

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**TÜRK İNŞAAT SEKTÖRÜNDE YAPI BİLGİ MODELLEMESİ (YBM)
UYGULAMALARININ YAYGINLIĞI VE UYGULAMALARDAKİ BAŞARI
DÜZEYLERİ ÜZERİNE BİR İNCELEME**

Yusif INUSAH

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KASIM 2018

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**TÜRK İNŞAAT SEKTÖRÜNDE YAPI BİLGİ MODELLEMESİ (YBM)
UYGULAMALARININ YAYGINLIĞI VE UYGULAMALARDAKİ BAŞARI
DÜZEYLERİ ÜZERİNE BİR İNCELEME**

Yusif INUSAH

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KASIM 2018

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TÜRK İNŞAAT SEKTÖRÜNDE YAPI BİLGİ MODELLEMESİ (YBM)
UYGULAMALARININ YAYGINLIĞI VE UYGULAMALARDAKİ BAŞARI
DÜZEYLERİ ÜZERİNE BİR İNCELEME

Yusif INUSAH
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 02.11.2018 tarihinde jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Aynur KAZAZ
Doç. Dr. Kemal Tuşat Yücel
Dr. Öğr. Üyesi İkbal Erbaş

ÖZET

TÜRK İNŞAAT SEKTÖRÜNDE YAPI BİLGİ MODELLEMESİ (YBM) UYGULAMALARININ YAYGINLIĞI VE UYGULAMALARDAKİ BAŞARI DÜZEYLERİ ÜZERİNE BİR İNCELEME

Yusif INUSAH

Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Aynur KAZAZ

Kasım 2018;76 sayfa

Yapı Bilgi Modellemesi (YBM), inşaat sektöründeki birçok zorluğun üstesinden gelebilecek modern bir araç olarak ortaya çıkmıştır. İnşaat sektöründe birçok firma YBM'yi modern bir çalışma sistemi olarak görmüş ve YBM araçlarını kullanmıştır; ancak bazı firmalar için YBM bir takım soru işaretleri oluşturmuştur: YBM nedir? YBM bir araç mı yoksa bir süreç midir? Hangi tür ve boyutta firmalar YBM'den yararlanabilirler? Bu yüksek lisans tezinin içeriği belirtilen sorular üzerinden sekilenmiştir. Bu çalışmada, YBM'yi öncelikli olarak benimseyen ve uygulayanlar grubuna dâhil edilebilecek olan Türk inşaat firmalarını incelenmiş ve aynı firmaların YBM uygulamalarını edindikten sonraki yıllarda performanslarının maliyet, teslimat süresi ve kalite açısından ne ölçüde değiştiği araştırılmıştır. Bu araştırmanın öncelikli amacı, Yapı Bilgi Modellemesinin Türkiye'deki inşaat projelerinin maliyet, teslimat süresi ve kalite kriterleri açısından başarı elde etmede etkili olup olmadığının incelemesidir. Çalışmanın sağlayacağı ikinci kazanım ise, YBM'nin Türk inşaat sektöründeki uygulamalarının yaygınlığı ve kapsamı üzerine araştırmalar olmuştur. Son on yılda YBM sisteminin uygulandığı inşaat projeleri incelenmiş ve YBM'nin bu projelerin başarı ile tamamlanmasına maliyet, teslimat süresi ve kalite açısından ne derece fayda sağladığı araştırılmıştır.

Veriler, Yapı Bilgi Modellemesi (YBM) araştırmacıları ve YBM uzmanlarının görüşmeleriyle elde edilmiştir. Araştırma bulguları, YBM'nin benimseme zorluklarına rağmen büyük bir başarı gösterdiğini ortaya koymuştur.

ANAHTAR KELİMELER: Altyapı, Entegre Proje Teslimi, İnşaat Sektörü, Teknoloji, Türkiye, Yapı Bilgi Modellemesi.

JÜRİ: Prof. Dr. Aynur KAZAZ

Doç. Dr. Kemal Tuşat Yücel

Dr. Öğr. Üyesi İkbâl Erbaş

ABSTRACT

AN EXPLORATION OF THE EXTENT, USE AND SUCCESS IN THE APPLICATION OF BUILDING INFORMATION MODELLING (BIM) IN THE TURKISH CONSTRUCTION SECTOR

Yusif INUSAH

MSc Thesis in Construction Management

Supervisor: Prof. Dr. Aynur KAZAZ

November 2018; 76 pages

Building Information Modeling (BIM) has emerged as a modern tool that can solve many challenges in the construction industry. Many companies in the construction sector have seen BIM as a modern tool and process, but for some firms the use of BIM has generated some set of question: what is BIM? Is BIM a tool or a process? Which types and sizes of firms can benefit from the BIM? What is the effect of Building Information Modelling (BIM) on project delivery in terms of the key criteria of project success; cost, quality and time? These questions form part of the bases of this Master's thesis. The main aim of this Master's thesis is to explore the effect of Building Information Modelling (BIM) on the delivery of construction projects in Turkey in terms of the key criteria for project success, cost, quality and time. This study examined the Turkish construction firms that could be included in the group of early adopters and practitioners of BIM and investigated the effects of their performance in terms of cost, delivery time and quality in the years following the adoption of BIM practices by their firms. Then again, an investigation of the extent of the applications of the BIM in the Turkish construction sector was explored. Lastly, for the last ten years, the construction projects implemented by the BIM applications were also examined.

The data was collected through interviews from Building Information Modeling researchers and Building Information Modeling experts in Turkish Construction Sector who are the early adopters of Building Information Modeling. The findings of the research show that; there are successful projects executed via Building Information Modeling with a lot of impact despite the adoption challenges of Building Information Modeling.

KEYWORDS: Building Information Modeling, Construction Sector, Infrastructure, Integrated Project Delivery, Technology, Turkey.

COMMITTEE: Prof. Dr. Aynur KAZAZ

Prof. Dr. Aynur KAZAZ

Doç. Dr. Kemal Tuşat Yücel

Dr. Öğr. Üyesi İkbâl Erbaş

ÖNSÖZ

Günceli takip etme merakım ve inşaat sektöründeki yeni konulara olan ilgim beni bu araştırma çalışmasını yapmaya itmiştir.

Bu çalışmada bana yol gösteren ve yardımcı olan değerli hocam Prof. Dr. Aynur KAZAZ'a teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca bu Yüksek Lisans sürecinde desteklerini esirgemeyen Yurtdışı Türkler ve Akraba Topluluklar Başkanlığı'na (YTB) ve her daim yanımda bulunan sevgili annem Adisah AYAMA'ya, kardeşlerim ve arkadaşlarıma çok teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
AKADEMİK BEYAN.....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK TARAMASI.....	5
2.1. Kısa Tarih ve Genel Bakış.....	5
2.2. Yapı Bilgisi Modellemesi (YBM): Uygun Bir Tanımın Araştırılması.....	7
2.3. YBM Kavramları.....	9
2.3.1. Teknoloji olarak YBM.....	9
2.3.2. Yönetim olarak YBM araç mı, süreç mi veya her ikisi mi?.....	9
2.3.3. İnşaat endüstrisinde YBM gerekliliği.....	11
2.3.4. YBM ve BDT arasındaki fark.....	13
2.3.5. YBM boyutları.....	14
2.3.6. YBM'nin uyguladığı Türkiye’de ve dünyadaki örnekleri.....	16
2.3.7. YBM’nin Türkiye’deki uygulamaları.....	19
2.3.8. YBM ve proje başarısı.....	23
2.4. YBM'nin Maliyet, Zaman ve Kalite Üzerindeki Etkisi.....	25
2.4.1. YBM ve maliyet	26
2.4.2. YBM ve zaman.....	27
2.4.3. YBM ve kalite.....	28
2.5. YBM'nin Faydaları, Benimsenme ve Zorlukları.....	29
2.5.1. YBM’nin faydaları.....	29
2.5.2. Türkiye’de YBM’nin benimsenme seviyesi ve kısıtlamaları.....	32
2.6. Türkiye’de YBM'nin Geleceği.....	33
3. MATERYAL VE METOT.....	36

3.1. Araştırmanın Amacı.....	36
3.2. Metot.....	37
3.2.1. Veri toplama yöntemi.....	37
3.2.2. Gömülü teori yöntemi.....	37
3.2.3. Veri analizi.....	39
3.2.4. Araştırmanın sınırlamaları.....	40
4. BULGULARI.....	42
4.1. Katılımcıların Demografic Özellikleri.....	42
4.1.1. Cinsiyet bilgileri.....	42
4.1.2. Katılımcıların akademik seviyesi.....	42
4.1.3. Katılımcıların çalışma pozisyonları / iş unvanları.....	43
4.1.4. Katılımcıların iş deneyimleri.....	44
4.2. Türk İnşaat Sektöründe YBM Tanımı ve Benimsenmesi.....	44
4.2.1. YBM: araç - süreç algıları.....	44
4.2.2. YBM, Türk inşaat sektörü iş kültürünü etkisi.....	45
4.2.3. Türkiye'de YBM kullanımı ve geleceği.....	45
4.2.4. YBM'nin Türkiye projeleri üzerinde benimsenmesi ve uygulanması.....	45
4.3. Türkiye'de YBM Uygulanan Projeler.....	47
5. TARTIŞMA.....	48
5.1. YBM'nin Proje Başarısına Etkisi.....	48
5.1.1. YBM'nin maliyet ve zaman üzerindeki etkisi.....	48
5.1.2. Günümüzde Yapı Bilgi Modellemesi kullanımı.....	49
5.1.3. Dünya'dan YBM örnekleri.....	50
5.1.4. Takım çalışmasını geliştirme.....	52
5.1.5. Kalite üzerinde YBM'nin etkisi.....	52
6. SONUÇLAR	54
7. KAYNAKLAR	55
8. EKLER.....	61
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Türk İnşaat Sektöründe Yapı Bilgi Modellemesi (YBM) uygulamalarının yaygınlığı ve uygulamalardaki başarı düzeyleri üzerine bir inceleme” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

02/11/2018

Yusif INUSAH

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

% : Yüzde

m² : Metrekare

Kisaltmalar

ABD : Amerika Birleşik Devletleri

APG : Anahtar Performans Göstergesi

BDT : Bilgisayar Destekli Tasarım

BAKÇDM : Bina Araştırma Kuruluşu Çevresel Değerlendirme Metodolojisi

BREEAM : Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology.

BSI : British Standards Institution

BT : Bilgi Teknolojisi

CEO : Chief Executive Officer

CIFE : Centre for Integrated Facility Engineering

EÇTL : Enerji ve Çevresel Tasarımda Liderlik

EPT : Entegre Proje Teslimi

FIFA : International Federation of Association Football (Uluslararası Futbol Federasyonu)

GTM : Gömülü Teori Metodu

HAD : Hesaplmalı Akışkanlar Dinamiği

İGA : İstanbul Garnd Airport

İYH : İstanbul Yeni Havalimanı

KK : Kalite Kontrol

KMM : Kabataş Mediyeköy Mahmutbey

KÖM	: Kartopu Örnekleme Metodu
KYM	: Kritik Yol Metodu
LEED	: Leadership in Energy and Environmental Design
MET	: Makine, Elektrik ve Tesisat
MMİ	: Mimar Mühendisliği İnşaat
MTMD	: Mekanik Tesisat Mühendisleri Derneği
UEFA	: Union of European Football Associations (Avrupa Futbol Federasyonları Birliği)
VSC	: Veri Giriş-Süreç-Çıktı
YBM	: Yapı Bilgi Modellemesi
YGA	: Yatırım Getirisi Analizi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. a) G-S-Ç modeli	3
Şekil 1.1. b) Tez yapısının kavramsal çerçevesi	3
Şekil 2.1. İnşaat sektöründe bilgi değişimi	7
Şekil 2.2. YBM kavramının görsel temsili.....	9
Şekil 2.3. YBM'nin süreci	11
Şekil 2.4. a) YBM çeşit boyutları.....	15
Şekil 2.4. b) 4 boyutlu YBM.....	16
Şekil 2.5. Devam eden YBM projesi (İstanbul Yeni Havalimanı)	19
Şekil 2.6. İstanbul Kabataş - Mahmutbey Metro Hattı 3 boyutlu görüntüleri	20
Şekil 2.7. EMAAR Square alışveriş merkezi ve dizansı	20
Şekil 2.8. AND Pastel konut projesi	21
Şekil 2.9. Manzara Adalar.....	21
Şekil 2.10. Finanskent konut binası	22
Şekil 2.11. Darıca-Gebze metro hattı projesi	22
Şekil 2.12. Ankara Etlik Entegre Sağlık Kampüsü projesi	23
Şekil 4.1. Katılımcıları cinsiyet bilgileri.....	42
Şekil 4.2. YBM benimseyenlerin akademik seviyesi	43
Şekil 4.3. Katılımcıların çalışma pozisyonu / (iş ünvanı) görev başlığı	43
Şekil 4.4. Katılımcıların iş deneyimleri	44
Şekil 5.1. a) Dünya'da YBM kullanım oranları.....	50
Şekil 5.1. b) Ülkelere göre yüklenicilerin YBM kullanım oranları.....	50

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. 3 boyutlu modelleme açısından BDT ve YBM arasındaki farklılıklar....	14
Çizelge 2.2. YBM'nin uygulandığı Türkiye’de ve dünyadaki örnekleri.....	17
Çizelge 2.3. YBM ve BDT arasındaki süre kazanımının karşılaştırılması.....	28
Çizelge 2.4. YBM'nin faydalarının incelenmesinin karşılaştırmalı bir listesi.....	30
Çizelge 3.1. Görüşmelerden önce kaynak taramasındaki bulgular.....	39
Çizelge 3.2. Tipolojiler ve taksonomilerle niteliksel kodlama.....	40
Çizelge 4.1. Türkiye’de YBM uygulamalı proje örnekleri.....	47
Çizelge 5.1. YBM açısından incelenen 10 projenin envanteri.....	51

1. GİRİŞ

Türk İnşaat Sektörü hem ulusal hem uluslararası projelerde birçok başarıya sahiptir. İnşaat, Türkiye'nin ekonomik gelişiminde temel bir rol oynamakta ve bu rol ile gayri safi milli hâsılanın %8-9'unu karşılamakta olup neredeyse 2 milyon kişiye iş olanağı sağlamaktadır. Diğer sektörler üzerindeki doğrudan ve dolaylı etkiler dikkate alındığında, inşaat sektörünün Türkiye ekonomisindeki payı %30'a ulaşmaktadır (Turkish Contracting in The International Market 2017).

Türk müteahhitlerin ve inşaat malzemeleri üreticilerinin sürekli artan küresel rekabet gücü, Türkiye'nin ödemeler dengesine önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır. 1972 - 2017 yılları arasında, Türk müteahhitleri, toplamda 350 milyar Dolar değerinde, 115 ülkede 9000 proje üstlenmiştir (Turkish Contracting in The International Market 2017). Türk inşaat sektörü, 40 Türk inşaat şirketinin 2015 yılı verilerine göre, üst üste 9 yıl boyunca dünyanın en büyük inşaat projelerine imza atan inşaat şirketlerinin sayısı nedeniyle Çin'den sonra ikinci sıradadır. Bu bilgi Engineering News Record dergisi tarafından "dünyanın en iyi 250 müteahhitleri" listesinde yayınlanmıştır (Hürriyet Daily News 2016).

Ulusal yapım yönetimi literatüründe YBM'nin Türk inşaat sektöründe uygulanmasına dair çeşitli yayınlar mevcut olmasına rağmen sektörde YBM uygulamalarının yaygınlığı ve kullanan firmaların maliyet, zaman ve kalite açısından başarılarının ölçümüne dair bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu yüksek lisans tezi, bu alanda gerek akademik camiaya gerekse sektöre önemli katkılar sağlamayı amaçlayan çalışmalardan biri olmayı hedeflemektedir.

Ulusal literatürde YBM'yi konu edinmiş yayınlar tarandığında, Akkaya (2012), inşaat sektöründe YBM hakkında incelemelerde bulunduğu ve YBM'nin Türk inşaat sektöründeki yaygınlığını araştırarak, çalışmasını anket uygulamaları ile desteklediği gözlemlenmiştir. Karahan (2015), Türk inşaat sektöründe YBM uygulamalarına dair 11 vakayı incelemiş ve bulgularını tartışmıştır. Dilsizoglu (2016), yüksek lisans tezinde bütünsel proje teslim metodunun, yapı bilgi modellemesi ile birlikte sürdürülebilir mimari ve uygulamalarına katkısını araştırmıştır. Döşer (2016), YBM'nin tesis yönetimine entegrasyonunu çalışmış ve bina yaşam döngüsünün işletme safhasına YBM üzerinden yeni bir model önerisi sunmuştur. Kıvırcık (2016), gerçekleştirmiş olduğu tez çalışmasında mülakat uygulamaları üzerinden Türk inşaat sektöründe son dönemlerde YBM konusunda bir farkındalık olduğu bilgisinin elde etmiştir. Aladağ vd. (2016), yapmış olduğu çalışmalarında Türk inşaat sektöründe YBM kullanımının, YBM yazılımının ve donanımının başlangıçta, yatırım maliyetinin yüksek olduğu sonucuna varmışlardır.

Uluslararası literatür tarandığında YBM konusunda oldukça güncel ve özgün çalışmalara rastlanılmıştır. Örnek olarak Ghaffarianhoseini vd. (2016), yaptıkları bir araştırmada uygulamanın zorlukları ile risklerinden söz etmiş ve YBM'nin sektörde benimsenmesinin önündeki öncelikli engelleri tartışmışlardır. Uhm vd. (2017), YBM için sektörde gereksinim duyulan mesleki pozisyonları "YBM Proje Müdürü, Direktör, YBM Müdürü, YBM Koordinatörü, YBM Tasarımcısı, Kıdemli Mimar, YBM mekanik, elektrik ve tesisat koordinatörleri ve YBM teknisyeni" şeklinde 8 farklı alanda tanımlamıştır. Zou vd. (2016) tarafından YBM aracılığı ile risk yönetimi üzerine bir

inceleme yayımlanmıştır. Cao vd. (2016), Çin'deki inşaat projelerinde YBM uygulamalarına geçiş için proje tasarım ofisleri ve müteahhitlerin motivasyonlarını araştıran bir çalışma yapmışlardır.

YBM Teknolojisi her geçen gün inşaat sektöründe daha fazla bir gerçeklik haline gelmektedir. Bu teknoloji, BDT teknolojisinin kalem, cetvel ve rapido kalemelerin yerini almasından bu yana kesinlikle sektörde gördüğümüz en göze çarpan yeniliktir. YBM bir projenin tasarım, maliyet, zaman, kalite kontrol, tedarik ve planlamasını dönüştürme kapasitesine sahiptir. İnşaat sektörü sürekli olarak inşaat sürecini modernize etmek için araştırmalarda bulunurken malzeme israfını en aza indirmek adına YBM'nin kullanılmasının toplam maliyeti azaltarak, projenin tamamlanmasını hızlandırıp, taraflar arasındaki iletişimi geliştirdiği gözlemlenmiştir. Autodesk Revit ve Nemetschek gibi Yapı Bilgi Modelleme (YBM) yazılımlarının inşaat projelerine uygulanması bu değişikliklerin sektörde mümkün olmasına katkıda bulunmuştur (Christopher vd. 2012). Bunlara ek olarak, YBM yazılımı sadece Revit ve Nemetschek değil, daha fazlasını da içermektedir. Çeşitli kategoriler göz önüne alındığında, sürdürülebilirlik için Autodesk Ecotect Analysis ve Autodesk Green Building Studio vb. programların kullanıldığı ve yapılar için ise Autodesk Revit Structure, Bentley Structural Modeller, Bentley RAM, STAAD ve ProStee vb. gibi yazılımların kullanıldığı gözlemlenmiştir. MEP için ise; Autodesk Revit MEP, Bentley Hevacomp, Mechanical Designer vb. programlar, inşaat için Simulation, Estimating and Construction Analysis, Autodesk, Navisworks, Solibri Model Checker, Vico Office Suite, Vela Field BIM, Bentley ConstrucSim, Tekla BIMSight vb. ayrıca tesis yönetimi için Bentley Tesisleri Yönetimi, Onuma Sistemi, EcoDomus gibi programların kullanıldığı görülmüştür (Broquetas 2010).

YBM Teknolojisi, binaların ve altyapının nasıl tasarlandığını, inşa edildiğini ve işletildiğini kolay bir yöntemle dönüştürmektedir. Böylece, bina ve altyapı yaşam döngüsü boyunca karar vermede ve performansın iyileştirilmesinde yardımcı olmaktadır. YBM'nin 3 boyutlu tasarım anlamına geldiği konusunda yaygın bir yanlış anlama mevcuttur. Ancak YBM, 3 boyutlu tasarımdan çok daha fazlasını kapsamaktadır.

AutoDesk (2018)'e göre, YBM (Yapı Bilgi Modellemesi) mimari, mühendislik ve inşaat (MMİ) sektörlerine daha verimli bir şekilde planlama, tasarlama, inşa etme ve yönetme konusunda içgörü ve araçlar sağlayan akıllı bir 3 boyutlu model tabanlı süreçtir. Bu nedenle YBM'nin inşaat öncesi, inşaat sırası ve inşaat sonrası bir projedeki tüm bilgileri oluşturup yönetmesi için bir süreç olduğu söylenebilir. Bu sürecin çıktısı, Yapı Bilgi Modellemesi, inşa edilen yapının her yönünün dijital tanımıdır. YBM'ye artan ilgi, daha yakın işbirliği ve daha etkili iletişim ihtiyacını arttıran Entegre Proje Teslimi (EPT) gibi yeni proje yönetim çerçeveleri ile birlikte görülebilmektedir (Eastman vd. 2011).

Yapı Bilgi Modellemesi (YBM), inşaat sektörünün sorunlarını ele alan tek bir teknoloji olarak kabul edilmiştir. YBM, tasarım ve inşaat entegrasyonu, tasarımda değer artışı, proje yönetimi, optimizasyon, risk değerlendirmesi, güvenlik, maliyet tahmini, zamanlama, iletişim, koordinasyon, dokümantasyon, verimlilik, kalite, enerji verimliliği/sürdürülebilirlik ve tesis yönetimi gibi çeşitli alanlarda kullanılabilir. YBM, inşaat sektörünün parçalanmasının azaltılması, verimliliğinin artırılması ve

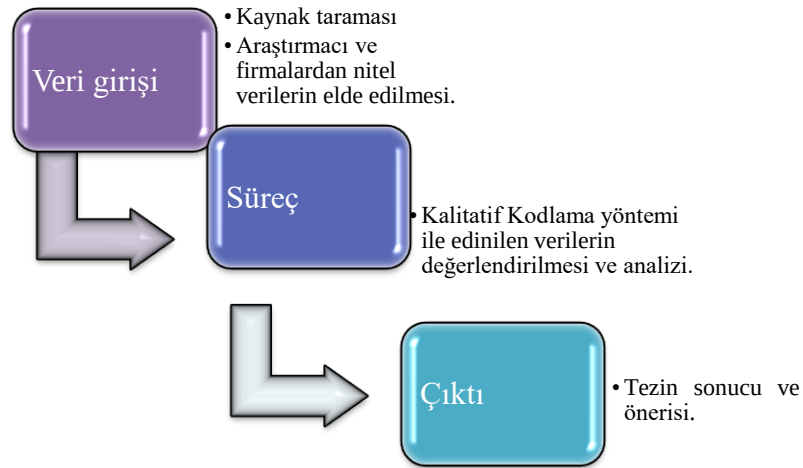
yetersiz işbirliklik maliyetlerinin düşürülmesi için küresel bir araç olarak görülmektedir (Aladağ vd. 2016).

Türk İnşaat Sektörü, yurtiçi ve yurtdışında gerçekleştirilen proje sayıları açısından büyük öneme sahiptir. Türkiye’de mevcut inşaat sektörü, 40 Türk inşaat şirketinin 2015 yılı verilerine göre 9 yıl boyunca dünyanın en büyük inşaat projelerine imza atan inşaat şirketleri sayısında Çin’den sonra ikinci sırada yer almıştır (Hürriyet Daily News 2016). Buna rağmen Türkiye’de inşaat projelerinin teslim edilmesinde temel kriterler açısından Yapı Bilgi Modellemesinin (YBM) proje başarısı etkisine dair kanıtlar yetersizdir. Maliyet, kalite ve zaman ile Türkiye’nin inşaat sektörünün seviyesi şu anda YBM uygulaması açısından bu boşluğu doldurmanın bir gereği olarak görülmektedir.

Bu çalışmada yapılmış olan araştırma yaklaşımı tamamen niteliksel verilerden oluşmuştur. Bu çalışmada ele alınan YBM’nin farklı yönleri ile ilgili çeşitli kaynaklardan farklı yazarların görüşleri gözden geçirilerek elde edilen veriler, “Veri Giriş-Süreç-Çıktı” (VSC) Modeli yapısı benimsenerek elde edilecektir.



Şekil 1.1. a) G-S-Ç modeli



Şekil 1.1. b) Tez yapısının kavramsal çerçevesi

Son olarak, YBM ile ilgili bu araştırmanın ana odak noktası, proje uygulamalarının tasarım aşamasından ziyade inşaat aşamasında olmasıdır. YBM’nin proje başarısını değerlendirmek için gerekli detayların fark edilmesinin inşaat aşamasında olduğunu belirtmiştir. Araştırmanın amacına ulaşmak için, YBM’nin ilk kullanıcıları araştırmanın odaklanılacağı doğru kişilerdir. Bu tez sadece YBM’yi projelerinde uygulayan Türkiye’deki inşaat firmalarıyla sınırlıdır.

Bu yüksek lisans tezi Yapı Bilgi Modellemesi konusunda kapsamlı bir literatür taramasından sonra YBM'nin Türkiye'de inşaat projelerinin teslim süresi, maliyeti ve kalitesi gibi temel kriterlerdeki başarıya olan etkilerine odaklanarak; bu alanda akademide ve Türk inşaat sektöründe bulunan boşluğu doldurmayı hedefleyen özgün bir çalışma olmaya aday olacaktır.



2. KAYNAK TARAMASI

Yapı Bilgi Modellemesini (YBM) yöneten proje sayısı dünyada hızla artmıştır bu da yetenekli YBM profesyonellerine olan talebi arttırmıştır. “Markets and Markets” 2015 raporu, 2015-2020 yılları arasında YBM yazılım ve hizmet pazarının 2020 yılına kadar %13 yıllık bileşik büyüme hız oranının 7946,5 milyon dolarlık bir değere ulaşacağını öngörmüştür. Küresel inşaat pazarı büyüme oranının %3,5 olduğu göz önünde bulundurulduğunda, YBM pazarındaki %13 lük büyüme oranının olağan dışı bir durum olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, YBM pazarındaki hızlı büyüme, sanayide hazır ve donanımlı YBM personelinin yok olmasına neden olmuştur (Uhm vd. 2017).

Bu araştırmanın kapsamını doğru bir şekilde ele almak için, bu bölümde Yapı Bilgisi Modellemesi ile ilgili literatürün çeşitli yönleri incelenmiştir. Bu yönlerden bağlamsal anlamlarının farklı algıları ve tanımları, bazı temel kavramlar, “Bilgisayar Destekli Tasarım” (BDT) sisteminden ayrıca bahsetmek mümkündür. Son on yılda, Yapı Bilgi Modelleme sisteminin uygulandığı bazı projeler incelendiğinde başarı veya başarısızlığın nedenleri araştırılmıştır.

Bunlara ek olarak, bu bölümde, YBM üzerinde çalışan bilim adamlarının elde ettikleri bilgiler ve karşılaştıkları faydalardan ve zorluklardan bahsedilmiştir. Ayrıca, uygulamalar konusundaki endişeler ve yakın gelecekte Türk inşaat sektörüne olan etkilerini yansıtabilecek görüşler analiz edilmiştir. Bu nedenle bu analizlerden elde edilen bulgular, YBM alanında araştırmacılar tarafından toplanan verilerin analizi ve YBM'yi projelerine uygulayan sektör üyeleri için bu çalışmanın sonraki aşamasında kullanılmıştır.

