



T.C.

**ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

GAYRİMENKUL GELİŞTİRME ANABİLİM DALI

DİJİTAL GAYRİMENKUL İÇİN İNŞAAT 4.0

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ADNAN AVŞAR

Tez Danışmanı

DR. ÖĞR. ÜYESİ ZEYNEP ÇOLAK

ÇANAKKALE – 2023



T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

GAYRİMENKUL GELİŞTİRME ANABİLİM DALI

DİJİTAL GAYRİMENKUL İÇİN İNŞAAT 4.0

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ADNAN AVŞAR

Tez Danışmanı

DR. ÖĞR. ÜYESİ ZEYNEP ÇOLAK

ÇANAKKALE – 2023



T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ



LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

Adnan AVŞAR tarafından Dr. Öğr. Üyesi Zeynep ÇOLAK yönetiminde hazırlanan ve 16/01/2023 tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan “**Dijital Gayrimenkul için İnşaat 4.0**” başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Gayrimenkul Geliştirme Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Dr. Öğr. Üyesi Zeynep ÇOLAK

.....

(Danışman)

Prof. Dr. Arzu BAŞARAN UYSAL

.....

Dr. Öğr. Üyesi Erdinç KESKİN

.....

Tez No : 10419905

Tez Savunma Tarihi : 16/01/2023

Doç. Dr. Yener Pazarcık

Enstitü Müdürü

.././2023

ETİK BEYAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kuralları'na uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi taahhüt ve beyan ederim.

(İmza)

Adnan AVŞAR

16/01/2023

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleŐtirilmesinde, çalıŐmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen saygı değer danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Zeynep ÇOLAK'a, çalışma süresince tüm zorlukları benimle göğüsleyen eŐim Özden ACAR AVŞAR'a ve hayatımın her evresinde bana destek olan değerli aileme sonsuz teŐekkürlerimi sunarım.

Adnan AVŞAR
anakkale, Ocak 2023



ÖZET

DİJİTAL GAYRİMENKUL İÇİN İNŞAAT 4.0

Adnan AVŞAR

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Gayrimenkul Geliştirme Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Zeynep ÇOLAK

16/01/2023, 116

Kullanılan malzeme ve uygulamaların sürdürülebilir olmaması nedeniyle verimin düşük olduğu günümüz gayrimenkul sektörü; deneyimlerimizi oluşturacak yaşam alanlarını uygun fiyatlarla oluşturamaması, konut üretim talebini karşılayamaması ve sera gazı emisyon salınımının düşük seviyelerde tutulamaması nedeniyle doğal bir değişim sürecine girmiştir. Bu değişim süreci Endüstri 4.0'ın olgunlaşan teknolojilerinin kullanılmasıyla gayrimenkul sektörünün dijitalleşmesini de sağlamaktadır.

Teknoloji odaklı inovasyon konusundaki yenilikler gayrimenkulün inşasından yıkımına kadar tüm yaşam döngüsünü etkileyerek, şu anda gerçekleşmekte olan dijital dönüşüm ile yetenek ve bilgi düzeyinin artırılmasını, kaliteli ve dayanıklı işler yapılmasını, paydaş katılımının artırılmasını ve yasal yapı oluşturulmasını sağlayacaktır.

Öte yandan dijital gayrimenkulün yapısını; gayrimenkul finans teknolojileri, paydaş ekonomileri, akıllı bina teknolojileri ve İnşaat 4.0 oluşturmaktadır. Bu sektörler arasında ise İnşaat 4.0'ın doğrudan ve dolaylı olarak dijital gayrimenkulün 1/3'ünü oluşturması nedeniyle inşaat sektörünün İnşaat 4.0'a geçişi, gayrimenkul sektörünün geleceğinin şekillenmesinde önemli bir rol üstlenmektedir.

Bu nedenle inşaat endüstrisindeki eğilimlerin ve boşlukların daha iyi analiz edilmesini sağlamak amacıyla inşaat şirketlerinin faaliyet alanlarının ve türlerinin 4.0 teknoloji bileşenlerini kullanma düzeyleri üzerindeki etkisi ile bu teknoloji bileşenlerinin şirketin performansı üzerindeki etkisi bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır. Bu kapsamda Endüstri 4.0 teknolojilerinden olgunlaşarak İnşaat 4.0'ın bileşenlerini oluşturan siber fiziksel sistemler, nesnelerin interneti, büyük veri, bulut bilişim, üç boyutlu baskı teknolojisi, robotik uygulamalar, sanal ve artırılmış gerçeklik ve siber güvenlik bileşenlerinin inşaat şirketleri tarafından gerçekleştirilme düzeylerinin bu şirketlerin performansları üzerindeki etkileri anket yöntemi ile toplanan verilerle araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Gayrimenkul Sektörü, Dijital Gayrimenkul, Dijital Dönüşüm, İnşaat 4.0.

ABSTRACT

CONSTRUCTION 4.0 FOR DIGITAL REAL ESTATE

Adnan AVŞAR

Çanakkale Onsekiz Mart University

School of Graduate Studies

Master of Science Thesis in Department of Real Estate Development

Advisor: Asst. Prof. Zeynep ÇOLAK

16/01/2023, 116

Since today's real estate sector, where the efficiency is low due to the non-sustainability of the materials and applications used, has not been able to meet today's needs because it cannot create affordable prices of living spaces that will form our experiences, cannot meet the demand for housing production and cannot keep greenhouse gas emissions at low levels, thus this situation enabled a natural change process to be entered. This process of change is the digitalization of the real estate sector by using the maturing technologies of industry 4.0.

With the digital transformation that is happening now, affecting the entire life cycle of real estate from its construction to its destruction thanks to the innovations in technology-oriented innovation, it will increase the level of talent and knowledge, perform quality and durable works, increase stakeholder participation and establish a legal structure.

On the other hand, the transition of the construction industry to Construction 4.0 plays an important role in shaping the future of the real estate industry as the structure of digital real estate consists of real estate finance technologies, stakeholder economies, smart building technologies and Construction 4.0 and among these sectors, Construction 4.0 directly or indirectly constitutes 1/3 of digital real estate.

For this reason, impact of construction companies' locations and types on levels of using 4.0 technology components and the effect of these technology components on the company's performance were constituted the purpose of this study to enable better analysis of trends and gaps in the construction industry. In this context, the effects of the level of realization of cyber physical systems, internet of things, big data, cloud computing, 3D printing technology, robotic applications, virtual and augmented reality and cyber security components that mature from Industry 4.0 technologies and formed the components of Construction 4.0 by construction companies on the performances of these companies were investigated with the data collected by the survey method.

Keywords: Real Estate Industry, Digital Real Estate, Digital Transformation, Construction 4.0.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

JÜRİ ONAY SAYFASI.....	i
ETİK BEYAN	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER.....	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xii
TABLolar DİZİNİ.....	xiii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiv

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

1

1.1. Araştırmanın Amacı ve Önemi.....	1
1.2. Araştırmanın Kapsamı	2
1.3. Araştırmanın Yöntemi	3

İKİNCİ BÖLÜM

5

GAYRİMENKUL SEKTÖRÜ

2.1. Günümüz Gayrimenkul Sektörü.....	5
2.2. Günümüz Gayrimenkul Sektöründeki Problemler	5
2.2.1. Finansman Sorunu	6
2.2.2. Üretim Teknolojisi Sorunu	7
2.2.3. Arsa Spekülasyonu Sorunu.....	9
2.2.4. Gecekondulaşma Sorunu	9
2.2.5. Kayıt Dışı Ekonomi Sorunu.....	10
2.2.6. Kiralık Konut Sorunu.....	11
2.3. Gayrimenkul Sektörünün Geleceği: Dijital Gayrimenkul	11

2.4. Gayrimenkul Sektörünün Dijitalleşme Süreci.....	15
2.5. Dijital Gayrimenkulü Yönlendirecek Küresel Baskılar.....	19
2.5.1. Yaşanabilirlik.....	20
2.5.2. Sürdürülebilirlik.....	20
2.5.3. Dayanıklılık.....	21
2.5.4. Satın Alınabilirlik.....	21

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM DİJİTALLEŞME 23

3.1. İnternet Siteleri ve Akıllı Telefon Uygulamaları.....	25
3.2. Uygulama Programı Arayüzleri (UPA'ları).....	25
3.3. Büyük Veri Analizi.....	26
3.4. Nesnelerin İnterneti (IoT).....	27
3.5. Yapay Zekâ ve Makine Öğrenimi.....	28
3.6. Blok Zinciri.....	29
3.7. Sensörler.....	31
3.8. Sanal ve Artırılmış Gerçeklik (SG ve AG).....	33
3.9. Konum Teknolojisi ve 5G Teknolojileri.....	34
3.10. Bulut Bilişim.....	35
3.11. Siber Fiziksel Sistemler (SFS).....	35
3.12. Siber Güvenlik.....	36

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM İNŞAAT SEKTÖRÜ 39

4.1. Günümüz İnşaat Sektörü.....	40
4.2. Günümüz İnşaat Sektöründeki Problemler.....	41
4.2.1. İnşaat Endüstrisindeki Verimin Düşüklüğü.....	42
4.2.2. Yeni Teknolojilerin Benimsenmesindeki İsteksizlik.....	44
4.3. İnşaat Sektörünün Geleceği: İnşaat 4.0.....	45
4.4. İnşaat Sektörünün Dönüşüm Süreci.....	47
4.5. İnşaat 4.0'ın Temel Dayanakları.....	54
4.6. İnşaat 4.0 ile Gelişen Teknolojiler.....	55
4.6.1. Akıllı Bina.....	56
4.6.2. Yapı Bilgi Modellemesi (YBM).....	58
4.6.3. Dijital İkizler.....	60

4.6.4. Modüler Yapılar.....	61
4.6.5. 3 Boyutlu Baskı Teknolojisi	63
4.6.6. Robotik Süreç Otomasyon Uygulamaları	65
4.6.7. Akıllı İnşaat Malzemeleri	66

BEŞİNCİ BÖLÜM
ARAŞTIRMA YÖNTEMİ 73

5.1. Araştırma Modeli.....	73
5.2. Araştırmanın Hipotezleri	74
5.3. Araştırmanın Evreni ve Örnekleme.....	74
5.4. Veri Toplama Yöntemi.....	75
5.5. Verilerin Analizi	76
5.6. Güvenilirlik Analizi	78
5.7. Faktör Analizi	79
5.7.1. İ4.0 Teknoloji Bileşenlerinin Faktör Analiz Sonuçları.....	79
5.7.2. Firma Performansının Faktör Analiz Sonuçları.....	80

ALTINCI BÖLÜM
BULGULAR 83

YEDİNCİ BÖLÜM
SONUÇ 97

KAYNAKÇA	101
EKLER	I
EK 1 ANKET FORMU	II
ÖZGEÇMİŞ.....	VII



SİMGELER VE KISALTMALAR

GSYH	Gayrisafi yurt içi hasıla
ABD	Amerika Birleşik Devleti
BYS	Bina Yönetim Sistemleri
CAD	Bilgisayar Destekli Tasarım
FDM	Faz Değiştiren Maddeler
FBR	Fastbrick Robotics
GYO	Gayrimenkul Yatırım Ortaklığı
RICS	The Royal Institute of Chartered Surveyors
UPA	Uygulama Programı Arayüzleri
IoT	Nesnelerin İnterneti
YBM	Yapı Bilgi Modellemesi
YZ	Yapay Zekâ
IPOS	Görüntü İşleme Doluluk Sensörleri
IOS	Akıllı Doluluk Sensörleri
SG	Sanal Gerçeklik
AG	Artırılmış Gerçeklik
GPS	Küresel Konumlama Sistemi
GSMH	Gayrisafi milli hasıla
KGF	Kredi Garanti Fonu
ENR	Engineering News Record
TKY	Toplam Kalite Yönetimi
IBI	Akıllı Bina Enstitüsü
SFS	Siber Fiziksel Sistemler
İ4.0	İnşaat 4.0

TABLULAR DİZİNİ

Tablo No	Tablo Adı	Sayfa No
Tablo 1	Pi Labs anket uygulaması – alt sektörlere göre analiz	13
Tablo 2	Nesnelerin interneti büyüme tahmini, 2016-2022	27
Tablo 3	Gelişen teknolojinin kalkınmaya etkisi	56
Tablo 4	Araştırmaya katılan personelin pozisyonu, eğitim düzeyi, yaşı ve çalışma sürelerine ilişkin bilgiler	77
Tablo 5	Firmanın faaliyet alanı, türü, sektördeki faaliyet süresi ve çalışan sayısına ilişkin bilgiler	78
Tablo 6	Güvenirlilik test sonuçları	79
Tablo 7	İ4.0 Teknoloji bileşenleri anketi açıklayıcı faktör analizi	80
Tablo 8	Firma performansının anketi açıklayıcı faktör analizi	81
Tablo 9	Tanımlayıcı istatistik değerleri	83
Tablo 10	İ4.0 Teknoloji bileşenleri ve gerçekleştirme durumları	85
Tablo 11	İ4.0 Teknoloji bileşenleri ve gerçekleştirme durumları (devam)	86
Tablo 12	Firma performans ölçüm kriterleri	90
Tablo 13	Korelasyon analizi	91
Tablo 14	Çoklu regresyon analiz sonucu	92
Tablo 15	Faaliyet alanına göre firma performans ve İ4.0 teknoloji bileşenlerinin karşılaştırılması	93
Tablo 16	Faaliyet türüne göre firma performans ve İ4.0 teknoloji bileşenlerinin karşılaştırılması	94

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Şekil Adı	Sayfa No
Şekil 1	Dijital Gayrimenkul 'ün yapısı	13
Şekil 2	Kuruluşun temelleri, 1998-2018	17
Şekil 3	2007-2020 yıllarında Amerika, Avrupa ve Asya-Pasifik Kıtalarının doğrudan ticari gayrimenkul işlem hacimleri	19
Şekil 4	Satın alınabilirliğin yapısı	22
Şekil 5	Dijitalleşme	23
Şekil 6	Blok zincirinin 6 bileşeni	30
Şekil 7	Blok zinciri kullanılan alanlar	31
Şekil 8	En yaygın kullanılan sensör: akıllı telefon	32
Şekil 9	Sanal gerçeklik görüntülemeleri	33
Şekil 10	5G teknolojisi	34
Şekil 11	Siber fiziksel sistemler (SFS)	36
Şekil 12	Siber güvenlik	37
Şekil 13	Siber güvenlik kategorileri	38
Şekil 14	Yıllık büyüme hızları	40
Şekil 15	Danimarka Tasarım Müzesi'ndeki Stressed Skins yerleştirilmesi	42
Şekil 16	Üretim endüstrisi ile inşaat endüstrisinin yıllara göre verimi	43
Şekil 17	Ülke bazında müteahhitlik firma oranları	46
Şekil 18	Apis Cor vinç yazıcı ile 3D baskılı ev	47
Şekil 19	Otis'in ekskavatörü 1841 yılı	48
Şekil 20	Buharlı traktörle çekilen bir greyder, 1918 yılı	48
Şekil 21	1917 – 1918 yılları Holt 75 traktör	49
Şekil 22	Caterpillar Diesel No. 10 Auto Patrol	50
Şekil 23	LeTourneau Super C Tournapull ve Carryall	51

Şekil 24	Case Model 320	52
Şekil 25	BM DR 631 damperli kamyonu	52
Şekil 26	Dünyanın ilk 3B baskılı Canal House	53
Şekil 27	Akıllı Binalarda yönetim uygulamaları	57
Şekil 28	YBM süreçleri	59
Şekil 29	Dijital ikiz işlevselliği	61
Şekil 30	Victoria Hall Öğrenci Yurdu	62
Şekil 31	Katlanabilir teknolojinin bazı uygulama arayüzleri	63
Şekil 32	2015 yılında dünyanın ilk 3 boyutlu baskı teknolojisi kullanılarak inşa edilen apartmanı	64
Şekil 33	Sırasıyla kaynak yapan, montaj yapan ve malzeme taşıyan robotlar	65
Şekil 34	Duvar örme robotu	66
Şekil 35	Roma Jubilee Kilisesi'nde fotokatalitik betonların kullanımı	67
Şekil 36	MATscape projesi	68
Şekil 37	Termokromik bir cam	69
Şekil 38	Likit kristal film kaplamalı cam uygulanmış pencerelerin, elektrik akımı verilmiş (a) ve elektrik akımı kesilmiş (b) görünüşleri	70
Şekil 39	CERN Bilim ve Yenilik Küresi	70
Şekil 40	Türkiye'deki ilk sürdürülebilir alışveriş merkezi: Erzurum Alışveriş Merkezi	71
Şekil 41	Akıllı BYS tarafından gerçekleştirilen otonom enerji tasarrufu eylemleri	72
Şekil 42	Araştırmanın modeli	73

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

Toplumlar ve ekonomiler için hayati önem taşıyan ve insanların yaşamlarını sürdürdükleri alanlar olan binalar ve şehirlerin daha iyi tasarlanıp inşa edilmesi gerekliliği, gayrimenkul endüstrisinin bu ihtiyaca yanıt vermesini zorunlu hale getirmiştir. Dijital gayrimenkul yani dijitalleşme ve inovasyon ile yetenek ve bilgi düzeyinin artırılması, kaliteli ve dayanıklı işler yapılması, paydaş katılımının artırılması (kamu ve özel iştiraklerin birlikte çalışması) ve yasal yapı oluşturulması (WEF, 2021) gayrimenkul endüstrisinin bir parçası olan inşaat endüstrisinin dönüşmesi ile tam anlamıyla sağlanabilir. Günümüz gayrimenkul endüstrisindeki temel problemlerden biri olan maliyetlerin her geçen gün daha da yükselmesi sorunu, kullanılan malzeme ve uygulamaların sürdürülebilir olmaması nedeniyle olduğundan dolayı İnşaat 4.0 ile bu sorunların büyük ölçüde aşılabileceği düşünülmektedir. Bu nedenle günümüz inşaat endüstrisindeki eğilimlerin ve boşlukların daha iyi analiz edilmesi gerekliliği bu çalışmanın konusu olacaktır.

1.1. Araştırmanın Amacı ve Önemi

Tezin amacı, günümüz gayrimenkul endüstrisinin muhtemelen iklim değişikliğinin (Sürdürülebilirlik; sıfır karbon hedeflerini karşılamak için, ısınma için enerji talebinin en az üçte ikisini azaltması, yenilenebilir veya karbondan arındırılmış elektriğe geçilmesi ve CO₂ emisyonlarını azaltacak veya ortadan kaldıracak olan eski binaların enerji iyileştirilmesi için sürdürülebilir olması gerekliliği vardır) ve hızlı kentleşmenin küresel baskıları tarafından (Yaşanabilirlik; gayrimenkul, kişinin hayatını sürdürdüğü alanlardır ve deneyimleri geliştirmek için tasarlanırsa değeri maksimize edilebilir. Bu tasarımların yapılabilmesi için yaşanabilir olması gerekmektedir, Dayanıklılık; şehirlerin karşı karşıya olduğu potansiyel krizler, şiddetli hava koşullarından halk sağlığı ve ekonomik şoklara kadar uzanmaktadır ve şehirler, risk yelpazesi boyunca kendilerini güçlendirmesi için dayanıklı olmalıdır ve Satın Alınabilirlik; hem bireylerin toplumsal ihtiyaçlarının karşılayabileceği hem alanlara erişme hem de işlerine rahatlıkla ulaşabildikleri alanlar sağlamak maliyetlerin azaltılmasına bağlıdır

ve bunun için de satın alınabilir olması gerekmektedir) yönlendirilerek, nesnelerin interneti, makine öğrenimi ve yapay zekâ ve blok zinciri gibi teknolojilerin olgunlaşması yoluyla ve gayrimenkul endüstrisinin önemli bir parçası olan inşaat endüstrisinin konvansiyonel inşaatın İnşaat 4.0'a geçişi ile gayrimenkul sektörünün dijitalleşmesini tam anlamıyla sağlayacak ve geleceğini şekillendirecektir.

Ülkemizde ve dünyada gayrimenkul sektörünün dijitalleşmesinde önemli bir paya sahip olan inşaat endüstrisinin dönüşümü yani İnşaat 4.0 etkisi konusunda ulusal ve uluslararası literatürde, kaynak teşkil edecek herhangi bir çalışmanın olmaması bu çalışmanın önemini ve literatüre katkısını göstermektedir. Literatürdeki çalışmaların çoğunluğu İnşaat 4.0 kavramı ve gayrimenkul sektörünün geleceği üzerine yapılan çalışmalar olup, bunlarda bir projenin yaşam döngüsü perspektifinden teknolojilerin gruplandırılmasına ya da YBM uygulamalarına odaklanmıştır. Bu tez çalışması ile gayrimenkul sektörünün dijitalleşmesinde İnşaat 4.0'ın önemi konusunda farkındalık yaratarak literatüre katkı sağlanacağı düşünülmektedir.

1.2. Araştırmanın Kapsamı

Tez altı ana bölümden meydana gelmektedir. Bu bölümlerden birinci bölüm giriş bölümü olup araştırmanın amacı, önemi, kapsamı ve yöntemi açıklanmıştır. Diğer bölümlerin kapsamı sırasıyla şu şekildedir.

- Tezin ikinci bölümünü gayrimenkul sektörü hakkında olup günümüz gayrimenkul sektörü, sektördeki problemler, sektörün geleceği olarak öngörülen dijital gayrimenkul sektörü, dijital gayrimenkul sektörünün gelişim süreci ve dijital gayrimenkulü yönlendirecek küresel baskılar hakkında bilgi verilmiştir.
- Tezin üçüncü bölümünde dijitalleşme ve dijital teknolojiler hakkında bilgi verilmiştir.

- Tezin dördüncü bölümünde günümüz inşaat sektörü, bu sektördeki problemler, sektörün geleceği olarak öngörülen İnşaat 4.0, inşaat sektörünün dönüşüm süreci, İnşaat 4.0'ın temel dayanakları ve İnşaat 4.0 ile gelişen teknolojiler hakkında bilgi verilmiştir.
- Tezin beşinci bölüm araştırmanın yöntemi hakkında olup araştırma modeli, araştırmanın hipotezi, veri toplama yöntemi, verilerin analizi, güvenlik analizi ve faktör analizi hakkında bilgi verilmiştir.
- Tezin altıncı bölümünde analiz sonucun elde edilen bulgular hakkında bilgi verilmiştir.
- Tezin son bölümü olan yedinci bölümünde ise sonuçlar değerlendirilmiştir.

1.3. Araştırmanın Yöntemi

Tezde nicel araştırma yöntemi kullanılmış ve veriler elde edilirken anket yönteminden yararlanılmıştır. Anketin uygulanacağı firma temsilcilerinin bir kısmına sorular yöneltilmiş olup anket sorularının cevaplayıcılar tarafından doğru anlaşılıp anlaşılmadığı test edilmiş ve nihai anket formu oluşturulmuştur.

Araştırmanın evrenini, inşaat alanında faaliyet gösteren ulusal ve uluslararası firmalar, araştırma örneklemini ise bahse konu firmalarda çeşitli pozisyonlarda yönetici konumunda olanlar oluşturmaktadır. Bu bağlamda seçilen örneklem, evreni temsil edecek şekilde oluşturulmuştur.

Online anket soruları, inşaat projelerinin hangi aşamaları şu anda İnşaat 4.0 teknolojileri kullanılarak kolaylaştığı ve dönüştürüldüğü; 4.0 teknolojilerin temel faaliyet alanlarının neler olduğu ve en yaygın uygulama alanları; inşaat şirketlerinin türlerine göre 4.0 teknolojilerinin gerçekleştirme durumları; inşaat şirketlerinin performanslarına 4.0 teknolojilerinin etkileri yani inşaat endüstrisinde yeni üretim anlayışları, bu üretim

anlayışlarının kazanımlarının ne olacağı, sektörde nasıl bir yankı bulduğu gibi durumlar dikkate alınarak hazırlanmıştır.



İKİNCİ BÖLÜM

GAYRİMENKUL SEKTÖRÜ

Uluslararası, ulusal ve yerel ekonomilerdeki konjonktürden etkilenen ve mülk ihtiyacı nedeniyle de kısmen tutarlı kalan gayrimenkul sektörü; ticari, endüstriyel, konut ve tarımsal mülklerin geliştirilmesini, değerlemesini, pazarlamasını, satışını, kiralamasını ve yönetimini kapsamaktadır (WEF, 2021'den uyarlanmıştır).

2.1. Günümüz Gayrimenkul Sektörü

Önemli bir yatırım varlığı sınıfı olan Gayrimenkul, dünya GSYH'nın %10'nu oluşturmaktadır. Düşük faiz oranları ve artan menkul kıymetleştirme ile önemli bir yatırım aracına dönüşen gayrimenkul sektörü, son on yılda yıllık % 3 lük bir büyüme oranı ve yıllık % 14 lük bir yatırım hacmi artışı yaşamıştır (Jones Lang LaSalle Incorporated (JLL), 2021). Jones Lang LaSalle Incorporated'e göre, 2007 yılında yüksek bir ticari işlem hacmine sahip olan gayrimenkul işlem hacimleri, 2009'dan itibaren istikrarlı bir şekilde artarak 2019'da rekor seviyeye ulaşmıştır. 2020 yılı ise birden fazla krizin (halk sağlığı, sosyal ve ekonomik) yaşandığı bir yıl olduğundan dolayı işlem hacimlerinde bir düşüş yaşanmıştır. Yatırımcılar 2019'da daha ihtiyatlı hale gelirken, devlet tahlilleri, sağlam getiriler ve istikrarlı bir yayılma ile oldukça likit kalarak dayanıklılığını ve istikrarını korumuşlardır. 2030'da dünya genelinde, gayrimenkul sektörünün GSYH'nın yaklaşık % 14.7'ye ulaşması beklenmektedir.

2.2. Günümüz Gayrimenkul Sektöründeki Problemler

Aşağıda kategorize edilmiş olan gayrimenkul sektörünün temel sorunları olan gayrimenkul sektörüne yeterli finansmanın ayrılmaması, sektöre yapılan yatırımların faydasız olarak değerlendirilmesi ve gayrimenkul sektörünün öncü bir sektör olmasının gelişimi yavaşlatacağı şeklindeki görüşler nedeniyle emek yoğun bir sanayi dalı olarak kalmasına sebep olmuştur.

Bu bölümde gayrimenkul sektörünün sorunları kategorize edilerek aşağıda detaylı olarak sırasıyla finansman, üretim teknolojisi, arsa spekülasyonu, gecekondulaşma, gayrimenkul sektöründeki kayıt dışı ekonomi, kiralık konut sorunları açıklanmıştır.

2.2.1. Finansman Sorunu

ABD’de 2007 yılında konut finansmanında benimsenen yanlış uygulamalar yani riskli ipotekli gayrimenkul piyasalarında gelişen olaylar ve finans piyasalarında borçlananların hatalı kararları sadece gayrimenkul endüstrisini değil, tüm ülkedeki sektörleri ve sonrasında dünyadaki tüm ekonomileri etkilemesi ile global ölçekli bir finansal krize dönüşmesi konut finansman sistemlerinin iyi analiz edilmesi gerektiğini göstermiştir (Özkan, 2009).

Gayrimenkul sektörünün finansmanında kullanılan en temel fon kaynağı ve konut talebini belirleyen önemli unsuru olan ve konut finansman piyasalarına kaynak olarak aktarılan hane halkı gelirleri önemli bir kısmı bankalardaki mevduat hesaplarından, hayat sigortası şirketlerinden ve emeklilik fonlarından gelen birikimlerdir. Sermaye piyasalarında menkul kıymetleştirilerek ipotekli konut kredilerinin satılmasıyla yeni fonların oluşturulması, mevduat kaynaklarından sonraki en önemli fon kaynağıdır. TOKİ belediyelerle iş birliği yaparak toplu konut projelerine kredi desteği vermektedir (Karasu, 2005).

Hâlihazırda ülkemizde konut finansmanı alanında işleyen bir sistemin olmaması ve yetersiz tasarruf ve sermaye birikimi olması yani nakit fazlası olan kişilerin ya da kuruluşların finansal piyasalarda birikimlerini değerlendirememesine ve kazanç elde edememesine, nakit ihtiyacı olanların ise bu piyasadaki yüksek maliyetlerle bu ihtiyacını karşılamak zorunda kalmasına neden olması gayrimenkul sektöründe gelişmeyi engelleyen önemli bir unsur olarak görülmektedir (Akçay, 1996; Peynircioğlu, 1988). Türkiye’de kişilerin kendi kaynaklarıyla ya da çevrelerinden borç alarak ev sahibi olma oranı %89

olduğu ve hane halkının konut almak amacıyla banka konut kredileri ile kurumsal bir şekilde finansmanı sağladığı tespit edilmiştir (Karakurt, 2006; Kömürlü, 2006).

Öte yandan konut kredisi kullananlara, şu anda alabildiklerinden daha düşük faiz oranlarında ve daha uzun vadelerde kaynak sağlayabilecek tasarruf sahipleri dünyada tasarruflarını, sermaye piyasalarıyla konut sahibi olmak isteyenlere aktarabilecekleri bir sistem olmasına karşın, ülkemizde halihazırda böyle bir sisteminin bulunmaması, diğer gelişmekte olan ülkelerden ülkemizle benzer ekonomik şartlara sahip olanların bile ulaşabildikleri uluslararası fonların, konut kredisi kullanicılarına ulaştırılmasını engellemektedir (Kömürlü, 2006).

Türkiye’de konut finansmanında fazla sübvansiyonlu finansman katkısı sağlama yönteminin seçilmiş olması; konut için yapılan birikimlerin diğer tüketim alanlarına kaydırılmasına, fon fazlası olanlardan fon ihtiyacı olanlara transfer yapılamamasına, finansal destek sağlayan birimler uzun vadeli düşük faizli kredi verecek şekilde hiçbir zaman yeterli fona sahip olamamasına neden olmuştur (Akçay, 1993;  zkan, 2009).

Konut finansman sisteminin etkin hale getirilmesiyle konut alımlarını finans kurumları tarafından kaydedilmesini sağlayacak olup arz tarafını oluşturan inşaat firmalarının ve müteahhitlerin faaliyetlerini kayıtlı bir şekilde gerçekleştirmeye zorlayacaktır böylece finansman sağlanan konutlar için ipotek finansmanı kuruluşları tarafından istenilen standartlar, niteliksiz konut üretimini ve kaçak yapılaşmayı azaltacaktır ( zkan, 2009).

2.2.2. Üretim Teknolojisi Sorunu

Konut alanında maliyetlerin artmasıyla birlikte fiyatların artışı konut almak isteyenlerin ödeme durumunu aşan seviyelere ulaştığında konut üretimini durması konut  retilimi alanındaki ana sorunu oluşturmakta olup sorunun çözümü ise; oluşan bu farkın kamu

kaynakları ile karşılanmasıyla sektörü canlandırması ve üretimde ileri teknoloji kullanımını özendirerek üretimi hızlandırması ve verimliliği artırarak maliyetleri düşürülmesi ve alanların etkin kullanılması sağlanarak daha küçük alanlı konut üretilmesiyle daha uygun maliyetlere konut üretmesidir (Aktüre, 1982; Geray, 1991). Bu nedenle konut ihtiyacının karşılanabilmesinde uygun üretim teknolojisinin kullanılmasının ne denli önemli olduğunu göstermektedir. Öte yandan konut sektörünün büyük bir hacme sahip olması sanayileşmesini hızlandıracak bir faktörken, fabrikasyon üretime olanak verecek koşulları barındırmaması, konut üretiminde genellikle inşaat ve yapı malzemesi üretim teknolojisi çok ağır gelişmesine neden olan üretim teknolojisine ayrılan sermayenin genellikle düşük tutulması, konut üretiminin dönemselsel olması ve diğer tüketim mallarının üretim sürecine kıyasla konut üretim sürecinin daha uzun olması gibi sebeplerden dolayı inşaat sektöründeki endüstrileşme daha yavaştır (Arın, 1982).

Geleneksel inşaat yöntemlerinin yaygın olarak kullanıldığı ülkelerde, bu inşaat yöntemlerinin istihdam alanı oluşturmada pozitif etkilerinin olduğu ancak uygun inşaat teknoloji kullanımının, üretimde iş gücü kullanımını % 5-50 oranında düşürdüğü tespit edilmesine karşın ileri teknoloji inşaat malzeme ve makinelerinin oluşturduğu yeni istihdam olanakları ve üretim artışıyla beraber ekonomik canlanmanın oluşması konut üretimindeki işgücünde süreklilik sağlamasını ve mevcut işgücünün bir kısmının prefabrikte üretim yapan fabrikalara geçmesini sağlayacaktır. (Yazıcıoğlu, 1981). Bununla birlikte teknoloji seçiminde bir diğer belirleyici etmen, konut üretiminde Türkiye'deki nitelikli işgücünün az olması sebebiyle kalitesiz konut üretimi oluşturduğu için işgücünün niteliğidir (Gürel, 1995).

Konut ihtiyacı bulunan ülkeler bu gereksinimlerini karşılamak için kapasite ve üretim çeşitlendirilmesine olanak sağlayan teknolojiler ile uygun maliyetli nitelik ve kullanım bakımından da günümüz üretim teknolojisiyle yarışabilecek seviyede olan yerel malzemeler kullanılmalıdır. Yapı malzemeleri, imalatında Türkiye 1980'li yıllarda dışa açılma politikasıyla birlikte üretimde nitelik ve çeşit öğeleri dikkate alınarak nitelikli bir malzeme üretim altyapısı oluşmuş olup yabancı ülkelerle kalite yönünden bir yarışacak kadar kendini yenilemiştir (Hamurkaroğlu, 1989).

2.2.3. Arsa Spekülasyonu Sorunu

Arazi kullanım şeklinden arsa kullanım şekline geçilmesi ile beraber alt yapı hizmetleri, yol, yeşil alan vb. kamusal hizmetlerin sunulması şeklindeki idari işlemler ile değeri yükselen taşınmaz bir varlık olan topraktan gelecekte oluşabilecek değer yükselişlerinden faydalanabilmek için, kişilerin arsalarını kullanmadan ellerinde tutmalarına, değerlenmesini beklemek için ihtiyaçları olmayan arsa satın almalarına arsa spekülasyonu denilmektedir (Hamamcı, 1998; Keleş, 2008).

