T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YAPI BİLGİ MODELLEMESİ UYGULAMA PLANININ YAPI BİLGİ MODELLEMESİ YAZILIMI KULLANILABİLİRLİĞİNE ETKİLERİ

İDRİS BAHADUR

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
BİLGİSAYAR ORTAMINDA MİMARLIK PROGRAMI

DANIŞMAN
DR. ÖĞR. ÜYESİ TOGAN TONG

İSTANBUL, 2018

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YAPI BİLGİ MODELLEMESİ UYGULAMA PLANININ YAPI BİLGİ MODELLEMESİ YAZILIMI KULLANILABİLİRLİĞİNE ETKİLERİ

İdris BAHADUR tarafından hazırlanan tez çalışması 19/06/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Dr. Öğr. Üyesi Togan TONG

Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Dr. Öğr. Üyesi Togan TONG

Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Doç. Dr. Zafer AKDEMİR

Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Dr. Öğr. Üyesi Belinda TORUS

Bahçeşehir Üniversitesi _____

ÖNSÖZ

YBM'ye dair planlama ve yazılım ilişkisi üzerine üretilmiş bu tezin hazırlık sürecinde ve öncesindeki yüksek lisans eğitimim boyunca, sadece akademik değil her konudaki desteği için, tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Togan TONG'a teşekkür ederim.

Ayrıca, her zaman yanımda olan ve eğitim hayatımın her aşamasındaki sonsuz emekleri için annem Nuray BAHADUR'a ve babam İsmail BAHADUR'a, tez ile ilgili veri analizlerindeki yardımları ve karşılıksız dostluğu için Kazım Anıl EREN'e, bu süreçte ve öncesinde akademik yönden ve profesyonel iş hayatıma yaptığı katkıları dolayısıyla Christian MEEZEN'a ve son olarak, bu sürecin öncesindeki tüm katkıları bir yana, özellikle yüksek lisans eğitimimin başından sonuna kadar, her aşamasında sağladığı motivasyonu ve samimi desteği için Beyza TAMER'e teşekkür ederim.

Haziran, 2018

İdris BAHADUR

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KISALTMA LİSTESİ vii

ŞEKİL LİSTESİ viii

ÇİZELGE LİSTESİ ix

ÖZET x

ABSTRACT xiii

BÖLÜM 1

GİRİŞ 1

1.1 Tezin Amacı 1
1.2 Tezin Kapsamı 2
1.3 Hipotez 3
1.4 Tezin Yöntemi 3

BÖLÜM 2

YAPI BİLGİ MODELLEMESİ (YBM) 6

2.1 YBM'ye Genel Bakış 6
2.2 YBM Seviyeleri, Ölçüleri ve Türleri 9
2.2.1 YBM Olgunluk Seviyeleri 9
2.2.2 YBM Ölçüleri 12
2.2.3 Kullanım biçimlerine göre türleşmeler 13
2.2.4 Gelişim Seviyeleri 13
2.3 YBM ile İlgili Protokoller 15
2.4 YBM Uygulama Planları 17
2.4.1 YBM Uygulama Planı İçerikleri 19
2.4.1.1 BSI'ya Göre YBM Uygulama Planı İçerikleri 20
2.4.1.2 PSU'ya göre YBM Uygulama Planı içerikleri 22
2.4.2 Yapı Sektörü Otoritelerince Hazırlanmış YBM Uygulama Planlarının Karşılaştırılması 28
2.5 YBM Yazılımları 31

BÖLÜM 3

YBM YAZILIMI KULLANILABİLİRLİĞİ VE VAKA İNCELEMESİ 33

3.1 YBM Yazılımı Kullanılabilirliği 33
3.1.1 Kullanılabilirlik 33
3.1.2 YBM Yazılımı Özelinde Kullanılabilik Kavramı 34
3.1.3 Kullanılabilirlik Parametreleri 35
3.1.3.1 Öğrenilebilirlik 36
3.1.3.2 Verimlilik 37
3.1.3.3 Hatırlanabilirlik 37
3.1.3.4 Hatalar 37
3.1.3.5 Memnuniyet 37
3.1.4 Parametre Ölçüm Tekniği 38
3.2 Vaka İncelemesi 40
3.2.1 Vaka Bilgileri 40
3.2.2 Vaka İçin Hazırlanmış YBM Uygulama Planının İncelenmesi 42
3.2.3 Kullanılabilirlik Anketi 45
3.2.3.1 Öğrenilebilirlik Sonuçları 47
3.2.3.2 Verimlilik Sonuçları 50
3.2.3.3 Hatırlanabilirlik Sonuçları 52
3.2.3.4 Hata Sonuçları 55
3.2.3.5 Memnuniyet Sonuçları 58
3.2.3.6 Genel Sonuçlar 61

BÖLÜM 4

SONUÇ VE ÖNERİLER 63

KAYNAKLAR 69

ÖZGEÇMİŞ 74

KISALTMA LİSTESİ

AEC UK	United Kingdom Architectural, Engineering, Construction Committee (Birleşik Krallık Mimarlık Mühendislik Yapı Endüstrisi Komitesi)
AGC	The Associated General Contractors
AIA	American Institute of Architects
AIM	Asset Information Modeling (Varlık Bilgi Modellemesi)
BEP	BIM Execution Plan (Yapı Bilgi Modellemesi Uygulama Planı)
BIM	Building Information Modeling (YBM)
BSI	The British Standards Institution
CAD	Computer Aided Design (Bilgisayar Destekli Tasarım)
CIC	Construction Industry Council
CIM	Construction Information Modeling Uygulama Bilgi Modellemesi
CPIc	Construction Project Information Committee (Yapı Proje Bilgi Komitesi)
CRC -CI	The Cooperative Research Centre for Construction Innovation
DIM	Design Information Modeling Tasarım Bilgi Modellemesi
GSA	U.S. General Services Administration
IFC	Industry Foundation Classes
ISO	International Organization for Standardization
IT	Information Technology (Bilişim Teknolojisi)
LOD	Level of Development (Gelişim Seviyesi)
MIDP	Master Information Delivery Plan
MIT	Massachusetts Institute of Technology
NIST	The National Institute of Standards and Technology
NZ BAC	New Zealand BIM Accerelation Committee
PAS	Publicly Available Specification
PIM	Project Information Modeling (Proje Bilgi Modellemesi)
PLIM	Project Life-Cycle Information Modeling (Proje Yaşam Döngüsü Bilgi Modellemesi)
PSU	Penn State University
RIBA	Royal Institute of British Architects
SG BCA	Singapore Building and Construction Authority (Singapur Yapı ve İnşaat Otoritesi)
TIDP	Task Information Delivery Plan
USACE	United States Army Corps of Engineers (Amerika Birleşik Devletleri Ordusu Mühendisleri Birliği)
YBM	Yapı Bilgi Modellemesi (BIM)

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 YBM modellerinin disiplinlere göre ayrışması 8
Şekil 2.2 Yapı Yaşam Döngüsü ve YBM 9
Şekil 2.3 YBM Olgunluk Seviyeleri 10
Şekil 2.4 Yapı yaşam döngüsünde aşamalara göre YBM türleşmeleri 11
Şekil 2.5 YBM Ölçüleri 12
Şekil 2.6 Bir çelik kolon örneğinde LOD seviyeleri 14
Şekil 2.7 Bir ofis koltuğu örneğinde LOD seviyeleri ve kullanılabilir veri içerikleri 15
Şekil 2.8 YBM Bilgi Teslim Döngüsü (NZ BAC) 18
Şekil 2.9 YBM Bilgi Teslim Döngüsü (BSI PAS 1192-2:2013) 19
Şekil 2.10 PSU YBM Uygulama Planı Şablonu S. 1-4 26
Şekil 2.11 PSU YBM Uygulama Planı Şablonu S. 5-15 27
Şekil 2.12 NBS Ulusal YBM Raporu 2017'ye göre, Birleşik Krallık'ta 32
Şekil 3.1 İnternet tarayıcısında (Google Chrome) çalışan Sketchup Free (2018) 35
Şekil 3.2 İnternet tarayıcısında (Google Chrome) çalışan Autodesk Formit (2018) 35
Şekil 3.3 Bir blok grubunun statik modelinin Autodesk Revit 2014 ile görüntülenmesi 41
Şekil 3.4 Tüm proje modellerinin Autodesk Navisworks Simulate ile görüntülenmesi.. 41
Şekil 3.5 Vakanın YBM Uygulama Planı, S. 1-8 42
Şekil 3.6 Vakanın YBM Uygulama Planı, S. 9-16 43
Şekil 3.7 Katılımcı bilgileri sonuçları 46
Şekil 3.8 Öğrenilebilirlik grubunun A1 önermesine katılım sonuçları 47
Şekil 3.9 Öğrenilebilirlik grubunun A2, A3, A4 önermelerine katılım sonuçları 48
Şekil 3.10 Öğrenilebilirlik grubunun ilişki matrisi 49
Şekil 3.11 Verimlilik grubunun B1, B2, B3 önermelerine katılım sonuçları 50
Şekil 3.12 Verimlilik grubunun B4, B5 önermelerine katılım sonuçları 51
Şekil 3.13 Verimlilik grubunun ilişki matrisi 52
Şekil 3.14 Hatırlanabilirlik grubunun C1, C2, C3 önermelerine katılım sonuçları 53
Şekil 3.15 Hatırlanabilirlik grubunun ilişki matrisi 54
Şekil 3.16 Hatalar grubunun D1, D2 önermelerine katılım sonuçları 55
Şekil 3.17 Hatalar grubunun D3, D4, D5 önermelerine katılım sonuçları 56
Şekil 3.18 Hatalar grubunun ilişki matrisi 57
Şekil 3.19 Memnuniyet grubunun E1, E2, E3 önermelerine katılım sonuçları 59
Şekil 3.20 Memnuniyet grubunun ilişki matrisi 60
Şekil 3.21 Kullanılabilirlik sonuçlarının genel ilişki matrisi 62
Şekil 4.1 Planı eksikleri, riskler ve gerçekleşen problemlere ilişkin bağıntı şeması 65
Şekil 4.2 Kullanılabilirlik parametrelerinin ölçüm sonuçları 66

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 Tez akış şeması 5
Çizelge 2.1 YBM yorumlama kategorizasyonu 7
Çizelge 2.2 YBM protokollerinin kapsamlı olmayan bir listesinin gözden geçirilmesi 16
Çizelge 2.3 YBM Uygulama Planı örneklerinin içerik karşılaştırması 30
Çizelge 2.4 Başlıca YBM Yazılımları 31
Çizelge 3.1 Kullanılabilirlik özellikleri 36
Çizelge 3.2 Vakanın YBM Uygulama Planı'nın diğer örneklerle içerik karşılaştırması 44
Çizelge 3.3 Katılımcı bilgilerinin ortalamala ve standart sapma değerleri 47
Çizelge 3.4 Öğrenilebilirlik sonuçlarının veri analiz tablosu 49
Çizelge 3.5 Verimlilik sonuçlarının veri analiz tablosu 51
Çizelge 3.6 Hatırlanabilirlik sonuçlarının veri analiz tablosu 54
Çizelge 3.7 Hatalar sonuçlarının veri analiz tablosu 57
Çizelge 3.8 Memnuniyet sonuçlarının veri analiz tablosu 60
Çizelge 3.9 Genel sonuçların veri analiz tablosu 61

ÖZET

YAPI BİLGİ MODELLEMESİ UYGULAMA PLANININ YAPI BİLGİ MODELLEMESİ YAZILIMI KULLANILABİLİRLİĞİNE ETKİLERİ

İdris BAHADUR

Mimarlık Anabilim Dali

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Togan TONG

Uluslararası adı ile Building Information Modeling (BIM), ülkemizdeki adı ile Yapı Bilgi Modellemesi (YBM), yapı sektöründeki verimlilik arayışı sonucunda, yazılım teknolojilerinin sağladığı altyapı ile oluşmuş bir yöntemdir. YBM metodunda, yapının tasarım, yapım, yönetim ve yıkım aşamaları, bir dijital model veya model grubu ile bir süreç halinde yönetilmektedir. Teknik tanımı ile YBM, 3 boyutlu, parametrik ve nesne tabanlı modeller kullanarak, bir yapının yaşam döngüsü boyunca, projesine ait, birbiriyle uyumlu, koordineli ve ilişkili her tür bilginin yaratılması 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. YBM metodunun avantajlarının ana kaynağını, projedeki bileşenlere atanan sınırsız parametreler içerisine girilen veriler oluşturmaktadır. Fakat bileşenlere girilebilecek potansiyel verilerin gerekliliğini oluşturacak ihtiyaçların bilgisi, zaman ve iş gücü kaybını önlemek için, modelin oluşturulmasına başlanmadan önce belirlenmelidir. Bu sebeple, YBM yaklaşımının en kritik noktasını, bu modelin nasıl uygulanacağının belirlendiği YBM Uygulama Planı oluşturmaktadır.

YBM Uygulama Planı, YBM yaklaşımı ile üretilecek projenin tanımına, kapsamına, özel risklerine, hedeflerine, modelleme stratejisine-kurallarına, kaynaklarına, teknolojik altyapı gereksinimlerine, paydaşlarına, ekiplerine ait bilgi ve kararları içeren veriler bütünüdür. Bu planda verilen-verilmeyen kararlar, YBM araçlarının ve modellerinin yararlarını doğrudan etkilemektedir. YBM'nin kullanımının yaygınlaşması ile birlikte, devletler, üniversiteler, standart enstitüleri, meslek odaları gibi birimler, yöntemin gelişmesi için çalışmalar yapmaktadır. Bu çalışmalar doğrultusunda oluşturulan standartlar ve protokoller ise Mimarlık, Endüstri ve İnşaat sektörünün paydaşları tarafından, proje süreçlerinin planlanmasında kullanılmaktadır.

Yapı sektörü otoriteleri tarafından hazırlanan BIM Uygulama Planı örnekleri, içerik yönünden farklılıklar barındırmaktadır. Çalışmada BIM Uygulama Planı örnekleri incelenirlen, bu farklılıkların incelenmesi ve değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada incelenen BIM Uygulama Planları, içerikleri yönünden ele alınmışlardır. Planların birbirleri ile karşılaştırılabilmesi ve değerlendirilebilmesi için ihtiyaç duyulan içerik kategorileri: proje referans bilgileri, proje hedefleri ve BIM amaçları, BIM süreci tasarımı, teslim stratejileri ve anlaşmaları, BIM kapsam tanımları, organizasyonel roller ve sorumluluklar, iletişim prosedürleri, teknoloji altyapı ihtiyaçları ve model kalite kontrol prosedürleri olacak şekilde belirlenmiştir. Bu kategoriler altındaki verilere sahip olup olmama durumu üzerinden incelenecek olan BIM Uygulama Planlarının bulunması için; üniversiteler, enstitüler, devletler gibi yapı sektörü otoritelerince hazırlanmış ve yayınlanmış olan BIM Uygulama Planı örnekleri araştırılmıştır. Bu araştırma ile MIT, Harvard University, Princeton University, Penn State University gibi üniversitelerce hazırlanmış planlar; Amerika Birleşik Devletleri Ordusu Mühendisleri Birliği (USACE), Singapur Ulusal Kalkınma Bakanlığı (Singapur BCA), Yeni Zelanda İşletme, İnovasyon ve İstihdam Bakanlığı (NZ BAC) gibi kurumların kendi ülkeleri için kurdukları çalışma birimlerince hazırlanmış devlet destekli planlar; Birleşik Krallık Mimarlık Mühendislik Yapı Endüstrisi Komitesi (AEC UK), Yapı Proje Bilgi Komitesi (CPIc) gibi komitelerce tanımlanmış planlar incelemeye alınmıştır. Bu kurum ve kuruluşların oluşturduğu 9 adet plan örneğinin içerikleri, ilk adımda belirlenen kategorilerce veri barındırma durumuna göre karşılaştırılmıştır.

BIM uygulama planının, BIM yazılımı kullanılabilirliği ile ilişkisi için, kullanılabilirlik kavramı açıklanmıştır. Kullanılabilirliğin, BIM yazılımları üzerinden ölçümü sırasında kullanılacak parametrelerin tanımları yapılmıştır. Kullanılabilirlik üzerine çalışmaları ile bilinen Jakob Nielsen'in kullanılabilirlik tanımındaki test parametreleri olan; öğrenilebilirlik, verimlilik, hatırlanabilirlik, hatalar ve memnuniyet, tezdeki vakanın yazılım kullanılabilirliği ölçümlerinde kullanılmıştır.

Tezin ikinci bölümündeki BIM Uygulama Planı incelemeleri ve üçüncü bölümündeki kullanılabilirlik araştırmalarından sonra, dördüncü bölümde, vaka incelemesi yapılmıştır. İkinci bölümden elde edilen BIM uygulama planı içerik kategorilerine göre, vakaya ait BIM uygulama planı içeriğinin doluluğu ile; üçüncü bölümden elde edilen kullanılabilirlik parametrelerine göre üretilmiş sorulara büyük ölçekli bir karma kullanım projesinin üretim sürecinde görev almış yazılım kullanıcılarının verdiği cevaplar incelenmiştir. Vakanın BIM Uygulama Planı içeriği kategoriler yönünden incelendiğinde, planda proje referans bilgileri, proje hedefleri ve BIM amaçları, organizasyonel roller ve sorumluluklar, model kalite kontrol prosedürleri

kısımlarının bulunduğu; BIM süreci tasarımı, teslim stratejileri ve anlaşmaları, BIM kapsam tanımları kısımlarının bulunmadığı; iletişim prosedürleri, teknoloji altyapı ihtiyaçları kısımlarının ise kısmen bulunduğu tespit edilmiştir. Vakada kullanılan BIM yazılımı (Revit 2014), kullanıcılar tarafından, fikir birliği ile vaka özelinde kullanılabilir bulunduğu tespit edilmiştir. Bu sonuca oransal olarak bakıldığında, (-1 ile -0.33 arası olumsuz, -0.33 ile +0.33 arası kararsız, +0.33 ile +1 arası olumlu) kullanılabilirliğin +0,41 değeri ile kararsıza yakın fakat olumlu durumdadır. Sonucu kararsıza doğru çeken etmenler incelendiğinde, kullanılabilirlik parametrelerinden sonuca olumsuz etkiyenler (en azdan en çoğa doğru) memnuniyet (0.71), verimlilik (0.51), hatırlanabilirlik (0.45), öğrenilebilirlik (0.32) ve hatalar (0.07) şeklindedir. Kullanılabilirliği en çok düşüren etmen olan hatalar kısmında kullanıcılardan alınan serbest cevaplardaki problemlere bakıldığında, yaşanan sıkıntıların, tespit edilen BIM Uygulama Planı içerik eksikleri ile doğrudan bağıntısı olduğu belirlenmiştir. Plandaki içerik eksiklerinin yazılımın verimliliği ile ilişkileri de saptanırken, hatırlanabilirlik ve öğrenilebilirlik konusunda içeriğe dair herhangi bir bağıntı kurulamadığı için, bu parametrelere dair eğitim konusu ile ilgili içerik önerisi geliştirilmiştir.

Sonuç olarak, BIM Uygulama Planı içerisinde eksiklik barındıran konuların, BIM yazılımının kullanılabilirliğini düşüren etmenlerin oluşum sebebi olduğu görülmüştür. BIM yazılımlarından elde edilecek faydayı en yüksek seviyede tutmak için, hazırlanan BIM Uygulama Planı dokümanında, yapı sektörü otoritelerinin ortak bir paydada buluştuğu içeriklere yer verilmesi gereklidir.

Anahtar Kelimeler: YBM, BIM, Yapı Bilgi Modellemesi, YBM Uygulama Planı, Yazılım Kullanılabilirliği

ABSTRACT

THE BIM EXECUTION PLAN EFFECTS ON THE BIM SOFTWARE USABILITY

İdris BAHADUR

Department of Architecture

MSc. Thesis

Adviser: Assist. Prof. Dr. Togan TONG

Building Information Modeling (BIM) is a result of the search and demand for efficiency in the building sector with the result of the development provided by software technologies. In the BIM method, the design, construction, management and demolition or renovation phases of the building are managed as a process with a digital model or model group. In conjunction with its technical definition, BIM, is the process of creating and using all kinds of coordinated and related information of a project throughout the life cycle of a project, using 3D, parametric and object-based models. BIM is not a program or a product, it is an approach. The system, which can be used effectively in all main processes of the project, ensures the best result for end users by increasing the quality and speed of information exchange between employer, designer, consultant, contractor, subcontractor and suppliers. The system acts as a multifunctional management and information sharing tool that can be continuously improved, incorporating all the information related to the construction of the building, far beyond a visual model with three dimensional digital modeling. The main source of the advantages of the BIM method is the data entered into the infinite parameters assigned to the project components. However, the knowledge of the needs to create the necessity of potential data that can be entered into the components should be determined before the modeling is started to prevent loss of time and work power. For this reason, the most critical point of the BIM approach is to form BIM Execution Plans, which determine how this model will be implemented.

The BIM Execution Plan is the whole set of information and decisions regarding the definition, scope, specific risks, objectives, modeling rules, resources, technological infrastructure requirements, stakeholders, and teams of the project to be produced by the BIM approach. The decisions in the BIM Execution Plan are directly affecting the benefits of BIM tools and models. With the widespread use of BIM, authorities such as governments, universities, standard institutes, professional chambers are working to develop the method. The standards and protocols established in the direction of these studies are used by the stakeholders of the Architecture, Industry and Construction sector to plan the project processes.

Examples of the BIM Execution Plan prepared by the authorities of the construction sector include differences in content. The BIM Execution Plans, which were examined in the study, are considered in terms of their contents. The content categories required for comparison and evaluation of the plans with each other are categorized as project reference information, project goals and BIM objectives, BIM process design, delivery strategies and contracts, BIM scope definitions, organizational roles and responsibilities, communication procedures, technology infrastructure needs and model quality control procedures. Examples of BIM Execution Plan prepared and published by the authorities of the building sector such as universities, institutes, and governments have been investigated in order to find the BIM Execution Plans to be examined through the availability of the data under these categories. In this research, examined plans are prepared by universities such as MIT, Harvard University, Princeton University, and Penn State University; by government-based organizations such as The U.S. Army Corps of Engineers, Singapore the Ministry of National Development (Singapore BCA), New Zealand the Ministry of Business, Innovation and Employment (NZ BAC), by committees such as the Architectural, Engineering and Construction Committee (AEC UK), the Construction Project Information Committee (CPIc). The contents of the 9 plan examples of these organizations were compared according to the categories of data storage determined in the first step.