2.1. Kısa Tarih ve Genel Bakış

Yapı Bilgi Modellemesi (YBM) mimarlık, inşaat ve mühendislik alanlarında son yıllarda en fazla ilgi duyulan konuların başında gelmektedir. YBM'nin mimarlar, müteahhitler ve mühendisler tarafından kullanılması, projelerin daha doğru bir şekilde ilerlemesini sağlamaktadır. Ancak uygulama alanının kısıtlı ve yeni bir model olması kullanım sıklığını azaltmaktadır.

YBM, on yıl kadar önce bilgi ağırlıklı mimari 3 boyutlu modellemeyi geleneksel 2 boyutlu çizimden ayırmak için tanıtılmıştır. Tasarım aşamasında hataların erken fark edilmesi ve düzeltilerek doğru bir şekilde planlama yapılabilmesi nedeniyle, karmaşık projeler için cankurtaran olarak görülmektedir (Eastman 2008). YBM'nin ortaya çıkmasından önce, mühendisler ve mimarlar tarafından tasarım yapmak için kullanılan en temel araçlar kalem, kâğıt ve cetveldir. Bu araçlar, bilginin grafiksel olarak sunulmasından önce on dokuzuncu yüzyılın ortalarına kadar kullanılmıştır. YBM'nin popülerlik kazanmasından önce, grafiksel bilgi sunmak için 2 boyutlu Bilgisayar Destekli Tasarım da kullanılmıştır (Baker vd. 2012). Sketchpad, özellikle tasarımcının bilgisayar ile doğrudan etkileşime girmek için ışık kalemini bilgisayar monitöründe kullanarak yenilikçi bir BDT yazılımı olmuştur. Birinci kuşak BDT yazılım sistemleri genellikle bir üreticinin iç Bilgi Teknolojisi (BT) grubu tarafından geliştirilen ve öncelikle çok tekrarlayıcı taslak oluşturma görevlerini tamamlamayı kolaylaştıran iki boyutlu çizim uygulamalarıydı (CAD Software History 2004). Yapı Bilgi Modellemesi

(YBM) 1980'lerin ortalarından beri inşaat sektöründe yer almıştır. Yakın zamanda mimari, mühendislik ve inşaat (MMİ) endüstrilerinde popülerlik kazanmıştır. MMİ endüstrisi, popülerliğin artmasına bağlı olarak, sahada YBM teknolojisini uygulayabilen iyi eğitilmiş bireyler için bir talep yaratmıştır (Baker vd. 2012).

Ghaffarianhoseini vd. (2016), 1970'lerin başlarında farklı endüstrilerde geliştirilen BDT teknolojilerine dayanarak üç boyutlu modellemenin başladığını ileri sürmüştür. Bunun bir sonucu olarak, başlangıçta inşaat endüstrisi yapıya özel BDT'yi geliştirmek için BDT kullanmak üzere 2 boyutlu tasarım uygulamıştır. 2000'li yılların başında ise YBM kavramı ortaya çıkarak inşaat endüstrisinde uygulanmaya başlanılmıştır. Bu çalışmalar, mimarlar ve mühendisler tarafından oluşturan işlevsel tasarıma, tasarlanan nesnelere (özellik, malzeme, yaşam döngüsü ve diğer veriler açısından) bilgi-doku katma yeteneğini entegre etmeye başlamıştır. YBM, kuruluşundan bu yana, MMİ için bina yaşam döngüsü boyunca bir odak noktası olmuştur.

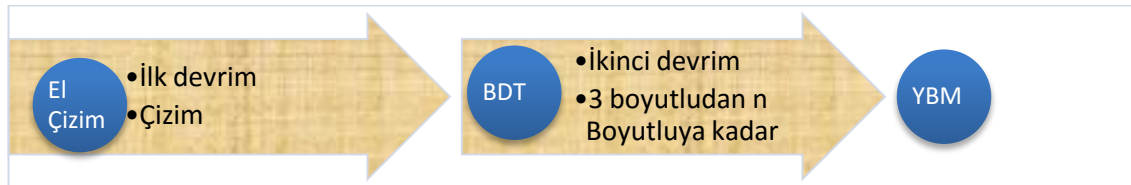
Bugün, YBM'nin, mimari, mühendislik ve inşaat (MMİ) endüstrisinde bir tasarım yönetim aracı olarak kullanımı, sağlam ve bilgili bir karar verme mekanizması olarak önemli ölçüde kabul görmüştür. Bununla birlikte, MMİ endüstrisinin çeşitli kesimlerinde YBM'ye önem verilmemesinin sebebi, uzun süreli örgütsel kültürlerde YBM'nin benimsenmesiyle elde edilebilecek faydalara ilişkin zamanla kanıtlanmış vaka çalışma kanıtının azlığı veya tamamen yokluğuna dayanmaktadır. YBM, Laiserin (2003) (bir inşaat sektörü analisti) tarafından endüstri standardı terimi olması gerektiğinden bahsetmesinden sonra yaygın bir kullanım elde etmiştir (Ghaffarianhoseini vd. 2016). YBM terimi, ürünleri ile birlikte yoğun bir şekilde tanıtım yapmaya başlayan Autodesk'i kendine çekmiştir. YBM konsepti, inşaatın tüm aşamalarında verimliliği artırmak, maliyetleri düşürmek amacıyla ve genel bir yönetim yardımı olarak inşaat endüstrisine tanıtılmıştır. YBM'in teknik avantajlarından bazıları, "tasarım ve karar verme için bina veya altyapının güvenilir bir dijital temsilini oluşturmak, yüksek kaliteli inşaat doküman üretimi, planlama, tahminler ve maliyet tahminlerini içermektedir. Entegre bir dijital ortamda bilginin güncel ve erişilebilir olmasını sağlama becerisine sahip olmak, mimarlara, mühendislere, inşaatçılara ve proje sahiplerine tüm projelerinin net bir genel vizyonunu sunar; bu da, tüm ilgili tarafların bilinçli kararlar verebilmesini sağlar" (Clevenger vd. 2014). MMİ endüstrisindeki YBM araçlarının faydası saymakla bitmez! Örneğin, tek bir kaynağa dâhil edilmiş 3 boyutlu modeller, veri setleri ve 2 boyutlu grafikler sağlar. YBM gibi entegre tasarım araçlarının bir araya getirilmesi, kuruluşların bir altyapı geliştirme sürecinin başında deneyimli proje yöneticilerini ve proje mimarlarını istihdam etmelerini sağlamıştır (Mihindu ve Aryici 2009). Böylece, bu projelerin başlangıcında deneyimli profesyonellerin daha fazla tasarım geliştirmesine ve daha az taslak zamanına olanak vermesini sağlamıştır.

Clevenger vd. (2014)'e göre, YBM süreçlerinin potansiyel faydaları içme suyu alt yapısı yönetimi ve otoyol altyapı projeleri alanlarında tanınırlık kazanmıştır. YBM'nin bu alanlara sağladığı faydaları ifade eden bu projeler, sermaye bütçelerinde ve işletme giderlerinde azalma sağlamak için yatırımın optimize edilebileceği bir şekilde yönetilmiştir. İşletme ve bakım giderleri sıklıkla göz ardı edildiğinden YBM, şirket seviyesinde su altyapısı yönetimine yatırımları ve kaynak tahsisini yönlendirmek için multidisipliner bir yaklaşım potansiyeli sunmaktadır.

Ayrıca, otoyol projeleri altyapı tasarımı ve inşaat dokümantasyonu dinamik olarak birbirine bağlantılıdır. Diğer alternatifleri değerlendirmek için gerekli zaman, tasarım değişikliklerini yürütmek ve inşaat dokümantasyonu üretmek YBM uygulaması ile büyük ölçüde azaltılabilmektedir. Tasarım sürecinin bir parçası olarak görselleştirme işlemi, karayolu projeleri için yapılan optimizasyonu için YBM önemli bir avantajdır. YBM İnşaat maliyetlerinde tasarruf fırsatları sağlaması yönünden avantajlı olup, daha az atıkla ve inşa edilen çevreyi potansiyel olarak iyileştirerek üstün bir nihai ürün üretmenin de bir fayda sunmaktadır. Sonuç olarak; YBM bir projenin yaşam döngüsü boyunca maliyet tasarrufu sağlamaya devam edebilmektedir (Clevenger vd. 2014).

YBM uygulamalarının kendisinden kaynaklanan zorluklar sebebi ile karmaşık bir yapıları vardır. YBM çeşitli kuruluşlarda ortak dijital tasarım çalışması için kullanılan, paylaşılan bilgi alanı teknolojisini içerir. Sonuç olarak, YBM uygulaması için rapor edilen bir dizi kurumsal ve teknolojik engeller olmuştur. Herkesin ortak karşılaştığı YBM uygulama engelleri, üst yönetim desteği eksikliği, YBM faydaları konusunda düşük farkındalık, değişime karşı personelin direnci ve kültürel uyumsuzlukları, YBM ve birlikte çalışabilirlik konularında yeni süreçler yaratma eksikliği olarak sıralanmıştır (Nam vd. 2016).

İnşaat sektöründe YBM'nin büyümesi dikkat çekici olmuştur. YBM'nin odak noktası araştırmacıların, yazılım geliştiricilerinin ve vizyonerlerin ilgi odağı olmuştur. Şekil 2.1 inşaat sektöründeki bilgi değişimini özetlemektedir. Uzun zamandır YBM, inşaat sektöründe çok az kabul görmüş olup Türkiye de bu sürecin dışında kalmamıştır. Bununla birlikte, son birkaç yılda inşaat sektöründeki birçok YBM kullanıcıları YBM'yi benimsemiş olup; gelecekte YBM'nin çoğu projede kullanılacak standart bir araç olacağı tahmin edilmektedir (Reinhardt 2009).



Şekil 2.1. İnşaat sektöründe bilgi değişimi (Jiang 2017)

2.2. Yapı Bilgi Modellemesi (YBM): Uygun Bir Tanımın Araştırılması

Yapı Bilgi Modellemesi, “Bina ile ilgili tüm tasarımsal (geometri/biçim vb.) ve sayısal (malzeme, maliyet, fiziksel çevre kontrolü vb.) veriden oluşan bir 3 boyutlu model meydana getirerek, bu modelin proje sürecine katılan paydaşlar tarafından binanın yaşam döngüsü boyunca ortak kullanımını sağlayan bir çalışma yaklaşımıdır” (Oflluoglu 2015).

YBM (Building Information Modeling: Yapı Bilgi Modellemesi, Yapı Bilgi Sistemi) en temel tanımı ile birbirinden farklı mimari projelerin tasarımında, inşasında ve sürdürülmesinde görev üstlenenlerin ortak olarak yararlanabileceği 3 boyutlu bir bilgi paylaşım sürecidir. ARCHICAD gibi bu sürecin yönetilmesini sağlayan yazılımlar sayesinde işverenlerden mühendislere, müteahhitlerden mimarlara projede görev yapan

farklı aşama ve katmanlardaki herkes projenin süreciyle ilgili güncel bilgilere ve detaylara kolayca ulaşabilmektedir (BIMsoft 2016).

YBM (Yapı Bilgi Modellemesi) mimarlık, mühendislik ve inşaat (MMİ) profesyonellerine binaları ve altyapıları daha verimli bir şekilde planlamak, tasarlamak, inşa etmek ve yönetmek için içgörü ve araçlar sağlayan akıllı bir 3 boyutlu model tabanlı süreçtir (Autodesk 2017). YBM proje katılımcılarına tasarım, görselleştirme, simülasyon ve analiz etme konusunda yardımcı olmaktadır. YBM, çatışmanın tespiti, inşaat planlaması, metraj alımı ve maliyet tahmini gibi çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır. Mimarlar, mühendisler ve diğer proje katılımcıları ile gelişmiş koordinasyon sağlamaktadır. Artan koordinasyon daha az hata, zaman tasarrufu ve maliyet avantajı ile sonuçlanmaktadır. McGraw Hill Construction Smart Market Raporu'na (YBM'nin İş Değeri 2009) göre, YBM kullanıcılarının %63'ü YBM teknolojisine yaptıkları yatırımdan sonra daha yüksek Yatırım Getirisi (YG) elde ettiklerini belirtmektedir. YBM kullanıcıları hakkında bir diğer çarpıcı gerçek ise, %93'ü gelecekte YBM teknolojisinden daha fazla değer kazanacaklarına inanmaktadırlar.

Yapı Bilgi Modellemesi (YBM) yapıyı oluşturan tüm elemanların, bilgisayar ortamında üç boyutlu modelinin yapılarak, kullanılan tüm elemanlara dair boyut, imalat, maliyet, planlama, garanti koşulları vb. bilgilerin modelin içine girilmesidir. Böylelikle inşaata başlamadan sanal ortamda inşaatınız tamamlanarak olası problemler önceden çözülmektedir ve projeye dair tüm bilgilere tek bir modelden ulaşılabilir (Dolmen yapı 2016).

İnşaat endüstrisinin önde gelen danışmanlık firmalarından biri olan ve YBM'yi ilk uygulamaya koyan InfoTron Türkiye, YBM'yi şu şekilde tanımlamaktadır: “Yapı Bilgi Modellemesi 3 boyutlu parametrik ve nesne tabanlı modeller kullanarak, bir yapının/tesisin yaşam döngüsü boyunca tesise ve/veya projesine ait birbiriyle uyumlu, koordineli ve ilişkili her tür bilginin oluşturulması ve kullanılması sürecidir.” YBM bir program ya da ürün değil, bir yaklaşımdır. Projenin tüm ana süreçlerinde etkin olarak kullanılabilen sistem, işveren, tasarımcı, müşavir, yüklenici, alt yüklenici ve tedarikçiler arasındaki bilgi alışverişinin kalitesini ve hızını arttırarak, son kullanıcılar için en uygun ürünün ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Sistem, üç boyutlu sayısal modelleme yapısıyla görsel bir modelin çok ötesine geçerek, yapının imalatı ile ilgili tüm bilgileri içeren, sürekli geliştirilebilen çok fonksiyonlu bir yönetim ve bilgi paylaşım aracı görevi görmektedir (Infotron 2017).

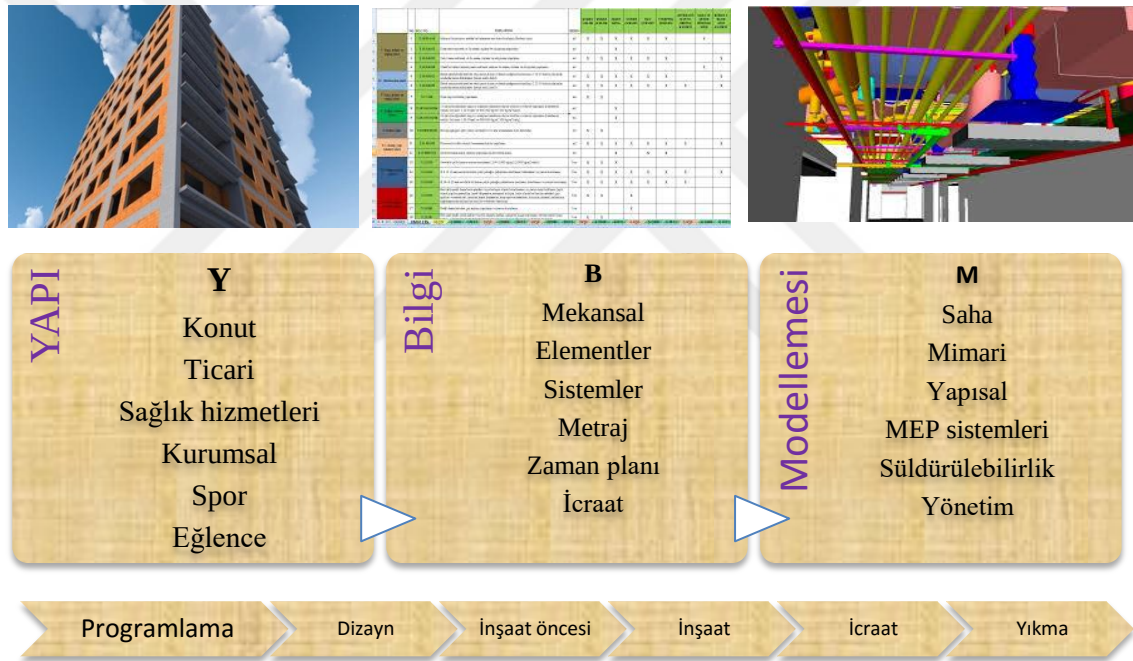
BuildingSmart, 2010'a göre, “YBM, bir projeyle ilgili bilgilerin depolandığı bir binanın dijital modelidir. 3 boyutlu, 4 boyutlu (entegre zaman) veya 5 boyutlu (maliyet dahil) olabilir - “n boyutlu” ya kadardır. Bu tanım, YBM'in proje maliyetine, teslim süresine ve kalitesine uygunluğunu ana hatlarıyla belirleyen araştırma amaç ve hedefleri doğrultusunda bu çalışmanın seyrine katmaya hizmet edecektir. YBM, farklı profesyonellerin bir projenin uygulanmasından önce, sırasında ve sonrasında doğru, tekrarlı olmayan ve tekdüze veri elde edebileceği bir veri tabanı görevi görmektedir. Bu nedenle, YBM'nin gelişmekte olan konseptin daha iyi anlaşılmasına yardımcı olacak belirli yönlerini araştırmak yeterli olacaktır.

2.3. YBM Kavramları

YBM'nin kademeli evrimi ile birlikte araştırmacıların kaygısını taşıyan bir görüş, altbölümde kısaca gözden geçirilecektir. Türkiye'de YBM'nin uygulandığı projelerin örnekleri araştırılacak ve tartışılacaktır.

2.3.1. Teknoloji olarak YBM

YBM'yi teknoloji perspektifinden anlamak, bir bina bilgi modeli, Şekil 2.2'de gösterildiği gibi proje planlaması, tasarımı, inşası veya işletimi ile bağlantılı gerekli tüm bilgilerin bağlantısı olan proje bileşenlerinin 3 boyutlu modellerinden oluşan bir proje simülasyonudur (Azhar et al. 2012). YBM teknolojisinin nesne yönelimli parametrik modelleme tekniğinden kaynaklandığını da eklediler. “Parametrik” terimini, bir elemanın modifiye edildiği ve bitişik bir eleman veya tertibatın (örneğin bir duvara bağlı bir kapı) daha önce kurulmuş olan bir ilişkiyi sürdürmek üzere otomatik olarak ayarlandığı bir süreç olarak tanımlamışlardır.



Şekil 2.2. YBM kavramının görsel temsili (Azhar vd. 2012)

2.3.2. Yönetim olarak YBM araç mı, süreç mi veya her ikisi mi?

YBM'yi anlamak, doğası gereği oldukça karmaşık bir olgudur (Shekhar ve Ghadge 2016). YBM araştırmacılarının genel algıları temel olarak bir araç veya süreç olarak iki kategoriye ayrılmıştır. Suermann ve Issa (2009) YBM'nin bir araç olduğunu söylemiştir ve Eastman vd. (2008) YBM'yi bir süreç olarak ifade etmektedir. Camps (2008), YBM'nin sadece inşaat sektörü için bir araç değil, YBM'nin herhangi bir inşaat projesi için Proje ekibi arasındaki işbirliğini geliştirmenin bir aracı olarak bir süreç olduğu görüşündedir. (Innovate Magazine 2013), tasarım ve inşanın muazzam bir işbirliği, özveri ve sıkı çalışma gerektiren karmaşık bir süreç olduğunu belirtmiştir. Doğru verileri doğru zamanda toplayıp doğru kişilere verme konusunda YBM sürecini

kullanmak çok zor olabilir ve bu nedenle YBM'yi bir süreç olarak görmektedir. YBM algılayışına farklı bir bakış açısı getirmiş, YBM'yi YBM aracının ve YBM sürecinin birleşiminin bir türevi olarak ima ettiklerini belirtmiştir:

$$\text{Araç} + \text{Süreç} = \text{YBM Değeri} \quad (2.1)$$

Fong vd. (2009), YBM değerinin önemli bina verimliliklerinde ve ilk yatırım maliyetinde tasarruf sağladığı ve tesisin faaliyetlerine ve bakımına doğru genişlediğini ileri sürmüştür. YBM için yukarıdaki verilen denklemi, YBM'nin değerini ifade eden bu denklemin bir süreç olan YBM ile bir araç olan YBM'nin toplanması olarak ifade etmiştir.

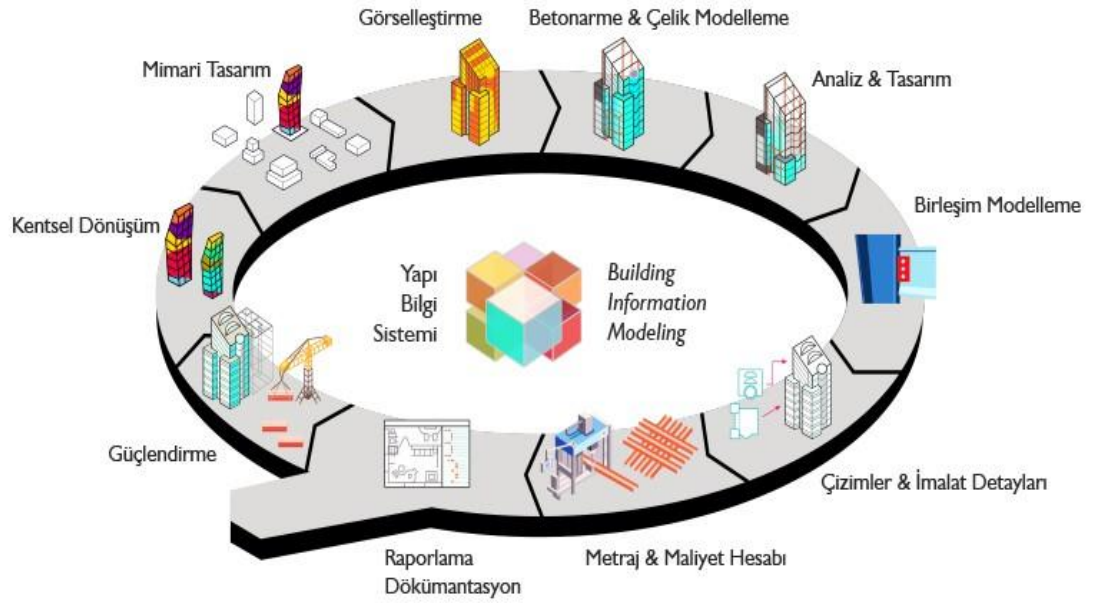
ABD Ulusal YBM Standardı (2007) YBM'yi üç boyutta tanımlamaktadır: (1) Yapı Bilgi Modellemesi (bir ürün), bir binayı tanımlayan yapısal veri kümesidir. (2) Yapı Bilgi Modellemesi (bir süreç), bir Yapı Bilgi Modellemesi oluşturma eylemidir. (3) Bina Bilgi Yönetimi (sistem), kaliteyi ve verimliliği artıran iş yapısını ve iletişim yapısını içermektedir (Wong ve Quing 2013).

2.3.2.1. Bir ürün olarak YBM

NIBS 2007'ye göre YBM, projeye ilgili verilerin dijital gösterimini temsil eden bir üründür. Yazılımın akıllı olarak nitelendirilmesi için sadece projenin 3 boyutlu bir gösterimi olmamalı, aynı zamanda grafiksel sunumun ötesinde özelliklere ve bilgilere sahip olmalıdır (Shekhar ve Ghadge 2016).

2.3.2.2. Süreç olarak YBM

Bir süreç olarak YBM, tüm ekip üyelerine (proje sahipleri, mimarlar, mühendisler, yükleniciler, taşeronlar ve tedarikçiler) geleneksel süreçlerden doğru ve verimli bir şekilde daha fazla işbirliği yapmasına olanak tanıyan tek bir sanal model içinde bir tesisin tüm yönlerini, disiplinlerini ve sistemlerini kapsayan sanal bir süreç olarak düşünülebilir (Azhar vd. 2012). Model oluşturulduğu için ekip üyeleri projenin özelliklerine ve tasarım değişikliklerine göre projeyi sürekli olarak revize etmektedir ve ayarlamaktadır. Bu, YBM'nin bir YBM Modeli geliştirme süreci olarak kabul edilmesi ve en uygun proje verimliliğine ulaşmak için süreci kullanması anlamına gelmektedir.



Şekil 2.3. YBM'nin süreci (İdeyapı 2018)

2.3.2.3. Yönetim aracı olarak YBM

Modelleme yaklaşımları inşaat sektöründe tasarım aşamasında kullanılmaktadır. Bilgisayar yazılımlarının gelişmesiyle modeller daha kolay oluşturulabilmektedir. Kullanılan bilgisayar yazılımının özelliğine göre değişik modelleme türleri kullanılabilir. YBM araçlarının iyileştirilmesi inşaat sektörüne, planlama ve çizelgeleme verimliliğindeki artışla proje yönetimini iyileştirir. Bu yönetim aracı doğrultusunda, İYH Havalimanları İnşaat'ın CEO'su Yusuf Akçayoğlu'nun şu sözleri AutoDesk tarafından alıntılanmıştır: “Dar bir zaman içinde değer ve zaman yönetimi açısından önceden belirlenmiş stratejik ve operasyonel hedefleri gerçekleştirmedeki ilerlemeyi izlemek çok önemlidir. Havacılık sektörü günümüzde hızla geliştiği için, temel programımıza göre üstün standartlar geliştirmemiz ve dünya çapındaki diğer projelere kıyasla verimlilik elde etmemiz bizim için yüksek önem ifade etmektedir. Sadece bir havalimanı değil, aynı zamanda insanlar için de değer yaratmaktayız. YBM bu süper mega projeyi teslim etmemiz açısından bizim için vazgeçilmez bir araçtır (Irish Building Magazine 2017).

Bu beyanda geçen 'dar zaman' ifadesinden, projeyi gerçekleştirebilmek için gerek duyulan zamanı kazanmada tek şansın YBM yönetim araçlarını uygulamak olduğu çıkarılabilmektedir. Bu görüşü açıkça anlamak için Fong vd. (2009) YBM'nin bir teknoloji aracından daha fazlası olduğunu; bu nedenle, YBM'nin karar vermeye yardımcı olan ve inşaat belgelerinin kalite kontrolünün performans tahminleri ve maliyet tahminleriyle birlikte iyileştirilmesine yardımcı olan bir yaklaşım olduğunu belirtmişlerdir.

2.3.3. İnşaat endüstrisinde YBM gerekliliği

YBM'nin ağır işleyen inşaat endüstrisini yeniden şekillendirmeye yönelik potansiyelinden yararlanmak için proje katılımcılarının YBM uygulama kararlarını nasıl

aldıklarına ve bu kararların ilgili bağlamsal faktörlerden nasıl etkilendiğine dair sağlam bir anlayış geliştirmek açıkça önemlidir (Cao vd. 2016). İnşaat sektöründeki firmaların, geleneksel yöntemler üzerinde daha yeni çalışma yöntemleri tercih etmeleri, daha iyi teslimat süreleriyle genel verimliliğe ulaşma çabasıyla daha düşük maliyet ve daha yüksek kaliteyi “YBM paradigması” olarak tanımlamıştır (Henderson 2009). İnşaat sektöründeki geleneksel yöntemlerin eleştirisi, inşaat sektörünün en büyük sorunlarından biri olmuştur ve bu, zaman aşımının yanı sıra çeşitli gecikme maliyetinin aşılmasına neden olan ana etkelerden biri olmuştur. Bu eğilim inşaat sektöründe, yalın üretim, inşaat dışı inşaat ve YBM'nin inşaat sektöründeki değişim için bir araç olarak paradigma kaymasına ihtiyaç duyduğunu göstermiştir (Shekhar ve Ghadge 2016).