Arsaya çoğunlukla barınma, eğitim, ulaşım, işyeri gibi gereksinimler için yararlanılırken yoğun talebin olmasıyla birlikte arsanın da sınırlı miktarda bulunması sebebiyle bu gereksinimlerden farklı olarak arsanın ticari bir varlık gibi değerlendirilmesi ve kazanç sağlanmasıyla spekülasyon oluşturmak için arsa talep edilmektedir. Ülkelerdeki mali gelişmeler ve fiyatlar genel seviyesindeki artışlar sebebiyle arsa fiyatlarının yükselmesi, arsa sahiplerinin elde ettiği kazancı artırmakta ve bu artan kazancın transferi ise rant olarak elde edilmektedir. Bu şekilde edinilen kazançlar, ülkenin sınırlı kaynaklarını iktisadi bir unsur olan verimlilik kavramının aksine arsa almaya yöneltmektedir (Kartal, 1977). Spekülasyonun kaynağı olarak ekonomi biliminde bilinen rant anlayışıyla kaynaklar getiri sağlayan üretken yerler yerine, gayrisafi hasılaya hiçbir katkısı bulunmayan yerlere kanalize olmaktadır (Sağlam, 1993).

2.2.4. Gecekondulaşma Sorunu

Gayrimenkul sektörünün problemlerinden bir diğeri de köyden kente göçle birlikte kamuya ait alanların talan edilmesiyle başlayan toplumun meyletmesinden ziyade alışkanlık halini alan ve rant oluşturmaya dönen gecekondulaşma yani mevzuata yer bulmayan, illegal ve riskli yapılaşma olan kaçak yapılaşma; kentlerimizdeki yapı stokunun büyük bir kısmı oluşturmaktadır (DPT, 2001).

Gecekondu, yerleşme alanında alçak yapıların çoğalması, kontrolsüz ve yatay olarak kentin genişlemesi yapısal çevrenin hizmet maliyetlerinin yükselmesine neden olmakta ve bu alanlarda barınanlar kent yaşam tarzını benimsemesiyle bu yapıların yeterli olmadığı görüp bunları yeniden oluşturmak istemeleri nedeniyle barınma ihtiyacının giderilmesinde ilk etapta uygun ve ekonomik bir yöntem gibi görülmekte olan ancak aslında ekonomik açıdan değerlendirildiğinde ciddi anlamda yük getiren yapılar olmaktadır (Öztürk, 2006).

Gecekondulaşma probleminin çözümü için; istihdamı ikinci derecede kentler de yaygınlaştıran dengeli bir sanayileşme politikası uygulanmalı, düşük ve dar gelirli kimseler için yasal konut alanları açılmalı, mevcut gecekondu yerleşimlerinde bir taraftan altyapı konusundaki eksiklikler tamamlanıp, diğer taraftan ise bu alanların toplu konutlar inşa edilmesi şeklinde önlemler alınmalı, öte yandan, konut ihtiyacı bulunan kesimlere de kendi çabalarıyla konut almaları için teşvik verilmeli, uygun fiyatlı arsa, tasarım, inşaat malzemesi ve kaynak temin etmek için girişimde bulunulmalıdır (DPT, 1996).

2.2.5. Kayıt Dışı Ekonomi Sorunu

Kayıt dışı ekonomi, GSMH hesaplamak amacıyla yararlanılan alışılmış istatistik metotlarına göre kestirilemeyen kaynak üretici ekonomik hareketlerin hepsini ifade etmek amacıyla kullanılmakla birlikte toplumsal ve ekonomik yaşamı düzenleyen mevzuat aleyhinde yapılan tüm faaliyetler de kayıt dışı ekonomi olarak adlandırılmakta olup rekabet dengesinin bozulmasına, kamunun kaynak kaybına neden olunmasına, yönetime isyan ile ekonomik kargaşanın oluşturulmasına sebep olabilmektedir. (Karagül, 1997; Özsoylu,1994). Konut sektörü en fazla kaçak işçiye iş veren bu nedenle de kayıt dışı ekonominin en yaygın olduğu sektörlerden biridir (Akal, Eke ve Aksoy, 1983).

Şehirlerde arsa yapım gereksinimine cevap verememesi, buralarda oluşan rantların büyülüğü ve illegal olarak satın alınması kayıt dışı ekonomiyi derinleşmesine neden olmaktadır. Öte yandan konut sektöründe kayıt dışı ekonominin gelişmesinde, firma

kurmadaki bürokrasiyle ilgili problemler, anlık gereksinimler sebebiyle istemsizce oluşan illegal oluşumlar, kayıt dışı işgücü, kayıt dışı yapım, kayıt dışı faaliyetlere neden olmaktadır (A1tuğ, 1994).

2.2.6. Kiralık Konut Sorunu

Türkiye'deki kiralık konut stokunun tümü özel mülkiyet olup bu kiralık konut rezervlerini ise kimi arsa sahibi hane halklarının birden çok konut edinmesini sağlayan yapsat yapım yöntemiyle inşa edilen konutların 1/3'ünün üstündeki rezerv oluşturmaktadır. Öte yandan konut ediniminde yapsat yönteminden toplu konut yöntemine geçilmesi, doğal olarak oluşan kiralık konut tedariğinin daralmasına ve kiralar hızla artmasına neden olacaktır (DPT, 1996). Öte yandan dünyada konut alanında geliştirilmiş olan kooperatifçilikte kiralık konut kooperatifçiliği ciddi yere sahip olmasına karşın ülkemizde uygulanmamış olup yerel yönetimlerin talebi karşılamaktan uzak miktardaki kiralık konut üretmeleri yeterli olmamaktadır (Karayalçın, 1987).

2.3. Gayrimenkul Sektörünün Geleceği: Dijital Gayrimenkul

Toplumlar ve ekonomiler için hayati önem taşıyan binalar ve şehirler, toplumların yaşamlarını sürdürdükleri alanlar olmalarından dolayı toplumların ihtiyaçlarına yanıt verebilecek binaların yapılması gerekliliği gayrimenkul endüstrisi için zorunluluktur. Ancak günümüz gayrimenkul endüstrisinin bu temel ihtiyaçları karşılayamaması doğal bir değişim süreci başlamış ve dijital gayrimenkulleşme sürecine girilmiştir. Bir varlık ve bir endüstri olarak gayrimenkul, dördüncü sanayi devriminin mümkün kıldığı yeniliklerden etkilenip yaygın olarak Dijital Gayrimenkul olarak bilinen, şu anda gayrimenkul endüstrisinde gerçekleşmekte olan dijital dönüşümdür.

Dijital Gayrimenkul, dijitalleşme ve inovasyon ile yetenek ve bilgi düzeyinin artırılması, kaliteli ve dayanıklı işler yapılması, paydaş katılımının artırılması (kamu ve özel iştiraklerin birlikte çalışması), yasal yapı oluşturulması olarak tanımlanabilir (WEF, 2021). Dijital Gayrimenkul, binaların ve şehirlerin verilerinin derlemesinde, işlenmesinde ve tasarımında teknoloji odaklı inovasyon konusunda gayrimenkul sektöründe ve tüketicilerinde bir zihniyet değişikliğine neden olan bir hareketi tanımlamaktadır (Baum ve Dearsley, 2019).

Çevrimiçi bir Dijital Gayrimenkul'ün veritabanını yöneten ve sunan Unissu, bir varlığın yaşam döngüsüne dayalı olarak Dijital Gayrimenkul pazarını kategorize etmek için alternatif bir yaklaşım benimsemektedir. 7.000'den fazla şirketten oluşan örneklemi İnşaat 4.0'ı içeriyor ancak Baum'un metodolojisi ile aynı ölçüde 'paydaş ekonomi'sini dikkate almıyor. Unissu'nun kurucu ortağı Eddie Holmes konuyu şöyle açıklamaktadır: “Her zaman bir Dijital Gayrimenkul işinin, inşadan yıkıma kadarki tüm süreci içerdiğini, temel gayrimenkul'ün yaşam döngüsü ile ilgili olarak kullanılacak teknolojiyi sağlayan bir şirket olduğu ilkesi üzerinde çalıştık.” Bir başka Dijital Gayrimenkul veri sağlayıcısı olan CRETech, gayrimenkul teknolojisi şirketlerini genel gayrimenkul alanında veya yazılım, donanım ve gayrimenkul alanlarında hizmet veren özel şirketler olarak sınıflandırmaktadır.

Küresel gayrimenkul firması CBRE ise gayrimenkulün yaşam döngüsündeki yeri veya sunduğu hizmete göre değil, belirlenen beş piyasa verimsizliğinden hangisini çözmeye çalıştığına göre Dijital Gayrimenkul'ü sınıflandırmış ve Dijital Gayrimenkul'ü, verimliliği, görünürlüğü, deneyimi, esnekliği ve üretkenliği artırmak için teknolojiyi kullanan herhangi bir gayrimenkul şirketi olarak ifade etmiştir (CBRE, 2019).

2020 yılında Baum tarafından sunulan çalışmaya göre ise, Dijital Gayrimenkul'ün yapısı beş bağımsızdan yani Finans Teknolojileri, Akıllı Bina Teknolojileri, Paydaş Ekonomi, İnşaat 4.0 ve Yasal Altyapı Teknolojileri'nden oluşmaktadır. Bu çalışmanın dayanağı ise yapılan anket uygulamasına dayanarak hazırlanan aşağıdaki tablodur.

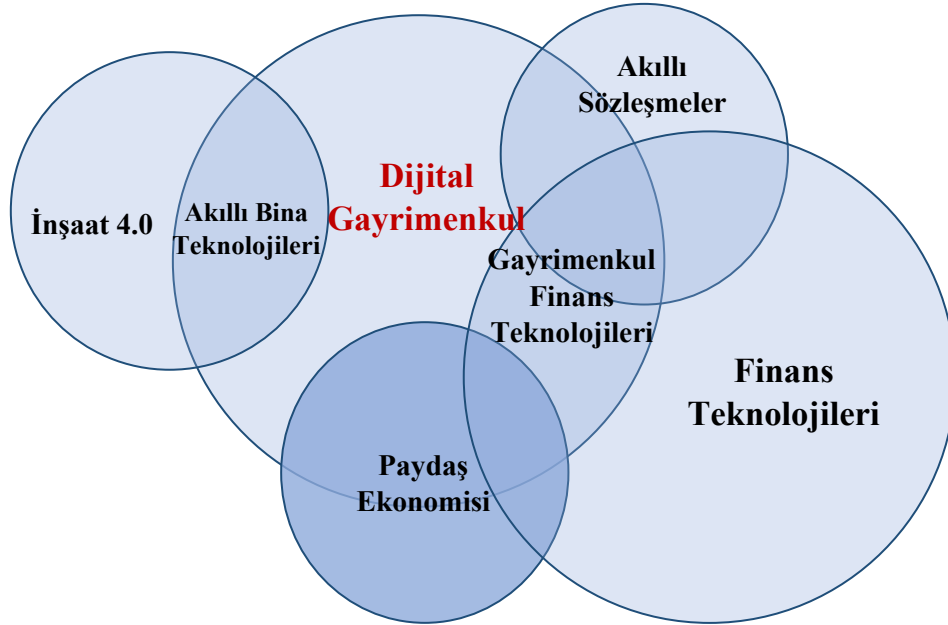
Tablo 1

Pi Labs anket uygulaması – alt sektörlere göre analiz

(Baum, 2017)

	Gayrimenkul Finans Teknolojileri	Paydaş Ekonomi	Akıllı Bina Teknolojileri	İnşaat 4.0	Toplam
Bilgi	%12.9	%0.6	%0.9	%3.1	%17.5
İşlemler/Pazar	%38.3	%16.6	%3.4	%3.4	%61.7
Yönetim/Kontrol	%0.0	%2.5	%15.0	%2.1	%19.7
Toplam	%51.2	%19.6	%19.3	%8.6	%98.8

Gayrimenkul Finans Teknolojilerinin %5.2, Paydaş Ekonomisinin %19.6, Akıllı Bina Teknolojilerinin %19.3 ve İnşaat 4.0'ın %8.6 Dijital Gayrimenkul'e doğrudan etkisinin olduğunu göstermiştir. Burada %2.2 lik eksikliğin olduğunu görmekteyiz. Bu kısmın Akıllı Sözleşmeler gibi alt sektörleri kapsadığı varsayımını yapabiliriz (Baum, 2017).



Şekil 1 Dijital Gayrimenkul 'ün yapısı

(Baum, 2020)

Baum 2020'deki çalışmasında bu bağımsızları sırasıyla şu şekilde açıklamıştır:

- Akıllı Bina Teknolojileri, gayrimenkullerin işletilmesini ve yönetimini kolaylaştıran teknoloji tabanlı platformları tanımlar. Bu gayrimenkul varlıkları, tek mülk birimleri veya tüm şehirler olabilir. Akıllı Bina Teknolojileri, kısaca bina veya şehir merkezi performansı hakkında bilgi elde edebilir veya bina bakım hizmetlerini daha kolaylaştırabilir veya kontrol edebilir kılınmasıdır. Akıllı Bina Teknolojileri gayrimenkullerin, mülk ve tesis idare edilmesini desteklemektedir.
- Kökenleri bilgisayar destekli tasarım veya CAD'de bulunan İnşaat 4.0, akıllı bina teknolojisinin güçlü bir itici gücüdür. İnşaat 4.0, binaların veya altyapıların tasarımını ve/veya inşasını destekleyen teknoloji olarak bilinmektedir.
- Gayrimenkul Finans Teknolojileri, binalar, hisse senetleri veya fonlar, borç veya öz sermaye gibi gayrimenkul varlıkların sahipliğinin ticaretini kolaylaştıran teknoloji tabanlı platformları tanımlar. Gayrimenkul Finans Teknolojileri, potansiyel alıcılar ve satıcılar için bilgi elde etmeyi kolaylaştırabilir veya bir sermaye değerine sahip mülkü satın alma veya kiralama işlemlerini kolaylaştırabilir veya (negatif veya pozitif) doğrudan etkileyebilirler. Bu sektör gayrimenkul sermaye piyasalarını desteklemektedir.
- Akıllı Sözleşmeler, birçok gayrimenkul Finans Teknoloji uygulamasının kolaylaştırıcısıdır.
- Paydaş Ekonomisi; ofisler, dükkanlar, depolar, konutlar ve diğer mülkleri kapsayan her türlü arsa veya yapıları oluşturan gayrimenkul varlıklarının kullanımını kolaylaştıran teknoloji tabanlı platformları tanımlar. Platformlar, olası alıcılara ve satıcılara veri edinimini kolaylaştırabilir ya da kiralama veya diğer ücret karşılığında alınan işleri kolaylaştırabilir veya doğrudan etkileyebilir. Bu sektör gayrimenkul işgalci piyasalarını desteklemektedir.

2.4. Gayrimenkul Sektörünün Dijitalleşme Süreci

Gayrimenkul endüstrisinin değişimi kolayca kucaklayan bir sektör olmamasının nedenleri; gayrimenkul endüstrisinin büyük ölçüde özel bir piyasada işlem gören ve büyük heterojen varlıklardan oluşan bir yapıdan ileri gelmesi, sektörde çalışanların mevcut işlerini ellerinden alacak teknoloji odaklı yeniliklere direnmeleri ve gayrimenkul sektörünün değişimini istememeleridir.

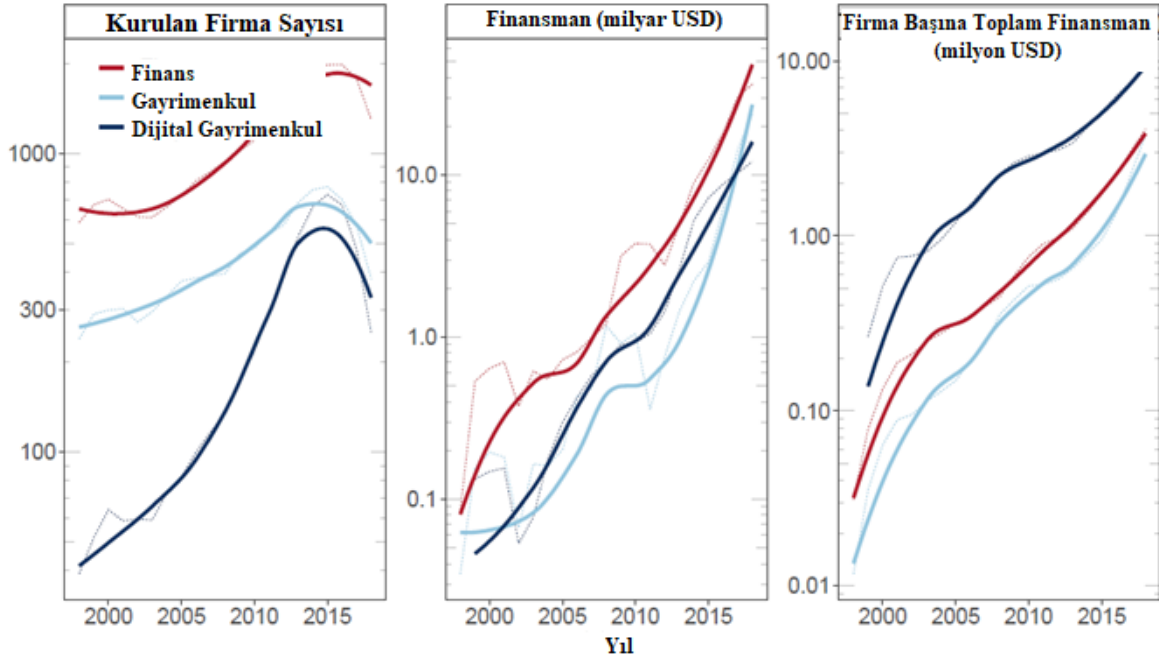
Öte yandan Frick (2019), bir ekonomik durgunluğun yeni teknolojilerin benimsenmesini teşvik etmesini şu şekilde açıklıyor: İşverenlerin artan işsizlik nedeniyle bilgisayarlarla ilgili daha iyi becerilere sahip işçileri işe almaları, teknoloji ile işletmelerin kriz dönemlerinde nasıl ve neden etkilendiğini anlamaları ve yeni teknolojiler ile düzenli operasyonların finansmanından elde edilen geridönüşler azaldıkça bu teknolojilere yatırım yapmanın fırsat maliyeti azaltmasıyla yeni teknolojilerin benimsenmesi kolaylaşır. Benzer şekilde küresel pazarlardaki 2008 krizinde, gayrimenkul şirketlerinin yarışta daha avantajlı olma ve kaynaklarını maksimum seviyeye çıkarma gereksinimi nedeniyle Dijital Gayrimenkul'de bir ilerlemeye yol açtığını belirten Block ve Aarons (2019) tarafından da öne sürülmektedir.

Dolaylı özel fon araçlarının farklı tarzlarda büyümesi, borç ve varlığa dayalı menkul kıymetleştirme, GYO'ların gelişi, türev piyasasının büyümesi şeklindeki gelişmeler, performans ölçümü ve yatırım stratejisine yönelik çok daha nicel ve araştırma odaklı bir yaklaşımdan beslendi ve talep oluşturdu ve yatırımcılar, sermaye kaynakları ve danışmanlık hizmetleri açısından gayrimenkul sektörünün hızlı küreselleşmesi, endüstrinin yalıtılmışlığını önemli ölçüde azalttı ve daha araştırma odaklı ürünler için artan talepleri beraberinde getirdi. Artan bilgi mevcudiyeti, daha fazla finansal altyapılı nicel modellemeyi mümkün kıldı ve gayrimenkul değerlendirme yazılımları ile varlık ve portföy yönetim sistemleri, bilgisayar ve teknoloji tabanlı hale geldi. Böylece gayrimenkul sektörü iki önemli teknolojik değişim döneminden geçti ve şu anda Dijitalleşmede Gayrimenkul sektörü ikinci dalğanın son çeyreğinde bulunmaktadır.

Gayrimenkul sektörünün dijitalleşmesinde ilk dalga, 1980'lerin ortalarında gerçekleşmiştir:

- 1930 yıllarında bilgisayarın icadı ve takip eden kırk senelik süredeki gelişim, gayrimenkul sektörü üzerinde neredeyse hiç etki yaratmadı. Değişimin ana itici gücü, kişisel bilgisayarın 1970'lerin sonu / 80'lerin başında tanıtılmasıydı. 1983'te Apple II ve IBM PC XT piyasaya sürüldü böylece elektronik tablo uygulamalarını destekledi ve daha sonra Excel, verilerin organizasyonu ve analizi için standard platform haline geldi. 1980'lerin ortalarında bu durum, gayrimenkul endüstrisini etkilemeye başladı.
- Bu sınırlı gelişmelerin yanı sıra, 1980'lerde e-ticaret, dünyada daha geniş alanda daha fazla yaygınlaştı, bu durumu 1990'larda internet ve e-posta izledi. Bu güne kadar çok hızlı benimsenen internet ve e-posta teknolojileri, veri depolama ve analizini daha da basitleştirdi.
- Ticari gayrimenkul yatırımlarının analizi ve yönetimi için önde gelen bir küresel yazılım ve çözüm sağlayıcısı haline gelen Argus, ilk olarak 1980'lerin ortalarından sonra kuruldu. Gayrimenkul sektörü için bir başka lider yazılım çözümleri sağlayıcısı olan Yardi, 1984 yılında kuruldu. ABD, Kanada, Birleşik Krallık, Almanya, Fransa ve İspanya'daki ticari gayrimenkul sektörüne bilgi, analiz ve pazarlama hizmetleri sağlayıcısı olan CoStar, 1987 yılında kuruldu. Bu şirketler, 2017'de ellerinde tutmaya devam ettikleri pazarın liderleri oldular.

1980'lerin ortalarında, başlangıçta kişisel bilgisayarın ve ilgili yazılımın yükselişiyle başlayan birinci dalga ile Microsoft Excel, gayrimenkul analistleri için temel araç haline ve regresyon modellemesi standart hale gelmiştir. 2000 yılında Dot-Com patlamasıyla bağlantılı olarak yatırım faaliyetleri tavan seviyesini görmüş ve Dijital Gayrimenkul 'ün ilk dalgasında yatırılan paralar, Dot-Com balonunun patlamasının ardından kaybedilmiştir.



Şekil 2 Kuruluşun temelleri, 1998-2018

(Crunchbase, 2019; Unissu, 2019; Baum, 2020)

Şekil 2, sol taraftaki grafik, finans, gayrimenkul ve yeni kurulan Dijital Gayrimenkul firmalarının sayısındaki artış ve azalışı göstermektedir. Bu grafikte, Dijital Gayrimenkul firmaları ile Gayrimenkul sektörlerine tahsis edilen firmalar arasında benzer hareketlerin olduğu ve firma sayılarının 2000'de tavan yaptığı, 2001-2003'te düşüş olduğu ve 2004'te yeniden artmaya başladığı görülmektedir.

Gayrimenkul sektörünün dijitalleşmesindeki 1. ve 2. dalga arasındaki geçiş, online konut piyasası sektörü tarafından oluşturulduğu söylenebilir. Şöyle ki, 2000 yılında Birleşik Krallık'ta o sırada Birleşik Krallık'taki en iyi dört emlak ajansı (Countrywide, Connells, Halifax ve Royal ve Sun Alliance) tarafından Rightmove kuruldu, ardından 2007'de Zoopla, ve 2015'te OnTheMarket piyasaya sürüldü. ABD'de ise 2005'te Trulia ve 2006'da Zillow piyasaya çıktı; ardından Trulia, 2015 yılında Zillow tarafından 2,5 milyar dolara satın alındı.

Gayrimenkul sektörünün dijitalleşmesindeki 2. dalgalanmayı karakterize eden üstel büyüme, serideki büyümenin yeniden başladığı 2008 civarında başladı. Yalın kodlama, bulut

bilişim, mobil internet ve geniş bant gibi teknolojiler, gayrimenkul sektörünün dijitalleşmesindeki 1. dalgalanmanın son aşamasında kurulan şirketler olan Rightmove, Zoopla, Trulia ve Zillow'da büyük gelir artışı sağlamalarına yardımcı oldu. 2010 yılına gelindiğinde, 2007/8 küresel mali krizinin neden olduğu geleneksel süreçlere olan inancın kaybolması ve akıllı telefonun ve çok platformlu dünyanın yükselişi, açık uygulama programına arayüzleri (UPA'lar) aracılığıyla kolaylaştırılmış ve *uygulamaların* oluşturulmasını daha etkin kılmıştır. Bu, tüketicinin çok sayıda anlık gayrimenkul bilgisine sıfır maliyetle erişimini kolaylaştırdı. Airbnb ve WeWork gibi yeni iş modelleri, GFC'nin ardından gelişmiş müşteri deneyimi sunabilen ve büyük kurumlara bir alternatif sunabilen bu ikinci yenilik dalgasının galipleri oldular.

2014 – 2015 yıllarında, bir zirve ve ardından ciddi bir düşüş olduğu ve bu düşüşün kısmen yeni şirketlerin tescilinde bir gecikme nedeniyle olduğu düşünülmekle birlikte asıl nedeninin, büyük bir şirket konsolidasyonu ve gayrimenkul sektörünün dijitalleşmesindeki 2. dalgalanmanın sonuna ya da olgunluğa ulaşmasıdır.

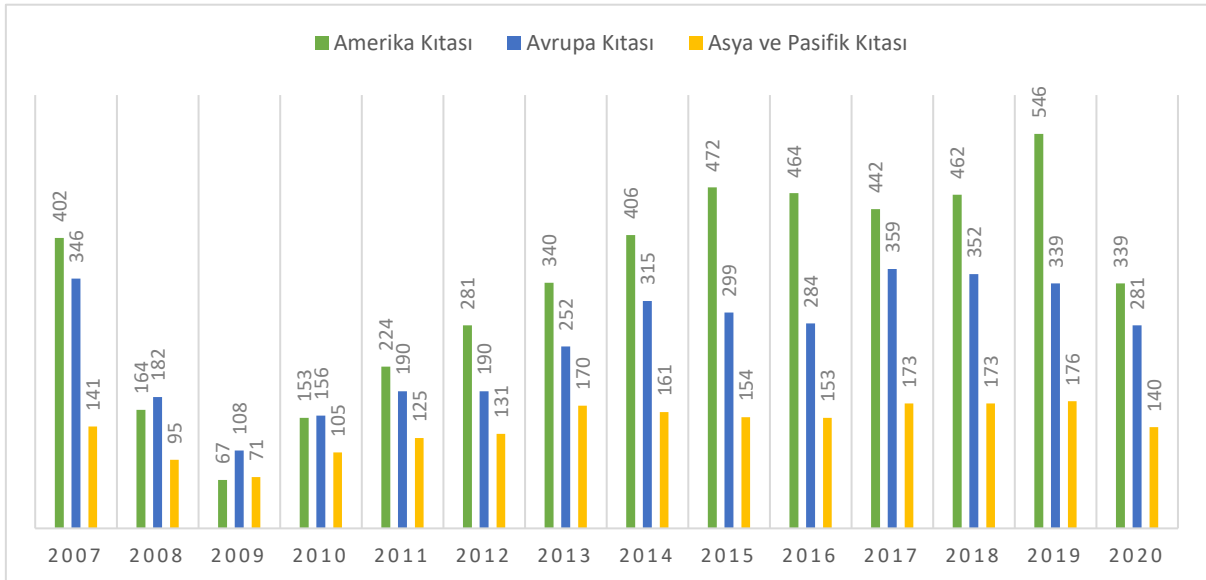
2007/2008'den 2014/2015'e kadar ciddi bir büyüme varken, 2016, 2017 ve 2018'de yeni Dijital Gayrimenkul firma kuruluş sayısında Finans ve Gayrimenkul sektörlerinde görüldenden çok daha büyük bir düşüş olmuştur. 2018 yılına kadar yeni firma kuruluş sayısı 2009 seviyesine geri döndüğü ve gayrimenkul sektörünün dijitalleşmesindeki 2. dalgalanma olan büyük çıkış sona erdiği anlaşılınca birlikte, Şekil 2'teki ortadaki grafikte görüldüğü üzere, Dijital Gayrimenkul için Finans veya Gayrimenkul sektörlerinden daha büyük büyüme oranı ile toplam finansman artmaya devam etmektedir. Şekil 2'ün sağındaki grafik ise, firma başına fon miktarının katlanarak artmaya devam ettiğini yani henüz bir düşüş olmadığı anlaşılmalıdır. Bu gösteriyor ki Gayrimenkul sektörünün dijitalleşmesindeki 2. dalgalanma büyümeye ve olgunlaşmaya devam etmektedir.

Gayrimenkul sektörünün dijitalleşmesindeki 2. dalgalanmanın zirveye ulaşmasının ardından gelecek kaçınılmaz düşüş sonrasında tam anlamıyla Dijital Gayrimenkul sürecine geçiş olacak ve muhtemelen iklim değişikliğinin (sürdürülebilirlik) ve hızlı kentleşmenin

küresel baskıları tarafından (Yaşanabilirlik, Dayanıklılık ve Satın Alınabilirlik) yönlendirilerek; Nesnelerin interneti, makine öğrenimi ve yapay zekâ ve blok zinciri gibi teknolojilerin olgunlaşması yoluyla inşaat endüstrisinin konvansiyonel inşaatın İnşaat 4.0'a geçişiyle Dijital Gayrimenkul sürecine tam anlamıyla geçilmiş olacaktır. Çünkü İnşaat 4.0'a geçiş hem küresel iklimdeki acil durum hem de küresel konut kıtlığı ile inşaat sektöründeki üretim verimliliğindeki bir artış, özellikle konut olmak üzere gayrimenkulleri finanse etme, işlem yapma ve satın alma faaliyetlerimiz üzerinde büyük bir etki oluşturacaktır.

2.5. Dijital Gayrimenkulü Yönlendirecek Küresel Baskılar

Gayrimenkul sektöründeki dalgalanmalara bakıldığında zaman Amerika'da 2007 yılındaki gayrimenkul krizi sonrası tüm dünyada işlem hacminin azaldığı ve daha sonrasında arz ve talep doğrultusunda yeniden yükselişe geçtiği pandemi ve dünyadaki ekonomik kriz nedeniyle yeniden düşüşe geçtiği ve bu durumun gayrimenkul sektöründeki problemlerin çözülmediği için yeniden gün yüzüne çıktığını ve sektörü etkilediğini göstermektedir.



Şekil 3 2007-2020 yıllarında Amerika, Avrupa ve Asya-Pasifik Kıtalarının doğrudan ticari gayrimenkul işlem hacimleri

(Jones Lang Lasalle (JLL), 2021)

Bu problemlerin kaynağının gayrimenkul sektöründeki verimsizlik olduğu ve bunun giderilmesi için dijital gayrimenkule geçilerek, gayrimenkul sektöründeki parçalanmış yasal yapı, yüksek karbon emisyonları, uygun fiyatlı konut eksikliği, yavaş teknoloji benimsemesi, şeffaf olmaması, esnekliğin azlığı gibi sorunları doğrudan çözülecek olan günümüz gayrimenkul sektörünün ihtiyaçları olan ve Dijital Gayrimenkulün temel dayanakları olarak kategorize edilen yaşanabilirlik, sürdürülebilirlik, dayanıklılık ve satın alınabilirlik bu bölümde açıklanmıştır.

2.5.1. Yaşanabilirlik

Diane Hoskins'e göre yaşanabilirlik; ilham ve keşiflerimizi sağlayan deneyimler; çalıştığımız, yaşamımızı sürdürdüğümüz, oyunlar oynadığımız ve eğlendiğimiz çeşitli yerlerle sağlanır. Gayrimenkul, kişinin hayatını sürdürdüğü alanlardır ve bu deneyimleri geliştirmek için tasarlanırsa değeri maksimize edilebilir. Yani gayrimenkullerin deneyimleri geliştirecek şekilde tasarlanması gerekmektedir. Bu da gayrimenkul sektörünün mevcut yapısındaki problemler nedeniyle mümkün olmadığı gerçeğini doğurmaktadır.

2.5.2. Sürdürülebilirlik

Binalar, dünya sera gazı emisyonunun yaklaşık %40'ını oluşturmaktadır. 2030'a kadar mevcut bina stoku, gelişmiş ülkelerdeki yapılı çevrenin % 80'ini oluşturacağı öngörülmesine rağmen, binaların yalnızca küçük bir kısmı (yaklaşık % 1-2'si) şu anda yenilenmektedir(International Energy Agency ve the United Nations Environment Programme, 2018). Sıfır karbon hedeflerini karşılamak için, ısıtma için enerji talebinin en az üçte ikisini azaltması, yenilenebilir veya karbondan arındırılmış elektriğe geçilmesi ve CO₂ emisyonlarını azaltacak veya ortadan kaldıracak olan eski binaların enerji iyileştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, yıkımdan ziyade binaların yenilenmesini veya yeniden kullanılmasını gerektirecektir. The Royal Institute of Chartered Surveyors (RICS) "tipik bir ofis binasından gelen yaşam döngüsü karbonunun %35'inin bina inşaatı esnasında salındığını" hesaplamıştır; bir konut binası için bu oran % 51'dir. Bu yeni binada yaratılan

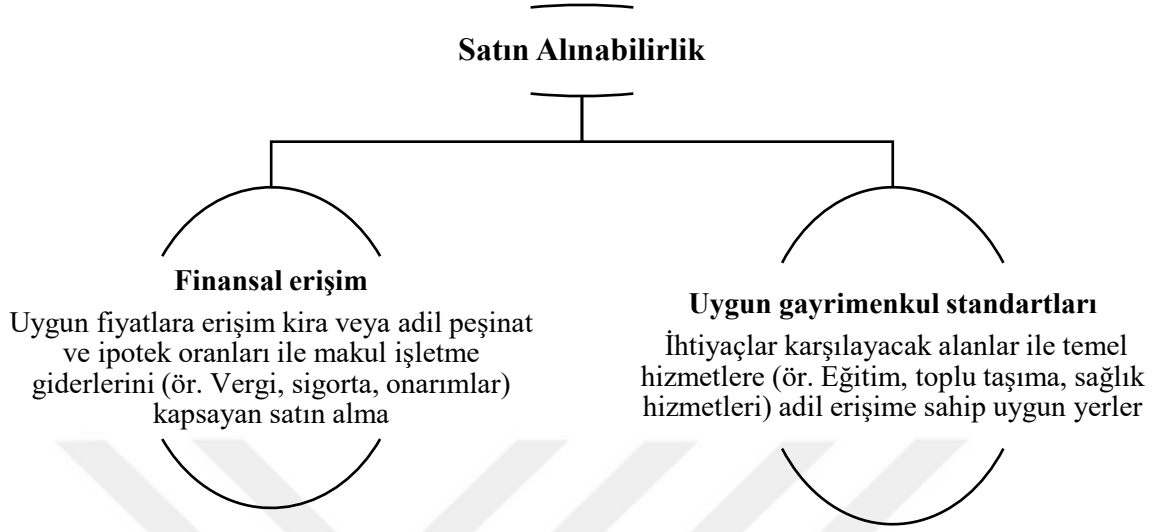
emisyon tasarruflarına rağmen karbon borcunun geri ödenmesinin on yıllar sürdüğünü de göstermektedir.