In order to search the relationship between BIM Execution Plan and BIM software usability, usability term is explained. Usability has been defined in terms of parameters to be used during measurement on BIM software. The parameters, such as learnability, efficiency, memorability, errors and satisfaction, which are known as Jacob Nielsen's usability components, are used to measure the software usability of the case.

After the BIM Execution Plan reviews in the second chapter of the thesis and the usability research studies in the third chapter, a case study was analized in the fourth chapter. According to the content categories of the BIM Execution Plan obtained from the second chapter, the content of the BIM Exection Plan content of the case is reviewed. After that, the answers of the software users who engaged in the production process of the case (a large-scale mixed-use project) to the questions produced according to the usability parameters obtained from the third chapter are reviewed. When the case’s BIM Execution Plan contents is examined in terms of categories, it is seen that project reference information, project goals and BIM objectives, organizational roles and responsibilities, model quality control procedures are included; BIM process design, delivery strategies and contracts, BIM scope

definitions are not included; communication procedures, technology infrastructure needs are partially included. It has been determined that the BIM software (Revit 2014) used in the case is found usable by users in a consensus. When we look at this result proportionally (negative between -1 and -0.33, unstable between -0.33 and +0.33, positive between +0.33 and +1), the usability is close to unstable but positive with +0.41. When the factors affecting the resultant to unstable situation are examined, the negative effects from the usability parameters are (with ascending order) satisfaction (0.71), efficiency (0.51), memorability (0.45), learnability (0.32) and errors (0.07). In the case of errors, which are the factors that most decrease the usability, when the problems mentioned in the free answers taken from the users are taken into consideration, it is determined that the troubles are directly related to the deficiencies of the BIM Execuiton Plan contents. Since there is no correlation between memorability-learnability and the determined BIM Execution Plan contents, the content recommendation about the training topic has been developed for these parameters.

As a result, it has been seen that the factors that cause deficiencies in the BIM Execution Plan are the factors that decrease BIM software usability. In order to keep the benefits of BIM software at the highest level, the BIM Execution Plan document needs to include content categories that the building sector authorities find in a common idea.

Keywords: Building Information Modeling, BIM Execution Plan, Software Usability

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1 Tezin Amacı

Uluslarası adı ile Building Information Modeling (BIM), ülkemizdeki adı ile de Yapı Bilgi Modellemesi (YBS), yazılım teknolojilerinin sağladığı altyapı ile oluşmuş bir yöntemdir. YBM metodunda, yapının tasarım, yapım, yönetim ve yıkım aşamaları, bir model veya model grubu ile bir süreç halinde yönetilmektedir.

YBM'nin kullanımının yaygınlaşması ile birlikte, üniversiteler, standart enstitüleri ve meslek odaları gibi birimler, yöntemin gelişmesi için çalışmalar yapmaktadır. Bu çalışmalar doğrultusunda oluşturulan standartlar ve protokoller ise Mimarlık, Endüstri ve İnşaat sektörünün paydaşları tarafından, proje süreçlerinin planlanmasında kullanılmaktadır. Yapı sektörü otoriteleri tarafından hazırlanan YBM Uygulama Planı[1] örnekleri, içerik yönünden farklılıklar barındırmaktadır. Çalışmanın ilk amacı, bu farklılıkların incelenmesi ve değerlendirilmesidir.

YBM kavramının ortaya çıkmasına aracı olan yazılımlar ise, bu metoda altyapı oluşturan özelliklerini geliştirmenin yanında, YBM kavramının teorik gelişiminden doğan taleplere cevaplar verecek şekilde türemektedir. Bu sebeple YBM yazılımlarının özelliklerinin birçoğu, yapılan YBM uygulama planlarında beklenen aksiyonlara hizmet etmek üzere geliştirilmektedir. Fakat süreç içerisinde plan ile yazılım (ya da uygulama) arasındaki bağlantının kopması veya plan içeriğindeki bazı eksiklikler, yazılımların

[1] YBM Uygulama Planı: Tezin 2. bölümünde işlenen, farklı kaynaklarda, YBM sürecine dair yapılan eylem planlarına tez genelinde verilen genel isim. BIM Execution Plan, BIM Project Execution Plan, Project BIM Execution Plan vb.

kullanılabilirliğini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Çalışmanın diğer amacı da bu olumsuzlukların aranması niyeti ile YBM yönteminde planlama ve uygulama süreci arasındaki ilişkinin incelenmesi fikri üzerine ortaya çıkmıştır.

Bu iki doğrultuda gelişen tezin amaçları aşağıdaki gibidir:

- YBM uygulama planlarının neler içerdiğinin araştırılması,
- YBM uygulama planı içeriklerinin, farklı kaynaklardaki durumlarının karşılaştırılması,
- Kullanılabilirlik ölçümünün YBM yazılımları üzerine uygulanması,
- YBM sürecinin kontrolü için yapılan YBM uygulama planlarının, YBM yazılımlarının kullanılabilirlikleri üzerindeki etkilerinin araştırılması.

1.2 Tezin Kapsamı

Bir binanın tüm yaşam döngüsü üzerine kurgulanmış bir yöntem olan YBM, tasarım, yapım, yönetim ve yıkım gibi farklı aşamalarda, farklı dinamiklere sahiptir. Bu denli uzun bir süreci kapsayan yöntem, her bir dönem için ayrı ayrı kullanılmak üzere geliştirilen yazılımlar ile desteklenerek hayata geçirilmektedir. Hem teorik yönden bir süreç işi olması açısından, hem de yazılım çeşitliliği nedeniyle, bu çalışmada, YBM'nin planlarına ve yazılımlarına bir kapsam dâhilinde değinilmiştir.

Tezin kapsamını, YBM uygulama planları yönünden, planlama ve tasarım süreci oluşturmaktadır. YBM metodu sürecinin sağlıklı ilerleyebilmesi için hazırlanan YBM Uygulama Planlarının içerikleri ele alınmıştır. Çalışmada incelenen YBM Uygulama Planları seçilirken, planın bir devlet, üniversite, enstitü, komite ya da meslek odası tarafından hazırlanmış ve yayınlanmış olması gözetilmiştir. Planlar incelenirken, içerikler, üst başlıkları üzerinden karşılaştırılmıştır. YBM yazılımları yönünden, tasarım ve uygulama sürecinde kullanılmak üzere üretilen, genel itibariyle model tabanlı tasarım, analiz ve dokümantasyon yetenekleri barındıran yazılımları içermektedir.

1.3 Hipotez

Tezin başlangıcında ortaya hipotez olarak konulan iki önermenin ilki: “YBM uygulama planı içerikleri, yapı otoritelerinin yayınladığı farklı örneklerde benzer biçimde hazırlanmıştır.” şeklinde; diğeri ise “YBM uygulama planı içeriklerinin doluluk oranı ile, YBM yazılımlarının kullanılabilirlik oranı arasında doğrusal bir bağıntı vardır.” şeklindedir. Bu önermenin doğruluğu, tez içerisinde araştırılıp, elde edilen çıkarımlar üzerinden değerlendirilecektir.

1.4 Tezin Yöntemi

Çalışmanın genel konusu olan YBM metodu, belirli bir süreci kapsayan bir yöntemdir. Bu yönteme dair planların ve yazılımların etkileşimlerinin incelendiği çalışma 5 bölüme ayrılmıştır.

İlk bölümde, çalışmanın hedeflerinin belirtildiği tezin amacı, sınırlarının belirtildiği tezin kapsamı ve tezin yöntemi belirlenmektedir.

İkinci bölümde, çalışmanın genel konusu olan Yapı Bilgi Modellemesi (YBM) ile ilgili, literatürden ve güncel dinamik kaynaklardan araştırmalar yapılarak, anlatımlara yer verilmektedir. Bu bölümün sonunda tezin ana konuları olan YBM Uygulama Planı ve YBM yazılımları ile ilgili yapılan araştırmalardan elde edilen veriler sunulmaktadır. Çalışmada incelenen YBM Uygulama Planları, içerikleri yönünden ele alınmışlardır. Planların birbirleri ile karşılaştırılabilmesi ve değerlendirilebilmesi için ihtiyaç duyulan içerik gruplandırma prensibi, YBM Uygulama Planı oluşturma üzerine yazılmış, The Pennsylvania State University The Computer Integrated Construction Research Group tarafından hazırlanmış Building Information Modeling Project Execution Planning Guide adlı kaynaktaki içerik kategorileri üzerinden oluşturulmuştur. Bu kategoriler: proje referans bilgileri, proje hedefleri ve YBM amaçları, YBM süreci tasarımı, teslim stratejileri ve anlaşmaları, YBM kapsam tanımları, organizasyonel roller ve sorumluluklar, iletişim prosedürleri, teknoloji altyapı ihtiyaçları ve model kalite kontrol prosedürleri şeklindedir. Bu kategoriler altındaki verilere sahip olup olmama durumu üzerinden incelenecek olan YBM Uygulama Planlarının bulunması için; üniversiteler, enstitüler, devletler gibi yapı sektörü otoritelerince hazırlanmış ve yayınlanmış olan

YBM Uygulama Planı örnekleri araştırılmıştır. Bu araştırma ile MIT, Harvard University, Princeton University, Penn State University gibi üniversitelerce hazırlanmış planlar; Amerika Birleşik Devletleri Ordusu Mühendisleri Birliği (USACE), Singapur Ulusal Kalkınma Bakanlığı (Singapur BCA), Yeni Zelanda İşletme, İnovasyon ve İstihdam Bakanlığı (NZ BAC) gibi kurumların kendi ülkeleri için kurdukları çalışma birimlerince hazırlanmış devlet destekli planlar; Birleşik Krallık Mimarlık Mühendislik Yapı Endüstrisi Komitesi (AEC UK), Yapı Proje Bilgi Komitesi (CPIc) gibi komitelerce tanımlanmış planlar incelemeye alınmıştır. Bu kurum ve kuruluşların oluşturduğu 9 adet plan örneğinin içerikleri, ilk adımda belirlenen kategorilerce veri barındırma durumuna göre karşılaştırılmıştır.

Üçüncü bölümde, YBM uygulama planının, YBM yazılımı kullanılabilirliği ile ilişkisi için, kullanılabilirlik kavramı açıklanmıştır. Kullanılabilirliğin, YBM yazılımları üzerinden ölçümü sırasında kullanılacak parametrelerin tanımları yapılmıştır. Bu parametreler de bir sonraki bölümde, kullanılabilirliğe dair yapılacak ölçüm için hazırlanacak sorulara altlık oluşturmuştur.

Dördüncü bölümde, vaka incelemesi yapılmıştır. İkinci bölümden elde edilen YBM uygulama planı içerik kategorilerine göre, vakaya ait YBM uygulama planı içeriğinin doluluğu ile; üçüncü bölümden elde edilen kullanılabilirlik parametrelerine göre üretilmiş sorulara vakada görev almış kişilerin verdiği cevaplar incelenmiştir.

Beşinci ve son bölümde ise, vakanın analizi sonucunda elde edilen bulgular yorumlanmıştır. YBM Uygulama Planı içerikleri ile YBM Yazılımı Kullanılabilirliği arasındaki bağlantı ile ilgili çıkarımlar belirtilmiştir. Bu çıkarımlar doğrultusunda, YBM Uygulama Planı içerikleri ile ilgili öneriler yapılmıştır.

Çizelge 1.1 Tez akış şeması

BÖLÜM 1	BÖLÜM 2	BÖLÜM 3		BÖLÜM 4
GİRİŞ	**YBM**	**YBM YAZILIMI KULLANILABİLİRLİĞİ**	**VAKA İNCELEMESİ**	**SONUÇ**
1. Tezin Amacı 2. Tezin Kapsamı 3. Tezin Yöntemi 4. Hipotez	1. YBM Tanımları 2. YBM Seviyeleri, Ölçüleri ve Türleri 3. Protokoller 4. YBM Uygulama Planı 4.1. YBM Uygulama Planı İçerikleri 4.2. YBM Uygulama Planlarının Karşılaştırılması 5. YBM Yazılımları	1. Kullanılabilirlik 2. YBM Yazılımı Kullanılabilirliği 3. Kullanılabilirlik Parametreleri 4. Kullanılabilirlik Ölçümü	1. Vaka Bilgileri 2. YBM Uygulama Planı İncelemesi 3. Kullanılabilirlik Anketi	1. Değerlendirme ve Öneriler

BÖLÜM 2

YAPI BİLGİ MODELLEMESİ (YBM)

2.1 YBM'ye Genel Bakış

Ülkemizde bilinen adıyla Yapı Bilgi Modellemesi'nin, uluslararası kısaltması ile BIM[2]'in ortaya çıkışı, bilgisayarın tasarım yöntemlerinin içerisine girdiği 1960'lı yıllara dayanmaktadır. En bilinen ve ilk örneği olan, Ivan Sutherland'in 1963'te ürettiği Sketchpad ile başlayan Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD[3]), terimsel olarak, 2000'lere gelindiğinde kapsayıcı bir *şemsiye* halini almıştır [16]. Bu süreç içerisinde yapılmış CAD çalışmalarına bakıldığında, pek çok endüstride bütünleşik analiz araçları ve nesne tabanlı parametrik modelleme (basit YBM konsepti) gelişirken, inşaat sektöründe geleneksel, iki boyutlu tasarım yöntemleri devam etmiştir [12].

YBM konsepti, 1970'lerde oluşmaya başlasa da, teknolojik yetersizlikler sebebiyle 1990'ların ortalarına kadar kullanılabilirliği sınırlı kalmıştır. YBM araçlarının gelişmesi ile birlikte, 1990'ların sonundan günümüze, teknoloji yetersizlikler azalmakta ve dünya çapında YBM kullanımı teşvik edilmektedir [11].

Genel anlamı ile, çoklu proje paydaşlarının bir tesisi sanal ortamda işbirliği içinde planlaması, inşa etmesi ve işletmesini sağlayan bir dizi teknoloji, süreç ve politika olarak tanımlanan YBM [17], terimsel olarak, 2002'de Jarry Laiserin [14] tarafından metot olarak tasvir edilirken; literatürde, geçmişten günümüze ürün, metot ve

[2] BIM: Building Information Modelling, Yapı Bilgi Modellemesi. Tezin devamında, terimin Türkçe kısaltması olan YBM kullanılacaktır.

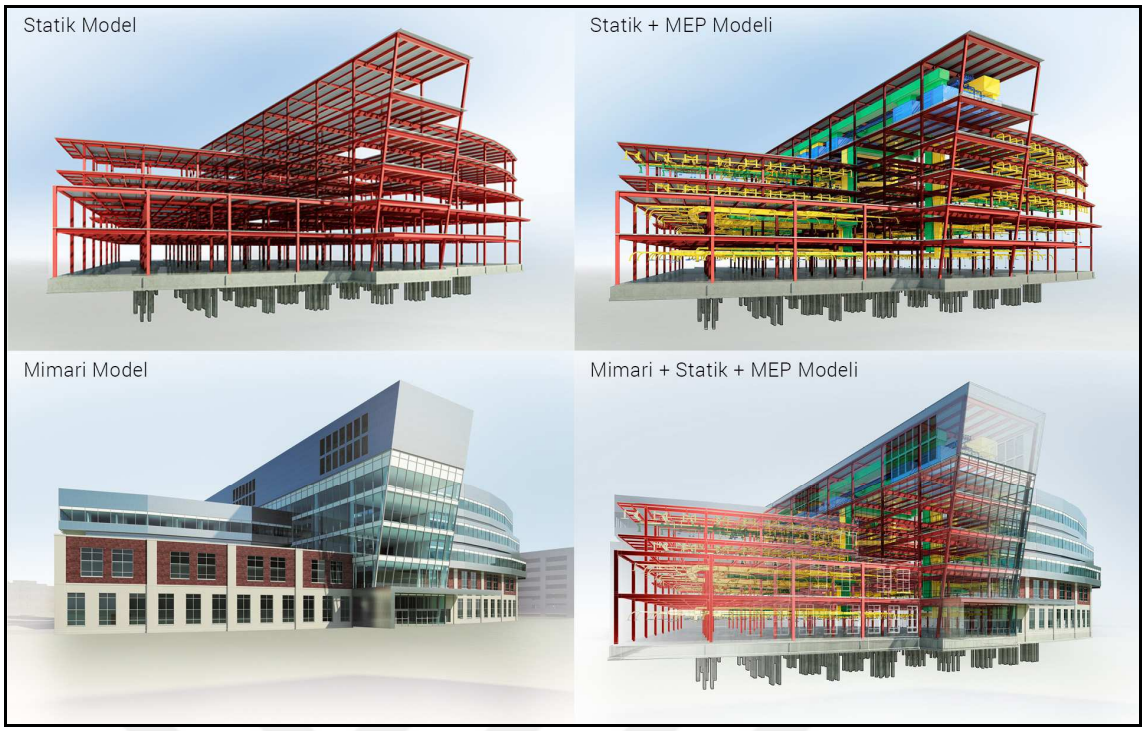
[3] CAD: Computer Aided Design, Bilgisayar Destekli Tasarım. Tezin devamında, terimin uluslararası kısaltması olan CAD kullanılacaktır.

metodoloji gibi farklı tanımlarla açıklanmıştır. Bu farklılıkların tespiti için yapılmış çalışmalar mevcuttur (Matějka, P., Tomek, A. [10]).

Çizelge 2.1 YBM yorumlama kategorizasyonu (Matějka, P., Tomek, A. [10])

YBM Yorumu	Ürün olarak YBM	Metot olarak YBM	Metodoloji olarak YBM
Laiserin [16]		●	●
Eastman [4, s. 8], YBM tanımı		●	
Eastman [4, s. 8], Uygulama modeli tanımı	●		
Eastman [4, s. 8], Parametrik modelleme tanımı	●		
Crotty [5, s. 2], Parametrik modelleme	●		
Epstein [6, s. 44]	●		
Hardin ve McCool [7, s. 4]		●	Kısmen
NBIMS-US [8, s. 1]	●	●	
Barnes ve Davies [9, s. 1]		●	
Eynon [19, p. 3]	●	●	
Race [20, p. 14], YBM ve CAD karşılaştırması		●	
Race [20, p. 14], YBM tanımı			●
Crotty [5, p. 2], YBM tanımı	Kısmen	Kısmen	●
Reddy [21]		Kısmen	Kısmen
Lévy [22]		Kısmen	Kısmen
Krygiel ve Nies [23]	●	Kısmen	
Singapore YBM Guide [3]		●	●
PAS 1192 [1]		●	●
Park ve Cai [24]	Kısmen	●	
Chen ve Nguyen [25]		●	
Bouška ve Heralová [26]	●		
Bouška [27]		●	
Zou, Kiviniemi ve Jones [28]		●	Kısmen
Wang ve Song [29]		●	
Rossini, Fioravanti ve Trento [30]		●	Kısmen
Miettinen ve Paavola [31]		●	Kısmen
Turk [32]		●	●
Wang vd. [33]		●	
Ding, Zhou ve Akinci [34]	●	Kısmen	
Smith [35]			●

Ürün, metot ve metodoloji olarak belirlenmiş üç kategori de, YBM'yi tanımlama yönünden geçerlidir. İlk kategori, YBM'nin bir model halindeki temel anlamını ifade eder. Böyle bir anlayışta kısaltma olarak "YBM", Yapı Bilgi Modellemesi'nden ziyade, Yapı Bilgi Modeli'ne yöneliktir. Bir modelin tek başına varlığı, bile birçok proje paydaşının ihtiyacını karşılamaktadır. YBM'nin kapsadığı birçok farklı model vardır. Bu modeller disiplinlere göre çeşitlenmektedir (Şekil 2.1). YBM'yi, projelendirme düzeyinde yaklaşıldığında, bir model olarak tanımlayabiliriz [10].



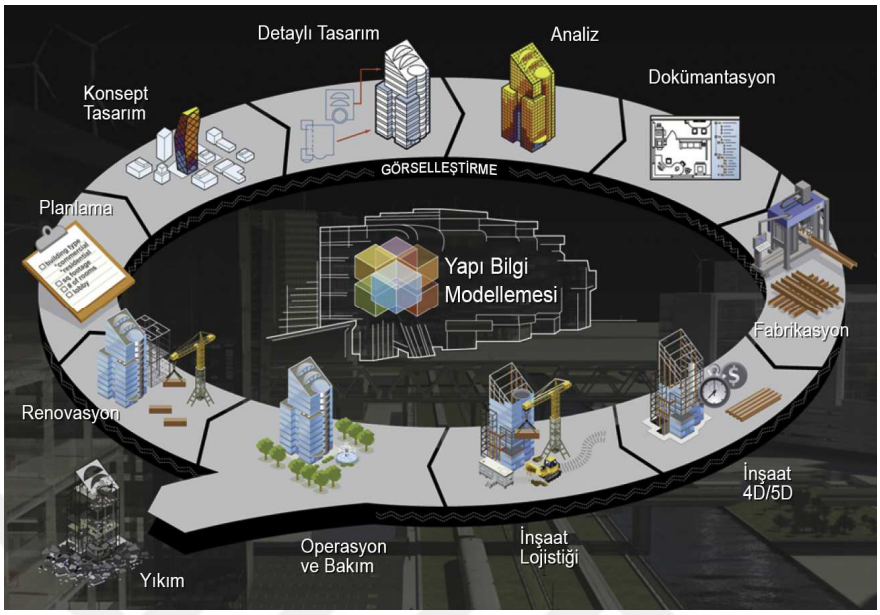
Şekil 2.1 YBM modellerinin disiplinlere göre ayrışması [18]

İkinci kategori, bir takım araçlar ve süreçler (yani yöntemler) olarak YBM'nin gelişmiş anlayışını temsil eder. YBM piyasaya ilk kez bu şekilde sunulmuştur [16]. Teknik literatürün çoğunluğu, bu bakış açısından YBM'ye de atıfta bulunmaktadır. YBM'yi, şirket düzeyinde yaklaşıldığında, bir yöntem olarak anlayabiliriz. Bu kategorideki araçlar ve süreçler grubu sadece YBM'ye göre kullanılabilecek yazılım ve ekipmanları değil, aynı zamanda YBM'yi kullanım halinde yeni gelen ya da değiştirilen tüm süreçleri ve iş akışlarını da içerir [10]. Araçlar ve süreçleri, aşağıdaki gibi, daha fazla kategorilere ayırabiliriz:

- Yazılım araçları
- Ekipman
- Birlikte çalışabilirlik ve standardizasyon
- İşbirliği
- Niteliklilik
- Pazar, sözleşme ve tedarik
- Diğer süreçler

Üçüncü kategori, özellikle inşaat proje ihaleleri üzerindeki etkisi ile, YBM'nin bir metodoloji olarak en gelişmiş anlayışını temsil etmektedir. YBM'nin bir metodoloji

olarak tanımlanması, çeşitli araç ve yöntemlerle desteklenen, işbirliği ve bilgi paylaşım ortamı içinde, bir yapı yaşam döngüsü ile doğrudan bağlantılıdır (Şekil 2.2). Bu denli geniş bir YBM anlayışı, piyasa/sektör seviyesinde uygulanabilir.