Henderson ve Jordan (2009) “YBM paradigmasını”, inşaat sektöründeki şirketlerin tercihlerini geleneksel yöntemlere göre daha yeni yöntemlerle kullanmakla, projelerin maliyetlerini düşürmeyi ve daha yüksek kaliteyi sağlamayı amaçladıklarını belirtmişlerdir. Paradigma, o ki, tek aşamalı bir süreç olarak, bir problemi çözerken, inşaat endüstrisinde benzer bir şey daha oluşmaktadır; böylece, çeşitli sorunların çözülebilmesi için eski çözümlerini yerini yeni çözümlerin almasına ihtiyaç duyulmaktadır; ; geleneksel yöntemlerin sınırlayıcı etkilerinin dışında düşünülen bir süreç, paradigma kayması olarak adlandırılabilir. YBM'nin bir gereklilik olarak benimsenmesi ve bir paradigma değişimi aracı olarak kabul edilmesi, çeşitli yazarlar tarafından incelendiğinde ve inşaat firmalarının YBM ile ilgili farklı düşüncelerinin olduğunu ortaya çıkarmıştır.

Yan ve Damian (2008)'e göre YBM ile projenin çözümlenmesi fikri sadece görselleştirme yaklaşımı olmayıp projenin simülasyon çözümü ile hataları görmeye ve çözümlemeye yönelik bir yaklaşım olduğunu ileri sürer iken Henderson (2009) ise analog sistemden dijital sisteme geçmede ilgili analizlerin adaptasyonu konusunda uygun çözüm üretebildiğini ileri sürmüştür.

YBM'nin başarılı bir şekilde uygulanması için çalışmada yenilikçi metodların kullanılması gerekmektedir. İnşaat sektöründe birçok yeni, inşaat dışı tesis, prefabrikasyon vb. yöntemler vardı, ancak bunlar arasında müşteriler ve paydaşların başlıca dikkatini çeken yöntemlerden biri hâlihazırda inşaat sektöründe yeni olan atık üretim yöntemi Toyota tarafından otomobil üretimi için benimsenen ve son yıllarda Toyota evleri imalatında kullanılan Yalın Üretim' olmuştur (Shekhar ve Ghadge 2016).

YBM ve Yalın Üretim'in Davis (2007) tarafından karşılaştırılması, Yalın Üretim'i imalat sektörüne, YBM'yi ise İnşaat Sektörü'ne atfetmiştir ve dahası Mimarlık, Mühendislik İnşaatı (MMİ) Endüstrisinin daha işbirlikçi hale gelmesini ve proje uygulamaları için YBM'nin tam olarak benimsenmesini sağlayacak olan kültürel değişimin benimsenmesi hakkında istekli olunması gerektiğini önermiştir. Davis'e (2007) karşı çıkan Salmon (2009), Yalın konseptinin YBM'nin dışında olmadığını savunmaktadır. Daha doğrusu; YBM, Yalın ve Entegre Proje Teslimi kavramlarını ayırt etmiştir ve ona göre her biri proje döngüsü boyunca önemli bir rol oynamaktadır. Bu, YBM'nin Entegre Proje Teslimi için bir dinamik olduğu görüşünü doğrulamaktadır (Young vd. 2008). Bu, YBM'nin proje başarısı için büyük bir itici güç olarak görülmesinin inşaat sektörünün sorunlarına tam olarak cevap vermek adına yeterli olmadığını ve Yalın Üretim, EPT gibi diğer süreçler şeklinde uygulanmaması gerektiğini göstermektedir.

YBM'nin başarılı bir şekilde uygulanması tüm proje paydaşlarının katılımını gerektirmektedir. Bunun anlamı, geleneksel proje dağıtım sistemlerinin (örneğin tasarım-teklif-inşa) YBM-uygulamalı projelerde çok sınırlı bir işlevi olmasıdır. İnşaat sektöründeki eğilim değişmeye devam ederken, Entegre Proje Teslimi (EPT) konsepti YBM'ye doğal bir refakatçi olarak ortaya çıkmıştır. EPT kalite, estetik, inşa yapılabilirlik, satın alınabilirlik, zamanındalık ve yaşam döngüsü yönetimine hatasız akış için optimize edilmiş bir tasarım üretmek adına tasarım profesyonelleri ve tasarım sahibi ile birlikte anahtar inşaat yönetimi, esnaf, imalat, tedarikçi, ürün üreticisi uzmanlığını bir araya getirmektedir (Azhar vd. 2012). McGraw-Hill Construction (2008), EPT'nin Amerika Birleşik Devletleri'nde YBM'yi içeren tüm büyük projeler için tercih edilen bir proje dağıtım sistemi haline geldiğini bildirmiştir. Türk inşaat sektörü de yakın zamanda proje teslim modellerinde yalın ve entegre çözümler benimsemiştir (Aladağ vd. 2016).

YBM'nin eğitim raporları için kullanılmasının, öğrencilerin YBM'nin çatışmalarını tespit etme yeteneği ve görsel detaylar üretme yeteneği nedeniyle özellikle mekanik, tesisat ve elektrik düzenlemelerinde inşaat bölümlerinin anlaşılması için öğrenciler arasında daha iyi bir anlayışa sahip olduğu bildirilmektedir. Şu anda, sektörün yaklaşık % 50'si YBM kullanmaktadır. Yazılım uzmanlığı gerektirmemektedir, ancak YBM'nin bir süreç olarak anlaşılmasını gerektirmektedir. YBM'nin inşaat sektörüne dahil edilmesi, inşaat sektörü için gelecekteki çalışanların hazırlanmasında çok faydalı olacaktır (Shekhar ve Ghadge 2016).

2.3.4. YBM ve BDT arasındaki fark

YBM için süreç tanımlanmadan önce amaçlarından bahsetmek çalışmaya katkı sağlayacaktır. YBM, Bilgisayar Destekli Tasarım (BDT) sistemleriyle benzer yapıya sahip olmasına rağmen süreci tamamen farklı bir modelleme sistemidir. Bilgisayar Destekli Tasarım sisteminde 2 boyuttan 3 boyut üretme süreci uygulanırken, YBM'de 3 boyuttan iki boyut elde etme imkânı sunulmaktadır.

YBM, bir yapıyı çizgilerle ifade ederek tasarımcının ya da kullanıcının hayal gücü nispetinde bilgiler veren BDT sisteminden farklı olarak yapıyı gerçek yapı elemanlarıyla ifade ederek, tasarımcı veya kullanıcının hayal gücünün gerçeğe uygun bir modelini verir. Gerçeğe uygun bu model farklı iş kollarının (elektrik, malzeme, betonarme, hafriyat vs.) birada çalıştığı inşaat sektörüne ortak bir dil getirmektedir. Amaç, birimler arası iletişim eksikliğinden, ya da iletişimde kopukluk olmasa bile uzmanlık alanlarının farklı olmasından dolayı ortaya çıkan anlaşmazlıkları üretime katılan ya da katılacak birimlerin birbirlerini kolayca anlayabileceği bir dil oluşturarak ortadan kaldırmaktır (Akkaya 2012). BDT ile YBM ile genel olarak arasındaki farklılıkları çizelge 2.1'de görülebilmektedir.

Çizelge 2.1. 3 boyutlu modelleme açısından Bilgisayar Destekli Tasarım (BDT) ve Yapı Bilgi Modellemesi (YBM) arasındaki farklılıklar (Akkaya 2012)

Bilgisayar Destekli Tasarım	Yapı Bilgi Modellemesi
Yapı çizgilerle modellenir	Yapı 3 boyutlu gerçek yapı elemanlarıyla modellenir
Altlık olarak önce plan olmalı	Altlık olarak bir plan olmasına gerek yoktur
Detaylar 2 boyutlu gösterilmektedir	Tüm detaylar 3 boyutlu Gösterilebilmektedir
BDT aynı uzmanlık alanındaki kişilerle iletişim sağlamaktadır	YBM disiplinlerarası ortak iletişim platformu oluşturmaktadır
Bir standart belirleme imkânı yoktur (Olsa dahi yazılımlar hata olması durumunda uyarı vermez)	İstenilen standartlar önceden yazılımlara girilebilir (Hatalı veri girişi olduğunda yazılım uyarı vermektedir)
BDT gerçeğe benzer çizim üretir	YBM gerçeğe uygun model üretir
2 boyutlu çizimden kesitler, detaylar, görünüşler ve 3 boyutlu model uzun süren işlemlerden sonra üretilebilmektedir	3 boyutlu modelden kesitler, detaylar, görünüşler kolayca üretilmektedir

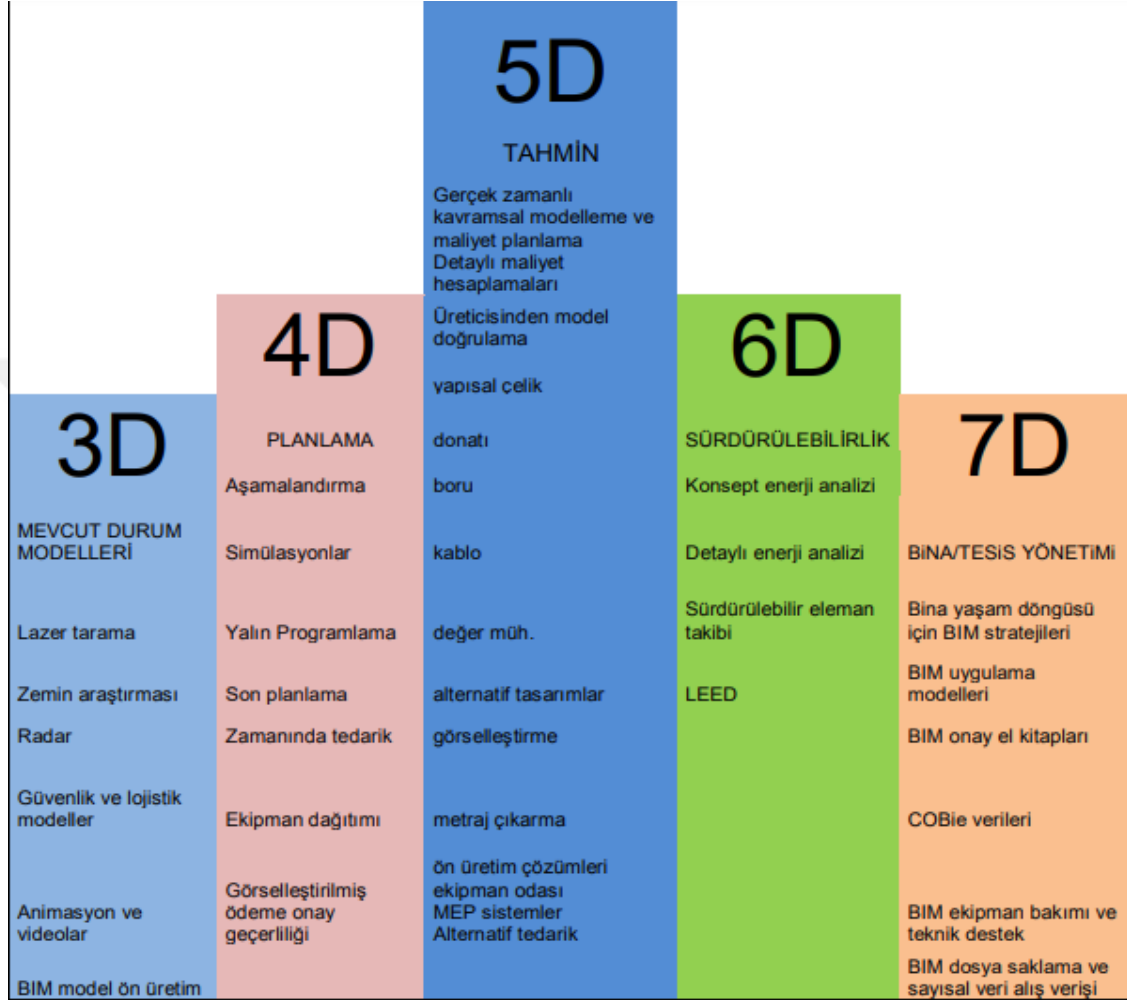
2.3.5. YBM boyutları

YBM uygulamalarının gerçekleştirilebilmesi için kullanılacak amaca uygun süreçlerin tasarlanması gerekmektedir. Tasarım analizleri, görselleştirme, bina performansı analizleri, çakışma testleri, model koordinasyonu, iş planı oluşturulması ve kontrolü, bina işletim benzetimi gibi pek çok alanda YBM kullanımı mümkündür.

YBM çok hızlı gelişen ve kullanıcıları tarafından değişik amaçlarla faydalanılan bir teknolojidir. Bugün nBIM olarak da ifade edilen YBM'in çoklu boyutları ortaya çıkmıştır (Şekil: 2.4). 3 boyutlu, 4 boyutlu, 5 boyutlu, 6boyutlu ve 7 boyutlu şu an için üzerinde en çok konuşulan ve tartışılan YBM boyutlarıdır. 3 boyutlunun ne anlama geldiği zaten bu tezde de değinilen ve sektörün en fazla bilgi sahibi olduğu YBM boyutudur. 4 boyutlu modelleme, hazırlanan iş programının 3 boyutlu modele entegrasyonu iken, 5 boyutlu modelleme ise maliyet analizinin de çıkarılmasıdır. Böyle bir yöntem ancak YBM tabanlı programlar ile yapılabilir. Projenin bütünüyle bitirilmesiyle beraber tüm aşamaların iş programı ve maliyeti de otomatik olarak hazırlanmış olacaktır. Bu sayede iş akışlarıyla ilgili değerlendirmeler çok daha sağlıklı yapılabilecektir. Örneğin; ana gider borusunun imalatı ile ilgili olarak makine mühendisi ile şantiye mühendisi aralarında konuşup iş programının doğruluğu konusunda rahatlıkla karar alabilirler. Ayrıca projenin bütününe yönelik maliyet hesapları da olduğundan, tüm aşamalar için ne kadar harcanacağı da görülmüş olunur. İşveren de finansman dengesini ayarlayabilmektedir (Akkoyunlu 2015).

Tüm aşağıdaki faydalar, kontrol ile yükümlü kurumlar olan kamu kuruluşları için de çok rahatlatıcı olacaktır. Onlar da inşaat aşamalarının süresi ile ilgili olarak zaman kaybı olmaksızın bilgi sahibi olacaklardır ve bu durumu rahatlıkla

yönetebileceklerdir. Bunun haricinde, sürdürülebilirlik ile ilgili olan 6 boyutlu modelleme ve işletmenin bakım ve onarımları ile ilgili olan model 7 boyutlu modelleme de BIM ile yapılabilmektedir. Tüm bunlarla birlikte, iş güvenliği ve sağlığı, şantiye yönetimi gibi geliştirilebilir pek çok modelleme de yapılabilmektedir (Akkoyunlu 2015).



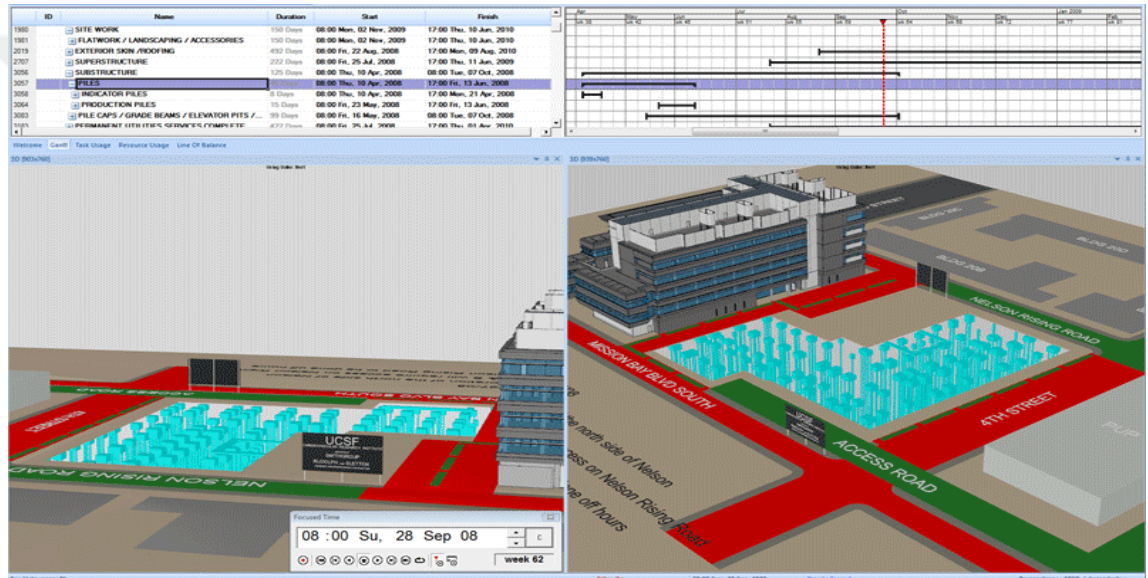
Şekil 2.4. a) YBM çeşit boyutları (Akkoyunlu 2015)

Sanal ortamda oluşturulan 3-boyutlu yapı modelinin görselleştirme yoluyla sağladığı avantajlarına ek olarak, modele yapıyla ilgili aktivitelerin süre bilgisinin ilgili yapı elemanlarına tanıtılmasıyla sürece yeni bir boyut eklenmiş olmakta ve bu süreç 4-boyutlu YBM olarak anılmaktadır. Planlama faaliyetlerinin en önemli bileşenlerinden biri olan iş programını model ile entegre etmek yoluyla projelerin zaman yönetimi bu modeller üzerinden simüle edilebilmektedir.

3-boyutlu yapı elemanlarının, kurgulanan inşa etme sırasına göre sanal ortamda simüle edilebilmesiyle yapım sırasında karşılaşılabilecek planlama hatalarının önceden görülerek telafi edilmesi sağlanabilmektedir. Yine, alan – güzergah – ekipman – zaman açısından ilave engelleyici kısıtları olabilecek projelerin bu kısıtlar gözönünde bulundurularak alternatif planlarının yaratılması ve bunların sanal ortamda 3-boyutlu

model ile devreye alınarak karar vericilerin karar verme süreçlerinin desteklenmesi de iş programlarının en etkin şekilde oluşturulmasını sağlamakta ve dolayısıyla proje yönetimi faaliyetlerine kaydadeğer faydalar sağlayabilmektedir. YBM'yi 4 boyutlu BDT simülasyon modelleriyle entegre etmek, planlama optimizasyonu açısından katılımcılara fayda sağlamaktadır Zou vd. (2016). Bu doğrultuda, günümüzde projelerin kaynak ve süre planlamalarında oldukça etkin biçimde kullanılan deterministik çizelgeleme yöntemleri temelli MS Project, Primavera, vs gibi yazılımların YBM süreçleriyle tam entegrasyonu gerçekleştiğinde projelere dair kaynak ve süre yönetiminin tek bir entegre model üzerinden sağlanması mümkün olabilecektir (Dogan 2017).

İnşaatçılar ve üreticiler inşaat faaliyetlerini ve ekip koordinasyonlarını optimize etmektedir. YBM 4 boyutlu, bilgi modelleme için yeni fırsatlar oluşturmaktadır: projenin aşamalara bölünmesi, aşamaların görselleştirilmesi, işlerin programlanması, ürünlerin ve malzemelerin teslim süresi için doğru planlama.



Şekil 2.4. b) boyutlu YBM (Dogan 2017)

8 boyutlu (güvenlik ve sağlık bilgisi) ise, modeli güvenlik ve sağlık bilgileriyle destekler. Bu boyut, üç göreve odaklanmaktadır: seçilen tasarım ve inşaat çözümlerinden kaynaklanan tehditlerin belirlenmesi, en riskli çözümlere alternatiflerin bir göstergesi, inşaat sahasında belirli riskleri kontrol etme ihtiyacını işaret etmektedir (Reizgevičius 2018). Beveridge (2012), 8 boyutluyu entegre proje teslimi ve sürdürülebilirliği, akustik için 9 boyutlu, güvenlik için 10 boyutlu ve ısı için 11 boyutlu olarak belirlemiştir.

2.3.6. YBM'nin uygulandığı Türkiye'de ve dünyadaki örnekleri

Dünya genelinde YBM kullanılan 30'dan fazla proje incelenmiş, analiz edilmiş ve sonuçları raporlanmıştır. Eastman v.d, 2011 tarafından yazılan YBM Handbook kitabında bu projelerden 10 tanesi detaylı analiz edilmiş ve YBM'in etkileri analitik olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca McGraw Hill 2008-2009-2012 raporlarında da YBM kullanılan birçok projenin detayları verilmiştir. Bryde ve arkadaşlarının 2013 yılındaki

makalesinde genellikle ABD ve Avrupa ülkelerinde olmak üzere büyük çaplı projelerde YBM kullanıldığı tespit edilmiş ve bu projelerdeki YBM kullanım düzeyleri araştırılmıştır. Bunların içinde 380,000m²' lik Shangai Tower projesi inşaat alanı ve 1 milyar \$'ı aşan maliyetiyle en önemli proje olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca Atlanta'daki 45,000 m² inşaat alanına sahip Hilton Aquarium projesi proje paydaşlarının ortak çalışabilmesi için Archicad ve Navisworks gibi YBM programları kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Akkoyunlu 2015).

Çizelge 2.2. YBM'nin uygulandığı Türkiye'de ve dünyadaki örnekleri (Utiome 2010, Dan 2017 ve Autodesk 2016)

Ülke	Projenin adı	YBM'nin proje etkisi
Türkiye	İstanbul Yeni Havalimanı (İYH).	- Saha mühendisleri tarafından kullanılan tüm koordineli YBM modelleri de dahil olmak üzere 150 iPad tarafından yapılan YBM Odası tasarlanmıştır. - Dünyadaki en büyük 4 boyutlu modeli, her gün ilerlemeyi izlemek için modele 30.000'den fazla faaliyet üretilmiştir ve entegre edilmiştir.
	Kabataş – Mecidiyeköy – Mahmutbey Metro Hattı Project.	- Proje ekibi tarafından 'Robot Total Station', 3 boyutlu lazer tarama teknolojisi ve herkes için bulut erişimi dahil olmak üzere ilk YBM projelerinde kullanılmış olup bu projede %18 maliyet tasarrufu sağlanmıştır. - Planlama aşamasında, tüm alternatifler, kullanılan materyallerin detaylı listesinden ve YBM modellerinin metraj ile elde edilen maliyetlerine göre değerlendirilmiştir. Bu durum, planlama aşamasında en uygun alternatifi seçmeye yardımcı olmuştur.
İngiltere	St. Helen and Knowsley	- Altı aylık süre kazanılmıştır. - Belgeleri bulmak için zamandan % 60-70 civarı tasarruf edilmiştir. - Tasarım koordinasyonu çabalarında %75-80 tasarruf sağlanmıştır.
	Festival Palace Basinstade	İnşaat aşamasında %9 tahmini maliyet tasarrufu gerçekleşmiştir.
	Palace Exchange, Enfield	Yaklaşık 800 saati kazanmıştır.
	Construction of Crossrail at Tottenham Court Road	Tasarımcılar temel 3 boyutlu tasarımını seviye 1 YBM'ye almışlardır.
Azerbaycan	Baku National Stadium	Projenin en yoğun olduğu dönemde bile 4,500 işçinin koordinasyonu sağlanabilmiştir.

Çizelge 2.2 devamı. YBM'nin uygulandığı Türkiye'de ve dünyadaki örneklerinin (Utiome 2010, Dan 2017 ve Autodesk 2016)

Ülke	Projenin adı	YBM'nin proje etkisi
Amerika Birleşik Devletleri	St. Thomas Rutherford Hospital	• Projeden önemli oranda maliyet ve zaman tasarrufu sağlanmıştır. • Proje, programın öncesinde teslim edilmiştir.
	Hilton Aquarium, Atlanta, Georgia.	• Maliyet Kazanımı: Bu projede YBM kullanılması ile 600,000 dolar fayda elde edilmiştir. • Süre Avantajı: 1143 saatlik bir süre kazanılmıştır.
	Silver line, Telluride	• YBM uygulaması ile proje başlamadan önce belirlenen kazı miktarı ile ilgili yapılan yanlış hesaplamaların önüne geçilmiştir. • Bu sayede 3 milyon dolar tasarruf elde edilmiştir.
	Crate and Barrel group of stores	• Projede kullanılan prekast malzemelerin kullanımı ile malzeme ağırlıkları ortalama 190 tondan 170 tona düşmüştür. • Prefabrik yapım süresi, altı haftadan iki haftaya düşürülmüştür. • Altı haftalık çizim süresi üç haftaya düşürülmüştür. • İnşaatin yapım aşamasında altı haftadan üç haftaya kadar zaman tasarrufu elde edilmiştir.
	Memorial Hospital, Colorado	• Projede YBM'nin uygulanması ile ortaya çıkacak kusurlu imalatlar önlenmiş olup; hem 3500 tekrardan kaçınılmış hem de ciddi hasarlara ve yapımlara neden olacak 500 ana faaliyet önlenmiştir. • YBM'nin dört boyutu kullanılarak çakışmalar önlenmiş olup maliyet tasarrufunun elde edilmesi sağlanmıştır.
Hong Kong	One Island East	• Yirmi gün süre kazanılmıştır. • 2.000'den fazla faaliyetler arası çakışmanın önüne geçilerek maliyet tasarrufu sağlanmıştır.

2.3.7. YBM'nin Türkiye'deki uygulamaları

2.3.7.1. İstanbul yeni havalimanı (İYH)

İstanbul Yeni Havalimanı (İYH), İstanbul'un kuzey kesiminde, şehir merkezine yaklaşık 35 km mesafede yer almaktadır. Proje, son teslim tarihine paralel olarak tasarım, inşaat ve tesis yönetimini içeren en büyük havalimanı ve altyapı projesidir. İstanbul Yeni Havalimanı, 76,5 milyon metrekarelik alanı kaplayan bir mega projedir. İnşaat dört aşamada gerçekleştirilecektir. 3 Mayıs 2013'te başlamış ve projenin ilk aşaması 2018'de bir terminal, üç pist, bir hava trafik kontrol kulesi ve yıllık 90 milyon yolcu kapasitesi ile tamamlanacaktır. Havalimanı, tamamlandığında 350'den fazla destinasyona erişimin yanı sıra 3,500 kalkış ve iniş yapmayı destekleyen altı pisti olacak ve 200 milyona kadar yolcuya hizmet verecektir. YBM'nin bu projedeki faydaları; Çakışma raporları YBM ile ilgili taraflara verilir ve atanır; her disiplinden tasarım ekipleri, modelin tamamen koordineli ve çakışmadan arındırılmış olmasını sağlamak için çözüm aşamasında yer almaktadır. Bu proje 320,500'den fazla çatışmanın çözülmesini, zaman ve paradan tasarruf edilmesini ve sahada yeniden işlenmesinin önlenmesini sağlayan yararlı bir işbirliğidir. Beklenmeyen hak talepleri, süre uzatımları ve maliyet aşımalarının YBM kullanılarak engelleneceği düşünülmüştür (Autodesk 2017).