2.5.3. Dayanıklılık

Şehirlerin karşı karşıya olduğu potansiyel krizler, şiddetli hava koşullarından halk sağlığı ve ekonomik şoklara kadar uzanmaktadır ve şehirler, risk yelpazesi boyunca kendilerini güçlendirmelidir. COVID-19, hazırlıktaki eksiklikleri ve krizi şiddetlendiren yetersiz altyapıyı ortaya çıkarmıştır. İklim tehlikeleri ile ilgili olarak, dünya çapındaki şehirlerin % 76'sı ciddi şekilde iklim değişikliği risklerine maruz kalmaya devam etmektedir. Örneğin, sel baskını 2045 yılına kadar Amerika Birleşik Devletleri'nde 136 milyar dolar değerinde maddi hasara neden olacak ve 280.000 Amerikalıyı uyum sağlamaya veya yer değiştirmeye zorlayacaktır. Avustralya ve Amerika Birleşik Devletleri'nin batısında 2020'de meydana gelen şiddetli orman yangınları nedeniyle, bu tehlikeler sadece gelecekteki tehditler değil, aynı zamanda yakın zamanda oluşabilecek problemlerdir. Şehirler, riskleri izleyerek ve değerlendirerek doğal afetlerin etkisini en aza indirebilir ve dijital çözümler bu zorlukta kilit rol oynayabilirler. Örneğin, Vietnam'da Da Nang şehri, potansiyel tayfunların bölgenin konut ve altyapısı üzerindeki etkisini ve hasarını değerlendirmek için sanal bir bölge gösterge paneli uygulamış, benzer şekilde, Belçika'daki Anvers şehri, bir termal haritalama ve uyarı sistemi geliştirmiştir.

2.5.4. Satın Alınabilirlik

Hem bireylerin toplumsal ihtiyaçlarının karşılayabileceği alanlara erişme hem de işlerine rahatlıkla ulaşabildikleri alanlar sağlamak toplumun genel sağlığı için oldukça önemlidir. Çünkü bu erişim sıkıntısı istihdamı ve temel insan haklarını tehdit edebilir. Satın alınabilirlik hem finansal erişimi hem de uygun gayrimenkul standartlarını içermelidir (WEF, 2021).



Şekil 4 Satın alınabilirliğin yapısı

(WEF, 2021'den yazar tarafından uyarlanmıştır.)

Ayrıca Dünya Ekonomik Forumu'na göre, gayrimenkul maliyetlerinde yılda 100 milyar dolar tasarruf sağlanarak dünya çapında üretkenlikte % 1'lik bir artış ile bir ülkenin rekabet gücüne ve sürdürülebilir kalkınmasına katkı sağlanabilir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM DİJİTALLEŞME

Bir çok sektörde değişimi ve yeniliği destekleyen, dördüncü sanayi devrimini yönlendiren ve dijital gayrimenkul devriminin oluşmasını mümkün kılan teknolojilerin ve bunlarla ilişkilendirilebilecek uygulamaların gayrimenkul sektöründe sağlayabilecekleri faydaları ortaya çıkarmak için bu bölümde 4.0'ın olgunlaşan teknolojileri açıklanmıştır.



Şekil 5 Dijitalleşme

(“TOBB ve Visa’dan “Akıllı KOBİ” ile Dijitalleşme Seferberliği”, 2021)

Dijitalleşme, erişilebilir verilerin teknolojik cihazlar (bilgisayar, tablet, telefon vb.) tarafından kullanılabilir, sayısal ortamlarda düzenlenebilecek ve çalışma sürecine dahil edilecek şekilde dijital ortama aktarılması sürecine verilen ad olarak tanımlanabilir (Çalışkan, 2020).

Dijitalleşme, iletişim teknolojisi altyapısı ile mevcut verilerin, firmaların yeni çalışma yöntemleri oluşturmaları, inovatif çıktılar elde etmeleri ve firmaların elinde tuttuğu

bütün varlıklarından efektif olarak faydalanabilmeleri için kullanıp firmaları güçlendirilecek yeni ürünler haline getirme işlemleri yani teknolojik altyapıyla ile verilerin dijitalleştirilerek daha kullanılabilir hale getirilmesi olarak adlandırılmaktadır (Anonymous, 2015). Dijitalleşme, çalışma modelini geliştirmek ya da revize etmek amacıyla yeni bir değer ve bunu oluşturacak imkanlar oluşturabilmek hedefiyle dijital teknolojilerin ve uygulamaların yararlanılmasıdır (Gartner Inc, 2020).

Dijitalleştirme faaliyetlerinin bütün sektörlerde olduğu gibi gayrimenkul sektörü üzerindeki etkisi de her geçen gün artarak devam edecektir. Binaların inşaaı, kullanımı, işletilmesi ve yönetimi ve sermaye piyasaları da dahil olmak üzere gayrimenkulün tüm alanlarında etkisi her geçen gün daha da artacak olan dijitalleşmenin temel teknolojileri şunlardır;

- İnternet Siteleri ve Akıllı Telefon Uygulamaları,
- Uygulama Programı Arayüzleri (UPA'ları),
- Büyük Veri Analizi,
- Nesnelerin İnterneti (Nİ),
- Yapay Zekâ ve Makine Öğrenimi,
- Blok Zinciri,
- Sensörler,
- Sanal ve Artırılmış Gerçeklik (SG ve AG),
- Konum Teknolojisi ve 5G Teknolojileri,
- Bulut Bilişim,
- Siber Fiziksel Sistemler (SFS),
- Siber Güvenlik

olarak sıralamak mümkündür.

3.1. İnternet Siteleri ve Akıllı Telefon Uygulamaları

Tedarikçiler ile müşteri arasındaki kullanıcı arayüzü; sosyal medya siteleri, mobil uygulama siteleri dahil olmak üzere tüm internet siteleri, kullanıcı deneyimine odaklanıp veri toplayarak ve analiz yaparak dijitalleşme sürecinin verimliliği artıracak şekilde hazırlanılmaktadır.

Mobilite veri sağlayıcısı GYANA'ya göre, bir akıllı telefonun konum verileri, saniyede yaklaşık 20 kez yakındaki bir baz istasyonuna göndermekte ve yasalar vatandaşlarının kişisel verilerinin kendi istekleri dışında kullanılmasını engellese de çoğumuzun bu şekilde toplu veriler sunmaktayız. Uygulamaları indirirken ve çevrimiçi hizmetleri kullanırken hüküm ve koşulları kabul ettikten sonra veri koruma ayrıcalıklarımızın çoğunu devretmekteyiz.

Mobil konum analitiği, tüketici davranışının anlaşılmasını sağlamakta (Zvi, 2019) ve akıllı telefon verilerinin kullanımı, şehir içindeki bireyin davranışlarının anlaşılmasına yardımcı olmakta (Paulos vd., 2008) ve yeni akıllı şehircilik sistemlerinin oluşmasını sağlamaktadır.

3.2. Uygulama Programı Arayüzleri (UPA'ları)

Gayrimenkul piyasasının verimliliğini artırmak için Dijital Gayrimenkul uygulamalarının ihtiyaç duyulan verilere erişmesi gerekmektedir. Uygulama Programı Arayüzü veya UPA, bir işletim sisteminin veya uygulamanın özelliklerine veya verilerine erişen bir dizi işlev ve prosedürdür. Açık erişim UPA'ları, büyük uygulama maliyetleri olmadan farklı kaynaklardan gerçek zamanlı olarak gayrimenkul verilerinin bir araya getirilmesini sağlamakta ancak, ihtiyaç duyulan gayrimenkul verilerinin çoğu özel olarak

tutulmakta ve analog belgelerde bulunmaktadır bu nedenle bu verilerin toplanması veya erişilmesi o kadar kolay olmadığı da açıktır.

3.3. Büyük Veri Analizi

Büyük veri, işletim/uygulama amaçlı yararlanılan dataların boyutları çok ciddi düzeylere eriştiği dönemlerde yeni teknolojik saklama, işlem ve kullanım metotlarına ihtiyaç duyulduğunda yararlanılması olarak tanımlanmaktadır (Monino ve Sedkaoui, 2016).

Büyük veri, çoğunlukla çeşitli veri kümelerinden bir araya getirilen ve geleneksel veri analiz yöntemlerinin yeterli olmadığı büyük veri kaynaklarının özgün çözümlenmesi, işlenmesi ve saklanması olarak tanımlanmaktadır. Yani büyük veri, çok sayıda birbirinden bağımsız veri kaynağının bir araya getirilmesi, çok fazla birbiriyle bir bağı bulunmayan bilginin derlenmesi, bilinmeyen bilgilerin çok kısa bir sürede bir araya getirilmesi ile bir çok ihtiyacın karşılanmasına imkan verir (Erl, Khattak ve Buhler, 2016).

Dijitalleştirilmiş sistemleri kullananlar bunu çoğunlukla genel yazılımlar aracılığıyla yapmakta; yöneticilerin %60'ı firmalarının raporlama için, %51 değerlendirme ve nakit akışı analizi için ve %45'i bütçeleme ve tahmin için birincil araç olarak elektronik tabloları kullanmaktadır (Altus, 2019; ayrıca bkz. RICS, 2019). Bu durum 'büyük veri'ye erişimi engellemektedir.

Veri bilimi, bilgiye erişimi artırarak proje yöneticilerini daha etkili karar verme konusunda desteklemektedir (Dallasega ve diğerleri, 2018). Gayrimenkul için büyük veri; neredeyse gerçek zamanlı olarak üretilen ve geleneksel regresyon ve elektronik tablo modellerinin yorumlanmasında kullanılan sosyal medya etkinliği, herhangi mahalle için gezi danışmanı incelemeleri, telefon konum verileri vb. olabilir.

3.4. Nesnelerin İnterneti (IoT)

Nesnelerin interneti (IoT); herhangi bir beşerî etkiye veya girdiye gerek kalmaksızın teknolojik aletlerin, cihazların birbirleriyle bağlantı sağlayıp veri paylaşımıyla bilgi topladığı ve elde ettiği veriler ile karar verdiği bir ağ yapısıdır. Bir diğer tanım ise, adreslenebilir nesnelerin birbirleriyle geliştirdikleri ve global geniş bir ağda bu nesnelerin çeşitli protokoller doğrultusunda iletişim sağlamalarına Nesnelerin İnterneti denilmektedir (Anonim, 2015). Ayrıca nesnelerin interneti, internete bağlanabilen herhangi bir cihazı ifade ettiği şeklinde tanımlanmış olup bu cihaz sayısını 2022 sonunda kadar 29 milyar olacağı yönünde tahminde bulunulmuştur. (Ericsson, 2017; Wiggers, 2019)

Tablo 2

Nesnelerin interneti büyüme tahmini, 2016-2022

(Ericsson, 2017)

Bağlı cihazlar	2016	2022
Geniş alanlı Nİ, Milyar	0.4	2.1
Kısa Menzilli Nİ, Milyar	5.2	16
PC / Dizüstü / Tablet, Milyar	1.6	1.7
Cep Telefon, Milyar	7.3	8.6
Sabit Telefon, Milyar	1.4	1.3
Toplam	16	29

Çok sayıda bireysel elektronik cihaz (sensörler, anahtarlar, ampuller, telefonlar, kameralar, buzdolapları vb.) tarafından toplanan veriler, akıllı binalara ve nihayetinde akıllı şehirlere bilgi sağlayarak büyük verileri oluşturur böylece gelişmiş analitikler hazırlanabilir. IoT ayrıca bir gayrimenkulün dijital simülasyonu veya modeli olan Yapı Bilgi Modelleme (YBM) teknolojisinin geliştirilmesine de olanak tanır. Çünkü giderek kullanımı artan IoT ile yönlendirilen YBM, bir binanın yaşam döngüsü boyunca giderek daha fazla kullanılmasını sağlayacaktır.

3.5. Yapay Zekâ ve Makine Öğrenimi

Yapay zekâ; akıllı olarak da bilinen, kodlama dilinden istifade edebilme, anlayabilme, değerlendirebilme, sorunları çözümlenebilme gibi özellikleri bulunan yani yazılımlar kullanılarak teknolojik aletlerin karar vermeyi öğrenmeleri olan bilişim teknolojileri ve yazılım sistemleri biliminin bir dalıdır. Yapay zekânın daha kapsamlı tanımı ise; bilgi alma, kavrama, görme, anlama ve kararlar alabilme gibi zekâ isteyen işleri yapabilmelerini sağlayacak özelliklerle donatılmış olan araçlar yapan bir bilimdir (Pirim, 2006).

Makine Öğrenimi ise makinelere verilere erişim verebilme ve onların kendileri için öğrenmelerine izin verebilme gerektiği fikrine dayanan mevcut bir YZ uygulamasıdır (Marr, 2016). Makine Öğreniminin gerçekleştiği mevcut model, Sınır Ağı olarak bilinir. Sınır Ağı, bilgiyi insan beyninin yaptığı gibi sınıflandırarak çalışmak üzere tasarlanmış bir bilgisayar programı, kararlar verebilir veya tahminler yapabilir. Bir geri bildirim döngüsünün eklenmesi öğrenmeyi mümkün kılar. Bunlar gayrimenkul analizi ve tahmininde giderek daha fazla kullanılmakta ve geleneksel regresyon modelleriyle mümkün olanın ötesinde korelasyonlar bulmaktadır.

Doğal Dil İşleme, makinelerin insan dilindeki nüansları anlamasına ve orta düzey zekaya sahip herkesin anlayabileceği şekilde cevaplar vermesine yardımcı olmak için Makine Öğrenimi kullanan başka bir YZ uygulamasıdır. Bu, özellikle sohbet robotlarının ve müşteri hizmetlerinin bilgi edinme teknolojilerinde kullanım için önemli olmasının yanı sıra Alexa gibi son birkaç yılda konut piyasasına giren ev asistanları da popülerleşmeye başlamıştır.

Yapay zekâ geliştiriminin üçüncü bir alanı bilgisayarların dijital görüntülerden veya videolardan algılama/tanıma sistemleri, Toronto'daki Sidewalk Laboratuvarlarında yüz

tanıma skandalları, Londra'daki Kings Cross'ta etik gerekçelerle hükümet müdahalesi ve Huawei'nin ABD'de yasaklanması gibi Avrupa ve ABD gizlilik yasaları, veri güvenliği ve veri manipülasyon korkuları gibi nedenlerle kısıtlanmasına karşın bu teknoloji Çin'de yoğun olarak kullanılmakta olup bu teknolojinin gayrimenkul üzerinde büyük bir etkisi olabileceği inkâr edilemez. Yüz tanıma teknolojisinin geliştirilmesi, alan kullanımının anlaşılmasını sağlayacak ve kişisel tercihlerine göre alanlar ayarlanacaktır. Ayrıca perakendecilerin mağaza veya alışveriş merkezindeki müşteriyi daha iyi anlamasını ve buna göre alışveriş deneyimlerini kişiselleştirmesini sağlayacaktır.

3.6. Blok Zinciri

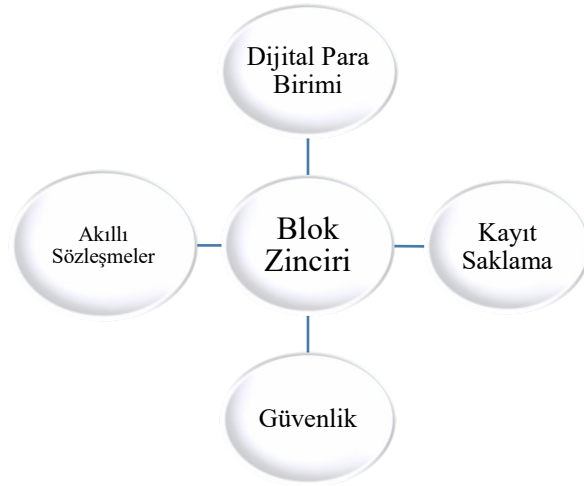
2008'de ileri sürülen blok zinciri, yöneltilmiş kayıt tutma alanı başka bir ifadeyle, yöneltilmiş, ortak kullanılan, kodlanmış, iadesi bulunmayan ve değişmeyen veri toplama alanıdır (Kakavand, Kost De Sevres ve Chilton, 2019). Blok zinciri, ağ aracılığıyla modelden yararlananların karşılıklı olarak yaptıkları faaliyetlerin tamamını teyit ederek depolayan bir veri tabanı olup blok zinciri oluşumu şöyle özetlenebilir; bloklarda tutulan işlemler birbirine bağlanarak zincir oluşturularak sisteme yazılmakta daha sonrasında blok tüm dağıtık kayıt defterlerine halihazırdaki iletişim ağı kullanılarak yayılmakta ve kodlamayla teyit edilerek eklenmektedir. Bir evvelki bloğun özeti alınıp yeni blok oluşturulur böylece sonraki blok üretilip zincire ekleme yapılır daha sonra her bir düğüm sistemdeki herhangi iki kullanıcı tarafından gerçekleştirilen bu işlemi onaylayarak kaydını tutulması sayesinde blok teyit edilir ve bu da başka birinin onları değiştirememesini sağlar ve sistemin yapısı bu şekilde sürdürülmektedir.

Blok zincirinin, aşağıdaki şekilde kısaca açıklanmaya çalışılan ölçütler üzerine inşa edilmiştir. (Lin ve Liao, 2017)



Şekil 6 Blok zincirinin 6 bileşeni

(Lin ve Liao, 2017)



Şekil 7 Blok zinciri kullanılan alanlar

Blok zinciri finans sektörüyle yani Bitcoin ile tanınmaya başlanmış olan bir teknoloji olsa da kısa sürede birçok sektörde kullanılmaya başlanan bu teknoloji, ilgili paydaşlar ile acentelerin tapu ve arazi mülkiyeti verilerine anlık olarak ulaşabilmeyi sağlayarak varlık sahibinin ihtiyaç duyduğu dokümanlara ulaşmasını sağlamış ve mülkiyet konusunda ilgililere daha kolay bilgi sağlanarak kişilere ve kurumlara hem maliyet hem de zaman kayıplarının önüne geçilmiştir (Kakavand, Kost De Sevres ve Chilton, 2019).

3.7. Sensörler

Sensör sözcüğü Türkçeye İngilizcedeki “to sense” sözlüğünün uyarlanmasıyla geçmiş olan bu sözcüğün eş anlamlıları “algılayıcı” veya “duyarga” dır (Yüksel, 2006). Sensörler, dış ortamda oluşan herhangi bir uyarıcıyı (basınç, elektrik, ısı, ışık, ivme, nem, ses, kuvvet, uzaklık ve pH gibi fiziksel veya kimyasal parametreleri) algılayıp hesaplayarak elektrik uyarıları haline getirirler (Pohanka, Pavlis ve Skladal, 2007).

Sensör teknolojisi, Dijital Gayrimenkul şirketlerinin verilerini kaydetmelerini ve verimliliklerini artırmalarını sağlayan araç setidir. Potansiyel olarak diğer cihazların içinde yer alan daha küçük, daha ucuz ve daha akıllı sensörlerin geliştirilmesiyle, gayrimenkul

endüstrisi için daha fazla kazanım elde edilecektir. Cihazlar ve her türden sensör arasındaki bu bağlantı, halihazırda Nesnelerin İnterneti olarak adlandırılmaktadır.

Modern IoT Sensörleri, Sıcaklık Sensörleri, Basınç Sensörleri, Nem Sensörleri, Akış Sensörleri, İvmeölçerler, Manyetometreler, Jiroskoplar, Atalet Sensörleri, Görüntü Sensörleri, Dokunma Sensörleri, Yakınlık Sensörleri, Akustik Sensörler, Hareket Sensörleri, Doluluk Sensörleri, Görüntü İşleme Doluluk Sensörleri (IPOS), Akıllı Doluluk Sensörleri (IOS), CO₂ Sensörleri, Işık Sensörleri ve Radar Sensörleri çok çeşitli çevresel göstergeler hakkında bilgi verebilmektedir.



Şekil 8 En yaygın kullanılan sensör: akıllı telefon

(Okatan ve Özden, 2021)

Dijital Gayrimenkul'de en yaygın kullanılan sensör akıllı telefondur. Yakın gelecekte akıllı telefonun insan izlemedeki rolünü, akıllı iş yeri tasarımını bilgilendirmek için stres seviyeleri, yorgunluk seviyeleri ve kalp atış hızı gibi biyolojik üretkenlik ve duygu göstergelerini daha iyi izleyebilen giyilebilir sensörler alacaktır.

3.8. Sanal ve Artırılmış Gerçeklik (SG ve AG)

Gerçeklik teknolojisi, birçok alanda çalışmalar yapılan ve her gün daha fazla hayatımıza giren bu teknoloji, sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik şeklinde ayrılmaktadır. Sanal gerçeklik, 3d oyunlarda daha çok kullanılan ve kişileri gerçeklikle ilgisinin tam anlamıyla ortadan kaldırıldığı bir alanı tanımlarken, artırılmış gerçeklik kullanıcıların sanal ortamda bulunan veri ve görüntülerin hayatımızdaki herhangi bir andaki görüntüye eklenebilen yani gerçek ve sanal cismin teknolojik cihazlarda birlikte görülmesine olanak tanıyan bir alanı tanımlamaktadır (İçten ve Bal, 2017).



Şekil 9 Sanal gerçeklik görüntülemeleri

(“Üniversiteden Arıcılık Eğitiminde Yeni Bir Boyut: Sanal ve Artırılmış Gerçeklik”, 2022)

YBM, SG ve AG ile birleştiğinde, mimarların tasarımlarının neredeyse gerçeğe yakın bir yorumunu yapmalarını sağlamaktadır. Arttırılmış gerçekliğe nazaran gelişmişlik bakımından daha ilerde olan sanal gerçeklik teknolojisiyle, herhangi bir yapının inşasına başlamadan önce sanal dünyada 3 boyutlu olarak oluşturulabilmekte ve işgücü-makine/ekipman-yapı ilişkisini bu ortamda analizi yapılarak inşaat sektörünün doğasındaki

karmaşıklıkta kaynaklanan hatalar azaltılmakta veya giderilebilmekte olup olası problemler için inşaat başlanmadan çözülebilmektedir.

3.9. Konum Teknolojisi ve 5G Teknolojileri

Konum teknolojileri, insanların aralarındaki hareketlerinin mekansal bir analizini sağlamak için baz istasyonlarını kullanmakta ve dijital haritalama olarak adlandırılan GPS gibi uygulamalar ile parselleri belirlemek, binalar ve de bölgeler hakkında büyük veri analitiğini beslemek için giderek daha fazla kullanılmaktadır.



Şekil 10 5G teknolojisi

(Güngör, 2019)

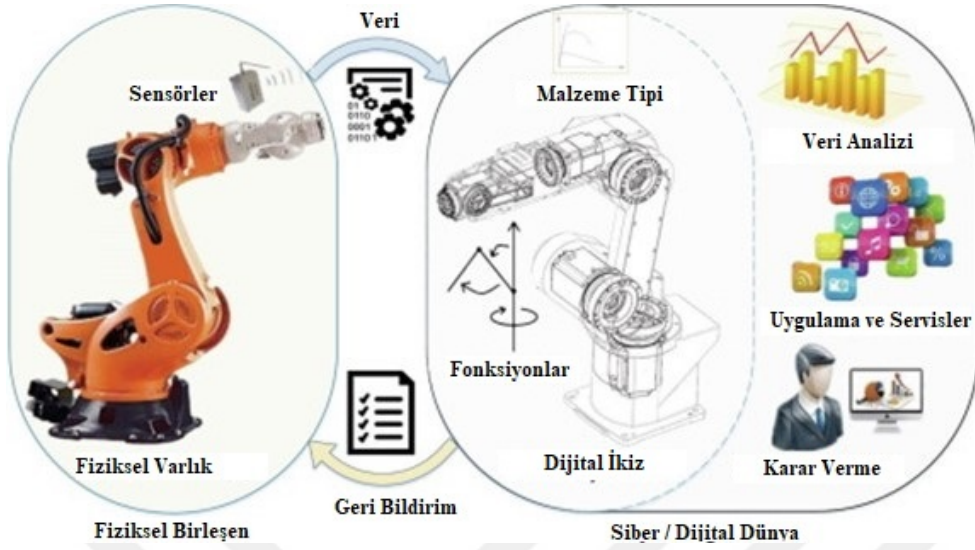
Mobil veri bağlantısının en yeni biçimi olan 5G'nin geliştirilmesi, bir bina içindeki bireylerin giderek daha doğru bir şekilde konumlandırılmasının yanı sıra, otonom araçların birbirlerine ve içinde buldukları şehirde daha doğru konumlandırılmasını sağlayacaktır.

3.10. Bulut Bilişim

Dijital Gayrimenkul'ü destekleyen teknolojilerin belki de en yaygın olanı olan bulut bilişim; verileri depolamak, yönetmek ve işlemek amacıyla internette tutulan sunucu ağı kullanan bir uygulamadır. Bu, daha önce iş yerinde tutulan dosyaların artık dünyanın herhangi bir yerindeki izni olan herkes tarafından çok sayıda uyumlu cihazdan erişilebileceği anlamına gelir. Bu teknoloji sayesinde gayrimenkul sahiplerinin gayrimenkullerini mümkün olan en basit şekilde yönetmelerini sağlayan platformlar tasarlanmaktadır. Microsoft ve RIB yazılım şirketlerinin YBM için bir bulut çözümü geliştirmesiyle daha fazla verimlilik kazanımı da beklenmektedir (PWC, 2018).

3.11. Siber Fiziksel Sistemler (SFS)

Gerçek ve dijital unsurları bir bütün haline gelen, farklı mekansal ve zamansal ölçeklerde çalışabilen, aynı anda birçok ve çeşitli hareket modeli sergileyebilen ve şartlara göre farklı tarzlarda iki unsurun iletişime girebilmesi olarak tanımlanan siber fiziksel sistemler (SFS), fiziksel bir cismin teknolojik cihazlarda oluşturulmuş olan yazılımlarla kontrol edildiği veya izlendiği sistemlerdir (US National Science Foundation, 2010).



Şekil 11 Siber fiziksel sistemler (SFS)

(Tao vd., 2019'dan yazar tarafından uyarlanmıştır)

Siber fiziksel sistemler, (SFS) genellikle gömülü teknolojiler ile birlikte kodlama sistemleri, iletişim teknolojileri, sensörler içeren bileşenler aracılığıyla gerçek dünyanın dijital dünyayla bağlanmasıdır ("Siber Fiziksel Sistemler Nedir?", 2022). SFS örnek vermek gerekirse; akıllı ağ, otonom araç ve uygulamaları, endüstriyel kontrol sistemleri, robotik otomasyon sistemleri ve otomatik pilot elektronik sistemleri gibi projeler gösterilebilir (Khaitan vd., 2020).

3.12. Siber Güvenlik

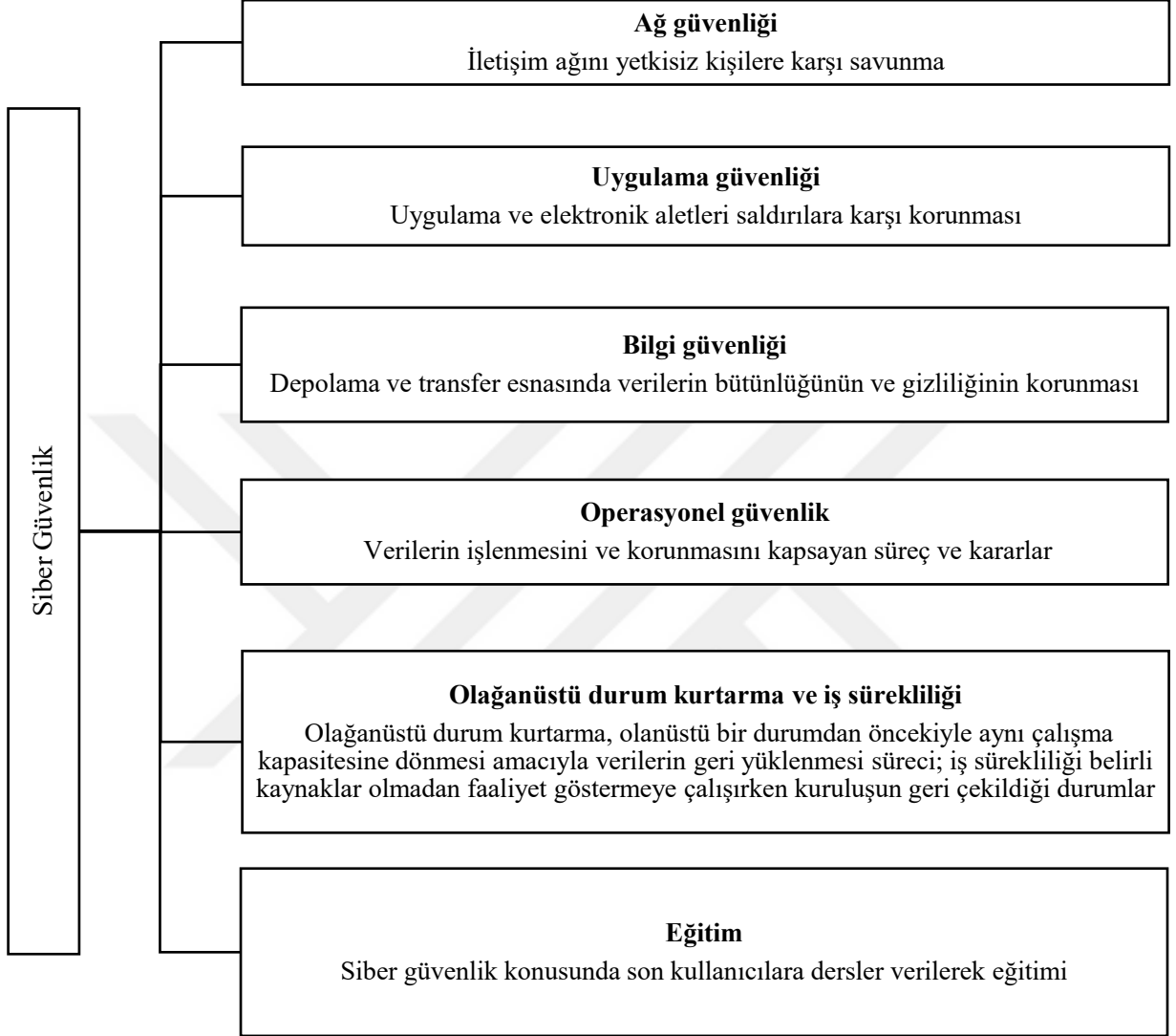
Verimli müşteri hizmetleri verebilmek ve ekonomik yönetim hizmetleri sürdürmek amacıyla siber/dijital sistemler ve yüksek hızlı bağlantı kullanan işletmeler, dijital varlıklarını güvence altına almak ve sistemlerini istenmeyen erişimden korumak için siber güvenlik sistemlerini kullanmaktadırlar.



Şekil 12 Siber güvenlik

(*“Siber Güvenlik Nedir? Veri Güvenliğini Nasıl Sağlarız?”*, 2021)

Siber güvenlik, dijital alanda verilerin veya bilgilerin depolanması ve transferi esnasında verilerin bütünlüğünün bozulmamasını ve yetkisi olmayanların bu verilere ulaşamamasını sağlamak amacıyla güvenli bir veri işleme alanı kurma girişimlerinin tümüne denilir (Canbek ve Sağıroğlu, 2006). Bilgi teknolojisi güvenliği veya elektronik bilgi güvenliği olarak da bilinen siber güvenlik; kötü amaçlı saldırılara karşı elektronik cihazları, ağları ve verileri koruma amaçlı hazırlanan uygulamalardır (*“Siber Güvenlik Nedir?”*, 2022).



Şekil 13 Siber güvenlik kategorileri

(“Siber Güvenlik Nedir?”, 2022’den yazar tarafından uyarlanmıştır.)

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

İNŞAAT SEKTÖRÜ

1985 yılında Wells tarafından inşaat terimi, genellikle altyapı, üst yapı ve ilgili tesislerin oluşturulması faaliyetini tanımlamak için kullanılmıştır. 1988 yılında ise Nam ve Tatum tarafından inşaat terimi, statik yapıların ve tesislerin inşası ve onarımı ile ilgili her türlü faaliyet olarak ifade edilmiştir. 2004 yılına gelindiğinde ise Bertelsen ve Koskela tarafından inşaat terimi, yetenekli ekiplerin iş birliği ile esaslı olarak teslimat noktasında gerçekleştirilen tek tür bir ürünün karmaşık üretimi olarak tanımlanmıştır.