Şekil 2.2 Yapı Yaşam Döngüsü ve YBM [15]

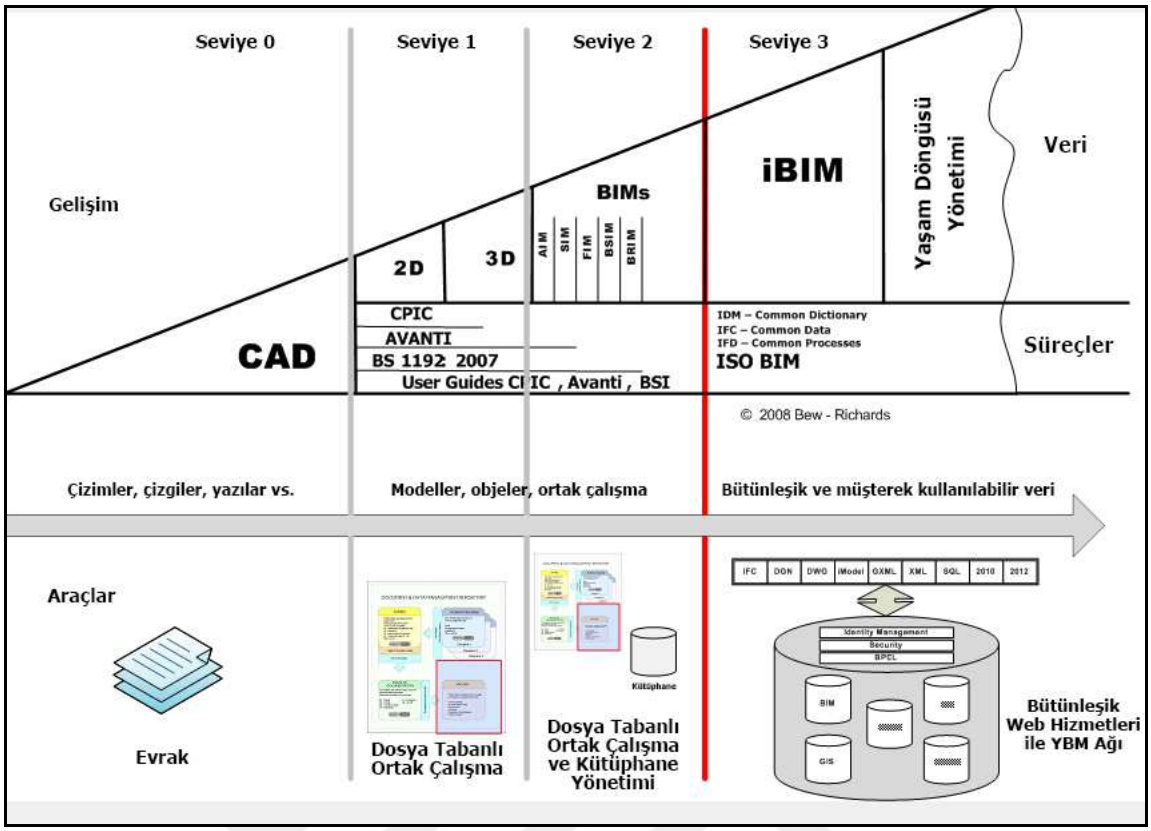
Çizelge 2.1'de sunulan araştırmanın sonuçları, yorumlama kaynağına dayalı olarak ilginç değişimler göstermektedir. Genellikle kamuya yönelik teknik kitaplar, YBM'yi bir ürün olarak daha sık olarak ele alırken; ulusal standartlar, YBM'yi bir metodoloji olarak görmektedir. Dergi makaleleri ve konferans bildirileri ise YBM'yi bir yöntem olarak, özellikle de bir takım araçlar olarak anlamaya meyillidir [10].

2.2 YBM Seviyeleri, Ölçüleri ve Türleri

YBM'nin çeşitli kaynaklarda farklı şekilde tanımlanmasına ek olarak, yine farklı kaynaklarda YBM'ye dair yapılan seviyeleşme ve türleşme tasvirleri de bulunmaktadır.

2.2.1 YBM Olgunluk Seviyeleri

Bew ve Richard [58] tarafından üretilmiş diyagrama göre YBM, olgunluk seviyeleri yönünden 4'e ayrılmaktadır. Sıfırıncı seviye (Level 0), birinci seviye (Level 1), ikinci seviye (Level 2) ve üçüncü seviye (Level 3) şekil 2.3'teki gibi tasvir edilmiştir.



Şekil 2.3 YBM Olgunluk Seviyeleri [58], [62]

Diyagramda tanımlandığı üzere sıfırıncı seviye, üretim bilgisi için 2 boyutlu CAD dosyalarının kullanılmasıdır. Tasarım uygulamalarının çoğunda yıllardır kullanılan süreçtir. Diyagramdan elde edilecek önemli nokta, bu seviyede henüz veri ve süreç yönetimi ile ilgili ayrışmanın olmayışıdır [59]. Bu seviye gerçek bir YBM uygulamasını temsil etmemektedir.

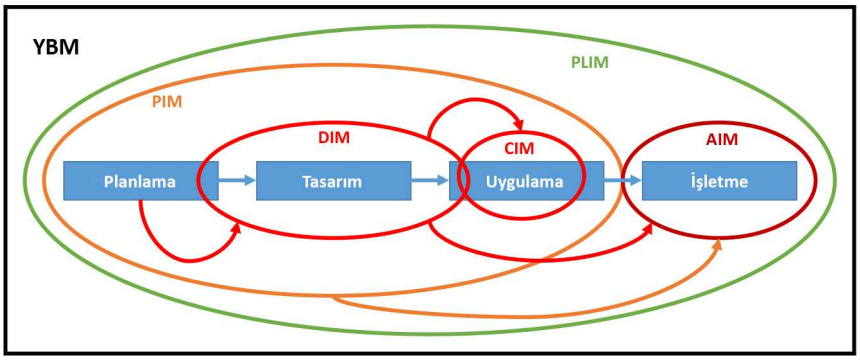
Birinci seviye, projelerde 2 boyutlu veri ile birlikte 3 boyutlu verinin artan kullanımını göstermektedir. Bu seviyede 3D yazılımlar, mimarlar tarafından, erken proje aşamaları boyunca bir konsept tasarım aracı olarak ve bitmiş projenin müşteriye sunulması amacıyla görselleştirilmesi için giderek daha fazla kullanılmıştır. Sadece bir tarafın modelden faydalandığı YBM'nin bu biçimi sıklıkla "Yalnız YBM" olarak adlandırılır. YBM modeli ekip üyeleri arasında ortaklaşa kullanılmaz. Süreçler açısından birinci seviye, tasarım süreçlerinin yanında yer alacak olan yönetim süreçlerine duyulan ihtiyacı gösterir [59]. Bu seviye, süreç yönetimine dair düzenlemelerin başlangıcını da temsil eder.

İkinci seviye, farklı disiplinlere ait YBM yazılımlarının bulunduğu, bu yazılımlar ile üretilen üç boyutlu modellere verilerin eklendiği, yönetimin model grupları ile yapıldığı bir YBM biçimidir. 4D, 5D gibi YBM terimlerinin altyapısı bu seviye ile oluşmuştur. Disipliner model ayrışmasının yanında, süreçsel anlamda model ayrışmaları da proje aşamalarına dair yeni terimleri ortaya çıkarmıştır.

Bu modelleme terimleri aşağıdaki gibidir:

- Design Information Modeling (DIM) : Tasarım Bilgi Modellemesi
- Construction Information Modeling (CIM) : Uygulama Bilgi Modellemesi
- Asset Information Modeling (AIM) : Varlık Bilgi Modellemesi
- Project Information Modeling (PIM) : Proje Bilgi Modellemesi
- Project Life-Cycle Information Modeling (PLIM) : Proje Yaşam Döngüsü Bilgi Modellemesi

Projenin aşamasal durumuna göre oluşturulan bu terimlerden DIM ve CIM, PIM'i oluştururken; PIM ve AIM, PLIM'i oluşturmaktadır. Bu sürecin tamamı ise YBM'yi oluşturmaktadır (Şekil 2.4 [10])



Şekil 2.4 Yapı yaşam döngüsünde aşamalara göre YBM türleşmeleri [10]

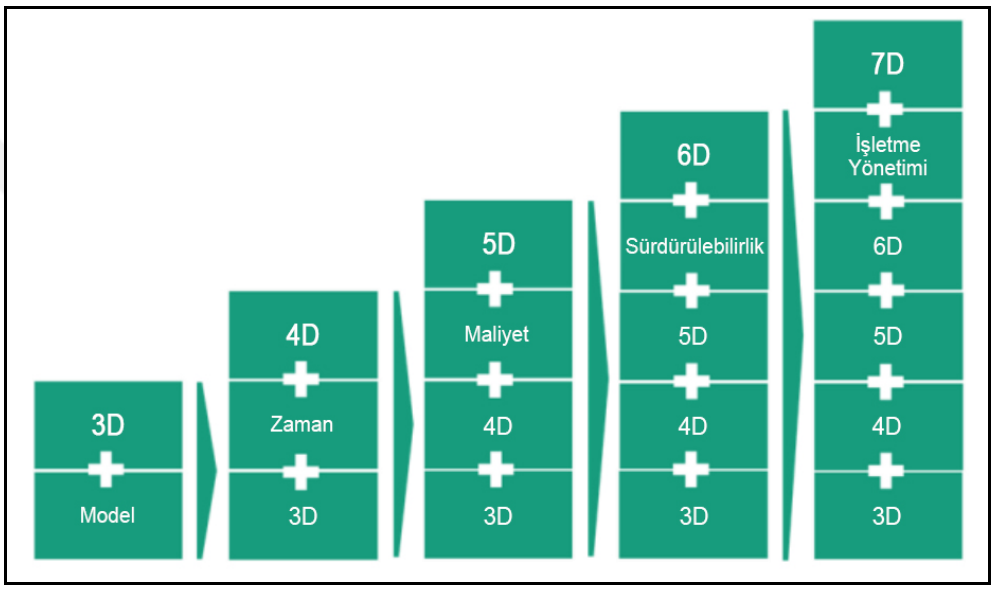
Üçüncü seviye ise, YBM'nin web altyapısı ile kolaylaştırılan, gerçek zamanlı, tamamiyle bütünleştirilmiş ve gelişen IFC/buildingSMART veri sözlüğü standartlarıyla uyumlu proje modelidir. Üçüncü seviye YBM, 4D zaman bilgisi, 5D maliyet bilgisi gibi farklı boyutlu yönetim bilgilerini sunabilmektedir [60], [61].

İkinci seviyeden üçüncü seviyeye geçişte en büyük YBM zorluklarının olduğu ve üçüncü seviye YBM'nin "kutsal kase" gibi tek bir proje modeli olacağı düşünülmektedir [59].

Günümüzdeki YBM kullanımının çoğunluğunun sıfırıncı ve birinci seviyede olduğu, fakat Birleşik Krallık tarafından 2011'de yayınlanan YBM Strateji dokümanında [62], kamu projeleri için yapı endüstrisindeki aktörlerin, 2016 itibariyle ikinci seviyeye erişmeleri gerektiği duyurulmaktadır [60], [61].

2.2.2 YBM Ölçüleri

YBM ölçülerindeki, 3'ten 7'e kadar olan boyut ifadeleri (Şekil 2.5), her bir boyut için ihtiyaç duyulan bilgi ve güdülen amacı belirtmektedir [63].



Şekil 2.5 YBM Ölçüleri [63]

Ölçülerden ilki olan 3D, en düşük boyuttur. Tasarım, projelendirme, disipliner koordinasyon gibi işler için kullanılır. 4D, zaman boyutudur. İnşaat yürütme sürecini görselleştirmek ve simüle etmek için kullanılır. Bu boyutun, zamana dair analizlerin yanında lojistik yönetiminde (şantiye organizasyonunda) verimlilik sağlanması gibi yararları vardır. 4D YBM, inşaat sürecini yönetmenin yanında, inşaat yürütme sürecini görselleştirmek için kullanılır. 5D, maliyet boyutudur. 5D YBM, proje modelindeki bileşenler ile ilgili malzeme miktarı, boyutu, hacmi ve alanı gibi verilerin, fiyat değerleri ile otomatik hesaplanarak sağlanan maliyet bilgisini içermektedir. 5D YBM, çoğunlukla maliyet tahmini ve bütçe kontrolü için kullanılır. 6D, sürdürülebilirlik boyutudur. 6D YBM, tasarım aşamasının başlarında daha eksiksiz ve doğru enerji tahminleri ile sonuçlanan enerji tüketimi analizinin yapılmasına yardımcı olmaktadır. 7D ise tesis

yönetimi boyutudur. 7D YBM'deki model, gelecekteki bakımlar için yararlı olan tüm spesifikasyonları, operasyon ve bakım kılavuzlarını, garanti bilgilerini içerebilen bir "as built" model olarak tanımlanabilir [63].

2.2.3 Kullanım biçimlerine göre türleşmeler

YBM ile bir binanın yüksek kaliteli render görselleri oluşturulabilir. Projenin yüklenicisi, daha iyi iletişim kurmak için yalnızca render oluşturmak amacıyla YBM'nin 3D modelini kullanıp, modeldeki yerleşik bilgileri kullanmazsa, bu "Hollywood" YBM olarak adlandırılır. Bu durumda YBM'nin gerçek potansiyeli kullanılmamış olmaktadır [64].

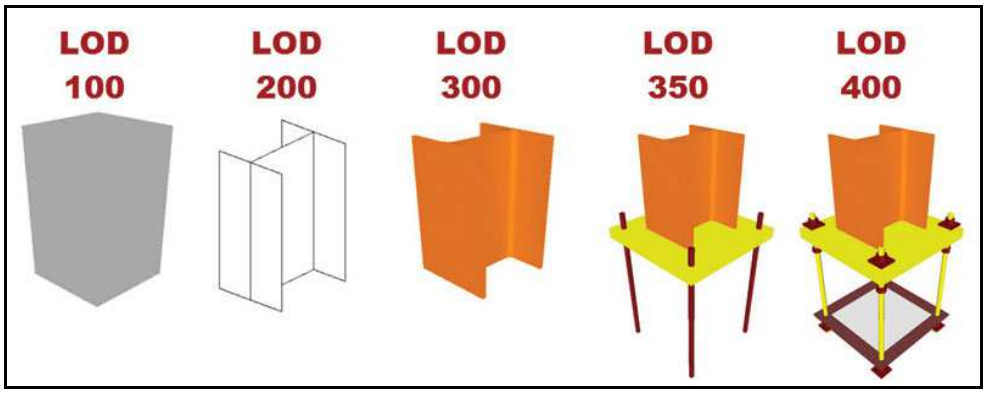
Bazı durumlarda, YBM, sadece projenin tek bir organizasyonunda uygulanmakta ve proje paydaşlarının geri kalanıyla paylaşılmamaktadır. Bu kullanım ise, "yalnız" YBM olarak adlandırılır [64].

"Sosyal" YBM, YBM modelinin mimarlar, mühendisler, yüklenici, inşaat yöneticileri ve altyükleniciler arasında paylaşılması ile sağlanan işbirlikçi yaklaşımdır. Bu yaklaşım modelin herkes tarafından faydalanılmasına olanak sağlar [64].

"Samimi" YBM olarak bilinen bir diğer yaklaşım ise, tasarım ekibi, şantiye yöneticisi ve mal sahibinin, YBM ile aldığı riski ve ödülü paylaştığı zaman gerçekleşir. "Samimi" YBM ve "sosyal" YBM, ekipleri daha iyi çizimler üretmeye, projede zaman ve maliyeti düşürmeye teşvik eder [64].

2.2.4 Gelişim Seviyeleri

YBM yönteminde kullanılacak modellerin içerdiği bileşenlerin sahip olduğu bilgilerin miktarına göre gelişim seviyeleri tanımlamaları yapılmaktadır. Uluslararası literatürde Level of Development (LOD) terimi ile bilinen Gelişim seviyesi, tasarım ve inşaat süreci boyunca, bir model elemanına, karar verilmiş YBM kullanımları için, hangi bilgilerin ekleneceğini belirlemek için kullanılan bir YBM ölçütüdür. BIMForum komitesi tarafından 2017'de hazırlanan Level of Development Specification Guide'a [65] göre, LOD 100, LOD 200, LOD 300, LOD 350, LOD 400 ve LOD 500 olmak üzere 6 adet gelişim seviyesi vardır.



Şekil 2.6 Bir çelik kolon örneğinde LOD seviyeleri

LOD 100: Model elemanı, modelde bir sembol veya başka bir genel ifade ile grafiksel olarak temsil edilebilir. Model elemanı, diğer model elemanlarından türetilmiştir. LOD 100 elemanları geometrik temsiller değildir. Bu gelişim seviyesine ait örnekler, bir bileşenin varlığını, şeklini, boyutunu veya kesin yerini göstermeyen diğer model öğelerine veya simgelere eklenmiş bilgilerdir. LOD 100 öğelerinden türetilen bilgiler yaklaşık olarak dikkate alınmalıdır [65].

LOD 200: Model elemanı, yaklaşık boyut, miktar, şekil, konum ve yönelim bilgileri ile genel bir sistem veya nesne halinde, grafik olarak temsil edilir. Grafik olmayan bilgiler de model elemanına eklenebilir. Bu LOD seviyesindeki elemanlar, hacimsel anlamda, genel yer tutucularıdır. Temsil ettikleri bileşenler olarak tanınabilirler veya sadece alan rezervasyonu için hacim oluşturabilirler. LOD 200 seviyesindeki öğelerden türetilen bilgiler yaklaşık olarak dikkate alınmalıdır [65].

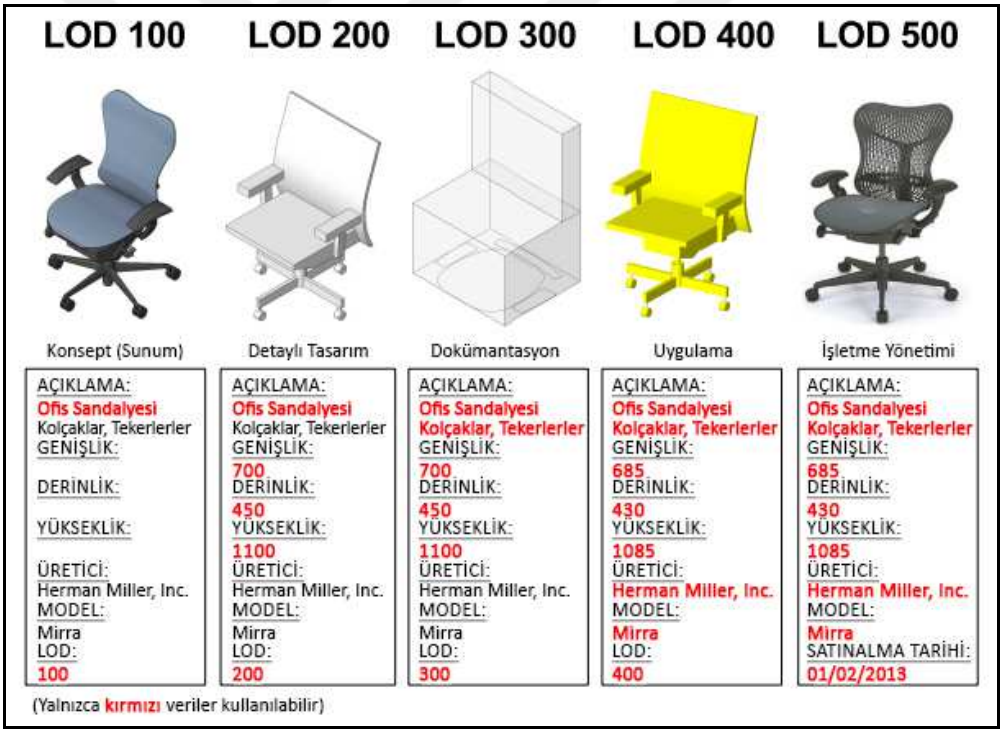
LOD 300: Model elemanı, belirli bir boyut, miktar, şekil, konum ve yönelim bilgileri ile spesifik bir sistem veya nesne halinde, grafik olarak temsil edilir. Grafik olmayan bilgiler de model elemanına eklenebilir. Öğe, tasarlandığı şekilde miktarı, boyutu, şekli, konumu ve yönü ile, notlar veya tip detaylar gibi modellenmemiş bilgilere atıfta bulunmadan modelden doğrudan doğruya ölçülebilir [65].