Şekil 2.5. Devam eden YBM projesi (İstanbul Yeni Havalimanı) (İGA 2018)

2.3.7.2. Kabataş – Mecidiyeköy – Mahmutbey metro hattı projesi

İstanbul Kabataş - Mecidiyeköy - Mahmutbey Metro Hattı Projesi Türkiye'nin ilk metro projesidir. Ayrıca, İstanbul KMM Metro Hattı projesi, 5 boyutlu teknolojisi kullanılan ve bir YBM platformu üzerinde tasarlanan Türkiye'nin ilk yeraltı projelerinden biridir. Bu ilk YBM zorunlu kamu sektörü projesidir. İstanbul'un Avrupa yakasında yer alan metro hattının toplam uzunluğu 22.5 km olacak ve tamamlandığında 19 istasyon içerecektir. İnşaat alanı 274,000m² ve 2 tane viyadük olmakla birlikte, tek bir yönde saatte 70,000 yolcu taşıyacaktır. Proje 2014 yılında başlamış olup açılışın 2018'in sonlarına doğru olacağı planlanmıştır. Daha iyi koordinasyon ve gelişmiş işbirliği, 4 boyutlu aşamalı planlama, maliyet çalışmaları, uygulamalı Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) analizi, YBM'in etkilerinden bazılarıdır. Autodesk 2017

MMİ Mükemmellik Ödülleri'nin büyük altyapı kategorisinde İstanbul Kabataş - Mecidiyeköy - Mahmutbey Metro Hattı finalist olarak seçilmiştir (Prota Engineering 2017)



Şekil 2.6 YBM 3 boyutlu platformunda tasarlanan metro istasyonlarının 3 boyutlu görüntüleri (Prota Engineering 2017)

2.3.7.3. Emaar square alışveriş merkezi

EMAAR Square Mall 700,000 m² inşaat alanı ile İstanbul'da bulunan, hem bir alışveriş merkezi hem de bir rezidanstır. 02.2012 - 07.2017 tarihi arasında yapılmıştır. Square Mall, Anadolu yakasının ilk 2.400 koltuk kapasiteli çok katlı 4DX tiyatrosuna, akvaryum ve su altı hayvanat bahçesine, teraslara, eğlence alanlarına, 100'den fazla restoranları ve kafeleri ile geleneksel Türk pazarı ve moda merkezine sahiptir. Maliyet yönetimi konusunda 5 boyutlu YBM (maliyet) kullanılmıştır (Entegre Proje Yönetim 2016).



Şekil 2.7. EMAAR Square alışveriş merkezi binası (Entegre Proje Yönetim 2016)

2.3.8.4. AND Pastel konut projesi

44,000 m² olan AND Pastel Konut Kompleksi Binası projesinin Aralık 2016 başlanmış ve Haziran 2018'de başarılı bir şekilde tamamlanmıştır. Proje 7 blok 1200 daireden oluşmaktadır. Projede yer alan her blok 40 kattan oluşmaktadır. 72 basketbol sahası büyüklüğüne sahip 30,000 m²'lik peyzaj alanı olmakla birlikte alanın doğal

toprağının %30'u korunmuştur. AND Pastel konut projeleri için 850 milyon lira yatırım yapılmıştır (Tepe İnşaat 2017).



Şekil 2.8. AND Pastel konut projesi (AND Pastel)

2.3.8.5. İş GYO Kartal manzara adalar

Manzara Adalar, 62.05 - 291.82 m² arasında değişen bir konut inşaat birimidir ve toplam ünite sayısı 975'tir. Ayrıca toplam proje alanı 313,500 m² olmakla birlikte arsa alanı ise 36,724 m²'dir. 4 Nisan 2015 tarihinde başlamış ve Haziran 2018'de teslim edilmiştir. İş GYO'nun Kartal'da yükselen Manzara Adalar projesi sürdürülebilir ve çevreci yaklaşımıyla dikkat çekmektedir. Yüksek sürdürülebilir performansıyla ödüller alan projede yapılan güneş enerjisi paneli yatırımıyla yılda yaklaşık 22 bin TL'ye kadar enerji tasarrufu YBM ile sağlanmaktadır (Manzara Adalar 2018).



Şekil 2.9. İş GYO Kartal projesi (Manzara Adalar)

2.3.7.6. Finanskent (İstanbul)

Maslak ve Levent'e 4 km, Taksim'e ise 8 km uzaklıkta olan Finanskent, çevre yolunun hemen yanında yer almaktadır. 171,900 m² alana yerleşen kompleks; 910 adet konut, spor kompleksi, yüzme havuzu, cami, dükkân, kapalı otopark ve sosyal tesis alanlarını içermektedir. 5 Kasım 2013 yılında teslim etmiştir. YBM'nin 4 boyutu ve 5 boyutlu kullanılarak çakışmalar önlenmiş olup maliyet tasarrufunun elde edilmesi sağlanmıştır (Kalyon İnşaat 2013).



Şekil 2.10. Finanskent konut binası (Kalyon İnşaat 2013)

2.3.7.7. Darıca-Gebze metro hattı projesi

Proje 2.5 milyar liraya mal olup, Mart 2018'de tamamlanmıştır. Metro hattının toplam uzunluğu 15.6 kilometre olup, toplam 12 istasyondan oluşmaktadır. Kalkış ve varış dâhil toplam uzunluk 32 kilometredir. Proje kapsamında 3 tünel, 1 ara kat ve 8 açık-kapalı tip istasyonlar, işletme ihtiyaçları için belirlenen noktaların başında ofis ve otomatik park alanları olarak değerlendirilmiştir. İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB), Raylı Sistemler Departmanı, bütün metro projelerinin yapımında YBM süreçlerini talep etmektedir. Bütün ihale işleri YBM ile yapılmıştır (Kocaeli Büyükşehir Belediyesi 2018).



Şekil 2.11. Darıca-Gebze metro hattı projesi (Kocaeli Büyükşehir Belediyesi 2018)

2.3.7.8. Ankara etlik entegre sağlık kampüsü projesi

3.577 yatak kapasitesine sahip, 1,114.62m² inşaat alanı olan Ankara Etlik Entegre Sağlık Kampüsü projesi, Sağlık Bakanlığı için tasarlanmıştır. Proje 2015 yılında başlamış ve 2019 yılında tamamlanması planlanmaktadır. Bu proje, Türkiye'deki ikinci en büyük (kamu özel ortaklığı) hastanesi olup, Ankara bölgesindeki mevcut 6 hastanenin yerini alacak şekilde tasarlanmıştır. Tesis, bir tıbbi otele, iki helikopter pistine, bir üniversiteye, bir trijenerasyon tesisine (birleşik bir enerji üretim sisteminin

elektrik, ısıtma ve soğutma ünitelerine) ve ticari alanların yanı sıra 8,800 araç kapasiteli açık ve kapalı otoparkını kapsamaktadır. YBM modelleri sayesinde, diğer benzerleri gibi bu büyük bina kompleksinin kritik olabilecek noktalardaki problemleri çözebilmiş ve işlerin ilerleyişi için gerekli dokümantasyonu kısa sürede üretebilmiştir. Kalite açısından, paydaşlar ve müşteriler tarafından büyük bir itibar elde edilmiş, %0 ölümcül kaza, %0 oranında kalıcı etkileri olan yaralanmalar, düşük düzeyde yaralanmalar elde edilmiş; Kalite Kontrol Müfettişleri tarafından harcanan zaman açısından büyük tasarruf sağlanmış olup, böylelikle rapor hazırlamada harcanan zamandan tasarruf sağlanmış olup aynı zamanda kağıt tasarrufu elde edilmiştir (Aconex 2017).



Şekil 2.12. Ankara etlik entegre sağlık kampüsü projesi (Aconex 2017)

2.3.8. YBM ve proje başarısı

Çizelge 2.2'de YBM'nin başarılı bir şekilde uygulandığı dünya çapındaki proje örneklerinin kapsamlı bir inceleme yapıldığında YBM'nin benimsenmesi ve uygulanmasında projelerin YBM ile nasıl başarılı bir sonuç verdiği irdelenmiş olup sonuçlarının proje başarısına etkisinin olumlu olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca hem dünyada hem de Türkiye'de uygulanan projelere bakıldığında tasarım aşamasındaki projelerdeki detay çakışmaları önceden tespit edilmiş olup, projenin yapım aşamasında ortaya çıkacak sorunlar önceden tespit edilmiştir. Bunun sonucunda uygulanan projelerde süre, kalite ve optimum maliyete ulaşılmış olup her bir proje başarılı bir şekilde tamamlanmıştır. Böylelikle sonradan ortaya çıkacak taraflar arasındaki sorunlar da otomatik olarak bertaraf edilmiştir.

Autodesk (2007)'e göre; “YBM'ye Geçiş”, inşaat endüstrisinde YBM'nin benimsenmesi konusundaki isteksizliğin olası nedenlerini kültürel değişimlere olan direnç olarak belirtilmiştir. Değişim, YBM'nin herhangi bir sistem tarafından benimsenmesi gerektiğinde kaçınılmaz olarak tanımlanmaktadır. Örgüt kültürü üzerindeki etki, birçok tartışmayı çeken YBM'nin bir yönüdür. Geleneksel Bilgisayar Destekli Tasarımdan Yapı Bilgi Modellemesiye geçişte normal çalışma koşullarında minimum bozulmanın sağlanması için “değişim için eğitim” arasında denge sağlanmıştır (Autodesk 2007).

Park ve Kwak (2017) “Tasarım ve İnşaat”ta tanımlanabilecek bir kültürel değişim örneğinin, şantiye sahasında YBM'nin benimsenmesiyle elde edilen sonuca benzer olduğunu belirtmektedir. Tasarla-inşa et, tasarım ve yapım aşamaları arasında bir örtüşmeye izin veren, her iki hizmeti de sağlayan bir satın alma yöntemidir. Hem tasarımın hem de YBM'in doğrudan örgütsel kültürde değişikliklere yol açtığı söylenmektedir.

Davidson (2009), YBM uygulamasını ve inşaat sektöründeki kullanımına ilişkin değişikliği biraz “işleri aksatan” ve “zor” olarak değerlendirmektedir. Bu kayda değer bir tartışmaya işaret etmektedir ve YBM'yi benimseyen firmalar ile henüz YBM'yi benimsemeyen firmalar arasındaki fark bu olmaktadır. YBM'nin çok fazla bir sorun olduğu ve YBM ile ortaya çıkan açık faydaları benimsemeyi reddettiği, YBM'yi huzursuz edici olarak algılayanların YBM'nin benimsenmesiyle ortaya çıkacak değişikliği planladığı düşünülmektedir. Yeni çalışma sürecinin getirdiği ilk zorluklara katlanacak ve uzun vadeli faydaların beğeneceklerdir.

YBM'nin başarısı ve uygulanmasına ek olarak, İstanbul Büyük Havalimanı YBM Direktörüne bir soru yöneltilmiştir, "Bize çalışmalarınızdan bahseder misiniz?" Verdiği cevapta, Yapı Bilgi Modellemesi direktörü olarak, tasarımdan başlayarak tüm aşamalarda YBM'nin uygulanmasını ve yürütülmesini, doğru teknolojik süreçlerin ve insanların dönüşümünün kullanımını yönetirken inşaat ve işletme ile devam etmeyi sağlayan kilit rolünden bahsetmiştir. Proje büyüklüğü ve karmaşıklığı, zorlu süreler de göz önünde bulundurulduğunda oldukça sıra dışı olduğu görülmektedir. Projenin başarısı, tasarım ve inşaat verimliliğini hızlandırmak için mühendislik ve tasarımın yürütülmesindeki YBM'nin stratejik rolüne bağlıdır. Ayrıca YBM, taşeronları kontrol etmekte ve öngörülemez maliyet aşımalarını ortadan kaldırmakta, aynı zamanda maliyet, zaman ve kalite bizim başarımız için çok büyük önem arz etmektedir. Burada, sadece sağladığı teknolojik avantajlar nedeniyle değil, insanları sanal bir işbirliği ortamında bir araya getirmesi nedeniyle de YBM'de başarı elde ettiğimiz bilineni çok önemlidir. Bu yüzden bizim için en önemli şeyler insanlar ve teknoloji tarafından takip edilen süreçlerdir (Autodesk 2016).

Bakü National Stadium 18 ayda inşa edilmiş 69,870 kişilik büyük bir stadyum projesidir. Ayarlanabilir tavan sistemli konstrüksiyona sahip olan bu stadyum UEFA ve FIFA tarafından belirlenen uluslararası standartları karşılamış olup, ülkenin en büyük stadyumu konumundadır. Stadyum inşaatı, Şubat 2015'te başlamış ve başladıktan sadece bir buçuk yıl sonra tamamlanmıştır. Geriye çekilebilir birbirine entegre şeffaf çatı bloklarıyla dikkat çeken stadyum 6 Mart 2015 yılında tamamlanmış ve aynı yıl 1. Avrupa Oyunlarına ev sahipliği yapmıştır. Türk şirketi TOCA tarafından tasarlanan stadyuma Azerbaycan millî futbol takımı ev sahipliği yapmaktadır. Stadyum, Avrupa'daki en büyük uluslararası futbol turnuvası olan UEFA Euro 2020 için çeyrek finallere ev sahipliği yapacaktır. Yazılım Şirketi Tekla, büyük stadyumun gelişmiş modellemesini tamamlamak için YBM yazılımını kullanmıştır ve projenin en yoğun olduğu dönemde 4,500 işçinin uyum içerisinde ve koordineli bir şekilde çalışması sağlanmıştır. Uygulanan bu YBM yazılımı sayesinde tüm proje özellikleri ve bina çizimleri tek bir yerde toplanarak, proje bilgilerinin güncel tutulması sağlanmıştır. Proje bilgilerinin bu şekilde güncel tutulmasının avantajı, projede çalışan işçilerin yapılan değişiklikleri anında görmesi ve koordinasyonun kesintisiz bir şekilde ilerlemesine olanak sağlanması olarak görülmüştür. Yazılım şirketi Tekla tarafından projenin 18

ayda başarı ile tamamlanabilmesinin tek yolunun YBM uygulaması ile sağlanabileceği belirtilmiştir (Irish Building Magazine 2017).

Amerika Birleşik Devletleri’de, Memorial Hospital, Colorado Projesinde YBM’nin uygulanması ile ortaya çıkacak kusurlu imalatlar önlenmiş olup; hem 3500 tekrardan kaçınılmış hem de ciddi hasarlara ve yapılara neden olacak 500 ana faaliyet önlenmiştir. YBM’nin dört boyutu kullanılarak çakışmalar önlenmiş olup maliyet tasarrufunun elde edilmesi sağlanmıştır. Ayrıca, Silver line, Telluride projesinde de Yapı Bilgi Modellemesi uygulaması ile proje başlamadan önce belirlenen kazı miktarı ile ilgili yapılan yanlış hesaplamaların önüne geçilmiştir. Bu sayede 3 milyon dolar tasarruf elde edilmiştir. Bu proje örnekleri, YBM gibi bir gücün ve değişimin benimsenmesinin, etkin bir şekilde yönetilmesi durumunda herhangi bir kişi veya kuruluş için nasıl avantajlı olabileceğini göstermektedir.

2.4. İnşaat Proje Aşamaları ve YBM'nin Maliyet, Zaman ve Kalite Üzerindeki Etkisi

İnşaat aşaması, inşaat alanında yapısal bileşenlerin kurulduğu ve montaj işlemlerinin gerçekleştirildiği süreçtir. Proje ekibi, inşaat aşamasındaki çeşitli faaliyetler için YBM’yi kullanabilmektedir. Bu faaliyetler; (1) 4 boyutlu aşamalı planları kullanarak proje ilerlemeyi izlemek, (2) Ticari koordinasyon toplantıları, (3) Bilgi taleplerini entegre etmek, siparişleri ve eksik listesi bilgilerini YBM modellerinde değiştirmek olarak listelenebilir. İnşaat süresi boyunca proje ekibi YBM modelini sürekli olarak güncellemek zorundadır. Böylece YBM daha sonraları bina yöneticilerine bina bakımları için kullanılabilecek en güncel bilgileri yansıtmaktadır (Azhar vd. 2012).

Eastman vd. (2008) tarafından yapılan bir araştırmada ise; YBM uygulamasından kaynaklanan daha iyi performans ile birlikte maliyet ve zaman tasarruflarının elde edileceği ve nicelleştirilebileceği belirtilmiştir. Suermann (2009) tarafından yapılan çalışmada ise; YBM'nin projelerin inşaat aşamasına etkisini gösteren ampirik kanıtların bulunmadığı tespit edilmiş olunmasına rağmen, Suermann ve Issa (2007)’nın yaptıkları çalışmalar bu gerçeğin tersini göstermiştir. Buna göre; Suermann ve Issa (2007) tarafından yapılan çalışmada; YBM'nin proje üzerindeki etki göstergeleri kalite kontrol/yeniden gözden geçirme, tam zamanında üretim, toplam maliyet, birim/adam-saat, dolar/birim ve güvenlik olarak belirlenmiştir. Yapılan bu çalışmanın proje üzerindeki sonuçlarına bakıldığında ise; kalite kontrol %90 ile birinci, projenin zamanında tamamlanması %90 ile ikinci ve toplam maliyet %84 olmak üzere üçüncü sırada yer aldığı görülmüştür.

Ayrıca, Eastman vd. (2008) tarafından yapılan çalışmada, YBM'nin proje maliyetine, süre ve kalitesine olan etkilerini belirlemiş ve hem sektörde hem de bu alanda çalışacak olan uzmanların YBM’yi benimsemeleri ve bu alanda öncü olmaları konusunda önerilerde bulunmuştur. Bu çalışmanın benzeri ve destekleyici boyutu ise; Azhar (2011) tarafından yapılmış olup; YBM'nin projelerin inşaat aşaması üzerindeki etkisini belirlemeye yönelik bir araştırmada benzer bir model sunulmuştur. Elde ettiği bulgulara göre kalite ilk sırada yer alırken, onu zaman ve maliyet takip etmektedir. Yukarıda belirtilen kanıtları göz önünde bulundurarak, YBM'nin bir projenin inşaat aşaması üzerinde güçlü bir etkisi olduğu şüphe götürmez bir gerçektir. Benzer şekilde, Azhar vd. (2012) tarafından yapılan “Yapı Bilgi Modellemesi (YBM)” başlıklı

çalışmalarında; Atlanta'da yapılan Hilton Georgia ve Hilton Aquarium projeleri incelenmiş olup, bu projelerde YBM kullanımı ile riskler ve zorluklardan kaynaklanan maliyetin ortadan kaldırılması için elde edilen tasarrufun 600,000 dolar ve iş programına göre 1143 saatlik süre kazanımının elde edilmesi proje için büyük bir fayda sağladığı ortaya konulmuştur.

2.4.1. YBM ve maliyet

Vogt'a (2010) göre, YBM'nin maliyet yönü '5 boyutlu YBM' olarak adlandırılmaktadır. YBM'nin proje maliyetine olan etkisini belirlemenin önemi, sektörün yıllık bazda maruz kaldığı önemli değer kayıplarının altını çizmektedir. 100 milyon sterlin değerinde (Nisbet ve Dinesen 2010) olan bu kayıplar, kamu ve özel sektördeki yatırımcıların kasalarında benzer şekilde tasarruflar sağlayacaktır. Bu nedenle, YBM'ye yapılan bir yatırıma tahakkuk edecek olan değeri analiz etme ihtiyacı, geleneksel yöntemlere göre projeye yapılacak yatırımlar için daha doğru ve daha avantajlı sonuçlar verecek olup; maliyet, süre ve kalite açısından rekabet avantajı sağlayacaktır.

Yatırım Getirisi Analizi (YGA), yapılan yatırımın geri dönüşünü gösteren bir veridir. Temelde YGA bir yatırımın yatırımcılara ne kadar getiri sağladığını, yani verimliliğini ve bu yatırımın sürdürülmesi gerekip gerekmediğini gösteren bir analizdir. Yani YGA, bir yatırımdan beklenen ya da elde edilen kazancın yatırım maliyetiyle karşılaştırılmasını sağlamaktadır (yani, $YGA = \text{kazanç} / \text{maliyet}$). YGA genellikle araştırma ve geliştirme projelerinden, eğitim programlarından sabit varlık alımlarına kadar birçok kurumsal yatırım türünü değerlendirmek için kullanılmaktadır. YBM'yi benimseyen firmalar, Autodesk (2007) tarafından tartışılan YBM'ye yatırım getirilerini aşağıdaki matematik formülünü kullanarak kolayca hesaplayabilmektedir:

$$\text{Kazanç/Maliyet} = YGA$$

(2.2)

Bu tür analizlerin sonucunun kuruluşlara sağlayacağı avantajlar; personel eğitimi, araştırma ve geliştirme projeleri gibi performanstaki kurumsal yatırımları doğrulayacak bir platform sağlamaktır. Autodesk tarafından yayınlanan yıllık raporda, yatırım getirisi analizinin, günlük iş kararlarından ziyade Yapı Bilgi Modellemesi gibi sistemler için oldukça basit ve çok daha kolay olmasını sağlayarak Yatırım Getirisi Analizi YGA) denklemi (2.2) doğrulanmaktadır. Yatırım getirisi basit bir şekilde maliyet için kazanç olup, projenin tüm aşamalarında maliyet bileşenini kapsadığını göstermektedir (Autodesk 2007).

Projenin inşaat aşamasında YBM'nin en çok etkilenmenin nerelerden kaynaklandığı ile ilgili çalışma, Suermann ve Issa (2007) tarafından yapılmış olup, projenin inşaat aşamasında maliyetin olumlu yönde etkilendiği ortaya çıkarılmıştır. Ayrıca projelerde ilk yatırım maliyeti içerisinde sistem maliyetinin dahil olmasında bir sakınca olmadığı, sistem maliyetinin iki katına çıkarılması ile de yatırım getirisinin yalnızca %20'ye kadar azaltılabileceği ortaya konulmuştur. Proje uygulamalarının inşaat aşaması üzerindeki etkisini güçlendirmek için Azhar (2011) tarafından yapılan bir çalışmada ise; 10 proje incelenmiş olup, bu projelerden ayrıntılı maliyet verileri elde edilmiş YBM'nin yatırım getirisinin ortalama %634 maliyet tasarrufu sağladığı açık olarak ortaya konulmuştur.

Barlish ve Sullivan (2012) tarafından yapılan ortak bir araştırmada, YBM aracılığıyla bilgi talepleri ve siparişlerin değiştirilmesi ile önemli ölçüde tasarruf sağlandığını ve buna bağlı olarak da elde edilecek karın arttığını ortaya koymuşlardır. Bu araştırmanın kesin niceliği konusunda belirsizlik içermesine rağmen, inşaat sektöründeki paydaşların, YBM'nin sahip olduğu maliyet avantajları açısından önemi konusundaki farkındalıkların arttırıldığını gösteren kazanımlar olduğunu söylemek mümkündür.

2.4.2. YBM ve zaman

4 boyutlu YBM, 3 boyutlu YBM'ye zaman boyutu modelinin eklenmesi ile elde edilmiştir. Staub-French ve Khanzode (2007), 4 boyutlu bir işlemin benimsenmesinin bir programın 3 boyutlu elemanlara bağlanmasına ve inşaat animasyonu ile sonuçlanmasına olanak sağladığını tespit etmektedir. 3 boyutlu ve 4 boyutlu süreçleri bir projeye çeşitli faydalar sağlamaktadır. Bu faydalardan bazıları şunlardır: tasarım aşamasında çakışmaların belirlenmesi, verimliliğin arttırılması, malzeme siparişlerinin daha az değiştirilmesi, iyi bir maliyet kontrolü, planlama amacının daha iyi bir şekilde iletilmesi ve proje sırasında herhangi bir zamanda proje durumunun belirlenmesidir. Ayrıca, proje revizyonlarının azaltılması ve tasarım çakışmalarının önlenmesi ile projeden elde edilecek kar marjları yazılımın diğer faydaları olarak değerlendirilmektedir.

Staub-French ve Khanzode (2007), çakışma yoluyla görselleştirmenin tasarım aşamasında anlaşmazlıkların tespit edilmesine izin verdiğini belirtmektedirler. Çakışmadan dolayı oluşacak değişiklikler daha sonra bütçeye ve projenin programına entegre edilmelidir; bu süreç tasarım onaylanana kadar tekrarlanan bir süreçtir (Ahmad ve Julien 2015). Ahmad ve Julien'e (2015) göre, 3 boyutlu modeller bir projenin ilk aşamalarında olası teknik ve yönetim konularını belirlemede kolaylık sağlamaktadır. Ayrıca görselleştirme, proje katılımcıları arasında görsel proje bilgilerinin temsil edilmesini, iletişimini ve koordinasyonunu sağlamaktadır.

Suermann ve Issa (2007) tarafından gerçekleştirilen anket çalışmasında, katılanların projelerde birinci olarak kalite kontrol ve ikinci olarak ise Anahtar Performans Göstergesi (APG) analizinde süre kazanımı kavramlarına önem verildiğini gözlemlemişlerdir. Eastman (2009)'un gerçekleştirmiş olduğu çalışmada, inşaat projelerinde süre kazanımı ve kalite kontrolün sağlanması adına 4 boyutlu YBM'nin, Kritik Yol Metodu (KYM) programları ile birleştirilmesinin başarılı sonuçlar oluşturacağını ileri sürmüşlerdir. YBM'nin proje süresi üzerine etkisinin gözlemlenmesi adına Autodesk (2010)'in "YBM'nin Beş Yanılgısı" başlıklı çalışmasında Georgia merkezli bir firma (Lott + Barber Architects) tarafından YBM yazılımı örnek bir projede kullanılmıştır. Süre kazanımları firma tarafından ölçülebilir hale getirilmiştir. Aynı proje üzerinde projelerin belirli aşamalarında harcanan sürelerin Yapı Bilgi Modellemesi kullanımı ve Bilgisayar Destekli Tasarım kullanımı ile ne ölçüde azaltıldığı eş zamanlı olarak karşılaştırılmıştır. Çizelge 2.3'te gerçekleştirilen bu karşılaştırmadan elde edilen sonuçlar gösterilmiştir.

Çizelge 2.3. Yapı Bilgi Modellemesi ve Bilgisayar Destekli Tasarım arasındaki süre kazanımının karşılaştırılması (Autodesk 2010)

İş	BDT (Saat)	YBM (Saat)	Tasarruf Edilen (saat)	Tasarruf (%)
Ön proje	190	90	100	53%
Kesin proje	436	220	216	50%
Proje dokümanları	1,023	815	208	20%
Kontrol ve koordinasyon	175	16	159	91%
Toplam	1,824	1,141	683	

YBM'nin zamana boyutuna olan etkisini göstermek adına Azhar (2011) tarafından gerçekleştirilen çalışmada 185 inşaat şirketi incelenmiş ve bu incelemeler sonucunda, katılımcıların %70 oranında inşaat aşamasında YBM yaklaşımı ile zaman tasarrufu sağlandığı ve performans açısından avantajlar elde edildiği belirtilmiştir. Ancak, katılımcıların gerçekleştirdiği zaman tasarruflarının temel olarak inşaat sırasında görev tekrarından kaçınma ile ilgili olduğu konusunda uyarılmaktadır.

2.4.3. YBM ve kalite

The Constructor - Civil Engineering Home (2017), inşaat kaliteyi, müşterinin beklentilerini ve gereksinimlerini karşılamak olarak tanımlamaktadır. İnşaat kalitesi, sözleşmede belirtilen şartnamenin karşılanması, proje süresinin tamamlanması, mal sahibinin bütçeye uygun şartları yerine getirmesi, ihtilaf taleplerinden kaçınılması ve iş kollarının, amaçlanan hedefleri yerine getirilmesinin sağlanması ile ilgilidir.

Eastman vd. (2008) tarafından yapılan çalışmada; inşaat projelerinde Yapı Bilgi Modellemesinin proje kalitesini arttırdığını ortaya koymuşlardır. Projelerin kalitesinin düşüklüğünden dolayı inşaat sektörüne karşı eleştiriler yoğun bir şekilde bulunmaktadır (Wong ve Quing 2013). Bu eleştirileri destekleyecek çalışmalar, Suermann ve Issa (2007) ve Azhar (2011) tarafından yapılmış olup, bu araştırma sonuçlarından da görüldüğü gibi Yapı Bilgi Modellemesi kullanımının sonucunda öncelikli olarak kalitenin tercih edildiği ispatlanmıştır.

Yapı Bilgi Modellemesinin benimsenmesi, geleneksel sisteme göre proje kalitesine daha iyi katkıda bulunacak bir yardımcı olarak görülmektedir. Bununla birlikte Yapı Bilgi Modellemesi geleneksel ortamlarda elde edilenden farklı bir şekilde yeni bir iş yapma şeklini temsil ederken, proje paydaşlarının algılarının değişip değişmediği konusunda şüpheler bulunmaktadır. Projenin kalitesini etkileyen ana faktörler; insan, ekipman, malzeme, yöntem, bölgesel hava koşulları ve şartlardır. İnşaat kalitesinin garanti altına alınması için bu faktörler iyi kontrol edilmelidir. YBM'nin kullanımı temel olarak bu faktörlerin kontrolünde etkili bir rol oynamaktadır (Dong 2017).

