

**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
MİMARLIK TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**MİMARLAR VE İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ARASINDAKİ
YAPI BİLGİ MODELLEME TABANLI EKİP ÇALIŞMALARINDA
İŞBİRLİĞİ BARIYERLERİNİN VE İYİLEŞTİRME YOLLARININ
ARAŞTIRILMASI**

HAZIRLAYAN

MERVE ÇETİN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANKARA - 2020

**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
MİMARLIK YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**MİMARLAR VE İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ARASINDAKİ
YAPI BİLGİ MODELLEME TABANLI EKİP ÇALIŞMALARINDA
İŞBİRLİĞİ BARIYERLERİNİN VE İYİLEŞTİRME YOLLARININ
ARAŞTIRILMASI**

HAZIRLAYAN

MERVE ÇETİN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEZ DANIŞMANI

PROF. DR. ŞULE TAŞLI PEKTAŞ

ANKARA - 2020

BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Mimarlık Anabilim Dalı Mimarlık Tezli Yüksek Lisans Programı çerçevesinde Merve Çetin tarafından hazırlanan bu çalışma, aşağıdaki jüri tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 25 / 12/ 2020

Tez Adı: Mimarlar ve İnşaat Mühendisleri Arasındaki Yapı Bilgi Modelleme Tabanlı Ekib Çalışmalarında İşbirliği Bariyerlerinin ve İyileştirme Yollarının Araştırılması

Tez Jüri Üyeleri (Unvanı, Adı - Soyadı, Kurumu)

İmza

Prof. Dr. Şule Taşlı Pektaş, Başkent Üniversitesi (Danışman)

.....

Dr. Öğr. Üyesi Aysu Sagun Kentel, Başkent Üniversitesi (Başkan)

.....

Dr. Öğr. Üyesi İpek Memikoğlu, Atılım Üniversitesi (Üye)

.....

ONAY

Prof Dr. Faruk ELALDI

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Tarih : ... / ... /

BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS / DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

Tarih: 06/ 01/ 2021

Öğrencinin Adı, Soyadı: Merve Çetin

Öğrencinin Numarası: 21810148

Anabilim Dalı: Mimarlık

Programı: Mimarlık Tezli Yüksek Lisans

Danışmanın Unvanı/Adı, Soyadı: Prof. Dr. Şule Taşlı Pektaş

Tez Başlığı: Mimarlar ve İnşaat Mühendisleri Arasındaki Yapı Bilgi Modelleme Tabanlı

Ekip Çalışmalarında İşbirliği Bariyerlerinin ve İyileştirme Yollarının Araştırılması

Yukarıda başlığı belirtilen Yüksek Lisans/Doktora tez çalışmamın; Giriş, Ana Bölümler ve Sonuç Bölümünden oluşan, toplam 145 sayfalık kısmına ilişkin, 06/ 01/ 2021 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 4'tür. Uygulanan filtrelemeler:

1. Kaynakça hariç
2. Alıntılar hariç
3. Beş (5) kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

“Başkent Üniversitesi Enstitüleri Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Usul ve Esaslarını” inceledim ve bu uygulama esaslarında belirtilen azami benzerlik oranlarına tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Öğrenciİmzası:.....

ONAY

Tarih: 06/ 01/ 2021

Öğrenci Danışmanı Unvan, Adı, Soyadı, İmza:

Prof. Dr. Şule TAŞLI PEKTAŞ

Bu tezi, araştırma sürecim boyunca yanımda olan ve desteklerini esirgemeyen aileme ve bugüne dek üzerimde emeği geçen bütün öğretmenlerime ithaf ediyorum.

Merve ÇETİN

Ankara - 2020

TEŞEKKÜR

Yazar, bu çalışmanın gerçekleşmesinde katkılarından dolayı, aşağıda adı geçen kişi ve kuruluşlara içtenlikle teşekkür eder.

Sayın Başkent Üniversitesi Mimarlık Bölümü Öğretim Üyesi Prof. Dr. Şule Taşlı Pektaş'a (tez danışmanı), öncelikle akademik bir araştırmanın nasıl yapılacağını öğrettiği, karşılaşılan güçlüklerin aşılmasında her zaman yardımcı ve yol gösterici olduğu ve bu tez çalışmasının sonuca ulaştırılmasında sunduğu destekleri için...

Sayın jüri üyelerine, değerli vakitlerini ayırıp, bu tezin tamamlanması için destekleri ve sundukları yol göstericilikleri için...

Sayın Dr. Öğretim Üyesi Ece Kumkale Açıkgoz'e araştırma sürecinde sağladığı katkılar için...

Araştırmaya katılan tüm firmalara, çalışmanın verilerinin oluşturulabilmesi için verdikleri değerli bilgiler için...

Sönmez Mimarlık ekibine, tez sürecinde gösterdikleri destek ve anlayış için...

ÖZET

Merve ÇETİN

**MİMARLAR VE İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ARASINDAKİ YAPI BİLGİ
MODELLEME TABANLI EKİP ÇALIŞMALARINDA İŞBİRLİĞİ
BARIYERLERİNİN VE İYİLEŞTİRME YOLLARININ ARAŞTIRILMASI**

Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Mimarlık Anabilim Dalı

2020

Yapı Bilgi Modelleme (BIM); inşaat sektöründe rol alan paydaşlar arası üretim ve uygulamalarda yaşanan kayıpları önleyerek, projelerin yaşam döngülerindeki her aşamada verimliliği arttıran işbirliğine dayalı bir süreç sunmaktadır. Fakat literatüre bakıldığında, işbirlikli çalışma ortamının sağlanmasının önünde çeşitli engeller olduğu görülmüştür. Süreç, bağlam, aktör, görev ve takım başlıkları altında incelenen bu bariyerlerin Türkiye’de yaşanma durumunun ölçülmesi ve etkin işbirlikli çalışma sürecinin sağlanabilmesi için çözümlenmesi gerekmektedir. İşbirlikli çalışmanın önündeki bariyerlerin saptanması ve ölçümünün yapılabilmesi için, Oraee ve diğerleri [1] tarafından ortaya koyulmuş 26 işbirliği bariyeri referans alınmıştır. Bu bariyerler, mimar ve inşaat mühendislerinden oluşan 60 kişilik gruba yapılan analizlerle ölçülmüş, geçerlilik seviyeleri tespit edilmiştir. Yapılan çalışmada nitel ve nicel araştırma yöntemlerini bir arada barındıran karma bir araştırma yöntemi kullanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, BIM etkin projelerde, dünya çapında yaşanan tüm bariyerlerin Türkiye’de de olduğu fakat çoğunun yoğun olarak görülmediği ortaya çıkmıştır. Bu durumun sebebi olarak, henüz BIM adaptasyonu sürecinde yeterli ilerleme sağlanamamış olması gösterilmektedir. Ayrıca BIM ile gelen yeni iş tanımlarının karşılık bulamadığı ve BIM bilen kişilerin tüm tanımlara uygun şekilde hareket etmek zorunda kaldığı ortaya çıkmıştır. Araştırmaya göre, işbirlikli çalışma sürecinde en büyük bariyer eğitimsizlik çıkarken, ekip üyelerinin yetersiz işbirliği bilgi ve becerisi, BIM modelleri ile ilgili sözleşme ve standartların eksikliği ve disiplinler arası bağlantı ve koordinasyon problemleri önemli bariyerler olarak görülmektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Yapı Bilgi Modelleme (BIM), İşbirliği Bariyerleri, İşbirlikli Çalışma, Yapı Sektörü, Mimarlık Ofisleri.

ABSTRACT

Merve ÇETİN

**ANALYZING COLLABORATION BARRIERS AND IMPROVEMENT
PATHWAYS IN BIM-BASED TEAMWORK OF ARCHITECTS AND
STRUCTURAL ENGINEERS**

Başkent University Institute of Science

Department of Architecture

2020

The Building Information Modelling (BIM) offers a collaborative process that increases productivity at every stage in construction projects, preventing losses experienced in production among stakeholders associated in the industry. However, in the literature, it has been observed that there are various barriers, which hinder a collaborative working environment. This thesis aims to investigate the collaboration barriers and improvement pathways in BIM-based teamwork of architects and structural engineers within the Turkish context and to provide recommendations to alleviate the situation. The collaboration barriers are analyzed under five headings; namely, process, context, actor, task and team. A survey, which was prepared in line with the 26 collaboration barriers defined by Oraee et al. [1], was applied to a group of 60 architects and engineers. According to the findings, some of the barriers that are experienced in BIM-enabled projects worldwide are not perceived as important barriers by construction professionals in Turkey. It seems that this finding is due to the fact that sufficient progress has not been made yet in the BIM adaptation process in Turkey. The study revealed that the most significant barriers in BIM-based teamwork were lack of training, insufficient collaboration knowledge and ability of group members, lack of standards related to BIM models, and problems of interdisciplinary communication and coordination.

KEYWORDS: Building Information Modelling (BIM), Collaboration Barriers, Collaborative Working, Construction Industry, Architectural Offices.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
TABLolar LİSTESİ	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	x
ÖNSÖZ	xi
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Araştırma Konusu ve Önemi	3
1.2. Araştırma Soruları	3
1.3. Kuramsal Çerçeve.....	4
1.4. Araştırma Yöntemi	4
1.5. Evren ve Örneklem	5
1.6. Hipotezler ve Tez Sonunda Beklenen Bilimsel Katkılar	6
2. BIM İLE YAPI SEKTÖRÜNDEKİ İŞ AKIŞLARINDA YAŞANAN İŞBİRLİKLİ DÖNÜŞÜM	7
2.1. BIM ile Türkiye’de ve Dünya’da Yapı Sektöründe Yaşanan İşbirlikli Dönüşüm	7
2.1.1. BIM ile Dünya’da yaşanan dönüşüm	9
2.1.2. Dünya’da BIM adaptasyonu ölçümü.....	11
2.1.2.1. BİMe Girişimi	11
2.1.2.2. Kıtalar arası BIM adaptasyonu ölçümü.....	14
2.1.2.3. Ülkelerin BIM adaptasyonu durumları.....	16
2.1.2.3.1. Avustralya.....	16
2.1.2.3.2. Güney Kore	17
2.1.2.3.3. Finlandiya	18
2.1.2.3.4. Danimarka	18
2.1.2.3.5. İzlanda.....	19
2.1.2.3.6. Norveç	19
2.1.2.3.7. Singapur.....	20
2.1.2.3.8. Hong Kong.....	20

2.1.2.3.9. Hollanda.....	21
2.1.2.3.10. Birleşik Krallık.....	21
2.1.2.3.11. Amerika Birleşik Devletleri	23
2.1.2.4. Global ölçekte BIM ile gelen yeni iş tanımları.....	24
2.1.2.4.1. BIM Modelleyici.....	25
2.1.2.4.2. BIM Analisti	25
2.1.2.4.3. BIM Uygulama ve Yazılım Geliştirici	25
2.1.2.4.4. Modelleme Uzmanı	26
2.1.2.4.5. BIM Kolaylaştırıcı	26
2.1.2.4.6. BIM Danışmanı	26
2.1.2.4.7. BIM Araştırmacısı	26
2.1.2.4.8. BIM Eğitimsi	27
2.1.2.4.9. BIM Yöneticisi.....	27
2.1.2.5. BIM ile yaşanan dönüşümde inşaat firmalarının durumu	27
2.1.2.6. BIM ile yaşanan dönüşümde mimarlık firmalarının durumu	29
2.1.3. BIM ile Türkiye’de yaşanan dönüşüm	31
2.1.3.1. BIM ile Türkiye’de yaşanan dönüşümde mimarlık ve inşaat firmalarının durumu	33
2.1.3.2. BIM ile Türkiye’de yaşanan dönüşümde destekleyici oluşumlar	33
2.1.3.2.1. Bimfili.....	34
2.1.3.2.2. BIMgenius.....	34
2.1.3.2.3. BIM4TURKEY	34
2.1.3.2.4. BIMteknoloji	35
2.1.3.2.5. BIM Excellence	35
3. BIM İLE YAŞANAN BÜTÜNLEŞİK PROJE TESLİMİ SÜRECİNDE İŞBİRLİKLİ ÇALIŞMA.....	36
3.1. Bütünleşik Proje Teslimi Süreci	36
3.2. İşbirlikli Çalışma.....	39
3.2.1. BIM ile işbirlikli çalışma.....	39
3.2.2. BIM ile işbirlikli çalışmanın önündeki engeller	42
3.2.2.1. Birinci araştırma	42
3.2.2.2. İkinci araştırma	43
3.2.2.3. Üçüncü araştırma	44
3.2.2.3.1. Süreç.....	46

3.2.2.3.2. Aktör	47
3.2.2.3.3. Bağlam	47
3.2.2.3.4. Ekip	48
3.2.2.3.5. Görev	49
4. YÖNTEM	50
4.1. Çalışmanın Yöntemi	50
4.2. Evren ve Örneklem	51
4.3. Ölçüm Aracı Hazırlanması	55
4.4. Anketin Hazırlanması.....	57
4.5. Veri Toplama.....	59
4.6. Veri Analiz Yöntemleri	60
4.6.1. İstatiksel analiz	60
4.6.1.1. Tek örneklem t-test.....	61
4.6.1.2. Bağımsız grup t-test.....	61
4.6.2. Açık uçlu soruların analizi	61
4.6.3. İçerik analizi	62
5. ANALİZ VE BULGULAR	63
5.1. İstatiksel Analiz Sonuçları	64
5.1.1. Tek örneklem t-test sonuçları	64
5.1.2. Bağımsız grup t-test sonuçları.....	67
5.2. Açık Uçlu Sorulara Verilen Cevapların Analiz Sonuçları.....	68
5.2.1. Süreç	68
5.2.1.1. Ortak bir veri ortamının olmaması	68
5.2.1.2. BIM işbirliğine ilişkin kılavuz ve standartların eksikliği	69
5.2.1.3. Veri sahipliği ve veri gizliliği endişeleri.....	70
5.2.1.4. Teknolojik destek.....	70
5.2.1.5. Proje yaşam döngüsü boyunca birlikte çalışabilirlik sorunları	71
5.2.1.6. İşbirliği araçlarını benimsemenin karmaşıklıkları	71
5.2.1.7. İşbirliği konusunda verimsiz BIM eğitimi.....	72
5.2.2. Aktör.....	73
5.2.2.1. Ekip üyelerinin yetersiz işbirliği bilgisi, beceri ve yetkinlikleri	73
5.2.3. Bağlam.....	73
5.2.3.1. Sektör genelinde işbirliği kavramının farklı anlayışları.....	74

5.2.3.2. Ekipler arası işbirliği yapma biçimindeki farklılıklar	74
5.2.3.3. Çok kültürlü takımlarda kültürel çeşitlilikler	74
5.2.3.4. Norm olarak parçalanmış paydaşlar	75
5.2.3.5. Ekip çalışması zihniyetinin eksikliği.....	75
5.2.3.6. İnsan, süreç ve teknoloji arasındaki ilişkileri gözden geçirmek.....	76
5.2.3.7. BIM ortamının dışında gerçekleşen önemli iletişim.....	76
5.2.3.8. BIM modelleri ile ilgili sözleşme ve standartların eksikliği.....	77
5.2.3.9. Çok disiplinli takımlarda farklı organizasyon yapıları	77
5.2.3.10. İnşaat endüstrisinin dinamikleri ve parçalanmış doğası	77
5.2.4. Ekip.....	78
5.2.4.1. Proje ekiplerinin yalıtılmış çalışma anlayışı	78
5.2.4.2. Veri ve bilgi paylaşımına karşı direnç	79
5.2.4.3. Tasarımcılar ve alt tedarik zinciri arasında işbirlikli çalışma eksikliği.....	79
5.2.4.4. Yönetim ekipleri arasındaki rekabet	80
5.2.4.5. Yeni rollerin (BIM Yöneticisi vb.) yeterince oluşturulmaması	80
5.2.4.6. Destekleyici ekip yapılanması eksikliği	81
5.2.5. Görev	81
5.2.5.1. Doğru zamanda doğru bilginin bulunmaması	81
5.2.5.2. BIM görevlerinin karmaşık yapısı.....	82
5.3. İçerik Analizi Sonuçları.....	83
6. TARTIŞMA.....	87
7. SONUÇ VE ÖNERİLER	94
KAYNAKLAR.....	96
EKLER	106

EK 1: Anket

TABLÖLER LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 2.1. Ekip içerisindeki ilişki tipleri (Hattori ve Lapidus [31]'tan değiştirilerek)....	8
Tablo 2.2. Makro BIM Adaptasyonu Projesi verilerine göre katılımcı ülkeler	12
Tablo 2.3. BIM adaptasyonu ölçümü için hazırlanmış kıta-ülke sınıflandırması (Jung ve Lee [33]'den değiştirilerek).....	14
Tablo 2.4. Ülkelere göre BIM adaptasyonunu destekleyen kurum ve kuruluşlar (Cheng ve Lu [34] ve Jung ve Lee [33]'den değiştirilerek).....	15
Tablo 2.5. BIM ile gelen yeni iş tanımları.....	25
Tablo 3.1. BIM olgunluk aşamaları (Succar [32]'dan değiştirilerek).....	37
Tablo 3.2. BIM Difüzyon Analizi Çerçevesi (Succar ve Kassem [73]'den değiştirilerek).....	37
Tablo 3.3. BIM tabanlı inşaat ağlarında süreç bariyerleri (Oraee ve diğerleri [1]'nden değiştirilerek).....	46
Tablo 3.4. BIM tabanlı inşaat ağlarında aktör bariyerleri (Oraee ve diğerleri [1]'nden değiştirilerek).....	47
Tablo 3.5. BIM tabanlı inşaat ağlarında bağlam bariyerleri (Oraee ve diğerleri [1]'nden değiştirilerek).....	48
Tablo 3.6. BIM tabanlı inşaat ağlarında ekip bariyerleri (Oraee ve diğerleri [1]'nden değiştirilerek).....	49
Tablo 3.7. BIM tabanlı inşaat ağlarında görev bariyerleri (Oraee ve diğerleri [1]'nden değiştirilerek).....	49
Tablo 4.1. İnşaat mühendisi katılımcıların bilgileri	52
Tablo 4.2. Mimar katılımcıların bilgileri.....	53
Tablo 4.3. Literatürde yer alan 26 bariyer ve bu tanımlarla ilişkili anket soruları.....	55
Tablo 4.4. Örnek anket sorusu.....	58
Tablo 5.1. Tek örneklem t-test sonuçları (Test değeri 1).....	65
Tablo 5.2. Tek örneklem t-test sonuçları (Test değeri 3).....	66
Tablo 5.3. Bağımsız grup t-test sonuçları	67
Tablo 5.4. İçerik analizi sonuçları.....	83

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 3.1. Oraee ve diğerleri [79]'nin bibliyometrik çalışma sonuçları	41
Şekil 3.2. BIM tabanlı inşaat ağlarında işbirliği çerçevesi (Oraee ve diğerleri [1]'nden değiştirilerek).....	45
Şekil 4.1. Katılımcıların BIM deneyimi seviyeleri (yıl).....	54
Şekil 4.2. Katılımcıların BIM deneyimi seviyeleri (m ²).....	54
Şekil 5.1. Ankete katılan mimarların firmalara göre dağılımı	63
Şekil 5.2. Ankete katılan inşaat mühendislerinin firmalara göre dağılımı	64

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
BIM	Yapı Bilgi Modelleme
BIMİA	BIM Tabanlı İnşaat Ağları
BPT	Bütünleşik Proje Teslimi
CAD	Computer Aided Design
DWG	DraWinG
IFC	Industry Foundation Classes
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
LOD	Level of Development
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
2D	2 boyutlu
3D	3 boyutlu
7D-BIM	Seventh Dimensional Building Information Modelling

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında Türkiye’de bulunan mimar ve inşaat mühendislerinin Yapı Bilgi Modelleme (BIM) tabanlı ekip çalışmalarında karşılaştıkları işbirliği bariyerlerinin ve önem derecelerinin tespit edilmesi ve eğer bariyer varsa iyileştirilmesine yönelik çözüm yollarının araştırılması hedeflenmiştir.

Bu kapsamda, BIM ile proje deneyimi olan ve bu araştırmanın yapılabilmesi için değerli bilgilerini paylaşan mimarlık ve inşaat mühendisliği firmaları ile iletişime geçilmiştir. Tez Danışmanım, Başkent Üniversitesi Mimarlık Bölümü Öğretim Üyesi Prof. Dr. Şule Taşlı Pektaş’ın bu araştırma sorusunun oluşturulmasında ve tezin geliştirilmesinde katkıları büyüktür.

1. GİRİŞ

Yapı sektörü mimar, inşaat mühendisi, elektrik ve mekanik mühendisi gibi farklı sektörlerde yer alan profesyonellerin bir araya gelerek oluşturduğu parçalanmış bir yapıya sahiptir. Bu dağınık örgütlenme biçimi yeni sistem ve uygulamalara geçmekte sorun yaşatmanın yanı sıra güncel bilgi teknolojilerinin uygulanmasında da bir engel oluşturmaktadır.

Yaşanan sorunun temel sebebi, bahsedilen küçük organizasyonların yazılım ve donanım kaynaklı teknolojik değişim maliyetlerini çoğunlukla karşılayamamasıdır. Bu ekipler yeni sistemlere geçebilseler bile diğer disiplinler ile senkronize olamadıkları için ekipler arasında birlikte çalışabilirlik problemleri yaşanmaktadır [2]. Oysa Yapı Bilgi Modelleme (BIM); inşaat sektöründe rol alan kişiler, sistemler ve disiplinler arası üretim ve uygulamalarda yaşanan veri ve emek kayıplarını önleyerek, projelerin yaşam döngülerindeki her aşamada verimliliğini arttıran işbirliğine dayalı bir süreç sunmaktadır (Glick and Guggemos, [3]).

Türkiye’de ve dünyada; geniş ölçekli projeler yapılması, uluslararası ortak çalışmalara gidilmesi ve işverenin maliyet-risk dengesini korumaya yönelik beklentileri yapı sektörünü BIM ile gelen ciddi bir dönüşüme sokmuştur. BIM’in sunduğu, aynı model üzerinde farklı uzmanlıkların işbirliği ile çalışabilme imkânıyla sağlanan bütünleşik proje teslimi süreci, bu dönüşümdeki en önemli faktörlerden biridir [4, 5, 6]. Succar [7] tarafından tanımlanarak BIM adaptasyonunu beş aşamayla değerlendiren bütünleşik proje teslimi sürecine göre, ekiplerin üç boyutlu modelleme yapması ile bütünleşik proje teslimi oluşturabilmesi arasındaki temel fark işbirlikli çalışmadır.

Deutch [8], yazılım kullanma bilgisinin tek başına BIM adaptasyonunu sağlamaya yetmeyeceği düşüncesini savunarak işbirlikli çalışma yapmanın tasarım fikrini derinden bir değişime götürdüğünü ifade etmektedir. Azhar ve diğerlerine [9] göre ise; BIM süreçleri, inşaat sektöründeki tüm paydaşların rollerinin bir proje içinde bütünleştirilmesini teşvik eden yeni bir paradigmayı temsil etmektedir. Bahsedilen bütünleşik çalışma sisteminin geçmişte kendilerini rakip olarak gören disiplinler arasında daha fazla verimlilik ve uyum sağlama potansiyeli olduğu düşünülmektedir (Azhar and Hein, [10]). BIM adaptasyonu ile ilgili yapılan araştırmalardan da anlaşılmaktadır ki, işbirliği olmadan BIM yalnızca bir

teknolojidir; işbirliği boyutunun eklenmesiyle BIM bir sosyal süreç etkinleştiricisi olmaktadır [11].

Yapı sektörü; mimar, elektrik, inşaat ve makine mühendisi gibi farklı disiplinlerden katılımcıların proje üzerinde birlikte çalışmasını gerektiren proje bazlı bir endüstri olduğu için (Cao et al., [12]) inşaat faaliyetleri ekip üyeleri arasındaki işbirliğine bağlı kalmaktadır (Greenwood and Wu, [13]). Buna karşılık, inşaat proje ekiplerinde işbirliği süreçlerinin verimli olmaması durumu; kişiler arası yanlış anlaşılmalara, artan hatalara ve hataların beraberinde gelen revizyon problemlerine yol açmaktadır [14, 15, 16]. Bu sebeple, işbirlikli çalışmanın, inşaat proje süreçlerini ve kaynaklarını bütünleştirmek, verimliliği, kârı ve sonuç ürünün kalitesini artırmak için bir dayanak noktası olduğu anlaşılmaktadır [17, 13, 15].

Yapılan araştırmalara bakıldığında BIM, inşaat tedarik zinciri boyunca yaşanan işbirliği sorunlarının en etkili çözüm aracı olarak tanıtılmaktadır (Howard et al.,[18]). Birçok araştırmacı tarafından BIM'in işbirlikli çalışma süreçlerini iyileştirmek için, yüksek potansiyele sahip olduğu tartışılmaktadır [19, 20, 1]. Buna karşılık, örnekler üzerine yapılan daha detaylı araştırmalarda BIM ile devam eden işbirlikli çalışmalarda ekip üyeleri kaynaklı çeşitli sorunlarla karşılaştığı görülmektedir [1, 21, 22].

BIM'e geçişte bütünleşik proje teslimi aşamasına ulaşabilmek için ekip üyeleri arasındaki işbirliği çok önemli olmasına karşın, üyelerin yetersiz işbirliği yetkinliklerinin bir engel olduğu görülmüştür (Oraee et al., [1]). İşbirliğine dair bu eksiklikler, BIM destekli projeleri etkileyen ana risklerden biri olmaya devam etmektedir (Zhao et al., [23]).

Literatüre bakıldığında, inşaat sektöründe işbirlikli çalışmaya ilişkin yapılan araştırmaların sınırlı sayıda olduğu görülmüştür. Yapılan çalışmalarda BIM ile işbirlikli çalışmanın önündeki engeller; ekip üyeleri arasında yanlış anlaşılmalara, verilerin yanlış yorumlanması, hata payının ve proje revizyonlarının artması şeklinde sayılabilmektedir [1, 16].

1.1. Araştırma Konusu ve Önemi

Türkiye’de ve dünyada; Yapı Bilgi Modelleme (BIM) ile gelen ciddi bir dönüşüm yaşanmaktadır. Projelerin yaşam döngülerinde her aşamada verimliliği arttırarak uygulamadaki zaman ve emek kayıplarını önlemeye yardımcı olan BIM, kullanıcılarına işbirliğine dayalı bir süreç sunmaktadır. Bununla birlikte, inşaat sektöründe paydaşlar arasında kurulması beklenen işbirliği tasarım ve uygulama aşamasında çeşitli durumlarda sekteye uğramaktadır.

Yapı sektöründe BIM adaptasyonu ve ekip üyeleri arasında işbirliği güncel tartışmalarda yer olan önemli bir konudur ve dünya genelinde bu süreci irdeleyen çeşitli araştırmalar mevcuttur. Fakat bu araştırmalar çoğunlukla konuya genel hatlarıyla yaklaşmakta, işbirliğinin nasıl sağlanacağına dair detaylı veriler sunmamaktadır. Bu konudaki bilgi birikimi arttıkça yapılan bu tez çalışması gibi daha özelleşmiş çalışmalara ihtiyaç artmaktadır.

Bunun yanı sıra BIM ile ilgili yapılan araştırmalar genellikle, inşaat sektöründe BIM adaptasyonunun durumuna odaklanırken, adaptasyon sürecinin ölçümünde kullanıcıların işbirliği yapma becerisinin sürece etkisi ihmal edilmektedir. Özellikle Türkiye’deki kullanıcılar üzerinde yapılan akademik çalışmalarda BIM ile yaşanan adaptasyon sürecinde; süreç, teknoloji ve işleyiş başlıkları özelinde incelemeler yapıldığı görölmektedir.

Yapılan bu tez çalışması mimar ve inşaat mühendislerinin BIM tabanlı ekip çalışmalarında karşılaştıkları işbirliği bariyerlerini ve bu bariyerlerin önem derecelerini araştırmakta, mevcut bariyerlerin insan, süreç ve teknoloji temelinde nasıl iyileştirilebileceğini ortaya koymayı hedeflemektedir.

1.2. Araştırma Soruları

Mimarlar ve inşaat mühendisleri arasında BIM ile yaşanan işbirliği sürecinin sorgulanmasını ve eğer bariyerler varsa bunların tespit edilerek çözüm üretilmesini amaçlayan bu çalışmanın, araştırma soruları aşağıdaki gibidir.

1.Mimarlar ve inşaat mühendislerinin yapı bilgi modelleme tabanlı ekip çalışmalarında karşılaştıkları işbirliği bariyerleri var mıdır, varsa nelerdir?

2.Mimarlar ve inşaat mühendislerinin yapı bilgi modelleme tabanlı ekip çalışmalarında karşılaştıkları işbirliği bariyerlerini algılamaları konusunda iki grup arasında farklar var mıdır?

3.Mimarlar ve inşaat mühendislerinin yapı bilgi modelleme tabanlı ekip çalışmalarında karşılaştıkları işbirliği bariyerleri insan, süreç ve teknoloji temelinde nasıl iyileştirilebilir?

1.3. Kuramsal Çerçeve

Leavitt'in [24] işbirliği süreçlerinin incelenmesine dair yaptığı ve kavramsal model oluşturulmasına yönelik temel hazırlayan çalışmasına göre; işbirliği süreci insan, süreç ve teknoloji olmak üzere üç ana başlıkta incelenmiştir. Bu modele yazar tarafından Altın Üçgen (Golden Triangle) adı verilmiştir [24]. Altın üçgen modeli 1960'lara dayanmasına rağmen hala güncelliğini korumakta ve pek çok çalışmaya referans olmaktadır. Leavitt'in [24] insan, süreç ve teknoloji modeli bu tez çalışmasının da kuramsal çerçevelerinden birini oluşturmaktadır.

Leavitt'in çalışmasına ek olarak Patel ve diğerleri [25] tarafından hazırlanan ve işbirliği sürecinde insan faktörünü ele alan "Ortak Alanlar için İşbirlikli Çalışma Modeli" (The Co-spaces Collaborative Working Model) çalışması incelenmiştir. Devamında, bahsi geçen kaynakların tamamlayıcısı niteliğinde olan ve Oraee ve diğerleri tarafından 2017-2019 tarihlerinde hazırlanan çalışmalar çözümlenmiştir. Bu tez çalışmasında, literatürdeki konu ile ilgili diğer dokümanlar da incelenerek temelde Oraee ve diğerleri [1] tarafından tüm süreci toparlayarak bir araya getirilen çerçeve, ölçüm aracı oluşturulmasında esas alınmıştır.

1.4. Araştırma Yöntemi

Yapılan bu tez çalışmasında nitel ve nicel araştırma yöntemlerini bir arada barındıran karma bir araştırma yöntemi kullanılmıştır. Araştırmanın ilk aşamasında Oraee ve diğerlerinin [1] literatür üst çözümleme makaleleriyle belirlediği BIM ekiplerinin işbirliği

sürecinde karşılaştıkları 26 maddelik bariyerler referans alınmıştır. Bu maddeler üzerinden hazırlanan sorular, beşli Likert ölçeği esaslı kapalı sorular ve bunları genişleten bazı açık uçlu sorulardan oluşmaktadır. Araştırmanın ilk aşamasında Likert ölçeğine verilen yanıtlar doğrultusunda istatistiksel analizler yapılarak bariyerlerin geçerliliği ve etki oranları ölçülmüştür.

Anketin kapalı uçlu sorularına verilen cevaplara göre iki bağımsız grup olan inşaat mühendisi ve mimarların karşılaştırılması SPSS istatistik programı kullanılarak t-test yöntemiyle tamamlanmıştır.

Araştırmanın ikinci aşamasında her bariyerin kendi içerisinde yer alan açık uçlu sorularının transkriptleri bir araya getirilmiş ve analiz edilmiştir. Analiz yapılırken temel hedef, istatistiksel verilerde elde edilen bulguların neden ve sonuçlarını çözümlemek olmuştur. Bu analiz sonucunda, her bariyer hakkında kullanıcıların ne gibi sorunlar yaşadığı ve bu sorunlara dair hangi çözüm önerilerini sundukları ortaya koyulmuştur.

Son aşamada ise ankete katılan 30 (otuz) mimar ve 30 (otuz) inşaat mühendisine tek tek yöneltilen “Sizce mimarlar ve inşaat mühendisleri arasındaki BIM tabanlı ekip çalışmalarında en önemli işbirliği bariyeri nedir? Nedenleri ile birlikte detaylı olarak açıklayınız.” sorusunun transkripti alınarak içerik analizi yapılmıştır. Kullanıcılar tarafından ortaya koyulan bu bariyerlere dair temalar belirlenmiş ve kodlanmıştır. Temalar doğrultusunda elde edilen engellerin insan, süreç ve teknoloji odağında nasıl iyileştirilebileceği tartışılmıştır. Bu soruya verilen cevapların, mevcutta sektörde yaşanan fakat literatürde yer almayan işbirliği problemlerini ortaya çıkarması hedeflenmiştir.

1.5. Evren ve Örneklem

Anket çalışmasına toplam 27 firmadan, BIM ile proje üretimi ve koordinasyonu konusunda deneyimli 30 mimar ve 30 inşaat mühendisi katılmıştır. Katılımcılar Türkiye’deki mimarlık ve inşaat firmalarında çalışan kişiler arasından rastgele seçilmiştir.

Seçim yapılırken BIM kullanan ofis ve şantiyeler listelenmiştir. Belirlenen tüm firmalara anketler dijital olarak gönderilmiş ve firma yetkilileri aranarak gönderilen anket hakkında detaylı bilgi verilmiştir. Toplamda rastgele 120 kişiye gönderilen ankete 60 kişi

katılım göstermiştir. Katılımcıların kullandıkları BIM araçlarına bakıldığında %95'inin Revit programını, %5'inin ise diğer BIM araçlarını kullandığı görülmüştür.

Bu çalışmada ortaya koyulması gereken önemli nokta, bazı firmaların ankete daha fazla ilgi göstermesi sebebiyle kişi sayısı olarak daha fazla katılım sağlamış olmasıdır. Bu durum araştırmacı tarafından özellikle seçilmemiş olup, firmaların BIM sürecine ilgisini göstermektedir.

1.6. Hipotezler ve Tez Sonunda Beklenen Bilimsel Katkılar

Mimarlar ve inşaat mühendislerinin BIM tabanlı ekip çalışmalarında karşılaştıkları işbirliği bariyerlerine dair henüz kapsamlı bir çalışma yapılmadığı için bu çalışma alanında bir ilk olacaktır. Çalışma sonucunda, mimarlar ve inşaat mühendislerinin BIM tabanlı ekip çalışmalarında karşılaştıkları işbirliği bariyerlerinin saptanması, bu bariyerlerin iki grup arasında farklılaşıyor ise nasıl farklılaştığının ortaya koyulması hedeflenmektedir. Belirlenen sorular doğrultusunda, karşılaşılan işbirliği bariyerlerinin insan, süreç ve teknoloji temelinde nasıl iyileştirilebileceğinin ortaya koyulması amaçlanmaktadır.

Araştırmanın hipotezleri aşağıdaki gibidir:

Hipotez 1: Mimar ve inşaat mühendislerinin BIM ile yaşadıkları proje sürecinde yaşadıkları işbirliği problemleri vardır.

Hipotez 2: Mimar ve inşaat mühendislerinin BIM ile yaşadıkları işbirliği sürecinde karşılaştıkları işbirliği bariyerleri farklılık göstermemektedir.

2. BIM İLE YAPI SEKTÖRÜNDEKİ İŞ AKIŞLARINDA YAŞANAN İŞBİRLİKLİ DÖNÜŞÜM

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte yapı sektörü son yıllarda hızlı bir dönüşüm sürecine girmiştir. Yaşanan dönüşümün önemli bir parçası kullanıcılarına ortak bir veri ortamı sunan Yapı Bilgi Modelleme'nin gelişimidir.

İşbirlikli çalışma imkânı sağlaması ve bütünleşik proje teslimine dair sağladığı avantajlarla paradigma değişimi olarak tanımlanan BIM [26, 6] tek model üzerinde bütün yapı sistemlerini içeren ve tüm katılımcıların doğrudan tasarım sürecinde rol almasını sağlayan bir proje üretim aracıdır [23]. Bu paradigma değişimi ile artan BIM kullanımının; işbirliğini arttıracığı, yapı sektöründeki parçalanmayı azaltacağı ve yüksek performans sağlayarak proje maliyetlerinde düşüşe yol açacağı beklenmektedir [6].

3 boyutlu (3D) görselleştirme, çakışma tespiti, maliyet analizleri, LEED analizleri ve tesis yönetimi gibi çeşitli amaçlarla kullanılan BIM; inşaat sürecinde verimliliği arttırarak, paydaşlar arasında yanlış anlaşılma ve hataları en aza indirme ve bu sayede işbirliğini ve bilgi paylaşımını geliştirme potansiyeline sahip olmuştur (Moreno et al., [27]). Bu potansiyel BIM'i Türkiye'de ve Dünya'da yapı sektörünü dönüştüren önemli bir güç haline getirmiştir.

2.1. BIM ile Türkiye'de ve Dünya'da Yapı Sektöründe Yaşanan İşbirlikli Dönüşüm

İşbirlikli çalışmanın, inşaat proje sürecinde verimliliği arttırmak, süreçleri ve kaynakları entegre etmek, kârı arttırmak ve sonuç ürünün kalitesini arttırmak için 'dayanak noktası' olduğu [28, 13, 15] ve inşaat tabanlı iş ağlarında işbirliğinin, BIM etkin projelerde başarı için bir ön koşul olarak görüldüğü [29, 30] anlaşılmaktadır. Bu nedenle BIM sürecinde yaşanan işbirliği, inşaat proje yönetiminde büyük önem taşımaktadır (Oraee et al., [1]). Literatüre bakıldığında BIM tabanlı inşaat ağları üzerinde işbirlikli çalışma yapılması durumunun öneminin anlaşıldığı görülmeye rağmen işbirlikli çalışma üzerine yapılan araştırmalarda eksik yönler bulunmaktadır.