LOD 350: Model Elemanı, belirli bir boyut, miktar, şekil, konum, yön ve diğer bina sistemleriyle arayüzler açısından spesifik bir sistem veya nesne halinde grafiksel olarak temsil edilir. Grafik olmayan bilgiler de model elemanına eklenebilir. Elemanın yakın ya da ekli elemanlarla koordinasyonu için gerekli parçalar modellenmiştir. Bu parçalar destek ve bağlantılar gibi öğeleri içerecektir. Öğenin tasarlandığı şekilde miktarı,

boyutu, şekli, konumu ve yönü, notlar veya tip detaylar gibi modellenmemiş bilgilere atıfta bulunmadan modelden doğrudan doğruya ölçülebilir [65].

LOD 400: Model elemanı, detaylandırma, imalat, montaj ve kurulum bilgileri ile boyut, şekil, konum, miktar ve yön bakımından belirli bir sistem veya nesne halinde grafik olarak temsil edilir. Grafik olmayan bilgiler de model elemanına eklenebilir. LOD 400 seviyesindeki bir model elemanı, temsil edilen bileşenin üretimi için yeterli ayrıntı ve doğrulukta modellenmiştir. Öğenin tasarlandığı şekilde miktarı, boyutu, şekli, konumu ve yönü, notlar veya tip detay gibi modellenmemiş bilgilere atıfta bulunmadan modelden doğrudan doğruya ölçülebilir [65].

LOD 500: Model elemanı, boyut, şekil, konum, miktar ve yön açısından sahadaki gerçek halinin bir doğrulaması ve temsilidir. Grafik olmayan bilgi de model elemanlarına eklenebilir [65].



Şekil 2.7 Bir ofis koltuğu örneğinde LOD seviyeleri ve kullanılabilir veri içerikleri

2.3 YBM ile İlgili Protokoller

YBM Protokolleri, bir hedefe ulaşmak ya da ölçülebilir bir sonuç vermek için ayrıntılı adımlar veya koşullar sağlayan, metinsel ya da grafiksel formatta (süreç haritaları, akış şemaları vb.), fiziksel ya da dijital formatta belgeler veya talimatlardır (Kassem, Succar

vd. [53]). Hâlihazırda mevcut olan YBM protokolleri, üç alanın (politika, teknoloji ve süreç) ve hedef kitlelerinin (endüstri, proje ve işletme) kapsamı açısından gözden geçirilmektedir (Çizelge 2.2).

Çizelge 2.2 YBM protokollerinin kapsamlı olmayan bir listesinin gözden geçirilmesi (Kassem, M. vd. [54])

Protokol	Ülke, Yıl	Alan			Hedef			Kısa açıklama
		Teknoloji	Süreç	Politika	Kurumsal	Proje	Endüstri	
AGC - Consensus Docs 301 BIM Addendum	U.S., 2006		●	●			●	YBM kullanımıyla ilişkili yasal ve yönetimsel konular için standart sözleşme belgeleri
USACE, BIM Project Execution Plan, ver 1.0	U.S., 2006		●		●			Amerika Birleşik Devletleri Ordusu Mühendisleri Birliği'nin mühendislik işleri ve askeri inşaat süreçlerinde YBM'yi uygulama aşamasına odaklı uygulamak için protokoller
NIST, 2007	U.S., 2007	●					●	Bilgi alışverişi için standart tanımlar
AIA – E202	U.S., 2008			●	●		●	Detay seviyesi (LoD) için ptorokol, modellerin kullanımları yönünden Lod, sorumluluklar yönünden LoD
CRC-CI national guidelines for digital modeling	AU, 2009		●				●	Büyük ölçekli projelerde oluşturma, bakım, modelleme prosedürleri ve uygulamalar için kılavuzlar
The State of Ohio BIM Protocols	U.S., 2010			●	●			Bina sahipleri için genel rehber (nitelikler, sözleşmeler, teklif şartları, sözleşmeler için talepler)
GSA, 3D-4D-BIM Program Guidelines	U.S., 2010	●	●		●			BİM uygulamalarına katılan GSA üyeleri ve danışmanları için genel rehber
Penn State University – project execution planning guide, ver 2	U.S., 2010		●				●	YBM kullanımlarının uygulanmasına yardımcı olacak süreç haritaları ve şablon kaynakları
AEC (UK) BIM Protocol	UK, 2012		●				●	YBM öğelerinin oluşturulması hakkında bilgilendirmek ve işbirliğini kolaylaştırmak için Revit, Bentley, ArchiCAD ve Vectorworks'e özgü yönergeler
BSI / CIC BIM Protocols	UK, 2012		●	●			●	Proje ekibi üyelerine, modellerin izin verilen kullanımlarına, detay seviyelerine ve diğer sözleşme şartlarına göre üretilecek model bazlı gereksinimleri belirleyen rehberler
RIBA: BIM Overlay to the RIBA Outline	UK, 2012			●			●	YBM'nin RIBA çalışma planını nasıl değiştirdiğine genel bir bakış
New York City Council – BIM guidelines	U.S., 2012			●	●			Belediyelerde YBM'nin kullanımı için temel kurallar
Singapore BIM Guide (ver 1.0)	SG, 2012		●				●	Tek ve çok disiplinli modelleme ve işbirliği için kılavuzlar

Çizelge 2.2, birçok ülkede akademik kurumlar, endüstri organları, kamu otoriteleri ve teknoloji sağlayıcıları tarafından yayınlanan YBM protokollerinin çoğaldığını göstermektedir. (Kassem, M. vd. [54])

Endüstri seviyesine yönelik protokollerde (ör., USACE, BIM Project Execution Plan, 1.0) protokoller, belirli bir YBM kullanımı için (örneğin, 4D planlama) üretmek için gereken en üst düzey adımları temsil eden Level 1[4] YBM süreç haritalarından oluşur. Kurumsal düzeyde amaçlanan protokoller (Örn.: AIA – E202, New York City Council, The State of Ohio BIM Protocols, vb.), çoğunlukla, kararlaştırılmış YBM kullanımlarına dair, paydaşların rol ve sorumlulukları ile detay seviyelerinin sağlanması ile ilgilidir [54].

Sonuç olarak, Çizelge 2.2'de görüldüğü üzere, bu tür protokoller, detaylardaki ayrıntı düzeyi ve istenen verimliliğin-etkililiğin sağlanması için; proje düzeyinde gerekli uygulama değişkenlerinin dahil edilmesinden yoksun kalmaktadır. Ek olarak çizelge, mevcut protokollerin hiçbirinin eş zamanlı olarak tüm bilgi alanlarına (teknoloji, süreç ve politika), alt alanlarına ve değişkenlerine hitap etmediğini göstermektedir [54].

2.4 YBM Uygulama Planları

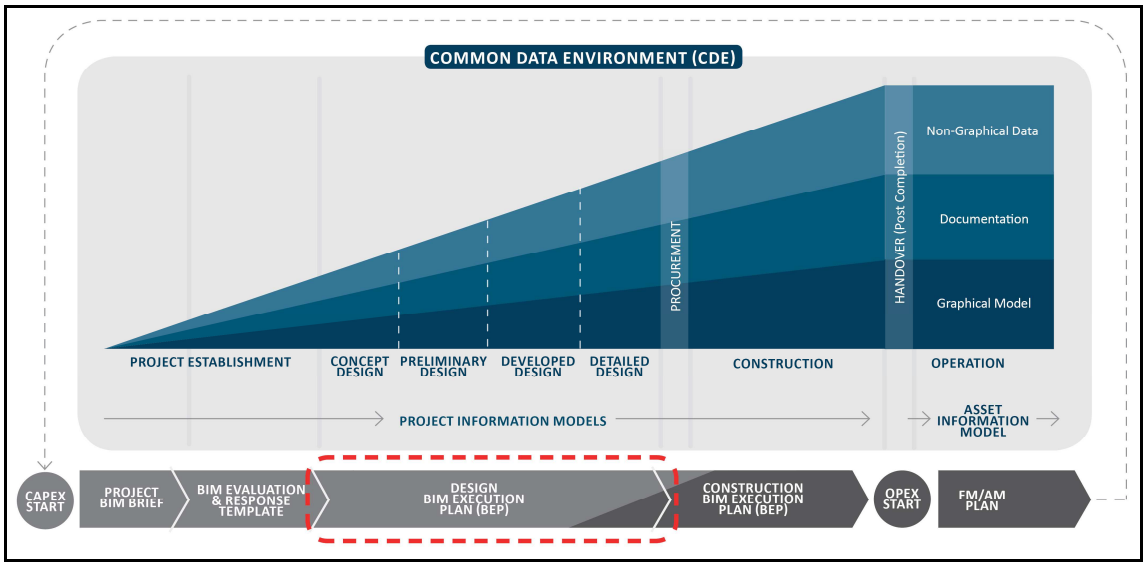
YBM ile oluşturan sistem, üç boyutlu sayısal modelleme yapısıyla görsel bir modelin çok ötesine geçerek, yapının imalatı ile ilgili tüm bilgileri içeren, sürekli geliştirilebilen çok fonksiyonlu bir yönetim ve bilgi paylaşım aracı görevi görmektedir. YBM metodunun avantajlarının ana kaynağını, projedeki bileşenlere atanan sınırsız parametreler içerisine girilen veriler oluşturmaktadır. Fakat bileşenlere girilebilecek potansiyel verilerin gerekliliğini oluşturacak ihtiyaçların bilgisi, zaman ve iş gücü kaybını önlemek için, modelin oluşturulmasına başlanmadan önce belirlenmelidir. Bu sebeple, YBM yaklaşımının en kritik noktasını, bu modelin nasıl uygulanacağının belirlendiği YBM Uygulama Planı oluşturmaktadır.

YBM Uygulama Planı, YBM yaklaşımı ile üretilecek projenin tanımına, kapsamına, özel risklerine, hedeflerine, modelleme stratejisine-kurallarına, kaynaklarına, teknolojik altyapı gereksinimlerine, paydaşlarına, ekiplerine ait bilgi ve kararları içeren veriler bütünüdür. Bu planda verilen-verilmeyen kararlar, YBM araçlarının ve modellerinin yararlarını doğrudan etkilemektedir. YBM'nin kullanımının yaygınlaşması ile birlikte, devletler, üniversiteler, standart enstitüleri, meslek odaları gibi birimler, yöntemin

[4] Level 1: Tezin 2. bölüm, 2. kısmında açıklanan YBM olgunluk seviyelerinin ikincisi.

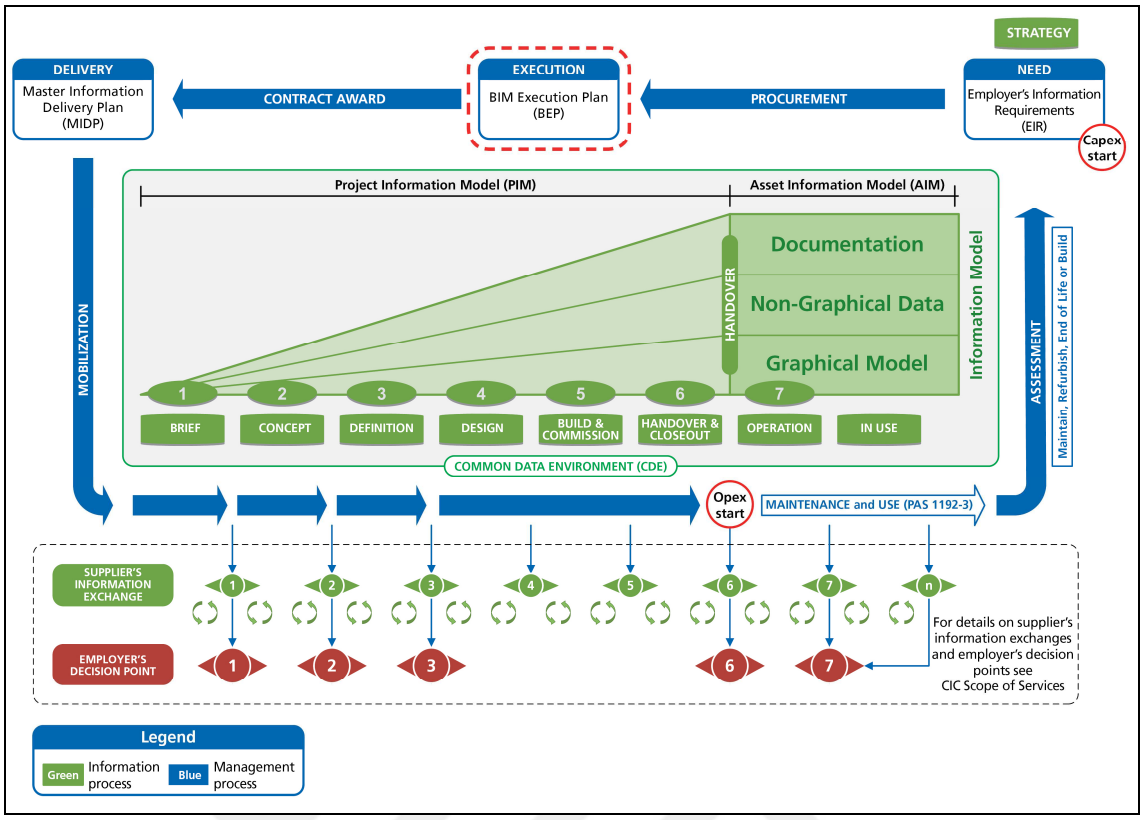
gelişmesi için çalışmalar yapmaktadır. Bu çalışmalar doğrultusunda oluşturulan standartlar ve protokoller ise Mimarlık, Endüstri ve İnşaat sektörünün paydaşları tarafından, proje süreçlerinin planlanmasında kullanılmaktadır.

YBM'yi tanımlarken betimlenen yapı yaşam döngüsünün planlama, tasarım ve uygulama aşamaları içinde, üretilen verinin hangi yollar izlenerek kullanılacağını tasvir eden bilgi teslim döngüsü tanımlamaları mevcuttur. YBM uygulama planlarının bu döngüler içerisindeki yeri, genel itibariyle benzer aşamada; tasarım süreci öncesinde konumlanmaktadır.



Şekil 2.8 YBM Bilgi Teslim Döngüsü (NZ BAC [3])

Örneğin, Yeni Zelanda YBM İvmelendirme Komitesi'nin (NZ BAC) anlatımında YBM uygulama planı, tasarım sürecinin tamamı için kullanılmak üzere, sürecin başında hazırlanmaktadır.



Şekil 2.9 YBM Bilgi Teslim Döngüsü (BSI PAS 1192-2:2013 [1])

Daha detaylı akış şeması içeren bir diğer örnekte, İngiliz Standartları Enstitüsü'nün anlatımına göre [1], YBM Uygulama Planı, sözleşme aşamasında hazırlanmaktadır.

YBM Uygulama Planı, otoritelerin süreç yorumlamaları ile aşamalara göre farklı isimlerde örneklenebilmektedir. Yeni Zelanda [3] örneğindeki Tasarım YBM Uygulama Planı ile İnşaat YBM Uygulama Planı, CPIc [43] örneğindeki Sözleşme Öncesi YBM Uygulama Planı ile Sözleşme Sonrası YBM Uygulama Planı, bu durumun örneklerindendir. İlgili otoritelerin hazırladığı YBM Uygulama Planı dokümanları, aynı genel metod sürecinin benzer kısımları için hazırlansa da, içerikleri yönünden farklılıklar barındırabilmektedir. Bir plan örneğindeki içeriğin, diğerinde farklı bir düzenleme ile ele alınması otoritenin yorum farkı olarak nitelendirilirken; içeriğin diğer planda eksik olması, YBM metodundan alınacak verimi azaltma yönünden riskler oluşturmaktadır.

2.4.1 YBM Uygulama Planı İçerikleri

YBM Uygulama Planı'nın içerikleri ile ilgili tanımlar ve anlatımlar yapan iki ana doküman üzerinden inceleme yapılmıştır. Bunlardan ilki, İngiliz Standartları Enstitüsü

(BSI) tarafından hazırlanmış PAS 1192-2:2013 [1] kodlu doküman; diğeri ise Penn State University (PSU) tarafından hazırlanmış olan BIM Project Execution Planning Guide [2] adlı kitaptır. Bu iki dokümandan ilki olan PAS 1192-2:2013, YBM Uygulama Planı'na dair barındırdığı temel ve teorik bilgiler dolayısıyla seçilmiştir. İkincisi olan BIM Project Execution Planning Guide ise, pratikte YBM Uygulama Planı konusuna dair rehber niteliğindeki bilgileri için seçilmiştir. PSU'nun bu çalışmasının, Kassem vd. [54] tarafından yapılan karşılaştırmada Çizelge 2.2'te YBM protokolleri ile yer alması, dokümanın çok yönlülüğünü de göstermektedir.

2.4.1.1 BSI'ya Göre YBM Uygulama Planı İçerikleri

BSI tarafından PAS 1192-2:2013'te BIM Execution Plan olarak adlandırılan ve ülkemizde YBM Uygulama Planı olarak bilinen BEP; YBM modelinin sağlayıcısı tarafından bir projenin bilgi modelleme safhalarının nasıl gerçekleşeceğini anlatmak için hazırlanan bir plandır [1].

BEP'in içerikleri aşağıdaki gibidir:

A. Yönetim

1) Roller, sorumuluklar ve yetkililer,

2) Proje programı ile uyumlu kilometre taşları,

3) Proje Bilgi Modeli[5] teslim stratejisi (örnek: CIC[6] programları)

4) Point cloud[7], light detecting and ranging (LIDAR), global navigation satellite systems (GNSS) yöntemlerini de içeren proje alanını ölçme stratejisi

5) Mevcut eski veri kullanımı

6) Bilgi onayı

7) PIM yetkilendirme süreci

[5] BSI PAS 1192-2:2013'te Project Informatıon Model (PIM) olarak geçen, bir projenin tasarım ve yapım sürecinde geliştirilen bilgi modeli.

[6] Construction Industry Council. İngiliz inşaat endüstrisini geliştirmek için kurulmuş bir şirket.

[7] Nokta bulutu. Bir alanın üç boyuttaki noktalar aracılığıyla modellenerek dijital ortama aktarılması ile elde edilen simülasyon.

B. Planlama ve Dokümantasyon

1) Tedarik zinciri kapasitesini teyit eden revize edilmiş PIP[8]

2) Ortak çalışma ve bilgi modellemeye dair kabul edilmiş proje süreci

3) Tedarik zincirine dair kabul edilmiş sorumluluk matrisi

4) TIDP[9]

5) MIDP[10]

C. Standart, Metod ve Prosedür

1) Hacim stratejisi

2) PIM orijini ve oryantasyonu (belirli bir projeksiyon kullanılarak gösterilen yeryüzündeki bir jeolojik referans da olabilir)

3) Dosya isimlendirme düzeni

4) Katman isimlendirme düzeni, ilgili alanlar;

5) Tüm disiplinler için kabul edilmiş yapım toleransları

6) Çizim sayfası şablonları

7) Açıklamalar, ölçülendirmeler, kısaltmalar ve semboller,

8) Attribute data[11]

D. IT Çözümleri

1) Yazılım versiyonları,

---

[8] Project Implementation Plan. Proje Uygulama Planı. Model sağlayıcıların, işverenin veri ihtiyacını karşılayabileceklerini gösteren, bilgi teknolojileri ve insan kaynakları yönünden yeterlilikleri ile ilgili bildirge.

[9] Task Information Delivery Plan. Her bir işe göre alt birimlere ayrılmış, format, tarih ve sorumluluk verileri içeren, teslim edilecekler listesi.

[10] Master Information Delivery Plan. Projenin ne zaman hazırlanacağı, projede kim tarafından ve hangi protokollerin ve prosedürlerin kullanılacağını ve ilgili tüm TIDP'leri içeren birincil plan.

[11] Attribute: Bir nesnenin kısmi bir tarifini oluşturan veri parçası.

2) İletişimde kullanılacak dosya formatları,

3) Süreç ve veri yönetim sistemleri

2.4.1.2 PSU'ya göre YBM Uygulama Planı içerikleri

The Pennsylvania State University tarafından hazırlanmış olan BIM Building Information Modeling Project Execution Planning Guide içeriğinde tasvir edilen YBM uygulama planı BIM Project Execution Plan (BIM PxP) olarak adlandırılmıştır. İçerik itibariyle BSI PAS 1192-2:2013'teki plan ile büyük ölçüde benzerlikler taşırken, daha detaylı bir kategorizasyon kurgusu ile oluşturulmuştur [2]. BIM PxP'nin içeriği aşağıda açıklanmıştır:

A. YBM Proje Uygulama Planının Genel Amacına Dair Bilgiler

Planın önemini ve oluşturulma nedenlerini içeren kısımdır. Bu kısım, Proje ekibinin bir YBM Proje Yürütme Planı'nın yaratılmasının nedenini anlaması açısından önemlidir [2].

B. Proje Bilgileri

Plan, proje numaraları, proje yeri, proje açıklaması ve gelecekteki referanslar için kritik program tarihleri gibi kritik proje bilgilerini içeren kısımdır [2].

C. Personel İletişim Bilgileri

Referans bilgilerin bir parçası olarak, kilit proje personelinin iletişim bilgilerini içeren kısımdır. İşveren, tasarımcılar, danışmanlar, ana yükleniciler, alt yükleniciler, üreticiler ve tedarikçiler dahil olmak üzere her paydaştan en az bir temsilci tanımlanmalıdır [2].

D. Proje Hedefleri ve YBM Amaçları

Bu bölüm, proje ekibi tarafından belirlenen ve projenin planlama prosedürünün ilk adımında belirlediği stratejik değeri ve YBM için spesifik kullanımları belgelemelidir [2].

E. Organizasyonel Roller ve Kadrolaşma

YBM uygulama planının önemli görevlerinden biri, projenin çeşitli aşamalarında YBM planlama ve yürütme sürecinin koordinatörlerini tanımlamaktır. Bu görev, YBM uygulama planı'nın gelişmesinde önayak olacak olacak kurumun -kurumların- ve aynı

zamanda gerekli personelin seçilmesinde, planın başarılı bir şekilde uygulanması için özellikle önemlidir [2].

