket değil.

15. Aşağıda projelerde sıklıkla karşılaşılan sorunlar sıralanmıştır. Çalıştığınız projelerde aşağıda belirtilen sorunlarla ne sıklıkla karşılaştığınızı değerlendiriniz.	Nadiren	Ara sıra	Sıklıkla	Çoğunlukla	Her zaman
Niteliksiz işgücü nedeniyle düşük verimlilik	☐	☐	☐	☐	☐
Makine-ekipman etkin kullanılmaması	☐	☐	☐	☐	☐
Gecikmeler	☐	☐	☐	☐	☐
Bütçe aşılması	☐	☐	☐	☐	☐
Proje tarafları arasında iletişim sorunları	☐	☐	☐	☐	☐
Şantiye ve ofis arasında bilgi alışverişi aksaklıkları	☐	☐	☐	☐	☐
İş güvenliği ile ilgili sorunlar	☐	☐	☐	☐	☐
Tasarımlararasındaçalışmalar/İnşa edilebilirlik sorunları	☐	☐	☐	☐	☐
Malzeme israfı	☐	☐	☐	☐	☐
Metraj hataları	☐	☐	☐	☐	☐
Kalite problemleri nedeniyle yeniden yapmalar (reworks)	☐	☐	☐	☐	☐
16. İnşaat 4.0 kavramıyla birlikte bazı teknolojiler inşaat sektöründe kullanılmaya başlamıştır. Aşağıda belirtilen teknolojilerden ne derece haberdar olduğunuzu derecelendiriniz?	Gık defa duyuyorum.		Duydum, fakat detaylı bilgim yok.	Teknolojiye oldukça hakimim.	
Prefabrikasyon ve Modüler Sistemler	☐		☐	☐	
Nesnelerinİnterneti (IoT) Örn: GPS üzerinden alınan verilerlekonum ve hız kontrolü.	☐		☐	☐	
İnternet Hizmetleri	☐		☐	☐	
Radyo Frekansı ile Tanıma (RFID) Örn: Yapı elemanı üzerindeki RIFD etiketinin mobil vinç üzerindeki RIFD okuyuşuyla takibi	☐		☐	☐	
Robotlar Örn: Hammade siparişlerinin otomatik verilmesi.	☐		☐	☐	
Siber Fiziksel Sistemler (CFS) Örn: Hammade siparişlerininotomatik verilmesi	☐		☐	☐	
Yapı Bilgi Modellemesi (BIM)	☐		☐	☐	
Arttırılmış Gerçeklik-Sanal Gerçeklik (AR-VR)	☐		☐	☐	
Büyük Veri (Big Data)	☐		☐	☐	
Bulut Bilişim Sistemi (Cloud Computing) Örn: Dropbox vb.	☐		☐	☐	
Drone	☐		☐	☐	
3D Yazıcılar (3d-Printing)	☐		☐	☐	
Giyilebilir Teknolojiler	☐		☐	☐	

17. Aşağıda belirtilen teknolojilerin, çalıştığınız şirket tarafından hangi sıklıkla kullanıldığını derecelendiriniz?	Kullanmıyor, kullanmayı düşünmüyor.	Kullanmıyor, fakat gelecekte olabilir.	Kullanmıyor, fakat kullanımına yönelik çalışmalar var.	Bazı projelerde kullanılıyor.	Bütün projelerde kullanılıyor.		
Prefabrikasyon ve Modüler Sistemler	☐	☐	☐	☐	☐		
Nesnelerin İnternet	☐	☐	☐	☐	☐		
İnternet Hizmetleri	☐	☐	☐	☐	☐		
Radyo Frekansı ile Tanıma	☐	☐	☐	☐	☐		
Robotlar	☐	☐	☐	☐	☐		
Siber Fiziksel Sistemler	☐	☐	☐	☐	☐		
Yapı Bilgi Modellemesi	☐	☐	☐	☐	☐		
Artırılmış Gerçeklik/Sanal Gerçeklik	☐	☐	☐	☐	☐		
Büyük Veri	☐	☐	☐	☐	☐		
Bulut Bilişim Sistemi	☐	☐	☐	☐	☐		
Drone	☐	☐	☐	☐	☐		
3D Yazıcılar	☐	☐	☐	☐	☐		
Giyilebilir Teknolojiler	☐	☐	☐	☐	☐		
18. Bir önceki listelenen teknolojilerin, inşaat sektöründe yaygın olarak kullanılmamasının olası nedenleri aşağıda sıralanmıştır. Çalıştığınız şirket koşullarını göz önünde bulundurarak, bu nedenlerin etki derecesini değerlendiriniz.			Çok az	Az	Orta	Yüksek	Çok yüksek
Teknolojik yatırımların maliyetli olması ve şirketin böyle bir yatırıma ayıracak bütçesinin olmaması			☐	☐	☐	☐	☐
Yeni bir teknoloji den fayda sağlanmasının zaman alması ve şirketin kısasırede yapılabilecek yatırımdan dönüş bekleme			☐	☐	☐	☐	☐
Dışarıdan eğitim ve danışmanlık hizmetleri almak gibi ek masraflar yaratması			☐	☐	☐	☐	☐
Mevcut ofis çalışanlarının yeni teknolojileri kullanmaya alışma zorlukları			☐	☐	☐	☐	☐
Teknolojik yeniliklerin benimsenmesi ile yeni ofis çalışanları istihdam etme zorunluluğunun gündeme gelmesi ve bunun maliyetleri arttırması			☐	☐	☐	☐	☐
Teknolojik yeniliklerin benimsenmesi ile kalifiye işçi istihdam etme zorunluluğunun gündeme gelmesi ve bunun maliyetleri arttırması			☐	☐	☐	☐	☐
Zorlu şantiye koşullarının teknolojik aletlerin kullanımına uygun olmaması (olumsuz hava koşulları, şantiye içi trafik, şantiyedeki çamur, malzeme yığınları, vs.)			☐	☐	☐	☐	☐
Projenin tüm taraflarının (ana ve alt yükleniciler, tedarikçiler, işveren, vs.) gerekli olan teknolojiyi aynı düzeyde kullanamaması			☐	☐	☐	☐	☐