BIM adaptasyonunun bütünleşik proje teslimi aşamasında sağlanma hedefi, BIM Tabanlı İnşaat Ağları'ndaki (BİMİA) ekip üyeleri arasında etkili işbirliğine dayanır. Buna rağmen ekip üyelerinin işbirlikli çalışma yapabilme durumlarında geliştirilmeye çalışılan eksiklikler bulunmaktadır (Oraee et al., [1]). Ek olarak, inşaat proje ekiplerinde işbirliği süreçlerinin verimli olmaması durumu; verilerin yanlış yorumlanmasına ve zayıf iletişime yol açmaktadır [13, 14, 15, 16].

Konuyla ilgili yapılan çalışmalarda işbirliğini etkileyen çeşitli faktörler olmasının yanı sıra, ekip üyeleri arasında işbirliği kaynaklı farklı ilişki tipleri olduğu da görülmüştür. Hattori ve Lapidus'un [31], ekip içerisinde güven duygusunu ve yenilikçi değişimleri anlamaya yönelik hazırladığı işbirliğini inceleyen çalışmasına baktığımızda (Tablo 2.1.) iş dünyasında dört tür ilişki tipi sunulduğu görülmektedir.

Tablo 2.1. Ekip içerisindeki ilişki tipleri (Hattori ve Lapidus [31]'tan değiştirilerek)

İlişki Tipi	Güven Durumu	Motive Edici Güç	Görünüm	Davranış	Potansiyel Sonuçlar
İşbirlikli	Yüksek Güven	Bütünün İyiliği İçin Çalışmak	Sinerji	Sorumluluk Sahibi	Çığır Açan Yenilik Oluşturmak
Kooperatif	İş Odaklı Güven	Başarılı Bir Proje Elde Etmek	Kazan-Kazan	İstekli	Tasarlanmış Başarı Elde Etmek
Rekabetçi	İsteksiz/ Temkinli	İyi Görünmek	Kurallar Dâhilinde Kazan	Kurnaz	Taviz Vermek
Düşmanca	Güvensiz	Kaybetmemek	Ne Pahasına Olursa Olsun Kazan	Acımasız	Tahmin Edilemeyen Sonuçlar

Ekiplerin birlikte çalışabilirliğini temel alan sağlıklı ilişkiler oluşturması, devamlılık gösteren bir sürece dayanmaktadır. Bu noktada işbirlikli ilişkilerin dinamiklerinin anlaşılması büyük önem taşımaktadır.

Tablo 2.1.'e göre; rekabetçi ve düşmanca ilişkilere dayanan proje süreçlerinde, tahmin edilemeyen sonuçlarla karşılaşılmasının muhtemel olduğu görülmektedir. İsteksiz ve güvensiz bir çalışma ortamında başarılı bir sürecin işletilmesi mümkün olmamakla birlikte ekip üyeleri arasında taviz verilme durumlarının yaşandığı görülmektedir. Oysaki

BIM ile yaşanması planlanan işbirlikli inşaat sürecinde ekip üyeleri arasında işbirliğine dayalı bir ilişkinin sürdürülmesi önem taşımaktadır.

Ek olarak Tablo 2.1.'e göre; proje ölçeğine ve ekip üyelerinin beklentilerine göre kurulabilecek olan kooperatif bir sürecin de başarı getirdiği görülmektedir. Fakat ulaşılması planlanan nihai hedef işbirlikli ilişkilere dayanan takımlar oluşturulmasıdır. Ekip üyelerinin davranışları açısından tabloyu kıyasladığımızda ise, işbirlikli ilişkiler kurulmasında, üyelerin sorumluluk sahibi kişiler olmasının büyük etki gösterdiği anlaşılmaktadır. Bu tabloya göre; işbirlikli çalışmanın temel taşlarından birinin de güven inşa etmek olduğu görülmektedir.

Mimar Miguel Burbano tarafından ortaya koyulan ve Hattori ve Lapidus [31] tarafından aktarılan listeye göre; işbirliği için önkoşullar;

- Güven,
- Ortak hedefler,
- Ortak dil oluşturmak ve etkili iletişim,
- Bütüne katılma arzusu ve gerçek bir rolün varlığı,
- Süreç tutkusu
- Açık olmak ve dinlemek şeklindedir.

Ortaya koyulan önkoşullara baktığımızda; etkili işbirliği oluşturulabilmesi için ekip üyeleri arasında güven duygusunun sağlanması, iyi bir ekip liderinin olması, ortak hedefler koyularak tutkuyla ilerlenmesi ve açık, etkili bir iletişim kurulması çok önemlidir.

Sonuç olarak mimar ve inşaat mühendislerinden oluşan ekip üyeleri içerisinde sağlanması gereken ilişki tipi; yüksek güven ve sinerji sağlanmış, bütünün iyiliğini hedefleyen işbirlikli ilişkidir. Ancak bu sayede inşaat sektöründe çığır açan yeniliklerin elde edilmesi mümkün olacaktır.

2.1.1. BIM ile Dünya’da yaşanan dönüşüm

İnşaat projelerinde BIM gibi birlikte çalışabilirliği destekleyen dijital araçların kullanımı, üretkenliği iyileştirmektedir. Bunun yanı sıra BIM programlarının gerçeğe yakın modelleme yapma imkânı sunması kullanıcılarına çeşitli sosyal ve ekonomik faydalar

sağlamaktadır. Dünya genelinde bazı ülkelerde proje yapım aşamasında BIM kullanımının sunduğu faydaları gören proje üreticileri, BIM'e geçiş sürecine daha hızlı şekilde dâhil olmaktadır. Bazı ülkelerde ise, sürece devlet kurumları öncülük etmektedir. Farklı tetikleyicileri olsa da her ülkenin hatta her kurumun geçiş sürecinde, kesişen durumlar görülebilmektedir. Çünkü bu geçiş süreci, birçok faktörden etkilenmenin yanı sıra ortak olgunluk aşamalarından oluşmaktadır.

Kullanıcıların adaptasyon sürecini etkileyen faktörler Succar'ın [32] birçok araştırmacı tarafından kabul görülen çalışmasına göre; süreç, işleyiş ve teknoloji başlıkları altında incelenmektedir. Süreç faktörü; paydaşlar arasında projenin başlangıç aşamasından bitişine kadar yaşanan deneyimin tüm yönleriyle değerlendirmesini ele alır. Teknoloji faktörü; BIM aracının yazılım ve donanım kaynaklı kullanıcılarına sağladığı her türlü imkânı değerlendirmektedir. İşleyiş faktörü ise; sözleşme, yönetmelik ya da BIM rehberi gibi kaynakların varlığını, oluşturulma sürecini ve BIM eğitiminin sağlanma durumunu sorgulamaktadır.

Dünya çapında BIM'e geçiş sürecine baktığımızda işleyiş başlığı kaynaklı etkinin yoğun olduğu fakat geliştirilen kalkınma politikası girişimlerinin ve oluşturulan BIM standardizasyon çabalarının, ülkeden ülkeye önemli ölçüde farklılaştığı anlaşılmaktadır.

BIM adaptasyonu yüksek olan ülkelere bakıldığında, ortak noktalarının adaptasyon konusunda devletin öncü rol oynaması olduğu anlaşılmaktadır. BIM kullanımının hem operasyon hem de işletim kısmındaki kazançlarını gözlemleyen bazı devlet kurumları BIM'e geçişe öncülük etmiştir. Dünya geneline baktığımızda özellikle kamu ihalelerinde işveren tarafından istenilen projenin BIM standartlarında beklenmesi, ofisler üzerinde ciddi bir yaptırım oluşturmuş ve BIM kullanımını hızlandırmıştır.

Örneğin İngiltere'de devlet tarafından kamu projelerinde BIM kullanımı zorunluluğunun getirilmesi, inşaat sektörünü hızlı bir dönüşüme mecbur kılmıştır. Projelerin BIM ile üretilip teslim edilmesinin zorunlu hale gelmesi başta mimarlık firmalarının olmak üzere mekanik, elektrik ve statik gibi diğer paydaşların da zorunlu dönüşümünü beraberinde getirmiştir.

BIM kullanımıyla birlikte proje üretim süreci gibi proje teslim süreci de bir değişim süreci içerisine girmiştir. BIM'in yapı sektöründeki tüm paydaşların rollerinin, bir proje üzerinde bütünleştirilmesini teşvik ediyor olması [6], mevcuttaki proje teslim sürecinde yaşanan aşamaları ve bu aşamalara ayrılan süreleri de dönüşüme sokmuştur.

Örneğin BIM; operasyon ve imalat aşamalarında yaşanabilecek kayıpları daha üç boyutlu tasarım aşamasında, gerçeğe yakın modeller üreterek ortaya koyup çözüm sürecini başlatmaktadır. Bu sayede alınabilecek her türlü önlem tasarım aşamasında alınarak hatalar minimuma indirilmiş ve bir yapının projelendirme, yapım ve işletme aşamalarında kökten dönüşüm yaşanmış olur. Bu durumun neticesinde, proje teslim sürecinde başta yer alan ve nispeten kısa bir süre ayrılan tasarım süreci de etkinliğini arttırıp zamana yayılarak inşaat sürecini etkilemiş olmaktadır.

2.1.2. Dünya’da BIM adaptasyonu ölçümü

Dünya genelinde bu çok katmanlı BIM adaptasyonu sürecini inceleyen çok sayıda çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmalara bakıldığında BIM olgunluğuna dair her ülkenin kendi hedefleri doğrultusunda farklı aşamalarda olduğu görölmektedir. Hazırlanan akademik araştırmalar dışında dünya çapında BIM olgunluğunu denetleyen sistemli oluşumlar da bulunmaktadır. Bu oluşumlardan en geniş çapta etki göstereni BIM’e Girişimi (BIME Initiative) sayılmaktadır.

2.1.2.1. BIME Girişimi

BIME Girişimi’nin temeli Dr. Bilal Succar ve Prof. Mohamad Kassem'in BIM olgunluğunu inceleyen çalışmalarına ve çeşitli hakemli makale yayınlarına dayanmaktadır. Eduardo Toledo Santos, Danny Murguia ve Cristiane Magalhães gibi isimlerin çabası ile oluşturulan bu girişim, ülkelerin BIM adaptasyon sürecini değerlendirerek raporlamaktadır. Ayrıca BIME Girişimi, bilgi üretimi, bilgi paylaşımı ve süreç optimizasyonu yoluyla inşaat sektöründeki paydaşların performansını iyileştirmeyi amaçlamaktadır.

BIME Girişimi tarafından hazırlanan ve Makro BIM Adaptasyonu Projesi olarak adlandırılan çalışmada şu ana kadar dokuz ülke yer almıştır. Bu ülkeler; Kanada, Latin Amerika, Brezilya, Mısır, Hong Kong, İrlanda, Peru, İspanya ve Rusya şeklinde sayılmaktadır.

Tablo 2.2. Makro BIM Adaptasyonu Projesi verilerine göre katılımcı ülkeler

Tamamlanan Makro BIM Adaptasyonu Çalışmaları	
Ülkeler	Proje Tamamlanma Yılı
Kanada	2019
Latin Amerika	2019
Brezilya	2018
Mısır	2018
Hong Kong	2018
İrlanda	2017
Peru	2019
İspanya (1. Çalışma)	2018
İspanya (2. Çalışma)	2019
Devam Eden Makro BIM Adaptasyonu Çalışmaları	
Ülkeler	Proje Başlama Yılı
İrlanda (2. Çalışma)	2019
Rusya	2018

Projeye başvuran ülkelerin inceleme raporları ve ülkelerin BIM adaptasyonu konusunda detaylı bilgileri BIME Girişimi üzerinden çevrimiçi şekilde herkese açık olarak yayınlanmaktadır. Projede yer alan bilgiler incelendiğinde katılımcılar arasında İrlanda ve İspanya gibi bazı ülkelerin projeye iki kez dâhil olduğu ve İrlanda ile Rusya'nın Makro BIM Adaptasyonu sürecinin hala devam ettiği görülmektedir. Makro BIM Adaptasyonu Projesi içerisinde birden fazla mikro proje bulunmaktadır.

Projenin ana hedefleri doğrultusunda;

- Pazar ölçeğinde BIM adaptasyonu başarısını sağlamak için ortak bileşenlerin kullanılabilirliğini ve olgunluğunu belirlemek,
- İncelenen ülkelerde, BIM adaptasyonu konusunda açıkları belirlemek,
- Tekrarlanan değerlendirme süreci ve veri analizi ile BIM adaptasyonunun zaman içerisinde yayılımını izlemek,
- Farklı benimseme yaklaşımlarını karşılaştırarak sonuçlar çıkarmak,
- İnşaat sektöründe dijital dönüşüm için modüler bir dil belirlemek,
- Mesleki bilgi gelişimi konusunda uygulanabilir yetkinliğe dayalı öğrenme yöntemleri ve araçları geliştirmek,
- Akademiler ile endüstri arasındaki bilgi ve deneyim alışverişini kolaylaştırmak,

- BIM adaptasyonu için ülkelerin yol haritası geliştirebilmesi konusunda yardımcı olmak sayılmaktadır.

BIME Girişimi ile ülkeler arasında kurulan araştırma ve BIM adaptasyonu oluşturma süreci; üniversiteler, endüstri dernekleri (Mimarlar Odası vb.) ve politika hazırlayıcı uzmanlar arasında gerçekleştirilmektedir. Ayrıca bu proje kapsamında ülkelerin BIM politikası geliştirebilmelerine yardımcı olmak adına Makro Adaptasyon Raporu ve Makro Adaptasyon Kılavuzları hazırlanmaktadır.

Makro BIM Adaptasyonu Çalışması farklı kurumlar ile ortak yürütülen üç farklı modelden oluşmaktadır.

Bu modeller;

Tip 1: Politika oluşturulması ve denetlenmesini içerir. BIM adaptasyonu için gerekli olan sözleşme ve rehberlerin oluşturulma süreçleri incelenir. Bu araştırmanın katılımcıları kâr amacı gütmeyen devlet kurumları ve politika denetleyicilerdir.

Tip 2: İşbirliğine dayalı eğitim uygulamalarının ve ilgili bilgi yönetimi niteliklerinin incelenmesini içerir. Veriler önde gelen yerel kurumlarla işbirliği içerisinde yürütülen anketler aracılığı ile toplanmaktadır.

Tip 3: Dijital dönüşüm araçlarının ve protokollerinin ülke çapında benimsenmesini amaçlayan ve değerlendiren çalışmalardır. Yerel ortaklarla işbirliği içine girilerek, küçük ve büyük çapta kuruluşlar çalışmaya dâhil edilir ve açık anketler ile veriler toplanır.

Sonuç olarak, günümüzde ülkelerin BIM adaptasyonu, BIME Girişimi aracılığı ile sistemli şekilde ölçülmektedir. Ülkemizde BIM adaptasyonunu ortaya çıkarmak üzere yapılacak çalışmaların da bu Makro BIM Adaptasyonu Projesi'ne dâhil olacak şekilde yapılması, verilerin geçerliliği için önem taşımaktadır.

Mevcutta yapılan bu tez çalışması ilerleyen süreçte Türkiye'nin Tip 2 modeli ile Makro BIM Adaptasyonu Raporu hazırlanabilmesine yönelik bir ön altlık niteliğindedir. Türkiye'de yer alan mimarlar ile inşaat mühendislerinin işbirliğine dayalı BIM uygulama sürecini inceleyen bu tez çalışması, ülke çapında mikro düzeyde bir ölçüm yapmaktadır.

2.1.2.2. Kıtalar arası BIM adaptasyonu ölçümü

Makro BIM Adaptasyonu Projesi dışında ülkelerin BIM ile yaşadığı dönüşümleri anlamak için yapılmış çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Literatüre bakıldığında ülkelerin yaşadığı adaptasyon sürecini konu alan ölçümler genellikle kıtalar arası olarak yapılmaktadır.

Tablo 2.3. BIM adaptasyonu ölçümü için hazırlanmış kıta-ülke sınıflandırması (Jung ve Lee [33]'den değiştirilerek)

Avrupa
Hollanda, Fransa, İtalya, Finlandiya, İsveç, Danimarka, İngiltere, Rusya, İzlanda, Portekiz, Türkiye, Almanya, İspanya, Belçika, Polonya, Slovenya ve İsviçre
Asya
Kore Cumhuriyeti, Hindistan, Çin (Hong Kong dâhil), Filipinler, Tayvan, Singapur ve Tayland
Kuzey Amerika
Amerika Birleşik Devletleri ve Kanada
Güney Amerika
Arjantin, Meksika, Brezilya, Şili ve Kosta Rika
Orta Doğu / Afrika
Suudi Arabistan, Mısır, Lübnan, Ürdün, İran ve Birleşik Arap Emirlikleri, Güney Afrika, Katar
Okyanusya
Avustralya ve Yeni Zelanda

Jung ve Lee [33] tarafından yapılan ve BIM adaptasyonunu altı kıtada inceleyen (Tablo 2.3.) çalışmaya göre, BIM olgunluğunu ölçen dört farklı analiz yapılmıştır. Bunlar katılım düzeyi, Hype döngüsü modeli, teknoloji difüzyon modeli ve BIM hizmetleri şeklinde sayılmaktadır (Jung and Lee, [33]). Hazırlanan bu çalışmanın ana katkısı BIM'in benimsenme oranının küresel durumunu ortaya koymasındır.

Araştırma sonuçlarına göre; Kuzey Amerika'nın her yaklaşımda BIM olgunluğu konusunda en gelişmiş kıta olduğu ortaya çıkmıştır. Kuzey Amerika'nın devamında Okyanusya ve Avrupa yer almaktadır. Araştırmaya göre bu iki kıtanın özellikle tasarım aşamasında çok güçlü oldukları ortaya çıkmıştır. Asya kıtasına bakıldığında, BIM hizmetleri konusunda 6. sırada olmasına rağmen BIM benimseme durumunun diğer

gelişmiş kıtalar ile benzer seviye olduğu algılanmıştır. Orta Doğu/ Afrika özelinde bakıldığında, BIM benimseme oranının başlangıç seviyesinde olduğu görülmüştür. Son olarak Güney Amerika kıtasının BIM'i benimseme durumunun en düşük seviyede olduğu ortaya çıkmıştır (Jung and Lee, [33]).

Kıta genelinde yapılan araştırmanın devamı olarak ülke bazında BIM adaptasyonunu incelediğimizde birbirinden farklı ve bağımsız süreçlerin yaşandığı görülmektedir. BIM adaptasyonu sürecinde en kritik rollerden birinin devlet tarafından ortaya koyulan yaptırımlar ve hazırlanan BIM standartları olduğu düşünüldüğünde, ülkelerin bu konudaki politikalarını izlemek önem taşımaktadır. Bu doğrultuda; ülke özelinde BIM adaptasyonu için standart oluşturma, sözleşme ve BIM rehberi oluşturma gibi gereklilikleri gerçekleştiren kurumların listesi Tablo 2.4.'teki gibidir.

Tablo 2.4. Ükelere göre BIM adaptasyonunu destekleyen kurum ve kuruluşlar (Cheng ve Lu [34] ve Jung ve Lee [33]'den değiştirilerek)

ÜLKE	ORGANİZASYON
Amerika Birleşik Devletleri	-National Institute for Building Science -General Administration -The American Institute of Architects -United States Army Corps of Engineers -U.S Department of Veterans Affairs -National Institute of Standards and Technology
Birleşik Krallık	-BIM Task Group -AEC-UK Committee -British Standards Institute
Finlandiya	-Senate Properties -Finnish Concrete Association
Norveç	-Civil State Client Statbygg -Norwegian Homebuilders Association
Singapur	-Building and Construction Authority
Hong Kong	-Hong Kong Housing Authority -Architectural Services Department - MTR Corporation and the Construction Industry Council -Hong Kong Institute of Building Information Modelling
Güney Kore	-Korean Ministry of Land Infrastructure and Transportation -Public Procurement Service -Korea Institute of Civil Engineering And Building Technology -Korea Institute of Construction & Transportation Technology -Evaluation and Planning
Avustralya	-Built Environment Industry Innovation Council -The Air Conditioning and Mechanical Contractors Association -National Building Specification

	-Australasian BIM Advisory Board
Tayvan	-National Taiwan University
Danimarka	-Palaces & Properties Agency
Hollanda	-Government Buildings Agency -Rijkswaterstaat, -Rijksgebouwendienst
İsveç	-Sweden Swedish Transportation Administration -Swedish Standards Institute -OpenBIM -Transportation Administration
Çin (Anakara)	-Ministry of Housing and Urban- Rural Development -China Construction Industry association -China Institute of Building Standard Design & Research
Japonya	-Japanthe Ministry of Land, Infrastructure and Transport -Japan Federation of Construction Contractors -Building Research Institute of Japan -Japan Institute of Architects

Kuzey Amerika'nın BIM konusunda en etkin ülke olduğu bilgisinden hareketle, BIM konusunda etkinlik gösteren kurumlarının sayıca üstünlüğü de göz önüne alındığında, BIM standart ve sözleşme oluşturulması konusunda devlet kurumlarının önderlik etmesinin önemi açıkça ortaya çıkmıştır.

2.1.2.3. Ülkelerin BIM adaptasyonu durumları

Ülke özelinde mimar ve inşaat mühendislerinin BIM adaptasyonu konusunda durumlarını incelediğimizde karşımıza birbirinden bağımsız ve özgün sonuçlar çıkmaktadır.

2.1.2.3.1. Avustralya

Ülkelerin BIM adaptasyonunu incelemek ve paylaşmak için yapılan çalışmalardan biri de McGraw Hill Construction etkinlikleridir. Bu etkinliklerin raporlarında dünya genelinde adaptasyon durumunun ne şekilde devam ettiğini gösteren önemli veriler bulunmaktadır. Örneğin McGraw Hill [35], Avustralya ve Yeni Zelanda bölgesinin işbirliği süreçlerinde (%50) ve program kullanımı ve donanım geliştirmede (%50) benzersiz bir liderlik gösterdiğini ve Avustralya'daki yüklenicilerin BIM modeli oluşturma konusunda %67 bağlılık sergilediğini bildirmiştir. McGraw Hill [35] ayrıca Avustralya'da müteahhitlerin BIM kullanım oranlarını incelediğinde, yüklenicilerin çoğunun üç ila beş yıl arası BIM deneyimi sahibi olduklarını ortaya koymuştur. Bu deneyimin yansıması

olarak, 2013 yılında Avustralya'da BIM adaptasyon seviyesi %33 iken 2015 yılında %71'ye yükselmiştir [35].

Avustralya'daki Built Environment Industry Innovation Council (Yapılı Çevre Endüstrisi İnovasyon Konseyi) tarafından National Building Information Modelling Initiative (Ulusal Bina Bilgi Modellemesi Girişimi) gerçekleştirilmiştir.

Ek olarak inovasyon konseyi tarafından yaptırılan buildingSMART Australasia [36] etkinliği; 2012 başlarında müşteriler, danışmanlar, yükleniciler dâhil olmak üzere Avustralya inşaat endüstrisinin geniş bir kesitini temsil eden çok sayıda katılımcıyla birlikte Canberra, Adelaide, Brisbane, Hobart, Melbourne, Sidney ve Perth'de paydaş danışma atölyeleri gerçekleştirmiştir.

Bu atölyeler ve etkinliklerin sonucu olarak 2012 yılının ortalarında yayınlanan National Building Information Modelling Initiative Volume 1 raporunda Avustralya Hükümeti tarafından kamu sektörü için yapılan projelerde zorunlu BIM kullanımı önerilmiştir.

Avustralya'da yapılan BIM girişimlerinin kilometre taşları; 2011'de National Building Specification Avustralya (NATSPEC-Ulusal Bina Özellikleri) tarafından geliştirilen Ulusal BIM Rehberi ve 2014'ün sonlarında yayınlanan ACIF-APPC BIM Çerçevesi olarak sayılmaktadır (Edirisinghe and London, [37]).

2.1.2.3.2. Güney Kore

McGraw Hill [35] raporuna göre Güney Kore'de BIM adaptasyon seviyesi 2013 yılında %23 iken 2015 yılında %52'ye yükselmiştir. Bu hızlı yükselişin sebeplerine baktığımızda karşımıza Güney Kore hükümetinin BIM politikaları çıkmaktadır.

Gu ve diğerleri [38], stratejik ve önemli projelerde BIM kullanımını ve benimsenmesini teşvik etmek için hükümet düzenlemelerinin kritik önem taşıdığından bahsetmekte ayrıca BIM'in benimsenmesini arttırmak için devlet tarafından teşvik ve ödüller verilmesi gerektiği savunmaktadır. Bu doğrultuda bakıldığında Güney Kore'de

hükümetin BIM adaptasyonunu teşvik etmek için üzerine düşen görevleri gerçekleştirme yolunda adımlar attığını söylemek mümkündür.

Atılan adımların başında Güney Kore'deki Kamu İhale Servisi'nin 2016 yılına kadar elli milyon ABD doları üzerindeki tüm projeler ve tüm kamu sektörü projeleri için BIM'i zorunlu hale getirmesi sayılmaktadır (Edirisinghe and London, [37]). Bahsedilen durum Güney Kore'de BIM adaptasyonu sürecinin 2016 yılından beri hız kazanmasının sebebi olarak kabul edilebilir.

2.1.2.3.3. Finlandiya

Finlandiya genelinde BIM adaptasyonu sürecini incelediğimizde devlete ait çeşitli kuruluşların sürece liderlik ettiği görülmektedir. Bu liderlerden biri olan Senate Properties (Senato Mülkleri) Finlandiya Maliye Bakanlığı'na bağlı devlete ait bir kuruluştur. Çalışma alanları ve çalışma ortamları konusunda devletin uzman yetkilisi olarak hareket etmekte olup 1 Ekim 2007 tarihinden bu yana projelerde IFC standartlarını karşılayan modellerin kullanılmasını zorunlu kılmıştır (Edirisinghe and London, [37]).

Ayrıca, Senato Mülkleri, BIM'e geçiş konusunda gereksinimler için ayrıntılı yönergeler içeren bir dizi proje yayınlamıştır. Bu BIM gereksinimler serisi; Ortak BIM Gereksinimi olarak adlandırılmaktadır.

2.1.2.3.4. Danimarka

2006 yılında yapılan araştırmaya göre Danimarka'daki mimarların yaklaşık %50'sinin, mühendislerin %40'ının ve iş verenlerin %29'unun projelerinin bazı kısımları için BIM kullandığı aktarılmaktadır (Kiviniemi et al., [39]).

BIM araştırmaları için yoğun bir yatırım yapılan Danimarka'da çeşitli devlet kurumları 2007'den beri projelerde BIM kullanılmasını zorunlu kılarak BIM'e geçiş sürecini desteklemektedir [40].

Danimarka'da, BIM'le ilgili çalışmalar yürüten kamu kurumlarının başında The Palaces and Properties Agency (Saraylar ve Mülkler Ajansı), The Danish University and Property Agency (Danimarka Üniversitesi ve Emlak Ajansı) ve Defense Construction

Service (Savunma ve İnşaat Servisi) gelmektedir. Bu kurumlar çeşitli kılavuz ve dokümanlar üreterek sürece katkı sağlamaktadır.

Danimarka’da inşaat projelerine katılan mimarlar, tasarımcılar ve yükleniciler, 2007'den itibaren Dijital İnşaat Programı’nı benimsemiştir (Wong et al., [41]). Ülkede Dijital İnşaat Programı’nın benimsenmesi, bir dizi rapor ve kılavuzun geliştirilmesi ile kolaylaştırılmıştır.

2.1.2.3.5. İzlanda

İzlanda’da yapılan araştırmalar katılımcıların %40’ının BIM kullandığını göstermektedir [42]. Ayrıca İzlandalı inşaat yetkililerinin, BIM’le ilgili standart ve yönergeler oluşturmak için İskandinav meslektaşları ile işbirliği yapmaları ve kamu kurumlarının BIM teknolojisini sektöre tanıtmak için mevcut binaların BIM modellerini yapmaya yönelik projeler başlatmaları önerilmektedir (Jensen and Johannesson, [43]).

Avrupa İnşaat Teknolojisi Platformu’nun bir parçası olan İzlanda İnşaat Teknolojisi Platformu tarafından BIMiceland (BIM-İzlanda) projesi kurulmuştur. Projedeki amaç, kamu işverenleri arasındaki fikir birliğini güçlendirmek, kamu binası projelerinde tasarım ve inşaat süreçlerinde kaliteyi artırmak ve yaşam döngüsü maliyetlerini azaltmak olmuştur [42].

2.1.2.3.6. Norveç

Norveç Hükümeti de Danimarka gibi 2007'den itibaren kamu projelerinde BIM'in kullanılmasını talep ederek BIM adaptasyon sürecine dâhil olmuştur (Edirisinghe and London, [37]). 2007 yılında Statsbygg oluşumu tarafından Statsbygg BIM Kılavuzu’nun ilk sürümü yayınlanmıştır. Bu yayın, Statsbygg’in çeşitli BIM projelerinden edindiği deneyimlere dayanmaktadır.

BIM Kılavuzu’nun 2009 yılına kadar 0.9 alfa sürümü oluşturulmuş, kılavuz Norveç standardı NS8353 CAD Kılavuzu ve ABD’deki NBIMS Standardı ile koordineli olarak hazırlanmıştır (Wong et al., [41]). Bu kılavuz başlangıçta Statsbygg’in kullanımı için olsa da şu an Norveç’teki diğer taraflarca da kullanılmaktadır (Le et al., [44]).

Hazırlanan kılavuz ile BIM kullanımına dair oluşturulan zorunluluk desteklenmiştir. Ayrıca 2010 yılına gelindiğinde, tüm Statsbygg projelerinde IFC'ye dayalı BIM modellerinin kullanılmaya başlandığı görülmüştür (Edirisinghe and London, [37]).

2.1.2.3.7. Singapur

2011 yılında Singapur'da yer alan Yapı ve İnşaat Otoritesi tarafından dünyanın ilk BIM elektronik sunumunu uygulamak için İnşaat ve Emlak Ağı adı verilen girişim kurulmuştur (Edirisinghe and London, [37]). Bu girişim, Singapur'daki çeşitli inşaat düzenleme kurumları tarafından yayınlanan yönetmelik ve genelgeler için merkezi bir depo özelliği taşımaktadır.

Singapur'da yaşanan BIM adaptasyonu süreci;

2011- İnşaat ve Emlak Ağı kurulması,

2012-Singapur BIM Rehberi'nin piyasaya sürülmesi,

2013-BIM e-submission (BIM e-sunumu); 20.000 m²'den büyük tüm yeni bina projeleri için BIM'in zorunlu hale getirilmesi,

2015- 5.000 m²'den büyük tüm yeni bina projeleri için mimari ve mühendislik BIM e-tesliminin zorunlu hale getirilmesi şeklindedir.

2.1.2.3.8. Hong Kong

Hong Kong Konut İdaresi 2006 yılından itibaren BIM'e geçiş pilot uygulamasını başlatmıştır. Hong Kong'da 2014 yılına kadar tüm yüksek katlı konut geliştirme projelerinde BIM'in tam olarak uygulanması hedeflendiği için; bu süreçte BIM standartları kılavuzu, BIM kullanıcı kılavuzu, BIM kütüphane bileşenleri tasarım kılavuzu ve BIM kütüphane bileşenleri gibi doküman hazırlıkları yapılmıştır (Edirisinghe and London, [37]). Kullanıcıların geçiş sürecini destekleyen ve onlara bir yol haritası sunan altlıkların olması, süreç hâkimiyetini arttırmaktadır.

Diğer yandan Hong Kong'un BIM adaptasyonunu tamamlamasının önünde çeşitli engeller bulunmuştur. Bu engellerden en önemli görülen beş tanesi;

- Kültürel engeller (Değişime direnç),
- BIM'i desteklemeyen organizasyon yapısı,

- Bilgisayar yazılımının yetersiz birlikte çalışabilirlik özellikleri,
- Endüstri standartlarının yetersizliği ve
- BIM'in etkilerini ölçme konusundaki zorluklar olarak belirlenmiştir (Chan et al., [45]).

Ayrıca, Hong Kong Yapı Bilgi Modellemesi Enstitüsü ve Hong Kong İnşaat Endüstrisi Konseyi gibi bazı ilgili kuruluşların, üyelerinin BIM becerilerini ve bilgilerini geliştirmek için BIM atölyeleri, seminerler ve teknik forumlar gerçekleştirmesi önerilmiştir (Chan et al., [45]).

2.1.2.3.9. Hollanda

Hollanda'nın BIM adaptasyonu konusunda duruşuna bakıldığında, bütünleşik proje teslimini ve BIM uygulamalarını benimsemeye istekli oldukları görülmüştür (Papadonikolaki et al., [46]). Bu durumun yansıması olarak 2012 yılında yapılan BuildingSMART Australasia etkinliğine katılan Hollanda eğitimcileri ve hükümet temsilcilerinin oybirliğiyle ulusal eylem planını onayladıkları görülmektedir.

Eylem planı doğrultusunda onaylanan konular;

- Satın alma ve yasal konular,
- BIM yönergeleri,
- Disiplinler arası BIM eğitimi,
- Ürün bilgisi kitaplıkları,
- İş süreci planlanması,
- Uyumluluk ve
- Sertifikasyon konuları şeklinde sayılmaktadır.

2.1.2.3.10. Birleşik Krallık

McGraw Hill Construction tarafından 2014 yılında yayınlanan rapora göre 2013 yılında Birleşik Krallık'ta BIM adaptasyonu %28 iken 2015 yılında %66'ya yükselmiştir. Bu artışın sebebinin Seviye2 BIM kullanım zorunluluğu konusunda yapılan girişimler olduğu düşünülmektedir. Yapılan başka bir çalışmaya göre ise, İngiltere'de işverenlerin

%58'inin BIM uygulamasına geçişe katılım gösterdiği, %35'inin ise BIM kullanma düşüncesine sahip olduğu ortaya çıkmıştır (Edirisinghe and London, [37]).

Birleşik Krallık Hükümeti Politikası, beş yıllık bir hükümet taahhüdü ile endüstriyi BIM adaptasyonu sürecine katılmaya teşvik etmek ve 2016 yılına kadar Seviye 2 BIM'i benimsetebilmek amacıyla yürürlüğe girmiştir. İstatistikler, Birleşik Krallık Hükümeti'nin projelerde BIM'i kullanma baskısının, birçok kuruluşun BIM'i ilk kez benimsemesiyle sonuçlandığını göstermektedir (Edirisinghe and London, [37]).

Eadie ve diğerlerinin [47] yaptığı çalışmaya göre; Birleşik Krallık'taki dört alan dikkate alındığında, en fazla BIM kullanım yanıtına sahip bölgeler İngiltere'yi ve ardından İskoçya'yı izlemektedir. Aynı araştırmaya göre, Galler ve Kuzey İrlanda'da ise %100 BIM kullanımı sağlayan kullanıcıların olmadığı görülmüştür.

BIM kullanımındaki en büyük artış oranına bakıldığında ise %50 artış oranıyla İskoçya ve Galler ilk sırada yer alırken, ardından %41,67 artışla İngiltere ve %28,57 ile Kuzey İrlanda gelmektedir (Eadie et al., [47]). Bu durum BIM adaptasyonu konusunda Kuzey İrlanda'nın teşvik edilmesi gerektiğini göstermektedir.

Eadie ve diğerleri [47] tarafından yapılan daha ayrıntılı analizler, %100 BIM kullanımının en yüksek seviyesinin inşaat mühendisleri (%21,43) ve ardından mekanik, elektrik gibi diğer mühendislik grupları (%17,65) tarafından sağlandığını göstermiştir. En düşük seviyeler ise mimarlar (%10.00), proje yöneticileri (yüzde 7,14) ve ardından ana yükleniciler (yüzde 6,25) şeklinde sıralanmaktadır. Beş yıllık bir dönemde kullanımda en fazla artışa sahip iki disiplin ise; %53,33 artışla mimarlar ve %47,06 artışla inşaat hizmetleri mühendisleridir (Eadie et al., [47]).

Birleşik Krallık'ta BIM'in benimsenmesi konusunda mevcut durum ve sorunların farkındalığıyla ilgili yapılan çalışmalar inşaat sektöründe BIM kullanımının;

- Modellerin koordinasyonu, çakışma tespiti ve mekânsal analiz [9],
- 3D model geliştirme ve tasarlama (Eadie et al., [47]),
- Proje planlama [9, 48],
- Maliyet Analizleri [49],

- Kaynak planlama (Babič et al., [50]) gibi çeşitli amaçlarla gerçekleştiğini göstermektedir.

Bununla birlikte, literatürün yönlendirmesinin aksine BIM ile tesis yönetimi ve kaynak planlaması yapılmasının, Birleşik Krallık'ta nadiren kullanıldığı öne sürülmüştür (Eadie et al., [47]).

Seviye 2 BIM'in 2016 yılına kadar benimsenmesi hedefinin karşılanması için Eadie ve diğerlerine [47] göre geleneksel inşaatta bir paradigma değişikliğine ve işbirliğine dayalı çalışmaya yönelik güçlü bir arzuya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sebeple son durumda BIM kullanımının, 2016 yılı için koyulan hedefine yaklaşmış olmasına rağmen, öngörülen Seviye 2'de %100'e ulaşamadığı görülmektedir.

Sonuç olarak BIM kullanıcılarının bir müşteri talebi olması veya kullanımını zorunlu kılan hükümet yönergesi olması dışında, İngiltere'nin BIM'i kullanmak için yüksek motivasyona sahip olmadığı ortaya konulmuştur (Eadie et al., [47]).