F. YBM Süreci Tasarımı

Bu bölüm, planlama sürecinin ikinci aşamasında geliştirilen süreç haritalarının kullanımı yoluyla yürütme sürecini açıkça göstermektedir. Plan, YBM kullanımlarının[12] genel haritasını, her YBM kullanımının ayrıntılı haritasını ve her haritadaki öğelerin açıklamasını içermelidir [2].

G. YBM Veri Değişimi

Bu kısımda, her YBM kullanımının uygulanması için gerekli olan model elemanları ve detay seviyesi bilgileri bulunmaktadır. Proje modellerinin, projenin tüm unsurlarını içermesine gerek yoktur. Fakat ekibin, model bileşenlerini oluştururken, spesifik talepleri yerine getirirken ve modelin değerini artırırken gereksiz modellemeyi engellemek için discipline edilmesi, veri değişimindeki detay seviyesi konusunun temel hedeflerindendir [2].

H. YBM ve İşverenin Veri Gereksinimleri

İşveren'in YBM ile ilgili gereksinimleri bu kısımda belgelenmeli ve anlaşılmalıdır. Bazı proje sahipleri çok özel YBM gereksinimlerine sahiptir. Planın YBM gereksinimlerinin, yerel formatta sahibinden alınması önemlidir. Bu sayede ekip, gereksinimlerin farkında olur ve bu gereksinimleri yerine getirecek şekilde plan yapabilir [2].

I. Ortak Çalışma Prosedürleri

Bu kısımda, proje ekibinin nasıl işbirliği yapacağı belgelenmektedir.
Ortak çalışma prosedürleri, takımın iletişim yöntemi, doküman yönetimi ve aktarımı, kayıt ortamı gibi konuları içeren işbirliği stratejilerini; spesifik ortak çalışma aktiviteleri ile ilgili çalışmanın hangi aşamada gerekli olacağını, bu aktiviteleri doğru bir şekilde yürütmek için gerekli katılımcı bilgilerini, gerçekleştirilecek aktivitenin yeri vb. bilgileri; veri değişimi için model teslim ve onay takvimi ile ilgili, gönderen, alan, bir defa mı

[12] YBM Kullanımı (BIM Use): Bir tesisin yaşam döngüsü boyunca, bir veya daha fazla spesifik hedefe ulaşmak uygulanan Yapı Bilgisi Modelleme uygulama yöntemi. 3B Koordinasyon, Keşif, Enerji Analizi vb.

yoksa belirli bir sıklıkta bir kaç defa mı gönderileceği, bu gönderimlerin tarihleri, dosya tipleri, dosyanın üretileceği yazılımlar, ana dosya ve gönderilecek değişim dosya türleri gibi bilgileri içermelidir.

Elektronik iletişim prosedürleri de, ortak çalışmanın bir parçasıdır. Bu sebeple, proje paydaşları ile iletişimde kullanılacak belge yönetimi düzeni, dosya klasörü yapısı, izinler ve erişim, klasör bakımı ve dosya adlandırma kuralları vb. yönünden çözülmeli ve tanımlanmalıdır.

Bunların yanında, proje takımının, interaktif çalışma alanı ile ilgili, proje döngüsü boyunca ihtiyaç duyacağı fiziksel ortama dair planlananlar ya da gerekenler de bu kısımda belirlenmelidir [2].

J. Model Kalite Kontrol Prosedürleri

Proje katılımcılarının belirlenen gereksinimleri karşıladığından emin olmak için geliştirilen prosedürlerdir. Her proje aşamasında ve bilgi alışverişi öncesinde model kalitesini sağlamak için bu prosedürler tanımlanır ve uygulanır. Bu prosedürler dahilindeki kalite kontrol yöntemleri, görsel control, çakışma kontrolü, standart kontrolü ve eleman doğrulama yöntemidir [2].

K. Teknoloji Altyapı İhtiyaçları

Gerekli donanım, yazılım platformları, yazılım lisansları, çalışma ağları ve model içerikleri bu kısımda belirlenmektedir. Bu altyapı ihtiyaçları yazılım platformlarının versiyonlarının yükseltilme zamanlamaları ve iletişimde kullanılacak dosya formatları gibi konuları da içerir [2].

L. Model Altyapısı

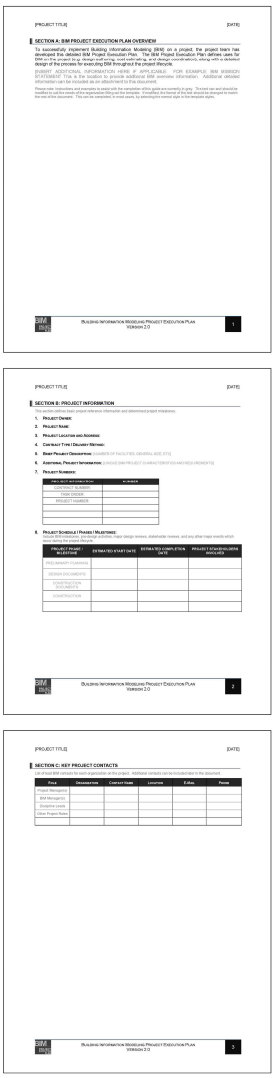
Oluşturulacak modelin altyapısına dair bilgiler bu kısımda yer almaktadır. Bu bilgiler genel olarak: tüm proje paydaşları için geçerli olacak bir dosya isimlendirme biçimi tanımlanması, modelin neye göre bölüneceğinin belirlenmesi (katlara, zonlara, bloklara göre vb.), model entegrasyonunun kolaylaştırılması için ölçü birimlerinin ve koordinat sisteminin tanımlanması, kullanılması planlanan modelleme standartlarının (YBM, CAD vb.), içerik referans bilgilerinin, model paylaşımında kullanılacak dosyaların türleri ve versiyonları (IFC vb.) ile özetlenebilir [2].

M. Proje Teslimleri

İşveren tarafından talep etilen teslim içeriği, aşamaları, önemli tarihleri, formatları ve diğer spesifik bilgiler bu kısımda yer almaktadır [2].

N. Teslim Stratejileri ve Anlaşmaları

Bu kısımda, YBM'nin projeye uygulanması yönünden tasarım stratejileri ve anlaşmaları ele alınmaktadır. Sözleşmelerde YBM ile ilgili bir zorunluluk-bağlayıcılık bulunup bulunmadığı, projenin geleceğindeki altyüklenici ve danışmanların YBM ile adaptasyonu ile ilgili stratejilere doğrudan etki eder. Proje teslim yaklaşımının tanımı, takım seçim prosedürü, YBM sözleşme dili konuları, bu stratejilerin ana başlıklarıdır. Proje teslim yaklaşımı, organizasyonel yapı ve teslim metodu, ihale metodu, ödeme metodu ve iş kırılım yapısı gibi kararlar yönünden; takım seçim prosedürü, takım üyelerinin YBM sorumluluklarını yerine getirebilmesi yönünden; YBM sözleşme dili ise proje paydaşlarının ortak çalışma performansını artıracak olan standartlar ve protokoller yönünden önemlidir [2].



[PROJECT TITLE] [DATE]

SECTION D: PROJECT GOALS / BIM USES

Describe how the BIM Model and Facility Data are leveraged to maximize project value (e.g. design alternatives, life-cycle analysis, scheduling, estimating, material selection, pre-fabrication opportunities, site placement, etc.) Reference www.engr.psu.edu/bim/download for BIM Goal & Use Analysis Worksheet.

1. **MAJOR BIM GOALS / OBJECTIVES:**
   State Major BIM Goals and Objectives

PRIORITY (HIGH/ MED/ LOW)	GOAL DESCRIPTION	POTENTIAL BIM USES

2. **BIM USE ANALYSIS WORKSHEET: ATTACHMENT 1**
   Reference www.engr.psu.edu/bim/download for BIM Goal & Use Analysis Worksheet. Attach BIM Use analysis Worksheet as Attachment 1.

3. **BIM USES:**
   Highlight and place an X next to the additional BIM Uses to be developed by the use of the BIM model as selected by the project team using the BIM Goal & Use Analysis Worksheet. See BIM Project Execution Planning Guide at www.engr.psu.edu/BIM/BIM_Uses for Use descriptions. Include additional BIM Uses as applicable in empty cells.

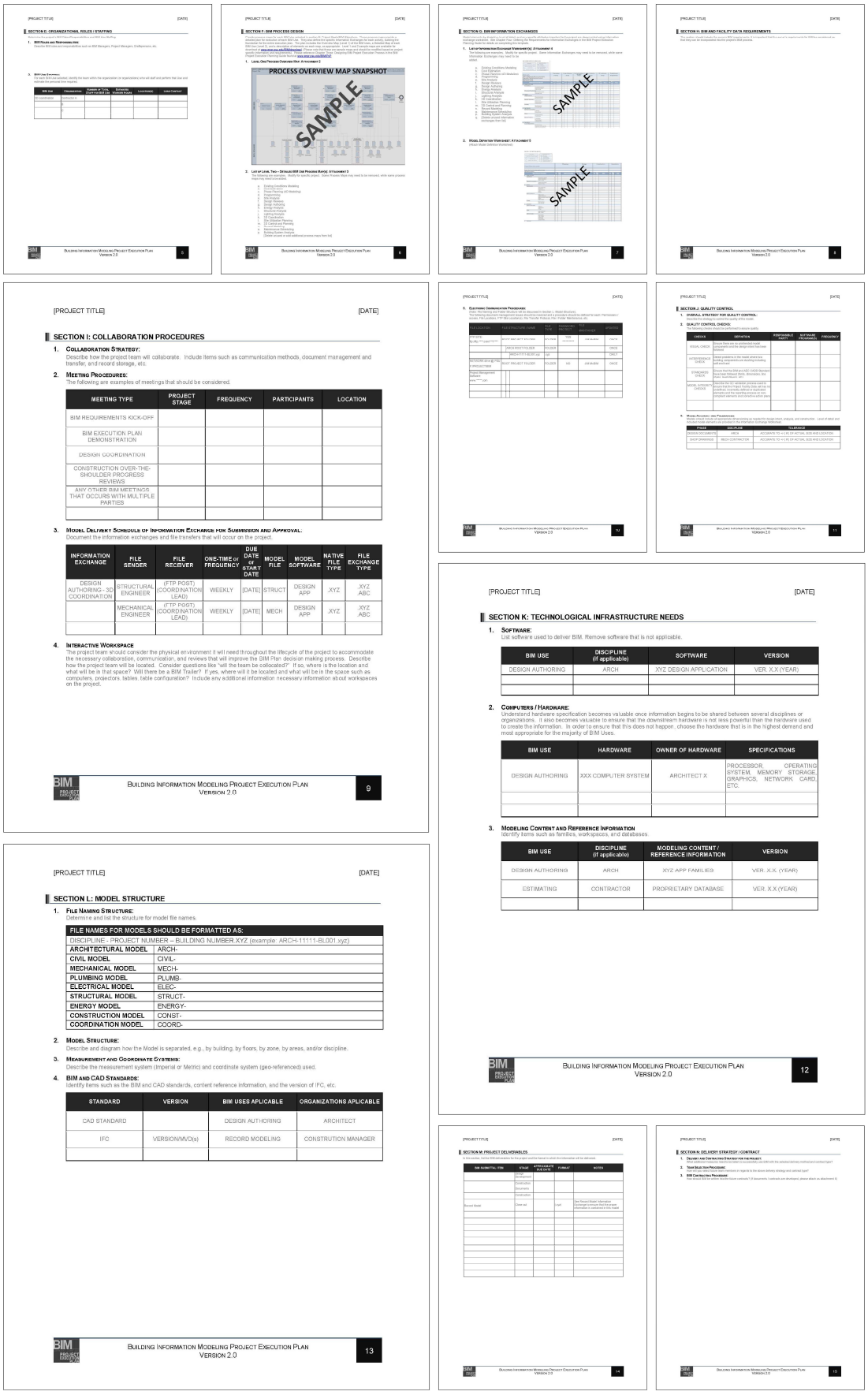
X	PLAN	X	DESIGN	X	CONSTRUCT	X	OPERATE
	PROGRAMMING		DESIGN AUTHORING		SITE UTILIZATION PLANNING		BUILDING MAINTENANCE SCHEDULING
	SITE ANALYSIS		DESIGN REVIEWS		CONSTRUCTION SYSTEM DESIGN		BUILDING SYSTEM ANALYSIS
			3D COORDINATION		3D COORDINATION		ASSET MANAGEMENT
			STRUCTURAL ANALYSIS		DIGITAL FABRICATION		SPACE MANAGEMENT / TRACKING
			LIGHTING ANALYSIS		3D CONTROL AND PLANNING		DISASTER PLANNING
			ENERGY ANALYSIS		RECORD MODELING		RECORD MODELING
			MECHANICAL ANALYSIS				
			OTHER ENG. ANALYSIS				
			SUSTAINABILITY (LEED) EVALUATION				
			CODE VALIDATION				
	PHASE PLANNING (4D MODELING)		PHASE PLANNING (4D MODELING)		PHASE PLANNING (4D MODELING)		PHASE PLANNING (4D MODELING)
	COST ESTIMATION		COST ESTIMATION		COST ESTIMATION		COST ESTIMATION
	EXISTING CONDITIONS MODELING		EXISTING CONDITIONS MODELING		EXISTING CONDITIONS MODELING		EXISTING CONDITIONS MODELING

BIM PROJECT EXECUTION PLAN

BUILDING INFORMATION MODELING PROJECT EXECUTION PLAN
VERSION 2.0

4

Şekil 2.10 PSU YBM Uygulama Planı Şablonu S. 1-4 [2]



[PROJECT TITLE] [DATE]

SECTION I: COLLABORATION PROCEDURES

1. **Collaboration Strategy:**
Describe how the project team will collaborate. Include items such as communication methods, document management and transfer, and record storage, etc.

2. **Meeting Procedures:**
The following are examples of meetings that should be considered.

MEETING TYPE	PROJECT STAGE	FREQUENCY	PARTICIPANTS	LOCATION
BIM REQUIREMENTS KICK-OFF				
BIM EXECUTION PLAN DEMONSTRATION				
DESIGN COORDINATION				
CONSTRUCTION OVER-THE-SHOULDER PROGRESS REVIEWS				
ANY OTHER BIM MEETINGS THAT OCCURS WITH MULTIPLE PARTIES				

3. **Model Delivery Schedule of Information Exchange for Submission and Approval:**
Document the information exchanges and file transfers that will occur on the project.

INFORMATION EXCHANGE	FILE SENDER	FILE RECEIVER	ONE-TIME or FREQUENCY	DUE DATE or START DATE	MODEL FILE	MODEL SOFTWARE	NATIVE FILE TYPE	FILE EXCHANGE TYPE
DESIGN AUTHORING- 3D COORDINATION	STRUCTURAL ENGINEER	(FTP POST) COORDINATION LEAD)	WEEKLY	[DATE]	STRUCT	DESIGN APP	XYZ	XYZ ABC
	MECHANICAL ENGINEER	(FTP POST) COORDINATION LEAD)	WEEKLY	[DATE]	MECH	DESIGN APP	XYZ	XYZ ABC

4. **Interactive Workspace**
The project team should consider the physical environment it will need throughout the lifecycle of the project to accommodate the necessary collaboration, communication, and reviews that will improve the BIM Plan decision making process. Describe how the project team will be located. Consider questions like "will the team be collocated?" If so, where is the location and what will be in that space? Will there be a BIM Trailer? If yes, where will it be located and what will be in the space such as computers, projectors, tables, table configuration? Include any additional information necessary information about workspaces on the project.

BIM PROJECT EXECUTION PLAN — Building Information Modeling Project Execution Plan Version 2.0 — 9

[PROJECT TITLE] [DATE]

SECTION L: MODEL STRUCTURE

1. **File Naming Structure:**
Determine and list the structure for model file names.

FILE NAMES FOR MODELS SHOULD BE FORMATTED AS:	
DISCIPLINE - PROJECT NUMBER – BUILDING NUMBER.XYZ (example: ARCH-11111-BL001.xyz)	
ARCHITECTURAL MODEL	ARCH-
CIVIL MODEL	CIVIL-
MECHANICAL MODEL	MECH-
PLUMBING MODEL	PLUMB-
ELECTRICAL MODEL	ELEC-
STRUCTURAL MODEL	STRUCT-
ENERGY MODEL	ENERGY-
CONSTRUCTION MODEL	CONST-
COORDINATION MODEL	COORD-

2. **Model Structure:**
Describe and diagram how the Model is separated, e.g., by building, by floors, by zone, by areas, and/or discipline.

3. **Measurement and Coordinate Systems:**
Describe the measurement system (Imperial or Metric) and coordinate system (geo-referenced) used.

4. **BIM and CAD Standards:**
Identify items such as the BIM and CAD standards, content reference information, and the version of IFC, etc.

STANDARD	VERSION	BIM USES APLICABLE	ORGANIZATIONS APLICABLE
CAD STANDARD		DESIGN AUTHORING	ARCHITECT
IFC	VERSION/MVD(s)	RECORD MODELING	CONSTRUTION MANAGER

BIM PROJECT EXECUTION PLAN — Building Information Modeling Project Execution Plan Version 2.0 — 13

[PROJECT TITLE] [DATE]

SECTION K: TECHNOLOGICAL INFRASTRUCTURE NEEDS

1. **Software:**
List software used to deliver BIM. Remove software that is not applicable.

BIM USE	DISCIPLINE (if applicable)	SOFTWARE	VERSION
DESIGN AUTHORING	ARCH	XYZ DESIGN APPLICATION	VER. X.X (YEAR)

2. **Computers / Hardware:**
Understand hardware specification becomes valuable once information begins to be shared between several disciplines or organizations. It also becomes valuable to ensure that the downstream hardware is not less powerful than the hardware used to create the information. In order to ensure that this does not happen, choose the hardware that is in the highest demand and most appropriate for the majority of BIM Uses.

BIM USE	HARDWARE	OWNER OF HARDWARE	SPECIFICATIONS
DESIGN AUTHORING	XXX COMPUTER SYSTEM	ARCHITECT X	PROCESSOR, OPERATING SYSTEM, MEMORY, STORAGE, GRAPHICS, NETWORK CARD, ETC.

3. **Modeling Content and Reference Information**
Identify items such as families, workspaces, and databases

BIM USE	DISCIPLINE (if applicable)	MODELING CONTENT / REFERENCE INFORMATION	VERSION
DESIGN AUTHORING	ARCH	XYZ APP FAMILIES	VER. X.X. (YEAR)
ESTIMATING	CONTRACTOR	PROPRIETARY DATABASE	VER. X.X (YEAR)

BIM PROJECT EXECUTION PLAN — Building Information Modeling Project Execution Plan Version 2.0 — 12

Şekil 2.11 PSU YBM Uygulama Planı Şablonu S. 5-15 [2]

2.4.2 Yapı Sektörü Otoritelerince Hazırlanmış YBM Uygulama Planlarının Karşılaştırılması

YBM Uygulama Planı, kaynaklara bağlı olarak, süreç içerisindeki aşamalara göre türleşebilmektedir. Planlar arası karşılaştırmaya elverişli seçim yapılabilmesi açısından, aynı kaynaktaki çeşit barındıran planların diğer planlarla ortak süreci içerenleri seçilip, sözleşme öncesi, uygulama vb. özelleşmiş olanları incelemeye alınmamıştır. Çalışmada incelenen YBM Uygulama Planları seçilirken, planın bir devlet, üniversite, enstitü, komite ya da meslek odası tarafından hazırlanmış ve yayınlanmış olması gözetilmiştir. Planlar incelenirken, içerikler, üst başlıkları üzerinden karşılaştırılmıştır.

İncelenen YBM Uygulama Planları, içerikleri yönünden ele alınmışlardır. Planların birbirleri ile karşılaştırılabilmesi ve değerlendirilebilmesi için ihtiyaç duyulan içerik gruplandırma prensibi, YBM Uygulama Planı oluşturma üzerine yazılmış, The Pennsylvania State University The Computer Integrated Construction Research Group tarafından hazırlanmış Building Information Modeling Project Execution Planning Guide [4] adlı kaynaktaki içerik kategorileri üzerinden oluşturulmuştur. Bu kategoriler:

1. Proje Referans Bilgileri: Projeyi tanımlayan genel ve kritik bilgiler ile proje personelinin iletişim bilgileri

2. Proje Hedefleri ve YBM Amaçları: Seçilen YBM kullanımlarına dair spesifik bilgiler ve YBM hedeflerinin listesi

3. YBM Süreci Tasarımı: YBM kullanımlarının genel haritasını, her YBM kullanımının ayrıntılı haritasını ve her haritadaki öğelerin açıklaması

4. Teslim Stratejileri ve Anlaşmaları: Proje genelindeki teslim yapısının ve anlaşmaların tanımı

5. YBM Kapsam Tanımları: Teslim edilecek YBM çıktılarına dair detay seviyelerinin, sorumlu paydaşların ve spesifik model taleplerinin tanımı

6. Organizasyonel Roller ve Sorumluluklar: Her bir proje paydaşının rollerini sorumluluklarla birlikte tanımlanması

7. İletişim Prosedürleri: Elektronik ve toplantı bazlı iletişim prosedürleri

8. Teknoloji Altyapı İhtiyaçları: Gerekli donanım, yazılım, alan ve ağ ihtiyaçları

9. Model Kalite Kontrol Prosedürleri: Modelin nasıl oluşturulacağının, organize edileceğinin, iletileceğinin ve kontrol edileceğinin tanımlanması

Bu kategoriler altındaki verilere sahip olup olmama durumu üzerinden incelenecek olan YBM Uygulama Planlarının bulunması için; üniversiteler, enstitüler, devletler gibi yapı sektörü otoritelerince hazırlanmış ve yayınlanmış olan YBM Uygulama Planı örnekleri araştırılmıştır.