Bir inşaat projesinde kontrol işlemlerini gerçekleştiren genellikle proje müdürü ve şantiye şefi olarak bilinmektedir. Yapı Bilgi Modellemesi, bu uzmanların işlerini

daha iyi, daha etkili bir şekilde yapmalarını sağlarken, temel olarak inşaatın kalite sorunlarını çözmelerine yardımcı olmaktadır. Şantiyenin simülasyonu, inşaat projesindeki yönetimin ihtiyaç duyduğu teknolojinin önemli bir içeriğidir. Bu sayede, kalite problemlerinin önceden tahmin edilebilmesi ile birlikte muhtemel problemlerin önüne geçilmektedir. Yapı Bilgi Modellemesi teknolojisinin inşaat projelerinde kullanılması ile proje çalışanları arasında adil bir iş bölümü gerçekleştirilmesi sağlanarak projenin kritik aşamalarındaki muhtemel riskler önlenebilmektedir (Dong 2017).

Kalite konularına yönelik kontrollerin yapılması ve dengelerin oluşturulması için YBM yönetici ve uzmanları, inşaat öncesinde ve sırasında kalite kontrolünü sağlamakla sorumludur. Yapı Bilgi Modellemesi müdürü, model kalitesini teyit etmekten sorumlu olduğundan, bu kalite kontrollerinin, YBM görevlerinin tamamlanmasından önce yapılması önerilmektedir. Kalite kontrolünü sağlamanın iki yolu önerilmektedir: Yapı Bilgi Modelline verilen inşaat belgelerinin ilk etapta yüksek kalitede olması ve daha sonra net iletişimi destekleyen bir proje ortamının sürdürülmesinin sağlanmasıdır (Utiome 2010).

2.5. YBM'nin Faydaları, Benimsenmesi ve Zorlukları

Bu bölüm, Yapı Bilgi Modellemesinin kabulünden bu yana inşaat sektöründeki çeşitli uzmanlardan YBM'nin faydalarını ve zorluklarını özetlemeyi amaçlamaktadır.

2.5.1. YBM'nin faydaları

YBM kullanımının faydaları British Standards Institution (BSI) (2015) tarafından gerçekleştirilen çalışmada şu şekilde özetlenmiştir; projeyi gerçekleştiren firmanın değerinin artması ve buna bağlı olarak da ileride yatırımcılar tarafından daha fazla tercih edilmesini sağlanmasıdır. Bu şekilde, riskin azaltılması, para cezalarının önüne geçilmesi, proje sürelerinin uzamasının önlenmesi ve marka itibarının zedelenmemesi sağlanmaktadır. Ayrıca YBM ile projelerin görselleştirilmesi ile ihale tekliflerinin müşteriler tarafından daha açık ve anlaşılabilir olması sağlanmıştır. Projeyi gerçekleştiren firmanın gelecekteki ihalelerde daha stratejik olarak başarılı olması adına YBM kullanımı fayda sağlayacaktır.

BSI (2015) yılında gerçekleştirdiği çalışmada, Yapı Bilgi Modellemesi'nin, projelerde kalite ve teslimat verimliliğini arttırdığını belirtmiştir. YBM kullanımı, üretim kalitesinin yükseltilmesine olanak sağlamaktadır. Bunun yanında Yapı Bilgi Modellemesi, bina tekliflerinin titizlikle analiz edilebilmesine, simülasyonların hızlı bir şekilde gerçekleştirilmesine, daha iyi ve yenilikçi çözümler sunulmasına ve karşılaştırmalı performans analizlerine sahip olduğu için daha iyi bir tasarıma olanak tanımaktadır. YBM ile şantiye sahasında gerçekleştirilecek imalatların otomasyon sistemi kullanılarak planlı bir şekilde uygulanması sağlanabilmektedir. Dijital ürün verilerinin aşağı akış süreçlerinde kullanılabileceği ve yapısal sistemlerin üretimi veya montajında kullanılabileceği için, otomatik montaja yardımcı olma kapasitesine sahiptir. Gereksinimler, tasarım, inşaat ve işlevsel performans gibi iyileştirilmiş yaşam döngüsü verileri, verimliliklerin sağlanmasına yardımcı olacak tesis yönetiminde kullanılabilmektedir.

YBM'nin bir diğer önemli faydası da zaman ve maliyet tasarrufu sağlamasıdır. Departmanlar ve tedarik zinciri arasında, müşteriye düşük maliyet ve yüksek verim sunulmasına yardımcı olmaktadır. YBM kullanımı ile bütün yaşam döngüsü maliyetleri ve çevresel veriler hesaplanabilir ve bu da yazılımın kullanımının çevresel performansın daha öngörülebilir olmasından ve yaşam döngüsü maliyetlerinin daha iyi anlaşılabilir olmasını sağladığı anlamına gelmektedir (BSI 2015).

Autodesk'in Türkiye lideri Murat Tüzüm "Turkish Building and Construction Sector Prepares for BIM Process" başlıklı seminerde yaptığı konuşmada, akıllı 3 boyutlu modelleri kullanarak, inşaat ve altyapı projeleri için karar sürecini kolaylaştıran Yapı Bilgi Modellemesi uygulamalarının, projenin hedeflerine ulaşması ve başarıyla tamamlanması için en verimli çözüm yöntemi olduğunu söylemiştir. Bu konuşmada; "YBM sistemine dönüşüm yaparak, sahada uygulamadan kaynaklanan hataların %41 oranında azaltıldığını ve malzeme maliyetinde %23'lük bir düşüş sağlandığını belirtilmiştir. Toplam proje süresinde ise %19 oranında azalma olduğunda bahsedilmiştir. Türk ekonomisi için büyük öneme sahip inşaat sektöründeki firmaların YBM kullanımını etkin bir şekilde gerçekleştirmeye başlamalarından ötürü çok memnun olduklarını belirtmiştir. Bu doğrultuda YBM kullanımını benimseyen inşaat firmalarının, yerel ve uluslararası alanda önemli rekabet avantajları elde ettikleri vurgulanmıştır (Sarı 2016).

Ghaffarianhoseini vd. (2017) tarafından yapılan çalışmada, Stanford Üniversitesi Entegre Tesis Mühendisliği Merkezi (CIFE), YBM uygulamasının birtakım faydaları olduğunu doğrulamaktadır. YBM uygulaması ile projede öngörülemeyen değişikliklerin %40'a kadar ortadan kaldırıldığını, %3'lük bir hata eşiğine sahip olduğunu ve %80'e varan üretim süreleri ile maliyet tahmini sağlandığını belirtmişlerdir. Ayrıca sözleşme değerinin %10'una kadar tasarruf sağlanabilmesi adına çakışma tespitinin doğru bir şekilde yapılmasını ve bu şekilde de proje tamamlanma süresini %7'e kadar azaltıldığını belirtmişlerdir.

Çizelge 2.4'te Yapı Bilgi Modellemesi'nin projelerde kullanımını inceleyen çeşitli araştırmacıların elde ettiği veriler sonucunda oluşan bazı temel faydalar özetlenmiştir.

Çizelge 2.4. Yapı Bilgi Modellemesinin faydalarının farklı araştırmacılar tarafından incelenmesinin karşılaştırmalı bir listesi

Yazarlar	Yapı Bilgi Modellemesinin faydaları
Foster (2008)	Görselleştirme, kapsam, açıklık, kısmi ticaret koordinasyonu, çakışma tespiti / kaçınma, tasarım doğrulama, yapım sıralaması, planlama / aşamalı planlar / saha lojistiği.
Young vd. (2008)	- Farklı yazılımların entegrasyonu ile proje personelinin daha kolay koordine edilmesi - Verimliliğin artırılması - Kalite kontrolün geliştirilmesi

Çizelge 2.4 devamı. Yapı Bilgi Modellemesinin faydalarının farklı araştırmacılar tarafından incelenmesinin karşılaştırmalı bir listesi

Yazarlar	Yapı Bilgi Modellemesinin faydaları
Fong vd. (2009)	• Oluşturulan veri modelinin yıllar boyunca var olması • Müşterinin varlığının yönetilebilmesi • Azaltılmış riskler • Geliştirilmiş verimlilik • Tasarımın sürdürülebilir olması • Proje çalışanları arasında doğru bir iletişim sağlanması ve gelişmiş analitik araçlar ile kalite kontrolün kolaylaştırılması.
Ghaffarianhoseini vd. (2017)	• Standardizasyon faydaları • Çeşitlilik yönetimi avantajları; Tesis yönetimi faaliyetleri, projelerin nihai çizimleri, miras ve tarihsel belgelendirme, bakım, projenin bitiminden sonra da takip edilebilir olması, kalite kontrol, izleme ve değerlendirme, enerji yönetimi, acil durum yönetimi, güçlendirme planlaması • Entegrasyon faydaları • Ekonomik faydalar • Bilgi yönetimi faydaları • Yaşam döngüsü değerlendirmesi oluşturulması • Karar destek sisteminin oluşturacağı faydalar • Planlama / zamanlamanın yararları

Alabdulqader vd. (2014) tarafından yapılan çalışmada, inşaat sektöründe Yapı Bilgi Modellemesinin kullanımının hayati öneme sahip olmasının birçok sebebi olduğuna belirtmişlerdir. Örgütsel ve ekonomik açıdan bakıldığında, YBM'nin aşağıdaki özelliklere sahip olduğu için bir katalizör olduğu söylenmektedir: (1) inşaat sektöründe yer alan kişilerin birlikte ve uyum içinde çalışmayı sağlaması (2) verimliliği artırması ve (3) yetersiz değişim ve bilgi kullanımının yüksek maliyetlerini düşürmesi. Bunlara ek olarak, bir projenin tasarım aşaması sırasında YBM kullanımı sayesinde elde edilecek faydalardan bazıları; (1) görselleştirmenin hızlı bir şekilde sağlanması (2) değişikliklerin hızlı ve doğru bir şekilde güncellenmesi; (3) tüm proje boyunca geliştirme ekibi arasında iletişimin etkin bir şekilde sağlanması; (4) tasarımdaki hataların azaltılması yönünde tasarım kalitesinin geliştirilmesinin sağlanması ve (5) işgücü verimliliğinde sürekli bir iyileşmenin sağlanmasıdır. Ayrıca, YBM kullanmanın sonucunda, proje koordinasyonu, minimum hatalar, süre gecikmelerinin minimize edilmesi ve projedeki tasarım çakışmaların bertaraf edilmesi veya minimuma indirgenmesi, proje geliştirilmenin her aşamasında tüm tasarım ve inşaat ekibinin tam

entegrasyonu göz önünde bulundurularak inşaat maliyetinde de %15 ila %40 arasında bir maliyet tasarrufunun sağlanacağı şekilde geliştirilebildiğini savunmaktadırlar.

2.5.2. Türkiye’de ve dünyadaki YBM’nin benimsenme seviyesi ve kısıtlamaları

İnşaat sektöründeki araştırmacılar, Yapı Bilgi Modellemesi uygulamasının projeler üzerindeki sayısız faydası olduğunu öne sürmektedirler. YBM, öne sürdüğü üstün faydalara rağmen, kabul sürecindeki zorlukları ve kısıtlamaları da beraberinde getirmektedir. Ghaffarianhoseini vd. (2017), YBM'nin kullanılmasının genel etkinliğinin inşaat sektöründe tam olarak kabul görmediğini, ancak; YBM'nin kullanılmasının çeşitli potansiyel faydalarının olduğunu, uygulama için projelere stratejiler geliştirildiğini ve gelecekte de bu özellikleri ile sektörde kısa sürede kabul göreceğini belirtmişlerdir.

Alabdulqader vd. (2014), yeni teknolojilerin benimsenmesi veya uygulanması için endüstrinin isteksizliğinden duyulan endişeler nedeniyle YBM'nin benimsenmesinin yavaş olduğunu savunmaktadırlar. Türkiye’de, inşaat sektöründe YBM'nin benimsenmesi ve kullanılmasına odaklanan çalışma sayısı hala sınırlıdır. Bu, yukarıda belirtildiği gibi, başka yerlerde yapılan geçmiş araştırma çalışmalarında tanımlanan benimseme sorunları ile ilgili şu anda karşılaşılan sorunlara atfedilebilmektedir. Bu sorunlardan biri de YBM'nin tam olarak anlaşılmamasından ve tecrübe eksikliğinden kaynaklanmaktadır.

Dünyada YBM'nin kullanılmasının eleştirel bir incelemesi olan YBM'nin benimsenmesi, Amerika Birleşik Devletleri'nin (ABD) Ulusal YBM Standartları'nı yayınlamasıyla hızlı bir ivme göstermiştir. ABD Hükümetine benzer bir şekilde, Birleşik Krallık Hükümeti (İngiltere) de 2016 yılına kadar tüm kamu sektörü projelerinde Yapı Bilgi Modellemesi teknolojisinin uygulanmasını zorunlu kılmıştır. Norveç ve Finlandiya YBM kullanımını zorunlu kılarken; Singapur, Avustralya ve birkaç Avrupa ülkesinin YBM benimseme oranları önemli ölçüde artmıştır. Ayrıca Türkiye’de metro-demiryolu projelerinde YBM, İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından benimsenmeye başlanmıştır. Türkiye’deki büyük ölçekli metro raylı projelerin bir kısmı İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından YBM yetkisi ile ihale edilmiştir (Prota Engineering 2017).

Autodesk 2016 MMİ Mükemmellik Ödüllerinde İstanbul Yeni Havalimanı ve Kabataş - Mecidiyeköy - Mahmutbey metro hattı projesinin büyük altyapı kategorisinde finalist olarak seçilen projesinin bu alanda bir kanıtıdır. YBM’nin 5 boyutlu teknolojisinin kullanıldığı bu projede YBM’nin Türkiye’de faaliyete geçtiği ve YBM'nin benimseme sürecinin çoktan hızlandığına işaret etmektedir. Bu iki mega projede gözlemlenen; projelerde çok sayıda tedarikçi, taşeron ve tasarımcıların yönetildiği ve Türk İnşaat Sektöründe önemli bir öğrenme merkezi haline geldiği ve tam olarak YBM’nin bu projelerde uygulandığı ortaya çıkmıştır (Prota Engineering, 2017).

Gercek vd. (2017)’e göre, YBM uygulaması Türkiye’de zorunlu değildir. Bu yüzden, YBM standartları ve kılavuzları bulunmamaktadır. Bu nedenle; şirketler kendi YBM uygulama süreçlerini tasarlamalıdır. Türk İnşaat Sektörü için bir YBM yönergesi ve standartlar planı elde etmek amacıyla Gercek vd. (2017), tarafından yapılan

çalışmada, Türk inşaat sektöründe özelleştirilmiş bir YBM uygulama planının geliştirilmesi gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca bu çalışmada; YBM'nin benimsenmesiyle ilgili bazı temel zorluklar da tanımlanmıştır. Türkiye'de inşaat sektörünün rekabetçi ortamı, en büyük zorluklardan biri olarak görülmektedir, çünkü etkili bir YBM uygulama süreci geliştirmek, kaynakların tahsis edilmesini gerektirmektedir. Türkiyede bilgi standardizasyonunun olmaması, firmaların tasarım-teklif-inşa projelerinde etkin işbirliğini sürdürmelerine engel olması, zorlukların bir kısmını oluşturmaktadır. Yapı Bilgi Modellemesi süreçlerini uygulamada yeterli kapasiteye sahip YBM uzmanlarını bulmak zor olduğu için insan faktörü de bir başka eksikliklerdir.

Fatih (2014) tarafından yapılan çalışmada, Türk inşaat sektöründe Yapı Bilgi Modellemesinin mevcut durumu incelenmiş ve Türk inşaat sektöründe YBM'nin benimsenmesi ve uygulanmasının önündeki en önemli engeller tespit edilerek tartışılmıştır. Rapora göre, ankete katılanların %56'sından fazlası mevcut şirketlerinin iş süreçlerinin YBM'nin benimsenmesi için yol göstermesi gerektiğine inanmaktadır. Bu durum YBM uygulamasının temel sorunu olarak görülmektedir. İkinci en büyük engel olarak ise anket sonucuna göre %56 oranı ile talep eksikliği ve müşterilerin ilgisizliği ciddi bir sorun olarak tanımlanmıştır. İnşaat sektöründe alınan kararların ağırlıklı olarak iş perspektifinden kaynaklandığı ve YBM'ye yatırım yapılmasından memnun olunmadığı belirtilmektedir. Bu durum, YBM kullanımı sonucu oluşacak finansal faydanın, somut olarak sektörde örneklerinin az olmasından kaynaklanmaktadır. YBM'nin Türkiye inşaat sektöründe benimsenmesinin önündeki ortak engeller arasında projelerde yer alacak kişilerin eğitimlerin oluşturacağı masraflar (%52) ve yüksek maliyetli yazılımlar (%39), sırasıyla üçüncü ve dördüncü sıradadır. Raporda YBM'nin Türkiye'de benimsenmesini engelleyen diğer faktörler ise; iyi eğitilmiş YBM modeli yöneticilerinin eksikliği (%35), insanların YBM hakkında bilgi edinmeyi reddetmesi (%30) ve kültürel direncin olması (%17) olarak sıralanmaktadır.

Aladağ vd. (2016) gerçekleştirilen anket çalışmasında, YBM'nin Türk İnşaat sektöründe kabul edilmesinin ardındaki itici güçler arasında en yüksek önceliğe sahip olanın firmaların YBM uygulaması için gerekli olan finansın sağlanmasının yapılmasının zorunlu olduğunu ve bunun için ekstra bir bütçe ayrılması gerektiğidir. Buna karşılık Türk inşaat sektörünün YBM'ye adaptasyonda karşılaştığı en önemli engellerin ise “Örgütsel yapı ve kültür” olduğunu dile getirmektedir. “Müşteri talebi/sözleşme yükümlülükleri” ve “paydaşlar arasındaki işbirliği, eşgüdüm, iletişim ve birlikte çalışabilirlik ihtiyacı” da, YBM'nin Türkiye'de benimsenmesi yolunu açabilmek için endüstriyel gereksinimlerle ilgili en önemli faktörler olarak görülmektedir.

Irish Building Magazine (2017) tarafından yayınlanan bir röportajda; “Türkiye'de YBM Uygulaması: İstanbul Yeni Havalimanı'nda Yapı Bilgi Modellemesi Kullanımı” başlığı ile bir çalışma yayınlanmıştır. Bu çalışmada bu projenin en üst seviyedeki proje müdürü ile yapılan görüşmede elde edilen sonuçlara göre; Türk İnşaat Sektörü tarafından kullanılan yapım sektöründeki sistemlerin geleneksel olduğu ve bunun yerine modern ve karmaşık tekniklerin benimsenmesinin, zor ve uzun bir süreç gerektirdiğini belirtmiştir. Ayrıca proje müdürüne göre; kültürel değişimin yaratılmasının zor olduğu ancak strateji ve düzenli çalışma vizyonu ile mümkün olabileceğini öne sürmektedir. Bunun nedeninin ise, sadece Yapı Bilgi Modellemesinin teorik yapısının yeterli olmadığı, bunu elde etmenin ancak doğru strateji ve kusursuz

uygulamayı belirleyen net vizyonların tanımlanması ile elde edileceği vurgulanmaktadır.

2.6. Türkiye'de YBM'nin Geleceği

Autodesk İş Geliştirme Koordinatörü Karabayır (2015) tarafından yapılan bir röportajda, Türkiye'de YBM'nin geleceği konusundaki fikirlerini; geçtiğimiz 10 yılda Yapı Bilgi Modellemesi teknolojisinin tasarım ve inşaat projelerini deyim yerindeyse baştan aşağı değiştirdiğine tanık olduğunu, YBM sayesinde şirketler inşaat sürecinde hem maliyet hem de zamanlanmada ciddi avantajlar elde edildiğini, bununla birlikte ülkelerin bu YBM teknolojisine ve sağlayacağı avantajları fark ettikçe, YBM kullanımının yasal zorunluluk haline getirilmesi gerektiğinden bahsetmiştir. Ayrıca, Brezilya, Çin, Kore, Singapur ve ABD gibi daha pek çok ülkenin, farklı kapsamlarda yasal düzenlemeler üzerinde çalıştığını; Avrupa Birliği'nin ise kısa süre önce 28 üye devletine kamu projelerinde Yapı Bilgi Modellemesi kullanımını tavsiye ettiği bir direktif gönderdiğinden, yasal zorunluluk olmayan ülkelerde bile, şirketlerin her geçen gün daha fazla projede YBM kullanımını zorunlu kılma kararı aldığını gözlemlediğinden bahsetmiştir (Karabayır 2015).

Çeşitli araştırmacılar (Fatih 2014, Utioime 2010, Young vd. 2008) YBM uygulamasının dünyadaki tüm inşaat sektöründe kademeli olarak uygulanacağı ve benimsenemeceği ile ilgili gelişmeler yaşanacağını vurgulamışlardır. Fatih (2014) tarafından yapılan bir ankette, Türk İnşaat sektöründeki katılımcıların çoğunun gelecekte kuruluşlarında YBM'nin benimsenmesinin lehine olduğu görülmüştür. Anket katılımcılarının %41'i henüz kararlarından emin değil iken, %59'u ise gelecekte YBM'yi uygulayacaklarını belirtmiş olup, katılımcıların %77'si YBM'nin geleceği konusunda iyimserdir. Sadece %23'ü YBM'nin önümüzdeki beş yıl içinde Türk inşaat sektörü için büyük öneme sahip olacağını iddia etmiştir. Ancak, bazı katılımcılara göre, sektördeki mevcut duruma %55 oranında bir bakışla bakıldığında, YBM'nin Türkiye'de önümüzdeki yıllarda zorunlu bir süreç olamayacağı belirtilmiştir.

Türkiye'de son yıllarda özel sektör tarafında da ciddi bir bilinçlenme olduğu görülmektedir. Pek çok şirket, işe alımlarda YBM teknolojisine hakimiyet kriterine bakmaya başlamıştır. YBM kullanılarak inşa edilen Garanti Bankası Pendik Teknoloji Kampüsü ve Forum Adana; Antalya Yöresel Ürünler Pazarı, Türkiye'deki Dünya Ticaret Merkezi, Metro inşaatları vb. gibi karmaşık projeler YBM uygulamasıyla kontrol edilerek yapılmıştır. Sektör yetkilileri, Yapı Bilgi Modellemesi anlayışının önümüzdeki dönemde Türkiye inşaat sektöründe bir standart haline geleceğine inanmaktadır (Karabayır 2015).

Bunlara ek olarak; Türkiye'deki büyük projelerin ihalelerinde ve yapımında, Yapı Bilgi Modellemesinin kullanımı zorunlu hale getirilmiştir. Bu zorunluluğun en basit nedeni; dış kaynaklı projelerin aynı dili kullanması açısından bir standart elde etmek ve projedeki hataları minimize ederek bu standartlarla ortak bir platformda buluşabilmektir.

İnşaat sektöründe yer alan tüm paydaşların işverenden tasarımcıya, yükleniciden tedarikçiye YBM konusunda öncelikle bilgi sahibi olması, daha sonrasında ise YBM uygulamaları içinde yer alması gerekmektedir. Bunun en iyi örneği, İstanbul Büyükşehir

Belediyesi vizyonu ve stratejik hedefleri doğrultusunda Akıllı Şehir Projesi’ni başlatmışılması vizyonudur. Bu vizyon; kent yönetimi, ekonomi, finans, mobilite, erişilebilirlik, enerji ve altyapı yönetimi, eğitim, çevre, su ve atık yönetimi, güvenlik, sağlık, bilgi teknolojileri gibi birçok farklı konuyu bünyesinde barındırmaktadır. Tüm bunların birlikte entegre edilmesi ise ancak YBM desteği ile gerçekleştirilecektir.



3. MATERYAL VE METOT

3.1. Çalışmanın Amacı

Yapı Bilgi Modellemesi (YBM), inşaat projelerinin tasarımındaki ve yapım aşamasındaki birçok zorluğun üstesinden gelebilecek modern bir araç olarak ortaya çıkmıştır. YBM, kullanışlı yapısı ve yapım yönetimi alanına getirdiği modern yaklaşım ile dünya genelinde inşaat firmalarının ilgisini çekmiş ve yapım işlerinde bir proje yönetim sistemi olarak kullanılmaya başlanmıştır. İnşaat sektörünün sürekli gelişen teknolojiye bağımlılığı; bu alanda çalışanların teknolojik gelişmelere çabuk adaptasyonunu zorunlu kılmaktadır. Yapı Bilgi Modellemesi, oldukça pratik bir yapım yönetimi aracı olmasına rağmen; bu aracın Türk İnşaat Sektöründe kullanımı belli bir seviyenin ötesine geçememiştir. YBM'nin Türk İnşaat Sektörü'nde yaygın olarak kullanılmayışı temel olarak yapı sektörü için bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu sorunun nedenlerinin araştırılmasının sorunun çözümüne önemli ölçüde katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Bu tez çalışması inşaat sektöründe YBM'yi modern bir araç olarak gören firmalar üzerinde yapılmıştır. Çalışmada bu yöntemi uygulayan firmaların sistemle ilgili temel kaygılarını oluşturan şu sorulara cevaplar aranmıştır: YBM nedir? YBM bir araç mı yoksa bir süreç midir? Hangi tür ve boyutta firmalar YBM'den yararlanabilirler? gibi sorular baz alınarak bu yüksek lisans tezi şekillendirilmiştir. Bu tez çalışmasında, YBM'yi öncelikli olarak benimseyen ve uygulayan Türk inşaat firmalarını incelenmiş olup, bu firmaların YBM'yi kullanmadan önceki proje başarı durumlarının ve YBM uygulamalarını edindikten sonraki yıllarda performanslarının maliyet, teslimat süresi ve kalite açısından nasıl değiştiğini incelemiştir.

Bu araştırmanın öncelikli amacı, Yapı Bilgi Modellemesinin Türkiye'deki inşaat projelerinin maliyet, teslimat süresi ve kalite kriterleri açısından başarı elde etmede etkili olup olmadığının araştırılmasıdır.

Yukarıda belirtilen amaçların yerine getirilebilmesi için, araştırma aşağıdaki hedefler doğrultusunda tasarlanmıştır:

1. YBM'yi tanımlamak ve inşaat sektöründe kullanımının benimsenmesi için nasıl geliştiğini değerlendirmek,
2. Türkiye'de son on yılda YBM tekniğinin uygulandığı inşaat projelerini belirlemek,
3. YBM'nin Türkiye'deki inşaat projelerinin başarısına maliyet, süre ve kalite açısından ne ölçüde katkıda bulunduğunu araştırmaktır.

Bu araştırmanın sonucunun, Türkiye'deki Yapı Bilgi Modellemesi kullanımını benimsemiş olan inşaat firmalarına fayda sağlayacağı ve YBM'ni kullanacak diğer firmalara da güven ve örnek teşkil edeceği düşünülmektedir. Bu çalışmanın aynı zamanda, daha az proje maliyeti ve daha kısa teslim süresiyle daha iyi proje kalitesine ihtiyaç duyan kuruluşlar için de bir referans belgesi olarak hizmet edeceği düşünülmektedir. Araştırmada genel itibari ile sektörde Yapı Bilgi Modellemesi

uygulamalarının Türkiye'deki yaygınlığı ve inşaat projelerinin maliyet, zaman ve kalite bağlamında başarısına etkisi konusu da ele alınmıştır.

3.2. Metot

Bu çalışmada kullanılan araştırma yaklaşımında, bu araştırmada benimsenen “görüşme” yöntemi göz önünde bulundurularak, altında yatan geçerli teoriler açıklanmıştır. Buna ek olarak, kullanılan veri örnekleme yöntemi açıklanacak ve veri toplama ve araştırmanın izleyen bölümlerini temellendiren analizle ilgili tartışmalardan önce gelecektir. Daha sonra, araştırmaya ilişkin zorlukların ve sınırlamaların yanı sıra etik konular dikkate alınmaktadır.