2.1.2.3.11. Amerika Birleşik Devletleri

İnşaat sektöründe yaşanan gelişmeleri inceleyen ve raporlayan McGraw Hill, Construction kuruluşu; 2007, 2008 ve 2009 yıllarında Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD) BIM'in benimsenmesine dair üç rapor yürütmüştür [51, 52, 53].

Raporlar bu dönemde ABD'de BIM kullanımında %75'lik çarpıcı bir artış olduğunu ve ABD'deki uygulama seviyesinin Avrupa'dakinden (İngiltere, Fransa ve Almanya) daha yüksek olduğunu göstermektedir (Edirisinghe and London, [37]).

BIM kullanımını araştırmak üzere inşaat mühendisleri ve müteahhitlere McGraw Hill Construction [35] tarafından yapılan ankete göre ise ABD ve Kanada'da müteahhitlerin %8'inin 11 yıldan uzun süredir BIM kullandığı ortaya çıkmıştır. 2014 yılında ABD'de işverenlerin %43'ü BIM kullanımını teşvik etmiş fakat zorunlu kılmamıştır (Moreno et al., [27]). US General Services Administration (ABD Genel Hizmetler İdaresi) ise 2007 yılında tüm projelerde BIM kullanılma zorunluluğunu getirerek Amerika Birleşik Devletleri'ndeki kamu projelerinde BIM kullanımına öncülük etmiştir.

ABD'de, Ulusal BIM Politika Programı 2003 yılında tanıtılmış ve 2017'de BIM, ABD'de yetkilendirilmiştir. McGraw Hill Construction [54] raporuna göre, 2007'de yönetmelik mimari çizimler için BIM'i zorunlu kıldığında Kuzey Amerika'da sektör genelinde BIM benimsenme oranı %28 olmasına rağmen, beş yıl içinde sektörün benimsenme oranı %71'e ulaşmıştır.

2012'de ABD'de BIM'i benimsemiş %71'lik oranın içeriğine baktığımızda mimarların %70'inin, mühendislerin %67'sinin ve müteahhitlerin %74'ünün BIM uyguladığı ortaya çıkmıştır (Moreno et al., [27]). Ayrıca, Kuzey Amerika verilerinden, mimarların BIM'in benimsenmesinde önde gelen paydaş grup olduğu, ancak işverenlerin diğer paydaş gruplarına kıyasla BIM'in benimsenmesinde nispeten geride kaldığı ortaya çıkmıştır (Edirisinghe and London, [37]).

Mimarların BIM'i hızlı bir şekilde benimsemesinde mevzuatın önemli bir etkisinin olması dikkat çekici olmaktadır. Özetle; BIM'in yerleşik olduğu bir ülke olarak ABD, ulusal yönetimin ve kurumsal çerçevenin BIM'in benimsenmesini ne kadar etkilediğini ispatlamaktadır (Edirisinghe and London, [37]).

BIM adaptasyonuna dair yapılan çalışmalara bakıldığında, araştırmaların çoğunlukla yapı sektörü genelinde kaldığı ve mimarlar özelinde yapılan çalışmaların sınırlı olduğu görülmüştür. İnşaat mühendisleri özelinde yapılan çalışmalar ise mimarlara nispeten daha fazla olsa da yeterli sayı ve içerikte değildir. Oysa her disiplinin geçiş sürecinde karşılaştığı engeller farklılık gösterebileceği için, adaptasyonun sektör özelinde de incelenmesi önem taşımaktadır.

2.1.2.4. Global ölçekte BIM ile gelen yeni iş tanımları

Yapı Bilgi Modelleme ile birlikte yapı ve inşaat sektöründe paradigma değişimi olarak da kabul edilen dönüşüm, beraberinde yeni iş tanımları, yeni görevler ve bu görevleri yerine getirecek yeni ekip üyeleri ihtiyacı doğurmuştur. Literatüre bakıldığında BIM ile gelen iş tanımları bütünde “BIM Uzmanları” olarak tanımlanmıştır.

Tablo 2.5. BIM ile gelen yeni iş tanımları

BIM İLE GELEN YENİ İŞ TANIMLARI
BIM Modelleyici (BIM Modeller)
BIM Analisti (BIM Analyst)
BIM Uygulama ve Yazılım Geliştirici (BIM Application Developer or BIM Software Developer)
Modelleme Uzmanı (Modelling Specialist)
BIM Kolaylaştırıcı (BIM Facilitator)
BIM Uzmanı (BIM Specialist)
BIM Danışmanı (BIM Consultant)
BIM Araştırmacısı (BIM Researcher)
BIM Eğitimcisi (BIM Educators)
BIM Yöneticisi (BIM Manager)

2.1.2.4.1. BIM Modelleyici

BIM Modelleyici, model oluşturan, geliştiren ve 2D modeller ile BIM modelleri arasında veri akışını sağlayan kişidir. BIM Modelleyici’lerin her zaman CAD uzmanı olma zorunluluğu olmadığı gibi uzun süre CAD kullanan uzmanların BIM’e karşı gösterdiği dirençten dolayı CAD uzmanlarının genellikle BIM Modelleyici olmadığı görülmüştür (Barison and Santos, [55]).

2.1.2.4.2. BIM Analisti

Tasarım firmalarında aynı zamanda Tasarım Danışmanı olarak da çalışabilen BIM Analisti; bina performans analizi, dolaşım ve güvenlik analizi gibi analizler ve simülasyonlar yapmaktadır (Barison and Santos, [55]).

2.1.2.4.3. BIM Uygulama ve Yazılım Geliştirici

BIM Uygulama ve Yazılım Geliştirici’leri, BIM sürecini destekleyen yazılımları geliştiren ve özelleştiren uzmanlardır (Barison and Santos, [55]). Uygulamanın teknik hatalarının giderilmesi için çalışmaktadırlar. Özetle, BIM Uygulama ve Yazılım Geliştirici’leri, programın teknik yeterlilikleri konusunda çalışmalar yapan, yeni eklentiler geliştiren kişilerdir ve BIM’e geçişteki teknoloji kaynaklı bariyerlerin çözülmesinde kilit rol oynamaktadırlar.

2.1.2.4.4. Modelleme Uzmanı

IFC veri yapısına ve modelleme kavramlarına aşina olan Modelleme Uzmanı, modeller arası veri akışını koordine etmektedir (Weise et al., [56]). Ayrıca bu uzmanlar haritalamadan ve veri koordinasyonundan da sorumludur. Her firmanın paylaşım yaptığı verinin bütünlüğünü ve güvenliğini sağlamak için nitelikli Modelleme Uzmanı'na sahip olması önem taşımaktadır.

2.1.2.4.5. BIM Kolaylaştırıcı

BIM Kolaylaştırıcı'nın iş tanımı, henüz BIM işletiminde yetkin olmayan diğer profesyonellere yazılım ve model bilgilerini görselleştirme konusunda yardımcı olmaktadır [4]. BIM Kolaylaştırıcı; tesis yöneticisi, işveren ve proje yöneticilerinin proje hakkında bilgi edinerek projeyi takip edebilmelerine yardımcı olmakta, BIM kullanıcıları ile diğer paydaşlar arasında bağlayıcı görevi yapmaktadır.

2.1.2.4.6. BIM Danışmanı

BIM Danışmanı, BIM'i benimsemiş ya da benimseyecek olan şirketlere proje ekibinin bir parçası olarak rehberlik eden uzman kişilerdir [57]. Proje hazırlık aşamasında ve proje sürecinde şirketi ve ekip üyelerini destekleyerek yardımcı olan BIM Danışmanı üç gruba ayrılmaktadır.

Bu danışmanlar;

- Stratejik Danışman,
- Fonksiyonel Danışman ve
- Operasyonel Danışman şeklinde sayılmaktadır (Barison and Santos, [55]).

2.1.2.4.7. BIM Araştırmacısı

BIM Araştırmacısı üniversitelerde, araştırma enstitülerinde ve devlet kurumlarında çalışan BIM konusunda uzman kişidir. BIM üzerine araştırma ve geliştirme çalışmaları yürüterek sektörün öncüsü olmaktadır. BIM Araştırmacısı; sektöre, topluma ve çevreye fayda sağlayacak yeni bilgilerin oluşturulması vizyonu ile hareket etmelidir.

2.1.2.4.8. BIM Eğitimcisi

Sektöre bakıldığında, BIM Araştırmacısı olan kişilerin birçoğunun BIM Eğitimcisi olarak da görev yaptığı görülmektedir. BIM Eğitimcisi, BIM konusunda eğitim kurumlarına ve şirketlere eğitim vererek BIM dönüşümünü temelden destekleyen kişidir (Barison and Santos, [55]). Okulda CAD eğitimiyle birlikte BIM eğitimi de alan ğrenciler BIM dönüşümünün hızlandırıcısı olarak sektörde yerlerini almaktadır.

2.1.2.4.9. BIM Yöneticisi

BIM Yöneticisi, BIM sürecinin uygulanmasından ve modelin üretimi ile kullanımının sürdürülmesinden sorumlu olan kişidir (Barison and Santos, [55]). BIM Yöneticisi şirket içerisinde ekibin koordinasyonundan da sorumlu olarak çalışmaktadır. Bu kişiler; BIM hedeflerini, proje kaynaklarını ve mevcudiyeti inceleyerek işverenlerin talep ve isteklerine yönelik bir plan geliştirir [4]. BIM Yöneticisi çeşitli tasarım şablonlarının hazırlanmasından ve modelin koordine edilmesinden sorumludur. Ancak en önemli işlevi takıma rehberlik etmektir. Sayılan iş kalemleri ve görev tanımlarına baktığımızda, özellikle BIM Danışmanı ve BIM Yöneticisi'nin BIM'e geçiş sürecinde önemli bir role sahip olduğu görülmektedir.

BIM ile gelen iş tanımları ve BIM uzmanları ihtiyacı doğrultusunda ekip üyelerinin tanım ve görevlerinin netleştirilmesi önem taşımaktadır. Tasarım ve mimarlık okullarında bu iş kalemlerinin piyasadaki açığını kapatmaya yönelik müfredat değişikliğine gidilmesinin önem taşıdığı görülmektedir.

Yeni iş kalemleri ekip yeleri tarafından yalnızca program bilgisinin değil, farklı yetkinliklerin de edinilmesi gerektiğini açıkça ortaya koymaktadır. Bu sebeple Türkiye'deki inşaat ve mimarlık firmalarının mevcut durumunun değerlendirilmesi yapılırken belirtilen iş tanımlarının pratikte yer bulma durumunun ve yeterliliklerinin de incelenmesi önem taşımaktadır.

2.1.2.5. BIM ile yaşanan dönüşümde inşaat firmalarının durumu

Ulusal Yapı Bilimleri Enstitüsü'ne [58] göre BIM; bir binanın tasarım, inşaat, işletim ve bakım gibi yaşam döngüsünün farklı aşamalarında kullanılmak üzere veri üretimi

sağlayan, işbirliğine dayalı bir metodoloji olarak tanımlanmaktadır. Bu metodoloji dünya üzerinde 2007'den beri istikrarlı bir artış göstermektedir.

Moreno ve diğerlerine [27] göre, projelerde BIM uygulanması; proje yöneticisi, şantiye şefi, mimar ve işverenlerin BIM kullanma isteğinden etkilenmektedir. Bu durum bize, BIM'e geçiş sürecinin kullanıcı kaynaklı sosyal faktörlerden etkilendiğini göstermektedir. Proje sürecindeki paydaşların BIM kullanımına dair tutumları ve birlikte çalışabilirlik için gösterdikleri bireysel çaba ve sahip oldukları yetkinlikler göz ardı edilemeyecek kadar önemlidir. Bunun yanı sıra, yapılan araştırmalar proje boyutu ve proje türünün de BIM'e dayalı işbirliği sürecini etkilediğini göstermiştir (Miettinen and Paavola, [59]). Ayrıca BIM kullanımı tüm katılımcıları ortak bir çabaya teşvik etmeyi ve geleneksel yaklaşıma oranla daha etkili ve organize bir şekilde fikir ve bilgi paylaşımı yapmayı gerektirmektedir (Miettinen and Paavola, [59]).

BIM ile yaşanan dönüşümde inşaat firmalarının ve özellikle müteahhit ve mühendislerin de en az mimarlar kadar önemli bir rolü bulunmaktadır. Bu durumun en önemli sebeplerinden biri, yapının inşaat aşamasında yaşanan sorunların geri dönüşünün hem zor hem de çok zahmetli olmasıdır. Oysa BIM; yapı daha inşa edilmeden sanal olarak yaratılmasına olanak sağlamaktadır. Bu durum inşaat mühendisi ve yüklenicilerin bütün sorunları şantiyede daha tek bir çivi çakmadan görüp çözebilmesine imkân sunmaktadır.

Bunun yanı sıra BIM ortaya koyduğu metraj ve maliyet analizleri ile gerçeğe en yakın hesaplamaları sunduğu ve maddi kayıpları en aza indirdiği için inşaat mühendisi ve yüklenicilerin tercih sebebi olmuştur. İnşaat mühendisleri genellikle, projede tasarım hatalarının keşfedilmesi ve yapının taşıyıcı sistemi ile tesisat sistemleri arasındaki uyumluluğun koordine edilmesi için BIM kullanmaktadır. Bu sayede yapı sistemlerinin çakışma kontrolü inşaata başlanmadan önce hızlıca tespit edilerek çözüme ulaştırılmış olmaktadır. Erken çözüm sağlanması, ciddi emek ve zaman kazancının yanı sıra yükleniciler için maddi kazançları da beraberinde getirmektedir [6]. Çünkü maliyet doğru hesaplandığı durumda, yüklenici kendisini buna uygun olarak hazırlayacağından şantiyede işlerin ilerleyişi de aksamayacaktır.

Ek olarak, inşaat aşamasında sürecin etkin planlanmasını sağlayan BIM, gerçekçi iş planları oluşturulup uygulanmasını desteklemektedir. Planlama yapılırken, inşaat sürecinin BIM ile üç boyutlu olarak tasarlanması, süreç kontrolünü de beraberinde getirmektedir.

İnşaat mühendislerinin BIM'i tercih etmesi üzerindeki bir diğer önemli etken ise bu sistemin, bina bileşenlerinin tasarlandıktan sonra saha dışında fabrikasyonunu kolaylaştırmasıdır (Eastman et al., [26]). Doğruluğu model üzerinde ispatlanmış parçaların seri üretimi şantiyenin de yükünü ciddi oranda azaltmaktadır.

BIM'in iPad gibi taşınabilir teknolojiler ile uyumlu çalışıyor olması ciddi bir dönüşüm öngörmektedir (Shen and Jiang, [60]). Arşivlendiği zaman ciddi yer kaybı oluşturan proje çıktıları çoğu zaman şantiyelerde bir kenara bırakılmakta ve sahadaki imalatların proje ile uyumlanmasında sorun yaşanmaktadır. Ayrıca projelerin imalat yerinde mühendisler tarafından incelenmesi konusunda zaman kaybı yaratmaktadır. Fakat BIM'in desteklediği teknolojiler sayesinde, mühendisler akıllı cihazları ile sahayı dolaşarak hatalı ve yanlış üretimleri hızlı bir şekilde tespit edip müdahale edebilir konuma gelmiştir. Bunun yanı sıra bu mobil cihazlar, inşaat sürecinde paydaşlar arasında iletişimi önemli ölçüde etkilemiştir (Shen and Jiang, [60]).

2.1.2.6. BIM ile yaşanan dönüşümde mimarlık firmalarının durumu

BIM, mimarların proje ve dokümanlardaki hataları ve eksiklikleri en aza indirmesine, revizyonları azaltmasına ve tasarım süresini kısalmasına yardımcı olmaktadır [6]. BIM kütüphaneleri sayesinde mimarlar, imalat detayları ve tefrişler gibi çizimleri otomatikleştirerek yapının konsept tasarımına daha uzun vakit ayırabilmekte ve bu sayede daha çok verim sağlayarak daha az risk almış sayılmaktadır (Moreno et al., [27]).

BIM kullanımının mimarlar tarafından tercih edilmesinin arkasındaki en önemli etkenlerden biri de; BIM'in yapının daha analiz aşamasındayken mimarın sürdürülebilirlik verilerine ulaşmasını sağlayarak tasarımı desteklemesidir. Yapılan çalışmalar inşaat sektörünün genel algısının, BIM'in taraflar arasında işbirliğini teşvik ettiği için sürdürülebilir tasarım yapma yolunda ideal bir araç olduğunu göstermektedir (Bynum et al., [61]).

BIM araçlarının, tasarımı diğer modelleme araçlarına göre gerçeğe daha yakın olarak görselleştirme özelliği; proje sürecinde katılımcılar arasında iletişimi basitleştirip kolaylaştırarak (Arayıcı et al., [62]) paydaşlar arasında işbirliğini desteklemektedir.

Bina tasarımında BIM'in kabul edilen avantajlarına rağmen, BIM ile üretilen proje deneyimi eksikliği, BIM konusunda destekleyici eğitim ve öğretim eksikliği ve donanım-yazılım kaynaklarının eksikliği gibi engeller nedeniyle BIM'in endüstride benimsenmesi yavaş olmaktadır (Lee et al., [63]).

BIM adaptasyonunu incelemek amacıyla BIM kullanıcıları ile anket çalışması yapan Yan ve Damian'a [64] göre, BIM kullanan mimarlık firmaları, üstlenilen proje BIM kullanımıyla kolaylaştığı ve organizasyonları BIM'e hazır olduğu sürece iyi performans göstermektedir. BIM'in mimarlık firmaları tarafından tamamen benimsenmesi zaman alsa da BIM kullanımının işbirliğini geliştirmesi, sektördeki parçalanmayı azaltması, proje maliyet süresini azaltması ve daha iyi bilgi erişimi sağlaması beklenmektedir (Tulubas Gokuç et al., [65]).

Mimarlık firmalarında BIM'in benimsenme durumuna ve firma performansına etki eden çeşitli faktörler bulunmaktadır. Tulubas Gokuç ve diğerleri [65] tarafından ortaya koyulan ve üç model altında incelenen bu faktörler;

- Tasarım Görevi ve BIM Teknolojisi Uyum Modeli
- Kurumsal Yeterlilik ve BIM Teknolojisi Uyum Modeli
- Tasarımcı Yeterliliği ve BIM Teknolojisi Uyum Modeli şeklindedir.

Verilen faktörler doğrultusunda ABD'deki mimarlık firmaları üzerinde Tulubas Gokuç ve diğerleri [65] tarafından yapılan, firmaların performansını ve BIM adaptasyonunu ölçen istatistik çalışmasına göre sonuçlar aşağıdaki gibidir;

- Tasarım görevleri ile BIM teknolojisi arasındaki uyumun proje kalitesini, maliyetini ve proje süresini olumlu yönde etkileyebileceğini ortaya çıkıştır. Araştırma; 3D görselleştirme, tasarım üretkenliği ve iletişim konularının BIM tarafından karşılanan en önemli ihtiyaçlar olduğunu desteklemektedir.

- BIM teknolojisi ile kurumsal yeterlilik arasındaki uyuma dair bulgular, mimarlık firmalarının BIM'in faydalarının farkında olduklarını ve BIM kullanımını ilerletmek için gerekli donanım, yazılım, teknik yetenek, eğitim ve bağlılığı sağladıklarını göstermektedir.
- Tasarımcı yeterliliği ile BIM teknolojisi arasındaki uyuma bakıldığında ise, sektörde BIM kullanıcılarının artıyor olmasının firma performansı üzerinde ciddi bir etkisi olmadığı ortaya çıkmıştır.

Bu araştırmanın aksine, literatürde bulunan ve içerisinde Türkiye'nin de yer aldığı dünya genelinde yapılan diğer araştırmalar, BIM teknolojisi ile tasarımcı yeterliliği arasındaki uyumun önemli olduğunu vurgulamaktadır. ABD'de yapılan çalışmanın farklı sonuç vermesi bu noktada ülkelerin BIM adaptasyon durumları üzerinden karşılaştırma ve yorum yapmayı gerektirmektedir.

Literatüre göre, BIM adaptasyon seviyesi en yüksek çıkan ABD'de tasarımcı yeterliliği ile BIM teknolojisi arasındaki uyuma dair negatif bir sonuç çıkıyor olması, ABD dışındaki diğer ülkelerin de BIM adaptasyon seviyesi yükseldikçe tasarımcı ile teknoloji arasındaki uyum konusunda benzer bir sonucun ortaya çıkacağını işaret edebilir.

2.1.3. BIM ile Türkiye'de yaşanan dönüşüm

Dünya çapında yapılan BIM adaptasyonu çalışmalarına bakıldığında, devlet kurumlarının öncü rol oynamasının önemi ve etkisi görülmüştür. Ülkelerin kurumsal düzeyde bir BIM standardı oluşturması ve bu konuda etkili bir yönetmelik hazırlaması firmaların BIM'e geçişini kolaylaştırmaktadır. Bunun yanı sıra Dünya'da BIM'le üretilerek teslim edilen projelerin bir zorunluluk haline gelmesi, sektörün adaptasyon sürecini hızlandırmıştır.

Türkiye'de yapılan araştırmalara bakıldığında diğer ülkelerde gelişen bu durumun aksine, BIM'e geçiş sürecine öncülük eden tarafın devlet değil, özel kurum ve firmalar olduğu görülmüştür. Türkiye'de devlet kurumları tarafından bir yaptırım uygulanmıyor olması ve adaptasyonun mimarlık ofislerinin öncülüğünde ilerliyor olması süreci

yavaşlatmaktadır (Kumkale Açıkgöz vd., [66]). Ayrıca kamu projeleri ihalelerinde, projenin BIM ile hazırlanma zorunluluğunun getirilmemesi ve hâlihazırda Türkiye'nin BIM uygulama planının olmaması durumu süreci aksatmaktadır (Kumkale Açıkgöz ve Çetin, [67]).

Türkiye'de BIM adaptasyonu sağlayan firmalar bu konuda standardın olmaması sebebiyle; proje sürecinde kendi deneyimleri doğrultusunda ilerleme seçeneği ile farklı ülkelerin standartlarını kendilerine adapte ederek ilerleme seçeneğinden birini seçmek zorunda kalmaktadır (Pekeriçli et al., [68]).

Bu konuda yaşanan eksikliklere dair; Türkiye Cumhuriyeti Kalkınma Bakanlığı tarafından hazırlanan, 2014-2018 yıllarını kapsayan ve 2023 yılına dair genel hedefleri de içeren 10. Kalkınma Planı'nın İnşaat, Mühendislik, Mimarlık, Teknik Müşavirlik ve Müteahhitlik Hizmetleri Özel İhtisas Komisyonu Raporu'nda [69]; BIM adaptasyonuna dair hedefler yer almaktadır. Bu hedefler raporun 3. maddesinin 3.1.2 (s. 50) ve 3.2.2 (s. 62) alt başlıklarında belirtilmiştir.

Rapora göre belirtilen hedefler;

"Bina Bilgi Modellemesi (BIM) kullanımı ile yönetim süreçleri desteklenecektir."

"BIM'in tasarım, yapım ve işletme süreçlerinde verimli olarak kullanılması için inovatif çözüm, yaklaşım ve araçlar geliştirilmesi ise diğer bir kritik başlık olacaktır." şeklindedir.

Bu durumun aksine; Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Bakanlığı tarafından hazırlanan 11. Kalkınma Planı'nda [70] inşaat sektörünün dönüşümüne yönelik 2019-2023 yıllarına dair belirlenen hedefler arasında BIM adaptasyonuna dair herhangi bir hedef yer almamaktadır.

Yapılan araştırmalar Türkiye'de BIM'in getirdiği bütünleşik tasarım, işbirlikli çalışma gibi dönüştürücü kavramların tasarım ve uygulama süreçlerinde henüz tam karşılıklarını bulamamış olduklarını göstermektedir (Kumkale Açıkgöz vd., [66]). Bu tez kapsamında BIM ile işbirlikli çalışma kavramının mimarlık ve inşaat firmalarında önemi

ve durumu göz önüne serilerek sektörde yer alan bu açığın ortaya çıkarılması amaçlanmaktadır.

2.1.3.1. BIM ile Türkiye’de yaşanan dönüşümde mimarlık ve inşaat

firmalarının durumu

Türkiye’de mimarlık pratiğinin BIM ile yaşadığı dönüşüme detaylı bakıldığında BIM adaptasyonunu ölçen çeşitli çalışmalar yapıldığı görülmüştür. Mimarlık pratiğinin dönüşümü Succar’ın [32] çizdiği BIM Adaptasyonu Seviyeleri Çerçevesi (Detaylar için Bkz. Bölüm 3.1.) doğrultusunda incelendiğinde, mimarlık ofislerinin sektörde öncü bir rol oynadığı tespit edilmiştir (Kumkale Açıkgöz vd., [66]).

Yapılan çalışmalara bakıldığında mimarlık pratiğindeki proje ofisleri, mühendislik grupları ve şantiye arasındaki ilişkilerin gelişerek ilerlediği, fakat devlet kurumlarının BIM sürecine adapte olamama durumlarının bütünleşik proje teslimi aşamasına ulaşamamasının esas sebeplerinden birini oluşturduğu görülmektedir (Kumkale Açıkgöz ve Çetin, [67]). BIM projelerinin CAD tabanlı programlar aracılığı ile teslim edilmesinin istenmesi ve paydaşlar arasında iletişim ve işbirliği kaynaklı sorunlar yaşanması güncel sorunlar arasında yer almaktadır.

Türkiye’de BIM adaptasyonu konusundaki mevcut duruma bakıldığında mimarlık ofislerinin büyük bir oranının BIM’i genellikle 3D modelleme aracı olarak kullandığı ve CAD tabanlı yazılımlardan ayıramadığı (Kumkale Açıkgöz vd., [66]) görülmekle birlikte İstanbul Havalimanı projesi örneğinde olduğu gibi, bütünleşik proje teslimi aşamasına taşıyabildiği de görülmüştür. Ayrıca inşaat sektöründeki paydaşların sık paylaştığı sorunlardan birinin de BIM nesnesi eksikliği olduğu ortaya koyulmuştur.

2.1.3.2. BIM ile Türkiye’de yaşanan dönüşümde destekleyici oluşumlar

Türkiye’de BIM adaptasyonu ve farkındalığı sağlanmasına dair kurulan gönüllü oluşumlar, sürecin gelişmesine katkı sağlamaktadır. Bunlar; Bimfili, BIMgenius, BIM4TURKEY, BIMteknoloji, BIM Excellence şeklinde sayılabilmektedir. Bahsedilen oluşumlar inşaat endüstrisinin BIM konusundaki gelişimini takip ederek güncel tartışmalar

oluşturmakta ve sektör gelişimine öncülük etmektedir. Bu oluşumların hızlı yayılımı sektörde BIM konusundaki ilginin açık kanıtlarından biridir.

2.1.3.2.1. Bimfili

BIM konusunda Türkiye'de düzenli buluşma ve etkinlikler planlayarak farkındalık oluşturmayı hedefleyen bu oluşum sektördeki farklı disiplinlerde yer alan uzmanların liderlik ettiği gönüllü bir kuruluştur. Düzenli aralıklarla etkinlikler hazırlayarak kullanıcıları bir araya getirmektedir. Öğrencilerin ve sektör çalışanlarının bulunduğu bu toplantılar akademi ile endüstri arasındaki bağlantıyı da güçlendirmektedir. Ayrıca bu oluşum, canlı etkinliklere katılamayanlar için sosyal medya üzerinden çalışmalarının tamamını paylaşarak bir bilgi birikimi de sağlamaktadır.

2.1.3.2.2. BIMgenius

2017 yılından beri çalışmalarını yürüten BIMgenius platformu yapı sektöründe BIM gibi yeni teknolojiler ile sektörde yer alan profesyonelleri bir araya getirmeyi amaçlamaktadır. Bu birliktelikte, disiplinler arası bir tartışma ortamı oluşturularak günümüzün ve geleceğin yapı sektörü problemlerine çözüm aranmaktadır.

2.1.3.2.3. BIM4TURKEY

BIM4TURKEY, Türkiye'de BIM'in inşaat sektörüne, kamu kurumlarına ve eğitim sistemine adapte edilmesini kolaylaştırmayı amaçlamaktadır. Tüm sektör paydaşları ile açık iletişim ve işbirliği ortamı kurarak, bu süreci desteklemeye çalışmaktadır. Türk yapı sektöründe BIM konusunda standartlar oluşturulması ve yol haritaları hazırlanması konusunda çalışmalar yürütmektedir.

BIM4TURKEY'nin düzenlediği etkinlikler;

- BIM4TURKEY Zirve Etkinliği
- BIM Günleri
- BIM Kahve Sohbetleri
- BIM WEBINAR şeklinde sayılabilmektedir.

2.1.3.2.4. BIMteknoloji

BIMteknoloji, BIM konusunda ülkemizde ve dünyada yaşanan gelişmeleri izleyerek katılımcılarına duyuran, alanında uzman kişilerin görüşlerini, teknik ve pratik bilgileri sunan bir platformdur. Sektördeki güncel BIM etkinliklerinin takibini yaparak çevrimiçi şekilde takipçileri ile paylaşmaktadır.

2.1.3.2.5. BIM Excellence

BIMe Girişimi bünyesinde yer alan BIM Excellence topluluğu, Türkiye’de BIM gelişimini desteklemek adına akademisyenlerle bir araya gelerek işbirliği süreci yürütmektedir. Bu işbirliğinin önemli çıktılarından biri Türkçe-İngilizce olarak hazırlanan BIM Terimleri Sözlüğü’dür.

BIM’le ilgili terim, kısaltma ve tanımların yer aldığı bu kaynak üç ciltten oluşmaktadır. Sözlük herkesin erişimine açık şekilde internet üzerinden paylaşılmaktadır. Ayrıca bu kaynağın basılı hali akademisyenlere ve sektörde yer alan profesyonellere ücretsiz olarak dağıtılmaktadır. Bu sözlük serisinin en önemli katkısı, BIM’e geçiş sürecinde karşılaşılan durum ve süreçlerin her kullanıcı tarafından aynı terimlerle aktarılmasını sağlamak ve ortak bir bilgi birikimi oluşmasına imkân vermektir.

3. BIM İLE YAŞANAN BÜTÜNLEŞİK PROJE TESLİMİ SÜRECİNDE İŞBİRLİKLİ ÇALIŞMA

BIM, inşaat tedarik zinciri boyunca işbirliği sorunlarının en etkili çözüm aracı olarak tanıtılmaktadır [18]. Ashcraft [19], Dossick ve Neff [20] gibi birçok araştırmacı tarafından BIM'in, işbirlikli çalışma süreçlerini iyileştirmek için yüksek potansiyele sahip olduğu tartışılmaktadır. Bununla birlikte, yaygın olarak yapılan bu varsayımın aksine, örnekler üzerine yapılan daha detaylı çalışmalarda; BIM ile devam eden proje süreçlerinin ekip üyeleri kaynaklı çeşitli işbirliği sorunlarıyla karşılaştığı görülmektedir [71, 21, 22].

BIM'in gerçek potansiyelini ortaya koyabilmek için BIM'i anlamak ve proje içerisinde yaşanan problemleri açığa çıkarabilmek önemlidir. Bu noktadan baktığımızda, BIM'in yalnızca bir yazılım değil aynı zamanda bir süreç olduğu savunulmaktadır [6]. BIM'in sunduğu bu süreç, Succar [32] tarafından Bütünleşik Proje Teslimi (BPT) süreci olarak adlandırılmaktadır.

3.1. Bütünleşik Proje Teslimi Süreci

Bütünleşik proje teslimi; insanları, sistemleri, proje çıktılarını, iş yapılarını ve uygulamalarını optimize eden, proje maliyetlerini azaltan ve tüm katılımcıların yetkinliklerinin işbirliği sürecine bütünleştirilmesini sağlayan bir proje teslim yaklaşımıdır [32]. BPT'de işveren, tasarımcı ve yükleniciler üretim sürecini; projenin tasarım, yapım ve işletme aşamalarında işbirliği içerisinde yürütmektedir.

Succar [32] tarafından tanımlanarak sınırlandırılan BPT sürecinde, BIM adaptasyonuna geçişte beş olgunlaşma aşaması bulunmaktadır. Bu aşamalar Tablo 3.1.'de gösterildiği gibi; BIM öncesi, 3D modelleme, işbirlikli çalışma, tam entegrasyon ve BPT aşamaları olarak sıralanmaktadır.

BIM ile yaşanan bu dönüşümde üçüncü basamakta yer alan işbirlikli çalışma; BIM'i bir modelleme aracından bütünleşik proje üretim ve yönetim aracına dönüştüren kilit bir rol oynamaktadır.

Tablo 3.1. BIM olgunluk aşamaları (Succar [32]'dan değiştirilerek)

2D/ 3D Çizimler	Nesne Tabanlı Modelleme	Model Tabanlı Modelleme	Ağ Tabanlı	Uzun vadeli hedef
BIM Öncesi	3D Modelleme	İşbirlikli Çalışma	Tam Entegrasyon	Bütünleşik Proje Teslimi (BPT)

BPT'nin inşaat sürecinde sağladığı faydalara bakıldığında; projelerin tasarımı, yapımı ve bakımını kolaylaştırarak özellikle büyük ölçekli inşaat projelerindeki artan karmaşıklığı yönetebildiği görülmektedir (Graffarianhoseini et al., [72]).

BPT'nin inşaat sürecinde sunduğu faydalara ulaşabilmek için, bu proje teslim yönteminin yatayda ve dikeyde farklı entegrasyonlar gerektiren bir süreç olduğunu dikkate almak önem taşımaktadır. Succar ve Kassem [73] tarafından hazırlanan ve dokuz bölümden oluşan BIM Difüzyon Analizi Çerçevesi'nde iki boyutlu bu girdiler; BIM alan türleri (teknoloji, süreç ve politika) ile BIM yetenek aşamalarının (modelleme, işbirliği ve entegrasyon) kesişimi şeklinde ifade edilmiştir.

İşbirliği sürecinin çok katmanlı yapısını anlayabilmek için Tablo 3.2.'de gösterilen bu aşamaların her birinin incelenmesi ve ekip içerisine adapte edilmesi büyük önem taşımaktadır.

Tablo 3.2. BIM Difüzyon Analizi Çerçevesi (Succar ve Kassem [73]'den değiştirilerek)

	Teknoloji	Süreç	Politika
	Entegrasyon Teknolojileri	Entegrasyon Süreçleri	Entegrasyon Politikaları
Entegrasyon	Ağ tabanlı paylaşım çözümlerinin benimsenme oranı ve farklı sistemler arasındaki ağ tabanlı entegrasyonun yayılma hızı	Tüm proje yaşam döngüsü aşamalarında disiplinler arası iş akışlarının yaygınlaşma oranı	Standartların, protokollerin ve sözleşmeye dayalı anlaşmaların benimsenme oranı ve disiplinler arası eğitim programlarının yaygınlaşma oranı

	İşbirliği Teknolojileri	İşbirliği Süreçleri	İşbirliği Politikaları
İşbirliği	Ekip içerisinde model paylaşım yazılımlarının (Navisworks vb.) benimsenme oranı	İşbirliği merkezli yeni iş modellerinin ve iş tanımlarının (BIM yöneticisi vb.) benimsenme oranı ve disiplinler arası model tabanlı iş akışlarının yayılma hızı	Ekip içerisinde işbirliği protokollerinin kabulü ve işbirliği merkezli sözleşmeler ile eğitim programlarının yaygınlaşma oranı
Modelleme	Modelleme Teknolojileri	Modelleme Süreçleri	Modelleme Politikaları
	Ekip içerisinde BIM yazılım araçlarının (Revit, ArchiCAD vb.) kabulü ve gerekli donanım ile ağ gereksinimlerinin sağlanması	Ekip içerisinde BIM rollerinin (Model yöneticisi, BIM eğitmeni vb.) ve model tabanlı iş akışlarının benimsenme oranı	Ekip içerisinde modelleme standartlarının (paylaşılan parametreler, detay seviyesi vb.) ve dosya alışveriş protokollerinin benimsenmesi

Bu tabloya göre, ilk boyut olan modelleme aşamasında, ekibin benimsemesi gereken alan türleri; teknoloji, süreç ve politika olarak sıralanmaktadır. Ekip ilk aşamada; BIM araçlarını ve üyeler arasında iş akışlarını benimsemeli, BIM rollerini üyeler arasında etkin bir şekilde dağıtmalıdır. Ayrıca ekip üyeleri arasında, detay seviyelerinin ve paylaşılan parametrelerin formatları net bir şekilde kararlaştırılmalı, dosya alışveriş protokolleri oluşturulmalıdır. Bu sayede bir üst seviye olan işbirliği boyutuna eksiksiz şekilde çıkılabilir.

Son aşama olan tam entegrasyonun sağlanması için, tüm proje yaşam döngüsü süreçlerinde disiplinler arası iş akışı sağlanmış, gerekli standart ve sözleşmeler oluşturulmuş olmalı ve farklı sistemler arasındaki ağ tabanlı entegrasyon sorunsuz işliyor olmalıdır. Bu süreçte işbirlikli çalışma bağlayıcı bir rol üstlenmektedir.

3.2. İşbirlikli Çalışma

İşbirlikli çalışma araştırmacılar tarafından, projenin belirli görev ve hedeflerini tamamlama amacıyla ekip üyeleri arasında mevcut veri ve bilgi birikimi dâhil tüm kişisel yetkinliklerin paylaşılması şeklinde tanımlanmaktadır [29, 74, 75]. Benzer şekilde Ey ve diğerleri [28], inşaat projelerinde işbirliğini; ortaklığın bileşenlerinin iyileştirilmesi için insan, bilgi ve teknoloji dâhil olmak üzere ‘kaynak paylaşımı’ şeklinde nitelendirmiştir.