Bu araştırma ile MIT [37], Harvard University [38], Princeton University [39], Penn State University [2] gibi üniversitelerce hazırlanmış planlar; Amerika Birleşik Devletleri Ordusu Mühendisleri Birliği (USACE) [40], Singapur Ulusal Kalkınma Bakanlığı (Singapur BCA) [9], Yeni Zelanda İşletme, İnovasyon ve İstihdam Bakanlığı (NZ BAC) [41] gibi kurumların kendi ülkeleri için kurdukları çalışma birimlerince hazırlanmış devlet destekli planlar; Birleşik Krallık Mimarlık Mühendislik Yapı Endüstrisi Komitesi (AEC UK) [42], Yapı Proje Bilgi Komitesi (CPIc) [43] gibi komitelerce tanımlanmış planlar incelemeye alınmıştır.

Bu kurum ve kuruluşların oluşturduğu 9 adet plan örneğinin içerikleri, ilk adımda belirlenen kategorilerce veri barındırma durumuna göre karşılaştırılmıştır, (Çizelge 2.3).

Çizelge 2.3 YBM Uygulama Planı örneklerinin içerik karşılaştırması

Yazar	Plan Adı	Ülke, Yıl	1. Proje Referans Bilgileri	2. Proje Hedefleri ve YBM Amaçları	3. YBM Süreci Tasarımı	4. Teslim Stratejileri ve Anlaşmaları	5. YBM Kapsam Tanımları	6. Organizasyonel Roller ve Sorumluluklar	7. İletişim Prosedürleri	8. Teknoloji Altyapı İhtiyaçları	9. Model Kalite Kontrol Prosedürleri
Penn State University CIC	BIM Execution Planning Guide v2.1, BIM PxP Template	US, 2011	●	●	●	●	●	●	●	●	●
AEC (UK)	BIM Protocol Project Execution Plan v2.0	UK, 2012	●	●	-	-	●	●	●	●	●
Princeton University	BIM Execution Plan Template	US, 2012	-	●	-	●	●	●	●	●	-
USACE	BIM Project Execution Plan v2.1	US, 2012	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Singapore BCA	Singapore BIM Guide v2.0 BIM Execution Plan	Singapore, 2013	●	●	-	●	●	-	●	●	●
Harvard UCMC	Guide to BIM Execution Planning, BIM Execution Plan Template	US, 2013	-	●	●	●	●	●	●	●	●
CPIc	Post Contract-Award BIM Execution Plan	UK, 2013	●	●	●	●	●	●	●	●	●
MIT Department of Facilities	BIM Execution Plan v6.0	US, 2016	●	●	●	●	●	●	●	●	●
New Zealand BAC	New Zealand BIM Handbook Project BIM Execution Plan	NZ, 2016	●	●	●	●	●	●	●	●	●

●: Var - : Yok

Karşılaştırmada kullanılan 9 kategorinin tümünde veri barındıran planlar: Penn State University [2], MIT [37], USACE [40], Yeni Zelanda BAC [3], CPIc [43] tarafından üretilen planlar olduğu tespit edilmiştir. Benzer planlar üzerine yapılmış, literatürdeki karşılaştırma örneklerinde görülen eski versiyonlardaki eksiklik barındıran planların (USACE, v1.0), sonraki versiyonlarında (USACE v2.1) eksiklerini giderdiği görülmüştür. Planlar arasında, içerik kategorilerine konu olan kısımların, bir tanesinde herhangi bir şablon vermeden sadece başlıkla geçilirken (Singapur BCA), diğerinde detaylanıp genişleyerek, plana ek doküman ya da plandan ayrı doküman haline geldiği görülmüştür. (Yeni Zelanda BAC)

Planların hazırlanma yılları dikkate alındığında, günümüze gelindikçe, planlardaki içerik eksiklerinin tamamlanmakta; benzer standartların kullanılması ile ideal kategorileşme oluşmaktadır. Literatürde yapılan karşılaştırma çalışmaları, planların gelişimine katkı sağlamaktadır. İçerik eksiklikleri YBM metodundan elde edilecek verimi düşürme riski

barındırırken, içeriklere dair açıklamaların ve şablonların eksikliği, planların kullanılabilirliğini azaltmaktadır.

Bu kısımda yapılan araştırma sonucunda, tezin hipotezlerinden ilki olan "YBM uygulama planı içerikleri, yapı otoritelerinin yayınladığı farklı örneklerde benzer biçimde hazırlanmıştır." tamamen olmasa da, günümüze yaklaştıkça oluşan benzerlik ile doğrulanmıştır.

2.5 YBM Yazılımları

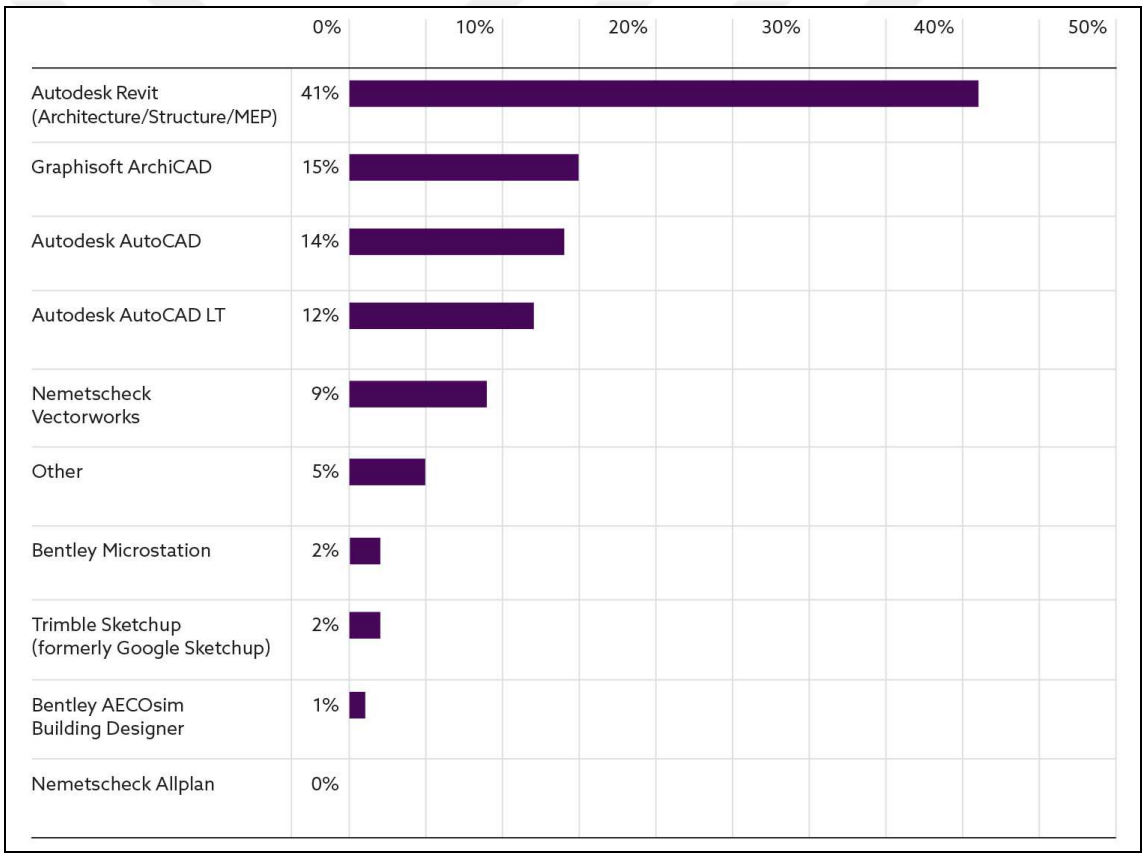
YBM yönteminin en önemli gereksinimlerinden biri olan YBM yazılımları, projelerin farklı süreçlerinde, değişik amaçlar ve çeşitli kullanıcı grupları için özelleşmektedir. Tasarım, uygulama ve işletme süreçlerindeki koordinasyon ve iletişim, iş programı, maliyet tahmini, tasarım gibi fonksiyonlar için üretilmiş, bu fonksiyonların bir veya bir çoğunu yerine getirebilen yazılımlar üretilmekte ve geliştirilmektedir, (Çizelge 2.4).

Çizelge 2.4 Başlıca YBM Yazılımları

	Mimari		**Sürdürülebilirlik**
1.	Autodesk Revit	1.	Autodesk Ecotect Analysis
2.	Graphisoft ArchiCAD	2.	Autodesk Green Building Studio
3.	Nemetschek Allplan Architecture	3.	Graphisoft EcoDesigner
4.	Gehry Technologies - Digital Project Designer	4.	IES Solutions Virtual Environment VE-Pro
5.	Nemetschek Vectorworks Architect	5.	Bentley Tas Simulator
6.	Bentley Architecture	6.	Bentley Hevacomp
7.	4MSA IDEA Architectural Design (IntelliCAD)	7.	DesignBuilder
8.	CADSoft Envisioneer		
9.	Softtech Spirit		
10.	RhinoBIM (BETA)		
	Statik		**Yapım (Simülasyon, Maliyet Analizi)**
1.	Autodesk Revit	1.	Autodesk Navisworks
2.	Bentley Structural Modeler	2.	Solibri Model Checker
3.	Bentley RAM, STAAD and ProSteel	3.	Vico Office Suite
4.	Tekla Structures	4.	Vela Field BIM
5.	CypeCAD	5.	Bentley ConstrucSim
6.	Graytec Advance Design	6.	Tekla BIMSight
7.	StructureSoft Metal Wood Framer	7.	Glue (by Horizontal Systems)
8.	Nemetschek Scia	8.	Synchro Professional
9.	4MSA Strad and Steel	9.	Innovaya
10.	Autodesk Robot Structural Analysis		
	MEP		**İşletme Yönetimi**
1.	Autodesk Revit	1.	Bentley Facilities
2.	Bentley Hevacomp Mechanical Designer	2.	FM: Systems FM: Interact
3.	4MSA FineHVAC + FineLIFT + FineELEC + FineSANI	3.	Vintocon ArchiFM (For ArchiCAD)
4.	Gehry Technologies Digital Project MEP Systems Routing	4.	Onuma System
5.	CADMEP (CADduct / CADmech)	5.	EcoDomus

YBM yazılımlarının fonksiyonel dağılımına bakıldığında, en çok sayıda yazılımın tasarım aşaması için, ardından yapım aşaması için ve en az sayıda yazılımın ise işletme yönetimi için üretildiği görülmektedir. Tasarım süreci için üretilen yazılımlarının sayısının bariz şekilde fazla oluşu, YBM'nin günümüzdeki kullanım ve gelişim düzeyinin tasarım sürecinde diğerlerine oranla daha fazla olduğunu göstermektedir.

Birleşik Krallık'ta hizmet veren NBS (National Building Specification) kurumunun, 2017 Ulusal YBM Raporu'nda sonuçlarını sunduğu NBS Ulusal YBM Anketi'ne katılan 1000'i profesyonelin "Çizim veya model üretirken hangi yazılımları kullanıyorsunuz?" soruna verdikleri cevaplarına göre, Autodesk Revit (% 41) ve Graphisoft ArchiCAD (% 15) Birleşik Krallık pazarında en çok kullanılan iki YBM yazılımı olarak görünmektedir [66].



Şekil 2.12 NBS Ulusal YBM Raporu 2017'ye göre, Birleşik Krallık'ta en çok kullanılan yazılımlar [66]

BÖLÜM 3

YBM YAZILIMI KULLANILABİLİRLİĞİ VE VAKA İNCELEMESİ

3.1 YBM Yazılımı Kullanılabilirliği

Bölüm 3'ün ilk kısmını oluşturan YBM Yazılımı kullanılabilirliği konusu, öncelikle kullanılabilirlik kavramının açıklanması ve bu kavramın YBM yazılımları üzerine uygulanması ile açıklanmıştır.

3.1.1 Kullanılabilirlik

Yazılımlarda kullanılabilirlik, birçok araştırmacı ve standart enstitüsünün çalışma konusu olmuştur. Çalışmaların genelinde, kullanılabilirlik kavramı, belirli parametreler yardımıyla tanımlanmıştır. Bu çalışma kapsamındaki YBM yazılımları ile ilgili kullanılabilirlik parametreleri de, bugüne kadar yapılmış önde gelen kullanılabilirlik araştırmalarında belirtilen parametreler doğrultusunda belirlenmektedir.

Yazılımların kullanılabilirliği üzerine hazırlanmış ilk standartlardan biri, Uluslararası Standartlar Kuluşu (ISO) tarafından hazırlanan, ISO 9241-11 numaralı standarttır. Bu standarta göre kullanılabilirlik, bir ürünün, belirli bir kullanıcı grubu tarafından, belirlenen bağlam ve amaçlar çerçevesinde etkililiği, verimliliği ve kullanıcı tatmini olarak tanımlanmaktadır [44].

Kullanılabilirlik, ürünü kullanan kişilerin görevlerini hızlı ve kolay bir şekilde yapabilmeleri anlamına gelir. Bu tanım dört noktaya dayanır: (1) Kullanılabilirlik, kullanıcılara odaklanma anlamına gelir; (2) insanlar ürünleri üretken olmak için kullanır; (3) kullanıcılar görevleri yerine getirmeye çalışan meşgul insanlardır; ve (4) kullanıcılar, bir ürünün kolaylıkla kullanıldığında, karar verirler, (Redish ve Dumas [46]).

Kullanılabilirlik, bir felsefe ile başlar; kullanıcı ihtiyaçlarını karşılamak ve mükemmel bir kullanıcı deneyimi yaratmaya odaklanmak için tasarıma dair bir inanç, aynı zamanda - kullanışlılığın asıl amacını üreten özel bir- süreç ve metodolojidir. Yeni bir kullanılabilirlik süreci, kimlerin bir ürünü kullandığına bakmak, amaçlarını ve ihtiyaçlarını anlamak ve "Bu ürün kullanıcılarımızın kullanılabilirlik gereksinimlerini ne kadar iyi karşılıyor?" sorusuna cevap bulmak için doğru teknikleri seçerek başlar, (Quesenbery, W. [47]).

Sonuçta, kullanılabilirlik bir şeylerin gerçekten iyi çalıştığından emin olmak demektir: ortalamanın (hatta ortalamanın altında) yetenek ve tecrübeye sahip bir kişinin, ilgili öğeyi, bir web sitesi, bir savaş jeti veya bir döner kapı olmasına bakmaksızın umutsuzca hayal kırıklığına uğramadan istenilen amaç için kullanabilmesi anlamına gelir, (Krug, S. [48]).

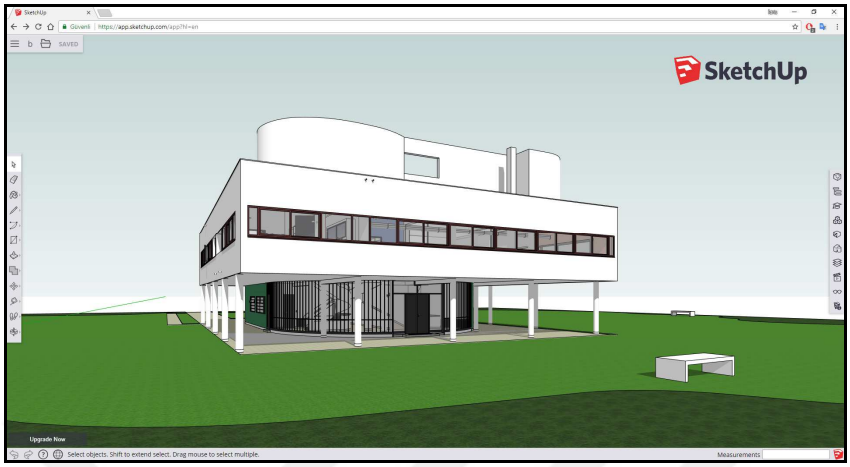
Yazılım kullanılabilirliği üzerine çalışmaları ile bilinen Jacob Nielsen'e göre de kullanılabilirlik, kullanıcı arayüzlerinin ne kadar kolay kullanılacağını değerlendiren bir kalite niteliğidir. Nielsen'e göre, kullanılabilirlik, arayüzün hayatta kalabilmesi için bir şarttır. Zira istediğini yapamayan bir kullanıcı, arayüzün bulunduğu platformu terkedecektir; istediğini yapamayan bir çalışanın platformda geçirdiği fazla süre bir iş kaybı oluşturacaktır. Bu açıdan kullanılabilirlik, bir çalışan üretkenliği meselesidir [45]. Kullanılabilirliğin bir kullanıcı arabiriminin tekil, tek boyutlu bir özelliği olmadığını fark etmek önemlidir. Kullanılabilirlik, birden çok bileşene sahiptir ve geleneksel olarak bu beş kullanılabilirlik özelliğiyle ilişkilendirilir: öğrenilebilirlik, verimlilik, hatırlanabilirlik, hatalar, memnuniyet, (Nielsen, J. [49]).

Bu çalışma dahilinde YBM yazılımları özelinde yapılmakta olan kullanılabilirlik ölçümleri, Nielsen'in kullanılabilirlik bileşenlerinden oluşturulan başlıkların parametreleştirilmesi ile gerçekleştirilmektedir.

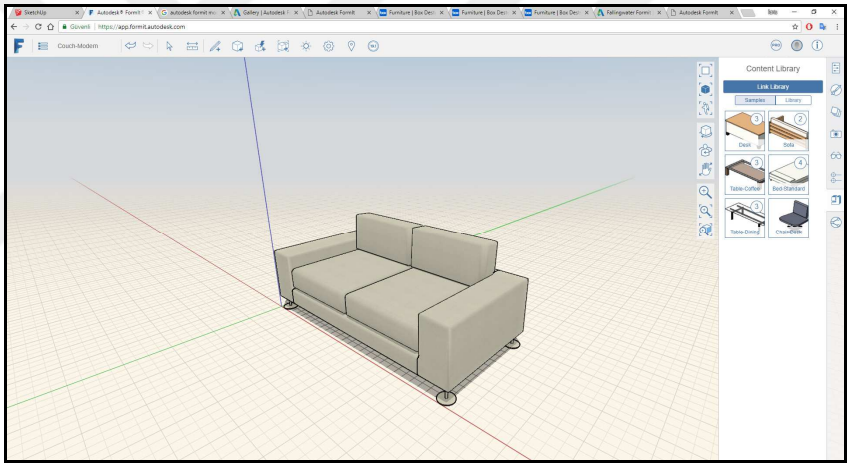
3.1.2 YBM Yazılımı Özelinde Kullanılabilik Kavramı

Kullanılabilirlik kavramı, yazılım arayüzleri içerisinde genel itibariyle internet sayfası arayüzleri ile anılmaktadır. YBM yazılımlarının piyasadaki kullanımlarında görülen değişimler de, kullanılabilirlik kavramının kullanım alanına paralel olarak ilerlemektedir. Konsept tasarım amaçlı katı modelleme yazılımlarının, bilgisayarların işletim

sistemlerine ek bir program olarak yüklenmeden, internet tarayıcıları vasıtası ile kullanılmaya başlanması (Trimble Sketchup Free, Autodesk Formit vb. örnekler) bu durumun en bilinen göstergesidir (Şekil 3.1 ve 3.2).



Şekil 3.1 İnternet tarayıcısında (Google Chrome) çalışan Sketchup Free (2018)



Şekil 3.2 İnternet tarayıcısında (Google Chrome) çalışan Autodesk Formit (2018)

YBM yazılımları, piyasa içerisinde ticari anlamda yer edinerek, büyük bir kullanıcı kitlesine hitap eder hale gelmiştir. Bu bakış açısına göre YBM yazılımları kullanılabilirlik kavramı için birer saha alanı oluşturduğu için, kullanılabilirlik kavramına dair çalışmalar, YBM yazılımları üzerine de uygulanabilir.

3.1.3 Kullanılabilirlik Parametreleri

YBM yazılımlarının proje süreci içerisinde ne kadar kullanılabilir olduklarını test edebilmek için, öncelikle kullanılabilirliğin ne tür özelliklerden oluştuğu incelenmelidir. Çalışma kapsamında incelenen vakada kullanılan YBM yazılımının kullanılabilirlik

seviyesi ile ilgili ölçümü yapabilmek için ihtiyaç duyulan parametreler, doğrudan kullanılabilirlik özelliklerinden oluşturulacaktır.

Kullanılabilirliği tanımlayan özellikler, birçok araştırmacı tarafından farklı şekilde belirlenmiştir. Teknolojik gelişme yönünden farklı zamanlarda, farklı kişiler tarafından yapılmış tanımlama çalışmaları Jeng tarafından [50] de bir tablo halinde derlenmiştir:

Çizelge 3.1 Kullanılabilirlik özellikleri (Jeng, J. [50])

Yazarlar	Özellikler
Booth(1989)	faydalılık, etkililik, öğrenilebilirlik, tutum
Brinck et al. (2002)	fonksiyon olarak doğruluk, kullanım verimliliği, öğrenme kolaylığı, hatırlama kolaylığı, hata toleransı, öznel memnuniyet
Clairmont et al. (1999)	başarılı öğrenme ve bir hedefi başarmak için bir ürünü kullanma
Dumas & Redish (1993)	çabuk ve kolayca görevleri başarma
Furtado et al. (2003)	kullanım ve öğrenim kolaylığı
Gluck (1997)	kullanışlılık, faydalılık
Guillemette (1995)	görevleri yerine getirmek için hedef kullanıcı tarafından etkili kullanım
Hix & Hartson (1993)	ilk performans, uzun dönem performansı, öğrenilebilirlik, kalıcılık, ileri özellik kullanımı, ilk etki, uzun dönem kullanıcı memnuniyeti
ISO (1994)	etkililik, etkinlik, memnuniyet
Kengeri et al. (1999)	etkililik, memnunluk, öğrenilebilirlik, kullanışlılık
Kim (2002)	arayüz etkililiği
Nielsen (1993)	öğrenilebilirlik, verimlilik, hatırlanabilirlik, hatalar, memnuniyet
Qulanov & Pajarillo (2002)	etki, etkinlik, kontrol, yardımseverlik, uyum yeteneği
Shackel (1981)	kullanım kolaylığı, etkililik
Shackel (1986, 1991)	etkililik, öğrenilebilirlik, esneklik, kullanıcı tutumu

Çalışma kapsamında, YBM yazılımlarının kullanılabilirliği, her bir özelliğin başlığı altındaki soruların kullanıcılara sorulması ile ölçülecektir. Bu özelliklerden, tezin devamında, kullanılabilirlik parametreleri olarak bahsedilmiştir.