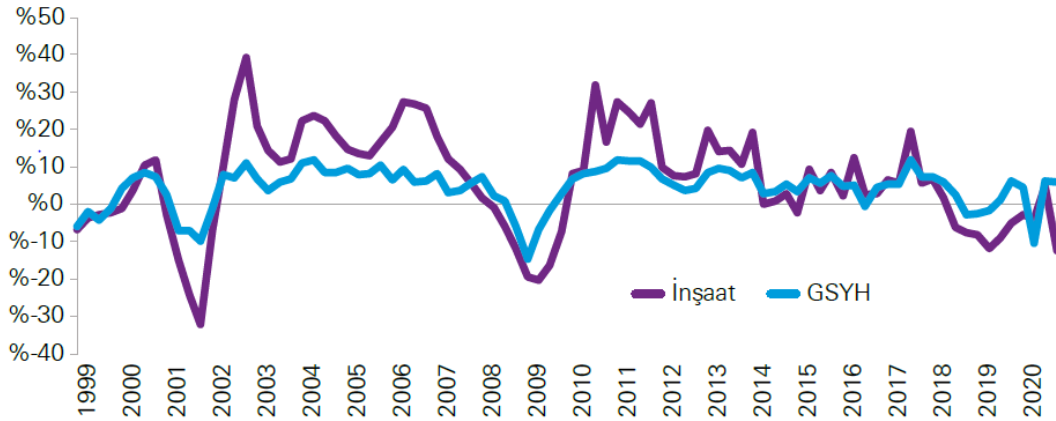
İnşaat sektörü temel olarak ofisler, hastaneler, havaalanları, alışveriş merkezleri, konutlar, fabrikalar vb. ile ilişkili üst yapıları içeren inşaat işlerini ve su temini, sulama, ulaşım, elektrik üretimi vb. için altyapıyı içeren inşaat işlerini içeren iki tip nihai ürüne sahiptir (Chris, 1998; Gould ve Joyce, 2008). Emek yoğun işgücü kullanımıyla ve yüzlerce çeşit mal ve hizmet üretimi için kendisi ile ilişkili 200'ün üzerinde yan sanayiye canlandırma spesiyalitesiyle katma değer ve istihdam oluşturarak ülke ekonomilerinin hem ulusal hem de uluslararası alanda büyük bir güç elde etmesini sağlayan inşaat sektörü, ülkelerin lokomotifi konumundadır (Koç, 2008).

İnşaat sektörü, topluma fayda sağlayan her türlü yapıyı bünyesinde barındıran ve bir hayli geniş bir hizmet yan sanayi olarak da tanımlanmakta olup sektör; GSMH hesabında üretim kolları, katma değerlerine göre dikkate alındığından (tarım, sanayi, **inşaat sanayii**, toptan ve perakende ticaret, ulaştırma ve haberleşme, mali müesseseler, **konut sahipliği**, serbest meslek ve hizmetler, banka hizmetleri gibi) inşaat sanayi ile konut sahipliği sınıflandırılmaktadır (Karluk, 2002).

4.1. Günümüz İnşaat Sektörü

2018 yılından beri daralma yaşayan sektör, 2020 yılında COVID-19 salgını sebebiyle alınan önlemler nedeniyle, halihazırdaki projelerde rötarlar ve fesihler ile düşen gayrimenkul isteği inşaat sektörüne bilhassa 2020 ikinci çeyreğinde ciddi bir küçülme yaşatmış, halihazırdaki bina stoklarının eritilmesi için yapılan kampanyalı ev satışları, pandemi sürecinin olumsuz sonuçlarını minimum seviyelere çekmek için başvurulan genişleyici para politikaları (düşük faiz, Kredi Garanti Fonu (KGF) çerçevesinde elde edilen destekler ve 49 milyar lirayı aşan nakdi krediler) ve pandemi süreci devam etmesine rağmen inşası sürdürülen Kamu Özel İşbirliği projeleri aracılığıyla 2020 3Ç’de sektör yeniden canlanmış ancak 4Ç salgındaki kaçınılmaz ikinci dalgayla önlemlerin tekrar arttırılması, arka arkaya gelen yeni varyant haberleri ve T.C. Merkez Bankası’nın para politikasında yeniden sıkılaşıma yönünde pozisyon alması olumlu havayı kısa sürede tersine çevirmiştir (KPMG Türkiye, 2021).

Yıllık büyüme hızları



Şekil 14 Yıllık büyüme hızları

(KPMG Türkiye, 2021)

Türkiye ekonomisinin büyümesinin domino taşlarından olan inşaat sektörü, son yıllarda artan maliyetler, global ekonomik krizin olumsuz etkileri ve pandemi sebebiyle daralmasına rağmen özellikle istihdamdaki gücünü, yaklaşık 1,8 milyon kişiyi doğrudan istihdamı ve 6 milyonun üzerinde kişiyi inşaatın desteklediği 250 yan sektörle birlikte dolaylı istihdamı ile koruduğu ve inşaatın doğrudan GSYH içindeki payı yüzde 4,7 düzeyinde olduğu ve yan sektörlerle birlikte dolaylı olarak GSYH içinde yüzde 35'lere varan bir paya sahip olduğu görülmektedir (“İnşaatın etkilediği 250 sektörün istihdamı 6 milyonu geçiyor”, 2022).

İnşaat sektörü, malzeme sanayisinden mimarlığa, mühendislikten teknik müşavirliğe kadar birçok sektörü içinde barındırmakta olup inşaat, demir, alçı, elektrik malzemesi, trafo, kombi, perde, mobilya, cam, parke, plastik boru, çivi, boya gibi 250 civarında yan sektörü doğrudan ve dolaylı olarak desteklemektedir (“İnşaatın etkilediği 250 sektörün istihdamı 6 milyonu geçiyor”, 2022).

Ülkenin dört bir yanında havalimanları, tüneller, otoyollar, metrolar inşa edilmesine karşın önceki yıl küresel ekonomide meydana gelen kararsızlığa ve faiz oranlarının yüksek olmasına karşın ülkemizde satılan konut sayısı yaklaşık olarak 1,5 milyon adet olması ve son 5 yılda Türkiye'de el değiştiren konut sayısı 7 milyon 125 bin olmuş olması konut yapımının inşaat sektörünü sürükleyen ana kollardan birisi olmaya devam ettireceğini göstermektedir (“İnşaatın etkilediği 250 sektörün istihdamı 6 milyonu geçiyor”, 2022).

4.2. Günümüz İnşaat Sektöründeki Problemler

Günümüz inşaat sektöründeki temel problem olan ve hatalar, gecikmeler ve koordinasyonsuzluklar sonucunda oluşan verimsizliklerin; inşaat maliyetlerinin yaklaşık % 30'a kadarını oluşturduğu (Atkins, 1993; Eaton, 1994; Forbes vd., 2002; Koskela, 2000; Tucker, 1986) bilinmekle birlikte teknolojinin benimsenmesindeki zorluklar nedeniyle

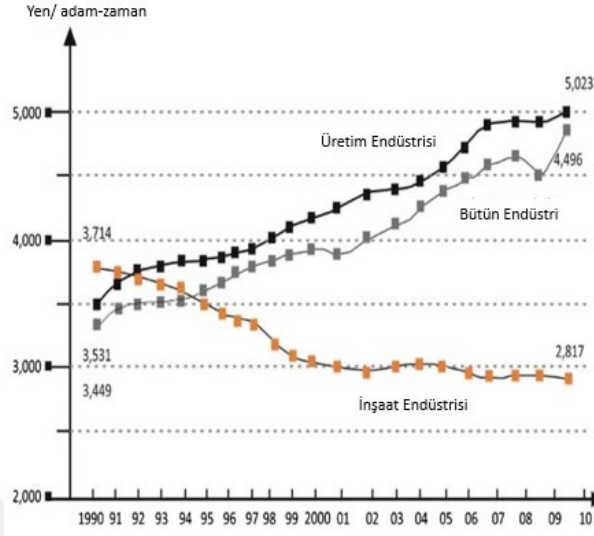
inşaat sektörü son 50 yılda ciddi bir değişime uğramamış, yeni teknolojileri ve süreçleri benimsemekte ağır kalmış, diğer sanayilerin aksine, verimliliği pek değişmemiş ve hiçbir zaman büyük bir dönüşüme uğramamıştır. Öte yandan günümüzde imalatta yaygın olarak kullanılan ileri teknolojiler, inşaat ve mimari uygulamalar için ihraç edilmekteyken (Örneğin, fotoğraf 4’de artımlı tabaka oluşturma ve kompozit üretim teknikleri ileri teknoloji içerir.) otomotiv, havacılık gibi diğer endüstriyel sektörler, kalite ve üretkenliği artırmak için dijital teknolojileri benimseyerek köklü süreç değişikliklerine uğramıştır.



Şekil 15 Danimarka Tasarım Müzesi'ndeki Stressed Skins yerleşirmesi

4.2.1. İnşaat Endüstrisindeki Verimin Düşüklüğü

Her ülke, üretkenliği ve ekonomik büyümeyi başarmanın yanı sıra bunu sürdürmek için verimliliğe değer verir. Bir ülkenin toplam yatırımının yaklaşık yarısının yapı çevreye, yani altyapılara ve tesislere tahsis etmesi ve inşaat sektörü verimliliğinde % 10'luk bir artışın GSYİH'de yaklaşık % 2,5'lik bir iyileşme ile sonuçlanması (Stoeckel ve Quirke, 1992) inşaat sektörünün stratejik önemini göstermektedir. Öte yandan yapılan çalışmalar, inşaat endüstrisindeki üretkenliğin dünya çapında son on yılda düştüğü ortaya çıkarmıştır. Aşağıdaki grafikte görüldüğü üzere üretim endüstrisi verimi yıllara göre artış gösterirken inşaat endüstrisinde verim yıllar geçtikçe azalmıştır (Construction Industry Handbook, 2012).



Şekil 16 Üretim endüstrisi ile inşaat endüstrisinin yıllara göre verimi

(Construction Industry Handbook, 2012)

İnşaat faaliyetlerindeki verimsizlik, ürüne değer katmayan ancak kaynakları tüketen herhangi bir faaliyet olarak tanımlanmaktadır (Alarcon, 1994; Koskela, 1992; Love vd., 1997). Verimsizlikler, sahadaki fazla malzeme miktarı, malzeme israfı, yetersiz malzeme tahsisi, düşük kalite (yeniden işleme/onarımlar/kusurlar), inşa kabiliyeti eksikliği, fazla üretim, gecikmeler, bekleme süresi, gereksiz malzeme taşıma, ve işçilerin hareketi gibi çeşitli faaliyetler sonucunda oluşmaktadır (Alarcon, 1994; Alwi, 1995; CII, 1986; Formoso vd., 1999; Illingworth ve Thain, 1988; Koskela, 1993; Lee vd., 1999; Robinson, 1991). Aşağıda katagorize edilerek açıklanan verimsizlik sebeplerini önlemedeki herhangi bir iyileştirme, büyük maliyet tasarrufları ile sonuçlanacağı aşikardır.

- Günümüz inşaat sektöründeki atık üretiminin yaklaşık % 40'ını inşaat endüstrisi üretmesi (Sjostorm, 1998), Hollanda ve Türkiye inşaat endüstrisinde, satın alınan her bir inşaat malzemesinin % 1 ila 10'unun katı atık olarak sahayı terk etmesi (Bossink ve Brouwers, 1996; Polat ve Ballard, 2004), kötü malzeme yönetim sistemleri nedeniyle işçilik maliyetlerinde % 10 – 12 artması (Bell ve Stukhart,

1987) ve inşaat malzemeleri, bir inşaat projesi maliyetinin % 50 – 60 'ını oluşturması (Akintoye, 1995; Ibn-Homaid, 2002; Wong ve Norman, 1997) nedenleriyle malzeme israfı oluşmaktadır.

- Avustralya, İsveç, Hollanda ve Türkiye'deki inşaat sahalarında zaman kaybının ortalama % 24 (Vershuren, 1980; Polat ve Ballard, 2004) olduğu ve ayrıca tahsis edilen kaynakları artırmadan herhangi bir inşaat % 25 zaman tasarrufunun elde edilebileceğini (Mohamed ve Tucker, 1996) göstermiştir.
- İnşaat süreci esnasında kalitesinde uygunsuzluklar, hatalar ve değişiklikler nedeniyle yeniden üretim yapılması inşaat cirosunun yaklaşık % 2 ila 12'sine mal olduğu tespit edilmiştir.. (Burati vd., 1992; Ledbetter, 1994; Love, 2002).

4.2.2. Yeni Teknolojilerin Benimsenmesindeki İsteksizlik

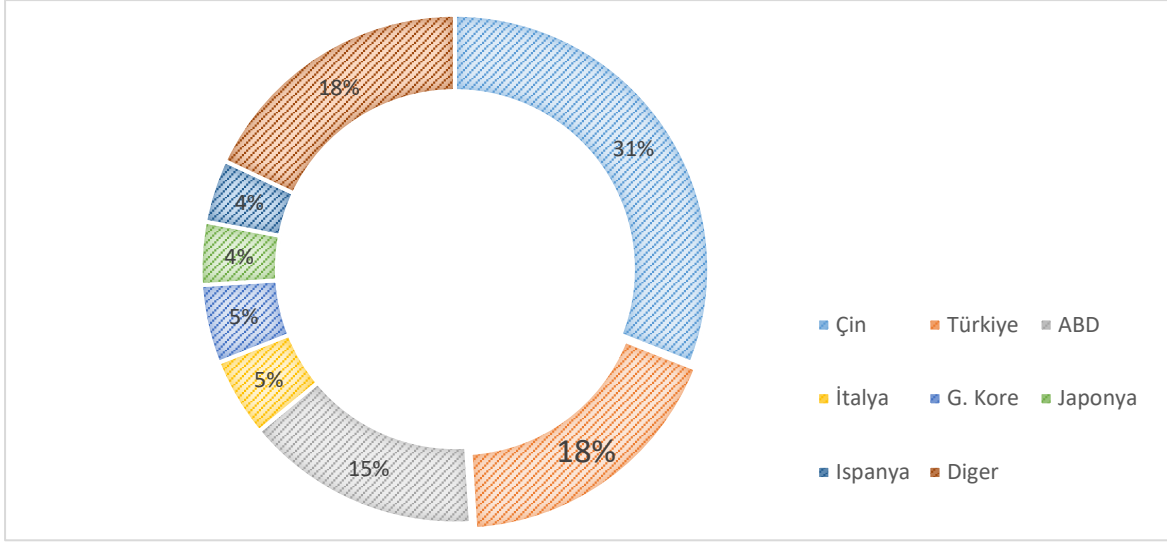
İnşaat sektörü, dijital teknolojilerin, sensör sistemlerinin, akıllı makinelerin ve akıllı malzemelerin benimsenmesiyle karakterize edilen büyük zorluklarla karşı karşıyadır. Tespit edilen zorluklar sırasıyla;

- Scape Group'un 2016 yılında Tedarik Zincirinde Sürdürülebilirlik konulu araştırmasında tüm inşaat tedarikçileri ve müteahhit katılımcılarının % 58'i vasıflı işgücü eksikliğini yeni teknolojileri ve süreçleri benimsemesi için bir engel olduğu şeklinde değerlendirmede bulunmuştur.
- İnşaat endüstrisindeki düşük Ar-Ge bütçeleri ve endüstrinin yeni stratejiler ve teknolojileri benimseme konusundaki isteksizliği de ciddi bir sınırlama oluşturmaktadır (Oesterreich ve Teuberg, 2016).

4.3. İnşaat Sektörünün Geleceği: İnşaat 4.0

Yaşam standartlarını iyileştirmeye yönelik bir çeşit geliştirme çabası olan ve yöntemlerinin birçoğunun kökleri, açık bilimsel analizden önceki dönemlere dayanan inşaat sektörü; yollar, barajlar, sulama ve kanalizasyon projeleri, okullar, evler, hastaneler, havaalanları, demiryolları, fabrikalar gibi çeşitli inşaat geliştirme projelerini uygulayarak bir ülkenin büyümesinde, gelişmesinde ve ekonomisinin canlanmasında kilit bir sektör olması yadsınamaz bir gerçektir. Sanayi sektörüyle doğrudan ilişkili olan, hem kendisinin hem de diğer sektörlerin gelişimine katkı sağlayan ve ülkemizin ekonomisinde önemli biri yer işgal eden inşaat sektörü, global çapta da dünya GSYİH'nin yaklaşık %6'sını oluşturarak dikkate değer verilere sahiptir ("Siber Fiziksel Sistemler Nedir?", 2022).

Uluslararası alanda faaliyet gösteren inşaat sektörü dergisi Engineering News Record'un (ENR) müteahhitlik şirketlerinin bir önceki yıl yurtdışındaki faaliyetlerinden elde ettikleri gelirleri esas alarak yayımladığı "Dünyanın En Büyük 250 Uluslararası Müteahhidi" listesinde 2019 yılı itibarıyla listede ilk üç sırada, 75 inşaat şirketi bulunduran Çin'in birinci, 45 inşaat şirketi ile Türkiye ikinci ve 36 şirket ile Amerika Birleşik Devletleri üçüncü olmuştur (KPMG, 2021). Bu durum inşaat sektörünün Türkiye için ne denli önemli olduğunu ve bu alandaki bir büyümenin beraberinde yeniliklere ve teknolojiye de ayak uydurmayı gerektireceği ve de ülke ekonomisine ciddi kazanımları olacağı açıktır.



Şekil 17 Ülke bazında müteahhitlik firma oranları

(KPMG, 2021)

İnşaat sektörü gerek günümüz ihtiyaçlarına cevap verebilmek (konut ihtiyacı, iklim değişikliği vb. itici kuvvetler) gerekse büyüyebilmek için endüstriyel alandaki yeniliklerden ve teknolojik gelişmelerden doğmuş olan endüstri 4.0'ın yolundan ilerleyerek gelişimini sürdürmesi gerekmektedir.

İnşaat 4.0, tüm dijital teknolojilerin birbirleriyle iletişim ve etkileşimde kullanıldığı ve inşaat sektörünün dijitalleşmeye başladığı yeni bir dönem olarak tanımlanabilir. İnşaat 4.0'ın, tüm ekipmanların internete ve birbirine bağlı olduğu ve inşaat projesinin her bir parçasının drone ve sanal simülasyonlar aracılığıyla izlenebildiği ve yönetilebildiği dijital bir şantiye binasının oluşturulmasına dayandığı belirtilmektedir (Osunsanmi ve diğerleri, 2018: 208; Oesterreich & Teuteberg, 2016). Bir başka tanım ise 2019 yılında Gürkan tarafından yapılmış olup “İnşaat 4.0 kavramı, endüstri 4.0'ı meydana getiren modern teknolojilerin ve yeni üretim tekniklerinin inşaat projesi yaşam döngüsü boyunca kullanılarak süreçlerin otomatikleştirilmesi ve dijitalleştirilmesidir” şeklindedir.



Şekil 18 Apis Cor vinç yazıcı ile 3D baskılı ev

4.4. İnşaat Sektörünün Dönüşüm Süreci

Antik çağda, el küreği veya çapa ile kafa sepetinin eşdeğerlerini kullanılarak inşaat işleri için toprağı hareket ettirmekte kullanıldı. Mekanize hafriyat işleri için gerekli iki unsur olan bağımsız bir güç kaynağı ve arazide hareketliliğı 18. yüzyılın sonlarına kadarki teknoloji tarafından sağlanamaması nedeniyle el küreği; genellikle bir el arabası veya bir yük hayvanı tarafından çekilen bir araba ya da vagonu yüklemek için kullanılan ana hafriyat makinesini oluşturmuştur.

18. yüzyılın sonlarında Sanayi Devrimi'nin başlangıcı ile buhar motorunun icadı, hafriyatı da kapsayan birbirinden farklı faaliyetlere bağımsız bir güç kaynağı vaat etti. Toprağı hareket ettirmek için buharla çalışan, raylar üzerinde hareket edebilen ve demiryolu inşaatı gibi belirli uygulamalarda faydalı olacak olan ilk kürek, 1838'de William S. Otis tarafından icat edildi.

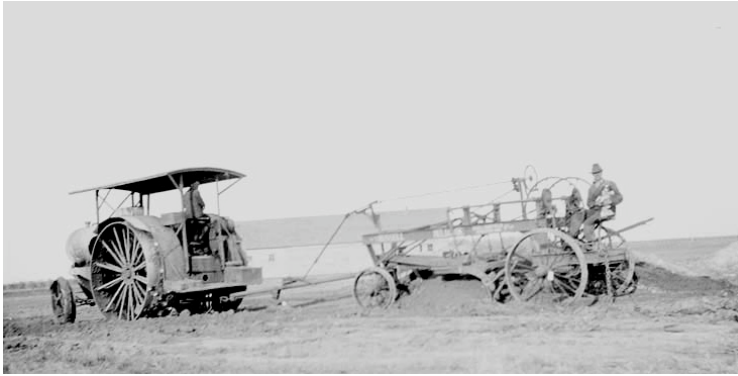


Şekil 19 Otis'in ekskavatörü 1841 yılı

(Kaynak: Hermann, E.A. ,1894)

Buharlı kürek 19. yüzyılda çok sayıda iyileştirmeden geçmesine rağmen, raya monte edilmiş, sonunda standart ölçülü vagonlarda kalmıştır. 20. yüzyılda vagona monte edilen buharlı kürekler, Panama Kanalı'nın (1904-1914) başarılı kazısı için hayati önem taşımıştır.

1860'lı yıllarda, kendinden tahrikli bir mobil aracın ilk buhar uygulaması üretildi ancak bu hantal makine kesinlikle bir arazi aracı değildi. 1876'da J. D. Adams tarafından eğik tekerlekli yol greyderinin geliştirilmesi, bir buharlı kendinden tahrikli motoruyla eşleştirildiğinde, kır yollarının inşasında ve bakımında önemli bir adım oldu.



Şekil 20 Buharlı traktörle çekilen bir greyder, 1918 yılı

(Kaynak: Pazandak F. A., 2010)

1904'te, Stockton'da buharlı çekiş motorları ve biçerdöverleri üreticisi olan Benjamin Holt, bir aracını çok kaba fakat uygulanabilir paletli traktöre dönüştürerek hafriyat ekipmanlarında çığır açacak bir gelişmeye neden oldu. Holt California delta bölgesinin çok yumuşak zemin koşullarında çalışacak paletli bir tarım traktörü üretmek için 1908'de içten yanmalı motoru benimsemesiyle kendi motorunu üretip paletli aracına monte ederek tüm zamanların en üstün ve çok yönlü hafriyat makinesini icat edip teknolojinin hızla ilerlemesini sağladı. C. L. Best of San Leandro, California, 1919 yılında Holt hattındaki her şeyden üstün bir makine olan Model 60'ı tanıttı.



Şekil 21 1917 – 1918 yılları Holt 75 traktör

(Kaynak: “Holt 75 (s / n 3580) 2008'de İngiltere'de sergileniyor”, 2008)

O zamanlar, her iki şirket de saf traktör üreticisiydi ve paletli traktörler hala esas olarak *çekici* idi ancak 1929'da hafriyat ekipmanı alanında bir mucit ve yenilikçi olan R. G. LeTourneau tarafından dozer bıçağını kontrol etmek için pratik bir araç tasarlayıp kabloyla çalışan ilk modelini üretmesiyle paletli bir itici (dozer) üretilmiş ve büyük atılım 1932'de paletli Model B Carryall kazıyıcı, kabloyla çalışan, tamamen kauçuk lastikli makineler yükleme, taşıma, yerleştirme ve tüm hafriyat döngüsünü tamamlayabilen ilk pratik tek kişilik makine ile gerçekleşmiştir.

1931 yılında Caterpillar firması tarafından çift veya tandem tahrik tekerlekleri üzerine arkaya monte edilmiş bir motor, maksimum görüş için motorun önünde operatör koltuğu ve bu koltuktan bıçak takımı işlevlerini tam olarak kontrol edilmesi sağlanacak sistem şekilde tasarlanan No. 10 Auto Patrol modeli tanıtıldı. Aynı yıl Caterpillar, Model 60 dizel traktörünü tanıttı ve 1934'te dizel motorlu modelini üretti. 1932'de Caterpillar, ürünlerinin boya rengini Holt grisinden sarıya çevirerek sonunda bir endüstri renk standardı haline gelecek olanı belirledi. Bu üç gelişme yani entegre motorlu greyder, dizel güç ve hafriyat ekipmanı için sarı boya, endüstrinin bugüne kadar izlediği yeni paradigmaları oluşturdu.



Şekil 22 Caterpillar Diesel No. 10 Auto Patrol

(Kaynak: "Caterpillar Diesel No. 10 Otomatik Devriye (PICS)", 2017)

1934'te Euclid Road Machinery şirketi, kepçeler ile ağır kaya işleri için tasarlanmış ilk modern arkadan boşaltmalı 11 ton kapasiteye sahip arazi kamyonunu tanıttı. 1935'te Euclid tarafından tekerlekli traktör-alt damperli vagon kombinasyonu ile izledi.

İkinci Dünya Savaşı'ndan önce LeTourneau tarafından bir paletli traktör tarafından itilerek toprağı 24 km/sa hızla çekip yerleştiren eklemlili ve sarkık tekerlekli traktör kazıyıcı Super C Tournapull tanıtıldı.



Şekil 23 LeTourneau Super C Tournapull ve Carryall

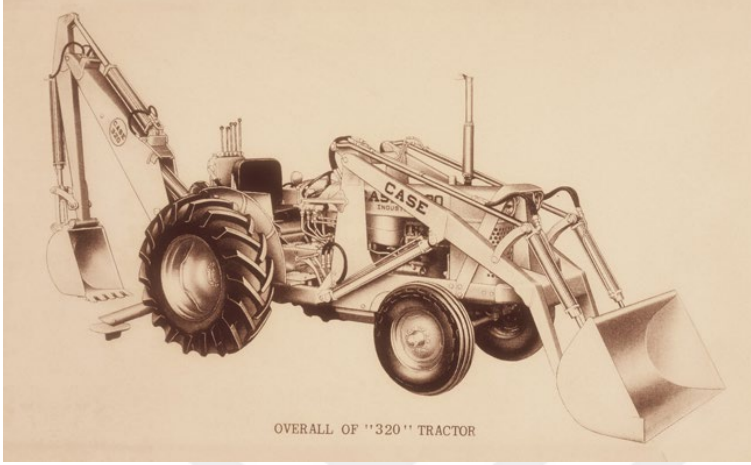
(Kaynak: Anonymous, 2022)

İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra, inşaatı ve sorunlarını anlamak ve sanayileşme, bilgisayarla bütünleşik inşaat ve toplam kalite yönetimi (TKY) gibi yöntemlerde buna uygun çözümler ve iyileştirmeler geliştirmek için birkaç farklı girişim olmuştur. Yönetimsel teknikler için ise proje planlama ve kontrol araçları, organizasyon yöntemleri, proje başarı faktörleri ve verimlilik iyileştirme yöntemleridir (Koskela, 1992).

Yirminci yüzyılın başlarında çok sayıda iyileştirmeye ek olarak, ana gelişmeler buhar gücünün kademeli olarak ortadan kalkması ve kürek ağırlığı ve kapasitesindeki istikrarlı büyümeyi içermiştir. 1947'de, Frank G. Hough Company, ön tekerlek yükleyicisi $0:57 \text{ m}^3$ olan çok yönlü hafriyat makinesi Model HF'yi piyasaya sürdü. 1947-1951 yılları arasında üreticiler tekerlekli traktör-kazıyıcı geliştirmeye odaklandı.

1954'te Alman üretici Demag hidrolik motorları dönüş ve hareket işlevlerine uygulayarak ilk tam hidrolik ekskavatörü üretti. İnşaat uygulamalarında, hidrolik ekskavatör, kabloyla çalışan elektrikli kepçeyi hızla eski haline getirdi ve bu yeni gerçeğe uyum sağlamakta yavaş olan üreticiler ortadan kayboldu. 1955'te General Motors şirketi

tarafından, yan yana ikiz dizel motorlarıyla dünyanın en büyük paletlisi haline gelen benzersiz TC-12 paletli traktörü tanıttı. 1957'de, öne monteli hafif yükleyici kepçesi ve arkaya monte hidrolik bekolu, kazı yapabilen, hendekler kazabilen, kamyonları yükleyebilen ve kaba tesviye yapabilen makine tanıtıldı.



Şekil 24 Case Model 320

(Kaynak: “The Dual History of the Backhoe Loader”, 2013)

1958'de, LeTourneau-Westinghouse tarafından hidro-pnömatik süspansiyon desteklerinin ilk kullanımını içeren değişken kesitli bir ana çerçeve ve daha iyi yük tutma için derin V tipi gövde tasarımıyla optimize edilmiş Haulpak kamyonu tanıtıldı. 1966' da Volvo, dört tekerlekten çekişli damperli kamyonu olan BM DR631'i tanıttı.



Şekil 25 BM DR 631 damperli kamyonu

(Kaynak: “BM-VOLVO DR 631”, 2022)

1982’de inşaat teknolojisi dünyasında bilgisayar destekli tasarım veya CAD kullanan mimarlık, mühendislik ve inşaat, endüstriler için yazılım yapan bir Amerikan ve şimdi çok uluslu bir yazılım şirketi olan Autodesk’in lansmanını yaptı.

1997 yılında ABD’nin Massachusetts eyaletinde kurulan Revit Technology Corporation adlı firma 1999 yılında gelişmiş CAD programları üzerinde çalışarak hazırlanmış olduğu Yapı Bilgi Sistemi yazılımı 2000 yılında ilk sürümü Revit Building adıyla yayımlanmış ve 2002 yılında Autodesk firmasının almasıyla bu firma öncülüğünde piyasaya çıkmaya devam etmiştir.

1983’te Chuck Hull’un tasarladığı katman kontrolü bulunan robotik bir yapım süreci olan 3B baskı teknolojisi, son zamanlarda bilinirliği artmış ve çok hızlı bir ilerleme katetmiştir. İnşaat sektöründe 2010 yılında 3 d teknolojisi ile tam ölçekli 3B baskılı bir binanın prototipi üretilmesiyle başlamış olup 2014 yılında 3 boyutlu baskı teknolojisi kullanılarak dünyanın ilk 3B baskı evi “Canal House” inşa edilmiştir (Micallef, 2015).



Şekil 26 Dünyanın ilk 3B baskılı Canal House
(“Dünyanın İlk 3D Baskılı Kanalı Evi”, 2016)

Şu anda, robot sistemlerinin ve diğer mikro sistem teknolojilerinin; binaların, yapı bileşenlerinin ve bina mobilyalarının doğal unsurları haline geldiği gözlemlenmekte olup sensörler, artırılmış gerçeklik sistemleri, bilişsel ve yüksek performanslı hesaplama uygulamaları, eklemeli üretim, yapay zeka, gelişmiş malzemeler, otonom robotlar ve dijital tasarım ve simülasyon sistemler zamanla hayatımızda daha da fazla yer alarak İnşaat 4.0'ın gelecekteki faaliyet alanlarını oluşturacaktır.

4.5. İnşaat 4.0'ın Temel Dayanakları

İnşaat sektörü; kötü çalışma koşullarının, düşük eğitim seviyeli insanların ve teknolojik yetersizliklerin olduğu ve genç nesillerin inşaat sektörlerine olan ilgisinin düşük olmaya başladığı, ciddi hammadde, enerji tüketimi, kusur oranı, maliyet aşımı ve zaman israfı nedeniyle verimin düşük olduğu bir sektördür. Sektörünün şu anda bu sorunları çözmek için yönetim stratejilerine verdiği etkisiz ve verimsiz çaba, günümüz inşaat teknolojisinin performans sınırına ulaşmış olduğunu ve bu durumun da teknik, organizasyonel ve ekonomik sorunların yanı sıra ekonomik ortamdaki sınırlı entegrasyon nedeniyle günümüz inşaat teknolojinin hakimiyeti altında başlangıçta düşük performanslı olarak yeni teknolojileri doğuracak olduğunu ve zaman içinde yeni teknolojilerin günümüz inşaat teknolojilerinden daha iyi bir performansının olacağını göstermektedir.

İnşaat 4.0'a dönüşüm sürecinde, İnşaat 4.0'ın sermaye yoğun olması ve inşaatın kendine has üretim aşamalarında uygun bir gelişimsel süreç sonrasında makine ihtiyacının ortaya çıkması nedeniyle değişimler bazen onlarca yıl sürebilmekle birlikte, inşaat faaliyetlerini gerçekleştirmenin ve yönetmenin geleneksel yolları, bugüne kadar benzeri görülmemiş birçok zorlukla karşı karşıyadır. Çünkü artan rekabet ve üretim ihtiyacı, kaliteyi ve verimliliği artırmak için inşaat sektörünü yeniden düşünmeye zorlamaktadır (Kärnä ve Jonnonen, 2005). Bu nedenle inşaat sektörü, yeniliklere ve teknolojik atılımlara açık bir tutum sergilemekte olup bilim adamları, Ar-Ge departmanları, üniversiteler, dernekler ve devlet kurumları tarafından desteklenen yenilikçi şirketler endüstri 4.0 ile gelişip olgunlaşan yeni teknolojileri inşaat sektöründe uygulayarak tutarlı bir şekilde bütünü değiştirecek bir

dizi yeni teknoloji ile inşaatın seyrini ve geleceğini temsil edecek olan İnşaat 4.0'ın gelişmesini sağlayacaktır.

İmalat sektörüne benzer şekilde İnşaat 4.0 olarak adlandırılan bu dönüşüm kalite ve kaynak verimliliği ile inşaat şirketlerinin üretkenliği artırmasına, proje gecikmelerini ve maliyet aşımalarını azaltmasına, karmaşıklığı yönetmesine, daha gelişmiş yapılar ortaya koyulmasına ve güvenliği artırmasına olanak sağlayacaktır. İnşaat teknolojisindeki ve pazar talebindeki gelişmeler ve artan malzeme ve bileşen çeşitliliği ve daha kısa proje süresi gereksinimleri, inşaat süreçlerindeki doğal sorunları daha da ağırlaştırma eğilimindedir (Koskela, 1992). Ancak inşaat sektöründe yapıli çevreye artan talep nedeniyle konvansiyonel üretim teknolojileri gereksiz üretim adım veya yöntemleri nedeniyle bunu karşılamakta zorlanmakta ve ciddi zaman israfına sebep olmaktadır. Ayrıca otomasyon ve robot teknolojisi adım adım dünyada her alanda yer almaya başlamıştır. Roland Berger tarafından yapılan bir ankete göre, inşaat paydaşlarının % 93'ü dijitalleşmenin her süreci etkileyeceği konusunda hemfikir olmasına rağmen, inşaat şirketlerinin % 6'sından azı dijital planlama araçlarından şu anda tam olarak yararlanmaktadır.