Yapı sektörü, etkili ekipler oluşturulması için paydaşlar arasında birlikte çalışabilirliği gerektirmektedir. Mimar, mühendis, işveren, yüklenici gibi üyeler bilgi birikimlerini ortak ürün olan yapı üzerinde bir araya getirerek proje sürecinde dosya ve veri alışverişinde bulunmaktadır.

İşbirliğini teşvik etmek, bahsedilen kaynak paylaşımı sağlamak ve işbirlikli bir takım kültürü oluşturmak, proje ekip liderlerinin etkili ekipler geliştirmesi için temel sorumlulukları arasında yer almaktadır.

İşbirliği aynı zamanda proje ekibinin performansı ile de yakından ilişkilidir. Bu sebeple proje yöneticilerinin, ekip üyelerinin işbirliğini hangi faktörlerin etkilediğini anlamaları büyük önem taşımaktadır (Caniëls et al., [76]).

Geleneksel yöntemlere bakıldığında bu faktörlerin başında, proje ve dokümanların değişimi sırasında yaşanan veri kayıpları gelmektedir. Paydaşların aynı yazılımı kullanmıyor olması, yazılımlar arasında çizim aktarımı sebebiyle bozulmalar yaşanması ve bu aktarım sırasında oluşan kullanıcı kaynaklı hatalar; proje sürecinde zaman, emek ve iş kaybı yaratmaktadır [77].

3.2.1. BIM ile işbirlikli çalışma

Yapı sektöründe oluşan işbirliği kaynaklı sorunları çözebilmek ve etkin bir işbirliği ortamı oluşturabilmek adına 1994 yılında Industry Alliance for Interoperability (Uluslararası Birlikte Çalışabilirlik Kurumu) kurulmuştur. Günümüzdeki adı BuildingSMART olarak tanınan bu kurum, Industry Foundation Classes (IFC) isminde bir veri standardı ortaya koymuştur.

Bir yapı elemanının birden çok özelliği ile tanımlanmasını sağlayan IFC veri modeli, nesne tabanlı bir standarttır [77]. Diğer yazılımlardan bağımsız olarak oluşturulmuş bir veri modeli olduğu için, kendisiyle uyumlu programlarla kolayca çalışabilmektedir. Örneğin IFC formatı; Revit, ArchiCAD, Allplan gibi BIM yazılımları ile desteklenmektedir. Bu durumun en önemli sonuçlarından biri de, IFC formatında çalışabilmek için tasarımcı şirket sahiplerinin tek bir yazılım firmasını kullanmak zorunda kalmamalarıdır.

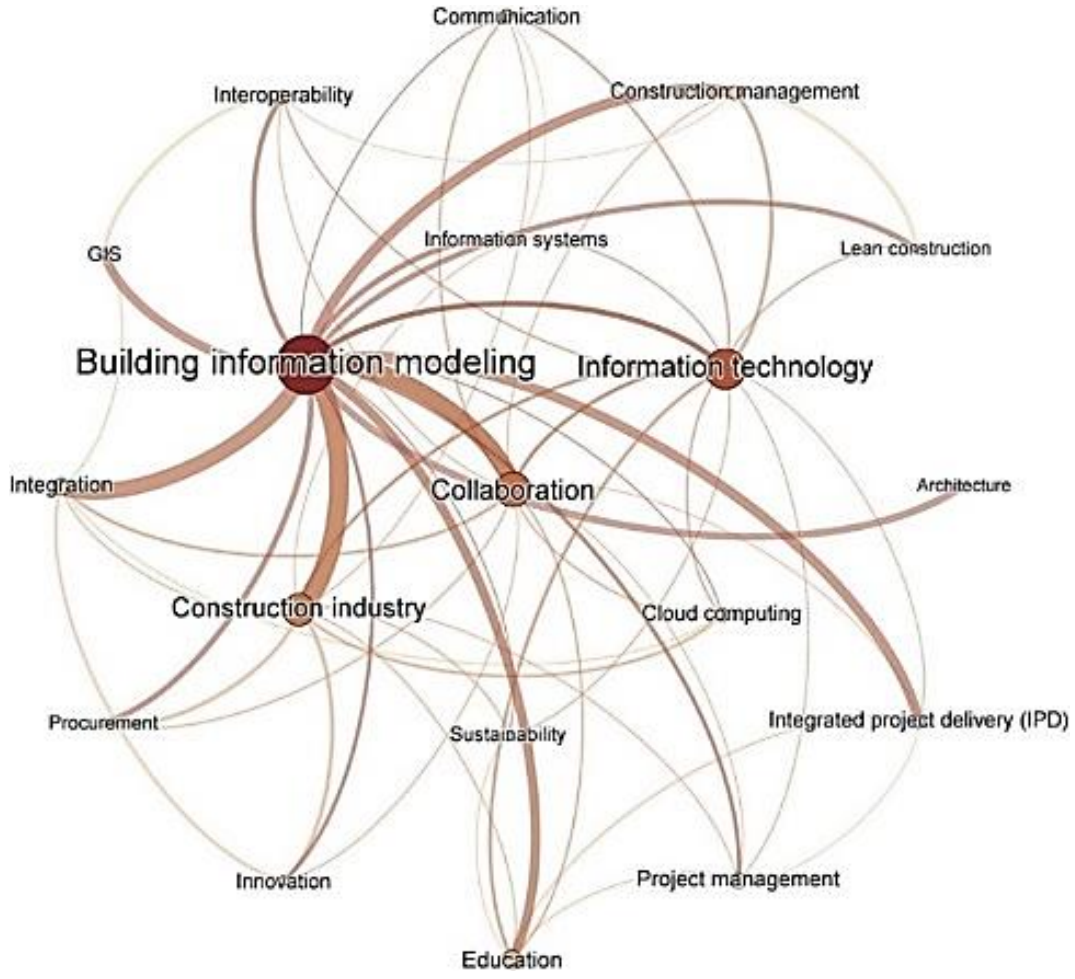
İnşaat tabanlı iş ağlarında BIM kullanımı sırasında, her disiplin modelin kendi alanı ile ilgili ve kendisine açık olan kısmında çalışmalarını sürdürmektedir. Bu sayede model kontrolü daha kolay sağlanarak işbirliği ortamı oluşturulmaktadır. IFC formatı kullanıcılar arasında birlikte çalışabilirliği destekleyerek veri ve emek kayıplarını önlemeye yardımcı olmaktadır [77].

Yapı tasarım aşamalarının, yeni düzenlemeler ve revizyonlar ile tekrar tekrar şekilleniyor olması dinamik bir süreç yaratmaktadır. Proje ilerlerken zaman zaman ertelenen ve daha sonra netleştirilmesi gereken tasarım kararları ile karşı karşıya kalınmaktadır. Bu süreç paydaşlar arasında doğal görülen bir durum olmakla birlikte zaman, emek ve maliyet kayıpları oluşmasına neden olmaktadır [78].

IFC formatının sunduğu ağ tabanlı işbirliğinin dışında, yaşanan kayıpları önleyerek, süreci destekleyen farklı faktörler de bulunmaktadır. Bu noktada BIM; düzenlenebilen ve model içerisindeki diğer elemanlar ile bağlı olan tasarım unsurları sayesinde (duvar, kolon vb. BIM objeleri) tasarım sürecinin dinamik doğasına uyum sağlayabilmekte [78]) ve işbirliği sürecini desteklemektedir.

İşbirliği ile BIM arasındaki ilişkileri sorgulamak adına, Oraee ve diğerleri [79] tarafından hazırlanan bibliyometrik çalışmanın verilerine baktığımızda (Şekil 3.1.) işbirliği (collaboration) kavramının BIM, entegrasyon (integration), bilgi teknolojileri (information systems) gibi çeşitli kavramlarla etkileştiği görülmüştür.

İşbirliği kavramı, yapılan bu araştırmaya göre en güçlü bağlantıyı BIM ile kurarken, mimarlık (architecture) kavramını BIM'e bağlayan temel bağlantının da işbirliği olduğu açıkça görülmüştür. Bu durum, BIM'le yaşanan dönüşüm sürecinde işbirliğinin kilit rol oynadığını göstermektedir.



Şekil 3.1. Oraee ve diğerleri [79]'nin bibliyometrik çalışma sonuçları

BIM'in eğitim (education) ve inşaat sektörü (construction industry) ile ilişkisini kıyasladığımızda ise, inşaat sektörünün BIM ile ilişkisinin eğitim sektörünün BIM ile ilişkisine oranla daha güçlü olduğunu anlaşılmaktadır. Şekil 3.1.'e bakıldığında BIM'in işbirliği kavramı ve inşaat sektörü ile bağlantılarının ayrı ayrı çok güçlü iken işbirliği ile inşaat sektörü arasındaki bağlantının zayıf oluşu da dikkat çekici bir unsurdur.

Sonuç olarak, bibliyometrik çalışma verilerine göre; mimarlığın BIM ile bağlantısı işbirliği kavramı üzerinden kurulmaktadır. Bu sebeple mimarlık sektöründe işbirlikli çalışmanın geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır.

3.2.2. BIM ile işbirlikli çalışmanın önündeki engeller

BIM'in işbirlikli bir çalışma ortamı oluşturmak konusundaki teknik yetenekleri BIM adaptasyonu sürecinde özellikle büyük ölçekli inşaat projeleri için önemli bir motivasyon kaynağı olmuştur (Hosseini et al., [80]). Ayrıca BIM, sağladığı olanaklar ile inşaat tedarik zincirindeki işbirliği sorunlarına nihai çözüm olarak tanıtılmaktadır (Howard et al., [18]).

BIM'e geçişte bütünsel proje teslimi aşamasına ulaşabilmek için ekip üyeleri arasında işbirliği kurulmasının önemli bir rolü olmasına karşın, bu üyeler arasında işbirlikli çalışmanın hala bir engel olduğu görülmüştür (Oraee et al., [1]). Yapılan çalışmalar BIM etkin projelerin ekip üyeleri arasında işbirlikli çalışma yapılması konusunda endemik sorunlarla karşı karşıya olduğunu göstermektedir [71, 22, 21]. Bunun yanı sıra işbirliğine dair eksiklikler, BIM destekli projeleri etkileyen ana risklerden biri olmaya devam etmektedir (Zhao et al., [23]). İşbirlikli çalışmanın öneminin anlaşılmasına ve eksiklikler olduğu görülmesine rağmen literatüre bakıldığında inşaat sektöründe ekip üyeleri arasındaki işbirlikli çalışma yapılması konusunda yapılan araştırmalar sınırlı sayıdadır.

Bahsedilen çalışmalar; insan, süreç ve teknoloji kavramlarının işbirlikli çalışma sürecini iyileştirmenin temel anahtarı olan üç unsur olduğunu göstermiştir. Bu kavramların temeline bakıldığında 1964'te Leavitt tarafından öne sürülen Altın Üçgen (Golden Triangle) modeline dayandığı görülmektedir. Bu unsurlar ilk olarak Altın Üçgen modelinde; insan, süreç ve teknoloji olarak tanımlanmıştır. Leavitt'in [24] çalışmasının devamında yapılan araştırmalar bu üçlü unsura dayanarak geliştirilmiş ve farklı disiplinlere uyarlanmıştır. Altın üçgen modeli bu üç bileşene organizasyon bileşeninin de eklenmesiyle Elmas Modeli (Diamond Model) olarak da kullanılmıştır.

İnşaat sektörü üzerine yapılan araştırmalara baktığımızda karşımıza, alanı sistematik bir şekilde inceleyen ve yapılan diğer çalışmaları bir araya getirerek özetleyen üç çalışma çıkmaktadır. Oraee ve diğerleri tarafından 2017 ve 2019 yılları arasında yapılan bu üç araştırma, mevcutta yapılan bu tez çalışmasının temelini oluşturmaktadır.

3.2.2.1. Birinci araştırma

Oraee ve diğerleri [79] tarafından 2017 yılında, BIM'in yükselişi ile başlayan on yıllık (2006-2016) periyodu araştıran detaylı bir ön çalışma yapılmıştır. Bu araştırmanın

temel hedefi, inşaat ağlarında BIM tabanlı işbirliğinin sistematik bir incelemesini sunmaktadır.

Yapılan araştırma, toplamda 12 farklı dergide yayınlanan 208 ayrı çalışmanın kapsamlı incelemesini sunmaktadır. Bu 208 adet çalışma, literatürdeki 1034 makale arasından BIM ve işbirliği kelimeleri özelinde yapılan araştırmaların toplanması ile elde edilmiştir. Devamında seçilen bu 208 makale araştırmacılar tarafından detaylı olarak okunarak incelenmiş ve konu ile ilgili olma durumlarına göre 62 araştırmaya indirilmiştir.

İnşaat ağlarında işbirliği eksikliğinin, BIM ile yürütülen projelerin başarılı bir şekilde tamamlanmasının önündeki en büyük engellerden biri olduğu [80, 81] göz önüne alındığında, Oraee ve diğerleri [79] tarafından yapılan bu çalışma ile literatürde ortaya koyulmuş olan engellerin araştırılıp bir araya getirilmesi önem taşımıştır.

İnşaat ağlarında BIM tabanlı işbirliği konusunun, 62 çalışma üzerinde incelenmesi sonucunda, işbirliği faktörleri ve literatürde çalışılma oranları,

- Teknoloji (%92)
- Etkileşim süreçleri (%63)
- Bağlam (%48)
- Takımlar (%29)
- Bireyler (%21)
- Görevler (%18) şeklinde belirlenmiştir (Oraee et al., [79]).

Bu çalışma; BIM Tabanlı İnşaat Ağları'nda (BİMİA) işbirlikli çalışmaya dair yapılan araştırmalarının genellikle teknoloji başlığı yoğunluklu olacak şekilde yapıldığını, görev, takım ve birey faktörlerin nispeten göz ardı edildiğini göstermektedir.

3.2.2.2. İkinci araştırma

Oraee ve diğerlerinin [14] aynı yıl yaptığı ve ilk çalışmanın devamı niteliğinde olan araştırmada ise elde edilen veriler sistematik bir çerçeve oluşturmak üzere bir araya getirilmiştir.

BIM tabanlı inşaat ağları, BIM etkin projelerde çeşitli disiplinlerden gelen üyelerden oluşan ekiplerdir. BIMIA'lar içinde işbirliğini teşvik etmek, inşaat yöneticileri için büyük bir öncelik olmaktadır (Oraee et al., [80]). Yapılan ilk çalışmada ortaya koyulan faktörler, aynı yazarlar tarafından güncellenen bu çalışmada, beşli pentagon şeklinde bir araç haline getirilmiştir. Bu araç, ilk makalede seçilen 62 araştırmanın nitel analizine ek olarak, literatürde yer alan 1031 araştırmanın bibliyometrik analizini de temel almaktadır. Oraee ve diğerleri [80] bu pentagonu oluştururken, özellikle Poirier ve diğerleri [82] tarafından önerilen İşbirliği Çerçevesi ile Patel ve diğerleri [25] tarafından önerilen İşbirliği Modeli'ni sentezlemiştir.

Yeni durumda BIMIA'lardaki işbirliği öncülleri;

- Bağlam
- Süreç
- Yapı
- Eser/ Beşeri Unsur
- Temsilci şeklinde ortaya koyulmaktadır.

Yapılan pentagonda beşeri unsur başlığı tanımlanacak görevlerin özelliklerini temsil ederken, temsilci; ekip üyelerinin sosyal etkileşimler konusunda performansını ifade etmektedir. Bağlam, tüm bu öncüllerin içinde bulunduğu özel ortamı yansıtırken, yapı başlığı ekiplerin ortak ilişkisel sistemi anlamına gelmektedir. Süreç başlığı ise, kaynakları ürünlere ve hizmetlere dönüştürmek için teknoloji destekleri yoluyla yapılan girişimleri içermektedir.

3.2.2.3. Üçüncü araştırma

Oraee ve diğerleri [1] tarafından 2019 yılında yapılarak son haline getirilen çalışmada ise, aynı yazarlar tarafından yapılan önceki iki çalışma ile ve Patel ve diğerlerinin [25] çalışması birleştirilmiştir (Şekil 3.2.).

BIM Tabanlı İnşaat Ağlarında İşbirliği												
Süreç			Aktör	Bağlam				Ekip			Görev	
Kaynak	Araçlar	Eğitim	Bilgi, Beceri ve Yetenekler	Kültür		Organizasyon	Çevre	İlişki	Roller	Kompozisyon	Talep	Yapı
Ortak bir veri ortamının olmaması	Teknolojik destek	İşbirliği konusunda verimsiz BIM eğitimi	Ekip üyelerinin yetersiz işbirliği bilgisi, kişisel beceri ve yetkinlikleri	Sektör genelinde işbirliği kavramının farklı anlayışları	Norm olarak parçalanmış paydaşlar	BIM modelleri ile ilgili sözleşme ve standartların eksikliği	İnşaat endüstrisinin dinamikleri ve parçalanmış doğası	Proje ekiplerinin yalıtılmış çalışma anlayışı	Yönetim ekipleri arasındaki rekabet	Destekleyici ekip yapılanması eksikliği	Doğru zamanda doğru bilgi bulunmaması	BIM görevlerinin karmaşık yapısı
BIM işbirliğine ilişkin kılavuz ve standartların eksikliği	Proje yaşam döngüsü boyunca birlikte çalışabilirlik sorunları			Ekipler arası işbirliği yapma biçimindeki farklılıklar	Ekip çalışması zihniyetinin eksikliği	Çok disiplinli takımlarda farklı organizasyon yapıları		Veri ve bilgi paylaşımına karşı direnç	Yeni rollerin (BIM Yöneticisi vb.) yeterince oluşturulmaması			
Veri sahipliği ve veri gizliliği endişeleri	İşbirliği araçlarını benimsemenin karmaşıklıkları			Çok kültürlü takımlarda kültürel çeşitlilikler	İnsan, süreç ve teknoloji arasındaki ilişkileri gözden geçirmek			Tasarımcılar ve alt tedarik zinciri arasında iş birlikli çalışma eksikliği				
				BIM ortamının dışında gerçekleşen önemli iletişim								

Şekil 3.2. BIM tabanlı inşaat ağlarında işbirliği çerçevesi (Oraee ve diğerleri [1]'nden değiştirilerek)

3.2.2.3.1. Süreç

Süreç başlığı, işbirliği için gerekli araçları, kaynakları ve profesyonel eğitimi kapsamaktadır. Sürece dair sektörde yer alan bariyerler ve tanımları Tablo 3.3.'te ifade edilmiştir.

Tablo 3.3. BIM tabanlı inşaat ağlarında süreç bariyerleri (Oraee ve diğerleri [1]'nden değiştirilerek)

Süreç		
Faktör	Bariyer	Tanımı
Araçlar	Teknolojik destek	BIM ve işbirliği araçlarındaki sorunlar, program satışı yapan firmaların reklamlarında belirttiği şekilde çözilememektedir.
	Proje yaşam döngüsü boyunca birlikte çalışabilirlik sorunları	Endüstride yaygın olan bazı araçlar IFC gibi BIM formatlarıyla uyumlu değildir.
	İşbirliği araçlarını benimsemenin karmaşıklıkları	Çok sayıda mevcut BIM aracı bulunması sebebiyle, şirketler doğru BIM aracı seçiminde zorlanarak zaman kaybı yaşamaktadır.
Kaynaklar	BIM işbirliğine ilişkin kılavuz ve standartların eksikliği	Kullanıcılara BIM'deki işbirliği süreçlerinin bilgilendirilmesine dair açık kurallar ve standartların eksikliği vardır.
	Veri sahipliği ve veri gizliliği endişeleri	Şirketlerin bulut platformlarında paylaşılacak BIM modellerinin, gizliliği ve güvenliği konusunda endişeleri bulunmaktadır.
	Ortak bir veri ortamının olmaması	Endüstrideki mevcut ortak veri ortamı platformlarının sayısı sınırlı kalmaktadır.
Eğitim	İşbirliği konusunda verimsiz BIM eğitimi	BIM ve işbirliğine dair eğitimler yeterli değildir ve sektörde yeterli bilgiye sahip olmayan mezunlar bulunmaktadır.

Süreç faktörünün içerisinde yer alan araçlar başlığı, ilgili yazılım ve teknolojileri kapsarken, bunların BIM destekli projelerde iletişim kurulması ve işbirliği yapılması için uyumluluğunu ve yeterliliğini ifade etmektedir. Sektörde araçlar konusunda yer alan bariyerlere baktığımızda, bazı yaygın araçların IFC ve BIM formatıyla uyumlu olmadığı, BIM araçlarının reklamlarda gösterilen şekilde performans göstermediği ve doğru BIM aracı seçiminde zorluklarla karşılaşıldığı ortaya konulmuştur (Oraee et al., [1]).

Proje ekipleri, işbirliği yapmak ve görevlerini gerçekleştirmek için fiziksel alan ve ekipman gibi uygun kaynaklara ihtiyaç duymaktadır. BIM standartları ve ortak bir veri ortamının olmaması durumu ile veri güvenliği konusundaki endişeler, kaynaklar konusunda yaşanan bariyerleri ifade etmektedir. Ayrıca, verilen görevleri tamamlayabilmek ve işbirliği araçlarını etkin kullanabilmek için eğitim konusundaki engellerin ortadan kaldırılması önem taşımaktadır.

3.2.2.3.2. Aktör

Aktör başlığı, BIMİA'lardaki üyelerin sosyal ve mesleki faaliyetleri açısından becerilerini ve performanslarını ifade eder. BIMİA'larda aktörlerin kişisel özellikleri ve yetkinlikleri ile işbirliği yapma becerileri büyük önem taşımaktadır (Oraee et al., [1]).

Sektörde yer alan aktör bariyerlerine baktığımızda, ekip üyelerinin yetersiz araç kullanma becerileri ve bu üyelerin BIM süreci ile işbirlikli çalışma süreçlerini anlama konusunda problemler yaşadığı görülmektedir.

Tablo 3.4. BIM tabanlı inşaat ağlarında aktör bariyerleri (Oraee ve diğerleri [1]'nden değiştirilerek)

Aktör		
Faktör	Bariyer	Tanımı
Beceriler	Ekip üyelerinin yetersiz işbirliği bilgisi, kişisel beceri ve yetkinlikleri	BİMİA'larda ekiplere katılan üyelerin BIM kavramını, sürecini ve işbirlikli çalışma gereksinimlerini anlaması konusunda eksiklikler bulunmaktadır. Ayrıca ekip üyelerinin BIM araçlarını kullanma becerileri yetersiz kalmaktadır.

3.2.2.3.3. Bağlam

Bağlam faktörü tanımlanmış diğer öncüllerin ayarlandığı belirli ortamı yansıtmaktadır. Bağlam faktörünü etkileyen üç unsur bulunmaktadır. Bu unsurlar; çevre, organizasyon ve kültürdür. İnşaat sektörünün parçalanmış doğası, BIM modelleri ile ilgili sözleşme ve standart eksikliği, kültürel farklılıklar ve farklı iletişim kanallarının kullanılması gibi konular bağlam faktörü altında incelenmektedir.

Tablo 3.5. BIM tabanlı inşaat ağlarında bağlam bariyerleri (Oraee ve diğerleri [1]’nden değiştirilerek)

Bağlam		
Faktör	Bariyer	Tanımı
Çevre	İnşaat endüstrisinin dinamikleri ve parçalanmış doğası	Şirketleri ve tedarik zinciri bileşenlerini içeren inşaat endüstrisi, genellikle farklı yerlerde, şehirlerde ve ülkelerde dağılmıştır.
Organizasyon	BIM modelleri ile ilgili sözleşme ve standartların eksikliği	BIM destekli projelerin gelişmesi ve gereksinimlerinin sağlanması için açık standartların ve BIM dostu sözleşmelerin eksikliği bulunmaktadır.
	Çok disiplinli takımlarda farklı organizasyon yapıları	BIM etkin projelerde ekip üyeleri, farklı organizasyon yapıları ve hiyerarşileri olan çeşitli organizasyonlardan gelmektedir.
Kültür	Sektör genelinde işbirliği kavramının farklı anlayışları	Her ekip üyesinin BIM işbirliği gereksinimleri konusunda farklı bir anlayışı vardır.
	Ekipler arası işbirliği yapma biçimindeki farklılıklar	Proje ekiplerinde BIM işbirliğinin aynı düzeyde anlaşıldığı varsayıldığında, işbirliği yapma biçimlerinin farklılaştığı görülmektedir.
	Çok kültürlü takımlarda kültürel çeşitlilikler	Ekip üyeleri, BIM projelerinde işbirliği yapma biçimlerini etkileyen farklı kültürel özelliklere sahip olabilmektedir.
	Norm olarak parçalanmış paydaşlar	BIM etkin projelerde, ekipler ve ekip üyeleri genellikle çeşitli ofislere ve konumlara dağıtılmaktadır.
	Ekip çalışması zihniyetinin eksikliği	BIM etkin projelerinde, ekip üyeleri çoğunlukla bölünmüş halde çalışma eğilimindedir.
	İnsan, süreç ve teknoloji arasındaki ilişkileri gözden geçirmek	İnsanların, sürecin ve teknolojinin BIM projelerine entegrasyonu, hak ettiği önceliğe sahip değildir.
	BIM ortamının dışında gerçekleşen önemli iletişim	Ekipler BIM etkin projelerde çalışırken, iletişimin çoğu BIM platformunun dışında gerçekleşir (telefon görüşmeleri, e-postalar vb.)

3.2.2.3.4. Ekip

Ekip başlığı, BIMİA'ların ilişki sistemini ve ekip üyelerinin rollerinin belirlenerek anlaşılmasını ifade etmektedir. Bunun yanı sıra ekip faktörü üyelerinin; yaş, kültür, cinsiyet, eğitim, deneyim, rol ve tutumlar açısından farklılıklarını da ele almaktadır.

Kompozisyon, ilişkiler ve roller başlıkları altında incelenen bu bariyer, proje ekiplerinin yalıtılmış çalışma anlayışı, yeni iş tanımlarına sağladıkları uyum ve yöneticiler arasındaki rekabet kaynaklı problemler gibi çeşitli sorunları ortaya koymaktadır.

Tablo 3.6. BIM tabanlı inşaat ağlarında ekip bariyerleri (Oraee ve diğerleri [1]'nden değiştirilerek)

Ekip		
Faktör	Bariyer	Tanımı
Kompozisyon	Destekleyici ekip yapılanması eksikliği	Takımlar BIM görevlerini ve ortamını desteklemeyen geleneksel formlarda yapılandırılmıştır.
İlişkiler	Proje ekiplerinin yalıtılmış çalışma anlayışı	BIM etkin projelerde yer alan ekipler genellikle bireysel çalışma ve kendi çıkarlarına dikkat etme eğilimindedir.
	Veri ve bilgi paylaşımına karşı direnç	BIM etkin projelerde ekipler, fikri mülkiyet endişeleri nedeniyle modellerini diğer ekiplerle paylaşmak istememektedir.
	Tasarımcılar ve alt tedarik zinciri arasında işbirlikli çalışma eksikliği	BIM etkin projelerde tasarımcılar, modeli tamamlamadan ve onay almadan önce modellerini diğer paydaşlarla paylaşmaktan kaçınmaktadır.
Roller	Yeni rollerin (BIM Yöneticisi vb.) yeterince oluşturulmaması	BIM'in etkin olduğu birçok projede, geleneksel proje yöneticileri, BIM yöneticileri yerine tüm BIM sürecini yönetmektedir.
	Yönetim ekipleri arasındaki rekabet	BIM tabanlı projelerde, proje yöneticileri ile BIM yöneticileri arasında çatışmalar yaşanmaktadır.

3.2.2.3.5. Görev

Görev başlığı, BIM görev yapıları ile doğrudan ilişkilidir. BIM etkin projelerde verilen görevin karmaşıklığı, proje büyüklüğü ve katılımcıların fazla olması gibi etkenler işbirliği sürecini etkilemektedir. Ayrıca BIM etkin projelerde paydaşlar arasında bilginin doğru zamanda ve doğru şekilde paylaşılması önem taşımaktadır. Aksi halde süreç aksamakta ve işbirliği olumsuz etkilenmektedir.

Tablo 3.7. BIM tabanlı inşaat ağlarında görev bariyerleri (Oraee ve diğerleri [1]'nden değiştirilerek)

Görev		
Faktör	Bariyer	Tanımı
Yapı	BIM görevlerinin karmaşık yapısı	BIM etkin projeler; karmaşık yapıları, proje büyüklükleri ve birden çok paydaşın tasarım aşamasında etkin olmasını tetikleyen yapıları sebebiyle zorluk yaşatmaktadır.
Talep	Doğru zamanda doğru bilgi bulunmaması	BIM etkin projelerde doğru zamanda doğru bilgiye ulaşma ve diğer paydaşlara planlanan süre içerisinde iletme konusunda sorunlar yaşanmaktadır.

4. YÖNTEM

Yöntem bölümünde, yapılan bu tez çalışmasının araştırma yöntemleri açıklanmış, araştırmanın evren ve örnekleme tanımlanmıştır. Literatürde yer alan boşlukların belirlenmesi ile oluşturulan araştırma sorularını yanıtlayabilmek için ölçüm araçları hazırlanmış ve anket oluşturulmuştur. Son olarak değerlendirme yöntemleri belirlenerek detaylı açıklamaları yapılmıştır.

4.1. Çalışmanın Yöntemi

Bu çalışma Başkent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı'nda yürütülmekte olan yüksek lisans tezinin bir kesitini sunmaktadır. Tez çalışmasının bütününde Türkiye'deki mimarlık ofislerinin ve inşaat firmalarının BIM adaptasyonu sürecinde işbirlikli çalışma yapmaları konusunda mevcut durumlarını tespit etmek ve BIM tabanlı takım çalışmalarında karşılaştıkları engelleri saptamak hedeflenmektedir. Araştırma sonucunda, kullanıcıların deneyimlerinin ölçümü ile belirlenen bu işbirliği bariyerlerine dair çözüm üretilmesi ve işbirliğinin insan, süreç ve teknoloji temelinde nasıl iyileştirileceğinin ortaya koyulması amaçlanmaktadır.

Bahsedilen araştırma hedefleri doğrultusunda yapılan bu çalışma, tasarım ve inşaat sürecinde en çok etkileşim gösteren iki grup olan mimarlar ve inşaat mühendisleri üzerinden ilerleyecek şekilde tasarlanmıştır. Araştırmaya katılacak mimar ve mühendisler Türkiye'de BIM kullanan firmalar arasından rastgele yapılan seçimler doğrultusunda belirlenmiştir.

Örneklem sayısı, verilerin tutarlılığını yansıtacak şekilde otuz mimar otuz inşaat mühendisi olarak kararlaştırılmıştır. Belirlenen altmış kişiye yapılan anket üç farklı şekilde değerlendirilmiştir. Birinci aşamada cevaplar mimarlar üzerinden istatistiksel olarak ele alınarak BIM ile işbirlikli çalışma yapılması konusunda mimarların belirlediği bariyerler ortaya koyulmuştur. İkinci aşamada aynı işlem inşaat mühendislerinin cevapları üzerinden yapılmıştır. Son aşamada ise mimar ve inşaat mühendislerinden oluşan altmış kişilik grubun cevapları ortak olarak hesaplamaya alınarak, inşaat sektörünün BIM ile işbirlikli çalışma sürecinde karşılaştığı ortak bariyerler tespit edilmiştir.

Anket içerisinde yer alan açık uçlu sorular ile katılımcıların işbirlikli çalışmanın önünde engel olarak gördüğü maddelerin çözümüne dair önerilerde bulunması istenmiştir. Bu öneriler doğrultusunda, Türkiye’de BIM ile işbirlikli çalışma yapmanın önündeki engellerin kaldırılmasına dair çözüm üretilmesi hedeflenmektedir.

4.2. Evren ve Örneklem

Araştırmaya dâhil olan katılımcılar, 1997 yılı ile 2019 yılı arasında mezuniyet tarihleri bulunan ve ortalama 100.000 m² BIM ile proje üretim deneyimi bulunan mimar ve inşaat mühendisleridir. Hedef katılımcılar, BIM’i aktif olarak kullandığı bilinen firmalar arasından rastgele seçilmiştir.

İlk aşamada, bu firmalar tek tek aranarak, BIM konusunda yetkili çalışanları ile görüşme yapılmıştır. Bu görüşmelerde, araştırmanın amacı ve anketin içeriği aktararak mail adresleri alınmıştır. Belirlenen tüm firmalara Google Formlar üzerinden dijital olarak oluşturulan anket e-posta yoluyla gönderilmiştir. Toplamda 120 kişiye iletilen ankete 30 mimar ve 30 inşaat mühendisi olmak üzere 60 kişi (geri dönüş oranı %50) katılım göstermiştir.

Araştırma bulguları bu geri dönüşlerden alınan veriler doğrultusunda oluşturulmuştur. Anket içerisinde, katılımcıların BIM etkin projelerde yer alma düzeyini ve tecrübelerini ölçmek adına çeşitli demografik sorulara yer verilmiştir. Bu demografik sorular doğrultusunda, katılımcıların firma içerisindeki görev tanımlarına verdikleri cevaplar ve BIM deneyimleri Tablo 4.1. ve Tablo 4.2.’de gösterilmiştir.

Tablo 4.1. ve Tablo 4.2.’ye göre, katılımcılar inşaat mühendisi ve mimar olarak iki gruba ayrılmış olsa da, firma içerisinde üstlendikleri iş tanımları farklılık gösterebilmektedir. Bu tablolara bakıldığında, global ölçekte gelen yeni iş tanımları olan Modelleme Uzmanı, BIM Yöneticisi gibi görevlerin ülkemizde karşılık bulmaya başladığı da görülmektedir. Dikkat edilmesi gereken önemli bir nokta da ülkemizdeki uygulamada bir ekip üyesinin genellikle birden fazla BIM görevini yerine getirmekle sorumlu tutulmasıdır.