Jeng'in tablosundaki bir yazarın terimlerinin seçilmesi işinde, parametre olarak belirlenecek terimlerin çeşitliliği ve kapsayıcılığı gözetilmiştir. Bu bakış açısı ile Nielsen'in kullanılabilirlik özellikleri olan öğrenilebilirlik, verimlilik, hatırlanabilirlik, hatalar ve memnuniyet, tezin kullanılabilirlik parametreleri olarak seçilmiştir.

3.1.3.1 Öğrenilebilirlik

Öğrenilebilirlik, bir yazılımın ne kadar kolay öğrenilebildiğinin ölçülmesi için kullanılan parametredir. Kullanıcıların programa adaptasyon süreci ile ilgili sorular ile ölçülmektedir. Yazılım üzerindeki kullanıcı tecrübelerinin farklılıkları kuvvetle

muhtemel olduğu için, her bir kullanıcının kendi özelinde gelişimine yönelik değerlendirmeler yapılacak şekilde sorular hazırlanmaktadır.

3.1.3.2 Verimlilik

Genel anlamda verimlilik, bir işlemin çıktısının, bu işlem için harcanan kaynaklara oranlanması ile bulunur. Yazılım kullanılabilirliği ölçümünde verimlilik ise, belirli bir işi yapmak için geçen zaman, birim zamanda tamamlanan işler, yardım için kullanılan referans sayısı, yardım kullanmada harcanan zaman gibi konulara yönelik sorular ile ölçülmektedir. Bu kısımda ölçümde kullanılan birim iş ile harcanan kaynak arasında -normal kabul edilerek- belirlenen bir oran üzerinden kıyaslama yapılmasına dikkat edilmektedir.

3.1.3.3 Hatırlanabilirlik

Hatırlanabilirlik, kullanıcının yazılımı tekrar kullandığında ne kadar zorlandığının derecesidir (İslim, O. F. ve Solmaz Evcil, E. [52]) Hatırlanabilirliğin ölçümünde, yazılımı kullanmaya ara vermiş ya da geçici olarak kullanmış kullanıcılar üzerine sorular sorulmaktadır.

3.1.3.4 Hatalar

Genel anlamda hata, istenen hedefi gerçekleştiremeyen herhangi bir eylem olarak tanımlanır ve sistemin belirli bir görevi yerine getirirken, kullanıcılar tarafından yapılan bu işlemlerin sayısı sayılarak sistemin hata oranı ölçülür. Hata oranları, diğer kullanılabilirlik niteliklerini ölçmek için bir deneyin parçası olarak ölçülebilir, (Nielsen, J. [49]). Hatalar ölçülürken, sonuca etkileri ve telafi edilebilme durumları yönünden majör ve minör hatalar olmak üzere ayrı gruplarda incelenmelidir. Zira minor hatalar, kullanıcılar tarafından farkedilip, hızlıca telafi edilebilirken; major hatalar, kullanıcılar tarafından farkedilmeyip, süreç sonundaki ürünün kullanılamaz hale gelmesi riskini barındırmaktadırlar.

3.1.3.5 Memnuniyet

Memnuniyet kavramının öznellik yanı, bu parametre için belirleyicidir. Nielsen'in öznel memnuniyet olarak tanımladığı bu kavram, sistemi kullanmanın ne kadar keyifli olduğunu gösterir [49]. Memnuniyet ölçümü yapılırken, kullanıcının doğrudan yazılım

ile ilgili öznel görüşleri alınmaktadır. Bu açıdan, kullanıcıların bilgisayara karşı tutumları ile yazılıma dair memnuniyetlerinin birbirinden ayrılması önem taşımaktadır.

3.1.4 Parametre Ölçüm Tekniği

Kullanılabilirliğin ölçülmesinde kullanılan 3 farklı yöntem bulunmaktadır: sorgulamaya dayalı yöntemler, incelemeye dayalı yöntemler (sezgisel değerlendirme) ve kullanıcı testleri (Gürses, E. [51]). Tezdeki inceleme yöntemi, tamamlanmış vaka üzerinden yapıldığı için, ilk yöntem olan sorgulamaya dayalı yöntemler kullanılmıştır.

Tez kapsamındaki vaka ile ilgili, kullanıcıların deneyimlerine dair yöneltilecek olan sorular, doğrudan, kullanılabilirlik tanımında tasvir edilen özellikler ile bağıntılı olarak hazırlanmaktadır.

Kullanıcılara, parametreler hakkındaki önermelere katılma durumları yönünden sorular sorulmuştur. Önermeler aşağıdaki gibidir:

Öğrenilebilirlik önermeleri:

1. Proje sürecinin başında yazılımı kullanmaya kolaylıkla adapte oldum.
2. Yazılım özelliklerini öğrenirken az çaba sarfettim.
3. Yazılım özelliklerini öğrenmeye az vakit harcadım.
4. Proje sürecinde yazılımın özelliklerini öğrenmeye devam ettim.

Verimlilik önermeleri:

1. Yazılım sayesinde önceki işlerime göre daha hızlı proje dokümanı (plan, kesit, görünüş, model, metraj vb.) hazırladım.
2. Yazılım sayesinde daha yaratıcı ve üretken proje dokümanı hazırladım.
3. Yazılım ile ilgili takıldığım noktalarda önceki proje işlerime göre daha az zaman harcadım.
4. Yazılımın yetenekleri ile ürettiğim dokümanlar (Model bileşenlerine girilmiş parametreler, 3 boyutlu detaylar vb. yoğun veriler), proje paydaşları (işveren, yüklenici, diğer disiplinler, danışmanlar) tarafından kullanıldı.

5. Yazılımın kullanım (modelleme, görüntüleme vb.) hızında anormal problemler yaşamadım.

Hatırlanabilirlik önermeleri:

1. Proje süreci içerisinde yazılımın detaylarına dair öğrendiklerimi unutup, tekrar öğrenme ihtiyacı hissetmedim.
2. Bir sonraki proje sürecinde yazılımla ilgili öğrendiklerimi kolayca hatırladım.
3. Proje süreci öncesinde edindiğim yazılıma dair bilgilerimi, proje sırasında kolaylıkla hatırladım.

Hata önermeleri:

1. Yazılımı kullanırken yaptığım küçük çaplı hatalarımı kolayca fark edip düzelttim.
2. Yazılımı kullanırken yaptığım büyük çaplı hatalarımı kolayca fark edip düzelttim.
3. Proje sürecinde, telafisi uzun zaman alan yazılım kullanımı (modelleme, koordinatlandırma vb.) hatası olmadı.
4. Proje sürecine tekrar dönme şansım olsa, yazılım kullanımına dair iş kalemlerini aynı hızda tamamlardım.
5. Takım arkadaşımın yazılım kullanımı ile ilgili, farkında olmadan hata yaptığını hiç tespit etmedim.

Memnuniyet önermeleri:

1. Proje sürecinde, yazılımı kullandığım için memnunum.
2. Yazılımın yetenekleri, proje sürecinde beni mesleki yönden tatmin etti.
3. Bu proje için yazılımdan beklediğim yararın gerçekleştiğini düşünüyorum.

Yukarıdaki önermeler ile birlikte, katılımcıların demografik yapısını tespit etmek için:

1. Cinsiyet
2. Yaş
3. Öğrenim durumu ve vasıf
4. Projede görev alma süresi

5. İlgili yazılımla daha önce kaç adet profesyonel proje yapıldığı

6. İlgili yazılımı kullanarak daha önce kaç yıl profesyonel çalışıldığı

bilgileri toplanmıştır. Bunlara ek olarak, katılımcılara, (Hatalar kısmında sorulacak şekilde) proje sürecinde, içinde yazılımın da rol oynadığı, önemli olarak değerlendirilen, akıllarına gelen ilk problemlerden kısaca bahsedilmesi istenmiştir.

Toplanan veriler, vaka incelemesi başlığı altında sunulmuştur.

3.2 Vaka İncelemesi

Bölüm 3'ün ikinci kısmında bir vaka incelemesi yapılmıştır. İkinci bölümden elde edilen YBM uygulama planı içerik kategorilerine göre, vakaya ait YBM uygulama planı içeriğinin doluluğu ile; bu bölümden elde edilen kullanılabilirlik parametrelerine göre üretilmiş sorulara vakada görev almış kişilerin verdiği cevaplar incelenmiştir.

3.2.1 Vaka Bilgileri

Tez kapsamında, YBM yöntemi ile proje üretimi yapan bir mimari proje ofisinin, büyük ölçekli bir karma kullanım projesi ele alınmıştır. Ofis ve proje adı, veri sahipleri yararınca gizli tutulmuştur.

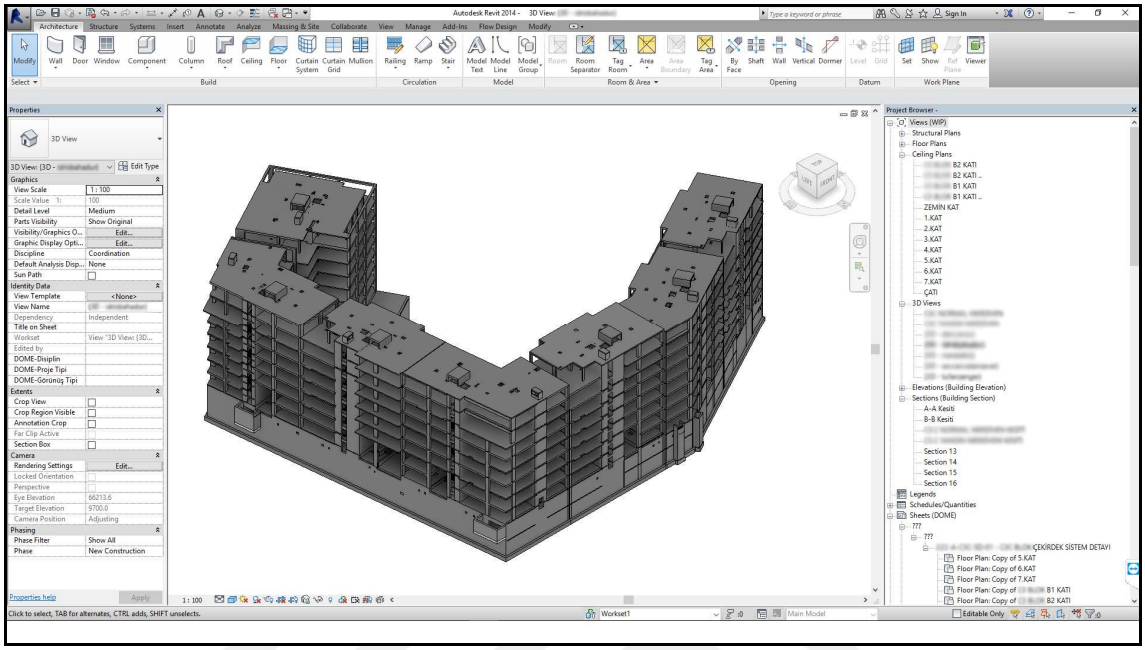
Projelendirme hizmeti veren ofisin YBM'yi kullanış şekline tezin ilk kısmında açıklanan ürün, metot, metodoloji tanımları açısından bakıldığında, şirket ölçeğinde bir metot yaklaşımı olarak tasvir edilebilir.

İncelenen karma kullanım projesi ile ilgili genel bilgiler aşağıdaki gibidir:

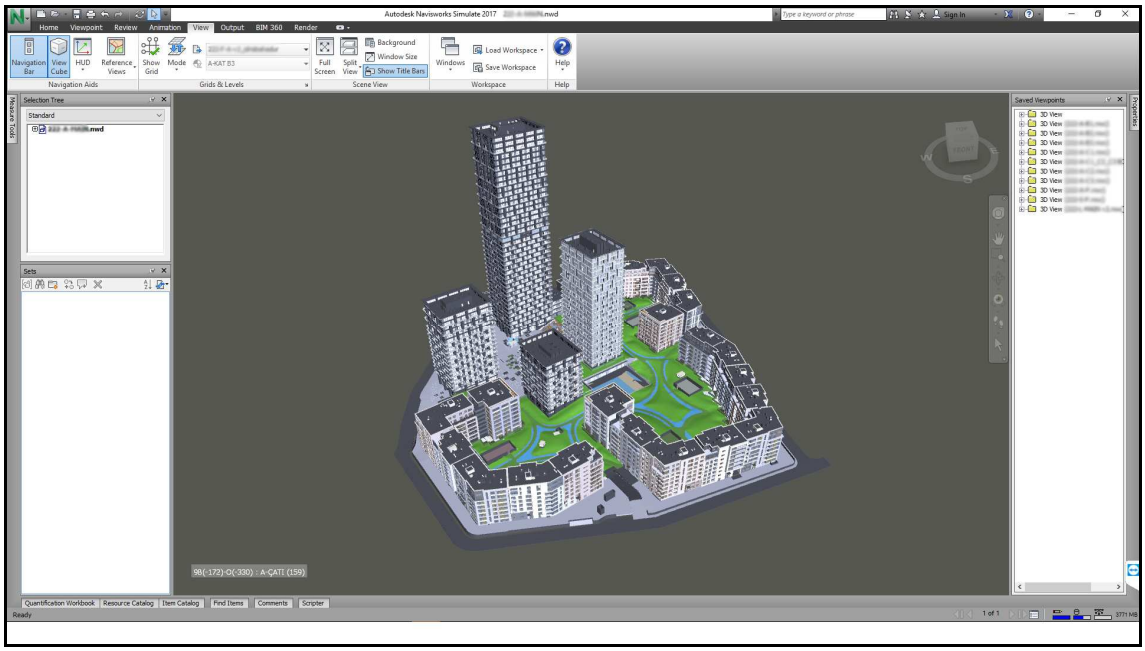
Fonksiyon:	Karma (Konut ve Ticaret)
Yer:	İstanbul, Türkiye
Toplam İnşaat Alanı:	250.000 m²
Arsa Alanı:	45.000 m²
Blok Adedi:	7
Ünite Adedi:	1243

Projede görev alan mimari proje ekibi, mimari proje üretim yazılımı olarak Autodesk Revit 2014'ü kullanmıştır. Proje teslimlerinde, Revit (Şekil 3.3) ile hazırlanan modellerin

haricinde, iki boyutlu dijital paftalar ile birlikte görüntüleme ve kontrol amaçlı Autodesk Navisworks modelleri de (Şekil 3.4) işverene teslim edilmiştir.



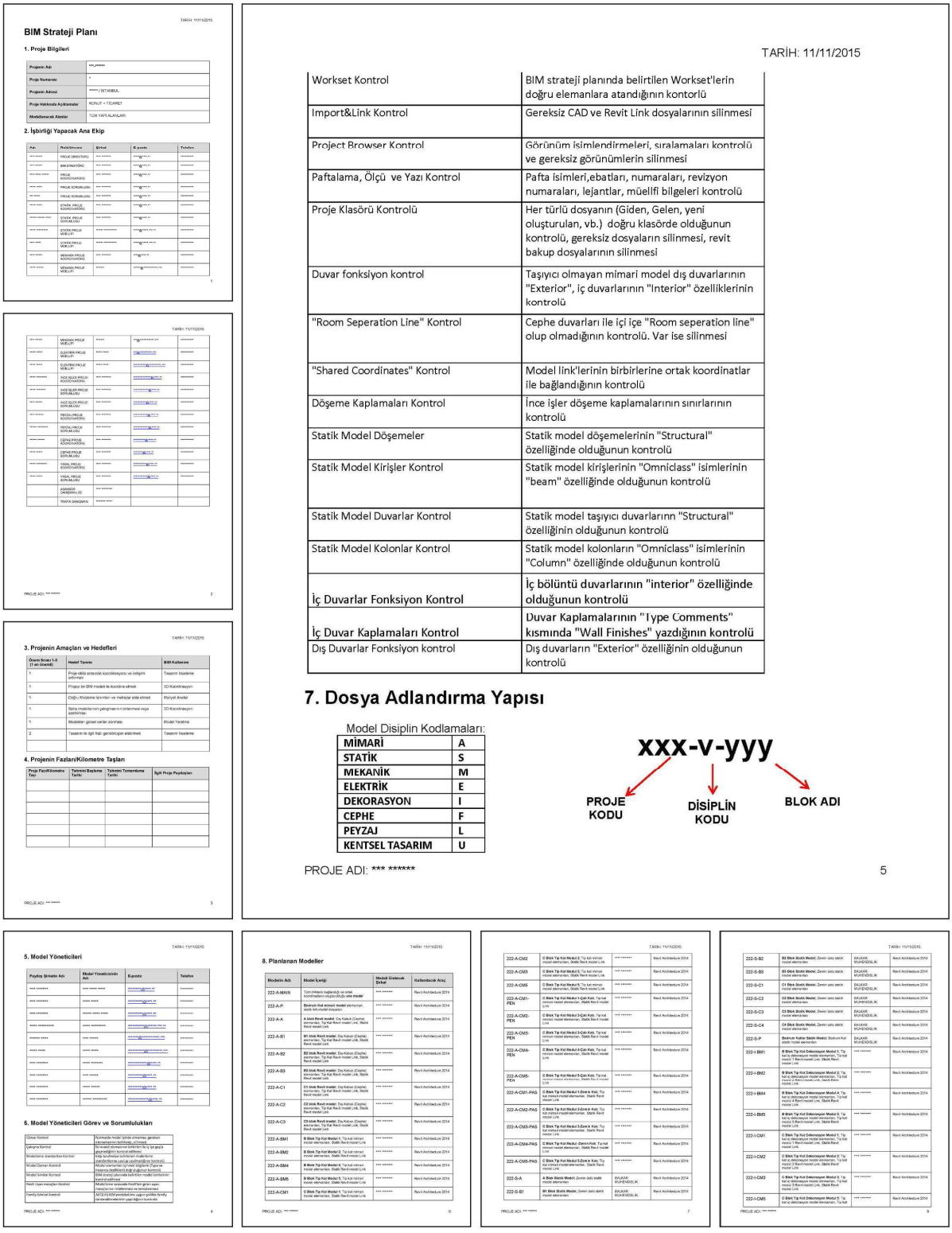
Şekil 3.3 Bir blok grubunun statik modelinin Autodesk Revit 2014 ile görüntülenmesi



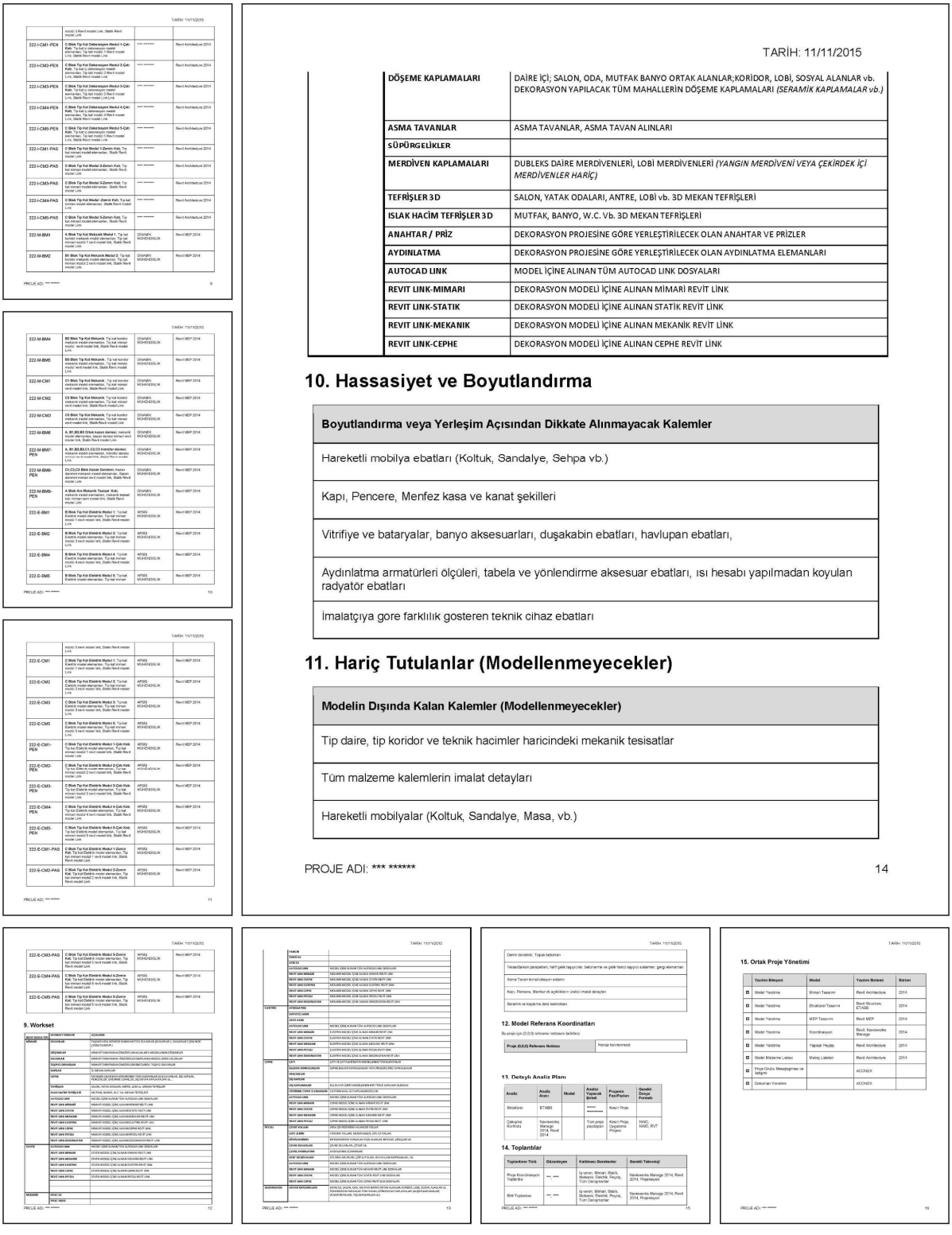
Şekil 3.4 Tüm proje modellerinin Autodesk Navisworks Simulate ile görüntülenmesi

3.2.2 Vaka İçin Hazırlanmış YBM Uygulama Planının İncelenmesi

Tasarım süreci 2015 ile 2017 yılları arasında gerçekleşen projenin başlangıcında YBM Uygulama Planı dokümanı hazırlanmıştır (Şekil 3.5 ve 3.6).