4.6. İnşaat 4.0 ile Gelişen Teknolojiler

Son on yılda, inşaat projelerinin performansını iyileştirme ve yönetim süreçlerini yapılandırma konusundaki muazzam ihtiyaç nedeniyle endüstri 4.0'ın çok çeşitli teknolojilerinin artan kullanımı, inşaat dijitalleşmesini, otomasyonunu ve entegrasyonunu sağlamıştır (Oesterreich ve Teuteberg, 2016).

Altus (2019), tarafından inşaat teknolojileri ile ilgili yapılan araştırmada (bkz. Tablo 3'e) en fazla değişime uğratacağına inanılan teknolojiler sırasıyla akıllı bina, prefabrikasyon (modüler inşaat), yapı bilgi modellemesi, şantiye robotları, akıllı bina tasarımları (yapay zekâ + makine öğrenimi kullanarak) ve 3 boyutlu baskı teknoloji olmuştur. Bu veriler ışında

bu 4.0 teknolojileri ile gelişen İnşaat 4.0 teknolojileri ayrıntılı olarak incelenmesi gerekliliği doğmuştur.

Tablo 3

Gelişen teknolojinin kalkınmaya etkisi

(Kaynak: Altus, 2019)

	Gelişmenin Endüstri Üzerinde Etkisinin Yok veya Çok Az	Verimlilikler ve Gelişirmenin Nasıl Yürütüldüğü Üzerinde Önemli Etki Potansiyeli	Gelişirmenin Sektöründe Büyük Değişiklikler Yaratacak
Akıllı Bina	%8	%42	%49
Prefabrikasyon	%16	%34	%49
Yapı Bilgi Modellemesi (BIM)	%10	%42	%47
Şantiye Robotları	%32	%32	%34
Akıllı Bina Tasarımı (Yapay Zeka + Makine Öğrenimi Kullanarak)	%30	%37	%30
3 Boyutlu Baskı Teknolojisi	%65	%19	%16

4.6.1. Akıllı Bina

Akıllı bir bina, enerji depolama ve talep yönlü esneklik yoluyla enerji sisteminin daha hızlı karbon salınımını stabilize edip yönlendirmesini; bina sakinlerine enerji akışları üzerinde kontrol yetkisi vermesini ve bina sakinlerinin konfor, sağlık, iç mekân hava kalitesi, güvenliği ile ilgili tüm ihtiyaçlarını algılamasını ve bunları karşılamaya çalışmasını sağlar. Akıllı binanın en temel amacı, enerjinin verimli kullanılması ve bina sakinleri için sağlıklı bir yaşam ve çalışma ortamı sağlamasıdır (De Groote, Volt ve Bean, 2017).

Washington D.C. deki Akıllı Bina Enstitüsü göre akıllı bina, dört temel elemanın yani strüktür (bina unsurları), sistemler (ışıklandırma, iklimleme vs. yönetimi), servisler

(bakım, enerji tüketimi ve faaliyet kayıtları, analizler vb.) ve yönetimin (özdevin, haberleşme ve emniyet) optimizasyonu ile verim ve maliyet etkin bir çevre sağlayarak sakinlerine; harcamaların yönetimi, enerji yönetimi, konfor, emniyet, ergonomi ve görüntü üzerinde estetikliği sağlayan yapılar olarak tanımlanmıştır (Mangan, 2006).

Amerika'nın Connecticut eyaletinin merkezi olan Hartford'da Technologies Corporation tarafından "City Place" adlı modern ofis binası ilk akıllı bina olup inşasına 1981'de başlanmış ve 1983'te tamamlanmıştır (Atasoy, 2009).

Akıllı bina uygulamaları, yapıda yararlanılan sensörler aracılığıyla daha önceden belirlenmiş farklı durumlara göre reaksiyon göstererek daha gelişmiş, refah ve daha fazla enerji verimi oluşturan alanlar elde edilmesini sağlamakta olup ışıklandırma, iklimleme yönetimi, uzaktan denetim, takip, emniyet, enerji verimi ve bütün elektronik aletlerin farklı durumlara karşı yönetimidir (MEB, 2015).



Şekil 27 Akıllı Binalarda yönetim uygulamaları

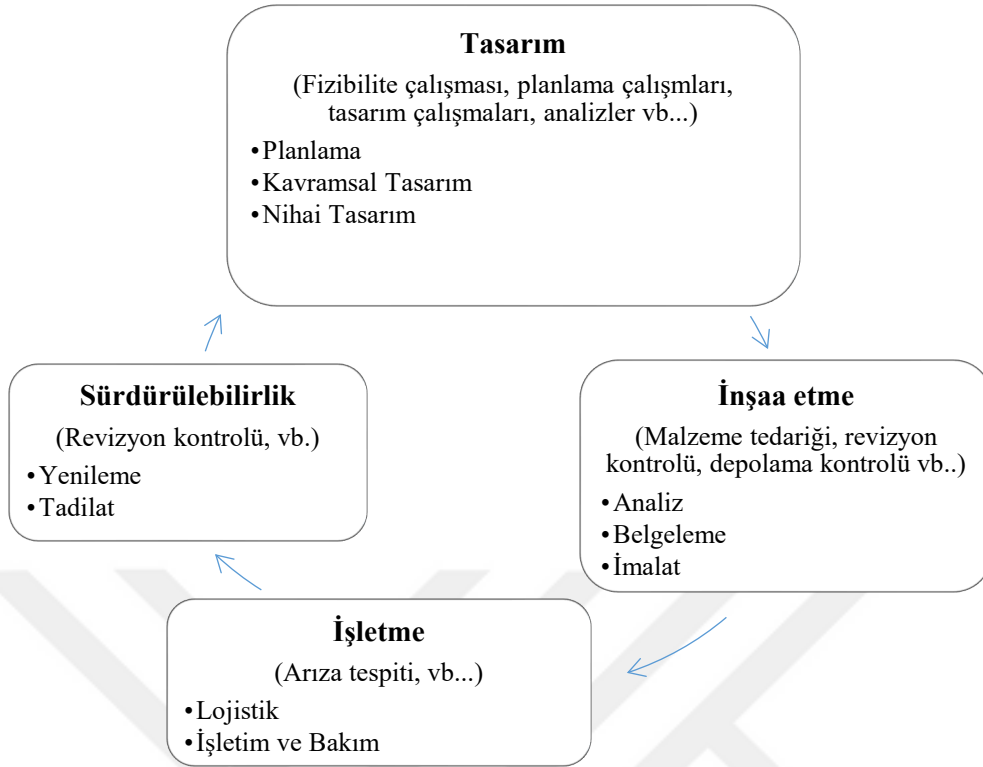
(Mangan, S. D., 2006 yılındaki çalışmasından yazar tarafından uyarlanmıştır.)

4.6.2. Yapı Bilgi Modellemesi (YBM)

Geleneksel CAD'in (Bilgisayar Destekli Tasarım) halefi olan Yapı Bilgi Modellemesi (YBM), projenin herhangi bir yönünü simüle etmek için sanal modellemeyi ve kullanıcılar tarafından girilen bilgileri kullanarak tüm paydaşlara projenin yaşam döngüsü boyunca hizmet veren bir sistem olarak tanımlanmıştır (Tezel ve Aziz, 2017).

YBM, üç boyutlu (3B) tasarım modeli oluşturulup sonrasında faaliyet sahipleriyle tedarikçileri bina tasarımı, yapımı ve bina kontrolünü iyileştirilmesine destek olmak amacıyla üç boyutlu modeli kullanarak uyumlu çalışmayı, simülasyonu ve görsel olarak algılamayı kolaylaştıran bir süreçtir ("YBM Pilot Projesi Başlangıç Rehberi", 2018).

Yapı Bilgi Modelleme (YBM) teknolojisi, bir yapının somut ve işlevsel niteliklerinin dijital temsili olarak düşünülebilir. YBM, bir tesis hakkında alınacak kararlar için yaşam döngüsü boyunca güvenilir bilgi paylaşılan bir bilgi kaynağıdır (Ulusal BIM Standardı, 2014). Binanın dijitalinin oluşturulması, daha iyi kontrol yönetimi ve veri sağlayarak binaların inşası ve ömrü boyunca maliyetlerin ve risklerin azaltılmasına yardımcı olacaktır. Çünkü sahada az inşaat hatası oluşacak böylece daha az yeniden inşa etmeyi, siparişlerde daha az değişiklik yapmayı sağlayacaktır (Melki, 2018).



Şekil 28 YBM süreçleri

(“The Top 10 Benefits of Using YBM”, 2018’den uyarlanmıştır.)

Yapı Bilgi Modeli kullanım alanlarına göre kullanım amaçları aşağıda verilmiştir (Forbes ve Ahmed, 2011):

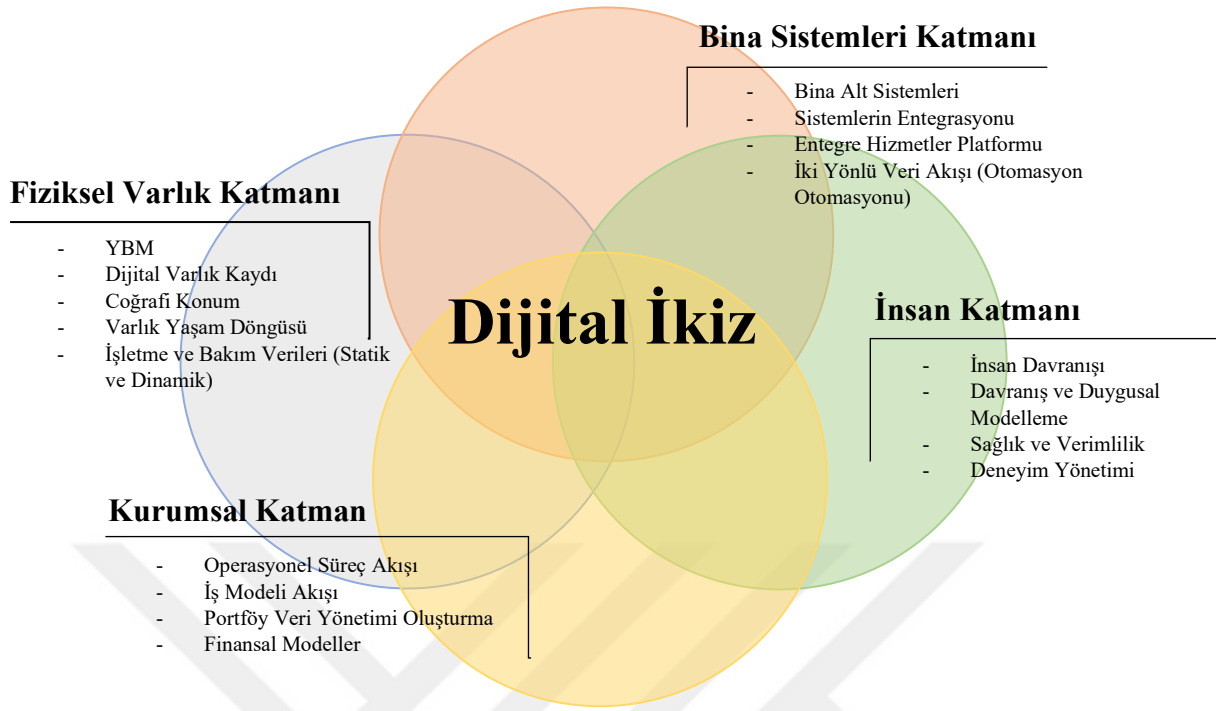
- **Görselleştirme:** Cephe imalatları için 3B tasarım yapılabilir.
- **Üretim Çizimleri:** Tasarım çalışmalarından sonra herhangi bir işin çizimi kolaylıkla bu çizimlerden üretilebilir.
- **Yönetmeliğe İlişkin Değerlendirmeler:** Kurumlar YBM’ni kullanarak ilgili alanları inceleyebilir.
- **Analiz:** YBM, potansiyel problemleri, acil durum planları vb. durumların analizini kolaylaştırabilir.
- **Yönetim:** YBM; işletme, bakım ve onarım işlemleri için kullanılabilir.
- **Maliyet Hesabı:** YBM malzeme türlerine miktarlarının hesabını yapabilmekte olup yapılan değişikliklere göre yeni miktarları otomatik hesaplayabilmektedir.

- **Yapım Süreci:** YBM malzeme siparişi, üretim ve programlama süreçlerini de gerekli bütün verileri sağlayabilmektedir.
- **Faaliyetlerin Analizi:** YBM 3 boyutlu tasarımları sayesinde tüm faaliyetlerin birbirlerine olan etkileri görselleştirilerek kontrolü sağlanmaktadır.

4.6.3. Dijital İkizler

Bir kullanıcı arayüzü sağlamak için YBM kullanılırken, yapay zekâ destekli bir dijital modeli besleyen inşaat sırasında gömülü sensörler ve nesnelerin interneti cihazları aracılığıyla gerçek zamanlı verilerin toplanmasına dayanan dijital ikizlerin geliştirilmesi ek simülasyon ve kontrol sunmuştur (British Council for Offices, 2018). Dijital ikiz, bir binanın ve sistemlerinin ayrıntılı bir sanal kopyasıdır. Model, tasarım aşamasında oluşturulabilir ve kullanım sonrası veriler kullanılarak güncellenmeye devam edilebilir. İkiz, bir binanın sanal olarak gerçek zamanlı izlenmesi için kullanılabilir ve daha sonra bina sistemleri için bulut tabanlı kontrolör görevi görür. Ayrıca bina sahibinin, performansı iyileştirmeye yönelik olası yöntemleri test etmek için geliştireceği senaryolarını simüle etmesine olanak tanır (British Council for Offices, 2018).

Dijital ikiz olan sanal kopyanın amacı, israfı veya kaybı önlemek ve performansı optimize etmek için sanal bir ortamda fiziksel bir varlık oluşturup test etme ve varlığın yaşam döngüsü boyunca dijital bir eşdeğeri olarak varlığın çeşitli aşamalarıyla ilgili tüm verileri ve spesifikasyonları toplayıp bunları operasyonlar ve bakımla ilgili tüm yönler için kullanılmasını sağlar (Savian, 2019). Bir kentsel bölgenin böylesine kapsamlı bir dijital ikizi, emlak sektörünün planlama, yatırım ve gelişme ve işlem şeklini önemli ölçüde değiştirecektir (Anonymous, 2019). Ayrıca Roper 2019 yılında şu şekilde dijital ikizin işlevselliğini kategorize etmiştir.



Şekil 29 Dijital ikiz işlevselliği
(Roper, 2019)

4.6.4. Modüler Yapılar

Üretim sistemlerinde potansiyel karmaşıklıklara neden olan günümüzdeki ürün çeşitliliği ihtiyacının giderek önem kazanmasıyla birlikte bu duruma yanıt verebilmek için oluşturulan modülerleştirme fikri, yapıları daha ufak ve yönetilebilir bileşenlere bölerek imalatta ve kurulum aşamasında oluşabilecek zorlukları minimuma çekmek amacıyla ortaya çıkmıştır (Ericsson ve Erixon, 1999). Modüler yapılar, bir işlevi farklı unsurlar, parçalar veya modüllerin birleşimleri aracılığıyla gerçekleştiren, bir bütünü oluşturan birleşenler veya unsurlardır (Pahl ve Beitz, 1988; Ulrich ve Tung, 1991).

Modüler yapılar sahada montajı yapılan ve döşeme ve diğer ankastre sistemler ile tamamlanan büyük ve standartlaştırılmış blokların montajını içeren boş kutulardır (Koones,

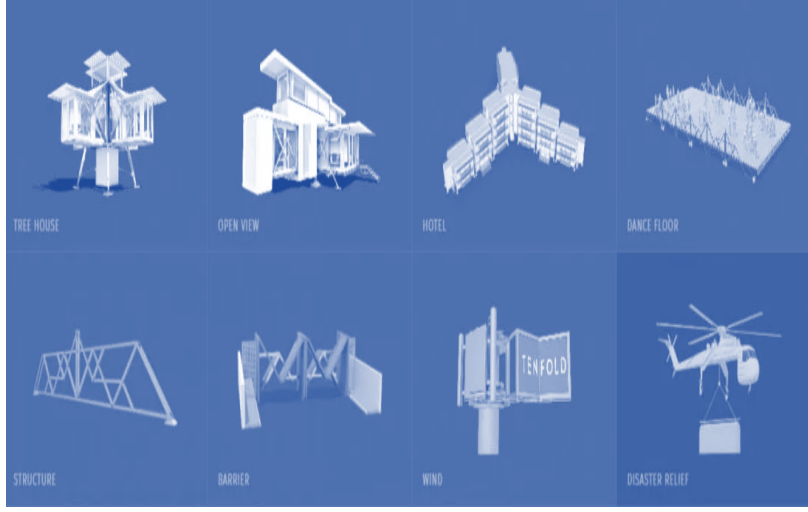
2019). Bu yapılar; planlama, tasarım ve inşaat aşamalarında üretim ve zaman verimliliği sağlayarak evlerin daha hızlı ve daha uygun maliyetli üretilmesini sağlamaktadır. Bu yapılardan bazı güncel uygulamalar şu şekildedir.

- İngiltere'nin Wolverhampton şehrinde inşa edilen Victoria öğrenci yurdu binası, 3 bloktan oluşan ve 8 ila 25 arasında farklı kat yüksekliklerine sahip Avrupa'nın en yüksek modüler yapısıdır.



Şekil 30 Victoria Hall Öğrenci Yurdu

- Ten Fold Engineering firması tarafından katlanabilir ev konseptleri, prefabrik evlerin teslimine yeni bir yaklaşım getirmiş olup karavanları andıran bu binalar, kamyonların arkasına çekilmekte ve kaldıraç teknolojisi binaların beş dakikadan daha kısa bir sürede yapılara dönüşmesini sağlamaktadır.



Şekil 31 Katlanabilir teknolojinin bazı uygulama arayüzleri
(Ten Fold Engineering)

4.6.5. 3 Boyutlu Baskı Teknolojisi

Formsuz bir hammaddeye istenen şekil verilerek bileşen oluşturma olarak bilinen eklemeli yapım teknolojilerinden olan 3 boyutlu baskı teknolojisi yakın zamanda inşaat endüstrisinde kullanılmaya başlanmış olup ilerleyen yıllarda yaygın bir şekilde kullanılması beklenen bir teknolojidir.

3 boyutlu baskı teknolojisi, dijital olarak tasarlanan geometrileri çeşitli malzemeler ile katmanlı üreterek fiziksel objeye çeviren katmanlı üretim sistemi olarak tanımlanmıştır (Micallef, J., 2015). Kocovic tarafından 2017 yılındaki çalışmasında ise 3 boyutlu baskı teknolojisi, bir malzemenin birbirini izleyen çok sayıda ince katmanını yerleştirmesiyle üç boyutlu dijital modelden fiziksel nesne oluşturulması süreci olarak tanımlanmıştır.

2016 yılında Wu, P. ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada 3 boyutlu baskı teknolojisinin, inşaat sektöründe önemli bir verimlilik artışı sağlayan özellikleri şu şekilde sıralanmıştır:

- 3 boyutlu baskı teknolojisi nesnenin üretimi için gereken miktar kadar malzeme kullanması sonucunda atıkların azaltılır.
- Mevcut sistemlerle üretilmesi zor olan veya üretilemeyen tasarımların ortaya çıkmasına olanak sağlayacağı için tasarım esnekliği konusunda ihtiyaç duyulan çeşitlilik sağlanır.
- İnşaat sürecinde ihtiyaç duyulan insan gücü oldukça azaltacaktır.

Hollandalı mimarlar 2013 yılında dünyadaki ilk 3 boyutlu baskı teknolojisi ile inşa edilecek yapı olan Canal House planlarını geliştirdi ve 2014 yılında dünyanın ilk 3 boyutlu baskı evi Canal House inşa edildi.



Şekil 32 2015 yılında dünyanın ilk 3 boyutlu baskı teknolojisi kullanılarak inşa edilen apartmanı

(“Dünyanın İlk 3D Binası”, 2022)

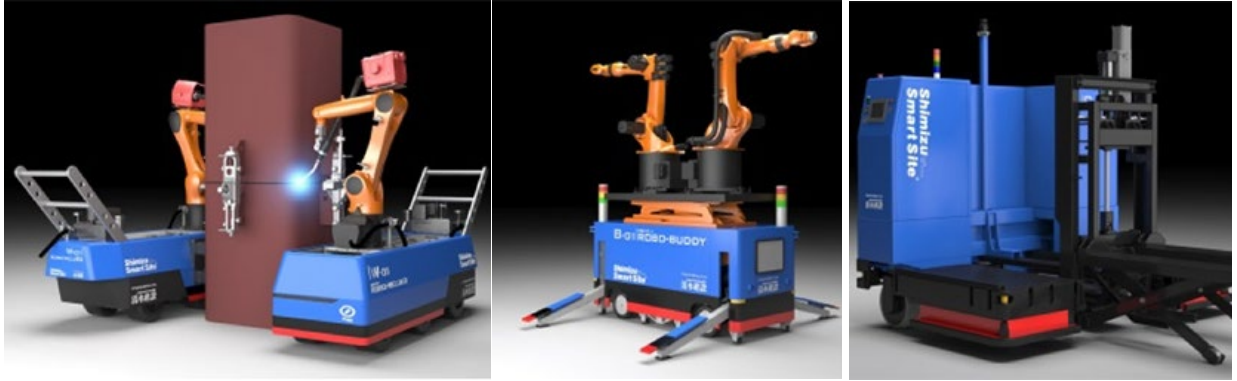
Çin’de WinSun şirketi 2015 yılında 3 boyutlu yazıcısı ile inşa edilen dünyanın ilk apartmanı çabuk kuruyan çimento, cam ve tortu zemini gibi inşaat ve endüstriyel atıkların bir kısmını kullanarak, Ma Yihe tarafından 10 yılda icat edilen ve geliştirilen genişliği 10 m, uzunluğu 40 m ve yüksekliği 6,6 m bulunan 3 boyutlu baskı teknolojisini kullanarak üretildi. Ayrıca WinSun şirketi tarafından 24 saat içinde 10 konut baskı ürettiğini ve bu üretim esnasında inşaat atıklarının % 30 - 60 arasında azalmasını, % 50 - 70 oranında üretim

sürelerini kısaltmasını ve işçilik maliyetlerini ise % 50 - 80 oranına azalmasını sağladığını belirtmektedir (“Dünyanın İlk 3D Binası”, 2022).

4.6.6. Robotik Süreç Otomasyon Uygulamaları

Robotik süreç otomasyonu, çok fazla tekrar eden sıradan işlerin otomatikleştirilmesi amacıyla yazılım robotlarından yararlanılmasıdır. Robotik süreç otomasyonu robotları, işlerini daha çabuk yaparak otomasyon alanının öneminin anlaşılmasını ve işçilerin yüksek değerli faaliyetler yürütmelerine olanak sağlar (“Robotik süreç otomasyonu nedir?”, 2022).

2018 yılında Japon inşaat firması Shimzu; malzeme taşıyabilen, zemin ve tavanlarda çalışabilen ve çelik kolonları otonom olarak kaynaklayabilen robotlar geliştirdiğini duyurdu. Sabit mekanik koldan oluşan bu gelişme, şu anda binaların yapımında otomatik hale getirilen birçok faaliyetten sadece biridir (www.shimz.co.jp, 2018).



Şekil 33 Sırasıyla kaynak yapan, montaj yapan ve malzeme taşıyan robotlar

(www.shimz.co.jp)

2014’te bir başka inşaat robotu ise Avustralya kökenli bir inşaat teknolojileri üretim şirketi olan Fastbrick Robotics (FBR) tuğla örme robotu projesi, inşaat endüstrisinde yaşanan büyüme ortamında ve tuğla örme için ihtiyaç duyulan iş gücü bulunmasındaki zorluk

döneminde tekrar faaliyete geçirilmiştir. Robotun çalışma sistemi, CAD’de tasarlanan bir duvar yapısındaki her tuğlanın ilgili koordinatlarının bilindiği meta verilere dönüştürerek sonrasında bu meta verileri kullanarak tuğlaları bir araya getirmesi şeklindedir (“Tuğla Döşeyen Bu Robot İnşaatın Geleceğini Değiştiriyor”, 2019).



Şekil 34 Duvar örme robotu

(“Tuğla Döşeyen Bu Robot İnşaatın Geleceğini Değiştiriyor”, 2019)

4.6.7. Akıllı İnşaat Malzemeleri

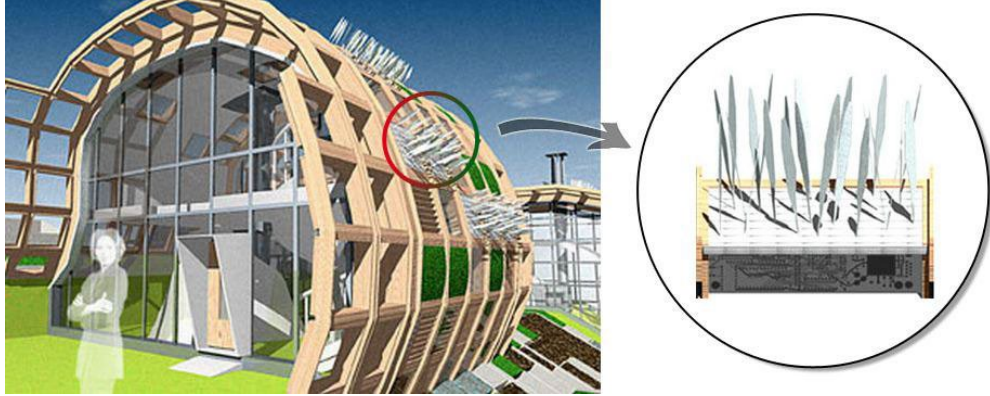
Sensörlere, aktüatörlere ve kontrol mekanizmalarına sahip olmaları sayesinde uyarıyı algılayabilen, ona kısa sürede ve önceden belirlenmiş bir şekilde cevaplayıp uyarıcı ortadan kalktığı anda normal şeklini alan malzemelere akıllı malzeme denir (Abdullah ve Al-Alwan, 2019). Mevcut yapı malzemelerinin kimyasal bileşimlerini yeniden yapılandırarak daha sürdürülebilir hale getirmek için bazı girişimler şu şekildedir.

- Fotokatalitik çimento, NO_x ve SO_x , CO ve VOC gibi bilinen hava kirleticileriyle gün ışığını kullanarak betonun yüzeyinde reaksiyona girerek elle veya yağmurla yıkanabilen inert nitratlar oluşturur (Nikolov ve Fox, 2014).



Şekil 35 Roma Jubilee Kilisesi'nde fotokatalitik betonların kullanımı
(Folli vd., 2012)

- Fotovoltaik sistemler, 1990'lerden bugüne kadar spesifik işler için şebekeye bağlı fotovoltaik sistemler olarak kullanılmaktadır (Bazilian vd., 2013). Bu teknolojinin geliştirilmesiyle tamamen şeffaf fotovoltaik cam pencerelerini güneş panellerine dönüştüren sistemler oluşturulmuştur.
- Gizli ısı enerji absorplama amacıyla faydalanılan yüksek ısı hacmi bulunan ve belirli bir sıcaklık değerinde faz değiştirerek enerji depolayan veya salan malzemeler olan Faz Değiştiren Maddeler (FDM'ler) (Mert vd., 2018), cephe sistemleri gibi işlerde veya harç ve dolgu malzemesine katılan polimer olarak mikrokapsüllenmiş parafin mumu esaslı FDM katkısı faz değiştiren malzemelerin ısı absorplama özelliklerini kullanarak yapının daha az enerji tüketmesini sağlamaktadır ("FDM Enerji Depolama Tasarımı", 2020).
- Enerji transformasyonu yapan başka akıllı malzeme ise bir dış etken tarafından üzerine uygulanan kuvvet neticesinde elektrik üretebilen piezoelektrik malzeme ile MATscape projesinde Mitchell Joachim tarafından 2005 yılında yapı cepesine monte edilmiş küçük rüzgâr tüyleri şeklindeki materyaller aracılığıyla rüzgâr enerjisinden elektrik enerji üretmek hedeflenmiştir (Orhon, 2013).



Şekil 36 MATscape projesi

(Orhon, 2013)

- Kendini onaran beton üretimi ile ilgili çalışmalar devam etmekte olup betonda çatlak oluştuğunda bunun onarımı için şu ana kadar birkaç yöntem bulunmuş olup ana mantık olarak ikiye ayrılır.
 - Bu yöntemlerden ilki betonda çatlak oluştuğunda bu çatlaktan içeri sızan su, bakteri sporlarını aktifleştiriyor ve çatlaktan içeriye su ile $C_6H_{10}CaO_6$ ilave edilerek bunlarla beslenen bakteriler suda çok az çözünen bir madde olan kireçtaşı üretilip çatlak kapatılarak bu çatlakların büyümesi engellenmektedir.
 - Bir diğer yöntem ise betonda bulunan C_2H_6OSi türevi bir polimer ile benzoin izobütil karışımı bir çözelti içeren mikro kapsüller, beton çatladığında kırılıp kapsüllerin içindeki çözelti çatlakların içinde dağılır ve güneş ışığı sayesinde katılaşıp ve çatlakların kapatılması sağlanır.
- Bu yöntemler kendini onaran betonun üretim maliyetinin yüksek olması ve betonun kendini onarma özelliğinin uzun süre sürdürememesi nedeniyle geliştirilmesi gerekmektedir.
- UV ışığına maruz kaldığında sisi parçalayan titanyum dioksit karolar, karbon geri dönüşümlü boya ve ahşabın artık çok daha büyük yapıların yapımında kullanılmasına izin veren güçlendirilmiş ahşap çerçeveler gelişen diğer malzemelerdir.
- Dinamik camlarla engelsiz manzaraları koruyarak insan sağlığını ve zindeliğini iyileştiren, otomatik olarak optimum miktarda doğal ışık sağlayan, ısı & parlamayı büyük ölçüde azaltan ve binanın enerji tüketimini %20'ye kadar azaltan cam teknolojilerine örnekler vermek gerekirse;

- Fotokromik malzemeler, fotokromikler ve UV'ye duyarlı malzemeler, ışığa tepki olarak renklerini geri dönüşümlü olarak değiştirebilen malzemeler veya bileşenlerdir (Ritter, 2007).
- Termokromik malzemeler, sıcaklığa tepki olarak optik özelliklerini (ör. şeffaflık) geri dönüşümlü olarak değiştirebilen malzemeler veya bileşenlerdir (Ritter, 2007).



Şekil 37 Termokromik bir cam
(Erdemli, 2018)

- Elektrokromik malzemeler, voltaj uygulanması durumuna göre yüzeyin optik rengi veya opaklığı etkilenen malzemelerdir (Monk, Mortimer, ve Rosseinky, 2007).
- Elektrik akımı verilmesiyle sıvı kristaller, düzenli hale gelerek camı saydamlaşan ancak elektrik akımının kesilmesiyle sıvı kristaller harekete geçerek dağınık bir hal alan ve cam opak hale geri dönen camlara Likit kristal camlar denir (Kazanasmaz ve Diler, 2011).



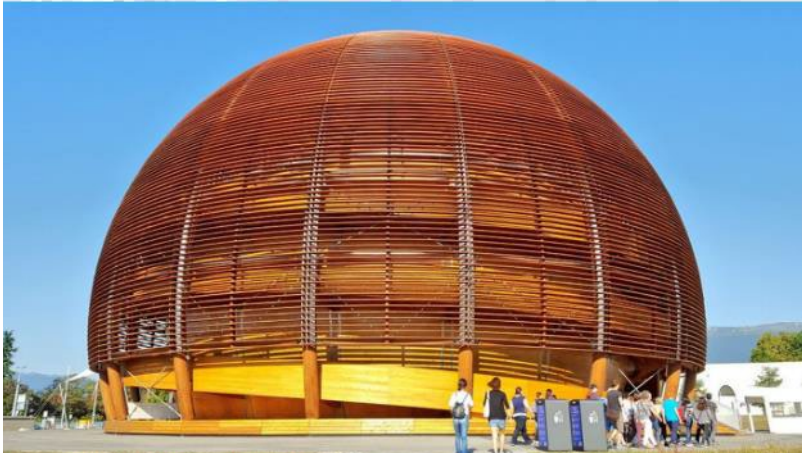
(a)

(b)

Şekil 38 Likit kristal film kaplamalı cam uygulanmış pencerelerin, elektrik akımı verilmiş (a) ve elektrik akımı kesilmiş (b) görünüşleri

(Erdemli, 2018)

- İki elektriksel iletken ince cam panelin arasına askıda duran çubuğa benzeyen taneciklerin bulunduğu ince bir laminasyon yerleştirilmesiyle elektrik akımı verildiğinde bu tanecikler düzgün bir şekilde sıralanarak cam şeffaflaşır ancak elektriksel akım kesildiğinde tanecikler dağınık bir pozisyona gelerek camın opaklaşan camlara asılı partiküllü camlar adı verilir (Erdemli, 2018).



Şekil 39 CERN Bilim ve Yenilik Küresi

(Döşemeciler, A., 2012)

4.6.8. Yeşil Binalar

Yeşil binalar; çevresel, sosyal ve ekonomik problemlerle ilişkili olarak toplumun refahını sağlamayı hedef alan sürdürülebilir bir inşaat sektörü oluşturmanın ilk adımıdır (AlSanad, 2015). Yeşil binalar, öncelikle elektrik tüketimini azaltarak yapıyı çevrenin karbon emisyonu üzerindeki etkisini azaltma ihtiyacından doğmuş olup klasik binalara nazaran %35 – 40 daha az enerji harcayan, işletme maliyeti daha az olan, daha verimli ve daha sağlıklı yaşam alanı sunan yapılardır (Chaisaard & Taemthong, 2018).