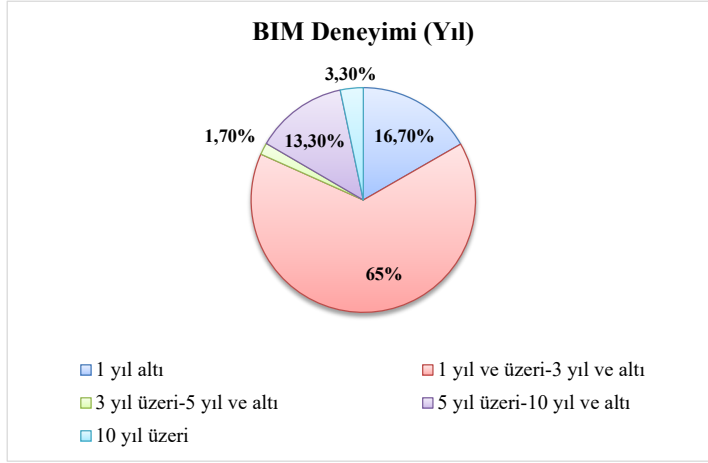
Tablo 4.1. İnşaat mühendisi katılımcıların bilgileri

Katılımcı Sayısı	Katılımcının Firma İçerisindeki Görev Tanımları	Katılımcının BIM Projelerinde Yer Alma Süresi (yıl)	Katılımcının BIM İle Üretilen Proje Deneyimi (m ²)
Mühendis 1	İnşaat Mühendisi	1-3 yıl arası	1000 ve 10.000 m ² arası
Mühendis 2	İnşaat Mühendisi	1 yıl altı	1000 ve 10.000 m ² arası
Mühendis 3	İnşaat Mühendisi, Şantiye Şefi	1-3 yıl arası	10.000 ve 100.000 m ² arası
Mühendis 4	İnşaat Mühendisi	5-10 yıl arası	100.000 ve 1.000.000 m ² arası
Mühendis 5	İnşaat Mühendisi	1-3 yıl arası	10.000 ve 100.000 m ² arası
Mühendis 6	Statik Dizayn Müdürü, İnşaat Mühendisi	1-3 yıl arası	100.000 ve 1.000.000 m ² arası
Mühendis 7	İnşaat Mühendisi	1-3 yıl arası	10.000 ve 100.000 m ² arası
Mühendis 8	İnşaat Mühendisi	1 yıl altı	1000 ve 10.000 m ² arası
Mühendis 9	İnşaat Mühendisi	1-3 yıl arası	10.000 ve 100.000 m ² arası
Mühendis 10	İnşaat Mühendisi	1-3 yıl arası	100.000 ve 1.000.000 m ² arası
Mühendis 11	İnşaat Mühendisi	1-3 yıl arası	100.000 ve 1.000.000 m ² arası
Mühendis 12	İnşaat Mühendisi	1-3 yıl arası	10.000 ve 100.000 m ² arası
Mühendis 13	İnşaat Müh., Proje Yöneticisi	1-3 yıl arası	10.000 ve 100.000 m ² arası
Mühendis 14	BIM Yöneticisi	5-10 yıl arası	100.000 ve 1.000.000 m ² arası
Mühendis 15	BIM Yöneticisi	5-10 yıl arası	100.000 ve 1.000.000 m ² arası
Mühendis 16	İnşaat Mühendisi	1-3 yıl arası	10.000 ve 100.000 m ² arası
Mühendis 17	BIM Analisti, BIM Uygulama Geliştirici, Modelleme Uzmanı, BIM Danışmanı, BIM Araştırmacısı, BIM Yöneticisi, İnşaat Mühendisi	5-10 yıl arası	1.000.000 m ² üzeri
Mühendis 18	Modelleme Uzmanı, İnşaat Mühendisi	1-3 yıl arası	10.000 ve 100.000 m ² arası
Mühendis 19	İnşaat Mühendisi	1-3 yıl arası	10.000 ve 100.000 m ² arası
Mühendis 20	Teknik Ofis Mühendisi	1-3 yıl arası	100.000 ve 1.000.000 m ² arası
Mühendis 21	İnşaat Mühendisi	1-3 yıl arası	100.000 ve 1.000.000 m ² arası
Mühendis 22	İnşaat Mühendisi	1-3 yıl arası	10.000 ve 100.000 m ² arası
Mühendis 23	İnşaat Mühendisi	1-3 yıl arası	100.000 ve 1.000.000 m ² arası
Mühendis 24	İnşaat Mühendisi	1-3 yıl arası	10.000 ve 100.000 m ² arası
Mühendis 25	Modelleme Uzmanı, İnşaat Mühendisi	1-3 yıl arası	10.000 ve 100.000 m ² arası
Mühendis 26	İnşaat Mühendisi	1-3 yıl arası	10.000 ve 100.000 m ² arası
Mühendis 27	Modelleme Uzmanı, İnşaat Mühendisi	1-3 yıl arası	10.000 ve 100.000 m ² arası
Mühendis 28	İnşaat Mühendisi	1-3 yıl arası	10.000 ve 100.000 m ² arası
Mühendis 29	BIM Modelleyici, Modelleme Uzmanı, İnşaat Mühendisi	1-3 yıl arası	10.000 ve 100.000 m ² arası
Mühendis 30	İnşaat Mühendisi	1 yıl altı	1000 m ² altı

Tablo 4.2. Mimar katılımcıların bilgileri

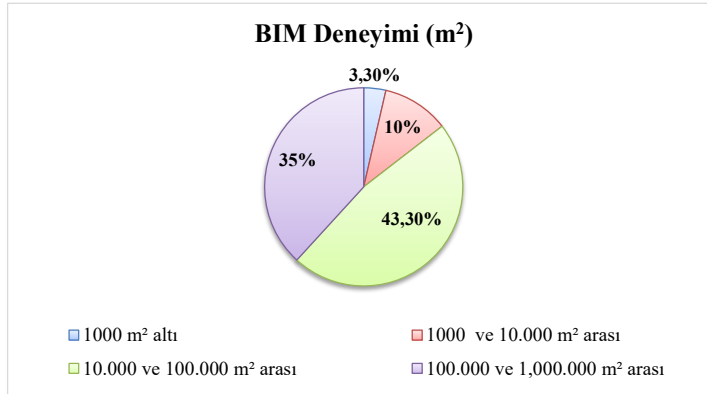
Katılımcı Sayısı	Katılımcının Firma İçerisindeki Görev Tanımları	Katılımcının BIM Projelerinde Yer Alma Süresi (yıl)	Katılımcının BIM İle Üretilen Proje Deneyimi (m ²)
Mimar 1	BIM Yöneticisi, Mimar	5-10 yıl arası	100.000 ve 1,000.000 m ² arası
Mimar 2	Mimar	1-3 yıl arası	1,000.000 m ² üzeri
Mimar 3	BIM Danışmanı, BIM Eğitimcisi, BIM Yöneticisi, Mimar	5-10 yıl arası	100.000 ve 1,000.000 m ² arası
Mimar 4	Mimar	5-10 yıl arası	100.000 ve 1,000.000 m ² arası
Mimar 5	Mimar	3-5 yıl arası	1000 m ² ve 10.000 m ² arası
Mimar 6	Mimar	1-3 yıl arası	1,000.000 m ² üzeri
Mimar 7	BIM Modelleyici, Modelleme Uzmanı, Mimar, Kurucu	1-3 yıl arası	10.000 m ² ve 100.000 m ² arası
Mimar 8	Mimar	1-3 yıl arası	1000 m ² ve 10.000 m ² arası
Mimar 9	Mimar	1-3 yıl arası	1000 m ² ve 10.000 m ² arası
Mimar 10	Mimar	1 yıl altı	1,000.000 m ² üzeri
Mimar 11	Mimar, Proje Yöneticisi	1-3 yıl arası	100.000 ve 1,000.000 m ² arası
Mimar 12	Mimar	1 yıl altı	100.000 ve 1,000.000 m ² arası
Mimar 13	Mimar	1-3 yıl arası	1000 m ² altı
Mimar 14	Mimar	1-3 yıl arası	100.000 ve 1,000.000 m ² arası
Mimar 15	Mimar	10 yıl üzeri	100.000 ve 1,000.000 m ² arası
Mimar 16	Mimar	1 yıl altı	100.000 ve 1,000.000 m ² arası
Mimar 17	Mimar	1 yıl altı	100.000 ve 1,000.000 m ² arası
Mimar 18	BIM Modelleyici, Mimar	1 yıl altı	100.000 ve 1,000.000 m ² arası
Mimar 19	Dizayn Müdürü	1-3 yıl arası	100.000 ve 1,000.000 m ² arası
Mimar 20	BIM Modelleyici, Mimar	1 yıl altı	10.000 m ² ve 100.000 m ² arası
Mimar 21	BIM Modelleyici, Mimar	1-3 yıl arası	10.000 m ² ve 100.000 m ² arası
Mimar 22	BIM Modelleyici, Mimar	1-3 yıl arası	10.000 m ² ve 100.000 m ² arası
Mimar 23	Mimar	1-3 yıl arası	10.000 m ² ve 100.000 m ² arası
Mimar 24	BIM Modelleyici, Mimar	1-3 yıl arası	10.000 m ² ve 100.000 m ² arası
Mimar 25	Mimar	1-3 yıl arası	10.000 m ² ve 100.000 m ² arası
Mimar 26	Mimar	1-3 yıl arası	10.000 m ² ve 100.000 m ² arası
Mimar 27	BIM Modelleyici, Modelleme Uzmanı, Mimar	1-3 yıl arası	10.000 m ² ve 100.000 m ² arası
Mimar 28	BIM Danışmanı, BIM Yöneticisi, Mimar	5-10 yıl arası	10.000 m ² ve 100.000 m ² arası
Mimar 29	Mimar	1 yıl altı	100.000 ve 1,000.000 m ² arası
Mimar 30	BIM Yöneticisi, Mimar, Proje Yöneticisi	10 yıl üzeri	1,000.000 m ² üzeri

Katılımcıların BIM deneyimlerini detaylı olarak analiz ettiğimizde Şekil 4.1.'de görüldüğü gibi yıl bazında bir analiz ve Şekil 4.2.'de ifade edildiği gibi m² bazında bir ölçüm yapmak da mümkündür.



Şekil 4.1. Katılımcıların BIM deneyimi seviyeleri (yıl)

Şekil 4.1.'e göre, katılımcıların en yüksek oran olan %65 ile 1-3 yıl arası BIM deneyimi bulunmaktadır. Devamında katılımcıların; 16,7'si 0-1 yıl arası deneyime, %1,7'si 3-5 yıl arası deneyime, %13,33'ü 5-10 yıl arası deneyime ve %3,30'u da 10 yıl ve üzeri BIM deneyimine sahiptir.



Şekil 4.2. Katılımcıların BIM deneyimi seviyeleri (m²)

Şekil 4.2.'ye göre, anket katılımcılarının %43,3'ü 10.000 m²-100.000 m² arası BIM deneyimine sahiptir. Bu oranı %35 ile 100.000-1.000.000 m² arası deneyime sahip olanlar izlerken, 1000 m² arası altı deneyime sahip kullanıcılar %3,3 oranı ile yalnızca 2 kişidir.

4.3. Ölçüm Aracı Hazırlanması

Türkiye’de BIM ile yaşanan dönüşüm sürecinde, işbirlikli çalışmanın önündeki bariyerlerin saptanması ve ölçümünün yapılabilmesi için, Oraee ve diğerleri [1] tarafından 1034 makalenin literatür üst çözümlmeleri ile ortaya koyulmuş 26 işbirliği bariyeri referans alınmıştır. İşbirlikli çalışmanın önündeki 26 bariyeri; süreç, aktör, bağlam, ekip ve görev başlıkları altında tanımlayan literatür çalışması, bu tezde kullanılan ölçüm aracının temel çerçevesini oluşturmaktadır.

BIM ile işbirlikli çalışmanın önündeki 26 engel, Türkçe’deki uygun karşılıklarına çevrilerek anket soruları haline getirilmiştir. Bariyerlerin ve anket sorularının sıralı hali Tablo 4.3.’te ifade edilmiştir. 1-7 arasında yer alan sorular süreç ile ilgili işbirliği bariyerleri, 8. soru aktör ile ilgili bariyeri, 9-18 arası sorular bağlam hakkındaki bariyerleri, 19-24 arası ekip ile ilgili engelleri ve son olarak 25-26. sorular görev ile ilgili işbirliği bariyerlerini sorgulamaktadır.

Tablo 4.3. Literatürde yer alan 26 bariyer ve bu tanımlarla ilişkili anket soruları

	BARİYERLER	ANKET SORULARI
Süreç	1- Ortak bir veri ortamının olmaması	BIM araçları kullanıcılarına işbirliğini destekleyen ortak bir veri ortamı sunmamaktadır.
	2- BIM işbirliğine ilişkin kılavuz ve standartların eksikliği	BIM kullanımına dair kural ve standartlarda eksiklikler bulunmaktadır.
	3- Veri sahipliği ve veri gizliliği endişeleri	BIM araçları veri mülkiyeti ve veri gizliliği konusunda ekip üyeleri için problem yaratmaktadır.
	4- Teknolojik destek	BIM ve işbirliği araçları yazılım şirketlerinin reklamlarında belirtildiği gibi performans göstermemektedir.
	5- Proje yaşam döngüsü boyunca birlikte çalışabilirlik sorunları (IFC uyumluluğu vb.)	BIM araçları proje yaşam döngüsü sürecinde ekipler arasında birlikte çalışabilirlik problemleri yaratmaktadır.
	6- İşbirliği araçlarının benimsemenin karmaşıklıkları (BIM aracı seçimi, Revit vb.)	Mimar ve mühendis ekiplerinin farklı BIM araçlarını seçmesi ve kullanması işbirlikli çalışma süreçlerinde sorunlar oluşturmaktadır.

	7- İşbirliği konusunda verimsiz BIM eğitimi	Verimsiz ve yetersiz BIM eğitimi işbirlikli çalışma sürecini olumsuz etkilemektedir.
Aktör	8- Ekip üyelerinin yetersiz işbirliği bilgisi, kişisel beceri ve yetkinlikleri	Ekip üyelerinin yetersiz işbirliği bilgi ve becerileri proje sürecinde sorun yaratmaktadır.
Bağlam	9- Sektör genelinde işbirliği kavramının farklı anlayışları	İnşaat sektöründe işbirliği kavramının farklı şekilde anlaşılması BIM ile işbirliği sürecini uygulamada problem yaratmaktadır.
	10- Ekipler arası işbirliği yapma biçimindeki farklılıklar	Proje sürecinde ekipler arasında işbirliği yapma biçimindeki farklılıklar kaynaklı sorunlar yaşanmaktadır.
	11- Çok kültürlü takımlarda kültürel çeşitlilikler	Çok uluslu takımlarda ekip üyeleri içerisindeki kültürel farklılıklar işbirliği sürecini olumsuz etkilemektedir.
	12- Norm olarak parçalanmış paydaşlar	Mimar ve mühendislik ekiplerinin küçük gruplardan oluşan parçalanmış yapısı işbirliği sürecini olumsuz etkilemektedir.
	13- Ekip çalışması zihniyetinin eksikliği	BIM ile yaşanan işbirlikli çalışma sürecinde ekip üyelerinin takım çalışması zihniyeti eksikliği işbirliği sürecini olumsuz etkilemektedir.
	14- İnsan, süreç ve teknoloji arasındaki ilişkileri gözden geçirmek	Proje sürecinde ekip üyeleri, proje süreci ve teknoloji arasındaki ilişkiler yeterince dikkate alınmamaktadır.
	15- BIM ortamının dışında gerçekleşen önemli iletişim (telefon vb.)	Proje sürecinde BIM aracının yetersiz kalması sebebiyle farklı iletişim kanallarına başvurulması işbirliği sürecini etkileyen sorunlar yaratmaktadır.
	16- BIM modelleri ile ilgili sözleşme ve standartların eksikliği (Ekipler arasında kapsamlı ve şeffaf sözleşmenin olmaması)	BIM ile yaşanan proje sürecinde ekipler arasında süreci açık ve net bir şekilde tanımlayarak sınırlandıran bir sözleşmenin olmaması sorun yaratmaktadır.
	17- Çok disiplinli takımlarda farklı organizasyon yapıları	Mimar ve mühendis ekiplerinin farklı organizasyon yapıları işbirliği sürecini olumsuz etkilemektedir.
	18- İnşaat endüstrisinin dinamikleri ve parçalanmış doğası	İnşaat sektörünün küçük gruplardan oluşan parçalanmış yapısı ve sektör dinamiklerinden dolayı ekipler arasında işbirlikli çalışma problemleri yaşanmaktadır.
	19- Proje ekiplerinin yalıtılmış çalışma anlayışı	BIM ile yaşanan işbirlikli çalışma sürecinde ekip üyelerinin yalıtılmış (bireysel) çalışma anlayışı ve alışkanlıkları işbirliği sürecini olumsuz etkilemektedir.
	20- Veri ve bilgi paylaşımına karşı direnç	Ekip üyeleri arasında veri ve bilgi paylaşımına karşı direnç yaşanmaktadır.
	21- Tasarımcılar ve alt tedarik zinciri arasında işbirlikli çalışma eksikliği	Proje sürecinde tasarımcılar ve alt tedarik zinciri arasında yaşanan kopukluklar işbirliği problemleri yaratmaktadır.
	22- Yönetim ekipleri arasındaki rekabet	Proje sürecinde proje yöneticileri ile BIM yöneticileri arasında rekabet kaynaklı sorunlar yaşanmaktadır.

Ekip	23- Yeni rollerin (BIM yöneticisi vb.) yeterince oluşturulmaması	BIM ile gelen yeni iş tanımları ve iş gruplarının yeterince oluşturulamamış olması süreç içerisinde problem oluşturmaktadır.
	24- Destekleyici ekip yapılanması eksikliği	Proje sürecinde destekleyici olmayan ekip yapılanmaları işbirliği problemleri yaratmaktadır.
Görev	25- Doğru zamanda doğru bilginin bulunmaması	BIM ile üretilen projelerde doğru zamanda doğru bilgiye ulaşılama sorunu yaşanmaktadır.
	26- BIM görevlerinin karmaşık yapısı	Proje sürecinde mimar ve mühendis ekiplerine verilen görevlerin karmaşık yapıda olması işbirliği sürecini olumsuz etkilemektedir.

4.4. Anketin Hazırlanması

Türkiye’deki mimar ve inşaat mühendislerinin BIM ile yaşanan işbirlikli proje üretim sürecinde yaşadığı engelleri ortaya çıkarmayı ve ölçümünü yapmayı hedefleyen bu tez çalışması için gerekli veriler, nitel ve nicel araştırma yöntemlerini içeren anket tekniği ile toplanmıştır.

Anket hazırlanırken katılımcıları bilgilendirmek adına bir ön yazı hazırlanmıştır. Bu yazıda; çalışmanın adı, amacı, anketi gerçekleştiren kurum adı gibi bilgilere yer verilmiş ve katılımcıların ankette yer alan sorular hakkında bilgi sahibi olmaları sağlanmıştır. Ayrıca bu bölümde, anketi dolduran kişilerin verdikleri bilgilerin, yalnızca akademik amaçlarla kullanılacağı belirtilmiş ve verilerinin gizliliği taahhüt edilmiştir (Bkz. Ek 1).

Katılımcıların anketi yanıtlarken hangi paydaşlar ile yaşadığı işbirliği problemlerini değerlendireceklerini belirtmek adına “Soruları mimarsanız inşaat mühendisleri ile inşaat mühendisi iseniz mimarlar ile olan BIM tabanlı işbirliklerinizi düşünerek yanıtlamanız ve bu iki grubun işbirliğine ait yorumlarda bulunmanız büyük önem taşımaktadır.” açıklaması yapılmıştır.

İşbirlikli çalışma sürecinde karşılaşılan engelleri ölçen bu anket çalışması, aşağıda belirtildiği gibi iki bölüme ayrılmıştır,

Bölüm 1: Demografik Sorular

Bölüm 2: İşbirliği Bariyerlerinin Sorgulanması

Anket, katılımcıların BIM deneyimlerini ölçen demografik sorular ile başlamaktadır. Bu bölümde, katılımcıların BIM deneyimleri m² ve yıl bazında değerlendirilmiş, firma içerisindeki pozisyonları ortaya çıkarılmıştır.

İkinci bölümünde ise, Oraee ve diğerleri [1] tarafından 2019 yılında hazırlanan “İnşaat Tabanlı İş Ağlarında BIM ile İşbirlikli Çalışma Değerlendirme Ölçeği” temel alınarak hazırlanan 26 adet soru yer almaktadır. Tez araştırması için hazırlanan anketin başlığı “İnşaat Tabanlı İş Ağlarında Mimarlar ve İnşaat Mühendisleri Arasındaki Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) Tabanlı Ekip Çalışmalarında İşbirliği Bariyerlerinin ve İyileştirme Yollarının Araştırılması” şeklindedir.

Ankette yer alan her soru literatüre bağlı şekilde ortaya koyulan bir işbirliği bariyerini temsil etmektedir. 26 adet bariyer tek tek 5’li Likert ölçeğine uyarlanmış olup 1 (bariyer değil), 5 (çok büyük bariyer) olacak şekilde değerlendirmeye sunulmuştur.

Soruların her biri kendi içerisinde iki açık uçlu soru içermektedir. Tablo 4.4.’teki örnek anket sorusunda belirtildiği gibi açık uçlu sorular, yapılan Likert ölçeği işaretlemesinin nedenlerini sorgularken, katılımcıların bariyer olarak gördüğü maddelere dair çözüm önerilerini de veri olarak toplamaktadır.

Tablo 4.4. Örnek anket sorusu

Bariyer değil (1)	Küçük bariyer (2)	Orta büyüklükte bariyer (3)	Büyük bariyer (4)	Çok büyük bariyer (5)
1- BIM araçları kullanıcılarına işbirliğini destekleyen ortak bir veri ortamı sunmamaktadır.				
Yukarıdaki değerlendirmenizin nedenlerini açıklayınız.				
Eğer yukarıdaki ifadenin bir bariyer olduğunu değerlendirdiyseniz bu bariyer insan, süreç ve teknoloji temelinde nasıl iyileştirilebilir? (Uygun olan faktör(ler)e göre açıklayınız.)				

Anket içeriğindeki soru setlerini görerek ve cevaplayarak işbirliği ile çalışma konusunun, bu çalışmada ele alınış biçimine yaklaştırılmış olan katılımcılara son aşamada

(27. Soru) bir açık uçlu soru yönlendirilmiştir. Son soruda öncelikli hedef, anket içerisinde yer almayan ama katılımcıların bariyer olarak gördüğü durumların ortaya koyulmasını sağlamaktır.

Bu tez çalışmasında anket yönteminin kullanılması, elde edilen verilerin açık bir şekilde ortaya koyulması ve verilerin eksik bir noktasının kalmaması açısından oldukça önemlidir. Yapılan anket çalışmasının en önemli özelliklerinden biri de, hazırlanan Likert ölçümü sorularının her birinin açık uçlu sorular ile detaylı irdelenmesidir. Bu sayede anket içerisinde verilen cevapların ve ortaya çıkan bariyerlerin hangi sebeple bariyer olduğu belirlenmiş ve kullanıcıların değerlendirmelerinin tutarlılığı ölçülmüş olmaktadır.

4.5. Veri Toplama

Araştırmaya katılacak inşaat mühendisliği ve mimarlık firmalarının seçimi rastgele yapılmıştır. Firma iletişim bilgileri toplanırken, BIM yazılımı sağlayan şirketler ile görüşülerek, BIM kullanan firmaların isimleri ve iletişim bilgileri alınmıştır. Bu bilgiler doğrultusunda, ofisler tek tek aranarak araştırmanın detayları ve kapsamı hakkında bilgi verilmiştir.

Araştırma kapsamında rastgele seçilen 30 firma bilgilendirilerek Google Formlar üzerinden hazırlanan anket eposta yolu ile iletilmiştir. Bu kapsamda 30 firmadan 120 kişiye anket ulaştırılmıştır. Veri toplamanın tamamlanması için geçen toplam süre 150 gün (5 ay) şeklindedir.

Araştırmanın istatistiksel olarak tutarlılığı için 30 mimar, 30 inşaat mühendisi olmak üzere 60 kişinin ankete katılımı hedeflenmiş ve bu hedefe ulaşılmıştır. Anket yanıtlarına bakıldığında; 13 mimarlık, 14 inşaat mühendisliği olmak üzere toplam 20 firmanın ankete katılım gösterdiği görülmüştür.

Ankete katılan firmaların BIM deneyimlerinin netleştirilmesi adına “BIM uygulamaları ile proje teslim sürecinde temas eden ve BIM ile üretilen projenin üretim ve uygulama aşamalarında bulunarak tecrübe edinmiş kullanıcılar” ankete dâhil edilmiştir. Ankete dolduracak mimar ve mühendislerde bu özelliğin arandığı ankete başlanmadan önce sözlü ve e-posta içerisinde yazılı olarak karşı tarafa ifade edilmiştir.

Anket katılımcılarının bu çerçeve içerisinde seçilmesinin sebebi, Türkiye’de BIM’i proje sürecinin tamamında etkin olarak kullanan ve bütünleşik proje teslimi aşamasına ulaşmış firmaların eksikliğinden kaynaklanmaktadır. Aynı anket BIM adaptasyonu sürecinin ilerleyen yıllarında tamamen bütünleşik proje teslim aşamasına ulaşmış kullanıcılar ile yapıldığında sonuçların daha etkili olması beklenmektedir.

4.6. Veri Analiz Yöntemleri

Yapılan tez çalışmasının veri analiz yöntemleri olarak; istatistiksel analiz ve içerik analizi kullanılmıştır. İstatistiksel analiz yapılırken, inşaat sektöründe yer alan 30 mimar ve 30 inşaat mühendisi olmak üzere toplam 60 kişinin, 26 anket sorusuna verdiği cevaplara göre sıfır hipotezini test etmek için (soruya verilen yanıt ortalamasının 1’den farklı olup olmadığını test etmek için) tek örneklem t-testi yapılmıştır. Ek olarak iki disiplin arasında cevaplara verilen farklılıkların ortaya çıkarılabilmesi için, bağımsız grup t-testi uygulanmıştır. Test sonuçlarının açık ve net bir şekilde değerlendirilebilmesi adına tablolar hazırlanmıştır.

Kullanılan ikinci veri analizi yöntemi olan içerik analizinde, katılımcıların açık uçlu olarak hazırlanan 27. soruya verdikleri cevaplar analiz edilmiştir. İçerik analizinde yanıtlardaki temalar belirlenmiş ve bu temalara göre kodlama yapılarak sayısal analiz oluşturulmuştur.

4.6.1. İstatistiksel analiz

Araştırma sonuçlarının bilimsel kesinlikle ifade edilmesi ve genellenebilir olması adına, çalışmada istatistiksel analiz yöntemleri kullanılmıştır. Analizin yapılabilmesi için, SPSS istatistik programı kullanılmıştır. 26 adet Likert ölçeği sorusuna verilen yanıtlar tek tek SPSS programına aktararak analizleri hazırlanmıştır. SPSS programı ile bu analizler yapılırken iki farklı yöntem kullanılmıştır. İki istatistiksel analiz yönteminin kullanılmasının sebebi hipotezlerin test edilebilmesini sağlamaktır.

Bu yöntemler;

- Tek örneklem t-test,
- Bağımsız grup t-test şeklinde parametrik testlerdir.

4.6.1.1. Tek örneklem t-test

Tek örneklem t-testi, elde edilen verilerin aritmetik ortalama değerin belirlili sabit bir değerdan anlamlı bir fark gösterip göstermeme durumunu analiz etmek için kullanılmaktadır.

Araştırma kapsamında Hipotez 1'e göre; mimar ve inşaat mühendislerinin BIM ile yaşanan proje sürecinde karşılaştıkları işbirliği bariyerleri olduğu öngörülmüştür. Bu hipotezi test etmek adına, mimar ve mühendislerden oluşan 60 kişilik grubun anket sonuçları SPSS programına tek seferde girilerek öne sürülen bariyerlerin inşaat sektöründe yer alan paydaşlar açısından engel olup olmadığı sorgulanmıştır.

Tek örneklem t-test yöntemi sayesinde, araştırma sorularında yer alan 26 maddeden hangilerinin bariyer olduğu ve eğer bariyer ise hangi önem sırasında değerlendirildiği ile hangilerinin bariyer olmadığı ortaya çıkarılmıştır. Ayrıca, verilerin standart sapma değerleri ve ortalama değerleri istatistiksel olarak elde edilmiştir. Tek örneklem t-testinde ilgili maddenin bariyer olarak algılanıp algılanmadığını anlamak için yanıt ortalamasının 1 (bariyer değil)'den farklı olup olmadığı test edilmiştir.

4.6.1.2. Bağımsız grup t-test

Bağımsız grup t-testi, birbirinden bağımsız iki grup arasındaki ortalama değere bakılarak, istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olup olmadığını değerlendirmek için kullanılmaktadır. Araştırma kapsamında bağımsız grup t-testi yapılırken, mimar ve mühendis grupları bağımsız gruplar olarak kabul edilmiştir. İki disiplinin verdiği yanıtlar farklı veri grupları olarak girilerek karşılaştırması yapılmıştır. Bu sayede Hipotez 2'de belirtilen, "İki disiplin arasında BIM ile yaşadıkları işbirliği sürecinde karşılaşılan engeller bakımından farklılık yoktur" önermesi test edilmiş, SPSS ile elde edilen verilerin kıyaslamaları ortaya koyularak anlamlılık (p) değerleri incelenmiştir.

4.6.2. Açık uçlu soruların analizi

Anket çalışmasında kullanıcılara yöneltilen 26 maddenin altında açık uçlu açıklama kısımları yer almaktadır. Bu bölüm istatistiksel analiz sonucu elde edilen verilerin anlamlandırılması ve çözüm önerilerinin üretilmesi amacıyla hazırlanmıştır. Analiz

yapılırken, 26 maddeden 2'ser adet soru olmak üzere 52 açıklama sorusu tek tek okunarak içerikleri incelenmiştir. Bu analiz yoruma dayalı bir inceleme olup esas varoluş sebebi istatistiksel analizi açıklamak ve anlamlandırmaktır.

4.6.3. İçerik analizi

Barelson [83] içerik analizini, içeriğin sistematik, nicel ve nesnel tanımlanmasına dair bir araştırma yöntemi olarak ortaya koymuştur. Temelde içerik analizi yöntemi, sözlü veya yazılı olarak toplanan araştırma verilerinin, belirli bir amaç çerçevesinde sınıflandırılmasını ve özetlenmesini ifade etmektedir. Bu yöntemin aşamalarında ilk olarak elde edilen veriler kavramlaştırılmaktadır.

Ortaya koyulan bu kavramlar, araştırmanın konusuna uygun şekilde gruplanarak veriyi tanımlayan temalar ortaya çıkarılmaktadır. İçerik analizi yönteminde sıklık analizi, ilişki analizi, kategori analizi gibi çeşitli analiz türleri bulunmaktadır. Bu tez çalışması kapsamında, elde edilen verilerin sıklık analizi yapılmıştır.

İçerik analizi yapılırken en önemli noktalardan biri, bulguların yorumlanması kısmıdır. Elde edilen verilerin doğru sınıflandırılması ve anlamlı bir sonuç sunması analizin tamamlanabilmesi için oldukça önemli görülmektedir.

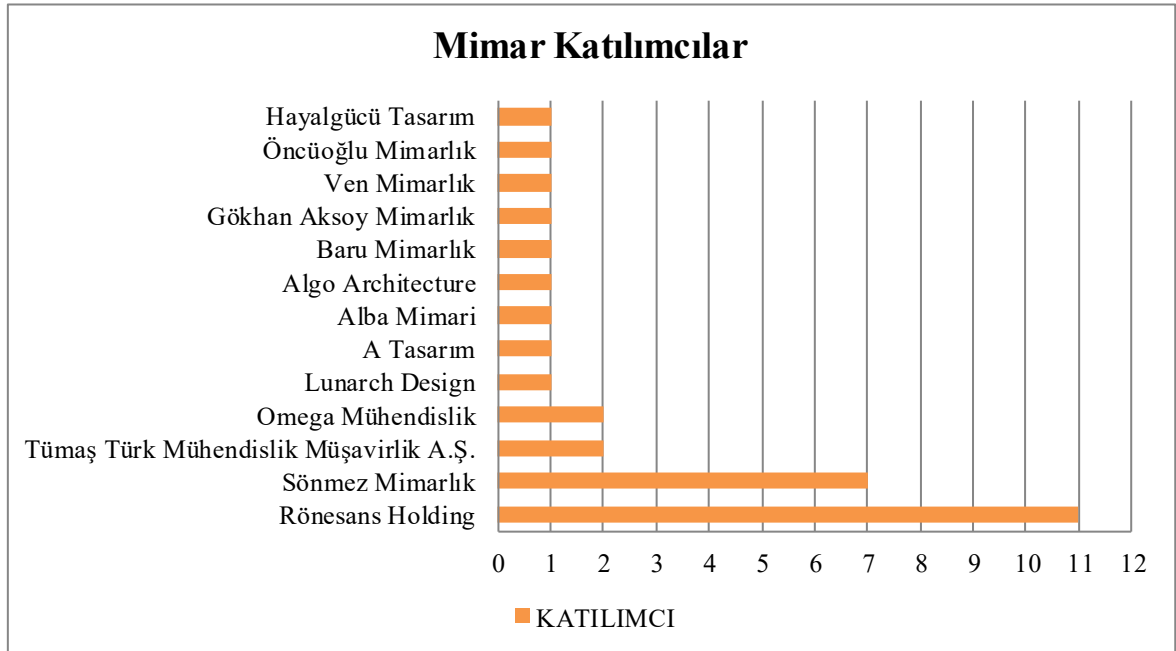
5. ANALİZ VE BULGULAR

Analiz ve bulgular bölümünde, araştırma sonucunda elde edilen veriler ortaya koyulmuştur. Bu veriler aktarılırken ilk olarak katılımcılar hakkında elde edilen bilgiler paylaşılarak değerlendirilmiş olup devamında istatistiksel analiz ve içerik analizi sonuçlarına yer verilmiştir.

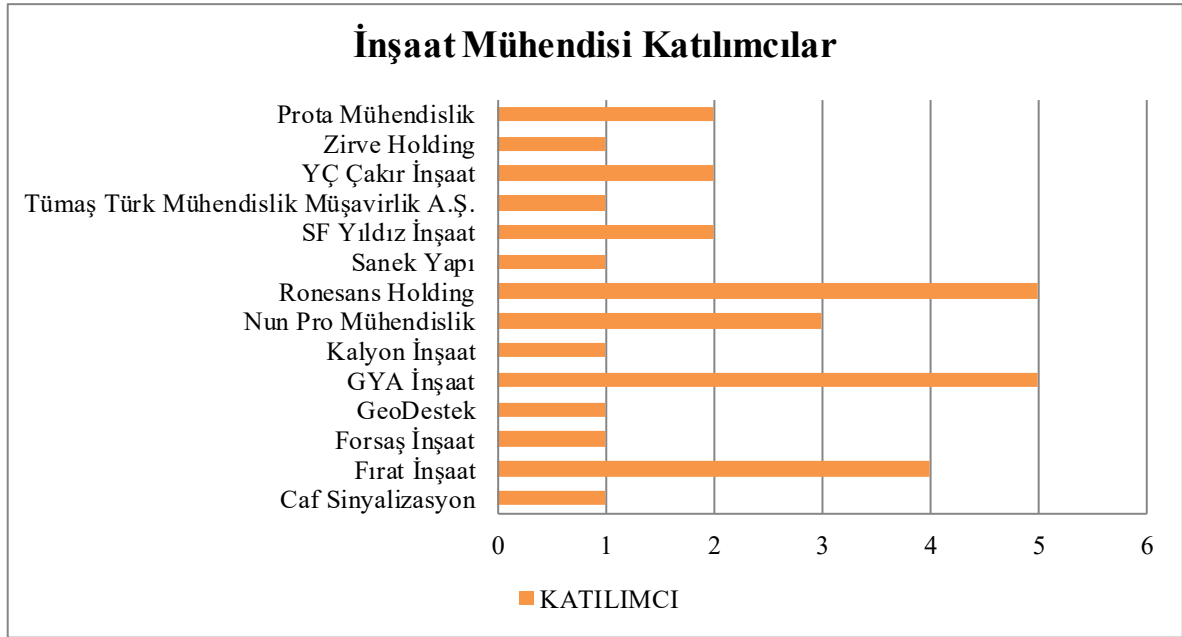
Araştırma sürecinin başında her firmanın ortalama üç kişi olarak araştırmaya katılımı planlanmıştır. Fakat süreç içerisinde firmaların araştırmaya olan ilgisi ve araştırmacı ile işbirliği yapma istekliliği katılım oranlarını etkilemiştir.

Mimar katılımcılar ve bulundukları firmaların yer aldığı Şekil 5.1.'de görüldüğü gibi, bazı firmaların diğer firmalara oranla daha çok katılımcı ile sürece dâhil olmasının sebebi, araştırmadan bağımsız olarak o firmanın kendi çaba ve istekliliği ile gerçekleşmiştir. Ayrıca firma bünyesinde BIM kullanımına dair istenilen tecrübe seviyesinde kullanıcıların nispeten diğer firmalardan fazla oluşu, katılımcı sayısını etkilemiştir.

Şekil 5.1. Ankete katılan mimarların firmalara göre dağılımı



Şekil 5.2. Ankete katılan inşaat mühendislerinin firmalara göre dağılımı



Şekil 5.2.’de, araştırmaya dâhil olan inşaat mühendisleri ve bulundukları firmalar gösterilmiştir. Bu tabloya baktığımızda, yanıt veren inşaat mühendislerinin firma bazında mimarlara oranla daha dengeli bir katılım sağladığı görülmüştür.

5.1. İstatiksel Analiz Sonuçları

Anket verileri SPSS programı aracılığıyla istatiksel olarak hesaplanmıştır. Bu hesaplamalarda tek örneklem t-testi ve bağımsız grup t-testi yöntemleri kullanılmıştır. Tek örneklem t-test sonuçlarına göre literatürde ortaya koyulan 26 maddenin değerlendirmesi yapılmıştır. Bağımsız grup t-test sonuçlarında ise bu bariyerlerin mimarlar ile inşaat mühendislerinin cevaplarına göre farklılaşma durumları analiz edilmiştir.

5.1.1. Tek örneklem t-test sonuçları

Anket sonuçlarına göre, 26 maddeden oluşan bariyer tanımları ve bariyer olma durumları Tablo 5.1.’deki gibidir. Tablo 5.1.’e göre, Türkiye’de yer alan mimar ve inşaat mühendislerinin en çok karşılaştıkları işbirliği bariyeri yedinci soruda yer alan, işbirliği konusunda verimsiz BIM eğitimi, maddesi ile ‘eğitim’ olmuştur. 5 üzerinden 4,57 ortalama ile en yüksek çıkan bu sonuç, iki paydaşın da ortak olarak öne sürdüğü en önemli bariyerdir.

Devamında 4 ortalama ile ekip üyelerinin yetersiz işbirliği bilgisi ile kişisel beceri ve yetkinlikleri gelmektedir. En yüksek çıkan diğer bir sonuç ise, 3,82 ortalama ile 16. soruda yer alan BIM modelleri ile ilgili sözleşme ve standartların eksikliği bariyeridir. Analiz sonuçlarına bakıldığında, 11. soruda yer alan; çok kültürlü takımlarda kültürel çeşitlilikler yaşanması durumunun 1,65 ortalama ile diğer maddelere göre en küçük bariyer olarak görüldüğü ortaya çıkmıştır.

Tablo 5.1. Tek örneklem t-test sonuçları (Test değeri 1)

AÇIKLAMA	Ortalama	Standart Sapma	t Değeri	Test Değeri 1	
				p Değeri	
1- Ortak bir veri ortamının olmaması	1,73	1,087	5,225	0,000	(P<0.001)
2- BIM işbirliğine ilişkin kılavuz ve standartların eksikliği	3,30*	1,266	14,070	0,000	(P<0.001)
3- Veri sahipliği ve veri gizliliği endişeleri	2,28	1,166	8,527	0,000	(P<0.001)
4- Teknolojik destek	2,58	1,183	10,366	0,000	(P<0.001)
5- Proje yaşam döngüsü boyunca birlikte çalışabilirlik sorunları (IFC uyumluluğu vb.)	2	1,378	5,622	0,000	(P<0.001)
6- İşbirliği araçlarını benimsemenin karmaşıklıkları (BIM aracı seçimi, Revit vb.)	2,62	1,379	9,082	0,000	(P<0.001)
7- İşbirliği konusunda verimsiz BIM eğitimi	4,57	0,851	32,462	0,000	(P<0.001)
8- Ekip üyelerinin yetersiz işbirliği bilgisi, kişisel beceri ve yetkinlikleri	4	1,089	21,334	0,000	(P<0.001)
9- Sektör genelinde işbirliği kavramının farklı anlayışları	3,52	1,066	18,295	0,000	(P<0.001)
10- Ekipler arası işbirliği yapma biçimindeki farklılıklar	3,13*	0,965	17,125	0,000	(P<0.001)
11- Çok kültürlü takımlarda kültürel çeşitlilikler	1,65	0,971	5,184	0,000	(P<0.001)
12- Norm olarak parçalanmış paydaşlar	2,93*	1,376	10,882	0,000	(P<0.001)
13- Ekip çalışması zihniyetinin eksikliği	3,65	1,313	15,638	0,000	(P<0.001)
14- İnsan, süreç ve teknoloji arasındaki ilişkileri gözden geçirmek	3,02*	1,269	12,312	0,000	(P<0.001)
15- BIM ortamının dışında gerçekleşen önemli iletişim (telefon vb.)	2,58	1,357	9,040	0,000	(P<0.001)
16- BIM modelleri ile ilgili sözleşme ve standartların eksikliği	3,82	1,214	17,969	0,000	(P<0.001)
17- Çok disiplinli takımlarda farklı organizasyon yapıları	3,00*	1,235	12,543	0,000	(P<0.001)
18- İnşaat endüstrisinin dinamikleri ve parçalanmış doğası	2,82*	1,269	11,091	0,000	(P<0.001)
19- Proje ekiplerinin yalıtılmış çalışma anlayışı	3,23*	1,198	14,435	0,000	(P<0.001)
20- Veri ve bilgi paylaşımına karşı direnç	2,4	1,182	9,176	0,000	(P<0.001)
21- Tasarımcılar ve alt tedarik zinciri arasında işbirlikli çalışma eksikliği	3,67	1,23	16,787	0,000	(P<0.001)
22- Yönetim ekipleri arasındaki rekabet	2,25	1,083	8,937	0,000	(P<0.001)
23- Yeni rollerin (BIM yöneticisi vb.) yeterince oluşturulmaması	3,4	1,182	15,731	0,000	(P<0.001)
24- Destekleyici ekip yapılanması eksikliği	3,68	1,172	17,741	0,000	(P<0.001)
25- Doğru zamanda doğru bilginin bulunmaması	1,88	1,29	5,304	0,000	(P<0.001)
26- BIM görevlerinin karmaşık yapısı	2,42	1,253	8,760	0,000	(P<0.001)

Tablo 5.1.'de yapılan analizin devamında hangi maddelerin daha etkin bariyerler olduğunu tespit edebilmek ve etki oranlarını ölçebilmek adına test değeri 3 alınarak analiz tekrar edilmiş ve Tablo 5.2.'de ifade edilmiştir.