3.2.1. Veri toplama yöntemi

Bu araştırmada; nitel araştırma yöntemleri (birincil veri toplama, ikincil veri toplama ve gömülü teori yöntemi) kullanılmıştır. YBM çoğu kuruluşta nispeten yeni ve gelişen bir kavram olduğundan ve görüşme yapılan kişilerin şirketler ve projeler ile ilgili “gizli” verileri paylaşmak zorunda olmamasından dolayı, yalnızca nitel bir yaklaşım yöntemi seçilmiştir.

Bu tez çalışmasında, YBM’yi daha önce kullanmış ya da halen kullanmakta olan uzmanların görüşlerine başvurulmuştur. Bu görüşler birebir mülakatlarda alınan notlar aracılığı ile elde edilmiştir. Mülakatlar, Türkiye’nin çeşitli bölgelerinden, bir kısmı proje müdürü düzeyinde görevli olmak üzere inşaat sektöründen ve YBM üzerine araştırmalar yapmak üzere akademik camiadan toplamda 8 adet Yapı Bilgi Modellemesi uzmanı ile yapılmıştır. Bu uzmanlardan 1’i lisans seviyesinde, 6’sı yüksek lisans seviyesinde ve 2’si de doktora seviyesinde eğitime sahiptir.

Bu çalışmada, birincil veri toplamanın gerçekleştirilmesinde yapılandırılmamış ve yarı yapılandırılmış görüşme yöntemleri kullanılmıştır. Bu tür bir yöntemi kullanmak, araştırmacının görüşme yapılan kişilerin cevaplarına dayanarak soruları değiştirmesini sağlamaktadır. Bu yöntemlerin seçiminde, görüşme yapılan kişilerin bir araştırmacının, bir danışmanın veya YBM direktörünün/proje müdürünün tecrübe ve deneyimlerinden faydalanılmıştır.

İkincil veri toplama, gazeteler, araştırma makaleleri, elektronik veri tabanları, vb. kaynaklardan bilgi toplama sürecidir. Bu veri toplama yöntemi, herhangi bir araştırma çalışması için hayati önem taşımaktadır. Bu araştırmadaki ikincil veriler kitaplar, gazeteler, araştırma makaleleri, elektronik veri tabanlarından toplanmıştır.

3.2.2. Gömülü teori yöntemi

Gömülü teori, incelenen fenomenlerin kapsamlı bir teorik açıklamasını sağlayan iyi entegre bir dizi kavram geliştirmeyi amaçlamaktadır. Bu çalışmada gömülü teori, elde edilen verilerden türetilip, sistematik olarak toplanıp, araştırma süreci boyunca tekrarlanan bir süreç ile analiz edilmiştir. Gömülü kuramcı, önemli bir çalışma alanına girer ve genellikle açılmış yoğun görüşmeler veya katılımcı gözlemleri yoluyla veri toplamaya başlamaktadır.

Gömülü teorisi, bu araştırmada Kalitatif Kodlamaya uygulanmıştır, böylelikle verilerin yorumlanmadan önce sınıflandırılması kolaylaştırılmaktadır. Gömülü Teori Metodolojisi (GTM) 'nin seçimi, açıklayıcı veya yorumlayıcı bir tercih doğrultusunda seçilmiştir. Bu nedenle, veri analizinde, temalar, görüşme sırasında ortaya atılan sorulardan elde edilen bulgulardan türetilmiştir.

Kartopu Örneklemeye Metodu (KÖM), marjinal toplumlarda araştırma yürütmede özellikle yararlı olduğu kanıtlanmış uygun bir örneklemeye yöntemidir. Bu yöntem, araştırmacının araştırma popülasyonunun temsili bir örneğini oluştururken zorluklarla karşılaştığı durumlarda, belirli popülasyonlardan insanları bulmak, erişmek ve dahil etmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. YBM uzmanları bulabilmek için KÖM yöntemi de kullanılmıştır.

Bu araştırmanın hedef kitlesi, internette arama yoluyla tespit edilen, Türkiye'de YBM'nin erken benimseyicileridir. Bu yöntemin ulaşılması zor olan gizli ve/veya popülasyonlara erişilebilmesi uygun bulunmuştur. Bu, kullanılabilir örnek büyüklüğü elde edilene kadar olası katılımcılara yardımcı olmuştur.

Mülakatlar için kurumlara toplam 9 adet e-posta gönderilmiştir ve 8 tanesi cevap vermiştir. Araştırma, inşaat alanında faaliyet gösteren sekiz kurumun (2 araştırmacı ve 6 firma) temsili olmayan bir örneğine dayanılarak yürütülmüştür. Araştırmacıların seçilmesinin temeli, Yapı Bilgi Modellemesi uzmanları olarak statüleri ve Yapı Bilgi Modellemesi alanında öncü araştırmacılar olmalarından kaynaklanmaktadır. Firmalar seçilirken, firmaların YBM'ni Türkiye'de en erken benimseyen firma niteliklerine sahip olmaları sebebiyle seçilmiştir. Sonuç olarak, son 10 yıldır Yapı Bilgi Modellemesi ile ilişkilendirilen katılımcılar için yapılandırılmamış ve yarı yapılandırılmış görüşmeler yapılmıştır.

Tüm görüşmeler, muhatabın bir araştırmacı olması durumunda Yapı Bilgi Modellemesi'nde güncel bir araştırma ilgisine sahip profesyonellerle yüz yüze görüşmeler olmuştur. Seçilen araştırmacılar, Türkiye'de Yapı Bilgisi Modellemesi konusunda çalışan iki araştırmacıdır.

- İlk araştırmacı (Katılımcı A) Yapı Bilgi Modellemesi araştırmacısı, YBM eğitmeni ve kıdemli öğretim üyesi.
- İkinci araştırmacı (Katılımcı B) Profesör, YBM araştırmacısıdır, YBM danışmanı, hükümet destekli birçok projenin ve özel projenin akademi ve inşaat sektörüne çok şey katmıştır.
- Üçüncü araştırmacı (Katılımcı C) bir proje müdürü ve YBM danışmanıdır.
- Dördüncü ve altıncı araştırmacı (Katılımcı D ve F) Mimarlar
- Beşinci, yedinci ve sekizinci araştırmacı (Katılımcı E, G ve H), hem ulusal hem de uluslararası düzeyde farklı organizasyonlarda YBM Proje müdürleridir.

Katılımcılar bu araştırmanın temel amaçlarından biri olan son on yılda YBM tekniğinin uygulandığı inşaat projelerinin araştırılması kapsamında Türkiye'deki Yapı Bilgi Modellemesinin ilk uygulayıcıları olma şartını sağlamaları hususunda seçilmiştir.

3.2.4. Veri analizi

Mülakattan elde edilen verilerin analizi (Demografik özellikleri) basit istatistiksel yaklaşım kullanılarak yapılmıştır.

Gömülü teori metodolojisi, bölüm 3.2.2'de tartışılmış ve bu araştırmada kullanılmak üzere gerekçelendirilmiştir. Bu metodolojinin seçilmesindeki amaç; veri analizi için en iyi bilinen niteliksel teknik olarak kabul edilmiş olması ve veri analizinde, 'kodlama' yöntemi etkinliği açısından tanınmış olmasıdır. Bu araştırma verileri öncelikle, kaynak taramasından sonra var olan boşlukların, bu gerçeklerin araştırma hedeflerini karşıladığı ölçüde, gözden geçirme ile belirlenen olguları karşılaştırarak tanımlayarak analiz edilmiştir.

Çizelge 3.1. Görüşmelerden önce kaynak taramasındaki bulgular

Hedefler	Görüşmelerden önce kaynak taramasındaki bulgular.
1. YBM'yi tanımlamak ve inşaat sektörünün kullanımını benimsemek için nasıl geliştiğini gözden geçirmek.	1. Yapı Bilgi Modellemesi 3 boyutlu parametrik ve nesne tabanlı modeller kullanarak, bir yapının/tesisin yaşam döngüsü boyunca tesise ve/veya projesine ait birbiriyle uyumlu, koordineli ve ilişkili her tür bilginin oluşturulması ve kullanılması sürecidir. 2. Şu anda Türkiye'de YBM gelişme aşamasındadır. 3. İstanbul Yeni Havalimanı (İYH) projesi, MMİ endüstrisinde ve Türkiye'deki dijital yapıdaki kriterleri yönetmeye ve belirlemeye başlamıştır. 3. İstanbul Büyükşehir Belediyesi metro raylı projelerde YBM'yi kabul etmiştir ve büyük ölçekli metro hattı projelerinin bir kısmı İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından YBM yetkisi ile ihale edilmiştir.
2. Son on yılda YBM tekniğinin uygulandığı inşaat projelerini araştırmak.	1. İki kanıtlanmış Yapı Bilgi Modellemesi projesi uygulanıp olup Revit ve YBM 5 boyutlu ile kullanılmıştır.
3. YBM'nin inşaat projelerinin başarısına maliyet, zaman ve kalite açısından ne ölçüde katkıda bulunduğunu araştırmak.	1. Kabataş – Mecidiyeköy – Mahmutbey Metro Hattı projesinde %18 maliyet tasarrufu sağlanmıştır.

Bu tez çalışmasının amacına göre çizelge 3.2'deki bulguların yeterli olmadığı görülmüş ve bu nedenle mülakat soruları hazırlanarak görüşmeleri gerçekleştirmiştir.

Nitel bir araştırmanın, kategoriler ve gruplar olarak tanımlanan tipolojileri ve taksonomileri açıkça oluşturması gerekmektedir. Bu gerekliliği yerine getirebilmek için, verilerin analizinde bu araştırmada kodlama sistemi geliştirilmiştir. Bulgulardan

türetilen ve araştırmanın amaçlarına bağlı olan temalar geliştirilmiştir ve bunlar kodlama çizelgendeki bulgularını kolaylaştıran soruların yanına yerleştirilmiştir.

Çizelge 3.2. Tipolojiler ve taksonomilerle niteliksel kodlama

Araştırmanın amacı	Hedef	Temalar	Sorular
YBM'nin Türkiye'deki inşaat projelerinin proje başarısının ana kriterleri (maliyet, kalite ve zaman) açısından nasıl bir etki yarattığını araştırmak.	YBM'yi tanımlamak ve inşaat endüstrisinin kullanımını benimsemek için nasıl geliştiğini gözden geçirmek.	1. YBM: araç – süreç algılamaları 2. Yeni çalışma kültürü ve eski alışkanlıklar. 3. 2 boyutlu BDT uygulamaktadır. 4.Farkındalık yaratarak gelecek projelerde YBM'nin tam dağıtımını sağlamaktadır.	1.YBM nasıl tanımlanır? YBM bir araç mı, yoksa süreç mi? 2.YBM çalışma kültürünü nasıl etkiledi? 3. Kuruluşunuz projelerine hala 2 boyutlu BDT uyguluyor mu? Öyleyse neden? Belirtiniz! 4. Türkiye'de YBM'nin gelecekteki beklentileri nelerdir?
	2. Son on yılda YBM tekniğinin uygulandığı inşaat projelerini araştırmak.	1.Türkiye'de YBM üzerinde uygulanan proje örnekleri. 2. Revit 3 boyutlu ve çakışma tespitlemiştir. 3. Türkiye projelerinde YBM'nin artırılması ve uygulanması.	1. YBM'nin Türkiye'de uygulanan projeleri hangi projelerdir? 2. YBM, tüm inşaat projeleriniz için mi uygulanılır, yoksa uygulama sınırları var mı? 3.Şirketinizde YBM kullanım yüzdesi kaçtır?
	3.YBM'nin inşaat projelerinin başarısına maliyet, zaman ve kalite açısından ne ölçüde katkıda bulunduğunu araştırmak.	1.Giderek azalan maliyetler ve teslimat süresi. 2.Geliştirilmiş işbirliği. 3.Geliştirilmiş kalitenin belirtileri 4.YBM'nin benimseme rehberliği ve düzenleyici standartlarının eksikliği.	1.YBM'nin maliyet, zaman ve kalite üzerindeki etkilerinden bazıları nelerdir? 2.Türkiye'deki YBM'nin benimseme zorluklarından bazıları nelerdir?

3.2.5. Araştırmanın sınırlamaları

Araştırma, zorluklarla karşılaşmadan gerçekleştirilemese de, bu çalışmada, YBM'nin Türkiye'de yeni yaygınlaşmaya başlaması nedeniyle oldukça yorucu olmuştur. İlk olarak, YBM'yi benimseyip ilk kullanan ve bu alanda öncü konumundaki

firmaları tespit etmek zaman almıştır. İnternet araştırması sonucunda YBM'yi projelerine kullandığı belirlenen bazı firmalara e-posta yolu ile mesaj gönderilmiş olup, ger bildirim alınamamıştır. Bunun yanında, bazı firmaların ise şirket bilgilerini paylaşmaktan çekinmeleri nedeni ile bu gruplardan yeterince bilgi elde edilememiştir. Bu iki zorluk; firmalardan elde edilecek bilgilerin tam olarak araştırmaya yansıtalamaması nedeni ile araştırma kapsamında hedeflenen bilgiler bu firmalardan yeterince elde edilememiştir. Bunun sonucunda, elde edilen bilgiler sağlanan istatistiksel verilere yapılan referanslar haricinde, bu çalışmanın bulguları hakkındaki tartışmalar, önceki bölümde yürütülen nitel veri analizine dayanmıştır.



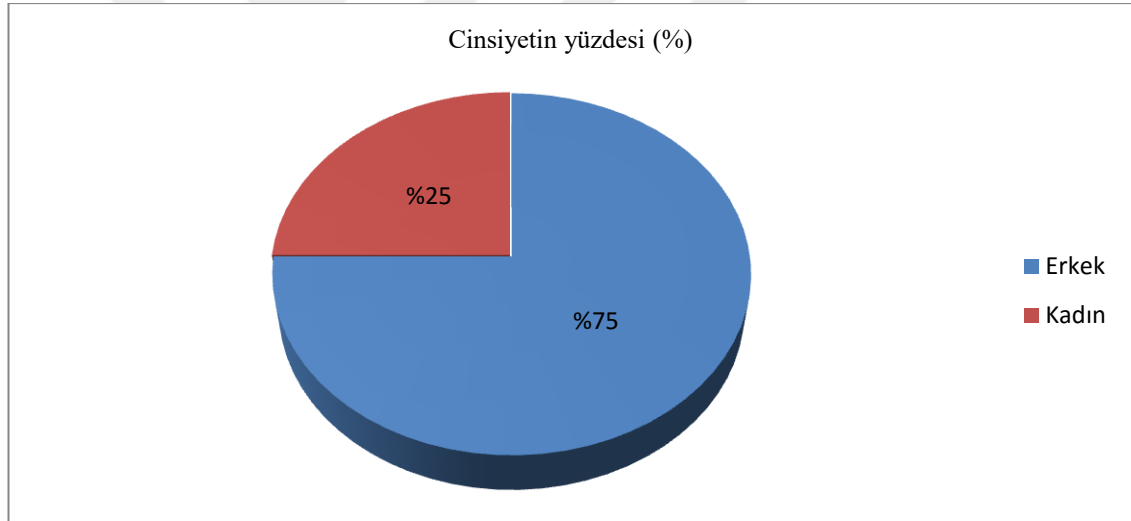
4. BULGULAR

Bu bölümde araştırma sonucu elde edilen bulgulara yer verilmiştir. Öncelikle, katılımcıların demografik bilgileri ile eğitim durumları ve profesyonel deneyimleri ile ilgili bulgular değerlendirilmiştir. Bu sayede inşaat sektöründe algılanan YBM tanımı izlenecek ve piyasada YBM'ye karşı benimsenmiş olan tavır incelenecektir. YBM'nin günümüzdeki yapım işi projelerindeki uygulamalarında hangi sıklıkta uygulandığı ile birlikte proje örnekleri ve sonunda YBM'nin Türkiye'deki inşaat projelerinin maliyet, zaman ve kalite açısından başarısına katkısı sunulmuştur.

4.1. Katılımcıların Demografik Özellikleri

4.1.1. Cinsiyet bilgileri

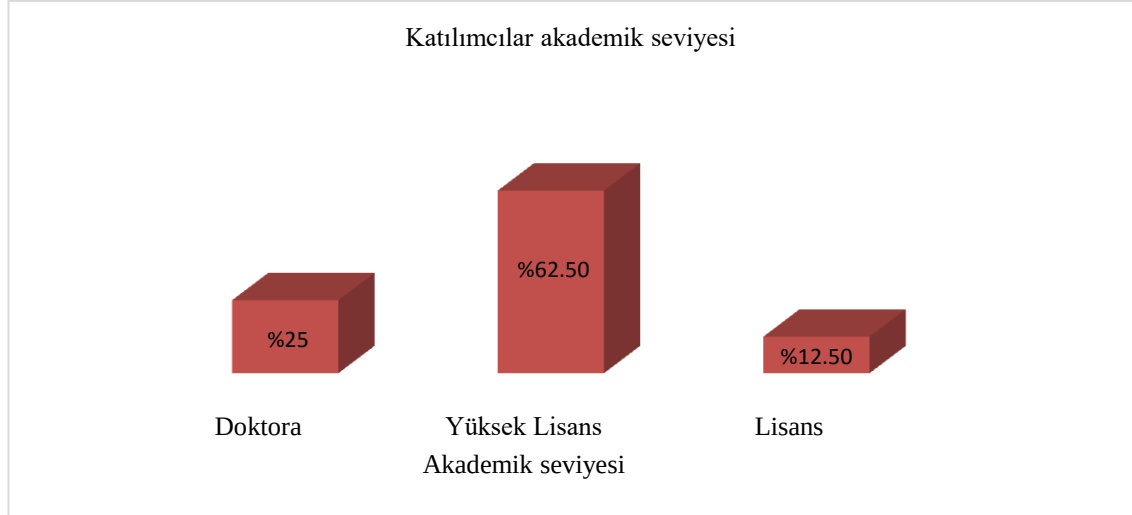
Şekil 4.1'de, Türk inşaat sektöründen araştırmaya katılan Yapı Bilgi Modellemesi uygulayıcılarının cinsiyet yüzdelerini göstermektedir. Erkek kullanıcıların oranı, görüşülen sekiz kişiden altısını %75 ile domine ederken, kadın nüfusu ise %25 oranına tekabül etmekte olup sekiz kişiden ikisini temsil etmektedir. Cinsiyet oranlarına göre YBM'nin erkek uygulayıcıları, yapılan ankette çoğunluğu oluşturmaktadırlar.



Şekil 4.1. Katılımcıları cinsiyete göre oranı

4.1.2. Katılımcıların akademik seviyesi

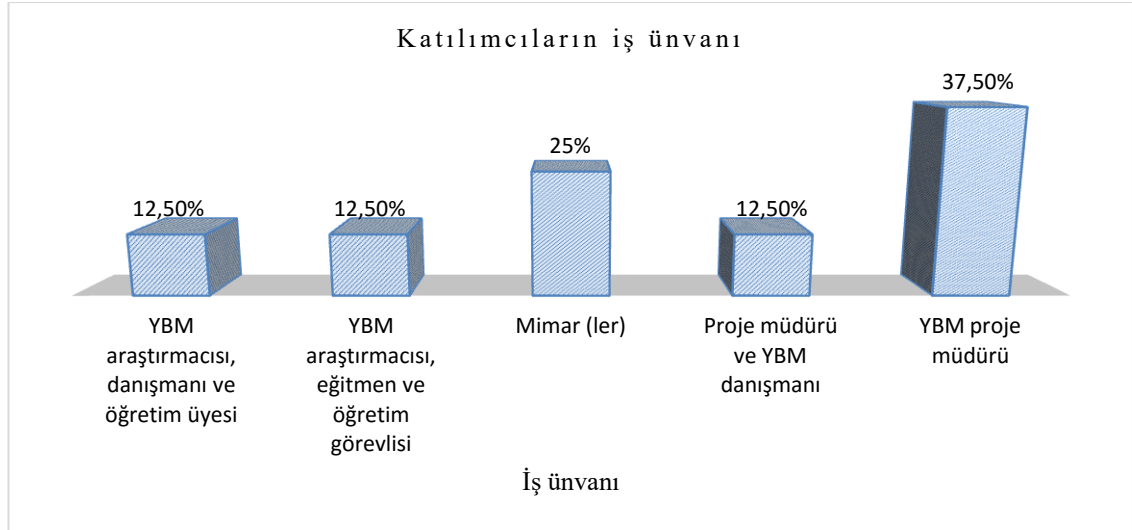
Katılımcıların akademik yeterlilik düzeyleri değerlendirilmiş ve %62.5'i temsil eden 5 katılımcının yüksek lisans ve sırasıyla %25 ve %12.5'ini temsil edenlerin, 2'si doktora ve 1 tanesinin de lisans mezunu olduğu bulunmuştur. Türk inşaat sektöründeki Yapı Bilgi Modellemesi kullanıcılarının büyük çoğunluğunun yüksek lisans diplomasına sahip olduğu, doktora ve lisans mezunları tarafından da takip edildiği söylenebilmektedir.



Şekil 4.2. YBM benimseyenlerin akademik seviyesi

4.1.3. Katılımcıların çalışma pozisyonları / iş unvanları

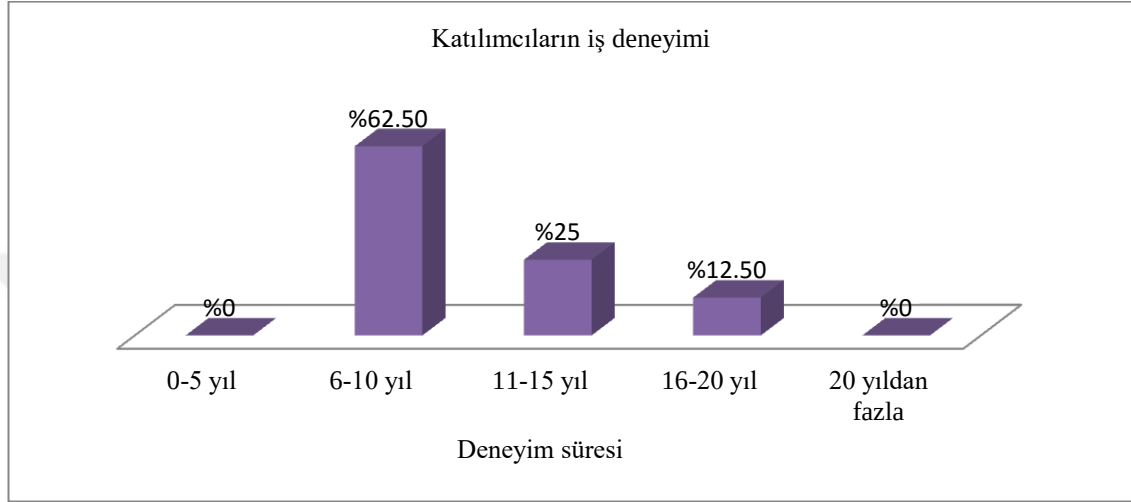
Şekilde 4.3'te gösterildiği üzere; araştırmaya katılan katılımcıların bir tanesi Yapı Bilgi Modellemesi araştırmacısı, danışmanı ve öğretim üyesi grubuna girmektedir. Katılımcılardan bir tanesi YBM araştırmacısı, eğitmen ve öğretim görevlisi grubundadır. Katılımcılardan bir diğeri ise Proje Yöneticisi ve YBM Danışmanı grubuna dâhil olmakta olup bu sayının toplam katılımcı sayısına oranı %12.5'dir. Ayrıca inşaat firmalarında profesyonel olarak çalışan ve toplama oranı %37.5 olan 3 adet YBM proje yöneticisi ve toplam sayıya oranı %25 olan 2 adet YBM mimarı bulunduğu bulgusu elde edilmiştir. Çalışmada bundan sonra yapılan analizler ve çalışmanın tartışması, bu profesyonellerle ve akademisyenlerle yapılan mülakatlardan elde edilen cevaplara dayandırılarak gerçekleştirilmektedir.



Şekil 4.3. Katılımcıların çalışma pozisyonu / (iş unvanı) görev başlığı

4.1.4. Katılımcıların iş deneyimleri

İnşaat firmalarındaki katılımcıların iş deneyimi değerlendirilmiş olup 5-10 yıl arasında iş deneyimi bulunanların bütün katılımcılara oranının %62,5; 11-15 yıl arasında deneyimi bulunanların %25 ve 15 yıldan fazla deneyimi olanların oranı %12,5 olarak elde edilmiştir. Genel itibariyle, katılımcıların çoğunun inşaat firmalarında yeterli deneyime sahip olduğu görülmektedir. Bu durum, katılımcıların mülakatlarda yer alan tüm soru maddeleri için gerekli bilgileri sağlayabileceğini göstermektedir.



Şekil 4.4. Katılımcıların iş deneyimleri

4.2. Türk İnşaat Sektöründe YBM Tanımı ve Benimsenmesi

Bu bölümde, görüşme yapılan araştırmacıların ve sektör çalışanlarının görüşleri karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. Öncelikle YBM'nin kendi alan ve organizasyonlarında nasıl tanımlandığı soruları araştırılmıştır. İkincil olarak, YBM'nin Türk inşaat sektöründe ne derece kabul gördüğü ve onu bir proje yönetim aracı olarak benimseyenlerin YBM hakkında neler düşündüğü sorgulanmıştır.

4.2.1. YBM: araç - süreç algıları

YBM'nin tanımı ve algılanması her bir katılımcı tarafından farklı şekilde yorumlanmıştır. Katılımcılardan biri (Autodesk, 2018) YBM'yi; plan, tasarım, inşa ve aynı zamanda binaları ve altyapıyı yöneten akıllı bir modele dayalı bir süreç olarak değerlendirmiştir. Ancak, YBM'nin bütüncül bir bakış açısı ile bakıldığında bir araç, süreç ve onu uygulayan kişilerin toplamı olduğunu belirtmiştir. Bu katılımcıya göre, Türkiye'de YBM'nin sadece bir modelleme aracı veya Revit isimli programın kullanılması süreci olduğu gibi düşünülen büyük bir yanlış anlaşılma vardır. YBM insanlar, süreç ve teknoloji ile ilgilidir. İnşaat sektöründe, tasarımdan işletmeye kadar, tüm yaşam döngüsü, tedarik zinciri, insanlara entegre bir süreç aracılığıyla bazı kolaylaştırıcı araçlar ve teknoloji kullanarak yeni bir çalışma yöntemidir. YBM tabanının arka planında veya deneyim seviyesinde bir yanlış anlaşılma vardır. YBM, disiplinler arası bir çalışma yaklaşımı sağlar, işbirliği ve bilgi paylaşımını mümkün kılar ve doğrusal çalışma yaklaşımı üzerinde tamamen var olmaktadır. Basit bir ifadeyle, "YBM, farklı paydaşları bir araya getiren ve sürdürülebilir sonuçlara ulaşmak için

senkronize bir şekilde çalışmalarını sağlayan inşaat yaşam döngüsüyle süreci hızlandırmak için teknolojilerin ve araçların kullanılmasıdır". Bu araştırma, ortak çalışma ve bilgi paylaşımını YBM'nin farklı algılarını bağlayan ortak bir zemin olarak ortaya koymuştur. Yapı Bilgi Modellemesinin gerçek değerinin, bir diğerinden ayrılmadan, bir aracı-süreç görünümünden türetildiği görüldüğü argümanını doğrulamaktadır. Altta yatan fikir, YBM'nin bir işbirliği aracı olarak işlevini gerçekten yerine getirmesi durumunda, işbirliğinin geniş bir tanımının standardizasyonundan başlaması gerekebilecektir.