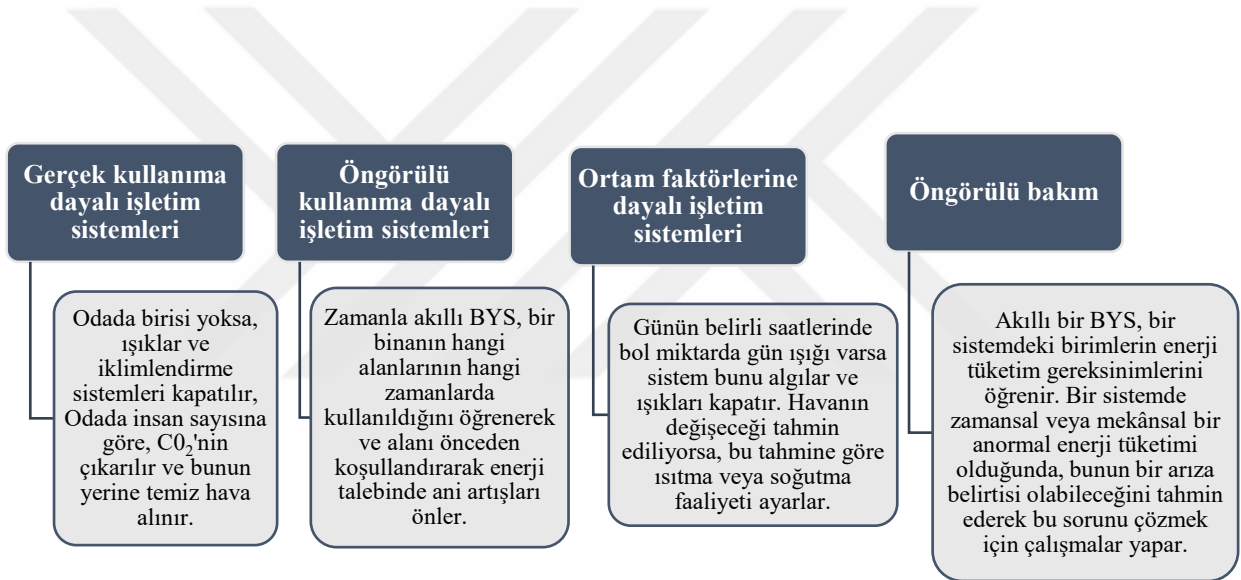
Ahmad vd. (2018), İnşaat 4.0. hakkında yapılan çalışmada küresel olarak, sera gazı emisyonlarının en büyük kaynağı enerji tüketimi olduğunu ve bu enerjinin %40'ının binalarda tüketildiğini ve dünyadaki emisyonların üçte birini oluşturduğunu belirtmiştir.



Şekil 40 Türkiye'deki ilk sürdürülebilir alışveriş merkezi: Erzurum Alışveriş Merkezi
(Şimşek, 2012)

Tipik bir ofis binasında tüketilen enerjinin yaklaşık %70'ini iklimlendirme ve aydınlatma sistemlerinin oluşturduğu tespit edilmiştir (Labeodan vd., 2015). Öte yandan bu ofis binalarında mevcut binanın kullanım durumu dikkate alınmadan binanın maksimum

kullanımı varsayımı ile odaların iklimlendirilmesi yapılmakta olduğu ve önemli bir enerji israfına neden olduğu da tespit edilmiştir (Erickson ve Cerpa, 2010; Erickson, Carreira-Perpiñán ve Cerpa, 2014; Dong vd., 2018). Ancak bu durum daha fazla sensör teknolojisinin kullanılmasıyla değişmeye başlamış olup gerçek ilerleme, yapay zekâ sistemlerinin toplanan bina verilerini anlamlandırma yeteneğinin artmasıyla birlikte büyük ticari binalarda enerji tüketim maliyetlerinden doğrudan sorumlu olmayan ve enerji tüketimi konusunda tam anlamıyla bilinçli olmayan kullanıcılar yerine yapay zekâ destekli akıllı Bina Yönetim Sistemleri (BYS), çok sayıda otonom görevi gerçekleştirmesi ve enerji kullanımına verim sağlamasıyla olacaktır (Labeodan vd.. 2015). Akıllı bir BYS tarafından gerçekleştirilen otonom enerji tasarrufu eylemleri Şekil 41 de verilmiştir.



Şekil 41 Akıllı BYS tarafından gerçekleştirilen otonom enerji tasarrufu eylemleri

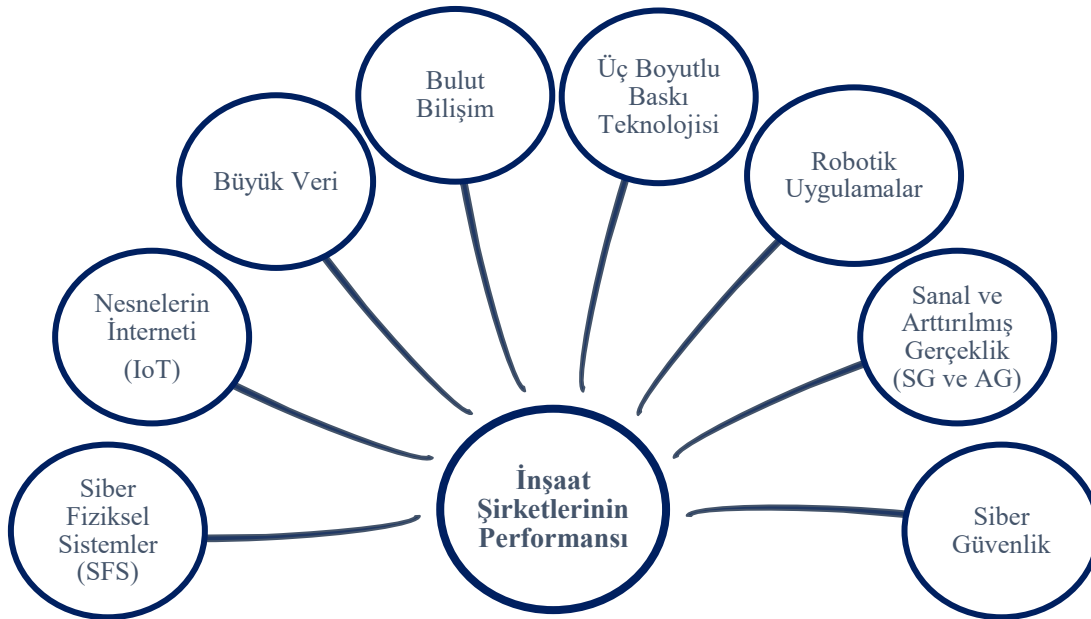
BEŞİNCİ BÖLÜM

ARAŞTIRMA YÖNTEMİ

Araştırma kapsamında gerekli verilerin toplanması birincil veri yöntemlerinden biri olan anket yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Birincil veriler, araştırmacının çalışması için ihtiyacı olan verileri değişik metotlar kullanarak kendisinin toplaması ile oluşan verilerdir (Altunışık vd., 2005). Anketler online olmak suretiyle firmaların yöneticilerine uygulanmıştır.

5.1. Araştırma Modeli

Endüstri 4.0 teknolojilerinden olgunlaşarak İnşaat 4.0'ın bileşenlerini oluşturan siber fiziksel sistemler, nesnelerin interneti, büyük veri, bulut bilişim, üç boyutlu baskı teknolojisi, robotik uygulamalar, sanal ve artırılmış gerçeklik ve siber güvenlik bileşenlerinin inşaat şirketleri tarafından gerçekleştirilme düzeylerinin bu şirketlerin performansları üzerindeki etkileri araştırılmış olup araştırmanın modeli aşağıdaki gibidir.



Şekil 42 Araştırmanın modeli

5.2. Araştırmanın Hipotezleri

Endüstri 4.0 teknolojilerinden olgunlaşarak İnşaat 4.0'ın bileşenlerini oluşturan siber fiziksel sistemler, nesnelerin interneti, büyük veri, bulut bilişim, üç boyutlu baskı teknolojisi, robotik uygulamalar, sanal ve arttırılmış gerçeklik ve siber güvenlik bileşenlerinin inşaat şirketleri tarafından gerçekleştirilme düzeylerinin bu şirketlerin performanları üzerindeki etkilerini araştırmak için kurulan hipotezler;

H₁: Siber fiziksel sistemler bileşeninin şirketin performansı üzerinde etkisi vardır.

H₂: Nesnelerin interneti bileşeninin şirketin performansı üzerinde etkisi vardır.

H₃: Büyük veri bileşeninin şirketin performansı üzerinde etkisi vardır.

H₄: Bulut bilişim bileşeninin şirketin performansı üzerinde etkisi vardır.

H₅: Üç boyutlu baskı teknoloji bileşeninin şirketin performansı üzerinde etkisi vardır.

H₆: Robotik uygulamalar bileşeninin şirketin performansı üzerinde etkisi vardır.

H₇: Sanal ve Arttırılmış Gerçeklik bileşeninin şirketin performansı üzerinde etkisi vardır.

H₈: Siber güvenlik bileşeninin şirketin performansı üzerinde etkisi vardır.

5.3. Araştırmanın Evreni ve Örnekleme

Araştırma probleminin cevaplanmasıyla ilgili olan ve araştırmacının belirttiği koşullara uyan gruba araştırmanın evreni denir. (Lin, 1976). Zaman ve mali kaynaklar konusundaki sınırlılıklardan dolayı evrenin içinde yer alan, özellikleri ve verdikleri cevaplar açısından evreni yansıtan daha küçük bir gruptaki insanlardan bilgileri toplamak yani örneklemden toplamak, daha ucuz, daha hızlı ve daha kolay bir yoldur (De Vaus, 1990). Bu kapsamda araştırmayı ilgilendiren grubun tümünden (evren), bu grubu temsil edecek bir örneklem seçilerek araştırma hazırlanmıştır. Araştırmanın evrenini Türkiye'de faaliyet gösteren ulusal ve uluslararası inşaat şirketleri oluşturmakta olup, araştırmanın örneklemini

ise bu firmaların içinde yer alan ve özellikleri bu firmaları yansıtan 189 inşaat şirketi temsilcisi oluşturmaktadır.

5.4. Veri Toplama Yöntemi

Araştırmada kullanılan anket formu üç bölümden oluşmakta olup bu bölümlerde yer verilenler sırasıyla;

- İlk bölümde şirketlere ait faaliyet alanı ve türü, sektördeki faaliyet süresi ve çalışan sayısına ilişkin sorular yer almaktadır. Araştırmaya katılan personelin pozisyonu, eğitim düzeyi, yaşı ve çalışma süresine ilişkin sorular yer almaktadır.
- Anket formunun ikinci bölümünde şirketlerin İ4.0 olgunluk düzeylerine yönelik ölçek oluşturulurken, Duman ve Akdemir (2021) tarafından işletmelerin Endüstri 4.0 teknolojileri kullanım düzeyinin belirlenmesine yönelik geliştirilen ölçek temel alınmıştır. İ4.0 teknoloji bileşenleri olan sekiz teknolojiye ait temel aşamaların şirkette uygulanıp uygulanmadığını sorgulayan sorular beşli likert ölçek ile sorulmuştur. Teknolojilerin şirketlerde gerçekleştirilme düzeyleri, “Gerçekleştirilmedi, Hazırlık Aşamasında, Kısmen Gerçekleştirildi, Büyük Oranda Gerçekleştirildi, Tamamen Gerçekleştirildi” cevap seçenekleri ile belirlenmeye çalışılmıştır.
- Anket formunun üçüncü bölümünde yer alan sorular şirketlerin performansını ölçümlemek amacıyla sorulmuştur. Performans soruları araştırmacı tarafından geliştirilmiştir. Bu ölçekte İ4.0 nitel örgütsel performans iyileşmeleri için “Hiç Katılmıyorum, Katılmıyorum, Kararsızım, Kısmen Katılıyorum ve Tamamen Katılıyorum” cevaplarına göre analizler yapılmıştır.

5.5. Verilerin Analizi

Verilerin analizi için IBM SPSS 25 programı kullanılmıştır. Endüstri 4.0 teknolojilerinden olgunlaşarak İnşaat 4.0'ın bileşenlerini oluşturan siber fiziksel sistemler, nesnelerin interneti, büyük veri, bulut bilişim, üç boyutlu baskı teknolojisi, robotik uygulamalar, sanal ve artırılmış gerçeklik ve siber güvenlik bileşenlerinin inşaat şirketleri tarafından gerçekleştirilme düzeylerinin bu şirketlerin performansları üzerindeki etkilerini belirlemek için çoklu regresyon analizi uygulanmıştır.

Faaliyet alanına göre firma performans ve İ4.0 teknoloji bileşenlerinin karşılaştırılması için Bağımsız Örneklem T testi ve Mann Whitney U testi; faaliyet türüne göre firma performans ve İ4.0 teknoloji bileşenlerinin karşılaştırılması için Tek Yönlü Varyans analizi ve Kruskal Wallis H testi kullanılmıştır. Post Hoc test olarak ise Tukey HSD ve Mann Whitney U testi kullanılmıştır.

Araştırmaya katılan personelin pozisyonu, eğitim düzeyi, yaşı ve çalışma sürelerine ilişkin bilgiler Tablo 4' de yer almaktadır.

Tablo 4

Araştırmaya katılan personelin pozisyonu, eğitim düzeyi, yaşı ve çalışma sürelerine ilişkin bilgiler

N=189		n	%
Pozisyon	Çalışan	50	26.5
	Orta Seviye Yönetici	52	27.5
	Üst Seviye Yönetici	87	46.0
Eğitim Düzeyi	Lise ve Altı	15	7.9
	Yüksekokul	12	6.3
	Lisans	125	66.1
	Yüksek Lisans ve Üzeri	37	19.6
Yaş	20-30 Yaş	14	7.4
	31-40 Yaş	82	43.4
	41-50 Yaş	40	21.2
	51-60 Yaş	32	16.9
	60 Yaş Üstü	21	11.1
Şu anki Firmadaki Çalışma Süresi	1 Yıldan Az	70	37.0
	1-5 Yıl	22	11.6
	6-10 Yıl	30	15.9
	11-15 Yıl	10	5.3
	15 Yıl Üstü	57	30.2

Araştırmaya katılan 189 personelden %26.5' inin çalışan, %27.5' inin orta düzey yönetici, %46.0' sının üst düzey yönetici olduğu; %7.9' unun lise ve altı, %6.3' ünün yüksekokul, %66.1' inin lisans, %19.6' sının yüksek lisans ve üzerinde eğitiminin olduğu; %7.4' ünün 20-30 yaş, %43.4' ünün 31-40 yaş, %21.2' sinin 41-50 yaş, %16.9' unun 51-60 yaş, %11.1' inin 60 yaşın üstünde olduğu; %37.0' sinin 1 yıldan az, %11.6' sının 1-5 yıl, %15.9' unun 6-10 yıl, %5.3' ünün 11-15 yıl ve %30.2' sinin 15 yılın üstünde şuan ki firmasında çalıştığı gözlenmiştir.

Firmanın faaliyet alanı, türü, sektördeki faaliyet süresi ve çalışan sayısına ilişkin bilgiler Tablo 5' dedir.

Tablo 5

Firmanın faaliyet alanı, türü, sektördeki faaliyet süresi ve çalışan sayısına ilişkin bilgiler

N=189		n	%
Firmanın Faaliyet Alanı	Ulusal	158	83.6
	Uluslararası	31	16.4
Firmanın Faaliyet Türü	Üst yapı taahhüt işleri	41	21.7
	Alt yapı taahhüt işleri	138	73.0
	Malzeme pazarlama işleri	7	3.7
	Gayrimenkul satış işleri	2	1.1
	Prefabrik imalat işleri	1	0.5
Firmanın İnşaat Sektöründeki Faaliyet Süresi	0-5 Yıl	1	0.5
	6-10 Yıl	31	16.4
	11-15 Yıl	32	16.9
	16-20 Yıl	16	8.5
	21 Yıl ve Üstü	109	57.7
Çalışan Sayısı	1-9 Kişi	8	4.2
	10-49 Kişi	77	40.7
	50-249 Kişi	38	20.1
	250 Kişi ve daha fazla	66	34.9

Araştırmaya katılan firmalardan %83.6' sının ulusal, %16.4' ünün uluslararası alanda faaliyet gösterdiği; %21.7' sinin üst yapı taahhüt işleri, %73.0' ünün alt yapı taahhüt işleri, %3.7' sinin malzeme pazarlama işleri, %1.1' inin gayrimenkul satış işleri ve %0.5' inin prefabrik imalat işlerinde faaliyet gösterdiği; %0.5' inin 0-5 yıl, %16.4' ünün 6-10 yıl, %16.9' unun 11-15 yıl, %8.5' inin 16-20 yıl, %57.7' sinin 21 yıl ve üstünde sektörde faaliyet gösterdiği; %4.2' sinin 1-9 çalışanı, %40.7' sinin 10-49 çalışanı, %20.1' inin 50-249 çalışanı, %34.9' unun 250 ve daha fazla çalışanı olduğu gözlenmiştir.

5.6. Güvenilirlik Analizi

Firma performans ve İ4.0 teknoloji bileşenlerine ait güvenilirlik test sonuçları Tablo 6' da yer almaktadır.

Tablo 6

Güvenirlilik test sonuçları

	Cronbach α	Madde Sayısı
Firma Performans	0.98	16
İ4.0 Teknoloji Bileşenleri	0.95	31
Siber Fiziksel Sistemler (SFS)	0.71	5
Nesnelerin İnterneti (IoT)	0.81	4
Büyük Veri	0.90	4
Bulut Bilişim	0.83	4
Üç Boyutlu Baskı Teknolojisi	0.79	4
Robotik Uygulamalar	0.96	4
Sanal ve Arttırılmış Gerçeklik (SG ve AG)	0.71	4
Siber Güvenlik	0.91	2

Firma performansına ait 16 maddenin Cronbach alfa değeri 0.98, İ4.0 teknoloji bileşenlerine ait 31 maddenin Cronbach alfa değeri 0.95, siber fiziksel sistemler bileşeninin 0.71, nesnelerin interneti bileşeninin 0.81, büyük veri bileşeninin 0.90, bulut bilişim bileşeninin 0.83, üç boyutlu baskı teknolojisi bileşeninin 0.79, robotik uygulamalar bileşenini 0.96, sanal ve arttırılmış gerçeklik bileşeninin 0.71 ve siber güvenlik bileşeninin Cronbach alfa değeri 0.91 olarak bulunmuştur.

Cronbach alfa değerinin 0.70' den yüksek olması güvenilirliğin yüksek olduğunun bir göstergesidir (Pallant, 2011). Buna göre tüm alfa değerlerinin 0.70' den yüksek olması ile anket formlarının güvenilir ve tutarlı olduğu tespit edilmiştir.

5.7. Faktör Analizi

5.7.1. İ4.0 Teknoloji Bileşenlerinin Faktör Analiz Sonuçları

İ4.0 teknoloji bileşenlerinin faktör analiz sonucunda KMO (Kaiser-Mayer-Olkin) değeri .764 olarak bulunmuş ve bu değer örneklem büyüklüğünün yeterli olduğu

göstermektedir. Barlett testinin sonucu ise 11810.769 $p<.001$ güven seviyesinde anlamlı bulunmuştur.

Ankette yer alan 31 maddelik İ4.0 teknoloji bileşenleri ile ilgili açıklayıcı faktör analiz sonuçları Tablo 7’ de yer almaktadır.

Tablo 7

İ4.0 Teknoloji bileşenleri anketi açıklayıcı faktör analizi

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	14.38	46.38	46.38	14.38	46.38	46.38	8.15	26.29	26.29
2	3.43	11.07	57.44	3.43	11.07	57.44	4.44	14.34	40.63
3	3.10	10.00	67.44	3.10	10.00	67.44	4.32	13.92	54.54
4	1.97	6.34	73.78	1.97	6.34	73.78	4.16	13.42	67.97
5	1.41	4.54	78.32	1.41	4.54	78.32	2.29	7.38	75.35
6	1.22	3.93	82.25	1.22	3.93	82.25	2.14	6.90	82.25

Faktör analizi açıklanan toplam varyans sonucuna göre; İ4.0 teknoloji bileşenlerine ait ölçeğin özdeğeri 1’ den büyük 6 faktör altında toplandığı tespit edilmiş olup, İ4.0 teknoloji bileşenlerine ait anketin 6 boyuttan olduğu ve toplam varyansın %82.25’ inin açıkladığı tespit edilmiştir.

5.7.2. Firma Performansının Faktör Analiz Sonuçları

Firma performansının faktör analiz sonucunda KMO (Kaiser-Mayer-Olkin) değeri .764 olarak bulunmuş ve bu değer örneklem büyüklüğünün yeterli olduğu göstermektedir. Barlett testinin sonucu ise 11810.769 $p<.001$ güven seviyesinde anlamlı bulunmuştur.

Ankette yer alan 16 maddelik firma performansı ile ilgili ilgili açıklayıcı faktör analiz sonuçları Tablo 8’ de yer almaktadır.

Tablo 8

Firma performansının anketi açıklayıcı faktör analizi

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	11.78	73.63	73.63	11.78	73.63	73.63

Faktör analizi açıklanan toplam varyans sonucuna göre; firma performansına ait ölçeğin özdeğeri 1’ den büyük 1 faktör altında toplandığı tespit edilmiş olup, firma performansına ait anketin 1 boyuttan olduğu ve toplam varyansın %73.63’ ünün açıkladığı tespit edilmiştir.



ALTINCI BÖLÜM

BULGULAR

Firma performans ve İ4.0 teknoloji bileşenleri düzeylerine ilişkin tanımlayıcı istatistik bilgileri Tablo 6’ da yer almaktadır.

Tablo 9

Tanımlayıcı istatistik değerleri

N=189	Ort.	S. Sapma	Min	Max	Çarpıklık	Basıklık	
Firma Performans	4	1.02	1.00	4.94	-0.82	0.00	
İ4.0 Teknoloji Bileşenleri	Siber Fiziksel Sistemler	2	0.88	1.00	5.00	0.28	-0.52
	Nesnelerin İnterneti	3	1.13	1.00	5.00	0.17	-0.74
	Büyük Veri	2	1.27	1.00	5.00	0.63	-0.84
	Bulut Bilişim	2	1.22	1.00	5.00	0.66	-0.57
	3 Boyutlu Baskı Teknolojisi	2	0.76	1.00	4.25	1.09	0.15
	Robotik Uygulamalar	1	0.68	1.00	3.25	1.86	2.01
	Sanal ve Arttırılmış Gerçeklik	2	0.82	1.00	4.20	1.22	0.53
	Siber Güvenlik	2	1.38	1.00	5.00	0.58	-0.97

Firma performans ortalamasının 4 olduğu ve performans düzeyinin yüksek olduğu gözlenmiştir.

İ4.0 teknoloji bileşenlerinden siber fiziksel sistemler, büyük veri, bulut bilişim, 3 boyutlu baskı teknolojisi, sanal ve arttırılmış gerçeklik ve siber güvenlik bileşenlerinde hazırlık aşamasında olduğu; nesnelerin interneti bileşenini kısmen gerçekleştirdikleri; robotik uygulamalar bileşenini gerçekleştirmedikleri gözlenmiştir.

Çarpıklık ve basıklık değerlerinin ± 1.5 aralığında olduğu ve verilerin normal dağıldığı sonucuna varılmıştır. (Tabachnick & Fidell, 2013) Dolayısıyla firma performans, siber fiziksel sistemler, nesnelerin interneti, büyük veri, bulut bilişim, üç boyutlu baskı

teknolojisi, sanal ve arttırılmış gerçeklik ve siber güvenlik değişkenlerinin normal dağılım gösterdiği; robotik uygulamalar değişkeninin normal dağılım göstermediği tespit edilmiştir.

İ4.0 teknoloji bileşenleri ve kullanılma durumlarına ilişkin bilgiler Tablo 10 ve Tablo 11' dendir.



Tablo 10

İ4.0 Teknoloji bileşenleri ve gerçekleştirme durumları

İ4.0 Teknoloji Bileşenleri		Ort.	S. Sapma	1. Gerçekleştirilmedi		2. Hazırlık aşamasında		3. Kısmen gerçekleştirildi		4. Büyük oranda gerçekleştirildi		5. Tamamen gerçekleştirildi	
				n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Siber Fiziksel Sistemler (SFS)	1. Firmamızdaki makinelerde radyo frekans tanımlama etiketleri bulunur.	2	0.88	122	64.6	33	17.5	28	14.8	5	2.6	1	0.5
	2. Firmamızda otomatik kumanda ve taşıt sistemleri kullanılmaktadır.	2	1.32	89	47.1	26	13.8	44	23.3	14	7.4	16	8.5
	3. Firmamızda gerçek zamanlı (anlık) veriler elde edilebilmektedir.	3	1.39	56	29.6	2	1.1	72	38.1	32	16.9	27	14.3
	4. Müşteri isteklerine hızlı geri dönüş sistemi oluşturulmuştur.	2	1.45	84	44.4	24	12.7	23	12.2	42	22.2	16	8.5
	5. Firmamızda yalın üretim sistemi oluşturulmuştur.	2	1.35	89	47.1	36	19.0	30	15.9	16	8.5	18	9.5
Nesnelerin İnterneti (IoT)	6. Firmamızda akıllı cihazlar (tablet, telefon, makine vs.) arasında internet ağ sistemi kurulmuştur.	4	1.34	26	13.8	2	1.1	38	20.1	52	27.5	71	37.6
	7. Firmamızda ileri teknoloji sayesinde üretim süreçlerinde güvenlik sağlanmıştır.	3	1.46	55	29.1	12	6.3	47	24.9	43	22.8	32	16.9
	8. Firmamızda akıllı ölçüm teknikleri (akıllı sayaç, uzaktan ölçüm vb.) kullanılmaktadır.	2	1.48	89	47.1	19	10.1	36	19.0	20	10.6	25	13.2
	9. Firmamızda nesnelerin interneti lojistik (taşıma, depolama vb.) faaliyetlerinde kullanılmaktadır.	3	1.42	59	31.2	14	7.4	53	28.0	38	20.1	25	13.2
Büyük Veri	10. Firmamızda veri tabanı yönetim sistemi bulunmaktadır.	3	1.42	53	28.0	4	2.1	59	31.2	43	22.8	30	15.9
	11. Firmamızda büyük veri ile ortaya çıkan sorunlar tespit edilmektedir.	2	1.56	87	46.0	26	13.8	17	9.0	29	15.3	30	15.9
	12. Büyük veri, karar alma yöntemlerinde kullanılmaktadır.	2	1.42	91	48.1	26	13.8	29	15.3	24	12.7	19	10.1
	13. Büyük veri ile, ürünün kalitesi ve tam zamanında teslimatı ile ilgili tahmin yapılmaktadır.	2	1.39	86	45.5	34	18.0	29	15.3	21	11.1	19	10.1
Bulut Bilişim	14. Firmamızda bulut bilişim ile hızlı veri transferi ve yedekleme sağlanmaktadır.	2	1.53	96	50.8	26	13.8	26	13.8	8	4.2	33	17.5
	15. Firmamızda bulut bilişim alt yapısı, yazılım veya platformlarından birisi bulunmaktadır.	2	1.61	100	52.9	16	8.5	17	9.0	23	12.2	33	17.5
	16. Firmamız dışarıdan (Turkcell, TTNET, iClouds vb.) bulut hizmetlerinden faydalanmaktadır.	3	1.57	67	35.4	13	6.9	52	27.5	11	5.8	46	24.3
	17. Firmamız çalışanları bulut bilişim ile istenilen bilgilere kolaylıkla her yerden erişebilmektedirler.	2	1.23	86	45.5	32	16.9	48	25.4	11	5.8	12	6.3

Tablo 11

İ4.0 Teknoloji bileşenleri ve gerçekleştirme durumları (devam)

İ4.0 Teknoloji Bileşenleri		Ort.	S. Sapma	1. Gerçekleştirilmedi		2. Hazırlık aşamasında		3. Kısmen gerçekleştirildi		4. Büyük oranda gerçekleştirildi		5. Tamamen gerçekleştirildi	
				n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Üç Boyutlu Baskı Teknolojisi	18. Firmamızda katmanlı üretim için 3B teknolojisine sahip yazıcılar kullanılmaktadır.	2	1.41	107	56.6	20	10.6	28	14.8	13	6.9	21	11.1
	19. Firmamızda 3B yazıcılar ile hızlı ve esnek prototipleme ve üretim sistemleri oluşturulmuştur.	1	0.79	143	75.7	16	8.5	27	14.3	3	1.6	0	0.0
	20. Firmamızda 3B yazıcılar ile kişiselleştirilmiş üretim yapılmaktadır.	1	0.71	144	76.2	22	11.6	22	11.6	1	0.5	0	0.0
	21. 3B yazıcılar ile yaratıcı ürün tasarımları yapılmaktadır.	1	0.77	141	74.6	17	9.0	30	15.9	1	0.5	0	0.0
Robotik Uygulamalar	22. Firmamızda robotik özellikli cihazlar veya endüstriyel robotlar kullanılmaktadır.	1	0.78	150	79.4	5	2.6	34	18.0	0	0.0	0	0.0
	23. Firmamızda robotlar, beklenmedik durumlarda kendi kendine karar verebilmektedir.	1	0.66	158	83.6	9	4.8	22	11.6	0	0.0	0	0.0
	24. Firmamızda robotlar ve çalışanlar uyum içinde çalışmaktadır.	1	0.79	144	76.2	23	12.2	15	7.9	7	3.7	0	0.0
	25. Firmamızda robotlar ve bunların eylemleri uzaktan kontrol edilebilmektedir.	1	0.67	146	77.2	22	11.6	21	11.1	0	0.0	0	0.0
Sanal ve Artırılmış Gerçeklik (SG ve AG)	26. Fiziksel üretim süreçlerimizin bilgisayar ortamında sanal kopyaları vardır.	2	1.45	103	54.5	14	7.4	19	10.1	40	21.2	13	6.9
	27. Firmamızda sanal ve artırılmış gerçeklik cihazları (simülatörler, sanal gerçeklik gözlüğü, optik projeksiyon sistemleri, monitörler, el ya da insan vücuduna takılan görüntüleme cihazları vb.) kullanılmaktadır.	1	0.87	143	75.7	7	3.7	36	19.0	2	1.1	1	0.5
	28. Firmamızda sanal ve artırılmış gerçeklik ile ürün süreçlerinde yaratıcılık ve zenginleştirme sağlanmaktadır.	1	0.79	140	74.1	18	9.5	29	15.3	2	1.1	0	0.0
	29. Firmamızda bazı çalışan eğitimleri (acil durumlar, makine kullanımı, tatbikatlar vb.) bilgisayar ortamında yapılabilmektedir.	3	1.44	69	36.5	21	11.1	61	32.3	6	3.2	32	16.9
Siber Güvenlik	30. Firmamızda siber güvenlik tedbirleri alınmaktadır.	2	1.44	79	41.8	21	11.1	41	21.7	26	13.8	22	11.6
	31. Firmamızda kişisel ve organizasyonel verilerin korunmasına yönelik politikalar oluşturulmaktadır.	2	1.45	71	37.6	36	19.0	39	20.6	13	6.9	30	15.9

Firmaların %38.1' i siber fiziksel sistem bileşeni uygulamaları arasında yer alan “gerçek zamanlı veriler elde edebilmeyi” kısmen gerçekleştirdiği, %37.6' sı nesnelerin interneti bileşeni uygulamaları arasında yer alan “akıllı cihazlar arasında internet ağ sistemi kurulumunu” tamamen gerçekleştirdiği ve % 31.2' si büyük veri bileşeni uygulamaları arasında yer alan “veri tabanı yönetim sistemini bulundurmaya” kısmen gerçekleştirdiği tespit edilmiştir.

Siber fiziksel sistem bileşeni uygulamalarının ortalamasına baktığımızda; “gerçek zamanlı veriler elde edebilmeyi” kısmen gerçekleştirdikleri; aşağıdaki uygulamalar için hazırlık aşamasında olduğu tespit edilmiştir.

- Makinalarda radyo frekans tanımlama etiketlerini bulundurma
- Otomatik kumanda ve taşıt sistemlerini kullanma
- Müşteri isteklerine hızlı ger dönüş sistemi oluşturma
- Yalın üretim sistemi oluşturma

Nesnelerin interneti bileşeni uygulamalarının ortalamasına baktığımızda; “akıllı cihazlar arasında internet ağ sistemini” büyük oranda gerçekleştirdikleri; “ileri teknoloji sayesinde üretim süreçlerinde güvenlik sağlanmasını” ve “nesnelerin interneti lojistik faaliyetlerinde kullanımını” kısmen gerçekleştirdikleri; “akıllı ölçüm tekniklerinin kullanımı” için hazırlık aşamasında oldukları tespit edilmiştir.

Büyük veri bileşeni uygulamalarının ortalamasına baktığımızda; “veri tabanı yönetim sistemi bulundurmaya” kısmen gerçekleştirdikleri; aşağıdaki uygulamalar için hazırlık aşamasında olduğu tespit edilmiştir.

- Büyük veri ile ortaya çıkan sorunların tespiti
- Büyük veri, karar alma yöntemlerinde kullanımı

- Büyük veri ile ürünün kalitesi ve tam zamanında teslimatı ile ilgili tahmin yapımı

Bulut bilişim uygulamalarının ortalamasına baktığımızda; “dışarıdan bulut hizmetlerinden faydalanmayı” kısmen gerçekleştirdikleri; aşağıdaki uygulamalar için hazırlık aşamasında olduğu tespit edilmiştir.

- Bulut bilişim ile hızlı veri transferi ve yedekleme sağlanması
- Bulut bilişim alt yapısı, yazılım veya platformlarından birisini bulundurma
- Çalışanları bulut bilişim ile istenilen bilgilere kolaylıkla her yerden erişebilme

Üç boyutlu baskı teknoloji bileşeni uygulamalarının ortalamasına baktığımızda; “üretim için 3B teknolojisine sahip yazıcıların kullanımı” için hazırlık aşamasında olduğu; aşağıdaki uygulamaların gerçekleşmediği tespit edilmiştir.

- 3B baskı teknolojisi ile hızlı ve esnek prototipleme ve üretim sistemleri oluşturma
- 3B baskı teknolojisi ile kişiselleştirilmiş üretim yapımı
- 3B baskı teknolojisi ile yaratıcı ürün tasarımlarının yapımı

Robotik uygulama bileşeni uygulamalarının ortalamasına baktığımızda aşağıdaki uygulamaların gerçekleşmediği tespit edilmiştir.