Tablo 5.2. Tek örneklem t-test sonuçları (Test değeri 3)

AÇIKLAMA	Ortalama	Standart Sapma	t Değeri	Test Değeri 3	
				p Değeri	
1- Ortak bir veri ortamının olmaması	1,73	1,087	-9,025	0,000	(P<0.001)
2- BIM işbirliğine ilişkin kılavuz ve standartların eksikliği	3,30*	1,266	1,835	0,072	*
3- Veri sahipliği ve veri gizliliği endişeleri	2,28	1,166	-4,762	0,000	(P<0.001)
4- Teknolojik destek	2,58	1,183	-2,728	0,008	(P<0.05)
5- Proje yaşam döngüsü boyunca birlikte çalışabilirlik sorunları (IFC uyumluluğu vb.)	2	1,378	-5,622	0,000	(P<0.001)
6- İşbirliği araçlarını benimsemenin karmaşıklıkları (BIM aracı seçimi, Revit vb.)	2,62	1,379	-2,153	0,035	(P<0.05)
7- İşbirliği konusunda verimsiz BIM eğitimi	4,57	0,851	14,259	0,000	(P<0.001)
8- Ekip üyelerinin yetersiz işbirliği bilgisi, kişisel beceri ve yetkinlikleri	4	1,089	7,111	0,000	(P<0.001)
9- Sektör genelinde işbirliği kavramının farklı anlayışları	3,52	1,066	3,756	0,000	(P<0.001)
10- Ekipler arası işbirliği yapma biçimindeki farklılıklar	3,13*	0,965	1,070	0,289	*
11- Çok kültürlü takımlarda kültürel çeşitlilikler	1,65	0,971	-10,767	0,000	(P<0.001)
12- Norm olarak parçalanmış paydaşlar	2,93*	1,376	-0,375	0,709	*
13- Ekip çalışması zihniyetinin eksikliği	3,65	1,313	3,836	0,000	(P<0.001)
14- İnsan, süreç ve teknoloji arasındaki ilişkileri gözden geçirmek	3,02*	1,269	0,102	0,919	*
15- BIM ortamının dışında gerçekleşen önemli iletişim (telefon vb.)	2,58	1,357	-2,379	0,021	(P<0.05)
16- BIM modelleri ile ilgili sözleşme ve standartların eksikliği	3,82	1,214	5,210	0,000	(P<0.001)
17- Çok disiplinli takımlarda farklı organizasyon yapıları	3,00*	1,235	0,000	1,000	*
18- İnşaat endüstrisinin dinamikleri ve parçalanmış doğası	2,82*	1,269	-1,119	0,268	*
19- Proje ekiplerinin yalıtılmış çalışma anlayışı	3,23*	1,198	1,508	0,137	*
20- Veri ve bilgi paylaşımına karşı direnç	2,4	1,182	-3,933	0,000	(P<0.001)
21- Tasarımcılar ve alt tedarik zinciri arasında işbirlikli çalışma eksikliği	3,67	1,23	4,197	0,000	(P<0.001)
22- Yönetim ekipleri arasındaki rekabet	2,25	1,083	-5,362	0,000	(P<0.001)
23- Yeni rollerin (BIM yöneticisi vb.) yeterince oluşturulmaması	3,4	1,182	2,622	0,011	(P<0.05)
24- Destekleyici ekip yapılanması eksikliği	3,68	1,172	4,518	0,000	(P<0.001)
25- Doğru zamanda doğru bilginin bulunmaması	1,88	1,29	-6,705	0,000	(P<0.001)
26- BIM görevlerinin karmaşık yapısı	2,42	1,253	-3,607	0,001	(P<0.05)

* Anlamlı değildir.

Tablo 5.2.'deki verilerin istatistiksel olarak anlamlılık (p) değerine baktığımızda, 7 maddenin “p” değerinin 0.05’den büyük olduğu ve bu maddeler için ortalama değerin orta

büyüklikte bariyer olarak tanımlanan 3 değerinden istatistiksel olarak farklı olmadığı ortaya çıkmıştır. Listedeki 11 madde (2'nci, 4'üncü, 6'ncı, 10'uncu, 12'nci, 14'üncü, 15'inci, 17'nci, 18'inci, 19'uncu, 23'üncü maddeler) “Küçük bariyer”, 8 madde ise (7'nci, 8'inci, 9'uncu, 13'ncü 16'ncı 21'inci 23'üncü ve 24'inci maddeler) “Büyük” veya “Çok Büyük” bariyer olarak değerlendirilmiştir. Ortaya çıkan bu sonuçların sebepleri ve çözümlerine dair öneriler tartışma bölümünde (Bkz. Bölüm 6) detaylı olarak ele alınmıştır.

5.1.2. Bağımsız grup t-test sonuçları

Mimar ve mühendislerin verdiği cevapların farklılaşma durumunu ölçmek adına cevaplar bağımsız grup t-test yöntemi ile analiz edilerek Tablo 5.3.'te karşılaştırma yapılmıştır.

Tablo 5.3. Bağımsız grup t-test sonuçları

Soru No	Ortalama	Std. Sapma	Ortalama	Std. Sapma	t Değeri	p Değeri	
	MİMAR		İNŞAAT MÜHENDİSİ				
1	1,43	0,774	2,03	1,273	-2,206	0,032	p<0.05
2	3,17	1,392	3,43	1,135	-0,813	0,419	*
3	1,83	0,913	2,73	1,23	-3,218	0,002	p<0.05
4	2,6	1,248	2,57	1,135	0,108	0,914	*
5	2,03	1,45	1,97	1,326	0,186	0,853	*
6	2,53	1,358	2,7	1,418	-0,465	0,644	*
7	4,5	1,106	4,63	0,49	-0,603	0,550	*
8	3,97	1,273	4,03	0,89	-0,235	0,815	*
9	3,67	1,184	3,37	0,928	1,092	0,279	*
10	3,03	1,098	3,23	0,817	-0,800	0,427	*
11	1,53	0,9	1,77	1,04	-0,929	0,357	*
12	2,73	1,484	3,13	1,252	-1,128	0,264	*
13	3,83	1,367	3,47	1,252	1,083	0,283	*
14	2,87	1,358	3,17	1,177	-0,914	0,364	*
15	3	1,554	2,17	0,986	2,481	0,017	p<0.05
16	3,83	1,341	3,8	1,095	0,105	0,916	*
17	2,8	1,349	3,2	1,095	-1,261	0,213	*
18	2,77	1,382	2,87	1,167	-0,303	0,763	*
19	3,27	1,311	3,2	1,095	0,214	0,832	*
20	2,17	1,262	2,63	1,066	-1,547	0,127	*
21	3,63	1,245	3,7	1,236	-0,208	0,836	*
22	2,37	1,217	2,13	0,937	0,832	0,409	*
23	3,63	1,351	3,17	0,95	1,547	0,128	*

24	3,97	1,098	3,4	1,192	1,915	0,060	*
25	1,87	1,279	1,9	1,322	-0,099	0,921	*
26	2,53	1,383	2,3	1,119	0,718	0,475	*

* Anlamlı değildir.

5.2. Açık Uçlu Sorulara Verilen Cevapların Analiz Sonuçları

Elde edilen istatistiksel verilerin daha detaylı anlaşılabilmesi için her maddenin içerisinde yer alan açık uçlu sorular detaylı şekilde analiz edilmiştir. Yapılan analizlerin sonuçları bariyer özelinde açıklanmıştır.

5.2.1. Süreç

Yapılan analizlere göre, işbirlikli proje üretimi esnasında kullanıcıların süreç başlığı altında incelenen çeşitli bariyerler ile karşılaştığı görülmüştür. Bu bariyerlerden özellikle, BIM işbirliğine dair kural ve standartların eksikliği ile işbirliğine dair yetersiz BIM eğitimi durumunun önemli problemler olarak değerlendirildiği ortaya çıkmıştır. Süreç başlığı altında incelenen bariyerler ve bu bariyerlere dair örnek ifadeler detaylı olarak açıklanmıştır.

5.2.1.1. Ortak bir veri ortamının olmaması

Araştırma sonuçlarına göre BIM araçları kullanıcılarına ortak bir veri ortamı sunmaktadır. Fakat ortak kuralların ve tanımlanmış bir düzenin olmamasının bu veri ortamını kullanmada sıkıntı yarattığı ifade edilmiştir.

Aynı disiplin içerisindeki çalışmalar için bulut ve senkronize model gibi çalışma sistemlerinin, ortak proje üretimini ve iş bölümünü büyük oranda kolaylaştırdığı belirtilmiştir. Ancak disiplinler arası çalışmalarda programı algılayış ve kullanım biçimleri bakımından oluşan farkların projeler üzerinde uzlaşılması zor bazı problemleri beraberinde getirdiği savunulmuştur. Kullanıcılar BIM'i işbirliğini desteklemek üzere tasarlanmış etkili bir araç olarak görmekte, fakat süreç içerisinde kullanıcı donanımı kaynaklı sorunlar yaşandığını dile getirmektedir.

Ayrıca açık uçlu sorular sayesinde, bu soruya verilen cevapların istatistiksel analizinde iki disiplin arasında oluşan farkın sebebi olarak, inşaat mühendislerinin statik model aktarımında yaşadığı bazı sıkıntılar olduğu ortaya çıkmıştır.

Örnek İfadeler:

“Hâlihazırdaki koşullarda ancak BIM araçlarıyla tam anlamıyla ortak bir veri ortamına ulaşabildiğimizi düşünüyorum. Mutlaka eksikleri olmakla birlikte BIM araçları olmaksızın tüm disiplinlerin oluşturabileceği ortak bir veri ortamı bulunmuyor. Öte yandan, mevcut BIM araçlarının ancak birkaçı (zincir yazılımlar) kullanılarak ortak veri ortamlarına ulaşılabilir. Bu biraz da maalesef yazılım firmalarının pazarlama stratejisinin bir parçası.”

“BIM araçlarının kullanıcılarına işbirliğini destekleyen ortak bir veri ortamı sunduğunu düşünüyorum.”

5.2.1.2. BIM işbirliğine ilişkin kılavuz ve standartların eksikliği

Anket sonuçlarına göre, Türkiye’de BIM işbirliğine ilişkin kılavuz ve standart eksikliği bulunmaktadır. Kullanıcılar, devlet kurumlarının (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı vb.) bu sürece öncülük etmesi gerektiğini, tasarımcılar için yol gösterici olmaları gerektiğini savunmaktadır.

Açık uçlu sorulara verilen yanıtlara göre, dünya genelinde çeşitli standart ve kuralların olması bazı kullanıcılar için proje yapımı konusunda yeterli olmakla beraber, katılımcıların ortak probleminin, var olan kural ve standartları denetleyen ve yaptırım uygulayan bir kurumun olmayışı olduğu ortaya çıkmıştır.

Örnek İfadeler:

“Dünya genelinde kural ve standartlarımız var ancak Türkiye’de LOD standartlarının olmaması inşaat sektörü açısından ciddi bir kayıptır. Ortak bir dil birliğinin sağlanması için TSE’nin Çevre ve Şehircilik Bakanlığı standartları gibi referans alabileceğimiz dokümanları oluşturulmalıdır.”

5.2.1.3. Veri sahipliği ve veri gizliliği endişeleri

Katılımcılara göre, Türkiye’de yaşanan BIM adaptasyonu sürecinde, veri gizliliği problemleri yaşanmaktadır. Fakat kullanıcılar bu durumun yalnızca BIM özelinde olmadığını CAD tabanlı programlarda da aynı sorunla karşılaştığını dile getirmiştir.

Bu noktada, BIM’in diğer programlardan farkının proje yönetimi bölümü olduğu ifade edilmiştir. Proje yönetimi bölümü sayesinde hangi kullanıcı ile modelin hangi kısmının paylaşılacağı gibi konular planlanarak kontrol edilebilmektedir. Bu durumla paralel şekilde, BIM adaptasyonunda ilerlendikçe artık veri gizliliği konusunda bir problem kalmayacağı savunulmuştur.

Örnek İfadeler:

“Ülkemiz için BIM' e özgü geçerli bir engel olarak görmüyorum. Çünkü projeler için veri mülkiyeti ve veri gizliliğimiz zaten bulunmuyor. Projeler A-Z'ye DWG olarak herkese (belediye ve ilgili idarelerden başlayarak) dağıtılıyor. Veri bir değer olarak yeterince görülmediği için mülkiyet sahipliği de bir problem oluşturmuyor.”

“Verilerin paylaşımı zaten projeye adapte olacak olağan ekipler ile yapılacağı için önem arz etmemekte. 3D aşamasına gelindiye şayet zaten paylaşılacak bir durum olmaz, işletme modelini kendi özelinde korumak konusunda gayet haklıdır.”

5.2.1.4. Teknolojik destek

Araştırma sonuçlarına göre, BIM uygulamaları, yazılım firmalarının reklamlarında sunduğu özellikleri göstermemektedir. Kullanıcılar yalnızca BIM özelinde değil diğer bütün programların reklamlarda gerçeği yansıtmayabileceğini ve bu durumun olağan olduğunu savunurken, bazı kullanıcılar ise bu durumun yeni başlayanlar için büyük problem yarattığını öne sürmüştür. Yapılan açıklamalara göre, programı bilmeyen ve yeni öğrenen bir kişi beklediği özellikler ile karşılaşamayınca program hakkında hayal kırıklığı yaşayıp alıştığı eski düzene geri dönebilmektedir.

Örnek İfadeler:

“Reklamaların algı ve beklentileri yönlendirdiği bir gerçek... Çok kolay görünen uygulamaların aslında hiç de öyle olmadığı görüldüğünde, kullanıcılarda bir hayal kırıklığı ve araçlardan kopuş yaşanabiliyor.”

“Kalifiye insanlar bu sistemi kullandığında reklamlarda belirtilen performansa yakın sonuçlar elde edebilirler ancak bunun için çok maliyetli cihazlar kullanmaları gerekir.”

“BIM araçlarının kapasitesi reklamlarda belirtilen gibidir, fakat asıl sıkıntı kullanıcının buna adapte olması için ciddi bir emek ile çalışması ve altyapıyı kurması gerekmesidir. Bu da danışmanlar ile mümkün olmaktadır.”

5.2.1.5. Proje yaşam döngüsü boyunca birlikte çalışabilirlik sorunları

İstatiksel analiz sonuçlarına göre, IFC uyumluluğu gibi problemler ekiplerin birlikte çalışabilirliğine dair bir sorun yaratmamaktadır. Fakat cevaplar içerik analizi yöntemi ile incelendiğinde, programlar arasında dosya aktarımı sırasında veri kaybı yaşandığı ve bu durumun emek ve zaman kaybı olarak görüldüğü de ortaya çıkmıştır.

IFC formatını kullanırken ekiplerin proje başlangıcında bir araya gelip ortak bir karara varmasının önemli olduğu, bu sayede problemlerin baştan çözüleceği öne sürülmüştür. Ayrıca seçilen BIM yazılımının işbirliği sürecini ciddi oranda etkilediği ifade edilmiştir.

Örnek İfadeler:

“Yazılımlar IFC uzantılarıyla birebir uyumlu olup ekipler arası etkileşim esnasında herhangi bir sorun çıkarmamaktadır.”

“Programlar arası geçişlerde (örn. AllPlan ve Revit) veri kaybı yaşanıyor, bu durum düzeltilebilir. AllPlan’da çizilen bir kirişin Revit’te sadece bir numara olarak gözükmesi revizyonlar sırasında da işi çok yavaşlatıyor. Veri kaybı dışında IFC 3D kısmında çizgi olarak gözükebiliyor ve görüntü kötü olduğu için modellemeyi zorlaştırıyor.”

5.2.1.6. İşbirliği araçlarını benimsemenin karmaşıklıkları

Farklı BIM araçları seçilmesinin kullanıcılar arasında işbirliği kaynaklı problemlere neden olup olmadığı sorgulandığında, IFC dönüşümleri ile ilgili yaşanan sorunların ortaya koyulduğu görülmüştür. Mimar, inşaat mühendisi gibi farklı disiplinlerin farklı araçlar kullanıyor olmasının veri kayıplarına neden olabildiği ifade edilmiştir. Bu durumun

eksikliklerini yaşamamak adına yazılım üretici firmaların aynı ürün gamına bağlı kalmayı mecbur kıldığı ortaya çıkmıştır. Bu soruda verilen cevapların ortalama değerleri arasındaki farkın kullanıcıların maliyet ve veri kaybı ikilisinden hangisini seçtiğine göre değiştiği ortaya çıkmıştır.

Katılımcıların verdiği cevapların istatistiksel analizine baktığımızda, bu bariyerin ortalamanın altında olduğu ortaya çıksa da, kullanıcılar yazılım firmalarının ortak bir dil oluşturarak programları geliştirmesini talep etmektedir.

Örnek İfadeler:

“Kısa vadede mümkün olduğunca aynı firmanın ürün gamını kullanmak gerektiğini düşünüyorum. Uzun vadede ise IFC yerine daha gelişkin ve kolay uygulanabilir bir standart/ ortak dil gerekiyor.”

“Programlar farklı olsa dahi, ara yüz ve çalışma prensipleri birbirine yakınlaştırılırsa, kullanıcılar arasında bir problem olmaktan çıkacaktır.”

5.2.1.7. İşbirliği konusunda verimsiz BIM eğitimi

Anket sonuçlarına göre BIM ile işbirlikli proje sürecinde kullanıcıların en büyük bariyer olarak değerlendirdikleri veri; eğitimidir. Kullanıcılar BIM eğitimi verilmesinin önemini sık sık vurgulamış, bu konuda yaşanan sıkıntıları detaylı olarak dile getirmiştir.

BIM eğitiminin yalnızca program bilgisi özelinde olmaması gerektiğini ve eğitimcilerin profesyonel hayatın gerekliliklerini dikkate alarak hareket etmesi gerektiğini savunmuşlardır. Yalnızca modelleme yapımı konusunda değil, detay çizimleri konusunda da kullanıcıların geliştirilmesi gerektiğini dile getirmişlerdir. Özellikle diğer disiplinler ile koordineli olarak çalışılması konusunda kapsamlı eğitimler hazırlanması gerektiğini sıklıkla belirtmişlerdir. Katılımcılardan bazıları bu eğitimlerin her ofisin kendi bünyesinde verilmesi gerektiğini savunurken bazı katılımcılar da, kişinin program bilgisi konusunda kendi kendisini geliştirebileceğini savunmuştur.

Örnek İfadeler:

“Piyasaya uygun BIM eğitimleri verilmeli. Kişi kendi kendisine öğrenmek zorunda kalıyor. Bu zaman ve emek kaybı yaratıyor.”

“BIM artık tüm mimarlar ve mühendisler tarafından belirli bir ölçüde kullanılıyor olmalı ama sorun eğitimden çok kullanımının olmamasında. BIM kullanmayan ofis sayısı hâlâ çok fazla ve böyle iş yükünün zaten çok fazla olduğu yerlerde insanlar ekstra zamanlarını öğrenmek için ayırmıyor ve eğitimde verilen de unutulup gidiyor.”

5.2.2. Aktör

Aktör başlığı altında incelenen bariyer kullanıcıların yetersiz işbirliği bilgi ve becerilerini ele almaktadır. Bu kapsamda baktığımızda, anket sonuçlarına göre kullanıcıların kişisel yetkinliklerinin önemli bir etkisi olduğu ve çözülmesi gereken bir problem olarak görüldüğü ortaya çıkmıştır.

5.2.2.1. Ekip üyelerinin yetersiz işbirliği bilgisi, beceri ve yetkinlikleri

Anket verilerine göre; ekip üyelerinin yetersiz işbirliği bilgi ve becerilerinin proje sürecinde problemler yarattığı ortaya çıkmıştır. İletişim kurma ve ekip olma becerilerinden yoksun kullanıcıların BIM sürecini aksattığı ve bazı durumlarda modelin yeniden üretilmesine kadar giden büyük sorunlara yol açabildiği ifade edilmiştir. Anket katılımcılarına göre; BIM araçları ile BIM ekibinin birbirini tamamlanması gerekmektedir.

Örnek İfadeler:

“Ekip üyelerinin donanımlı olması projenin hızı ve verimliliği gibi konularda avantaj sağlıyor, yanlış çizilen modellerin revize edilmesi çoğu zaman baştan modelleme ile aynı zorlukta olabiliyor.”

5.2.3. Bağlam

Bağlam başlığı altında incelenen bariyerler genel anlamda sektörün yapısını ve paydaşlar arasındaki dinamikleri ele almaktadır. Bu kapsamda baktığımızda, anket sonuçlarına göre sektörde yaşanan parçalanmaların ve ekipler arasındaki kopuklukların önemli işbirliği bariyerleri olarak algılandığı ortaya çıkmıştır.

5.2.3.1. Sektör genelinde işbirliği kavramının farklı anlayışları

İnşaat sektöründe paydaşlar arasında işbirliği kavramının farklı anlaşılıyor olması işbirliği sürecini olumsuz etkilemektedir. Mimarlar bu duruma çözüm olarak kullanıcıların beklentilerinin açık ve net bir şekilde baştan belirtilerek süreç yönetiminin o şekilde yapılmasını savunmaktadır. Bu noktada sözleşme ve standartların gerekliliği konusu tekrar vurgulanmış olup ekiplerin aynı hedef ve aynı amaç doğrultusunda olduğundan emin olunması gerektiği öne sürülmektedir.

Örnek İfadeler:

“İşbirliğini yalnızca ortak bir iş yapmak olarak algılamamak gerekiyor. Süreç ve amaç bir bütün olmalı. Ekip içerisinde bu farkındalık tam oturmadığında BIM süreci de doğal olarak aksıyor.”

5.2.3.2. Ekipler arası işbirliği yapma biçimindeki farklılıklar

Katılımcıların deneyimlerine göre, ekipler arası işbirliği yapma biçiminde farklılıklar bulunmaktadır. Fakat bu bariyerin süreç içerisinde zamanla ortadan kalktığı ve çözüldüğü de ifade edilmiştir.

Mimarlar, işbirliği yapma biçimi kaynaklı problemler yaşamamak için sürecin başında bu konunun net bir şekilde ele alınması gerektiğini öne sürmüş ve bu konuda belirli kural ve standartlar geliştirilmesi gerektiğini savunmuştur.

Örnek İfadeler:

“Ekipler belli kurallar ve standartlar çerçevesinde çalışma yoluna gittiği müddetçe sorun yaşanmayacaktır. Belli çalışma stillerinin önceden konuşularak buna uygun biçimde hareket edilmesi gerekmektedir. Sürecin baştan konuşulup planlanması çok önemlidir.”

5.2.3.3. Çok kültürlü takımlarda kültürel çeşitlilikler

Çok uluslu takımlarda ekip üyeleri içerisindeki kültürel farkların BIM ile işbirliği sürecini nasıl etkilediği sorgulandığında, kullanıcıların bu konuyu büyük bir bariyer olarak görmediği ortaya çıkmıştır. Kullanıcı deneyimlerine göre kültürel farklar, tasarımcıları kural ve standartlara bağlı kalmaya yönlendirerek süreci hızlandırmaktadır.

Proje üzerinde ortak bir dil oluşturmanın, çok uluslu işlerde daha kolay olduğu ve bu durumun sebebinin, sürecin en baştan net bir şekilde planlanması olduğu savunulmaktadır. Anket sonuçlarına göre çok uluslu takımlarda yalnızca proje yapım ve inşa metotları arasında fark varsa zorluklar yaşanmaktadır.

rnek İfadeler:

“ok uluslu işlerde standartlara daha çok bağlı kalma gerekliliği aslında işbirliğini daha fazla kolaylaştırıyor.”

“Kültür farklılığı sorun yaratmaz aksine zenginleştirir.”

5.2.3.4. Norm olarak parçalanmış paydaşlar

Mimar ve mühendislerin küçük graplardan oluşan parçalanmış doğası, anket verilerine göre incelendiğinde, kullanıcıların bir kısmının bu konunun önemli olmadığını, önemli olan şeyin iş planı olduğunu savundukları görülmüştür. Katılımcıların diğer bir kısmının ise, ekiplerin dağınık yapısının işbirliği sürecini olumsuz etkilediğini dile getirdiği görülmüştür.

Bu bariyer sorgulanırken, proje boyutunun önemine ve tasarımcı firmanın kurumsallık seviyesinin etkisine değinilmiştir. Katılımcılar tarafından sektörün parçalanmış doğasının bir problem oluşurmaması için, idari kadronun kontrolü sağlaması gerektiği savunulmuştur.

rnek İfadeler:

“İnşaat sektörü birbirinden kopuk ve kendi başına buyruk olduğu sürece işbirliği problemleri olacaktır.”

5.2.3.5. Ekip alışması zihniyetinin eksikliği

Anket sonuçlarına göre; takım çalışmasının yalnızca BIM özelinde değil, tüm proje teslim süreçlerinde çok önemli olduğu ve proje üretimi için temel gerekliliklerden biri olduğu ortaya çıkmıştır. Araştırmada, katılımcılar takım çalışmasının önemini vurgulayarak bu becerinin tecrübe ile doğru orantılı olduğunu, süreç içerisinde geliştirilebileceğini savunmuşlardır.

Örnek İfadeler:

“Proje bir takım işidir. Kimse tek başına bir yapının tamamını başarılı bir şekilde yapamayacağı gibi bireysel davranıp bu iddianın peşinden gitmemelidir.”

5.2.3.6. İnsan, süreç ve teknoloji arasındaki ilişkileri gözden geçirmek

Proje aşamasında; ekip üyeleri, proje süreci ve teknoloji arasındaki ilişkilerin yeterince dikkate alınmamasının teslim sürecini aksatan problemlere zemin hazırladığı ortaya çıkmıştır. Ekip üyelerinin ve ekipmanlarının doğru analiz edilip planlanmadan yalnızca proje teslimi odaklı bir çalışma tarzı izlenmesinin süreci zorlaştırdığı öne sürülmüştür. Katılımcılar bu noktada ekip liderine düşen sorumluluğun önemini vurgulamıştır.

Örnek İfadeler:

“Ekip üyelerinin durumunu dikkate almadan, teknolojik kaynakların yeterliliğini kontrol etmeden verilen son teslim tarihine odaklanırsanız, mutsuz bir ekip ve son anda bozulan bilgisayarlar yüzünden hep sıkıntı yaşarsınız. Bu süreç bir bütündür.”

5.2.3.7. BIM ortamının dışında gerçekleşen önemli iletişim

Anket verilerine göre, BIM aracının yetersiz kalması sebebiyle farklı iletişim araçlarına başvurulması bir sorun olarak görülmekten ziyade olağan bir durum olarak karşılanmaktadır. Kullanıcılar, bir programdan her şeyi beklemenin yanlış olduğunu düşünmenin yanı sıra en iyi ve en verimli çözümü sağlayacak araçların BIM’in yanında ek olarak kullanılmasında da bir problem görmemektedir.

Örnek İfadeler:

“Başka araçlara AutoCAD kullanırken de ihtiyaç duyuyorduk, bu konunun önemli bir bariyer olduğunu düşünmüyorum. Aksine diğer araçlardan destek almak işbirliği sürecini destekliyor.”

“BIM araçlarından bağımsız olarak günümüz iletişim kanalları daha verimli ve etkin çözümler sunabilmekte. O nedenle bunların kullanımı sorun yaratmıyor. Fakat, BIM araçlarının bu iletişim kanallarını kendilerine entegre etmesi gerekmektedir.”

5.2.3.8. BIM modelleri ile ilgili sözleşme ve standartların eksikliği

BIM etkin proje süreçlerinde ekipler arasında açık ve net bir şekilde tanımlanarak sınırlandırılmış bir sözleşmenin olmasının büyük önem taşıdığı görülmüştür. Katılımcılar, BIM adaptasyon sürecinde işbirlikli çalışabilmenin temel gerekliliği olarak sözleşme ve standartların bulunması gerektiğini savunmuştur.

Örnek İfadeler:

“İşveren ve yüklenici arasındaki dili şeffaflaştırmak adına şartnamelerin ve istek dokümanlarının net bir biçimde tarif edilmesi gerekmektedir.”

5.2.3.9. Çok disiplinli takımlarda farklı organizasyon yapıları

Mimar ve mühendislerin farklı ekiplerden oluşan organizasyon yapıları işbirliği sürecinde kurumdan kuruma farklılık göstermektedir. Katılımcılara göre bu problem, iş tecrübesi ve karşılıklı anlayış ile zamanla ortadan kalkmaktadır. Fakat bazı kullanıcılara göre ise, mimar ile inşaat mühendislerini yurt dışı örneklerinde olduğu gibi ortak bir kurum içerisinde birleştirmek ve tek bir ekibe dönüştürmek etkili bir çözüm olarak görülmektedir.

Örnek İfadeler:

“BIM sistemine adapte olabilmek için ekiplerin kendi içerisinde çalışma alışkanlıkları gibi alışkanlıklarını bir kenara bırakıp, takım çalışması mantığını iyice kavraması gerekmektedir. BIM bir 3D model oluşturmaktan ziyade uygulama safhasına geçilmeden önce aksaklıkları tespit edebilme avantajı sunmaktadır. Verimliliğin artması açısından ekiplerin kendi içine dönük çalışma sistemi yerine birbirleriyle etkileşiminin artırıldığı bir çalışma sistemi daha uygundur.”

“Mimar ve mühendislik firmaları ya aynı organizasyonda olacak ya da aynıymış gibi birlikte proje üretebilecekler. Bu tam bir anlayış birliği gerektiriyor.”

5.2.3.10. İnşaat endüstrisinin dinamikleri ve parçalanmış doğası

İnşaat sektörünün küçük gruplardan oluşan parçalanmış doğası ve sektör dinamikleri ekiplerin iletişim sürecini etkilemektedir. Katılımcıların çoğunluğuna göre, ekipler arasında yaşanan iletişim problemleri işbirlikli çalışma problemleri yaratmaktadır. Diğer yandan katılımcılar, ekiplerin küçük gruplardan oluşan yapısını olumlu bulmakta ve

iletişimi kolaylaştırdığını savunmaktadır. Bahsedilen bu bariyer güncel yaşanan bir sorun olmakla birlikte, istatistiksel analiz sonuçlarına göre kullanıcılar için öncelikli görülmemektedir.

Örnek İfadeler:

“İletişim problemleri büyüyerek işbirlikli çalışma problemleri yaratıyor. Farklı disiplinlerin farklı dili konuşması ve çalışma anlayışları süreci çok etkiliyor ama BIM bunu çözmeye yönelik bir program ve bize ortak bir dil sunuyor. BIM kullanımında yetkinliğin artması işbirliği sorunlarını çözecektir.”

“Ne kadar çok insan o kadar çok fikir ve farklı yol demek. Bu noktada liderlik ve bütünleştirme önemli.”

5.2.4. Ekip

Ekip başlığı altında incelenen işbirliği bariyerlerine baktığımızda, ekip üyeleri arasındaki ilişkilerin sorgulaması yapılarak üyelerin görev ve iş tanımları irdelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre ekip üyelerine dair ortaya koyulan bariyerlerin ortalamasının 5 üzerinden 2,4 ile 3,68 arasında olduğu ve sıklıkla problem olarak bahsedildiği görülmüştür.

5.2.4.1. Proje ekiplerinin yahtılmış çalışma anlayışı

Ekip üyelerinin bireysel çalışma alışkanlıkları BIM sürecini etkilemektedir. Anket katılımcılarına göre, bireysel çalışma anlayışı bırakılmalı, ekip olarak hareket etmek öğrenilmelidir. Ek olarak bazı kullanıcılar, sürecin yalnızca belirli kısımlarında işbirliği yapmayı yeterli bulmakta, bunun dışında bireysel hareket etmekte bir sorun olmadığını düşünmektedir.

Örnek İfadeler:

“Genellikle süreçten haberdar olan grup üyelerinde bu sorun yaşanmamaktadır. BIM gerçek bir ekip çalışması gerektirdiğinden bireysel çalışma alışkanlıklarını bırakmayı gerektirir. Ekip içerisinde aktif şekilde dâhil olup organize olabilme ve süreci yönetebilme başarısı gerektirir.”

“Üretimin az bir kısmı, iç ve interdisipliner koordinasyon gerektirir ve bunların toplantıları yapılır. Yeterlilikleri oturmuş profesyonel ekipler için sürekli iletişim halinde olmak bir gereklilik değildir.”

5.2.4.2. Veri ve bilgi paylaşımına karşı direnç

Anket sonuçlarına göre, ekip üyeleri arasında veri paylaşımına direnç gösterme durumu kullanıcıların çalışma ortamına göre değişiklik göstermektedir. Yapılan açıklamalara göre, ekip üyeleri arasında etkili bir güven ortamı kurulması bu problemin önüne geçebilmektedir.

Ek olarak, BIM süreci veri paylaşımına dayalı olduğu için ekipler arasında güvensizlik durumu varsa, BIM Yöneticisi tarafından sürece müdahale edilmesi ve veri paylaşımı konusunun iyi yönetilmesi gerektiği dile getirilmektedir. Ayrıca katılımcılar tarafından, ekip üyelerinin kişisel gelişim düzeyinin artırılmasının veri paylaşımı konusunda yaşanan direnci azaltacağı savunulmaktadır.

Örnek İfadeler:

“Bu bariyer yalnızca güvensiz bir ortamda karşınıza çıkar. Ekip arkadaşına güvenirsen ve iyi bir BIM Yöneticisi varsa neden direnç gösteresin ki?”

“BIM'e hakim olunması durumunda veri paylaşımı konusunda sorun yaşanmamaktadır. Aksine veri paylaşımı geleneksel yöntemlere kıyasla oldukça pratiktir.”

5.2.4.3. Tasarımcılar ve alt tedarik zinciri arasında işbirlikli çalışma eksikliği

Proje sürecinde, alt tedarik zinciri ile tasarımcılar arasında yaşanan kopuklukların kontrol altına alınmadığı durumda önemli problemler yaşattığı ortaya çıkmıştır. Bu kontrolün sağlanması için süreç planlamasının iyi yapılması ve ekip üyelerinin görev ve sorumluluklarının net bir şekilde ortaya koyulması gerektiği ifade edilmiştir.

Örnek İfadeler:

“Ekipler ve liderleri arasındaki bağın gücü her şeyi etkiler. Bazen süreç içerisinde tasarımcıdan kopuk davranan ve bildiğini okumaya çalışan gruplar olabiliyor. Sonuç yalnızca zaman kaybı...”

“Süreç alt tedarik zinciri tarafından iyi kavranmalıdır. Plan ve programlamalar bu doğrultuda yapılmalıdır. BIM eğitimleri bu grupları da kapsayacak biçimde verilmelidir.”

5.2.4.4. Yönetim ekipleri arasındaki rekabet

Proje süreçlerinde, proje yöneticileri ile BIM yöneticileri arasında bir rekabet durumunun olması katılımcıların çoğu tarafından bariyer değil, geliştirici bir etken olarak değerlendirilmektedir. Rekabetin iyi olduğu, ekibin gelişimine katkı sağlayacağı savunulmaktadır.

Yönetim sürecinde yaşanan bu durumun katılımcılar tarafından rekabetten ziyade, çalışma anlayışlarının farkı olması olarak değerlendirildiği görülmektedir. Bu durumun çözümü olarak BIM eğitimi olan proje yöneticilerinin yetiştirilmesi ve BIM kullanımının öneminin vurgulanması sayılmaktadır.

Örnek İfadeler:

“Bu rekabetten ziyade klasik anlamda yürütülen proje anlayışının BIM formatında geçerli olmamasıdır. Geçişli LOD sistemi olan BIM formatları birçok detay seviyesini aynı anda oluşturma gücüne sahipken erken evreler için daha fazla zamana ihtiyaç duyulmaktadır. Formata hakim olmayan klasik yöneticiler bu kısımlarda süreç açısından anlayışlı olmadıkları durumda bu bir çözümsüzlüğe sebep olabilir.”

“BIM ekibi, tüm ekipler arasında köprü kurarak iletişimi ve işbirliği süreçlerini destek ekip olarak yürütmesi gereken bir ekiptir. Proje ekiplerinin bu durumun farkında olduğu, süreçlerin daha iyi deklere edildiği, görev tanımlarının doğru dağıtıldığı bir ortamda bu sorun gözlemlenmez.”