4.2.2. YBM, Türk inşaat sektörü iş kültürünü etkisi

Türk inşaat sektöründe paradigma kaymasına ihtiyaç olduğu görülmektedir. Bu değişim gerekliliği, Türkiye'de ve dünyada inşaat sektörünün artık büyük çoğunlukla Bilgi Teknolojileri (BT) çağında olduğu içindir. Tüm katılımcılar YBM'nin inşaat sektörünün çalışma kültürünü değiştirme kapasitesine sahip olduğuna karar vermişlerdir. Katılımcılara göre, Türkiye öğrenme sürecindedir, yani benimseme aşamasındadır ve 5-10 yıllık bir zaman diliminden sonra YBM'nin çalışma kültürünün kendi firmalarını da etkileyeceğini öngörmüşlerdir. Uzmanların çoğu, kendilerini Bilgisayar Destekli Tasarım (BDT) yöneticileri olarak tanımlamıştır ve YBM'nin sistemde yeni olduğunu belirtmişlerdir.

Katılımcı B'ye göre YBM, Türk inşaat sektöründe emeklemektedir ve ne olduğu bilinmemekte ve etkin bir şekilde kullanılmamaktadır. Önümüzdeki on yıl içerisinde, YBM'nin inşaat sektöründe tam olarak benimsenmesinin gerçekleşeceği öngörülmektedir. 2 boyutlu Bilgisayar Destekli Tasarımın hala kendi organizasyonlarında tasarım için kullanılıp kullanılmadığı sorusuna tüm katılımcılar evet yanıtını vermişlerdir. Katılımcı A, bazı disiplinlerin 2 boyutluyu tercih ederken bazen başlangıç tasarımlarının 2 boyutluda hazırlandığını söylemiştir. Katılımcı A'ya göre, Türkiye'deki inşaat sektöründe çalışanların %99'unun Yapı Bilgi Modellemesi modeli yerine 2 boyutlu modeli kullandığını, bunun nedeninin ise; YBM'nin Türkiye'de hala emekleme durumunda olmasından kaynaklandığını belirtmiştir. Bu çalışmada, YBM modelleyicisi bulunmadığı, model tasarımcılarının BDT'yi yirmi yıldan fazla kullandığı belirtilmiş ve Bilgisayar Destekli Tasarım çalışmalarının yerine YBM'nin bir anda yer almasının zor ve yeni bir yol olduğu ortaya çıkmıştır.

4.2.3. Türkiye'de YBM kullanımı ve geleceği

Görüşmelerin bulguları farklı bir fikir ve beklenti çeşitliliği göstermektedir. Firmalarda YBM'nin benimsemesinin önemli ölçüde farklı seviyelerde olduğuna dair belirtiler vardır. Örneğin, F, G ve H katılımcıları YBM'nin benimsemesinin arttığını çünkü firmaların birçoğunun, Revit başta olmak üzere YBM araçlarını hali hazırda kullanmakta olduklarını belirtmiştir. Bunun yanında B ve E Katılımcıları, Türkiye Ulaştırma Bakanlığı'nın tüm metro projelerini Yapı Bilgi Modellemesi üzerinden yapılmasının gerekliliği konusunda bir talimat verildiğini eklemişlerdir. 5-10 Yıl içinde 2 boyutlu Bilgisayar Destekli Tasarımın kullanımının sektörde oluşan yenilikçi talepler ve beklentiler sonucunda yeterli olmayacağını ve 2028 yılına kadar YBM'nin kullanımının Türk inşaat sektöründe yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanacağı öngörüsünde bulunmuşlardır. Bu durum, Yapı Bilgi Modellemesi uygulamalarının hükümetin seçilmiş projelerinde ve özellikle metro projelerinde uygulanması türünden

taleplerinin bir sonucu olacaktır. Uzun vadede söylenebilir ki; Yapı Bilgi Modellemesi, YBM'nin benimsenme derecesi oldukça kolay olduğu için Türk İnşaat Sektöründe tam olarak benimsenecektir.

Katılımcı B; yalnızca Türkiye için değil, küresel çapta tüm inşaat sektörlerinin, şirketlerin personel tabanı arasında YBM becerilerine yardımcı olacak kapasiteyi oluşturması gerektiğini ifade etmiştir. Yapı Bilgi Modellemesi kapasitesine sahip olan herkes sektörde daha güvenilir bir konum elde edecek ve YBM uygulama kapasitesine sahip olmayanlar ise gelişen teknoloji ile asgari yeterlilik seviyesi sürekli değişen rekabet ortamında büyük oranda eleneceklerdir. Türk inşaat sektörü dünya ile rekabet etmek istiyorsa, YBM kapasitesine sahip olmalıdır. Sektörün yanı sıra, ilgili kamu kurumlarının da bu konuda önlmeler alması gerekmektedir. Katılımcı A, YBM'nin büyük ölçekte yaygınlaşacağını iddia etmiş ve kamuya ait yapım işi projelerinde kullanımının zorunlu olacağı öngörüsünde bulunmuştur. Sonuç olarak, YBM'nin Türk inşaat firmaları tarafından kabulünde zorlukların olduğu bilinmesine rağmen, inşaat projeleri için YBM'yi kullanmanın öngörülen birçok faydası da mevcuttur.

4.2.4. YBM'nin Türkiye'deki projelerde benimsenmesi ve uygulanması

Türk inşaat sektörünün YBM'yi benimseme kapasitesinin, Birleşik Krallık ve Amerika Birleşik Devletleri ile karşılaştırıldığında oldukça geride kaldığı görülmektedir. Bu duruma katılımcıların verdiği cevaplar arasındaki ortak gerekçelerden bazıları şunlardır:

1. YBM'yi benimseme rehberliği yoktur.
2. YBM'nin benimsenmesinin önündeki en büyük engel kültürel değişim ve insanların dönüşümüdür.
3. İnşaat sektöründe yeni olduğundan dolayı faydalarını saymak zordur.
4. Devlet desteği eksiktir.
5. İnsanlar değişmek istememektedir.
6. Liderlik eksikliği vardır.
7. Tedarik zinciri ve entegre bir süreci yürütmek için yasal standartlar yoktur.
8. Yapı Bilgi Modellemesi tarzında çalışabilecek az sayıda kişi vardır (YBM kapasitesinin ve yetenekli insanların eksikliği).
9. YBM standartları yok, herkes kendi YBM'sini yapmaktadır.
10. İnşaat sektöründeki YBM uzmanlarının seviyesi düşüktür.

Proje müdürü ve aynı zamanda bir Yapı Bilgi Modellemesi danışmanı olan katılımcı, şirketin yönetim müdürünün, projenin YBM süreci nedeniyle gecikmesinden ötürü meydana gelen memnuniyetsizliğini açıklamıştır. Belki de YBM'nin etkisini henüz fark etmemiş. Türkiye'de Yapı Bilgi Modellemesi kullanımının genel yüzdesi, bir YBM eğitmeni olarak bir öğretim görevlisi ve iki katına çıkmış bir Katılımcı A tarafından belirtilmiş ve bir araştırma, Türkiye'de YBM kullanımının sınırlı olduğunu, ancak bu araştırma sırasında yaklaşık %5 olduğunu göstermiştir. Katılımcı C, projelerinin %70'inin YBM uygulamaları tarafından yürütüldüğünü söylemiştir.

4.3. Türkiye'de YBM Uygulanan Projeler

Geçtiğimiz on yıl boyunca, Türk inşaatında YBM'nin hayata geçirdiği projelerin ana örnekleri Çizelge 4.1'de gösterilmiştir. Bu araştırmanın amaçlarından biri, son on yılda yapılmış olan projelerde YBM'nin kullanım seviyesini araştırmak olup, yüz yüze görüşmeye katılanların verdikleri cevaplara göre YBM'nin aktif olarak hangi seviyede kullanıldığı araştırılmış ve sonuçlar aşağıda gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Türkiye'de YBM uygulanan proje örnekleri

Projenin adı	Proje tipi
1. İstanbul Yeni Havalimanı (İYH)	Havaliman projesi
2. Kabataş – Mecidiyeköy – Mahmutbey Metro Hattı	Metro projesi
3. Emaar Square	Alışveriş merkezi
4. Finanskent	Konut projesi
5. İş GYO Kartal Manzara Adalar	Konut projesi
6. AND Pastel konut projesi	Konut projesi
7. Darıca-Gebze Metro Hattı Projesi	Metro projesi
8. Ankara Etlik Entegre Sağlık Kampüsü	Hastane projesi
9. Garanti Bankası Pendik Teknoloji Kampüsü ve Forum Adana	Ticari projesi
10. Antalya Yöresel Ürünler Pazarı	Ticari projesi
11. Türkiye'deki Dünya Ticaret Merkezi	Ticari projesi

Yapılan bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre; YBM, Türk İnşaat sektöründe yeni olduğu için, profesyonellerin iş sistemini anlamasını sağlamak zordur. Çünkü inşaat sektöründe çalışanların kullandıkları geleneksel yöntemlere alışkın olup, yeni teknolojilere adapte olmaları ve benimsemeleri konusunda direnç gösterdikleri gözlemlenmiştir.

5. TARTIŞMA

Bu çalışmada elde edilen bulgular dikkate alındığında, Yapı Bilgi Modellemesinin projenin başarısı üzerindeki etkisini çalışmanın nihai hedefi olarak maliyet, kalite ve zaman açısından araştırmak daha tutarlı olacaktır. Bunu yapabilmek için, YBM'nin proje maliyetine, yapım süresine ve işbirliği üzerindeki etkisinin araştırılması ve tüm parametrelerin analize dahil edilmesi gerekecektir. Ayrıca YBM'nin kalite iyileştirmeleri açısından tartışılması gerekliliği de büyük öneme sahiptir.

5.1. YBM'nin Proje Başarısına Etkisi

Bu araştırmanın ikinci bölümünde proje başarısı ile ilgili çeşitli argümanlar dikkate alınmıştır. Bu nedenle YBM'nin maliyet, zaman ve kalite üzerindeki etkileri bu bölümde ele alınacaktır.

5.1.1. YBM'nin maliyet ve zaman üzerindeki etkisi

Katılımcıların YBM'nin proje ve araştırmalarına etkisi üzerine verdikleri mülakatlardan elde edilen bulgulara göre 8 katılımcıdan 2'si Türk inşaat sektöründe başarının nitelikten çok niceliğe dayandığını belirtmiştir. Ancak YBM eğitmeni ve öğretim görevlisi olan bu katılımcılardan biri, YBM'nin meydana gelebilecek riskleri azalttığını belirtmiştir. Proje müdürü ve aynı zamanda bir YBM danışmanı olan katılımcı, şirketin yönetim müdürünün, projenin YBM süreci nedeniyle gecikmesinden ötürü meydana gelen memnuniyetsizliğini açıklamıştır. Belki de YBM'nin etkisini henüz fark etmemiştir. Utio (2010) çalışmasında, İngiltere'de YBM'nin ilk uygulayıcılarından biri olan bir katılımcının, YBM aracılığıyla, proje yürütme yoluyla firmaya tahakkuk ettirilebilecek somut bir fayda göremediğini; YBM, proje maliyetini ve teslim süresini önemli ölçüde etkilemiş ve bunu örgütsel liderliğe bağlamıştır.

Diğer katılımcılar YBM'nin proje maliyet ve teslim süresini önemli ölçüde etkilediğini belirtmiştir. Katılımcı (B), zaman açısından yaklaşık %15 tasarruf yapıldığını belirtmiştir. Ayrıca, projenin zamanında teslim edilmesi ve sınırlı bütçenin kaydedilmesi, havalimanının geliştirilmesine bakılması ve yaşam döngüsüne bağlı YBM'yi kullanan geçmiş projelere göre karşılaştırılması, zaman ve maliyet tasarrufu gibi büyük faydalar sağlamaktadır. Havalimanlarının geçmiş projelerine baktığımızda, YBM'nin inşaattan, operasyonlara kadar doğru beceriler ve insanların pozitif gelişiminden yararlandığı büyük bir tasarruf, havalimanını işletmek için hızlı bir Yatırım Getirisi sağlamaktadır. Bu etkiler, Tüzüm Autodesk Türkiye müdürü olduğunu belirterek, “YBM sistemine dönüşü yaparak, inşaat şantiyelerindeki malzemelerde %41'lik bir azalma ve %23'lük bir maliyet düşüşü elde edildiğini belirtmiştir. Projelerdeki süre %19 azaltılmıştır” (Sarı 2016).

Buna ek olarak, Yapı Bilgi Modellemesi proje maliyetlerini ciddi anlamda azaltmaktadır. İnşaat sektörü mevcut durumda ortalama %13 sapması ile projeleri tamamlamaktadır. Yapı Bilgi Modellemesi kullanılan projelerde bu oran yaklaşık %3-3,5 arasında olup, çok kaba bir hesaplama %10'luk bir kazanç sağlamaktadır. Bu durumda şöyle bir soru oluşabilir: Yapı Bilgi Modellemesinin kullanımının da proje maliyetini arttırma ihtimali var mıdır? Evet onun maliyeti de %3 yani her durumda size net %7'lik

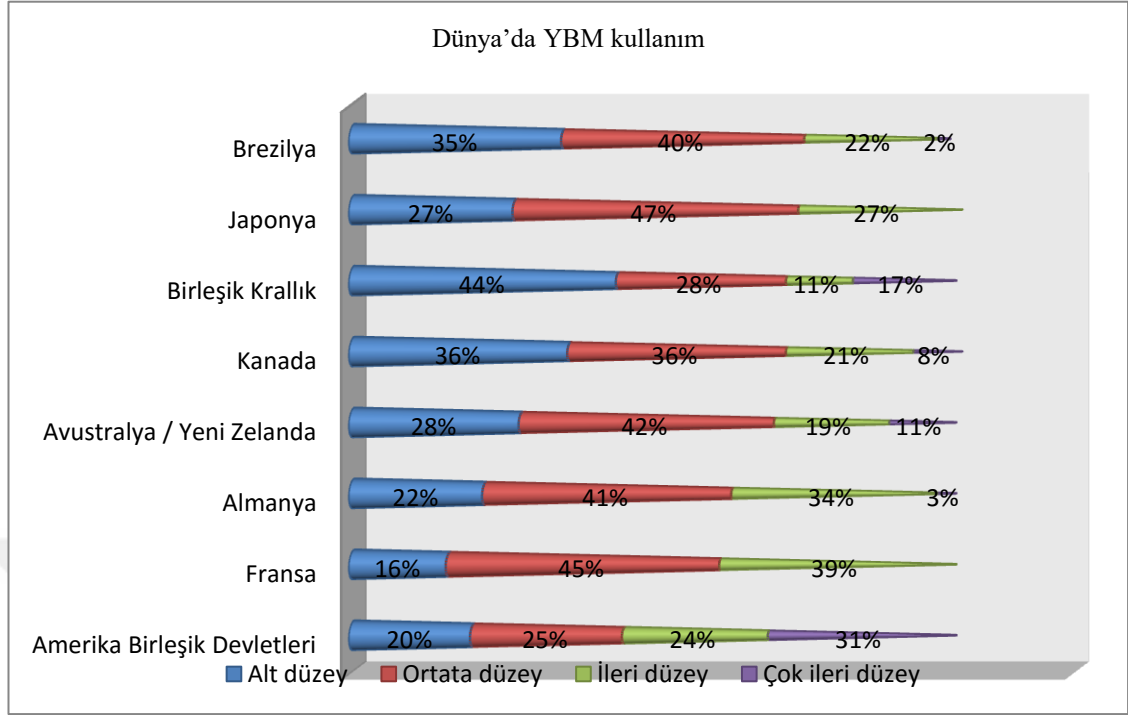
bir kazanç sağlayacaktır. YBM programlarından birinin Türkiye satış müdürünün bir açıklamasına göre Yapı Bilgi Modellemesi ile Türkiye’de proje yapan firmalar %7,5 oranında kazanç sağlamaktadır ve bu oldukça iyi bir rakam olup YBM’ye harcanan paranın neredeyse 3 katıdır. Yapılan bir araştırmaya göre; Türkiye’de inşaat firmalarının verimi YBM kullanımı ile % 40 oranında arttığı belirtilmiştir (Korkmaz 2018).

YBM’ye ait en ilginç başarı öyküleri katılımcıların mülakatta verdikleri cevaplar sonucu ortaya çıkmıştır. Yapı Bilgi Modellemesi uygulaması nedeniyle rapor hazırlamada harcanan zamanda azalma ve çıktı raporu elde etme maliyetinde düşüş olduğu söylenmiştir. Buna ek olarak, Katılımcı E’nin hazırladığı son projeye göre elde edilen veriler ışığında projenin toplam maliyetinde %5 ile %10 arasında azalma olduğu gözlemlenmiştir. Yine elde edilen verilere göre, projeye harcanan toplam zamanda % 20 ile % 25 oranında bir tasarruf sağlandığı görülmüştür. Bu sonuç, YBM’nin Türkiye’de hala öğrenme aşaması olduğu etkilerinin sürdüğünün kayda değer bir kanıtıdır. Bu etkiler, Suremann ve Issa’ca (2007)’e göre, YBM’nin zaman içinde tamamlanma oranındaki Anahtar Performans Göstergeleri üzerindeki faydalarının %90 ve toplam maliyetin % 84 oranında olduğunu teyit etmektedir.

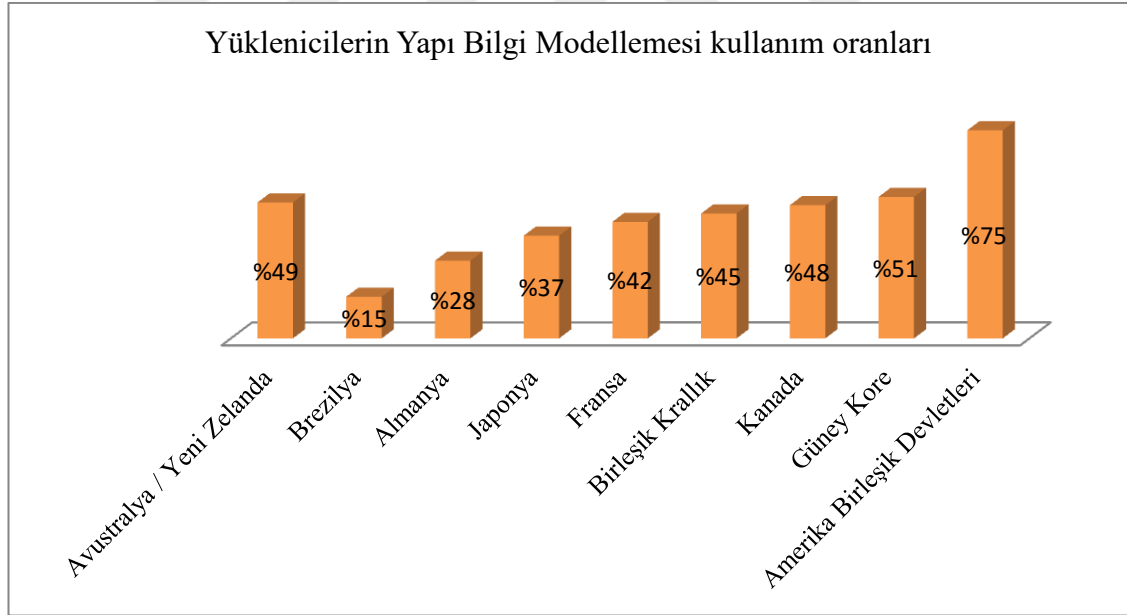
5.1.2. Günümüzde yapı bilgi modellemesi kullanımı

2014 yılında hazırlanan güncel McGraw Hill raporuna göre dünyada YBM kullanımı ciddi seviyelere ulaşmıştır (Şekil: 5.1). En fazla kullanım; projelerin %75’i ile ABD’de ölçülürken, İngiltere, Fransa ve Avustralya’da ise %50’ler mertebesine ulaşmış gözükmemektedir (McGraw Hill, 2014). Ayrıca, Şekil 5.1’de de yüklenicilerin Yapı Bilgi Modellemesi kullanma ve uygulanma oranlarına bakıldığında çarpıcı sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Araştırma yapılan hemen hemen tüm ülkelerde, yüklenicilerin orta ve ileri seviyelerde Yapı Bilgi Modellemesi kullanımı % 50’den fazla olarak ölçülmüş ve rapor edilmiştir. ABD’de bu oran % 80, Fransa’da % 84, Almanya’da %78, İngiltere’de ise %56’dır.

Katılımcı B, Türk inşaat sektöründeki çalışanların %99’unun YBM modeli yerine klasik 2 boyutlu sistemi kullandığını, çünkü YBM’nin Türkiye’de henüz hak ettiği rağbeti görmediği bir durumda olduğunu belirtmiş ancak buna karşın Türkiye Ulaştırma Bakanlığı’nın tüm metro projelerini YBM üzerinden yönetilmesi talimatını verdiğini de eklemiştir. 5-10 Yıl içerisinde, artık 2 boyutlu Bilgisayar Destekli Tasarım kullanımının artık etkili olmayacağını ve 2028 yılına kadar YBM’nin kullanımının Türk inşaat sektörünü domine edeceği öngörüsünde bulunmuşlardır. Bu, Yapı Bilgi Modellemesi uygulamalarının kamuya ait seçilmiş projelerde ve özellikle metro projelerinde uygulanması talebinin bir sonucudur. Uzun vadede, Yapı Bilgi Modellemesi sistemi, YBM’nin benimseme seviyesi düşük olduğu için Türk İnşaat Sektöründe tam olarak benimsenecektir.



Şekil 5.1. a) Dünya’da YBM kullanım oranları (McGraw Hill 2014)



Şekil 5.2. b) Ülkelere göre yüklenicilerin YBM kullanım oranları (McGraw Hill 2014)

5.1.3. Dünya’dan YBM örnekleri

Dünya genelinde Yapı Bilgi Modellemesi kullanılan 30’dan fazla proje incelenmiş, analiz edilmiş ve sonuçları raporlanmıştır. Eastman v.d, 2011 tarafından yazılan YBM Handbook kitabında bu projelerden 10 tanesi detaylı analiz edilmiş ve YBM’nin etkileri analitik olarak değerlendirilmiştir. Dahası McGraw Hill 2008-2009-

2012 raporlarında da Yapı Bilgi Modellemesi kullanılan birçok projenin detaylarından bahsedilmiştir. Bryde ve arkadaşlarının 2013 yılındaki makalesinde Avrupa ve ABD ülkelerinde olmak üzere büyük çaplı projelerde Yapı Bilgi Modellemesi kullanıldığı tespit edilmiş ve bu projelerdeki Yapı Bilgi Modellemesi kullanım düzeyleri araştırılmıştır. Bunların içinde 380 000 m²’ lik inşaat alanı ve 1 milyar \$’ı aşan maliyetiyle Shanghai Tower projesi en önemli proje olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca Atlanta’daki 45 000 m² inşaat alanına sahip Hilton Aquarium projesi, proje paydaşlarının ortak çalışabilmesi için Archicad ve Navisworks gibi Yapı Bilgi Modellemesi programları kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 5.1. YBM açısından incelenen 10 projenin envanteri (Akkoyunlu 2015)

Proje Adı	Yer	YBM Kullanım Amaç ve Süreçleri
100 11th Avenue	New York	Taşıyıcı duvarların karmaşık tasarımı, analizi ve üretimi
One Island East Office Tower	Hong Kong	İşveren tarafından tasarımın yönetilmesi, ihaleye çıkılması ve inşaat programı için
Marriott Hotel Renovation	Portland, Oregon	Leed sertifikası için yeniden tasarım yapılması
Crussel Bridge	Helsinki, Finland	Sıra dışı tasarımı olan köprü için imalat ve inşaat aşamalarının gerçekleştirilmesi
Maryland General Hospital	Baltimore, Maryland	İşletme yönetimini de kapsayacak şekilde inşaat ve teslim aşamalarının gerçekleştirilmesi
Aviva Stadium	Dublin	Sıra dışı tasarımı olan cephe için parametrik tasarım yapılması
Sutter Medical Center	Castro Valey	Yenilikçi IPD (tümleşik proje teslimi) için belirlenen hedeflere ulaşabilmek.
Coast Guard Facility Planning	Multiple loc.	Olası vaka senaryolarının simülasyonu ve işletme yönetimi
Music Center	Helsinki, Finland	Çevresel etkileşimin değerlendirilmesi ve sürdürülebilir yapı tasarımı
Hillwood Commercial Project	Texas	Fizibilite analizi ve konsept maliyet tahmini yapılması

Burada incelenen 10 büyük projenin Yapı Bilgi Modellemesi ile ilgili hangi aşamalarda kullanıldığı da Çizelge 3.8’de gösterilmiştir. Bu projeler sayesinde Yapı Bilgi Modellemesinin inşaat projelerine sağladığı faydaların yanında Yapı Bilgi Modellemesinin firmalarda doğru uygulanması için gerekli olan yöntemler de belirlenebilir. Rapor edilen bazı projelerde YBM uygulaması gerektiği ölçüde başarılı olamamaktadır. Bu türden sorunlar Yapı Bilgi Modellemesi teknolojisinin yetersizliği nedeniyle ortaya çıkmamıştır, Yapı Bilgi Modellemesinin doğru anlaşılmayıp eksik bir şekilde uygulanmasıyla ilgilidir.

Yapı Bilgi Modellemesi El Kitabında 3. sırada verilen Sutter Medical Center, Castro Valley (California) projesi McGraw Hill 2008 YBM raporunda da ayrıntısıyla gösterilmiştir. Castro Vadisinde bulunan 55 senelik Eden Sağlık Merkezi Kaliforniya Eyaleti'nin mecbur tuttuğu deprem yönetmeliğine uygun olarak yeniden yapılması gerekmiştir. Fizibilite raporlarına göre sağlık merkezinin yalnızca projesinin yapılması geleneksel yöntemlerle 7 yıla yakın bir zaman alıyordu; oysa projenin teslim süresinin yalnızca 5 sene olduğu belirtilmiştir. Proje 11 farklı proje paydaşı tarafından bütüncül proje teslim yaklaşımı benimsenerek gerçekleştirilmiştir. Bu bütüncül proje teslim yaklaşımına göre oluşturulan şartname, projenin zamanında ve öngörülen bütçede gerçekleştirilmesini sağlamıştır.

5.1.4. Takım çalışmasını geliştirme

YBM takım çalışması gerektiren bir araçtır. Katılımcılar YBM'nin iletişim üzerindeki etkisinin çok büyük olduğunu söylemiştir. Katılımcı G; maliyetin, zamanın ve kalitenin, başarı için çok büyük önem taşımasından dolayı, YBM'nin taşeronları kontrol ettiğini ve herhangi bir öngörülemeyen maliyet aşımını ortadan kaldırdığını, sahadaki atıkları azalttığını belirtmiştir. Her gün sahada çalışan yaklaşık 30,000 kişinin kontrol edilmesi için iletişimin bir anahtar olduğunu söylemiştir. Ana modeli inceleyerek, tüm taraflar birbirlerinin sorunlarını görebilirler; çatışan elemanlar; hatalı veya eksik tasarım öğeleri; koordinasyon ve kurulum için kritik bölgeleri belirleyebilirler. Böylesine geniş bir sahada, her yerde ve her zaman tüm verilere ve gerekli bilgilere kolay erişim, her şeyi yolunda tutmak, çok sayıda proje yöneticisi ve çalışanı ile karmaşık takım çalışmasını gerçekten kolaylaştırmak için kritik öneme sahiptir.