- Robotik özellikli cihazlar veya endüstriyel robot kullanımı
- Robotların beklenmedik durumlarda kendi kendine karar verebilmesi
- Robotlar ve çalışanların uyum içinde çalışması
- Robotlar ve bunların eylemleri uzaktan kontrol edebilme

Sanal ve Arttırılmış Gerçeklik bileşeni uygulamalarının ortalamasına baktığımızda; “bazı çalışan eğitimlerini bilgisayar ortamında yapımının” kısmen gerçekleştirildiği; “fiziksel üretim süreçlerinin bilgisayar ortamında sanal kopyalarının oluşumunun” hazırlık aşamasında olduğu; aşağıdaki uygulamaların gerçekleşmediği tespit edilmiştir.

- Sanal ve Arttırılmış Gerçeklik cihazlarının kullanımı
- Sanal ve Arttırılmış Gerçeklik ile ürün süreçlerinde yaratıcılık ve zenginleştirme sağlama

Siber güvenlik bileşeni uygulamalarının ortalamalarına baktığımızda; “siber güvenlik tedbirlerinin alınımı” ve “kişisel ve organizasyonel verilerin korunmasına yönelik politikaların oluşturulması” konusunda hazırlık aşamasında olduğu tespit edilmiştir.

Firma performanslarını ölçüm kriterlerine ilişkin dağılımlar Tablo 12’ dedir.

Tablo 12

Firma performans ölçüm kriterleri

Firma Performans Ölçüm Kriterleri	Ort.	S. Sapma	1. Hiç katılmıyorum		2. Katılmıyorum		3. Kararsızım		4. Kısmen katılıyorum		5. Tamamen katılıyorum	
			n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
1. Yatırımlarımızın getirisi rakiplerimizden yüksektir.	3	1.21	25	13.2	22	11.6	61	32.3	55	29.1	26	13.8
2. Çalışan başına ortalama üretkenliğimiz rakiplerimizden yüksektir.	4	1.22	16	8.5	20	10.6	29	15.3	74	39.2	50	26.5
3. Ürünü/hizmeti piyasaya sunma süremiz rakiplerimizden hızlıdır.	4	1.20	16	8.5	15	7.9	20	10.6	81	42.9	57	30.2
4. Müşteri şikâyetlerine cevap verme süremiz rakiplerimizden hızlıdır.	4	1.22	15	7.9	17	9.0	21	11.1	73	38.6	63	33.3
5. Piyasa payımız rakiplerimizden yüksektir.	4	1.15	3	1.6	23	12.2	58	30.7	28	14.8	77	40.7
6. Satışlarımız rakiplerimizden yüksektir.	3	1.19	17	9.0	13	6.9	77	40.7	37	19.6	45	23.8
7. Karlılığımız (yüzde olarak) rakiplerimizden yüksektir.	3	1.10	5	2.6	33	17.5	78	41.3	30	15.9	43	22.8
8. Satılan malın maliyeti rakiplerimizinkinden düşüktür.	4	1.28	24	12.7	6	3.2	39	20.6	66	34.9	54	28.6
9. Çalışanlarımızın yeni beceri öğrenme sayısı rakiplerimizden yüksektir.	4	1.10	7	3.7	26	13.8	30	15.9	79	41.8	47	24.9
10. Öz sermaye getirisi rakiplerimizden yüksektir.	4	1.22	14	7.4	18	9.5	35	18.5	60	31.7	62	32.8
11. Büyüme oranımız rakiplerimizden yüksektir.	4	1.21	17	9.0	5	2.6	49	25.9	55	29.1	63	33.3
12. Faaliyet gelirlerimiz rakiplerimizden yüksektir.	4	1.14	6	3.2	23	12.2	29	15.3	60	31.7	71	37.6
13. Ciro kârlılığı (Kar/Toplam satışlar) rakiplerimizden yüksektir.	4	1.13	7	3.7	21	11.1	71	37.6	36	19.0	54	28.6
14. Müşteri memnuniyeti rakiplerimizden yüksektir.	4	1.24	17	9.0	14	7.4	29	15.3	68	36.0	61	32.3
15. Müşteri şikâyetlerine cevap verme süresi rakiplerimizden hızlıdır.	4	1.28	18	9.5	14	7.4	34	18.0	55	29.1	68	36.0
16. Şirketimizin piyasa değeri rakiplerimizinkinden yüksektir.	4	1.14	5	2.6	26	13.8	57	30.2	41	21.7	60	31.7

Firma performansı ile İ4.0 teknoloji bileşenleri arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarmak için korelasyon analizi yapılmış olup, sonuçlar Tablo 13' de dir.

Tablo 13

Korelasyon analizi

N=189		Firma Performans	
İ4.0 Teknoloji Bileşenleri	Siber Fiziksel Sistemler	r	0.21*
	Nesnelerin İnterneti	r	0.50*
	Büyük Veri	r	0.33*
	Bulut Bilişim	r	0.35*
	3 Boyutlu Baskı Teknolojisi	r	0.24*
	Robotik Uygulamalar	r	0.18**
	Sanal ve Arttırılmış Gerçeklik	r	0.36*
	Siber Güvenlik	r	0.25*

r: Pearson Korelasyon, Spearman Korelasyon, * $p \leq 0.01$, ** $p \leq 0.05$: Düzeyinde Anlamlı

Firma performansı ile siber fiziksel sistemler ($r=0.21$, $p \leq 0.01$), üç boyutlu baskı teknoloji ($r=0.24$, $p \leq 0.01$), robotik uygulamalar ($r=0.18$, $p \leq 0.05$), siber güvenlik ($r=0.25$, $p \leq 0.01$) bileşenleri arasında pozitif yönde çok zayıf düzeyde anlamlı bir ilişki olduğu; büyük veri ($r=0.33$, $p \leq 0.01$), bulut bilişim ($r=0.35$, $p \leq 0.01$), sanal ve arttırılmış gerçeklik ($r=0.36$, $p \leq 0.01$) bileşenleri arasında pozitif yönde zayıf düzeyde; nesnelerin interneti ($r=0.50$, $p \leq 0.01$) bileşeni arasında pozitif yönde orta düzeyde anlamlı bir ilişki olduğu gözlenmiş olup; firmalar siber fiziksel sistemler, nesnelerin interneti, büyük veri, bulut bilişim, üç boyutlu baskı teknolojisi, robotik uygulamalar, sanal ve arttırılmış gerçeklik ve siber güvenlik bileşenlerini gerçekleştirme düzeylerini arttırdıkça firma performanslarının yükseldiği söylenebilir.

İnşaat 4.0 teknoloji bileşenlerinden siber fiziksel sistemler, nesnelerin interneti, büyük veri, bulut bilişim, üç boyutlu baskı teknolojisi, robotik uygulamalar, sanal ve arttırılmış gerçeklik ve siber güvenlik bileşenlerini gerçekleştirme düzeylerinin firmaların performansı üzerindeki etkisine yönelik çoklu regresyon analiz sonucu Tablo 14'tedir.

Tablo 14

Çoklu regresyon analiz sonucu

	B	S. Hata	Beta	t	p
Sabit Değer	2.58	0.20		12.98	0.00*
Siber Fiziksel Sistemler	-0.39	0.10	-0.33	-3.78	0.00*
Nesnelerin İnterneti	0.76	0.11	0.85	6.73	0.00*
Büyük Veri	-0.26	0.12	-0.32	-2.24	0.03*
Bulut Bilişim	0.16	0.10	0.19	1.61	0.11
3 Boyutlu Baskı Teknolojisi	-0.10	0.15	-0.07	-0.64	0.52
Robotik Uygulamalar	-0.44	0.17	-0.30	-2.56	0.01*
Sanal ve Arttırılmış Gerçeklik	0.33	0.15	0.26	2.11	0.04*
Siber Güvenlik	0.06	0.07	0.08	0.85	0.40
Bağımlı Değişken: Firma Performansı	R=0.60, R ² =0.36, F=12.579, p=0.00*				

*p≤0.05: Düzeyinde Anlamlı

İnşaat 4.0 teknoloji bileşenlerinden siber fiziksel sistemler, nesnelerin interneti, büyük veri, bulut bilişim, üç boyutlu baskı teknolojisi, robotik uygulamalar, sanal ve arttırılmış gerçeklik ve siber güvenlik bileşenlerini gerçekleştirme düzeylerinin firmanın performansı üzerindeki etkisine yönelik yapılan çoklu regresyon analiz sonucuna göre; siber fiziksel sistemler, nesnelerin interneti, büyük veri, robotik uygulamalar, sanal ve arttırılmış gerçeklik bileşenlerinin firmanın performansı üzerindeki etkisinin anlamlı olduğu (p≤0.05); bulut bilişim, üç boyutlu baskı teknoloji ve siber güvenlik bileşenlerinin firmanın performansı üzerindeki etkisinin anlamlı olmadığı (p>0.05) tespit edilmiştir.

Faaliyet alanına göre firma performans ve İ4.0 teknoloji bileşenlerinin karşılaştırılmasına ilişkin sonuçlar Tablo 15' te yer almaktadır.

Tablo 15

Faaliyet alanına göre firma performans ve İ4.0 teknoloji bileşenlerinin karşılaştırılması

N=189	Firmanın Faaliyet Alanı	n	Ort.	S. Sapma	Sıra Ort.	Test İst.	P
Firma Performans	Ulusal	158	3.57	1.06	90.97	T -2.776	0.01*
	Uluslararası	31	4.11	0.58	115.56		
Siber Fiziksel Sistemler	Ulusal	158	2.27	0.89	97.87	T 1.588	0.11
	Uluslararası	31	1.99	0.79	80.39		
Nesnelerin İnterneti	Ulusal	158	2.99	1.18	97.29	T 1.498	0.14
	Uluslararası	31	2.66	0.84	83.32		
Büyük Veri	Ulusal	158	2.41	1.29	92.79	T -1.099	0.27
	Uluslararası	31	2.69	1.17	106.27		
Bulut Bilişim	Ulusal	158	2.30	1.27	90.99	T -1.553	0.12
	Uluslararası	31	2.67	0.89	115.42		
3 Boyutlu Baskı Teknolojisi	Ulusal	158	1.61	0.79	97.28	T 1.694	0.09
	Uluslararası	31	1.35	0.57	83.39		
Robotik Uygulamalar	Ulusal	158	1.41	0.73	98.85	Z -2.820	0.01*
	Uluslararası	31	1.05	0.19	75.35		
Sanal ve Arttırılmış Gerçeklik	Ulusal	158	1.87	0.87	98.27	T 2.351	0.02*
	Uluslararası	31	1.50	0.39	78.32		
Siber Güvenlik	Ulusal	158	2.25	1.29	88.43	T -4.326	0.00*
	Uluslararası	31	3.37	1.48	128.47		

T: Bağımsız Örneklem T Testi, Z: Mann Whitney U Testi, * $p \leq 0.05$: Düzeyinde Anlamlı

Siber fiziksel sistemler, nesnelerin interneti, büyük veri, bulut bilişim, üç boyutlu baskı teknolojisi bileşenlerinin faaliyet alanına göre anlamlı bir farklılık göstermediği ($p > 0.05$); firma performansı, robotik uygulamalar, sanal ve arttırılmış gerçeklik ve siber güvenlik bileşenlerinin faaliyet alanına göre anlamlı bir farklılık gösterdiği ($p \leq 0.05$) gözlenmiştir. Dolayısıyla ulusal firmaların uluslararası firmalara kıyasla firma performansının daha düşük olduğu ve siber güvenlik bileşenini gerçekleştirme düzeyinin daha düşük olduğu; robotik uygulamalar ve sanal ve arttırılmış gerçeklik bileşenini gerçekleştirme düzeyinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Faaliyet türüne göre firma performans ve İ4.0 teknoloji bileşenlerinin karşılaştırılmasına ilişkin sonuçlar Tablo 16' da yer almaktadır.

Tablo 16

Faaliyet türüne göre firma performans ve İ4.0 teknoloji bileşenlerinin karşılaştırılması

N=189	Firmanın Faaliyet Türü	n	Ort.	S. Sap ma	Sıra Ort.	Test İst.	p	Fark
Firma Performans	a. Üst yapı taahhüt işleri	41	3.67	0.63	87.84			
	b. Alt yapı taahhüt işleri	138	3.65	1.12	97.30	F	0.020	0.98
	c. Diğer	10	3.71	0.93	92.60			
Siber Fiziksel Sistemler	a. Üst yapı taahhüt işleri	41	2.61	0.64	121.29			
	b. Alt yapı taahhüt işleri	138	2.06	0.91	83.61	F	10.073	0.00*
	c. Diğer	10	2.86	0.37	144.45			a, c>b
Nesnelerin İnterneti	a. Üst yapı taahhüt işleri	41	3.77	0.86	136.17			
	b. Alt yapı taahhüt işleri	138	2.67	1.10	81.42	F	18.280	0.00*
	c. Diğer	10	3.25	0.85	113.55			b<a
Büyük Veri	a. Üst yapı taahhüt işleri	41	3.66	1.14	143.89			
	b. Alt yapı taahhüt işleri	138	2.10	1.07	80.70	F	31.841	0.00*
	c. Diğer	10	2.43	1.38	91.85			b, c<a
İ4.0 Teknoloji Bileşenleri	a. Üst yapı taahhüt işleri	41	2.95	0.93	126.39			
	b. Alt yapı taahhüt işleri	138	2.18	1.22	85.64	F	6.856	0.00*
	c. Diğer	10	2.48	1.50	95.40			b<a
3 Boyutlu Baskı Teknolojisi	a. Üst yapı taahhüt işleri	41	1.92	0.91	115.15			
	b. Alt yapı taahhüt işleri	138	1.48	0.65	91.01	F	6.286	0.00*
	c. Diğer	10	1.33	1.03	67.50			b<a
Robotik Uygulamalar	a. Üst yapı taahhüt işleri	41	1.70	0.93	109.72			
	b. Alt yapı taahhüt işleri	138	1.25	0.57	90.62	χ^2	6.409	0.04*
	c. Diğer	10	1.25	0.49	95.10			b<a
Sanal ve Arttırılmış Gerçeklik	a. Üst yapı taahhüt işleri	41	2.20	0.77	124.17			
	b. Alt yapı taahhüt işleri	138	1.72	0.79	89.64	F	6.751	0.00*
	c. Diğer	10	1.42	1.03	49.30			b, c<a
Siber Güvenlik	a. Üst yapı taahhüt işleri	41	2.98	1.22	117.18			
	b. Alt yapı taahhüt işleri	138	2.31	1.39	90.05	F	4.512	0.01*
	c. Diğer	10	1.95	1.38	72.40			b<a

F: Tek Yönlü Varyans Analizi, χ^2 : Kruskal Wallis H Testi, * $p \leq 0.05$: Düzeyinde Anlamlı

Firma performansının faaliyet türüne göre anlamlı bir farklılık göstermediği ($p>0.05$); siber fiziksel sistemler, nesnelerin interneti, büyük veri, bulut bilişim, üç boyutlu baskı teknoloji, robotik uygulamalar, sanal ve artırılmış gerçeklik ve siber güvenlik bileşenlerinin faaliyet türüne göre anlamlı bir farklılık gösterdiği ($p\leq 0.05$) gözlenmiştir. Dolayısıyla;

- Alt yapı taahhüt işlerini yapan firmaların üst yapı taahhüt işleri ve diğer işleri yapan firmalara kıyasla siber fiziksel sistemleri gerçekleştirme düzeylerinin daha düşük olduğu
- Üst yapı taahhüt işlerini yapan firmaların alt yapı taahhüt işleri yapan firmalara kıyasla nesnelerin interneti, bulut bilişim, üç boyutlu baskı teknoloji, robotik uygulamalar ve siber güvenlik bileşenleri gerçekleştirme düzeylerinin daha yüksek olduğu
- Üst yapı taahhüt işlerini yapan firmaların alt yapı taahhüt işleri ve diğer işleri yapan firmalara kıyasla büyük veri ve artırılmış gerçeklik bileşenleri gerçekleştirme düzeylerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.



YEDİNCİ BÖLÜM

SONUÇ

Toplumlar ve ekonomiler için hayati önem taşıyan ve insanların yaşamlarını sürdürdükleri alanlar olan konutlar, iyi tasarlanıp inşa edilmesi ve gayrimenkul endüstrisinin bu ihtiyaca yanıt vermesi gerekliliği bir zorunluluk olup günümüz gayrimenkul sektörüne az kaynak ayrılması, sektöre yapılan yatırımların verimsiz kabul edilmesi ve bu sektöre öncelik verilmesinin kalkınmayı yavaşlatacağı şeklindeki görüşler nedeniyle emek yoğun bir sanayi dalı olarak kalması, parçalanmış yasal yapısı, yüksek karbon emisyonları oluşturan yapısı, uygun fiyatlı konut eksikliği, teknolojinin yavaş benimsenmesi, sektörün şeffaf olmaması ve esnekliğin azlığı gibi sorunları bulunan günümüz gayrimenkul sektörü, ihtiyaçları karşılamamaktadır.

Gayrimenkul sektörünün ihtiyaçları karşılayamaması sonucunda doğal bir değişim süreci başlamış olup dijital gayrimenkulleşme sürecine girilmesini sağlamıştır. Dijital gayrimenkulü ise gayrimenkul finans teknolojileri, paydaş ekonomileri, akıllı bina teknolojileri ve İnşaat 4.0 sektörleri oluşturmaktadır. Dijital gayrimenkulü oluşturan sektörlerden biri olan İnşaat 4.0'ın doğrudan ve dolaylı olarak dijital gayrimenkulün 1/3'ünü oluşturması (Baum, 2017) nedeniyle inşaat sektörünün İnşaat 4.0'a geçişi, gayrimenkul sektörünün geleceğinin şekillenmesinde önemli bir rol üstlendiğini göstermektedir.

Günümüz inşaat sektörü, nüfusun yaşlanması ve kötü çalışma koşulları nedeniyle genç nesillerin inşaat sektörüne olan ilgilerinin düşmesi sektörde çalışacak nüfusu azaltmakta ayrıca düşük eğitim seviyeli insanlar ve teknolojik yetersizlikler nedeniyle hammadde, enerji ve zaman israfıyla birlikte kusur oranlarının artıp maliyet aşımalarının çoğalması diğer endüstrilerin aksine verimin her geçen gün daha da azalması gibi sorunlarla karşı karşıya kalmaktadır. Bu sorunların çözülememesi günümüz inşaat sektörünün teknolojik performans sınırına ulaştığını göstermektedir.

Dijital teknolojilerin, sensör sistemlerinin, akıllı makinelerin ve akıllı malzemelerin benimsenmesinde büyük zorluklarla karşı karşıya olan inşaat sektörü; gerek günümüz ihtiyaçlarına cevap verebilmek (konut ihtiyacı, iklim değişikliği vb. itici kuvvetler) gerekse büyüebilmek için endüstriyel alandaki yenilikler ve teknolojik gelişmelerden doğmuş olan Endüstri 4.0'ın yolundan giderek gelişimini sürdürmeye devam edecektir. İnşaat 4.0'a geçiş ile inşaat sektöründeki üretim verimliliğindeki artış gayrimenkulleri finanse etme, işlem yapma ve satın alma faaliyetleri üzerinde büyük bir etki oluşturacak olup hem küresel iklimdeki acil durum hem de küresel konut kıtlığı sorununa çözüm olacaktır.

Gayrimenkul sektörünün geleceği olan dijitalleşme süreci; muhtemel iklim değişikliğinin ve hızlı kentleşmenin küresel baskıları tarafından yönlendirilerek ve olgunlaşan endüstri 4.0 teknolojilerinin İnşaat 4.0 teknolojilerini oluşturmasıyla gelişecektir. Bu nedenle bu çalışmada inşaat şirketlerinin faaliyet alanlarının ve faaliyet türlerinin İnşaat 4.0 da kullanılan Endüstri 4.0 teknoloji bileşenlerini kullanma düzeyleri üzerindeki etkisi ile bu teknoloji bileşenlerinin şirketin performansı üzerinde etkisi anket yöntemi kullanılarak araştırılmıştır.

Verilerin analizi için IBM SPSS 25 programı kullanılmıştır. Endüstri 4.0 teknolojilerinden olgunlaşarak İnşaat 4.0'ın bileşenlerini oluşturan siber fiziksel sistemler, nesnelerin interneti, büyük veri, bulut bilişim, üç boyutlu baskı teknolojisi, robotik uygulamalar, sanal ve artırılmış gerçeklik ve siber güvenlik bileşenlerinin inşaat şirketleri tarafından gerçekleştirilme düzeylerinin bu şirketlerin performansları üzerindeki etkilerini belirlemek için çoklu regresyon analizi uygulanmıştır.

Faaliyet alanına göre firma performans ve İ4.0 teknoloji bileşenlerinin karşılaştırılması için Bağımsız Örneklem T testi ve Mann Whitney U testi; faaliyet türüne göre firma performans ve İ4.0 teknoloji bileşenlerinin karşılaştırılması için Tek Yönlü Varyans analizi ve Kruskal Wallis H testi kullanılmıştır. Post Hoc test olarak ise Tukey HSD ve Mann Whitney U testi kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda elde edilen bulgulardan şu sonuçlar elde edilmiştir:

1. İ4.0 teknoloji bileşenlerini gerçekleştirme düzeylerinin firmaların performansı üzerindeki etkisi değerlendirildiğinde;
 - Kolerasyon analizine göre; firmalar siber fiziksel sistemler, nesnelerin interneti, büyük veri, bulut bilişim, üç boyutlu baskı teknolojisi, robotik uygulamalar, sanal ve artırılmış gerçeklik ve siber güvenlik bileşenlerini gerçekleştirme düzeylerini arttırdıkça firma performanslarının yükseldiği söylenebilir.
 - Çoklu regrasyon analizine göre ise; İ4.0 teknoloji bileşenlerinden siber fiziksel sistemler, nesnelerin interneti, büyük veri, bulut bilişim, üç boyutlu baskı teknolojisi, robotik uygulamalar, sanal ve artırılmış gerçeklik ve siber güvenlik bileşenlerini gerçekleştirme düzeylerinin firmanın performansı üzerindeki etkisine yönelik yapılan çoklu regresyon analiz sonucuna göre; siber fiziksel sistemler, nesnelerin interneti, büyük veri, robotik uygulamalar, sanal ve artırılmış gerçeklik bileşenlerinin firmanın performansı üzerindeki etkisinin anlamlı olduğu ($p \leq 0.05$); bulut bilişim, üç boyutlu baskı teknoloji ve siber güvenlik bileşenlerinin firmanın performansı üzerindeki etkisinin anlamlı olmadığı ($p > 0.05$) tespit edilmiştir.
2. Firma performansının faaliyet alanına göre değerlendirildiğinde;
 - Ulusal firmaların uluslararası firmalara kıyasla firma performansının daha düşük olduğu ve siber güvenlik bileşenini gerçekleştirme düzeyinin daha düşük olduğu; robotik uygulamalar ve sanal ve artırılmış gerçeklik bileşenini gerçekleştirme düzeyinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.
3. Firma performansının faaliyet türüne göre değerlendirildiğinde;
 - Alt yapı taahhüt işlerini yapan firmaların üst yapı taahhüt işleri ve diğer işleri yapan firmalara kıyasla siber fiziksel sistemleri gerçekleştirme düzeylerinin daha düşük olduğu,
 - Üst yapı taahhüt işlerini yapan firmaların alt yapı taahhüt işleri yapan firmalara kıyasla nesnelerin interneti, bulut bilişim, üç boyutlu baskı teknoloji, robotik uygulamalar ve siber güvenlik bileşenleri gerçekleştirme düzeylerinin daha yüksek olduğu,

- Üst yapı taahhüt işlerini yapan firmaların alt yapı taahhüt işleri ve diğer işleri yapan firmalara kıyasla büyük veri ve artırılmış gerçeklik bileşenleri gerçekleştirme düzeylerinin daha yüksek olduğu tespit edildiği

sonuçları elde edilmiş olup bu sonuçlardan 4.0 teknoloji bileşenlerini gerçekleştirme düzeyleri arttıkça firma performanslarının yükseldiği ve bu teknolojileri kullanan firmaların firma performanslarının 4.0 teknolojileri kullanmayanlara göre daha iyi olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç olarak inşaat teknolojisi ve pazar talebindeki gelişmeler ile artan malzeme ve bileşen çeşitliliği ve daha kısa proje süresi gereksinimleri inşaat süreçlerindeki doğal sorunları daha da ağırlaştırma eğilimi oluşturmuş olup tutarlı bir şekilde bütünü değiştirecek bir dizi yeni teknoloji ile inşaatın seyrini ve geleceğini temsil edecek olan İnşaat 4.0'ın gelişmesi için daha fazla bilimsel çalışma yapılması gerekmektedir. Bu bilimsel çalışmaların çoğaltılması ile İnşaat 4.0 teknolojilerinin tanınması ve kullanılması; inşaat sektöründe kalite ve kaynak verimliliği ile inşaat şirketlerindeki üretkenliği artırmasına, proje gecikmelerini ve maliyet aşımalarını azaltmasına, karmaşıklığı yönetmesine, daha gelişmiş yapılar ortaya koymasına ve güvenliği artırmasına olanak tanıyacaktır. Bu da gayrimenkul endüstrisinin daha sürdürülebilir bir yapı oluşturmasını ve dijital gayrimenkulün önemli bir parçası olan İnşaat 4.0'ın tam anlamıyla dönüşümünü sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

- Ahmad, J., Larijani, H., Emmanuel, R., Mannion, M. and Javed, A. (2018). "Occupancy Detection in Nonresidential Buildings – A Survey and Novel Privacy Preserved Occupancy Monitoring Solution". *Applied Computing and Informatics*, 17 (2), 279 - 295. <https://doi.org/10.1016/j.aci.2018.12.001>.
- Akal, Z., Eke, N. ve Aksoy, S. (1983). *Türk İnşaat ve Konut Sektörünün Güncel Sorunları*. MPM Yayını: Ankara.
- Akintoye, A. (1995). "Yapı Malzemesi Yönetimi için Tam Zamanında Uygulama ve Uygulama". *İnşaat Yönetimi ve Ekonomisi*, 13 (2), 105-113.
- Akçay, B. (1993). "Konut Finansman Sistemleri ve Türkiye'deki Uygulamaların Değerlendirilmesi". *Banka ve Ekonomik Yorumlar*, 30 (12).
- Akçay, B. (1996). "Avrupa Birliğinin Konut Finansmanı Alanındaki Faaliyetleri". *İktisat İşletme ve Finans*, 11 (124), 55-63.
- Akçay, B. (1997). "Gayrimenkullerde Vergileme Sorunu". *İktisat İşletme Finans*, 12 (130).
- Aksoy, A. (1993). "İnşaat Sektörünün Ekonomideki Yeri ve Önemi". *GÜ İİBF Dergisi*, 9 (2).
- Aktüre, T. (1982). "Konutta Maliyet Ödeme Gücü İlişkisi". *Kent-Koop*, Yayın No:20.
- Alarcon, L.F. (1994). "Tools for The Identification and Reduction of Waste in Construction Projects". *Lean construction*, 5, 365-377.
- AlSanad, S. (2015). "Awareness, Drivers, Actions, and Barriers of Sustainable Construction in Kuwait". *Procedia engineering*, 118, 969-983.
- Altuğ, O. (1994). *Kayıt Dışı Ekonomi*. Cem Ofset Matbaacılık: İstanbul.
- Altus Group (2019). *Real Estate Development Trends Report*. Retrieved: October 27, 2019, https://go.altusgroup.com/EMEADevelopment-Trends-Report-2019?utm_source=Future%20Propotech&utm_campaign=Development-trends-report-EN-future-propotech.

- Altunışık, R., Coşkun, R., Bayraktaroğlu, S., ve Yıldırım, E. (2007). *Sosyal Bilimlerde Araştırma Yöntemleri*. Sakarya: Sakarya Kitabevi.
- Anonim, (2015). Nesnelerin İnterneti. <http://www.bilisimdergisi.org/s159>.
- Anonymous, (2015). *Making a Measurable Difference 2015 Corporate Citizenship Report*. https://www.accenture.com/t00010101T000000__w__/gb-en/_acnmedia/PDF-11/Accenture-2015-Corporate-Citizenship-Report.pdf
- Anonymous, (2019). Digital Twins, Smart Cities, and Urban Modeling. https://www.abiresearch.com/market-research/product/1033835-digital-twins-smart-cities-and-urbanmodel/?utm_source=media&utm_medium=email.
- Anonymous, (2022). Scrapers. Historical Construction Equipment Association Online. <https://hcea.net/page-1547740/10001961>
- Alwi, S. (1995). The Relationship Between Rework and Work Supervision of Upper Structure in The Reinforced Concrete Building Structure. *Proceedings of International Group of Lean Conference*, 10.
- Arın, T. (1982). “Konut Sorunu ve Devlet Müdahalesi: Devlet Müdahaleleriyle İlgili Genel Bir Değerlendirme”. *İktisat Fakültesi Mecmuası, İstanbul Üniversitesi Özel*, (1), 1-2.
- Atasoy, A. (2009). *Akıllı Bina Teknolojisinin Yapısal Özellikler Açısından İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Atkins, W. S. (1993). *Strategic Study on The Construction Sector. Final Report*. Commission of the EU community DG Industry, International Limited.
- Abdullah, Y. S. and Al-Alwan, H. A. S. (2019). “Smart Material Systems and Adaptiveness in Architecture”. *Ain Shams Engineering Journal*, 10 (3), 623-638. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2019.02.002>.
- Baum, A. (2017). *PropTech 3.0: The future of Real Estate*. Saïd Business School, University of Oxford Research.
- Baum, A. (2020). *Real Estate Tokenisation – The Future of Real Estate?*. SBS, University of Oxford Research.

- Baum, A. and Dearsley, J. (2017, in Derbyshire, 2019). What is PropTech, *Unissu Online*, Retrieved: April 16, 2019, <https://www.unissu.com/proptech-resources/what-is-proptech>.
- Bazilian, M., Onyeji, I., Liebreich, M., MacGill, I., Chase, J., Shah, J.,...and Zhengrong, S. (2013). "Reconsidering The Economics of Photovoltaic Power". *Renewable Energy*, 53, 329–338. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2012.11.029>.
- Beckerman, M. (2019). Reimagining the Retail User Experience. *CRETech Online*, Retrieved: October 13, 2019, <https://www.crettech.com/michael-beckerman/reimagining-the-retail-user-experience/>.
- Bell, L.C. and Stukhart, G. (1987). "Costs and Benefits of Material Management Systems". *Journal of Construction Engineering & Management*, 113 (2), 222-34.
- Bertelsen, S. and Koskela, L. (2004). Construction Beyond Lean: A New Understanding of Construction Management, *In Proceedings of the 12 th annual conference in the International Group for Lean Construction*.
- Block, A. and Aarons, Z. (2019). *Proptech 101: Turning Chaos into Cash Through Real Estate Innovation*. Advantage Media Group, ISBN: 979-1-64225-060-2.
- British Council for Offices (2018). Fast and Slow Buildings: Responsiveness through Technology and Design. *British Council for Offices*. Retrieved: February 8, 2020, http://www.bco.org.uk/Research/Publications/Fast_and_Slow_Buildings_Responsiveness_through_Technology_and_Design.aspx.
- BM-Volvo DR 631 (2022, 15.Ekim). Erişim adresi: <https://www.volvoce.com/global/en/product-archive/articulated-haulers/bm-volvo/dr-631/>
- Bossink, B.A.G. and Brouwers, H.J.H. (1996). "Construction Waste: Quantification and Source Evaluation". *Journal of Construction Engineering and Management*, 122 (1), 55-60.
- Burati, J., Farrington, J. and Ledbetter, W. (1992). "Causes of Quality Deviations in Design and Construction". *Journal of Construction Engineering and Management*, 118 (1), 34-49.