5.2.4.5. Yeni rollerin (BIM Yöneticisi vb.) yeterince oluşturulmaması

BIM’e geçiş süreci ile gelen yeni iş tanımlarının sektör içerisindeki durumuna baktığımızda, bir bariyer olduğu fakat öne çıkan bir problem yaşanmadığı görülmüştür. Katılımcılar bu durumun sebebi olarak henüz BIM’e geçiş sürecinde yeterli olgunluk aşamasında olunmadığını, bu sebeple BIM bilen kişilerin bütün iş tanımlarına uygun şekilde hareket etmek zorunda kaldığını belirtmiştir.

Örnek İfadeler:

“Şimdilik sorun oluşturmuyor. Çünkü BIM bilen kişiler genelde her işten sorumlu oluyor. Zamanla sorun artabilir.”

“BIM formatı ve hâkimiyeti, yeni bir değer oluşturmakta ve bu formatta yeni bir ‘kalifiye’ tanımı oluşturmaktadır. Klasik ‘tecrübeli’ tanımını da değiştiren bu formatın değerlendirilmesi ve ekonomik planlamasının yapılması gerekmektedir. Bu problem süreç içerisinde çözülecektir ancak şuan bu problem piyasa genelinde bulunmaktadır.”

5.2.4.6. Destekleyici ekip yapılanması eksikliği

Anket sonuçlarına göre, proje sürecinde destekleyici olmayan ekip yapılanmaları önemli bir bariyerdir. Katılımcılar tarafından; ekip üyelerinin anlayışlı ve yol gösterici olması gerektiği, bir disiplinin bile bu sürece uymaması durumunda projede sorunlar yaşanacağı dile getirilmiş, proje başlangıcında ekip yapılanması üzerinde vakit ayrılması gerektiği belirtilmiştir.

Örnek İfadeler:

“Destekleyici ve yapıcı olmayan her ekip yıkılır. Ekip içerisinde güven ortamı oluşturulmalı, her bireyin yeteneklerine uygun görevler verilmeli ve süreç içerisinde denetlenerek gerekli durumlarda desteklenmelidir.”

“BIM sistemi bir ekip ürünü olduğu için taraflardan herhangi birinin sürece tam olarak dâhil olamaması süreci aksatır veya yeterli verimliliğin alınmasına engel olur. Tam verimli bir ürün için tüm disiplinlerin BIM sistemini iyi kavraması gerekmektedir.”

5.2.5. Görev

Görev başlığı altında incelenen bariyerlere baktığımızda; BIM görevlerinin karmaşık yapısı ve doğru zamanda doğru bilgi bulunmasına gibi çeşitli problemler sorgulanmıştır. Bu sorgulama doğrultusunda yapılan anket sonuçlarına göre, görev ile ilgili maddelerin diğer başlıklara oranla daha düşük seviyede problemler olarak algılandığı ortaya çıkmıştır.

5.2.5.1. Doğru zamanda doğru bilginin bulunmaması

Anket sonuçlarına göre, BIM ile üretilen projelerde doğru zamanda doğru bilgiye ulaşılama sorunu etkin kullanıcılar arasında büyük bir işbirliği bariyeri oluşturmamaktadır. Katılımcılara göre, uygun BIM eklentileri aracılığı ile anlık paylaşımlar yapılabilmekte, senkronize olmuş doğru bilgi hızlı bir şekilde ulaştırılabilmektedir.

Bu duruma istisna olarak şantiye süreçlerinde yer alan bazı katılımcıların istedikleri format ve kalitede bilgiye erişemediğini belirttiği, as-built çizim kalitesinde eksiklikler olduğunu dile getirdiği görülmüştür.

Örnek İfadeler:

“Kesinlikle katılmıyorum. BIM ile üretilen projelerde doğru bilgi olmaması bütün sistemler birbirini etkilediğinden çok olası değildir. Zamanın doğru değerlendirilmesi için ise istenilen bilgiyi bu işten anlayan birinin araştırması gerekmektedir.”

“BIM 360 gibi yazılımların varlığı sayesinde BIM ile üretilen projelerde istenilen kişiye anlık paylaşım yapmak mümkündür. Üstelik paylaşım 2D bir çizim, 3D model veya bir görsel olarak paylaşılabilir ve herhangi bir yazılım gereksinimi olmadan telefon veya tablet üzerinden bile görüntülenebilir. Herhangi bir yerde veya zamanda projeye ulaşmak oldukça basittir.”

“BIM diğer araçlara göre doğru bilgiye en hızlı ulaşma şansı sağlayan platformdur.”

5.2.5.2. BIM görevlerinin karmaşık yapısı

Proje sürecinde ekiplere verilen görevlerin karmaşık yapıda olması işbirliği sürecini etkilemektedir. Fakat katılımcıların anket yanıtlarına göre; projenin boyutu ve problemin karmaşıklığı gibi etkenler süreci etkilese de zamanla bu tarz sorunların üstesinden gelinmektedir. Bunun yanı sıra, projenin boyutu ve karmaşıklığının artmasının olumlu bir yaptırım gücü olduğunu savunan kullanıcılar da bulunmaktadır. Bu kullanıcılara göre, proje büyüdükçe uygulanan kural ve standartlar sistemli hale geldiği için süreç kolaylaşmaktadır.

Örnek İfadeler:

“Proje m2'si doğal olarak süreci etkiler. Karmaşıklıştınca iletişim problemi oluşabiliyor ama zamanla çözülüyor.”

“Farklı görev ve zorluklar yaşanması işbirliği konusunu etkilese de zamanla bu süreç rayına giriyor.”

5.3. İçerik Analizi Sonuçları

Tez çalışması kapsamında istatistiksel verilerin daha iyi yorumlanmasını sağlamak ve literatürde yer almayan işbirliği bariyerlerini saptayıp çözüm önerileri geliştirebilmek adına, içerik analizi yapılmıştır.

Analiz yapılırken ilk olarak verilen cevaplar gruplandırılmıştır. Yapılan açıklamalar doğrultusunda, katılımcının hangi bariyerden bahsettiği tanımlanmıştır. Elde edilen kodlamalar, araştırmanın kapsamı doğrultusunda bariyer temalarına ayrılmıştır. Ortaya çıkan temalar ve içerikleri Tablo 5.4.'te ifade edilmiştir.

Tablo 5.4.'te; her temanın içeriği, o temaya değinen kişi sayısı ile toplam katılımcı sayısı içindeki yüzdesi ve son olarak temanın anlaşılması adına katılımcıların söylediği örnek cümlelere yer verilmiştir. Katılımcıların bahsettiği her bir bariyer yalnızca bir kez sayılmış olup, bir kişinin birkaç kez aynı bariyerden bahsetmesi göz ardı edilmiştir.

Tablo 5.4. İçerik analizi sonuçları

	İÇERİK	KİŞİ	YÜZDE	ÖRNEK CÜMLE
TEMA 1	Disiplinler Arası Bağlantı ve Koordinasyon Problemleri	26	%43,33	"Bütün disiplinlerin koordine olduğu sistem, tasarım aşamasında inşaat sürecinde yaşanabilecek bütün sıkıntıları ortaya koyması bakımından çok avantajlı."
TEMA 2	Eğitim Eksikliği	19	%31,66	"Hem BIM kullanımı konusunda hem de proje üretimi konusunda bilgi artırılmalı."
TEMA 3	İşbirliğine İstek-Direnç ve Kişilik Özellikleri	12	%20	"En büyük bariyerin kullanıcıların bilinçli olmaması olduğunu düşünüyorum. Neden işbirliği yapılması gerektiğini bilmek, nasıl yapılacağını bilmek ve bu konuda çaba göstermek çok önemlidir."
TEMA 4	Adaptasyona Direnç ve Geleneksele Bağlılık	12	%20	"Geleneksel disiplin alışkanlıkları ve algılarından ötürü yeni sistemin kendi üretim biçimi olduğunun farkına varılamaması büyük bir problemdir." "Mimarlar ve mühendisler kendi disiplinlerinin klasik sınırlarında düşünebilirler ancak 2 boyutlu algıyı kıranlar 'BIM ile düşünmeyi'

				öğrenecek ve bir çizimi artık onu oluşturan parametreleriyle görme yetisini kazanacaklardır.”
TEMA 5	Mimar ve Mühendislerin Farklı Bakış Açıları	11	%18,33	“İnşaat mühendisleri mimarların tasarımını statik olarak uygun görmediği için sürekli problem yaratıyor. Hangi program olursa olsun bence esas sorun iki disiplinin de kendi doğrularını bırakıp projenin doğrularına odaklanmasıdır.”
TEMA 6	Modelleme Kalitesi ve as-built Çizimlerle Uyum	10	%16,66	“Yazılımlar 3D model oluşturmayla sınırlı kalmamalıdır. Yapılan modelden alınabilecek tüm verim alınmalıdır.” “Uygulama projelerinin güncellenmesi ve as-built çizimlerle uyumlu olması gerekmektedir.”
TEMA 7	İş Bölümü ve Kullanıcıların Yetkinliklerinin Doğru Yönlendirilmesi, Sistemli Olmak ve Proje Hedefleri Koymak	9	%15	“Proje başında çerçevesi net çizilmemiş, detay seviyeleri belirlenmemiş bir kurgu oluşturulduğundan proje bittiğinde harcanan emek ve paranın karşılığı alınamayacaktır. Bu bağlamda; BIM hedefleri proje başlangıcında net ve amaca yönelik olarak belirtilmelidir.”
TEMA 8	BIM Adaptasyonu Sağlanamaması	8	%13,33	“BIM tabanlı çalışmalarda en büyük bariyer, tam olarak sisteme dâhil edilmemesidir. BIM tabanlı bir programla tüm verilere çok kolay ulaşılabilecek iken sisteme sonradan dâhil edilmesi bu avantajı kullanmamıza engel oluyor. Bunun nedeni de sektörde bir alışılmışlık var ve yeni alanlara açılmak zaman alıyor.”
TEMA 9	Destek Ekibi	8	%13,33	“BIM kullanmayı iyi bilen ekip üyeleri ve ciddi anlamda liderlik ve program becerilerine sahip Proje-BIM yöneticileri gerekiyor.”
TEMA 10	Bütçe, Ekonomi, Altyapı Kaynaklı Bariyerler	6	%10	“Sistem uygulanabilirlik ve ekonomik açıdan zorlayıcı olmamalıdır.”
TEMA 11	Kural, Standartlar ve Yaptırım Eksikliği	6	%10	“BIM entegrasyonu tüm disiplinler için genel kuralları ve çerçeveleri belirlenmiş bir standart süreç olmalıdır.”
TEMA 12	Tecrübe Eksikliği	5	%8,33	“En büyük bariyerin iş bilgisi olduğunu düşünüyorum. Tecrübe ve iş deneyimi kazanılması çok önemlidir.”

TEMA 13	Programın Teknolojik Yeterlilikleri	5	%8,33	“Mimari programlarda çizilen kolon ve giriş modellerinin bağlantılarının diğer statik programlara aktarılamayıpından dolayı iş süreleri uzamakta aynı tabanda çözüm yapılamamaktadır. Ve revizelerin de otomatik değişeceği link bağlantıları ile dosya içeri aktarma çeşitliliği arttırılmalıdır.”
TEMA 14	İletişim Problemleri	5	%8,33	“Tasarım sürecini derinden etkileyen bir diğer olumsuzluk ise iletişim eksikliğidir. Yapılan çalışmalar eş zamanlı bir iletişim yöntemi ile tüm disiplinler tarafından paylaşılmalıdır. Böylece entegrasyon sağlanmış, koordine edilmiş bir ekip çalışması mümkün kılınabilir.”
TEMA 15	Proje Takibinde Eksiklik	5	%8,33	“Mimar doğru modellemeli ve modellediği tasarımın uygulanabilirliğini kontrol etmelidir. Model ve uygulama arasındaki süreci anlık takip etmelidir.”
TEMA 16	Zaman Sıkıntısı	4	%6,66	“Proje üzerindeki zaman baskısı engel teşkil etmektedir.”
TEMA 17	İşveren ve Kontrolör Kaynaklı Problemler	3	%5	“Yapı Bilgi Modelleme tabanlı çalışma sürecinde en önemli bariyer proje sürecinde işverenle ilgili yaşanan kopukluklardır.”
TEMA 18	Paydaşlar Arası Rekabet	3	%5	“Her iki tarafında işi birbirine yıkma isteği sürecin çözülmesini engellemektedir.” “Açıkçası, esas problem iki disiplin arasında rekabet problemleri olmasıdır.”
TEMA 19	Farklı Yazılım Kullanılması	3	%5	“Mimar mühendis arasındaki en önemli bariyer, farklı yazılımlar kullanarak model oluşturma süreçleri ve bu süreci kondükte ederek destek olacak ekip yoksunluğudur.”
TEMA 20	Revizyon Sıklığı	3	%5	“Revizyonların hızlı bir şekilde işlenmesi için faydalı bir araç olan BIM, sıkışık süreçlerde artan revizyon sayılarında kullanışlılığını kaybetmektedir.”
TEMA 21	Saygı ve Güven Ortamı Olmaması	3	%5	“Bireylerin birbirlerine saygı duymalarının önemi vurgulanmalı.”

İçerik analizi sonuçlarına göre, katılımcıların en çok değindiği bariyer, %43,33 oranıyla disiplinler arası bağlantı ve koordinasyon problemleri olmuştur. Bu kapsamda, her üyenin kendi üzerine düşen görevi yerine getirmesi ve diğer disiplinler ile organize olması gereklilikleri 26 kişi tarafından dile getirilmiştir. İstatiksel analizlerin paraleli olarak içerik analizinde de %31,66 oranıyla eğitim eksikliği konusundaki problemler dile getirilmiştir.

Literatüre dayanarak ortaya koyulan 26 bariyerin dışında ise, saygı ve güven ortamının bulunmaması (%5), proje teslimlerindeki zaman sıkıntısı (%6,66) ve proje takibindeki eksiklikler (%8,33) gibi bariyerler de az da olsa dile getirilmiştir.

Ankette yer almayan fakat içerik analizi sonucu elde edilen önemli bariyerler ise; %20 oranıyla BIM adaptasyonuna karşı olan direnç ile model kalitesi ve as-built çizimlerle uyum konusunda yaşanan sıkıntılar (%16,66) şeklinde belirtilmiştir.

Katılımcılar, ekip üyelerinin işbirliğine direnç gösterme (%20) durumlarının önemine değinirken, kullanıcıların kişilik özelliklerinin de süreci ciddi şekilde etkilediğini ortaya koymuştur. Ayrıca, proje yöneticilerinin iş planını doğru yapması gerektiği (%15) ve programsız hareket etmenin süreci geriletmediği belirtilmiştir. Katılımcılara göre, yöneticilerin ekibini tanıması ve her bireyin kendi kişisel yetkinliklerini takip ederek buna uygun iş bölümü yapması önem taşımaktadır. BIM Uzmanı gibi süreci destekleyen ekip üyeleri (%13,33) de, işbirliğini güçlendirerek yöneticilerin yükünü azaltacaktır.

6. TARTIŞMA

Yapılan bu çalışmada, BIM etkin projelerde yaşanan işbirliği bariyerlerinin saptanması ve etki seviyelerinin ölçülmesi hedeflenmiştir. Ortaya çıkan bariyerler doğrultusunda, işbirlikli proje sürecinin iyileştirilebilmesi adına uygulanabilecek çözüm önerileri tartışılmıştır.

Literatürde yer alan kaynaklar doğrultusunda işbirliği bariyerleri belirlenerek toplamda 26 adet madde inşaat mühendisleri ve mimarların değerlendirmesine sunulmuştur. Toplamda 27 firma olmak üzere 60 kişinin katıldığı anket sonuçlarına göre, literatürde yer alan bazı bariyerlerin Türkiye’de yaşanan işbirlikli proje sürecinde büyük engeller olarak görülmediği ortaya çıkmıştır. Bu durumun en önemli sebeplerinden birinin, BIM adaptasyon seviyesi olduğu anlaşılmıştır.

Araştırma sonuçlarına göre; ortalama değeri 3’ün üzerinde ve anlamlılık değeri olan 8 maddenin (7’nci, 8’inci, 9’uncu, 13’ncü 16’ncı 21’inci 23’üncü ve 24’inci maddeler) büyük ve çok büyük bariyerler olarak görüldüğü anlaşılmıştır. 11 madde (2’nci, 4’üncü, 6’ncı, 10’uncu, 12’nci, 14’üncü, 15’inci, 17’nci, 18’inci, 19’uncu, 23’üncü maddeler) orta büyüklükte bariyer olarak algılanmıştır. Kalan 7 maddenin de bariyer olarak algılandığı fakat proje sürecini etkileyecek seviyede bir engel yaratmadığı ortaya çıkmıştır. Araştırma sonuçlarına göre işbirlikli proje sürecinde karşılaşılan en büyük bariyer ‘İşbirliği konusunda verimsiz BIM eğitimi’ olarak ifade edilirken en az bariyer olarak çıkan madde ‘çok uluslu takımlarda kültürel çeşitlilikler’dir.

Anket sonuçlarına göre mimar ve mühendislerin en yüksek oranda, ortak olarak onayladığı bariyer; işbirliği konusunda verimsiz BIM eğitime dair eksikliklerdir. Buna ek olarak içerik analizi sonuçlarına göre ise, eğitim konusundaki diğer eksik boyut; BIM program bilgisi eğitime dair yetersizliklerdir. Abhirad ve Dossick [84] BIM kavramlarının, işbirlikli çalışma becerilerinin ve BIM araçlarını kullanma becerilerinin birbirini tamamladığını ve en iyi adaptasyonun sağlanabilmesi için bu girdilerin yapı eğitimi müfredatına entegre edilmesi gerektiğini savunmuştur. Bu sebeple eğitim müfredatında hem lisans hem de lisansüstü düzeyinde daha fazla BIM eğitimi sunulmasına ihtiyaç vardır [84, 85, 86, 87, 1].

Mimarlık eğitimi günümüz ihtiyaçlarına göre gelişmeli ve yapılandırılmalı, yapı eğitiminin tek bir disiplin üzerinden ilerlemeyeceği kabul edilerek disiplinler arası bir eğitim anlayışı geliştirilmelidir (Becerik Gerber et al., [7]). Bunun yanı sıra mimarlık ve yapı eğitimi veren akademik kurumlar endüstriye ayak uydurmak ve onu takip etmek yerine sektörün hızını ayarlamalıdır (Becerik Gerber et al., [7]).

Barison ve Santos [88] mimarlık pratiğinde; ekip çalışmasının, iletişim becerilerinin ve analitik düşünmenin; BIM araçlarını kullanma becerileri, BIM iş akışları ve standartları bilgisi ve BIM koordinasyonu kadar önemli olduğunu ortaya koymuştur. Bu noktada, BIM araçlarını kullanmadaki teknik beceriler ile disiplinler arası işbirlikli çalışabilme becerilerinin birbirini tamamlayıcı nitelikler olduğu ve BIM öğrenimi üzerinde önemli bir etkisi bulunduğu anlaşılmaktadır.

Becerik Gerber ve diğerlerine [7] göre; bugünün mimarlık ve mühendislik mezun öğrencileri güçlü işbirliği ve ekip çalışması becerileri edinmeli, mesleklerini ilgilendiren, sosyal, çevresel ve ekonomik konular hakkında daha geniş bir perspektife sahip olmalı, çizim programlarına hakim olmalı ve son olarak alanları ile ilgili temel bilgileri edinmiş olmalıdır. Araştırma bulgularına göre, belirtilen bu özelliklerin eksikliği, işbirliği sürecinde bariyer olarak karşımıza çıkmaktadır.

BIM etkin projelerde daha etkili sonuçlar elde etme konusunda önemli kısıtlamalar vardır. Bu kısıtlamaların çözülmesinde; teknolojik gelişmelerin paralelinde, işbirliği ve iletişim becerilerinin geliştirilmesi de önemli bir yer tutmaktadır (Bataw and Kirkham, [89]).

Succar ve diğerlerine [90] göre BIM ile yürütülen proje süreçlerinde, insan faktörü önemli bir girdidir. İnsan faktörüne göre, kullanıcıların bilgi ve deneyimleri, yeterlilikleri ve işbirliği yapma konusunda isteklilikleri önemli birer unsurdur. Bu doğrultuda araştırma sonuçlarına bakıldığında, ekip üyelerinin yetersiz işbirliği becerileri proje süreci içerisinde mutlaka patlak vermekte ve diğer ekip üyeleri tarafından bu noktada sıkıntı yaşanmaktadır. Katılımcıların deneyimlerinden, aynı dili konuşmayan insanların ortak iş yapamayacağı fikrini çıkarmak mümkündür. Bu sebeple, proje sürecinin başından itibaren birbiri ile uyumlu çalışan kalifiye insanların seçilmesinin önemli olduğu düşünülmektedir.

Ayrıca insan faktörü kaynaklı etkilere baktığımızda, ekip üyelerinin yetersiz işbirliği bilgi ve becerilerinin süreç içerisinde çok ciddi problemler yarattığı ortaya çıkmıştır. Birlikte çalışabilirliği öngören bir program kullanılırken, kullanıcıların bireysel çalışma yapma durumu süreci baltalamaktadır.

Ekipler arasında işbirliği yapma şekilleri kaynaklı yaşanan problemler ele alındığında, mimar ve mühendislerin bu problem ile sık sık karşılaştığı fakat bu problemi nispeten çözüme ulaştırmaya başladıkları görülmüştür. İyileştirilen bu sürecin çözülmesi adına, kural ve sınırların baştan çizilmesi gerekliliği savunulmaktadır.

Orace ve diğerlerine [1] göre çok uluslu takımlarda kültürel çeşitlilikler kaynaklı işbirliği problemleri yaşanmaktadır. Fakat yapılan bu tez çalışmasına göre, Türkiye'deki firmaların proje süreçlerinde kültürel farklar kaynaklı problemlerin işbirliği için büyük bir bariyer olarak görülmediği ortaya çıkmıştır. Katılımcılar, ekip içerisindeki BIM kullanıcısının hangi kültürel özelliklere sahip olduğunun ya da olmadığının çok bir önemi olmadığını açıkça ortaya koymuştur. Bu durumun sebepleri incelendiğinde, Türkiye'deki çok kültürlü takım çalışmalarında kural ve standartların daha ciddi uygulanması sonucu güçlü işbirlikleri kurulması olduğunu söylemek mümkündür.

Sektörün parçalanmış doğasına bakıldığında, işbirliği problemlerinin yaşanmaması adına, kontrol ve yönetim mekanizmalarının duruşu önem taşımaktadır. Bu noktada, proje hâkimiyeti olan ve iletişim becerileri gelişmiş yöneticilerin arabulucu rolü üstlenmesi önem taşımaktadır. Ayrıca proje sürecinde ekip çalışması zihniyetine sahip olmak ve takım olarak hareket etmek gerekmektedir.

Verilere bakıldığında, BIM aracının ortak tekniklerle, ortak bir veri ortamı üzerinden ve ortak bir dil oluşturularak kullanılması gerekliliği anlaşılmıştır. Bunun yanı sıra, BIM tabanlı projelerde ortak olarak kullanılan IFC formatı, ankete katılan kullanıcılar tarafından yeterli görülmekle birlikte, eksikliklerinin geliştirilmesi önerilmektedir. Dikkat edilmesi gereken nokta, her BIM programının IFC formatına uygun olmadığının ortaya çıkmış olmasıdır. Bu durumda BIM kullanmak isteyen kullanıcılar için seçenekler azalmakta ve belirli programlar tekelleşmektedir.

Elde edilen verilere göre, programların tekelleşmesi, veri kaybını en aza indirirken maliyeti arttırmakta ve yaşanan veri kayıpları bazı durumlarda, projenin yeniden modellenmesine kadar gidebilmektedir. Anket sonuçlarına göre bazı kullanıcılar; iletişim ve bilgi aktarımı konusunda avantaj sağladığı için program maliyetlerini göz ardı etmektedir.

Shafiq ve diğerleri [91] BIM tabanlı inşaat ağlarında ortak bir veri ortamının olmasının önemini vurgulamış, veri ortamının olmaması halinde bu projelerde işbirliği sürecinin aksayacağını belirtmiştir. Bu kapsamda araştırma sonuçlarına baktığımızda; BIM'in kullanıcılarına ortak bir veri ortamı sunduğu fakat henüz bu veri ortamının kullanılması konusunda eksiklikler bulunduğu ortaya çıkmıştır. Bu kapsamda, bazı BIM programlarında oluşturulan statik modellerin, IFC formatına aktarımı sırasında sıkıntı yarattığının belirtilmesi, program yetersizlikleri olarak değerlendirilebileceği gibi, IFC formatındaki yetersizlikler şeklinde de yorumlanabilir.

Succar ve diğerlerine [90] göre BIM ile yürütülen işbirlikli proje süreçlerinde teknoloji kaynaklı bariyerler bulunmaktadır. Bu bariyerler program yeterliliklerinin geliştirilmesi ve donanım problemlerinin giderilmesi şeklinde çözülebilir. Bu noktada yazılım üreticilerinin işbirliği sürecini desteklemek adına bu eksiklikleri gidermesi önerilmektedir.

Araştırma sonuçlarına göre; program bilgi ve tecrübesi yüksek olan kullanıcıların eğer altyapıları uygunsa reklamlarda sunulan özelliklere ulaşabildiği fakat bu durumun yoğun maliyet gerektirdiği anlaşılmıştır. Anket katılımcılarının yorumlarına göre, kullanıcılar hiçbir programın tek tuşla bütün problemleri çözemeyeceği bilincine erişip bu yönde çaba harcamalıdır. Bu noktada tasarım programları ile tasarımcı arasındaki ilişkinin nasıl olması gerektiği önemli bir tartışma konusudur.

Ek olarak, seçilen BIM araçlarının aynı yazılım firması bünyesinden seçilmesinin sürecin ilerleyen aşamalarında IFC problemlerini ciddi oranda etkilediği ortaya çıkmıştır. Bunun sebebinin, her yazılımın aynı seviyede işbirliği ortamı sağlamadığı olduğu düşünülmektedir. Kullanıcı yorumlarına göre, paydaşlar program seçimi konusunda iki seçenek arasında kalmaktadır. Birinci seçenek diğer disiplinlerden farklı bir BIM aracı seçip onu kullanarak veri kaybını göze almaktır. İkinci seçenek ise beraber çalışılan

disiplinler ile ortak bir BIM programı seçmek ve maliyeti göze alarak o program üzerinden ilerlemektir.

Becerik Gerber ve diğerlerine [7] göre, BIM teknolojisi için önemli gerekliliklerin sağlanması ve alınan teknolojik hizmetin yeterliliklerinin anlaşılabilmesi son derece önemlidir. Anket sonuçlarına göre, yazılım firmaları konuya bu hassasiyetle yaklaşmalı, gerçek dışı vaatlerde bulunmak yerine yazılımın gelişimine odaklanmalı ve kullanıcılarını bu yönde desteklemelidir. Bunun yanı sıra ekip üyeleri, proje süreci ve teknoloji arasındaki ilişkilerin yeterince dikkate alınmaması, proje sürecini olumsuz etkilemektedir.

BIM'in sunduğu imkânların bazı kullanıcılar tarafından yeterince deneyimlenmemiş olması ve program kullanma becerilerindeki eksiklikler sebebiyle çizim kalitesinin geliştirilememiş olması BIM aracına dair önyargı oluşturmuştur. Ekip üyelerinin BIM etkinliğinin artması hem üreticiyi hem de kontrol eden tarafı sürece daha hakim hale getirecektir.

Bunun yanı sıra literatüre bakıldığında BIM etkin proje süreçlerinde veri gizliliği kaynaklı problemler ile karşılaşmaktadır [92, 93]. Araştırma sonuçlarına göre, benzer veri gizliliği problemlerinin Türkiye'deki mimar ve inşaat mühendisleri tarafından da yaşandığı ortaya çıkmıştır. Katılımcılar, veri bir değer olarak görülmediği sürece söz konusu hangi program olursa olsun veri gizliliği durumunun yetersiz kalacağını ileri sürmektedir.

Ayrıca anket katılımcıları, veri gizliliği konusunda genelleşmiş algılar sebebiyle bir endişe duymamakla birlikte, bu konuda kurallar koyulmasının önemli olduğunu düşünmektedir. Çözüm olarak, veri gizliliğine dair standartlar oluşturulmalı ve proje, BIM Yöneticisi'nin etkin kontrolüne bırakılmalıdır.

Diğer yandan, veri paylaşımına direnç gösterme durumu temelde güvensizlik ortamının bir sonucudur. Kullanıcılar destekleyici bir ekip yapılanmasına sahipse bu sorun yaşanmayacaktır. Proje sürecinde destekleyici ekip yapılanması oluşturulması ve güven ortamı sağlanması çok önemlidir. Bu ortam oluşmadığı sürece hem model içerisinde hem de kullanıcılar arasında uyum problemleri oluşacaktır. Bahsedilen ortamın oluşturulabilmesi için kural ve standartlar oluşturulmalıdır.

Araştırma sonuçlarına göre, ülkemizde BIM standartları oluşturulması ve bunların denetlenmesi konusunda ciddi eksiklikler bulunmaktadır. Türkiye’de BIM adaptasyon süreci devam ederken sürece öncülük edecek ve sektöre ayak uyduracak BIM yönetmelikleri ve kuralları oluşturulmalı ayrıca bu kurallar ciddi yaptırımlar ile takip edilmelidir.

Oluşturulan sözleşmeler, karşılıklı olarak ekiplerin haklarını korumanın yanı sıra, proje sürecine hâkimiyeti ve işin hızlı bir şekilde ilerlemesini sağlamaktadır. Sözleşme olmadığı durumda kural ve gereklilikler ortadan kalkmakta ve süreç zorlaşmaktadır. Katılımcıların cevapları doğrultusunda sözleşme yapılmasının zaruri bir durum olduğu ortaya çıkmıştır.

Türkiye’deki devlet kurumlarının bu konuda yaptığı çalışmalara bakıldığında karşımıza devlet kalkınma planlarında yer alan hedefler çıksa da, henüz ciddi bir süreç içerisine girilmemiştir. Devlet kurumlarının hızlı bir şekilde BIM sürecinin kontrolünü eline alması gerekmektedir. Fakat bu konuda henüz yeterli kalifiye eleman olmaması da önemli bir sorun yaratmaktadır.

Proje ekiplerinin farklı organizasyon yapılarına sahip olma durumu işbirliği sürecini etkilemekte olup, işbirlikli süreç sağlanabilmesi için bir ön koşul olmamaktadır. Çünkü bu problem yalnızca BIM etkin projelerde değil diğer proje üretim süreçlerinde de yaşanmakta olup kullanıcıların özverisi ile çözülmeye çalışılmaktadır.

İşbirliği konusunda yaşanan bariyerlerin temeline bakıldığında; karşımıza adaptasyon sürecinin tamamlanmamış olması çıkmaktadır. BIM adaptasyonunda istenilen seviyeye ulaşılamamış olunması, BIM ile dünya çapında gelen iş tanımlarının henüz Türkiye özelinde yerleşmediğini göstermektedir. Bu iş tanımlarının daha iyi tanıtılması, görev ve yetkilerinin net bir şekilde oturtulması ve uygulamaya geçirilmesi gerekmektedir. Fakat görev tanımlarının oluşturulması rekabet ortamını da etkileyecektir.

Proje yöneticileri ile BIM yöneticileri arasında rekabet kaynaklı problemler yaşansa da, henüz iş tanımlarının yeterince oluşmamış olmasından dolayı, bir sorun yaşanmamaktadır. Gelecekte bu tarz problemlerin önüne geçebilmek adına, BIM eğitimi olan proje yöneticilerinin yetiştirilmesi önemlidir.

Bunun yanı sıra, süreç planlamasının iyi yapılması ve ekip üyelerinin görev ve sorumluluklarının net bir şekilde ortaya koyulması gerekmektedir. Aksi durumda proje sürecini aksatan emek ve zaman kayıpları yaşanacaktır.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Türkiye’de BIM etkin projelerde çeşitli işbirliği bariyerleri yaşanmaktadır. Bu bariyerler tez kapsamında literatüre dayanarak ortaya koyulmuş olup Türkiye’deki mimar ve inşaat mühendisleri özelinde analiz edilmiştir.

Araştırma sonuçlarına göre, Hipotez 1 olarak belirtilen "Mimar ve inşaat mühendislerinin BIM ile yaşadıkları proje sürecinde yaşadıkları işbirliği problemleri vardır." maddesi doğrulanmıştır. Ancak araştırma sonuçlarına göre, BIM etkin projelerde dünya çapında yaşanan bariyerlerin çoğunun etkisinin henüz Türkiye’de yoğun olarak hissedilmediği ortaya çıkmıştır. Bu durumun sebebi olarak, henüz BIM adaptasyonu sürecinde yeterli ilerleme sağlanamadığı için, işbirliği bariyerlerini tartışıp geliştirme aşamasına gelinememesi gösterilmiştir.

Hipotez 2 olarak belirtilen "Mimar ve inşaat mühendislerinin BIM ile yaşadıkları işbirliği sürecinde karşılaştıkları işbirliği bariyerleri farklılık göstermemektedir." önermesi ise 26 sorunun 3 maddesinde yanlışlanmıştır. Bu durumun temel sebebinin; iki disiplinin adaptasyon seviyesiyle ilgili olduğu ortaya çıkmıştır. Adaptasyon süreci ilerledikçe hipotezin doğrulanabileceği fark edilmiştir.

İnşaat sektöründe BIM ile yaşanan işbirlikli proje sürecindeki en önemli bariyer; yetersiz BIM eğitimi ve kalifiye eleman eksikliği olarak ortaya çıkmıştır. Diğer yandan eğitim kurumları tarafından yetiştirilen elemanların, sektörde uygulama alanı bulamaması ve CAD tabanlı çalışmalara devam etmek zorunda kalmasının geriletici bir unsur olduğu görülmüştür. Bu noktada, devlet kurumlarının zorlayıcı ve düzenleyici etkisinin kurtarıcı rol oynayacağı kabul edilmiştir.

Devlet kurumları ve işverenler tarafından bir zorunluluk oluşturulduğu durumda, CAD tabanlı çalışma yürüten ofislerin BIM tabanlı çalışma ortamına geçebileceği düşünülmektedir.

Bütünleşik proje tesliminin sağlanabilmesi için, BIM yazılımları ve IFC formatı kaynaklı teknolojik problemlerin çözülmesi ve her BIM programının IFC formatı ile tam

entegrasyon sunması çok önemlidir. Aksi takdirde firmaları maddi olarak zorlayacak tekelleşme durumları ortaya çıkacaktır.

BIM ile yaşanan işbirlikli proje sürecine adapte olmak için devlet kurumlarının ilk olarak etkili bir BIM standardı ve teslim formatı oluşturup inşaat sektörünün paydaşlarının kullanımına sunması gerekmektedir. Bu deneme sürecinde, oluşturulan standarda dair eksiklikler düzeltilmeli ve son durumda firmalar üzerinde yaptırımlar uygulanmalıdır.

Firmaların ve devlet kurumlarındaki kontrol mekanizmalarının BIM sürecine uyum sağlayabilmesi için devletin maddi destek sağladığı eğitimler sunulması önem taşımaktadır. Çünkü eğitim konusundaki eksikliklere rağmen, sektöre bakıldığında BIM eğitimi konusunda ortalama bir ücret bulunmadığı ve fiyatların çok yüksek olduğu görülmektedir. Firmalar ekip olarak BIM eğitimlerini almalı ve her eğitimci, ekibinin ilerleme sürecinden sorumlu olmalıdır. Ancak bu sayede tasarımcı ve uygulayıcıların üzerine yük binmeden adaptasyon süreci aşılmış olacaktır.

Kullanıcıların işbirliği yapma istekliliği ve kişilik özellikleri kaynaklı bariyerler için sunulan en makul çözüm, lisans eğitimi seviyesinde bu engellerin aşılmasıdır. Diğer yandan sektörde geçmişten bu yana yer alan kullanıcılar değişime direnç göstermek yerine uyum sağlamaya odaklanmalıdır. Aksi durumda, bireysel çalışma sürecine adapte olmuş kullanıcıların BIM ile gelen bu işbirlikli dönüşümde yer edinmeleri mümkün görünmemektedir.

Yapılan bu tez çalışmasının en temel sınırlaması araştırmaya katılan tüm firmaların aynı yetkinlik düzeyinde olmaması ve ankete aynı seviyede ilgiyi göstermemesi olmuştur. Araştırma sürecinde pandemi dönemi sebebiyle dağınık çalışan firma çalışanlarına ulaşma konusunda yaşanan zorluklar da bu çalışmanın sınırlayıcılarından olmuştur. Yapılan bu tezin devamında yapılacak olan çalışmalarda; mekanik, elektrik grupları gibi diğer paydaşların da araştırma sürecine dâhil edilmesi önemli veriler sunabilir. Ek olarak, yapılabilecek ölçüm çalışmaları, tüm disiplinlerin dâhil olduğu tek bir BIM projesi özelinde yapılarak daha öznel fakat daha detaylı sonuçlara ulaşılabilir. Bu ölçüm çalışmalarının dışında, BIM ile yaşanan işbirlikli proje sürecinde en önemli bariyer olan eğitim maddesi konusunda detaylı ve kapsamlı araştırmalar yapılarak, bu bariyerin aşılmasına dair yeni yollar aranabilir.