Şirketin gelenekçi yapıya sahip olması ve yeniliklere yeterince açık olmaması	☐	☐	☐	☐	☐
Siber saldırılara karşı veri güvenliğinin sağlanamama endişesi	☐	☐	☐	☐	☐
Yasal düzenlemelerle ilgili belirsizliklerin olması	☐	☐	☐	☐	☐
Teknolojilerin ütöpik olarak değerlendirilmesi vesektör işleyişi itibari ile uygulanabilirliğine dair endişeler	☐	☐	☐	☐	☐
19. Ankette bahsi geçen teknolojilerin kullanımının sektörde yaratacağı olası faydalar aşağıda sıralanmıştır. Teknolojiler şirketinizde uygulandığında, ne ölçüde katkılar sağlayabileceğini değerlendiriniz	Çok az	Az	Orta	Yüksek	Çok Yüksek
İş gücü verimliliğinin artması	☐	☐	☐	☐	☐
Makine-ekipmanın daha etkin kullanılması	☐	☐	☐	☐	☐
Projenin planlanan süreden önce tamamlanması (Zaman Tasarrufu)	☐	☐	☐	☐	☐
Projenin öngörülen bütçenin altında tamamlanması (Bütçe Tasarrufu)	☐	☐	☐	☐	☐
Projenin planlanan sürede ve bütçede tamamlanması	☐	☐	☐	☐	☐
Proje tarafları arasında hızlı ve doğru bilgi akışının sağlanması	☐	☐	☐	☐	☐
Projenin ilerleyişi hakkında anlık verilerin elde edilmesi	☐	☐	☐	☐	☐
Projede karşılaşılan sorunlara hızlı müdahale edilmesi	☐	☐	☐	☐	☐
GG kazalarının önlenmesi	☐	☐	☐	☐	☐
Projenin sorunlarının ve eksikliklerinin zamanında doğru tespit edilmesi	☐	☐	☐	☐	☐
Üretimin minimum atık ile gerçekleşmesi	☐	☐	☐	☐	☐
Sürdürülebilir uygulamaların yaygınlaşması	☐	☐	☐	☐	☐
İnsan kaynaklı hataların minimize edilmesi	☐	☐	☐	☐	☐
Ürün kalitesinin artması	☐	☐	☐	☐	☐
Yüksek yapılar, dar tüneller gibi insan erişiminin zor olduğu yerlere, güvenli, kolay ve hızlı erişim sağlanması	☐	☐	☐	☐	☐
Müşteri memnuniyetinin artması	☐	☐	☐	☐	☐
Firmanın pazarda rekabet avantajı kazanması	☐	☐	☐	☐	☐
Firmanın sektörde teknoloji kullanımı konusunda öncü olması ve prestij kazanması	☐	☐	☐	☐	☐

20. Konuyla ilgili eklemek istedikleriniz varsa lütfen belirtiniz?

.....

Değerli zamanınızı ayırdığınız için çok teşekkür ederim.