- Canbek, G. ve Sağıroğlu, Ő. (2006). “Bilgi, Bilgi Gvenliği ve Sreçleri zerine Bir İnceleme”. *Politeknik Dergisi*, 9 (3), 165-174.
- Caterpillar Diesel No. 10 Otomatik Devriye (PICS) (2017, 04 February). Retrieved address: <https://www.yesterdaystractors.com/cgi-bin/viewit.cgi?bd=ttalk&th=1810120>
- CBRE (2019): #TechCBRE. *CBRE Online*, Retrieved: April 23, 2019 <https://tech.cbre.com>.
- Chaisaard, N. and Teamthong, W. (2018). “LEED Building Project Management in Thailand”. *Lowland Technology International*, 20, 95-108.
- Chris, H. (1998). *Project Management for Construction*. (1st ed.), Prentice-Hall, NJ.
- CII (1986). “Costs and Benefits of Materials Management”. *University of Texas at Austin Publication*, 7 (1), Construction Industry Institute, Austin.
- Construction Industry Handbook (2012). *Research report*. Japan Federation of Construction Contractors: Tokyo.
- Crunchbase (2019): Softbank Vision Fund. *Online database*, Retrieved : April 25, 2019, <https://www.crunchbase.com/fund/softbank-raised-softbank-vision-fund--bf5a098#section-overview>.
- Çalışkan, G. (2020). Dijitalleşme / Dijital DnŐm Nedir?. Erişim: 22 Nisan 2021, <https://binbiriz.com/blog/dijitallesme-dijital-donusum-nedir>.
- Dallasega, P., Rauch, E. and Linder, C. (2018). “Industry 4.0 As An Enabler of Proximity for Construction Supply Chains: A Systematic Literature Review”. *Computers in Industry*, 99, 205-225.
- De Groote, M., Volt, J. and Bean, F. (2017). Smart buildings decoded. *Building Performance Institute Europe*. Retrieved: May 4, 2019, http://bpie.eu/wp-content/uploads/2017/06/PAPER-Smart-buildings-decoded_05.pdf.
- De Vaus, D. A. (1990). *Surveys in social research*, Unwin Hyman Ltd.: London.
- Dong, J., Winstead, C., Nutaro, J. and Kuruganti, T. (2018). “Occupancy-Based HVAC Control with Short-Term Occupancy Prediction Algorithms for Energy-Efficient Buildings”. *Energies*, 11 (9), 2427. <https://doi.org/10.3390/en11092427>.
- The Top 10 Benefits of Using YBM (2018, 22 Şubat). Erişim adresi: <http://www.dortek.com>

- Döşemeciler, A. (2012). “Cam ve Aydınlatma Sistemlerinde Akıllı Malzemeler”. *Ege Mimarlık*, S. Aralık, 14-17
- Duman, M. Ç. ve Akdemir, B. (2021). “İşletmelerin Endüstri 4.0 Teknolojileri Kullanım Düzeyinin Belirlenmesine Yönelik Bir Ölçek Geliştirme Çalışması”. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 12 (3), 923-940 .
- Dünyanın İlk 3D Binası (2022, 25 Ekim). Erişim adresi: <https://www.aljazeera.com.tr/haber/dunyanin-ilk-3d-binasi>
- Dünyanın İlk 3D Baskılı Kanalı Evi (2016, 16 Eylül). Erişim adresi: <https://www.ignant.com/2016/09/16/the-worlds-first-3d-printed-canal-house/>
- DPT (1996). *VII. BYKP Özel İhtisas Komisyonu Raporu*: Ankara.
- DPT (2001). *Sekizinci BYKP, Konut Özel İhtisas Komisyonu Raporu*: Ankara.
- Eaton, D. (1994). “Lean Production Productivity Improvements for Construction Professions”. *2nd Workshop on Lean Construction*: Santiago de Chile.
- Siber Fiziksel Sistemler Nedir? (2022, 15 Kasım). Erişim adresi: <https://www.endustri40.com/siber-fiziksel-sistemler/>
- Erdemli, M.İ. (2018). Elektrokromik Kaplamalı Camın Farklı İklim Bölgelerine Göre Enerji Performansı Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, İstanbul.
- Ericsson, A. and Erixon, G. (1999). *Controlling Design Variants: Modular Product Platforms*. ASME press: New York.
- Erickson, V. L. and Cerpa, A. E. (2010). Occupancy Based Demand Response HVAC Control Strategy. *In Proceedings of the 2nd ACM Workshop on Embedded Sensing Systems for Energy-Efficiency in Building – BuildSys*, 10, p7, New York, USA: ACM Press. <https://doi.org/10.1145/1878431.1878434>.
- Erickson, V.L., Carreira-Perpiñán, M.Á. and Cerpa, A.E. (2014). “Occupancy Modeling and Prediction for Building Energy Management”. *ACM Transactions on Sensor Networks*, 10 (3), 1–28. <https://doi.org/10.1145/2594771>.

- Ericsson (2017). Internet of Things forecast. *Ericsson Online Resource*. Retrieved: May 17, 2019, <https://www.ericsson.com/en/mobility-report/internet-of-things-forecast>.
- Erl, T., Khattak, W. and Buhler P. (2016). *Big Data Fundamentals, Concepts, Drivers & Techniques*. Arcitura Education Inc: Indiana.
- European Parliament,(2021). Boosting Building Renovation: What Potential and Value for Europe, *IP/A/ITRE/2013-046*, Retrieved: February 12, 2021, [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/587326/IPOL_STU\(2016\)587326_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/587326/IPOL_STU(2016)587326_EN.pdf).
- FDM Enerji Depolama Tasarımı (2020, 30 Ağustos). Erişim adresi: https://www.cloudchem.com.cn/?gclid=EAIaIQobChMI_Ofc78Tb6QIVy5RCh2LiQTuEAAYASAAgJHFvD_BwE
- Fidell, S., Tabachnick, B., Mestre, V. and Fidell, L. (2013). “Noise-Induced Awakenings are More Reasonably Predicted from Relative Than from Absolute Sound Exposure Levels”. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 134 (5), 3645-3653.
- Folli, A., Pade, C., Hansen, TB, De Marco, T. and Macphee, DE (2012). “TiO₂ Photocatalysis in Cementitious Systems: Insights into Self-cleaning and Depollution Chemistry”. *Cem. Concr. Res.*, 42 (3), 539-548.
- Forbes, L.H., Ahmed, S.M. and Barcala, M. (2002). Adapting lean construction theory for practical application in developing countries, *Proceedings of First CIB-W107 International Conference South Africa*.
- Forbes, L. H. and Ahmed, S. M. (2011). *Modern Construction: Lean Project Delivery and Integrated Practices*. CRC Press, Taylor and Francis Group, LLC. 203-225.
- Ford, H. (1926). “Mass production”. *Encyclopaedia Britannica*, 2 (13), 821-3.
- Formoso, C.T., Isatto, E.L. and Hirota, E.H. (1999). “Method for waste control in the building industry”. *Proceedings of International Group of Lean Construction*, 7, Berkeley, CA, USA.
- Frick, W. (2019). How to Survive a Recession and Thrive Afterward, *Harvard Business Review Online*, Retrieved: May 17, 2019, <https://hbr.org/2019/05/how-to-survive-a-recession-and-thrive-afterwards>.

- Gartner Inc. (2020). Digitalization. Erişim: 01 Mayıs 2020, <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/digitalization>
- Geray C. (1981) “Konut Gereksinmesi ve Karşılanması”. *Amme İdaresi Dergisi*, 14 (2), 54.
- Geray C. (1991). “Türkiye’de Küçük Konut Üretimine Yönelmeliyiz”. *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 46 (3).
- Gould, F.E. and Joyce, N.C. (2008). *Construction Project Management*. (3rd ed.), Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Güngör, A.C. (2019). 5G telefonlar üçüncü çeyrekte yüzde 5’lik pazar payı elde etti. Erişim: 06 Aralık 2019 <https://hwp.com.tr/5g-telefonlar-yuzde-5lik-pazar-payi-elde-etti-124214>
- Gürel, N. (1995). “Türkiye’de İşsizliğin Yapısal Analizi”. *Banka ve Ekonomik Yorumlar*.
- Gilbreth, F.B. and Gilbreth, L.E. (1922). “Process charts and their place in management”. *Journal of Mechanical Engineering*, 70 (1), 38-41.
- Gürkan, A. (2019). İnşaat 4.0 Kavramı ve Türk İnşaat Firmalarının Yeni Teknolojik Gelişmelere Yaklaşımı Üzerine Bir İnceleme. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Hamamcı, C. (1998). *Yerleşme ve Çevre Sorunları, Türkiye Ekonomisi Sektörel Analiz*. Turhan Kitabevi: Ankara.
- Hamurkaroğlu, M. (1989). “Yapı Malzemeleri Sektörü”. *Ankara Ticaret Odası*, 27, (Temmuz-Ağustos) 1989, 14-15.
- Hermann, E.A. (1894). *Buharlı Kürek ve Kürek Çalışması*. Engineering News Publishing Corp.: New York
- Holt 75 (s / n 3580) 2008'de İngiltere'de sergileniyor (2008, 28 Ağustos). Erişim adresi: [https://en.wikipedia.org/wiki/Benjamin_Holt#/media/File:Holt_75_\(Caterpillar\)_serial_number_3580_at_GDSF_2008_-_IMG_0743.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Benjamin_Holt#/media/File:Holt_75_(Caterpillar)_serial_number_3580_at_GDSF_2008_-_IMG_0743.jpg)
- Ibn-Homaid, N.T. (2002). “A comparative evaluation of construction and manufacturing materials management”. *International Journal of Project Management*, 20, 263-70.

- Illingworth, J. and Thain, K. (1988). *Material Management – Is It Worth It?*. Technical Information Service, 93, The Chartered Institute of Buildings, Ascot, 1-5.
- International Energy Agency and the United Nations Environment Programme (2018). Global Status Report: Towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector. *Global Alliance for Buildings and Construction*, Retrieved: February 12, 2021, <https://worldgbc.org/sites/default/files/2018%20GlobalABC%20Global%20Status%20Report.pdf>.
- I. C. Lin and T. C. Liao, (2017). “A Survey of Blockchain Security Issues and Challenges”. *IJ Network Security*, 19 (5), 653-659.
- JLL, (2021). “Global Real Estate Perspective”. *JLL*.
- İçten, T. ve Bal G. (2017). “Artırılmış Gerçeklik Üzerine Son Gelişmelerin ve Uygulamaların İncelenmesi”. *Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology*, 5 (2), 111-136.
- İnşaatın etkilediği 250 sektörün istihdamı 6 milyonu geçiyor (2022, 16 Mayıs). Erişim adresi: <https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/insaatin-etkiledigi-250-sektorun-istihdami-6-milyonu-geciyor/2589163>
- Kakavand, H., Kost De Sevres, N. and Chilton, B (2019). “The Blockchain Revolution: An Analysis of Regulation and Technology Related to Distributed Ledger Technologies”. Available at SSRN 2849251.
- Karagül, M. (1997). “Kayıtdışı Ekonomi ve Türkiye’deki Kayıtdışı Ekonominin İncelenmesi”. *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 3 (1), 185-206.
- Karakurt, E. (2006). “Türkiye’de Konut İhtiyacı ve Konut Finansmanı”. *Paradoks Ekonomi Sosyoloji ve Politika Dergisi*, 2 (2), 1-16.
- Karasu, M. A. (2005). “Türkiye’de Konut Sorunun Çözümünde Farklı Bir Yaklaşım Belediye-Toplu Konut İdaresi-Konut Kooperatifleri İşbirliği Modeli”. *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 56-87.

- Karayalçın M. (1987). Türkiye İçin 21. Yüzyıla Doğru Yeni Kentsel Yapılaşma. Konut ve Kent İşletmeciliği, 1987 Dünya Konut Yılı Dolayısıyla Kent-Koop/ ICA İşbirliği ile Düzenlenen Seminer Bildirileri, Ankara.
- Karluğ, S.R. (2002). *Türkiye Ekonomisi, Tarihsel Gelişim, Yapısal ve Sosyal Değişim*. Beta Basım: İstanbul
- Kärnä, S. and Jonnonen, J. M. (2005). "Project Feedback as a Tool for Learning". *IGLC*, 13, 47-55
- Kartal K. (1977). "Kent Toprağında Özel Mülkiyet Hakkının Doğurduğu Sorunlar", *Amme İdaresi Dergisi*, 10 (2), 17-48.
- Kazanasmaz, T. ve Diler, Y., (2011). Gelişmiş Cam Teknolojileri ile Enerji Etkinliğinin Değerlendirmesi, *VI. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu ve Sergisi Bildirileri*, 24-25 Kasım, İzmir.
- Keleş, R. (2008). *Kentleşme Politikası*. (10. Baskı), İmge Kitabevi: Ankara.
- Khaitan et al. (2014). "Design Techniques and Applications of Cyber Physical Systems: A Survey". *IEEE Systems Journal*, 9 (2), 350-365.
- Koskela, L. (1992). *Application of the New Production Philosophy to Construction*. (Cilt 72), Stanford University: Stanford.
- Koskela, L. (1993). Lean Production in Construction. *Proceedings of 1st Conference on International Lean Construction*.
- Koskela, L. (2000). An Exploration Towards a Production Theory and its Application to Construction. Doctorate dissertation, Helsinki University of Technology, Finland.
- Kocovic, P. (2017). *3D Printing and its Impact on the Production of Fully Functional Components: Emerging Research and Opportunities*. IGI Global: Pennsylvania.
- Koç, E. (2008). *Osmaniye'nin Sosyoekonomik ve Kültürel Yapısı*. Adana Nobel Yayınevi: Osmaniye.
- Koones, S. (2019). Modular Construction 101. *Forbes Online*, Retrieved: June 3, 2019, https://www.forbes.com/sites/sherikoones/2019/06/03/modular-construction-101/?utm_source=MetaProp+NYC+Community&utm_campaign=fff7996cab-

Newsletter_10_17_2018_Launched+and+Accelerate_COPY&utm_medium=email
&utm_term=0_f0e4674aaffff7996cab-178500765#4431f6482ceb.

Kömürlü, R. (2006). Ülkemizde Toplu Konut Üretimine Yönelik Kaynak Oluşturma Model Yaklaşımları. Mimarlık Anabilim Dalı Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

KPMG (2021). *KPMG Perspektifinden İnşaat Sektörüne Bakış Raporu*, KPMG, Türkiye

Labeodan, T., Zeiler, W., Boxem, G. and Zhao, Y. (2015). “Occupancy measurement in commercial office buildings for demand-driven control applications - A survey and detection system evaluation, *Energy and Buildings*”. *Elsevier Ltd.*, 93, 303-314, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.02.028>.

Ledbetter, W.B. (1994). “Quality performance on successful projects”. *Journal of Construction Engineering and Management*, 120 (1), 34-46.

Lee, S.H., Diekmann, J.E., Songer, A.D. and Brown, H. (1999). Identifying waste: applications of construction process analysis, *In Proceedings of the Seventh Annual Conference of the International Group for Lean Construction (pp. 63-72)*.

Lin N (1976). *Foundations of Social Research*. McGraw-Hill: USA.

Love, P.E.D., Mandel, P. and Li, Heng (1997). A systematic approach to modelling the causes and effects of rework in construction, *1st International Conference on Construction Industry Development: Building the Future Together*, 347-355 National University of Singapore, Singapore.

Love, P.E.D. (2002). “Influences of project type and procurement method on rework costs in building construction projects”. *Journal of Construction Engineering and Management*, 128 (1), 18-29.

Mangan, S. D. (2006). Akıllı Binalarda Alt Sistem Değerlendirmesi: İstanbul Örneği. Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Marr, B. (2016). What Is The Difference Between Artificial Intelligence and Machine Learning?. *Forbes*, Retrieved: December 6, 2020, www.forbes.com/sites/bernardmarr/2016/12/06/what-is-the-difference-betweenartificial-intelligence-and-machine-learning/#47ec9b32742b.

- MEB (2015). “Akıllı Ev Sistemlerine Giriş”. MEB içinde *Elektrik Elektronik Teknolojisi*: Ankara.
- Melki, M.M. (2018). Real Estate and Innovative Tech: A Love Story. *Commercial Property Executive Online*, Retrieved: September 26, 2019, <https://www.cpexecutive.com/post/real-estate-and-innovative-tech-a-lovestory/>.
- Micallef, J. (2015). *Beginning design for 3D printing* (s. 339-348). Apress: Berkeley.
- Mohamed, S. and Tucker, S.N. (1996). “Options for applying BPR in the Australian construction industry”. *The International Journal of Project Management*, 14 (6), 379-385.
- Monino, J.L. and Sedkaoui S. (2016). *Big Data Open Data and Data Development*. ISTE Ltd.: London.
- Monk, P. M., Mortimer, R. J. and Rosseinky, D. R. (2007). “Electrochromism and Electrochromic Devices”. *Cambridge: Cambridge University Press*.
- M. S. Mert, M. Sert ve H. H. Mert (2018). “Isıl Enerji Depolama Sistemleri İçin Organik Faz Değiştiren Maddelerin Mevcut Durumu Üzerine Bir İnceleme”. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 6 (1), 161-174.
- National BIM Standard (2014). Facts and Questions: What is BIM?. Retrieved: May 17, 2019, <https://web.archive.org/web/20141016190503/http://www.nationalbimstandard.org/faq.php#faq1>.
- Nikolov, N., and Fox, J. (2014). “Radiation-active Surface Design: The Use of Photocatalytic Concrete Enabling Buildings to be Active Environmental Remediators”. *Eco-Architecture V: Harmonisation between Architecture and Nature*, 142, 199–204.
- Oesterreich, T. D., and Teuteberg, F. (2016). “Understanding the Implications of Digitisation and Automation in the Context of Industry 4.0: A Triangulation. Approach and Elements of a Research Agenda for the Construction Industry”. *Computers in Industry*, 83, 121-139.

- Orhon, A. V. (2013). Sürdürülebilir Mimaride Akıllı Malzeme Kullanımı, *VIII. Uluslararası Sinan Sempozyumu Bildiri Kitabı*, Edirne.
- Okatan A. ve Özden S. (2021). Nesnelerin İnterneti Uzmanı Ne İş Yapar?. *TUBITAK*, Erişim: 29 Aralık 2021, <https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/nesnelerin-interneti-uzmani-ne-yapar>
- Osunsanmi, T., Aigbavboa, C., and Oke, A. (2018). “Construction 4.0: The Future of the Construction Industry in South Africa”. *International Journal of Civil and Environmental Engineering*, 12 (3), 206-212.
- Özkan, M. (2009). “Türkiye’deki Konut Finansman Sistemine Genel Bir Bakış”. *Bütçe Dünyası*, 3 (32).
- Özsoylu, A. F. (1994). Kayıtdışı Ekonominin Etkileri, *Forum*.
- Öztürk, N. (2006). “Türkiye’de Bölgesel Kalkınma ve Güneydoğu Anadolu Projesi”. *Türkiye Ziraat Odaları Birliği Yayını*, 1, Ankara.
- Öztürk, N. (2009). *Dış Ticaret Kuram Politika Uygulama*. (1. Baskı), Palme Yayıncılık: Ankara.
- Pahl, G. and Beitz, W. (1988). “Engineering Design: A Systematic Approach”, *Springer-Verlag*, 71.
- Pallant, J. (2011). *SPSS Survival Manual: A Step By Step Guide To Data Analysis Using The SPSS Program*. 4th Edition, Mc Graw Hill, Open Universty Press.
- Paulos, E., RJ Honicky, RJ. and Hooker, B. (2008). Citizen Science: Enabling Participatory Urbanism. *Book Chapter for Urban Informatics: Community Integration and Implementation* (pp. 414-436). IGI Global.
- Pazandak F. A. (2010). Grader1918. *Wikimedia Commons Online*, Erişim: 3 Şubat 2010, <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:PazandakGrader1918.jpg>
- Peynircioğlu, N. (1988). *Konut Sorununun Çözümünde Uygulanan Finansman Modelleri*. DPT Yayını: Ankara.
- Pirim, A. G. H. (2006). “Yapay Zeka”. *Journal of Yaşar University*, 1 (1), 81-93.

- Polat, G. and Ballard, G. (2004). Waste in Turkish Construction: Need for Lean Construction Techniques, *In Proceedings of the 12th Annual Conference of the International Group for Lean Construction IGLC-12*, August, Denmark (pp. 488-501).
- Pohanka, M., Pavlis, O. and Skladal, P. (2007). “Diagnosis of Tularemia Using Piezoelectric Biosensor Technology”. *Talanta*, 71 (2), 981-985. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2006.05.074>.
- PWC (2018). Cloud Computing in Real Estate. *Online Resource*, Retrieved: July 31, 2019. <https://www.pwc.de/en/real-estate/digital-real-estate/cloud-computing-in-real-estate.html>.
- Nicholas, P., Stasiuk, D., Nørgaard, E. C., Hutchinson, C., and Thomsen, M. R. (2015). “A Multiscale Adaptive Mesh Refinement Approach to Architected Steel Specification in the Design of a Frameless Stressed Skin Structure”. *In Modelling Behaviour* (pp. 17-34). Springer, Cham.
- Ritter, A. (2007). *Smart Materials in Architecture, Interior Architecture and Design*. Walter de Gruyter: Basel.
- RICS (2019): The big data 20, *RICS Online*, Retrieved: September 2, 2019, <https://www.rics.org/uk/newsinsight/future-of-surveying/surveying-technology/the-big-data-20>.
- Roberts, E.S. (1999). “In defence of the survey method: an illustration from a study of user information satisfaction”. *Accounting and Finance*, 39 (1), 53-77.
- Robotik süreç otomasyonu nedir? (2022, 11 Aralık). Erişim adresi: <https://www.ibm.com/tr-tr/automation/rpa>
- Robinson, A. (1991). *Continuous Improvement in Operations: A Systematic Approach to Waste Reduction*. Productivity Press, Cambridge.
- Roper, J. (2019). BIM vs Smart Building vs Digital Twin – what is the difference?. *PropTech Zone Online*, Retrieved: September 8, 2019. <https://proptech.zone/bim-vs-smart-building-vs-digital-twin-what-is-the-difference/>.
- Sağlam, D. (1993). “Rant Arayışı Kuramı”, *Banka ve Ekonomik Yorumlar Dergisi*, Yıl 30, (6).

- Savian, C. (2019). Digital Twin: The cutting-edge technology for the built environment. *BIM Today Online*, Retrieved: June 20, 2019. <https://www.pbctoday.co.uk/news/bim->
- Schieber, G., Koslowski, V., Knippers, J., Dörstelmann, M., Prado, M., Vasey, L. and Menges, A. (2015). “Integrated Design and Fabrication Strategies for Fibrous Structures”. *Modelling Behaviour*, 237–245. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24208-8_20.news/digital-twin-built-environment/58778/.
- Shimz.co.jp (2018). En son teknoloji ile donatılmış inşaat robotlarının otonom kontrol testlerinin yapılması. *Shimz Online*, Erişim: <https://www.shimz.co.jp/en/company/about/sit/facility/facility14/>
- Siber Güvenlik Nedir? Veri Güvenliğini Nasıl Sağlarız? (2022, 10 Ekim). Erişim adresi: <https://bluemarkacademy.com/siber-guvenlik-nedir-veri-guvenligini-nasil-saglariz/>
- Siber Güvenlik Nedir? (2022, 10 Kasım). Erişim adresi: <https://www.kaspersky.com.tr/resource-center/definitions/what-is-cyber-security>
- Sjostorm, C. (1998). Construction and environment, *CIB World Congress*, Stockholm.
- Slumbers, A. (2019). AI and retail real estate - the impact on valuation. *Unissu Online*, Retrieved: 25 February 25, 2019, https://www.unissu.com/proptech-resources/ai-and-retail-real-estate-the-impact-onvaluation?inf_contact_key=3142ae5c9cd937a121fb91e6881d4b0e.
- Stoeckel, A. and Quirke, D. (1992). *Services: setting the agenda for reform*. Centre for International Economics for the Service Industries Research Program, Australian Government.
- Şahin M. H. (1996). “Gayrimenkul Sertifikaları Ne İşe Yarar”, *Ekonomik Trend*.
- Şimşek, E. P. (2012). Sürdürülebilirlik Bağlamında Yeşil Bina Olma Kriterleri “Kağıthane Ofispark Projesi Örneği”. Doktora tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Tao, F. Qi, O., Wang L. ve Nee, A. (2019). “Akıllı Üretim ve Endüstri 4.0'a Yönelik Dijital İkizler ve Siber-Fiziksel Sistemler: Korelasyon ve Karşılaştırma”. *Mühendislik Dergisi*, 5 (4).

- Tezel, A. and Aziz, Z. (2017). "From Conventional to IT Based Visual Management: a Conceptual Discussion for Lean Construction". *Journal of Information Technology in Construction*, 22, 220-246.
- The Dual History of the Backhoe Loader (2013, 8 November). Retrieved address: <https://compactequip.com/skid-steers/the-dual-history-of-the-backhoe-loader/>
- TOBB ve Visa'dan "Akıllı KOBİ" ile Dijitalleşme Seferberliği (2021, 06 Mayıs). Erişim adresi: <https://girisimup.com/2021/05/06/tobb-ve-visadan-akilli-kobi-ile-dijitallesme-seferberligi/>
- Tucker, R. (1986). "Management of construction productivity". *Journal of Management Engineering*, 2 (3), 148-56.
- Tuğla Döşeyen Bu Robot İnşaatın Geleceğini Değiştiriyor (2019, 31 Ekim). Erişim adresi: <https://redshift.autodesk.com.tr/tugla-doseyen-robot/>
- Ulrich, K. and Tung, K. (1991). Fundamentals of Product Modularity, *Proceedings of the 1991 Winter Annual Meeting*, 39, Atlanta.
- Unissu (2019). Global PropTech Analysis: Asia. *Unissu Online*, Retrieved: August 23, 2019. <https://www.unissu.com/proptech-resources/global-proptech-analysis-asia>.
- US National Science Foundation (2010). Cyber-Physical Systems (CPS). *Wayback Machine sitesi*.
- Üniversiteden Arıcılık Eğitiminde Yeni Bir Boyut: Sanal ve Artırılmış Gerçeklik (2022, 19 Ekim). Erişim adresi: <http://www.turktarim.gov.tr/Haber/851/universiteden-aricilik-egitiminde-yeni-bir-boyut-sanal-ve-artirilmis-gerceklik>
- Vershuren, C. (1980). Productivity in the Building Industry. *Management SA Builder*, Oct.
- WEF, (2021). *A Framework for the Future of Real Estate 2021 Insight Report*. Retrieved: April 2021, http://www3.weforum.org/docs/WEF_A_Framework_for_the_Future_of_Real_Estate_2021.pdf
- Wiggers, K. (2019). Microsoft furthers \$5 billion IoT plan with new Azure features. *Venture Beat Online*, Retrieved: October 28, 2019,

<https://venturebeat.com/2019/10/28/microsoft-further-5-billion-iot-plan-with-new-azure-features/>.

Wong, E.T.T. and Norman, G. (1997). “Economics of Materials Planning Systems for Construction”. *Construction Management and Economics*, 15, 39-47.

Wu, P., Wang, J. and Wang, X. (2016). A Critical Review of the Use of 3-D Printing in the Construction Industry. *Automation In Construction*, 68, 21-31.

Yazıcıoğlu, Ö. (1981). “Bina Yapımında Endüstrileşme ve Türkiye Açısından İrdelenmesi”. *TÜBİTAK*, 51, Ankara.

YBM Pilot Projesi Başlangıç Rehberi (2018, 05 Haziran). Erişim adresi: <https://forums.autodesk.com>.

Zvi, N. B. (2019). How Location Analytics Can Pull Commercial Real Estate out of the Darkness. *Propmodo Online*, Retrieved: June 22, 2019, <https://www.propmodo.com/how-location-analytics-can-pull-commercial-realestate-out-of-the-darkness/>.

EKLER

EK 1 ANKET FORMU



EK 1
ANKET FORMU

DİJİTAL GAYRİMENKUL İÇİN İNŞAAT 4.0

Sayın İlgili,

Dijital dönüşümden endüstri sektörü başta olmak üzere birçok sektör etkilenmiş olup gayrimenkul sektörü ise muhtemelen iklim değişikliğinin (sürdürülebilirlik) ve hızlı kentleşmenin küresel baskıları tarafından (Yaşanabilirlik, Dayanıklılık ve Satın Alınabilirlik) yönlendirilerek; Nesnelerin İnterneti, Makine Öğrenimi ve Yapay Zekâ ve Blok Zinciri gibi teknolojilerin olgunlaşması ve inşaat endüstrisinin konvansiyonel inşaatın İnşaat 4.0'a geçişi ile Dijital Gayrimenkul sürecine tam anlamıyla geçmiş olacağı öngörülmektedir. Ancak inşaat endüstrisi bu teknolojileri yeni yeni tanımaya başlamış olduğu için konunun incelenmesi gereği duyulmuştur. Bu nedenle yüksek lisans tezinde kullanılmak üzere hazırlanan ve yalnızca akademik amaçlar için kullanılacak ve üçüncü şahıslarla kesinlikle paylaşılmayacak olan sorulara online olarak vermeniz konunun analiz edilmesi açısından önem arz etmektedir.

Katılımınız ve destekleriniz için teşekkür ederiz.

Saygılarımızla,

Dr. Öğr. Üyesi Zeynep ÇOLAK
ÇÖMÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Gayrimenkul Geliştirme ABD Öğr. Üyesi

Adnan AVŞAR
İnşaat Mühendisi

BÖLÜM 1

1. Çalıştığınız firmadaki pozisyonunuz nedir?

Çalışan Orta seviye yönetici Üst seviye yönetici

2. Eğitim düzeyiniz nedir?

Lise ve altı Yüksekokul Lisans Yüksek lisans ve üzeri

3. Yaşınız nedir?

20 – 30 31 – 40 41 – 50 51 – 60 60 +

4. Şu anki firmanızda ne kadar süredir çalışıyorsunuz?

1 yıldan az 1-5 yıl 6-10 yıl 11-15 yıl 15 yıl ve daha fazla

5. Çalıştığınız firmanın faaliyet alanı?

Ulusal alanda faaliyet göstermektedir
 Uluslararası alanda faaliyet göstermektedir

6. Firmanın faaliyet türü nedir?

Üst yapı taahhüt işleri
 Alt yapı taahhüt işleri
 Malzeme pazarlama işleri
 Gayrimenkul Satış işleri
 Prefabrik imalatı işleri

7. Çalıştığınız firma kaç yıldır inşaat sektöründe faaliyet göstermektedir?

0-5 yıl 6-10 yıl 11-15 yıl 16-20 yıl 21 yıl ve daha fazla

8. Çalıştığınız firmadaki çalışan sayısı nedir?

1-9 10-49 50-249 250 ve daha fazla

BÖLÜM 2

		Gerçekleştirilmedi	Hazırlık aşamasında	Kısmen gerçekleştirildi	Büyük oranda gerçekleştirildi	Tamamen gerçekleştirildi
1. Çalıştığım firmadaki makinalarda radyo frekans tanımlama etiketleri bulunur.	Siber Fiziksel Sistemler					
2. Çalıştığım firmada otomatik kumanda ve taşıt sistemleri kullanılmaktadır.						
3. Çalıştığım firmada gerçek zamanlı (anlık) veriler elde edilebilmektedir.						
4. Müşteri isteklerine hızlı geri dönüş sistemi oluşturulmuştur.						
5. Çalıştığım firmada yalın üretim sistemi oluşturulmuştur.						
6. Çalıştığım firmada akıllı cihazlar (tablet, telefon, makine vs.) arasında internet ağ sistemi kurulmuştur.	Nesnelerin					
7. Çalıştığım firmada ileri teknoloji sayesinde üretim süreçlerinde güvenlik sağlanmıştır.						
8. Çalıştığım firmada akıllı ölçüm teknikleri (akıllı sayaç, uzaktan ölçüm vb.) kullanılmaktadır.						
9. Çalıştığım firmada nesnelerin interneti lojistik (taşıma, depolama vb.) faaliyetlerinde kullanılmaktadır.						
10. Çalıştığım firmada veri tabanı yönetim sistemi bulunmaktadır.	Büyük Veri					
11. Çalıştığım firmada büyük veri ile ortaya çıkan sorunlar tespit edilmektedir.						
12. Büyük veri, karar alma yöntemlerinde kullanılmaktadır.						
13. Büyük veri ile, ürünün kalitesi ve tam zamanında teslimatı ile ilgili tahmin yapılmaktadır.	Bulut Bilişim					
14. Çalıştığım firmada bulut bilişim ile hızlı veri transferi ve yedekleme sağlanmaktadır.						
15. Çalıştığım firmada bulut bilişim alt yapısı, yazılım veya platformlarından birisi bulunmaktadır.						
16. Çalıştığım firma dışarıdan (Turkcell, TTNET, iClouds vb.) bulut hizmetlerinden faydalanmaktadır.						
17. Çalıştığım firma çalışanları bulut bilişim ile istenilen bilgilere kolaylıkla her yerden erişebilmektedirler.						
18. Çalıştığım firma katmanlı üretim için 3D teknolojisine sahip yazıcılar kullanılmaktadır.	3 Boyutlu Yazıcı					
19. Çalıştığım firmada 3D yazıcılar ile hızlı ve esnek prototipleme ve üretim sistemleri oluşturulmuştur.						
20. Çalıştığım firmada 3D yazıcılar ile kişiselleştirilmiş üretim yapılmaktadır.						
21. 3D yazıcılar ile yaratıcı ürün tasarımları yapılmaktadır.						

22. Çalıştığım firmada robotik özellikli cihazlar veya endüstriyel robotlar kullanılmaktadır.	Robotik					
23. Çalıştığım firmada robotlar, beklenmedik durumlarda kendi kendine karar verebilmektedir.						
24. Çalıştığım firmada robotlar ve çalışanlar uyum içinde çalışmaktadır.						
25. Çalıştığım firmada robotlar ve bunların eylemleri uzaktan kontrol edilebilmektedir.						
26. Fiziksel üretim süreçlerimizin bilgisayar ortamında sanal kopyaları vardır.	Artırılmış Gerçeklik					
27. Çalıştığım firmada artırılmış gerçeklik cihazları (simülatörler, sanal gerçeklik gözlüğü, optik projeksiyon sistemleri, monitörler, el ya da insan vücuduna takılan görüntüleme cihazları vb.) kullanılmaktadır.						
28. Çalıştığım firmada artırılmış gerçeklik ile ürün süreçlerinde yaratıcılık ve zenginleştirme sağlanmaktadır.						
29. Çalıştığım firmada bazı çalışan eğitimleri (acil durumlar, makine kullanımı, tatbikatlar vb.) bilgisayar ortamında yapılabilmektedir.						
30. Çalıştığım firmada siber güvenlik tedbirleri alınmaktadır.	Siber güvenlik					
31. Çalıştığım firmada kişisel ve organizasyonel verilerin korunmasına yönelik politikalar oluşturulmaktadır.						

BÖLÜM 3

	1	2	3	4	5
1. Yatırımlarımızın getirisi rakiplerimizden yüksektir.					
2. Çalışan başına ortalama üretkenliğimiz rakiplerimizden yüksektir.					
3. Ürünü/hizmeti piyasaya sunma süremiz rakiplerimizden hızlıdır.					
4. Müşteri şikâyetlerine cevap verme süremiz rakiplerimizden hızlıdır.					
5. Piyasa payımız rakiplerimizden yüksektir.					
6. Satışlarımız rakiplerimizden yüksektir.					
7. Karlılığımız (yüzde olarak) rakiplerimizden yüksektir.					
8. Satılan malın maliyeti rakiplerimizinkinden düşüktür.					
9. Çalışanlarımızın yeni beceri öğrenme sayısı rakiplerimizden yüksektir.					
10. Öz sermaye getirisi rakiplerimizden yüksektir.					
11. Büyüme oranımız rakiplerimizden yüksektir.					
12. Faaliyet gelirlerimiz rakiplerimizden yüksektir.					
13. Ciro kârlılığı (Kar/Toplam satışlar) rakiplerimizden yüksektir.					
14. Müşteri memnuniyeti rakiplerimizden yüksektir.					
15. Müşteri şikâyetlerine cevap verme süresi rakiplerimizden hızlıdır.					
16. Şirketimizin piyasa değeri rakiplerimizinkinden yüksektir.					

1: Hiç katılmıyorum 2: Katılmıyorum 3: Kararsızım 4: Kısmen Katılıyorum 5: Tamamen katılıyorum