KAYNAKLAR

- [1] M. Oraee, M. R. Hosseini, D. J. Edwards, H. Li, E. Papadonikolaki and D. Cao, “Collaboration barriers in BIM-based construction networks: a conceptual model,” in *International Journal of Project Management*, 2019, vol. 37 , no. 6, pp. 839-854.
- [2] Ş. Taşlı Pektaş, “The layered dependency structure matrix for managing collaborative design processes,” in *Open House International*, 2014, vol. 39, no. 1, pp. 26-35.
- [3] S. Glick and A. Guggemos, “IPD and BIM: Benefits and opportunities for regulatory agencies,” in *45th ASC National Conference*, Gainesville, Florida, USA, 2009, vol. 2, no. 4.
- [4] W. Kymmel, “Building Information Modeling: Planning and managing construction projects with 4D CAD and simulations,” in *McGraw-Hill Education*, USA, 2008.
- [5] B. Succar, “The five components of BIM performance measurement,” in *CIB World Congress*, 2010, pp. 14.
- [6] S. Azhar, “Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks and challenges for the AEC industry,” in *Journal of Leadership and Management in Engineering*, 2011, vol. 11, no. 3, pp. 241–252.
- [7] B. Becerik Gerber, D. J. Gerber and K. Ku, “The pace of technological innovation in architecture, engineering, and construction education: Integrating recent trends into the curricula,” in *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, 2011, vol. 16, no. 24, pp. 411-432.
- [8] M. Deutch, “Cooperation and competition,” in *Conflict, Interdependence, and Justice*, Springer, New York, USA, 2011, pp. 23-40.
- [9] S. Azhar, A. Nadeem, J. K. Mok, B. H. Leung, “Building Information Modeling (BIM): A new paradigm for visual interactive modeling and simulation for construction projects,” in *International Conference on Construction in Developing Countries*, 2008, vol. 1, pp. 435-446.

- [10] S. Azhar, M. Hein, "Building Information Modeling: Benefits, risks and challenge," in *ASC National Conference*, Auburn, Alabama, USA, 2008, vol. 44, pp. 2-5.
- [11] F. Levy, "BIM in small-scale sustainable design," in *John Wiley & Sons*, Hoboken, New Jersey, 2011.
- [12] D. Cao, H. Li, G. Wang, X. Luo and D. Tan, "Relationship network structure and organizational competitiveness: Evidence from BIM implementation practices in the construction industry," in *Journal of Management in Engineering*, 2018, vol. 34, no. 3.
- [13] D. Greenwood and S. Wu, "Establishing the association between collaborative working and construction project performance based on client and contractor perceptions," in *Construction Management and Economics*, 2012, vol. 30, no. 4, pp. 299-308.
- [14] M. Oraee, M. R. Hosseini, E. Papadonikolaki, R. Palliyaguru and M. Arashpour, "Collaboration in BIM-based construction networks: A bibliometric-qualitative literature review," in *International Journal of Project Management*, 2017b, vol. 35, no. 7, pp. 1288-1301.
- [15] Y. E. Kalay, "Enhancing multi-disciplinary collaboration through semantically rich representation," in *Automation in Construction*, 2001, vol. 10, no. 6, pp. 741-755.
- [16] A. Nikas, A. Poulymenakou and P. Kriaris, "Investigating antecedents and drivers affecting the adoption of collaboration technologies in the construction industry," in *Automation in Construction*, 2007, vol. 16, no. 5, pp. 632-642.
- [17] R. Fulford and C. Standing, "Construction industry productivity and the potential for collaborative practice," in *International Journal of Project Management*, 2014, vol. 32, no. 2, pp. 315-326.
- [18] R. Howard, L. Restrepo and C. Y. Chang, "Addressing individual perceptions: An application of the unified theory of acceptance and use of technology to Building

- Information Modelling,” in *International Journal of Project Management*, 2017, vol. 35, no. 2, pp. 107-120.
- [19] H. W. Ashcraft, “Building Information Modeling: A framework for collaboration,” 2008, vol. 28, no. 3, pp. 5-18.
- [20] C. S. Dossick, G. Neff, “Messy talk and clean technology: Communication, problem-solving and collaboration using Building Information Modelling,” in *The Engineering Project Organization Journal*, 2011, vol. 1, no. 2, pp. 83-93.
- [21] A. D. Manderson, M. C. Jefferies and G. J. Brewer, “An analysis of the integration of Building Information Modelling (BIM) in standard construction contracts,” in *Integrated Building Information Modelling*, 2017, pp. 82-101.
- [22] G. Mignone, M. R. Hosseini, N. Chileshe and M. Arashpour, “Enhancing collaboration in BIM-Based construction networks through organisational discontinuity theory: A case study of the New Royal Adelaide Hospital,” in *Architectural Engineering and Design Management*, 2016, vol. 12, no. 5, pp. 333-352.
- [23] X. Zhao, Y. Feng, J. Pienaar and D. O’Brien, “Modelling paths of risks associated with BIM implementation in architectural, engineering and construction projects,” in *Architectural Science Review*, 2017, vol. 60, no. 6, pp. 472-482.
- [24] H. J. Leavitt, “Applied organization change in industry: Structural technical and human approaches,” in *John Wiley & Sons*, New York, USA, 1964, pp. 55-71.
- [25] H. Patel, M. Pettitt, J. R. “Wilson Factors of collaborative working: A framework for a collaboration model,” in *Applied Ergonomics*, 2012, vol. 43, no. 1, pp. 1-26.
- [26] C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks and K. Liston, “BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors,” in *John Wiley & Sons*, Hoboken, New Jersey, USA, 2008.
- [27] C. Moreno, S. Olbina and R. R. Issa, “BIM use by architecture, engineering, and construction (AEC) industry in educational facility projects,” in *Advances in Civil Engineering*, 2019.

- [28] W. Ey, J. Zuo, S. Han, “Barriers and challenges of collaborative procurements: An exploratory study,” in *International Journal of Construction Management*, 2014, vol. 14, no. 3, pp. 148-155.
- [29] J. Matthews, P. E. Love, J. Mewburn, C. Stobaus and C. Ramanayaka, “Building Information Modelling in construction: Insights from collaboration and change management perspectives,” in *Production Planning & Control*, 2018, vol. 29, no. 3, pp. 202-216.
- [30] D. Cao, H. Li, G. Wang, X. Luo, X. Yang and D. Tan, “Dynamics of project-based collaborative networks for BIM implementation: Analysis based on stochastic actor-oriented models,” in *Journal of Management in Engineering*, 2017, vol. 33, no.3.
- [31] R. A. Hattori and T. Lapidus, “Collaboration, trust and innovative change,” in *Journal of Change Management*, 2004, vol. 4, no. 2, pp. 97-104.
- [32] B. Succar, “Building Information Modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders,” in *Automation in Construction*, 2009, vol. 18, no. 3, pp. 357-375.
- [33] W. Jung and G. Lee, “The status of BIM adoption on six continents,” in *International Journal of Civil, Environmental, Structural, Construction and Architectural Engineering*, 2015, vol. 9, no.5, pp. 444-448.
- [34] J. C. Cheng and Q. Lu, “A review of the efforts and roles of the public sector for BIM adoption worldwide,” in *Journal of Information Technology in Construction*, 2015, vol. 20, no. 27, pp. 442-478.
- [35] McGraw Hill Construction, “The business value of BIM for construction in major global markets: How contractors around the world are driving innovation with Building Information Modeling,” in *McGraw Hill Construction*, Bedford Massachusetts, USA, 2014.
- [36] BuildingSMART Australasia, “National Building Information Modelling Initiative,” 2012, vol 1.

- [37] R. Edirisinghe and K. London, "Comparative analysis of international and national level BIM standardization efforts and BIM adoption," in *CIB W78 Conference*, 2015, vol. 32, pp. 149-158.
- [38] N. Gu, V. Singh and K. London, "BIM Ecosystem: The coevolution of products, processes, and people," in *Building Information Modeling: BIM in Current and Future Practice*, 2014, pp. 197.
- [39] A. Kiviniemi, J. Karlshøj, V. Tarandi, H. Bell and O. J. Karud, "Review of the development and implementation of IFC compatible BIM," in *Erabuild*, 2008.
- [40] L. Granholm, "Finland, Norway, Singapore, USA lead progress in construction, industry presentation, BIMsight," in *Insight on Building Information Modelling*, 2011.
- [41] A. K. D. Wong, F. K. Wong ve A. Nadeem, "Comparative roles of major stakeholders for the implementation of BIM in various countries," in *International Conference on Changing Roles: New Roles, New Challenges*, Noordwijk, The Netherlands, 2009, vol. 5.
- [42] I. B. Kjartansdóttir, "BIM adoption in Iceland and its relation to lean construction," M.S. thesis, School of Science and Engineering at Reykjavík University, Reykjavík, Iceland, 2011.
- [43] P. A. Jensen and E. I. Jóhannesson, "Building Information Modelling in Denmark and Iceland," in *Engineering, Construction and Architectural Management*, 2013, vol. 20, no. 1, pp. 99-110.
- [44] M. A. T. Le, F. Mohus, O. K. Kvarsvik and M. Lie, "The HITOS project a full scale IFC test, ework and ebusiness in architecture engineering and construction," in *European Conference on Product and Process Modelling*, Valencia, Spain, 2006, vol. 6.
- [45] D. W. Chan, T. O. Olawumi and A. M. Ho, "Perceived benefits of and barriers to Building Information Modelling (BIM) implementation in construction: The case of Hong Kong," in *Journal of Building Engineering*, 2019, vol. 25.

- [46] E. Papadonikolaki, R. Vrijhoef and H. Wamelink, "The interdependences of BIM and supply chain partnering: Empirical explorations," in *Architectural Engineering and Design Management*, 2016, vol. 12, no. 6, pp. 476-494.
- [47] R. Eadie, M. Browne, H. Odeyinka, C. McKeown and S. McNiff, "A survey of current status of and perceived changes required for BIM adoption in the UK," in *Built Environment Project and Asset Management*, 2015, vol. 5, no. 1, pp. 4-21.
- [48] R. Grilo and R. Jardim-Goncalves, "Value proposition on interoperability of BIM and collaborative working environments," in *Automation in Construction*, 2010, vol. 19, no. 5, pp. 522-530.
- [49] M. Riese, "One Island East, Hong Kong: A case study in virtual prototyping," in *Virtual Futures for Design, Construction & Procurement*, 2018, pp. 59-71.
- [50] N. Babič, P. Podbreznik and D. Rebolj, "Integrating resource production and construction using BIM," in *Automation in Construction*, 2010, vol. 19, no. 5, pp. 539-543.
- [51] McGraw Hill Construction, "Interoperability in the Construction Industry," in *McGraw Hill Construction*, New York, USA, 2007.
- [52] McGraw Hill Construction, "Building Information Modelling: Transforming design and construction to achieve greater industry productivity," in *McGraw Hill Construction*, New York, USA, 2008.
- [53] McGraw Hill Construction, "The business value of BIM: Getting Building Information Modeling to the bottom line," in *McGraw Hill Construction*, New York, USA, 2009.
- [54] McGraw Hill Construction, "SmartMarket Report: The business value of BIM in North America," in *McGraw Hill Construction*, Bedford, Massachusetts, USA, 2012.
- [55] M. B. Barison and E. T. Santos, "An overview of BIM specialists roles and responsibilities of BIM Specialists," in *Computing in Civil and Building Engineering*, Nottingham, UK, 2010, pp. 16-18.

- [56] M. Weise, T. Liebich and J. Wix, "Integrating use case definitions for IFC developments," in *eWork and eBusiness in Architecture and Construction*, Taylor & Francis Group, London, 2009, pp.637-645.
- [57] D. Gallelo, "The new 'Must Have' The BIM Manager," in *AECbytes Viewpoint*, 2008, vol. 34, no. 17.
- [58] NIBS, 2015. [Online]. Available: <https://www.nibs.org/page/standards>
- [59] R. Miettinen and S. Paavola, "Beyond the BIM utopia: Approaches to the development and implementation of Building Information Modeling," in *Automation in Construction*, 2014, vol. 43, pp. 84-91.
- [60] Z. Shen and L. Jiang, "An augmented 3D iPad mobile application for communication, collaboration and learning (CCL) of building MEP systems," in *International Conference on Computing in Civil Engineering*, 2012, Clearwater Beach, Florida, USA, pp. 204–212.
- [61] P. Bynum, R. R. Issa and S. Olbina, "Building Information Modeling in support of sustainable design and construction," in *Journal of Construction Engineering and Management*, 2013, vol. 139, no. 1, pp. 24-34.
- [62] Y. Arayici, P. Coates, L. Koskela, M. Kagioglou, C. Usher and K. O'Reilly, "Technology adoption in the BIM implementation for lean architectural practice," in *Automation in Construction*, 2011, vol. 20, no. 2, pp. 189–195.
- [63] S. Lee, J. Yu and D. Jeong, "BIM acceptance model in construction organizations," in *Journal of Management Engineering*, 2015, vol. 31, no. 3.
- [64] H. Yan and P. Damian, "Benefits and barriers of Building Information Modeling," in *International Conference on Computing in Civil and Building Engineering*, Beijing, China, 2008, vol. 12.
- [65] Y. Tulubas Gokuc and D. Arditi, "Adoption of BIM in architectural design firms," in *Architectural Science Review*, 2017, vol. 60, no. 6, pp. 483-492.

- [66] E. Kumkale Açıkgöz, M. Çetin ve E. Erdoğan, “Türkiye’de YBM ile çalışan mimari proje ofislerinin tasarım ve teslim süreçleri,” in *3. Sanat ve Tasarım Eğitimi Sempozyumu ve Çalıştayı: Dijital Çağda Sanat ve Tasarım*, Ankara, Türkiye, 2018.
- [67] E. Kumkale Açıkgöz and M. Çetin, “An In-depth inquiry on the drawbacks of BIM implementation,” in *Advances in Building Information Modeling, EBF 2019, Communications in Computer and Information Science, Springer, Cham*, 2020, vol. 1188, pp. 15-27.
- [68] M. K. Pekerçli, R. Sari and A. M. Tanyer, “An investigation of Building Information Modeling maturity in Turkish architecture and engineering firms,” in *Computational Design in Architecture National Symposium*, 2017, vol. 11, pp. 214-227.
- [69] T.C. Kalkınma Bakanlığı, “Onuncu Kalkınma Planı: İnşaat, Mühendislik, Mimarlık, Teknik Müşavirlik ve Müteahhitlik Hizmetleri Özel İhtisas Komisyonu Raporu 2014-2018,” Ankara, Türkiye, 2014, pp. 50-62.
- [70] T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, “On Birinci Kalkınma Planı 2019-2023,” Ankara, Türkiye, 2019.
- [71] D. Cao, G. Wang, H. Li, M. Skitmore, T. Huang and W. Zhang, “Practices and effectiveness of Building Information Modelling in construction projects in China,” in *Automation in Construction*, 2015, vol. 49, pp. 113-122.
- [72] A. Ghaffarianhoseini, J. Tookey, N. Naismith, S. Azhar, O. Efimova and K. Raahemifar, “Building Information Modelling (BIM) uptake: Clear benefits, understanding its implementation, risks and challenges,” in *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2017, vol. 75, pp. 1046-1053.
- [73] B. Succar and M. Kassem, “Macro-BIM adoption: Conceptual structures,” in *Automation in Construction*, 2015, vol. 57, pp.64-79.
- [74] Z. Hu, X. Y. Zhang, H. W. Wang and M. Kassem, “Improving interoperability between architectural and structural design models: An industry foundation classes-based approach with web-based tools,” in *Automation in Construction*, 2016, vol. 66, pp. 29-42.

- [75] D. Hughes, T. Williams and Z. Ren, “Differing perspectives on collaboration in construction,” in *Automation in Construction*, 2012, vol. 12, pp. 355–368.
- [76] M.C. Caniëls, F. Chiocchio and N.P. Van Loon, “Collaboration in project teams: The role of mastery and performance climates,” in *International Journal of Project Management*, 2019, vol. 37, no. 1, pp. 1-13.
- [77] S. Ofluoğlu, “Yapı Bilgi Modelleme: Gereksinim ve birlikte çalışabilirlik,” içinde *Mimarist*, 2014, vol. 1, no. 49, pp. 10-12.
- [78] Ş. Taşlı Pektaş, “Mimarlıkta Yapı Bilgi Modellemesi uygulamaları,” içinde *Mimarlık Dergisi*, 2008, vol. 346.
- [79] M. Oraee, R. Hosseini, S. Namini and C. Merschbrock, “Where the gaps lie: Ten years of research into collaboration on BIM-enabled construction projects,” in *Construction Economics and Building*, 2017, vol. 17, pp. 121-139.
- [80] M. R. Hosseini, S. Banihashemi, N. Chileshe, M. O. Namzadi, C. Udaaja, R. Rameezdeen and T. McCuen, “BIM adoption within Australian small and medium-sized enterprises (SMEs): An innovation diffusion model,” in *Construction Economics and Building*, 2016, vol. 16, pp. 71-86.
- [81] R. Volk, J. Stengel and F. Schultmann, “Building Information Modeling (BIM) for existing buildings literature review and future needs,” in *Automation in Construction*, 2014, vol. 38, pp. 109-127.
- [82] E. Poirier, D. Forgues and S. Staub-French, “Collaboration through innovation: Implications for expertise in the AEC sector,” in *Construction Management and Economics*, 2016, vol. 34, no. 11, pp. 769-789.
- [83] B. Barelson, “Content analysis in communication research,” in *Free Press*, Glencoe, Illinois, USA, 1952.
- [84] H. Abdirad and C. S. Dossick, “BIM curriculum design in architecture, engineering, and construction education: A systematic review,” in *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, 2016, vol. 21, pp. 250-271.

- [85] M. R. Hosseini, I. Martek, E. Papadonikolaki, M. Sheikhhoshkar, S. Banihashemi and M. Arashpour, "Viability of the BIM Manager enduring as a distinct role: Association rule mining of job advertisements," in *Journal of Construction Engineering and Management*, 2018, vol. 144, no. 9.
- [86] W. Wu and R. Issa, "Integrated process mapping for BIM implementation in green building project delivery," in *International Conference on Construction Application of Virtual Reality*, London, UK, 2013, vol. 13, pp. 30-31.
- [87] J. Zhang, W. Wu and H. Li, "Enhancing Building Information Modeling competency among civil engineering and management students with team-based learning," in *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 2018, vol. 144, no. 2.
- [88] M. B. Barison and E. T. Santos, "The competencies of BIM specialists: A comparative analysis of the literature review and job ad descriptions," in *Computing in Civil Engineering*, 2011, pp. 594-602.
- [89] A. Bataw and R. Kirkham, "Making BIM a realistic paradigm rather than just another fad," Ph.D. dissertation, School of Mechanical, Aerospace and Civil Engineering, The University of Manchester, UK, 2015.
- [90] B. Succar, W. Sher and A. Williams, "Measuring BIM performance: Five metrics," in *Architectural Engineering and Design Management*, 2012, vol. 8, no. 2, pp. 120-142.
- [91] N. Shafiq, S. S. S. Gardezi and M. F. B. Khamidi, "Prospects of Building Information Modeling (BIM) in Malaysian construction industry as conflict resolution tool," in *Journal of Energy Technologies and Policy*, 2013, vol. 3, no. 11, pp. 346-350.
- [92] A. M. Mahamadu, L. Mahdjoubi and C. Booth, "Challenges to BIM-cloud integration: Implication of security issues on secure collaboration," in *5th International Conference on Cloud Computing Technology and Science*, 2013, pp. 209-214.
- [93] T. Beach, I. Petri, Y. Rezgui and O. Rana, "Management of collaborative BIM data by federating distributed BIM models," in *Journal of Computing in Civil Engineering*, 2017, vol. 31, no. 4.

EKLER

EK 1: Anket

İnşaat Tabanlı İş Ağlarında Mimarlar ve İnşaat Mühendisleri Arasındaki Yapı Bilgi Modelleme (BIM) Tabanlı Ekip Çalışmalarında İşbirliği Bariyerlerinin ve İyileştirme Yollarının Araştırılması

Yapılan bu çalışma Başkent Üniversitesi'nde devam etmekte olan Mimarlık ana bilim dalı yüksek lisans tezinin bir parçası olup verdiğiniz bilgiler kesinlikle başka bir kişi veya kurumla paylaşılmayacak, araştırma sınırları içerisinde tutulacaktır.

Değerlendirme ölçeğinin ilk bölümü demografik sorulardan oluşmaktadır. İkinci kısımda ise Oraee vd.'nin 2019 yılında hazırladığı "İnşaat Tabanlı İş Ağlarında BIM ile İşbirlikli Çalışma Değerlendirme Ölçeği" referans alınarak hazırlanan 27 adet soru yer almaktadır. 5'li likert ölçeği ile değerlendirilen ankette, her sorunun içerisinde o soru ile ilişkili iki adet açık uçlu soru yer almaktadır. Cevaplarınızın doğru bir şekilde değerlendirilebilmesi için lütfen her soruyu dikkatli şekilde yanıtlayınız.

Soruları mimarsanız inşaat mühendisleri ile, inşaat mühendisi iseniz mimarlar ile olan BIM tabanlı işbirliklerinizi düşünerek yanıtlamanız ve bu iki grubun işbirliğine ait yorumlarda bulunmanız büyük önem taşımaktadır.

Vaktinizi ayırdığınız için teşekkür ederiz.

* Gerekli

E-posta adresi *

Ad Soyad *

Lisans dereceniz nedir? *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

- ☐ Mimar
- ☐ İnşaat Mühendisi
- ☐ Diğer:

Lisans mezuniyet yılınız nedir? *

Kurum içerisindeki pozisyonunuz nedir? (Birden fazla seçenek işaretlenebilir.) *

Uygun olanların tümünü işaretleyin.

- ☐ BIM Modeller
- ☐ BIM Analisti (BIM Analyst)
- ☐ BIM Uygulama / Yazılım Geliştirici (BIM Application Developer or BIM Software Developer)
- ☐ Modelleme Uzmanı (Modelling Specialist)
- ☐ BIM Kolaylaştırıcı (BIM Facilitator)
- ☐ BIM Danışmanı (BIM Consultant)
- ☐ BIM Araştırmacısı (BIM Researcher)
- ☐ BIM Eğitici (BIM Educators)
- ☐ BIM Yöneticisi (BIM Manager)
- ☐ Mimar
- ☐ İnşaat Mühendisi
- ☐ Teknik Ressam
- ☐ İnşaat Teknikeri
- ☐ Proje Yöneticisi
- ☐ Şantiye Şefi
- ☐ İç Mimar
- ☐ Peyzaj Mimarı
- ☐ Diğer: _____

BIM ile proje üretim sürenizi belirtiniz. *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

- ☐ 1 yıldan az
- ☐ 1 yıl ve üzeri- 3 yıl ve altı
- ☐ 3 yıl üzeri- 5 yıl ve altı
- ☐ 5 yıl üzeri- 10 yıl ve altı
- ☐ 10 yıl üzeri
- ☐ Diğer: _____

BIM ile kaç metrekairelik proje deneyiminiz olduğunu belirtiniz. *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

- ☐ 1000 m² altı
- ☐ 1000 m² ve 10.000m² arası
- ☐ 10.000 m² ve 100.000 m² arası
- ☐ 100.000 ve 1.000.000 m² arası
- ☐ 1.000.000 m² üzeri
- ☐ Diğer: _____

Bu bölümde yer alan 27 adet soru doğrultusunda işbirlikli çalışma sürecinizin değerlendirilmesi yapılacaktır.

Her soruda BIM ile işbirlikli çalışma yaparken yaşanabilen bir sorunun tanımı yapılmaktadır. Soruları mimarsanız inşaat mühendisleri ile inşaat mühendisi iseniz mimarlarla olan BIM tabanlı işbirliklerinizi düşünerek yanıtlayınız.

Tanımlanan engelle dair deneyimleriniz doğrultusunda:

1(Bariyer değil) 2(Küçük bariyer) 3(Orta büyüklükte bariyer) 4(Büyük bariyer) ve 5(Çok büyük bariyer)

şeklinde o engeli değerlendirmeniz beklenmektedir. İşaretlemeniz sonucunda yöneltilen açık uçlu sorularda, yaptığınız değerlendirmenin nedenlerini açıklamamız ve o engelin çözümüne dair insan, süreç ve teknoloji ile ilişkili çözüm önerileri sunmanız beklenmektedir. Açık uçlu sorulara mümkün olduğunca detaylı ve açıklayıcı cevaplar vermeniz ve hem kendi meslek grubunuz hem de diğer meslek grubu hakkında yorumlarda bulunmanız doğru sonuçlara ulaşmamızı kolaylaştıracaktır.

Anket Soruları

1. BIM araçları kullanıcılarına işbirliğini destekleyen ortak bir veri ortamı sunmamaktadır. *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

	1	2	3	4	5	
Bariyer değil	☐	☐	☐	☐	☐	Çok büyük bariyer

Yukarıdaki değerlendirmenizin nedenlerini açıklayınız.

Eğer yukarıdaki ifadenin bir bariyer olduğunu değerlendirdiyseniz bu bariyer insan, süreç ve teknoloji temelinde nasıl iyileştirilebilir? (Uygun olan faktör(ler)e göre açıklayınız.

2. BIM kullanımına dair kural ve standartlarda eksiklikler bulunmaktadır. *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

	1	2	3	4	5	
Bariyer değil	☐	☐	☐	☐	☐	Çok büyük bariyer

Yukarıdaki değerlendirmenizin nedenlerini açıklayınız.

Eğer yukarıdaki ifadenin bir bariyer olduğunu değerlendirdiyseniz bu bariyer insan, süreç ve teknoloji temelinde nasıl iyileştirilebilir? (Uygun olan faktör(ler)e göre açıklayınız.

3. BIM araçları veri mülkiyeti ve veri gizliliği konusunda ekip üyeleri için problem yaratmaktadır. *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

	1	2	3	4	5	
Bariyer değil	☐	☐	☐	☐	☐	Çok büyük bariyer

Yukarıdaki değerlendirmenizin nedenlerini açıklayınız.

Eğer yukarıdaki ifadenin bir bariyer olduğunu değerlendirdiyseniz bu bariyer insan, süreç ve teknoloji temelinde nasıl iyileştirilebilir? (Uygun olan faktör(ler)e göre açıklayınız.

4. BIM ve işbirliği araçları yazılım şirketlerinin reklamlarında belirtildiği gibi performans göstermemektedir. *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

	1	2	3	4	5	
Bariyer değil	☐	☐	☐	☐	☐	Çok büyük bariyer

Yukarıdaki değerdendirmerizir nederlerini açıklayınız.

Eğer yukarıdaki ifadenin bir bariyer olduğunu değerdendirirdiyseniz bu bariyer insan, süreç ve teknoloji temelinde nasıl iyileştirilebilir? (Uygun olan faktör(ler)e göre açıklayınız.

5. BIM araçları proje yaşam döngüsü sürecinde ekipler arasında birlikte çalışabilirlik problemleri (IFC uyumluluğu gibi) yaratmaktadır. *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

	1	2	3	4	5	
Bariyer değıl	☐	☐	☐	☐	☐	Çok büyük bariyer

Yukarıdaki değerdendirmerizir nederlerini açıklayınız.

Eğer yukarıdaki ifadenin bir bariyer olduğunu değerlendirdiyseniz bu bariyer insan, süreç ve teknoloji temelinde nasıl iyileştirilebilir? (Uygun olan faktör(ler)e göre açıklayınız.

6. Mimar ve mühendis ekiplerinin farklı BIM araçlarını seçmesi ve kullanması işbirlikli çalışma süreçlerinde sorun oluşturmaktadır. *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

	1	2	3	4	5	
Bariyer değil	☐	☐	☐	☐	☐	Çok büyük bariyer

Yukarıdaki değerlendirmenizin nedenlerini açıklayınız.

Eğer yukarıdaki ifadenin bir bariyer olduğunu değerlendirdiyseniz bu bariyer insan, süreç ve teknoloji temelinde nasıl iyileştirilebilir? (Uygun olan faktör(ler)e göre açıklayınız.

7. Verimsiz ve yetersiz BIM eğitimi işbirlikli çalışma sürecini olumsuz etkilemektedir. *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

	1	2	3	4	5	
Bariyer değil	☐	☐	☐	☐	☐	Çok büyük bariyer

Yukarıdaki değerlendirmenizin nedenlerini açıklayınız.

Eğer yukarıdaki ifadenin bir bariyer olduğunu değerlendirdiyseniz bu bariyer insan, süreç ve teknoloji temelinde nasıl iyileştirilebilir? (Uygun olan faktör(ler)e göre açıklayınız.

8. Ekip üyelerinin yetersiz işbirliği bilgi ve becerileri proje sürecinde sorun yaratmaktadır. *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

	1	2	3	4	5	
Bariyer değil	☐	☐	☐	☐	☐	Çok büyük bariyer

Yukarıdaki değerdendirmeriziz nedenlerini açıklayınız.

Eğer yukarıdaki ifadenin bir bariyer olduğunu değerdendirdiyseniz bu bariyer insan, süreç ve teknoloji temelinde nasıl iyileştirilebilir? (Uygun olan faktör(ler)e göre açıklayınız.

9. İnşaat sektöründe işbirliği kavramının ekipler tarafından farklı şekilde anlaşılması BIM ile işbirliği sürecini uygulamada problem yaratmaktadır. *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

	1	2	3	4	5	
Bariyer değil	☐	☐	☐	☐	☐	Çok büyük bariyer

Yukarıdaki değerdendirmeriziz nedenlerini açıklayınız.

Eğer yukarıdaki ifadenin bir bariyer olduğunu değerlendirdiyseniz bu bariyer insan, süreç ve teknoloji temelinde nasıl iyileştirilebilir? (Uygun olan faktör(ler)e göre açıklayınız.

10. Proje sürecinde ekipler arasında işbirliği yapma biçimindeki farklılıklardan kaynaklanan sorunlar yaşanmaktadır. *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

	1	2	3	4	5	
Bariyer değil	☐	☐	☐	☐	☐	Çok büyük bariyer

Yukarıdaki değerlendirmenizin nedenlerini açıklayınız.

Eğer yukarıdaki ifadenin bir bariyer olduğunu değerlendirdiyseniz bu bariyer insan, süreç ve teknoloji temelinde nasıl iyileştirilebilir? (Uygun olan faktör(ler)e göre açıklayınız.

11. Çok uluslu takımlarda ekip üyeleri içerisindeki kültürel farklılıklar işbirliği sürecini olumsuz etkilemektedir. *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

	1	2	3	4	5	
Bariyer değil	☐	☐	☐	☐	☐	Çok büyük bariyer

Yukarıdaki değerlendirmenizin nedenlerini açıklayınız.

Eğer yukarıdaki ifadenin bir bariyer olduğunu değerlendirdiyseniz bu bariyer insan, süreç ve teknoloji temelinde nasıl iyileştirilebilir? (Uygun olan faktör(ler)e göre açıklayınız.

12. Mimar ve mühendislik ekiplerin küçük gruplardan oluşan parçalanmış yapısı işbirliği sürecini olumsuz etkilemektedir. *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

	1	2	3	4	5	
Bariyer değil	☐	☐	☐	☐	☐	Çok büyük bariyer

Yukarıdaki değerdendirmeriziz nedenlerini açıklayınız.

Eğer yukarıdaki ifadenin bir bariyer olduğunu değerdendirdiyseniz bu bariyer insan, süreç ve teknoloji temelinde nasıl iyileştirilebilir? (Uygun olan faktör(ler)e göre açıklayınız.

13. BIM ile yaşanan işbirlikli çalışma sürecinde ekip üyelerinin takım çalışması zihniyeti eksikliği işbirliği sürecini olumsuz etkilemektedir. *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

	1	2	3	4	5	
Bariyer değil	☐	☐	☐	☐	☐	Çok büyük bariyer

Yukarıdaki değerdendirmeriziz nedenlerini açıklayınız.

Eğer yukarıdaki ifadenin bir bariyer olduğunu değerlendirdiyseniz bu bariyer insan, süreç ve teknoloji temelinde nasıl iyileştirilebilir? (Uygun olan faktör(ler)e göre açıklayınız.

14. Proje sürecinde ekip üyeleri, proje süreci ve teknoloji arasındaki ilişkiler yeterince dikkate alınmamaktadır. *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

	1	2	3	4	5	
Bariyer değil	☐	☐	☐	☐	☐	Çok büyük bariyer

Yukarıdaki değerlendirmenizin nedenlerini açıklayınız.

Eğer yukarıdaki ifadenin bir bariyer olduğunu değerlendirdiyseniz bu bariyer insan, süreç ve teknoloji temelinde nasıl iyileştirilebilir? (Uygun olan faktör(ler)e göre açıklayınız.

15. Proje sürecinde BIM aracının yetersiz kalması sebebiyle farklı iletişim kanallarına başvurulması işbirliği sürecini etkileyen sorunlar yaratmaktadır. *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

	1	2	3	4	5	
Bariyer değil	☐	☐	☐	☐	☐	Çok büyük bariyer

Yukarıdaki değerlendirmenizin nedenlerini açıklayınız.

Eğer yukarıdaki ifadenin bir bariyer olduğunu değerlendirdiyseniz bu bariyer insan, süreç ve teknoloji temelinde nasıl iyileştirilebilir? (Uygun olan faktör(ler)e göre açıklayınız.

16. BIM ile yaşanan proje sürecinde ekipler arasında süreci açık ve net bir şekilde tanımlayarak sınırlandıran bir sözleşmenin olmaması sorun yaratmaktadır. *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

	1	2	3	4	5	
Bariyer değil	☐	☐	☐	☐	☐	Çok büyük bariyer

Eğer yukarıdaki ifadenin bir bariyer olduğunu değerlendirdiyseniz bu bariyer insan, süreç ve teknoloji temelinde nasıl iyileştirilebilir? (Uygun olan faktör(ler)e göre açıklayınız.

18. İnşaat sektörünün küçük gruplardan oluşan parçalanmış yapısı ve sektör dinamiklerinden dolayı ekipler arasında işbirlikli çalışma problemleri yaşanmaktadır. *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

	1	2	3	4	5	
Bariyer değil	☐	☐	☐	☐	☐	Çok büyük bariyer

Yukarıdaki değerlendirmenizin nedenlerini açıklayınız.

Eğer yukarıdaki ifadenin bir bariyer olduğunu değerlendirdiyseniz bu bariyer insan, süreç ve teknoloji temelinde nasıl iyileştirilebilir? (Uygun olan faktör(ler)e göre açıklayınız.

19. BIM ile yaşanan işbirlikli çalışma sürecinde ekip üyelerinin yalıtılmış (bireysel) çalışma anlayışı ve alışkanlıkları işbirliği sürecini olumsuz etkilemektedir. *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

	1	2	3	4	5	
Bariyer değil	☐	☐	☐	☐	☐	Çok büyük bariyer

Yukarıdaki değerlendirmenizin nedenlerini açıklayınız.

Eğer yukarıdaki ifadenin bir bariyer olduğunu değerlendirdiyseniz bu bariyer insan, süreç ve teknoloji temelinde nasıl iyileştirilebilir? (Uygun olan faktör(ler)e göre açıklayınız.

20. Ekip üyeleri arasında veri ve bilgi paylaşımına karşı direnç yaşanmaktadır. *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

	1	2	3	4	5	
Bariyer değil	☐	☐	☐	☐	☐	Çok büyük bariyer

Eğer yukarıdaki ifadenin bir bariyer olduğunu değerlendirdiyseniz bu bariyer insan, süreç ve teknoloji temelinde nasıl iyileştirilebilir? (Uygun olan faktör(ler)e göre açıklayınız.

22. Proje sürecinde proje yöneticileri ile BIM yöneticileri arasında rekabet kaynaklı sorunlar yaşanmaktadır. *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

	1	2	3	4	5	
Bariyer değil	☐	☐	☐	☐	☐	Çok büyük bariyer

Yukarıdaki değerlendirmenizin nedenlerini açıklayınız.

Eğer yukarıdaki ifadenin bir bariyer olduğunu değerlendirdiyseniz bu bariyer insan, süreç ve teknoloji temelinde nasıl iyileştirilebilir? (Uygun olan faktör(ler)e göre açıklayınız.

23. BIM ile gelen yeni iş tanımları ve iş gruplarının yeterince oluşturulamamış olması süreç içerisinde problem oluşturmaktadır. *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

	1	2	3	4	5	
Bariyer değil	☐	☐	☐	☐	☐	Çok büyük bariyer

Yukarıdaki değerlendirmenizin nedenlerini açıklayınız.

Eğer yukarıdaki ifadenin bir bariyer olduğunu değerlendirdiyseniz bu bariyer insan, süreç ve teknoloji temelinde nasıl iyileştirilebilir? (Uygun olan faktör(ler)e göre açıklayınız.

24. Proje sürecinde destekleyici olmayan ekip yapılanmaları işbirliği problemleri yaratmaktadır. *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

	1	2	3	4	5	
Bariyer değil	☐	☐	☐	☐	☐	Çok büyük bariyer

Eğer yukarıdaki ifadenin bir bariyer olduğunu değerlendirdiyseniz bu bariyer insan, süreç ve teknoloji temelinde nasıl iyileştirilebilir? (Uygun olan faktör(ler)e göre açıklayınız.

26. Proje sürecinde mimar ve mühendis ekiplerine verilen görevlerin karmaşık yapıda olması işbirliği sürecini olumsuz etkilememdir. *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

	1	2	3	4	5	
Bariyer değil	☐	☐	☐	☐	☐	Çok büyük bariyer

Yukarıdaki değerlendirmenizin nedenlerini açıklayınız.

Eğer yukarıdaki ifadenin bir bariyer olduğunu değerlendirdiyseniz bu bariyer insan, süreç ve teknoloji temelinde nasıl iyileştirilebilir? (Uygun olan faktör(ler)e göre açıklayınız.

27. Sizce mimarlar ve mühendisler arasındaki yapı bilgi modellemesi tabanlı ekip çalışmalarında en önemli işbirliği bariyeri nedir? Nedenleri ile birlikte detaylı olarak açıklayınız.*