MTMD (Mekanik Tesisat Mühendisleri Derneği)'nin düzenlediği “BIM Uygulamalarının Dünyada ve Ülkemizde Gelmiş Olduğu Aşama, BIM & MEP İlişkisinin İrdelenmesi Paneli” rapora göre, İstanbul EMAAR projesinde 3 boyutlu model, renkli 3 boyutlu çizimler, kalite güvence ve kalite kontrol listelerini tüm ekiple paylaşmak için saha mühendisleri ve şefleri tarafından 150'den fazla tablet aktif olarak kullanılmıştır. Kalite güvence ve kalite kontrol listeleri, üstyapı, altyapı, özel havalimanı sistemleri ve MET-Bilgi Teknolojisi dahil olmak üzere tüm farklı disiplinlere uygulanır. “YBM'yi bulutta kullanmak, proje verimliliği üzerinde büyük bir etkiye sahiptir”. “İnşaat ekibi, inşaat başlamadan önce bile, tamamen doğru bir modelle hazır bulunmaktadırlar. YBM'de, yalnızca sağladığı teknolojik avantajlar nedeniyle değil, insanları sanal bir takım çalışması ortamında bir araya getirdiği için de başarıya ulaştığı bilmek çok önemlidir.” İmalat süreci boyunca, tüm disiplinlerde toplam 750'nin üzerinde iş emri yayınlanmış ve revizyonlar sonucu 1312 adet farklı bölgede 2464 adet uygulama projesi onaya sunulmuştur. Bu süreçte; 5 ayrı firmadan toplam 29 mühendis ve tekniker ile modelleme ve koordinasyon yapılmıştır. Model üzerinden 2 boyuta aktarılacak oluşturulan uygulama çizimleri onaya sunulmuştur (Çetin 2016).

Firmalardaki işbirliklerinin başarılı olması için yeterli kanıt mevcuttur. Firmalar arasında bir Yapı Bilgi Modellemesi işbirliğinin olup olmadığı sorulduğunda ise alınan cevap, tüm firmaların benimseme aşamasında olduğu ve firmaya ait bilgileri paylaşmak istemedikleri için işbirliği yapmak istememeleridir. Araştırmanın yapıldığı zaman boyunca örgütler arası işbirliğinin bir kaydı da yoktur. YBM'nin Türkiye'de kalmaya

devam etmesi durumunda yakın gelecekte örgütler arası işbirliğinin mümkün olup olmadığı da net değildir.

5.1.5. Kalite üzerinde YBM'nin etkisi

Proje üzerindeki çakışmaların tespiti, kaliteyi iyileştirdiği için kalite kontrol sürecinin önemli bir parçasıdır. Kalite açısından, bir katılımcı (Katılımcı F) paydaşlardan ve müşterilerden büyük bir itibar elde edilmesini talep etmiş, %0 ölümcül kaza ve kalıcı sonuçlara yol açmayan yaralanma, Kalite Kontrol Mühendisleri tarafından harcanan zaman açısından büyük verimlilik elde edilmiş, rapor hazırlamada, zaman ve doküman masraflarındaki harcamalardan tasarruf sağlanmıştır.

Suermann ve Issa (2007) tarafından yapılan bir araştırmada, Amerika Birleşik Devletleri'nde anketi yanıtlayanlardan, Anahtar Performans Göstergesinin (APG) ne olduğu irdelendiğinde bu göstergenin ankete verilen yanıtlara göre elde edilen sonucun kalite olduğu ortaya çıkmış ve birinci sırada yer almıştır. Benzer bir araştırmanın da İngiltere'de inşaat firmaları için yapılmış olduğu; tasarım maliyetlerinde % 40'a varan bir tasarruf sağlandığı ve projelerin uygulamalarında verimliliğin arttığı ortaya çıktığı vurgulanmıştır. Ayrıca; yapılan bu çalışmada, daha düşük maliyetle iş kalitesindeki gelişmelerin ve söz konusu projelerin zamanında teslimatın göz önünde bulundurulmasıyla, YBM'nin başarılı bir proje uygulaması olmasının benimsenmesi gerektiği açıklanmıştır.

Bu bölüm, YBM'nin Türkiye'deki inşaat projelerinin başarısına, katılımcılardan elde edilen bulgular açısından maliyet, zaman ve kaliteye ne ölçüde katkıda bulunduğunu değerlendirmiştir. Katılanlardan YBM'nin, Türk İnşaat Sektöründeki inşaat projelerini zaman, maliyet ve kalite Anahtar Performans Gösterileri açısından etkilediğini teyit eden yeterli sayıda veri bulunmaktadır.

6. SONUÇLAR

Bu araştırma, Türkiye'deki inşaat projelerinin proje teslimine ilişkin Yapı Bilgi Modellemesi (YBM) projesinin, proje başarısının temel kriterleri, maliyet, zaman ve kalite açısından araştırılmasını incelemiştir. Bu araştırmanın hedeflerinden biri olarak, YBM'nin inşaat sektöründe kabul görme sürecinde nasıl geliştiği incelenmiştir. Katılımcıların yanıtlarına dayanarak, YBM'nin çeşitli tanımları, YBM'yi deneyimleme ve anlama düzeyine göre verilmiştir. Türkiye'de genellikle, YBM'nin sadece modelleme ve Revit ile 3 boyutlu çizim amaçlı kullanıldığı düşünülmüş, YBM'nin esas işlevlerinin dikkate alınmaması, önemli bir sorun olarak ortaya çıkmıştır. Çünkü YBM evrensel bakış açısı itibarıyla; sürdürülebilir sonuçlara ulaşmak için farklı paydaşları bir araya getiren inşaat yaşam döngüsü sürecini düzene sokmak ve eşit bir şekilde çalışmasını sağlamak için teknoloji ve araç kullanımı olarak tanımlanmaktadır.

Ayrıca bu araştırmanın hedeflerinden bir diğeri de, son on yılda YBM tekniğinin uygulandığı inşaat projelerini araştırmaktır. Metro projelerinde YBM'nin kullanımının zorunlu olması nedeni ile ulaşım ile ilgili Türkiye'deki büyük projelerde uygulanmıştır. Ankara Etlik Sağlık Kampüsü, İş GYO Kartal Manzara, AND Pastel, EMAAR Square, Finanskent gibi projelerin de yer aldığı İstanbul Yeni Havalimanı (İYH), YBM üzerinden yürütülen mega projelerdir.

Son olarak, bu tez çalışmasının bir diğer hedefi ise, YBM'nin Türkiye'deki inşaat projelerinin başarısına, maliyet, zaman ve kalite açısından ne ölçüde katkıda bulunduğunu araştırmaktır. İki katılımcı, YBM'nin başarısının ölçülmesinin zor olduğunu belirtmiştir. YBM'yi işleten firmaların çoğu, öğrenme aşamasında olduğundan ve yönetim YBM'nin süreçleri nedeniyle projelerinin geciktiğini düşünmektedir. YBM de belli bir standart olmadığı için, çeşitli kuruluşların YBM'yi kendi yöntemleriyle uygulama fırsatı oluşmuştur. Bir katılımcı, %10 maliyet tasarrufu sağladığını ve müşterinin önemli süre tasarrufu nedeniyle erken kar elde edeceğini belirtmiştir. Nitelik açısından paydaşlardan ve müşterilerden büyük bir itibar elde edilmiş, %0 ölümcül kaza ve kalıcı yaralanmalara yol açmadan, kalite kontrol mühendisleri tarafından harcanan süre açısından büyük verimlilik sağlanmış, rapor hazırlamada harcanan zamandan ve doküman çıktı maliyetinden tasarruf sağlanmıştır.

Araştırma, sözleşme yönetimi ve şartnamenin işveren veya kamu tarafından zorunlu tutulmadığı ve tüm paydaşların aynı standartta sisteme dahil edilmemesi gerekmedikçe YBM'nin kabul edilmesinin zor olduğunu ortaya koymuştur. Düzenleyici standartlar ya da tedarik zinciri için bütünleşik bir süreç yürütmeye uygun yasal zemin olmasına rağmen, hükümet desteği eksikliği, lider eksikliği ve bunun yanında insanların eğitim seviyesinin yetersizliğinden dolayı insanlar bu değişimi benimsemeye istekli değildir. Türk inşaat sektöründeki çalışanların yaklaşık %99'u YBM modelleri yerine 2 boyutlu uygulamalar kullanmaktadır; çünkü YBM Türkiye'de henüz hak ettiği rağbeti görmemektedir. İnşaat sektörünün çalışma kültürünün yenilikler için değişmesi durumunda firmaların YBM'nin önemli etkilerinden faydalanacağı sonucuna varılmıştır. Son olarak, sözleşme yönetimi ve şartnamelerin işveren veya kamu tarafından zorunlu hale getirilmesi ve tüm paydaşların aynı standartta sisteme dahil edilmesi tavsiye edilmektedir. Ayrıca, Türkiye'deki üniversitelerdeki mimarlık ve mühendislik fakülteleri, Yapı Bilgi Modellemesinin kullanımını teşvik etmek için YBM ile ilgili derslerin açılması hem sektöre hem de akademiye büyük fayda sağlayacaktır.

7. KAYNAKLAR

- Aconex Field, 2017. Ankara Etlik Integrated Health Campus Project. Aconex interview with Astaldi-Türkerler Joint Venture QHSE Team in Ankara Etlik Integrated Health Campus Project. <https://www.youtube.com/watch?v=3AFVpWe2Ojs>.
- Ahmad, J. and Julien, L. 2015. An Integrated BIM System to Track the Time and Cost of Construction Projects: A Case Study. *Journal of Construction Engineering*, Volume 2015, p. 10.
- Akkaya, D. 2012. İnşaat Sektöründe Yapı Bilgi Modellemesi Hakkında İnceleme, Yüksek Lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 135 s.
- Akkoyunlu, T., 2015. Kentsel dönüşüm projeleri için YBM uygulama planı önerisi İstanbul Teknik Üniversitesi. Doktora tezi, İstanbul, 210 s.
- Alabdulqader, A. Panuwatwanich, K. and Doh, J.H. 2014. Current use of building information modelling within Australian AEC Industry. Proceedings of the 13th East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering and Construction, Sapporo, Japan.
- Aladağ, H., Demirdögen, G. and Isık, Z. 2016. Building Information Modeling (BIM) Use in Turkish Construction Industry. *Procedia Engineering*, (161)174 – 179.
- Autodesk 2016. IGA builds the world's largest airport from scratch with BIM. Online. <https://www.autodesk.com/solutions/bim/hub/iga-istanbul-grand-airport>.
- Autodesk, 2007. Five fallacies of BIM. online. http://dynamic.ziftsolutions.com/clients/autodesk/assets/emea/whitepapers/The_Five_Fallacies_of_BIM.pdf.
- Autodesk, 2007. Transitioning to BIM. online. www.autodesk.com/revit.
- Autodesk, 2017. What is BIM? online <https://www.autodesk.com/solutions/bim>.
- Azhar, S et al. (2012) 'Building information modeling (BIM): now and beyond', *Australasian Journal of Construction Economics and Building*, 12 (4) 15-28.
- Azhar, S. 2011. Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. *Leadership and Management in Engineering*, 11(3): 241-252.
- Baker, C., Beliveau, A. Nica, S. and Williams, M. 2012. Construction Management through Five-Dimensional Building Information Modeling with Alternative Design Considerations. Bachelor of Science Thesis. Worcester Polytechnic Institute, Worcester, 196 p.
- Barlish, K. and Sullivan, K. 2012. How to measure the benefits of BIM—a case study approach. *Automation in Construction*, vol. 24, 149–159.
- Beveridge, S. 2012. Best Practices Using Building Information Modeling in Commercial Construction, Master thesis. Brigham Young University, Provo, 125 p.
- BSI, 2015. Building Information Modelling and collaborative construction. BSI Report, UK.

- Buildingsmart, 2010. About the national BIM standard. [online] Building Smart Alliance. Available from: <http://www.buildingsmartalliance.org/index.php/nbims/about/>.
- Camps, H. 2008 'BIM, Education and the Global Economy', *Journal of Building Information Modeling*, pp. 33–37.
- Cao, D., Li, H., Wang G. and Huang, T. 2017. Identifying and contextualising the motivations for BIM implementation in construction projects: An empirical study in China. *International Journal of Project Management*, (35) 658–669.
- Clevenger, C., Ozbek, M., Mahmoud, H. and Fanning, B. 2014. Impacts and Benefits of Implementing Building Information Modeling on Bridge Infrastructure Projects. Master's thesis. Colorado State University, Colorado, 54 p.
- Çetin, C., 2016. MTMD'den, "dünyada ve ülkemizde bim uygulamalarının gelmiş olduğu aşama" paneli. Mekanik Tesisat Mühendisleri Derneği. online. http://www.tesisat.com.tr/yayin/238/mtmdden-dunyada-ve-ulkemizde-bim-uygulamalarinin-gelmis-oldugu-asama-paneli_7401.html#.W8BZ6BP7TPB.
- Davidson, A.R., 2009. A study of the deployment and impact of building information modelling software in the construction industry. [online] <https://pdfs.semanticscholar.org/332d/4d6d0ea45ed44c9669ba3419a5b9cc27d8af.pdf>.
- Davis, D. 2007. Lean, Green and Seen. Journal of Building Information Technology Related to Design -A Case for Architectural Schools in Malaysia. PhD Thesis. School of Architectural Studies, University of Sheffield, Sheffield, 185 p.
- Dimyadi, J.A.W., 2007. Generating FDS Fire Simulation Input using FC based Building Information Model. Fire Engineering Research Report 07/1, University of Canterbury New Zealand, New Zealand.
- Dogan, O. 2017. Yapım Yönetiminde Yapı Bilgi Modellemesi (YBM). Yüksek Lisans tezi, TED Üniversitesi, Ankara, 81 s.
- Dong, R. R. 2017. The Application of BIM Technology in Building Construction Quality Management and Talent Training. *EURASIA Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 13(7):4311-4317.
- Döşer, A. M. Ö. 2016. Yapı Bilgi Modellemesinin (BIM) Tesis Yönetimine Entegrasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, İstanbul, 94 s.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., and Liston, K, 2008 P.1. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modelling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors (New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., and Liston, K.,(2011). 2nd Edition BIM Handbook: A Guide to Building Information Modelling for Owner, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. John Wiley and Sons, Inc. New Jersey
- Fatih, T. 2014. Current situation of Building Information Modeling in Turkish AEC Industry. Masters thesis, Middle East Technical University, Ankara, 72 p.

- Fong, H. 2009. BIM Development - Hong Kong and World Wide Trend. 1st ed. China: Autodesk.
- Gercek, B., Behzat, O. T., Emre, M. I., and Murat, H.G. 2017. BIM execution process of construction companies for building projects. *Resilient Structures and Sustainable Construction*, 4-8
- Ghaffarianhoseini, A., Tookey, J., Naismith, N., Azhar, S., Efimova, O., Raahemifar, K., 2017. Building Information Modelling (BIM) Uptake, Clear Benefits, Understanding Its Implementation, Risks and Challenges, *Renewable and Sstainable Energy Reviews*, Vol. 75, 1046-1053.
- Henderson, I. and Jordan, L.N., 2009. A modest proposal for a Tran's disciplinary curriculum for the design, construction, management and maintenance of an Architecture. *Journal of Building Information Modelling*, 35-37.
- Hürriyet Daily News, 2016. "Turkish contractors rank second in world for ninth straight year" August 26, 2016 Ankara, Turkey.
- Innovate Magazine, 2013. What BIM Means to the Construction Process. Construction Services, HKS Inc. Report number fifteen, Atlanta.
- Jiang, X. 2017. Research on Application of BIM 5D Technology in Central Grand Project. *Procedia Engineering* 174 (2017) 600 – 610.
- Karabayır, Ş. 2015. Mimarlık, inşaat ve mühendislik firmaları 10 adımda BIM teknolojisine nasıl hazırlanmalı? Autodesk Türkiye İş Geliştirme Koordinatörü raporu. İstanbul.
- Karahan, U. 2015. Türk İnşaat Sektöründe Yapı Bilgi Modellemesi Uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul, 102 s.
- Kivircik, İ. 2016. İnşaat Proje Yönetimi Aşamalarında Yapı Bilgi Modellemesi Kullanımı Üzerine Bir İnceleme, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 88 s.
- Kocaeli Büyükşehir Belediyesi, 2018. Darıca-Gebze Metro Hattı Raporu. Kocaeli.
- Korkmaz, M.K., 2018. BIM Nedir? Artık projeler de teknik işletme de şantiye de değişiyor. online. <https://www.tesisyonetim.net/single-post/2018/01/29/BIM-Nedir-Art%C4%B1k-projeler-de-teknik-i%C5%9Fletme-de-%C5%9Fantiye-de-de%C4%9Fi%C5%9Fiyor> [Son erişim tarihi: 29.01.2018].
- Laiserin, J. 2003. Building Information Modeling—The Great Debate, Autodesk and Bentley debate Building Information Modeling Leading design software executives in face-to-face webcast. Online: <http://www.laiserin.com/features/bim/index.php> [Son erişim tarihi: 23.04.2003].
- McGraw Hill, 2014. The business value of BIM for construction in major global markets. How building information modeling is transforming the design and construction industry SmartMarket Report, Bedford, MA: McGraw Hill Construction. Bedford.
- McGraw-Hill Construction. 2008. Building Information Modeling: Transforming Design and Construction to Achieve Greater Industry Productivity, McGraw-Hill Construction, New York.

- Mihindu, Sas & Arayici, Yusuf. (2008). Digital Construction through BIM Systems Will Drive the Re-engineering of Construction Business Practices. *International Conference Visualization*, 16–18.
- Nisbet, N. and Dinesen, B. 2010. Constructing the business case: Building Information Modelling. British Standards Institution, London.
- Ofluoglu, S. 2015. Bina Bilgi Modelleme ve Tümüleşik Tasarım. Design Together Yarışması sunumu, İ.T.Ü Ayazağa Kimya Mühendisliği Bilgisayar Lab, İstanbul.
- Park, J. and Kwak, Y.H. 2017. Design-Bid-Build (DBB) vs. Design-Build (DB) in the U.S. public transportation projects: The choice and consequences. *International Journal of Project Management*, 35 (2017) 280–295.
- Reinhardt, J. 2009. "Appendix C: BIM Tools Matrix." The Contractor's Guide to BM. 2nd ed. *AGC of America*, 57-67.
- Reizgevičius, M., Ustinovicius, L. Cibulskiene, D., Kutut, V. and Nazarko, L. 2018. Promoting Sustainability through Investment in Building Information Modeling (BIM) Technologies: A Design Company Perspective. *Journal of Sustainability*, (10) 600
- Salmon, J.L. 2009. The legal revolution in Construction: How collaborative agreements, BIM and Lean Construction Methods support integrated project delivery. *Journal of Building Information Modelling*, (Spring), 18-20.
- Sarı, F. 2016. Turkish Building and Construction Sector Prepares for BIM Process with Autodesk. Online: <http://www.thepercept.com/turkish-building-andconstruction-sector-prepares-for-bim-process-with-autodesk/> [Son erişim tarihi: 26.04.2016].
- Shekhar, J. and Ghadge, A.N. 2016. Application of Building Information Modeling in Construction Projects – A Critical Review. *International Journal of Engineering Research*, Volume No.5, 26-31.
- Staub-French, S. and A. Khanzode. 2007. “3D and 4D modeling for design and construction coordination: issues and lessons learned,” *Electronic Journal of Information Technology in Construction*, vol. 12, 381–407.
- Suermann, P. and Issa, R. 2007. BIM effects on construction Key Performance Indicators (KPI) Survey. *Journal of Building Information Modeling*. Fall 2007, 26-27.
- Suermann, P. and Issa, R. 2009. Evaluating Industry Perceptions of Building Information Modeling (BIM) Impact on Construction. *Journal of Information Technology in Construction*, 14, 574-594.
- Turkish Contracting in The International Market 2017. Turkish Contracting In The International Market Annual Report. Ankara.
- Uhm, M., Lee, G. and Jeon, B. 2017. An analysis of BIM jobs and competencies based on the use of terms in the industry. *Automation in Construction*, (81) 67–98.
- Utome, E. 2010. An exploration of the extent, use and success in the application of Building Information Modelling (BIM) in the UK construction industry. Masters thesis, The Robert Gordon University, Aberdeen, 102 p.

- Vogt, B., 2010. Relating Building Information Modelling and Architectural Engineering Curricular. Masters Degree thesis, Kansas State University, Kansas, 85 p.
- Wong, K.D and Qing, F. 2013. Building information modelling (BIM) for sustainable building design. *Facilities*, Vol. 31 Issue: 3/4, 138-157.
- Young, N.W., Jones, S.A., & Bernstein, H.M. (2008). Building Information Modeling (BIM)-Transforming Design and Construction to Achieve Greater Industry Productivity. SmartMarket Report, 48, Bedford.
- Zou, Y., Kiviniemi, A. and Jones, S. W. 2016. A review of risk management through BIM and BIM-related Technologies. *Safety Science*, (97) 88–98.
- Anonim 1: <https://bimsoft.com.tr/bim-nedir> [Son erişim tarihi: 31.08.2016].
- Anonim 2: List of BIM Software & Providers. CAD Addict. Online: <http://www.cad-addict.com/2010/03/list-of-bim-software-providers.html> [Son erişim tarihi: 16.03.2010].
- Anonim 3: History of CAD. Online. <http://www.cadazz.com/cad-software-history.htm> [Son erişim tarihi: 02.10.2011].
- Anonim 4: <https://epy.com.tr/tr-projeler-emaar-square-libadiye-alisveris-merkezi-ve-konut-projesi-218>[Son erişim tarihi: 11.06.2017].
- Anonim 5: <http://idecad.com.tr/portfolio-type/idecad-mimari-ozet/daha-fazlasi/> [Son erişim tarihi: 25.05.2018].
- Anonim 6: <http://www.igairport.com/tr> [Son erişim tarihi: 17.07.2018].
- Anonim 7: <http://www.infotron.com.tr/index.php/bim-nedir> [Son erişim tarihi: 21.02.2017].
- Anonim 8: <http://www.bimireland.ie/2017/04/04/bim-in-turkey-using-bim-onistanbul-grand-airport/> [Son erişim tarihi: 04.04.2017].
- Anonim 9: Finanskent konut binası. online. <http://www.kalyongrup.com/tr-tr/projeler/tamamlanan-projeler/ust-yapi-projeleri/finasnkent-konutlari.aspx> [Son erişim tarihi: 03.11.2013].
- Anonim 10: <http://www.manzaraadalar.com.tr/en/kartal-manzara-adalar>. [Son erişim tarihi: 10.05.2018].
- Anonim 11: <http://bim.prota.com.tr/why-bim> [Son erişim tarihi:14.11.2017].
- Anonim 12: <http://isteprojeyonetimi.com/projeler/and-pastel-konut-projes> [Son erişim tarihi: 22.09.2017].
- Anonim 13: Quality in Construction Industry -Objectives, Factors Affecting Quality. Online <https://theconstructor.org/construction/quality-in-construction/707/> [Son erişim tarihi: 07.12.2017].

8. EKLER

8.1. Ek 1. Mülakat Soruları

Yapı Bilgi Modellemesi (YBM), mühendisler, işverenler, mimarlar ve müteahhitler arasında, üç boyutlu bir ortam (ortak bilgi ortamı) içindeki işbirliğine dayanır ve bu disiplinler arasındaki bilgi paylaşımını sağlar. BIM, inşa edilmiş bir yapı için, ilk tasarım sürecinden yapım aşamasına, bunun devamına ve hizmetin sonlandırılmasına uzanan bir bilgi yönetim sistemidir.

Bu görüşme üç bölümden oluşmaktadır; demografik özellikler, yarı yapılandırılmış ve yapılandırılmamış sorular. Bu görüşmeye katılımınız gönüllüdür. Sunacağınız bilgiler gizlilik ilkesiyle değerlendirilecek ve yalnızca akademik amaçlar için kullanılacaktır.

BÖLÜM A: DEMOGRAFİK ÖZELLİKLER

1. İsim: _____
2. Cinsiyet: ☐Erkek ☐ Kadın
3. Firma Adı: _____
4. Eğitim seviyeniz nedir? ☐Ön Lisans ☐Lisans ☐Yüksek Lisans
☐Doktora ☐Diğer (Lütfen Belirtin) _____
5. İnşaat sektöründe kaç yıllık tecrübeniz bulunmaktadır? ☐ 0 – 5 yıl ☐ 6 -10 yıl
☐ 11 -15 yıl ☐ 16 - 20 yıl ☐ 21 -25 yıl ☐ 25 yıldan fazla
6. Genellikle ne tür projeler üzerinde çalışıyorsunuz?
☐ Konut projeleri ☐ Ticari projeler ☐ Endüstriyel projeler ☐ Kamu projeleri
☐ Diğer (Lütfen Belirtin) _____
7. Daha önce ne tür projeler üzerinde çalıştınız?

1. **Hedef**

YBM tanımlanacak ve inşaat sektöründe kabul görme sürecinde nasıl geliştiği incelenecektir.

- i. Firmanız projelerinde hala 2 boyutlu BDT kullanıyor mu? Eğer öyleyse nedenlerini belirtiniz?
- ii. Firmanızda YBM nasıl tanımlanır?
- iii. BIM bir Araç mı, yoksa Süreç mi?
- iv. Müşteriler, YBM yaklaşımı yoluyla proje tesliminden daha fazla memnuniyet duydular mı?
- v. Türkiye'de YBM'nin geleceği hakkında neler düşünüyorsunuz?
- vi. Firmanız YBM'nin daha yaygın kullanımını hangi yollarla attırmayı planlıyor?

2. **Hedef**

Türkiye'de son on yılda YBM'nin uygulandığı inşaat projeleri incelenecek ve YBM'nin bu projelerin başarı ile tamamlanmasına; maliyet, süre ve kalite açısından ne derece katkı yaptığı araştırılacaktır.

- i. Projelerinizde YBM uygulamaya ne zaman başladınız?
- ii. Tüm inşaat projelerinde YBM uygulaması yapıyor musunuz? Yoksa uygulamalarınızda kısıtlarınız var mı?
- iii. İşinizin hangi aşamalarında YBM'yi uygularsınız ve bu aşamalardan hangisinin uygulamanın ana alanı olduğunu düşünüyorsunuz?
- iv. YBM'in bazı örnekleri Türkiye'de uygulanan projeler nelerdir?
- v. YBM'yi hangi projelerde kullanacağınıza nasıl karar verirsiniz?

3. **Hedef**

Türkiye'de YBM'nin projelerin başarı ile tamamlanmasına; maliyet, süre ve kalite açısından ne derece katkı yaptığı araştırılacaktır.

- i. YBM, maliyet / kârlılığı nasıl etkiliyor?
- ii. YBM, inşaat saatini nasıl etkiliyor?
- iii. YBM, inşaat kalitesini nasıl etkiliyor ve kalite iyileştirmeleri nasıl ölçülür?
- iv. YBM, kuruluşunuzun çalışma kültürünü nasıl etkiliyor?
- v. Projelerinizin tesliminde YBM'nin etkisini açıklayın?
- vi. Kuruluşunuzun projelerinin yüzde kaç YBM hizmetlerini içeriyor?
- vii. Taşeronlarınızın YBM kullanmalarını ister misiniz?
- viii. BIM, değişiklik emirlerini ve dava dosyalarını nasıl etkiliyor?
- ix. Kuruluşunuz için YBM neden önemlidir?
- x. YBM kullanarak başkalarıyla nasıl işbirliği yapıyorsunuz?

- xi. En iyi uygulamaları araştırmamıza fayda sağlayacak BIM hakkında eklemek istediğiniz başka bir şey var mı?
- xii. YBM'nin benimsenmesinin önünde kurumdaki ana zorlukların neler olduğunu düşünüyorsunuz?
- xiii. Paylaşmak istediğiniz herhangi bir YBM başarı hikayesi var mı?
- xiv. Başka yorumlarınız var mı?



ÖZGEÇMİŞ

YUSIF INUSAH

inusahyusif@yahoo.com



ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Ad Soyad:	Yusif INUSAH
Doğum Yeri ve Tarihi:	Mampong Kofiase, Gana. 17.07.1988
Yüksek Lisans 2016-2018	Akdeniz Üniversitesi Fen Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Antalya
Lisans 2009-2012	Sunyani Technical University Mühendislik Fakültesi, Yapı Teknolojisi Bölümü, Sunyani, Gana
Lise	Agona Senior High Technical School

ESERLER

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

- 1- Kazaz A., Inusah Y. Ve Gizli Tabaklar B. (2017). Comparison of Public Administrations' Contractor Selection Process Between Ghana and Turkey. Journal of International Social Research, Volume:10, Issue.