Şekil 3.5 Vakanın YBM Uygulama Planı, S. 1-8



TARİH: 11/11/2015

DÖŞEME KAPLAMALARI	DAİRE İÇİ; SALON, ODA, MUTFAK BANYO ORTAK ALANLAR;KORİDOR, LOBİ, SOSYAL ALANLAR vb. DEKORASYON YAPILACAK TÜM MAHALLERİN DÖŞEME KAPLAMALARI *(SERAMİK KAPLAMALAR vb.)*
ASMA TAVANLAR	ASMA TAVANLAR, ASMA TAVAN ALINLARI
SÜPÜRGELİKLER	
MERDİVEN KAPLAMALARI	DUBLEKS DAİRE MERDİVENLERİ, LOBİ MERDİVENLERİ *(YANGIN MERDİVENİ VEYA ÇEKİRDEK İÇİ MERDİVENLER HARİÇ)*
TEFRİŞLER 3D	SALON, YATAK ODALARI, ANTRE, LOBİ vb. 3D MEKAN TEFRİŞLERİ
ISLAK HACİM TEFRİŞLER 3D	MUTFAK, BANYO, W.C. Vb. 3D MEKAN TEFRİŞLERİ
ANAHTAR / PRİZ	DEKORASYON PROJESİNE GÖRE YERLEŞTİRİLECEK OLAN ANAHTAR VE PRİZLER
AYDINLATMA	DEKORASYON PROJESİNE GÖRE YERLEŞTİRİLECEK OLAN AYDINLATMA ELEMANLARI
AUTOCAD LINK	MODEL İÇİNE ALINAN TÜM AUTOCAD LINK DOSYALARI
REVIT LINK-MIMARI	DEKORASYON MODELİ İÇİNE ALINAN MİMARİ REVİT LİNK
REVIT LINK-STATIK	DEKORASYON MODELİ İÇİNE ALINAN STATİK REVİT LİNK
REVIT LINK-MEKANIK	DEKORASYON MODELİ İÇİNE ALINAN MEKANİK REVİT LİNK
REVIT LINK-CEPHE	DEKORASYON MODELİ İÇİNE ALINAN CEPHE REVİT LİNK

10. Hassasiyet ve Boyutlandırma

Boyutlandırma veya Yerleşim Açısından Dikkate Alınmayacak Kalemler
Hareketli mobilya ebatları (Koltuk, Sandalye, Sehpa vb.)
Kapı, Pencere, Menfez kasa ve kanat şekilleri
Vitrifiye ve bataryalar, banyo aksesuarları, duşakabin ebatları, havlupan ebatları,
Aydınlatma armatürleri ölçüleri, tabela ve yönlendirme aksesuar ebatları, ısı hesabı yapılmadan koyulan radyatör ebatları
İmalatçıya gore farklılık gosteren teknik cihaz ebatları

11. Hariç Tutulanlar (Modellenmeyecekler)

Modelin Dışında Kalan Kalemler (Modellenmeyecekler)
Tip daire, tip koridor ve teknik hacimler haricindeki mekanik tesisatlar
Tüm malzeme kalemlerin imalat detayları
Hareketli mobilyalar (Koltuk, Sandalye, Masa, vb.)

PROJE ADI: *** ******

14

Şekil 3.6 Vakanın YBM Uygulama Planı, S. 9-16

Vakanın YBM Uygulama Planı, tezin ikinci bölümünde belirlenen kategorilerde veri barındırma yönünden incelendiğinde Çizelge 3.2'da ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 3.2 Vakanın YBM Uygulama Planı'nın diğer örneklerle içerik karşılaştırması

Yazar	Plan Adı	Ülke, Yıl	1. Proje Referans Bilgileri	2. Proje Hedefleri ve YBM Amaçları	3. YBM Süreci Tasarımı	4. Teslim Stratejileri ve Anlaşmaları	5. YBM Kapsam Tanımları	6. Organizasyonel Roller ve Sorumluluklar	7. İletişim Prosedürleri	8. Teknoloji Altyapı İhtiyaçları	9. Model Kalite Kontrol Prosedürleri
Penn State University CIC	BIM Execution Planning Guide v2.1, BIM PxP Template	US, 2011	●	●	●	●	●	●	●	●	●
AEC (UK)	BIM Protocol Project Execution Plan v2.0	UK, 2012	●	●	-	-	●	●	●	●	●
Princeton University	BIM Execution Plan Template	US, 2012	-	●	-	●	●	●	●	●	-
USACE	BIM Project Execution Plan v2.1	US, 2012	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Singapore BCA	Singapore BIM Guide v2.0 BIM Execution Plan	Singapore, 2013	●	●	-	●	●	-	●	●	●
Harvard UCMC	Guide to BIM Execution Planning, BIM Execution Plan Template	US, 2013	-	●	●	●	●	●	●	●	●
CPIc	Post Contract-Award BIM Execution Plan	UK, 2013	●	●	●	●	●	●	●	●	●
MIT Department of Facilities	BIM Execution Plan v6.0	US, 2016	●	●	●	●	●	●	●	●	●
New Zealand BAC	New Zealand BIM Handbook Project BIM Execution Plan	NZ, 2016	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Vakadaki Mimarlık Ofisi	YBM Strateji Planı	TR, 2015	●	●	-	-	-	●	○	○	●

●: Var ○: Kısmen - : Yok

İncelenen planın içeriği karşılaştırıldığında, planda proje referans bilgileri, proje hedefleri ve YBM amaçları, organizasyonel roller ve sorumluluklar, model kalite kontrol prosedürleri kısımlarının bulunduğu; YBM süreci tasarımı, teslim stratejileri ve anlaşmaları, YBM kapsam tanımları kısımlarının bulunmadığı; iletişim prosedürleri, teknoloji altyapı ihtiyaçları kısımlarının ise kısmen bulunduğu tespit edilmiştir.

YBM süreci tasarımı kategorisinin olmayışı, maliyet analizi, 3D koordinasyon, tasarım inceleme gibi belirlenmiş YBM kullanımlarının nasıl gerçekleştirileceğinin haritalarının olmayışı anlamına gelmektedir. Bu durum, YBM kullanımlarının sağlıklı olarak yerine getirilmemesi riski oluşturmuştur.

Teslim stratejileri ve anlaşmaları kategorisinin olmayışı, vakadaki işeveren ile müellif arasındaki projelendirme hizmetleri sözleşmesinde YBM'ye dair verilen kararların,

bağlayıcı maddelerin, - eğer olsaydı - standart ya da protokollere atıfların proje takımı ve paydaşları tarafından bilinmemesi; dolayısıyla atlanması riskini oluşturmuştur.

YBM kapsam tanımları kategorisinin olmayışı, oluşturulacak modellerin barındıracağı bileşenlerin detay seviyeleri ve işverenin ya da paydaşların spesifik model taleplerinin belirlenmemesi ya da verilmiş kararların takım üyelerince bilinememesi sonucunu getirmiştir. Bu durum, takım üyelerinin gereksiz ve istenmeyen detay seviyesinde model bileşenleri oluşturması ile modellerin veri yükünü ağırlaşması, model kullanım hızını düşmesi gibi riskleri oluşturmuştur.

İletişim prosedürleri kategorisinin kısmen olarak işaretlenmesinin sebebi, bu kısımda bulunması gereken iletişim stratejilerinin, model paylaşım ve kontrol zamanlamalarının bulunmamasıdır. Paylaşım zamanlamalarının belirsizliği, proje takımlarının iş programlarında da belirsizlikler anlamına gelmektedir.

Teknoloji altyapı ihtiyaçları kategorisinin kısmen olarak işaretlenmesinin sebebi, bu kısımda bulunması gereken donanım ihtiyaçlarının belirlenmemiş olmasıdır. Bu eksiklik, modellerin üretilirken, görüntülenirken ya da kontrol edilirken zaman kaybına, hatta bu eylemlerinin bir veya daha fazlasının yapılamaması riskini oluşturmaktadır.

3.2.3 Kullanılabilirlik Anketi

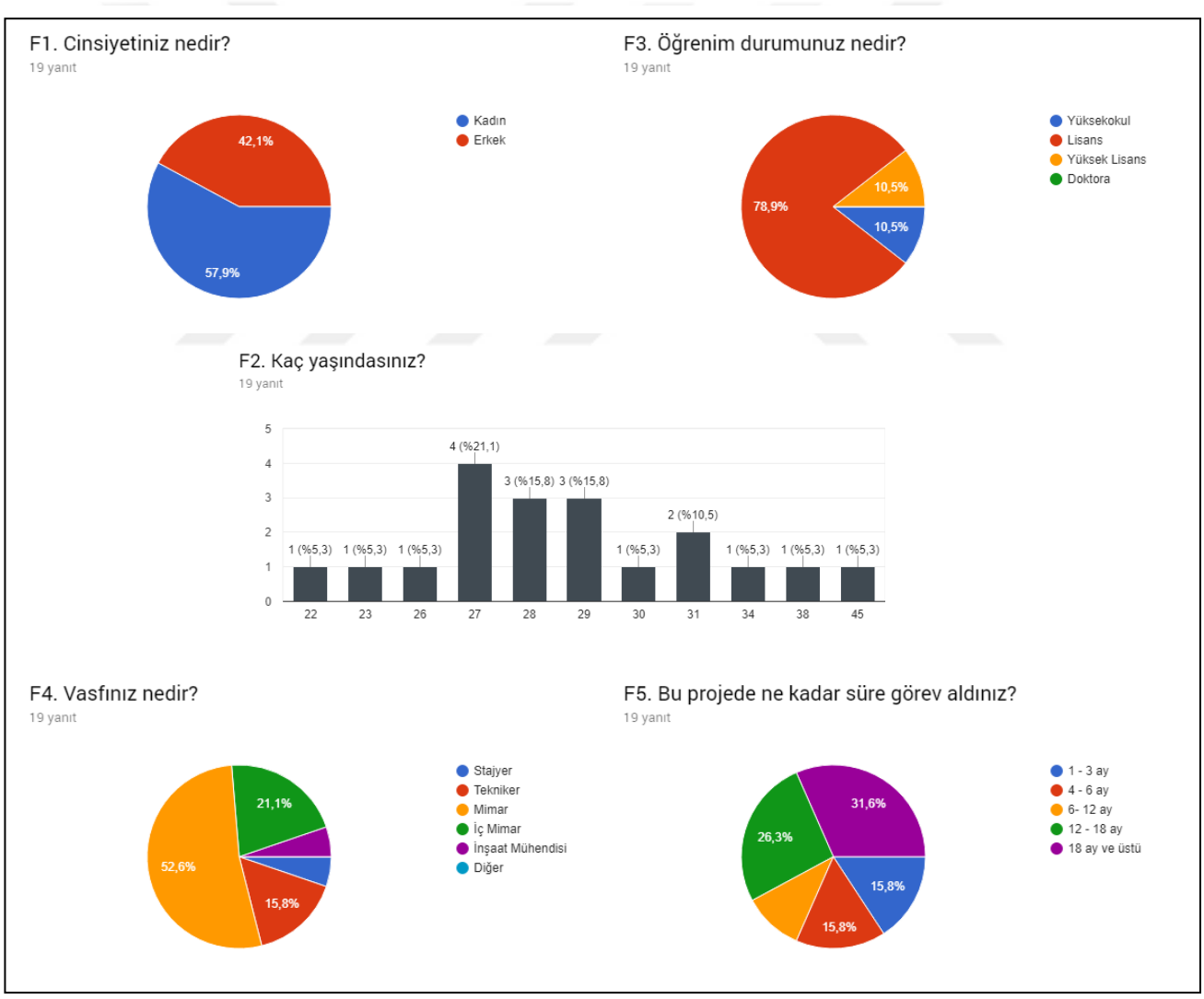
Kullanılabilirlik anketi kapsamında, mimari proje üretiminde görev almış 19 takım üyesine, süreç içerisinde kullandığı program olan Revit ile ilgili önermelere katılma durumları yönünden yanıtları alınmıştır.

“Kesinlikle Katılıyorum” 1, “Kesinlikle Katılmıyorum” -1 olacak şekilde beşli Likert [55] ölçeği skorlanmıştır. Ayrıca cinsiyet değişkenini de kadın 1, erkek 0 olacak şekilde kodlanmıştır. Kullanılabilirlik parametrelerine göre oluşturulmuş soru gruplarının, grup içi ortalamalar alınmıştır. A grubu Öğrenilebilirlik, B grubu Verimlilik, C grubu Hatırlanabilirlik, D grubu Hatalar, E grubu Memnuniyet kısmını tanımlarken, F grubu soruları ise katılımcı bilgilerine dair soruları tanımlamaktadır.

Çıkan değerlerin anlamlı olup olmadığı Student’in t-testi ile irdelenmiştir [56]. Böylece bulunan değerlerin 0’dan farklı olup olmadığı istatistiki olarak incelenmiştir. 19 gözlem için yapılacak, %95 güven aralığındaki çift kuyruklu t-testinde eşik t-değeri 1.729 olarak

tespit edilir [57]. Bunun üzerindeki t-değerlerine sahip sorular için, katılımcıların aynı yönde bir karar ilettiğini söylemek mümkündür. Bunlara ek olarak toplanan verilerin standart sapma değerleri de hesaplanmıştır. Ayrıca iki sürekli değişken arasında aynı yönde ilişki olup olmadığını ölçen korelasyon testleri de, ilişki matrisleri ile sonuçlara eklenmiştir. Bu matrislerde görülen korelasyon eğer pozitif ve anlamlı ise, değişkenlerin birlikte arttığı ve azaldığı ifade edilebilir. Eğer negatif ve anlamlı ise, değişkenlerden biri artarken diğeri azalmaktadır. Korelasyon eğer anlamsız veya düşük değerli ise, iki değişken arasında bir ilişki bulunmadığı sonucuna varılır. Korelasyon değerleri de R 3.4.3 yazılımı kullanılarak hesaplanmıştır.

Katılımcı bilgilerine dair sorular için verilen yanıtlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:



Şekil 3.7 Katılımcı bilgileri sonuçları

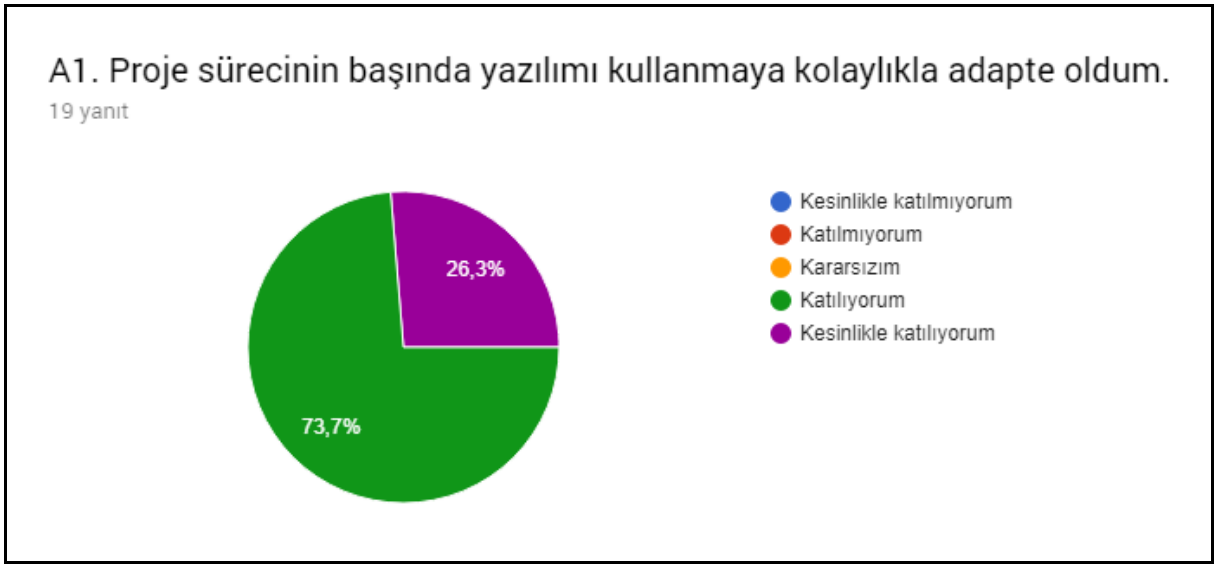
Çizelge 3.3 Katılımcı bilgilerinin ortalamala ve standart sapma değerleri

Değişken	Ortalama	Standart Sapma
Cinsiyet (Kadın oranı)	0.579	0.507
Yaş	29.421	5.167
Proje Adedi	4.211	3.903
Kullanım Süresi (Yıl)	2.395	2.259

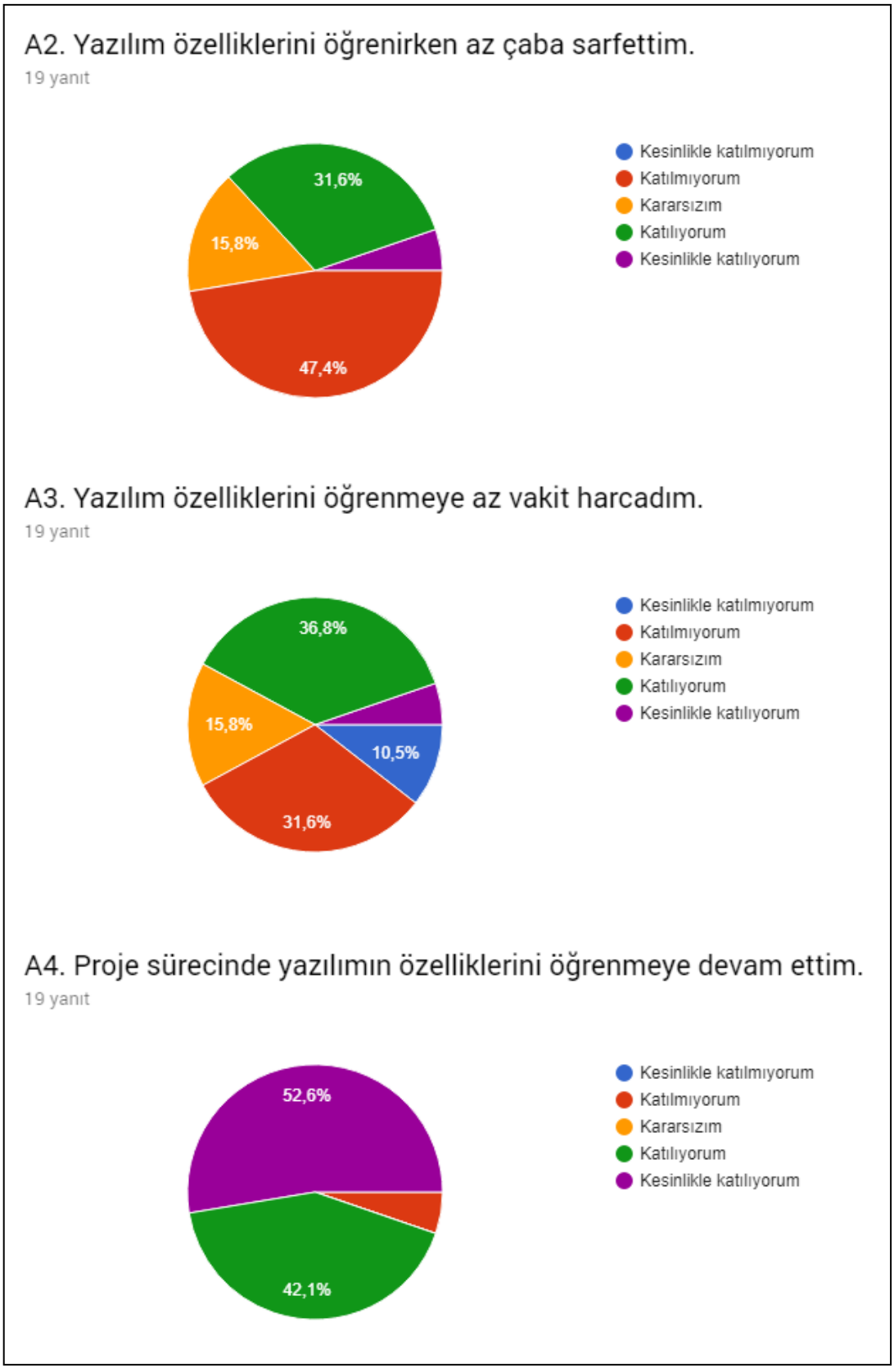
Proje takımından oluşan katılımcı bilgilerine genel olarak bakıldığında, katılımcıların %58'inin kadın, yaş ortalamasının 29.4, vakaya konu proje öncesinde Revit ile yaptıkları profesyonel proje adedi ortalamasının 4.2 ve yine vakaya konu proje öncesinde Revit'i profesyonel olarak kullanma sürelerinin 2.4 yıl olduğu görülmektedir. Standart sapma değerlerine bakıldığında, yaş satırındaki değerin düşük olması, katılımcıların 29.4 yaş etrafında yoğunlaştığını göstermektedir. Aynı durum Şekil 3.7'deki yaş grafiğinden de okunabilmektedir.

3.2.3.1 Öğrenilebilirlik Sonuçları

Ankete katılan 19 proje takımı üyesinin öğrenilebilirlik önermelerine katılma durumlarını gösteren şemalar aşağıdaki gibidir:



Şekil 3.8 Öğrenilebilirlik grubunun A1 önermesine katılım sonuçları

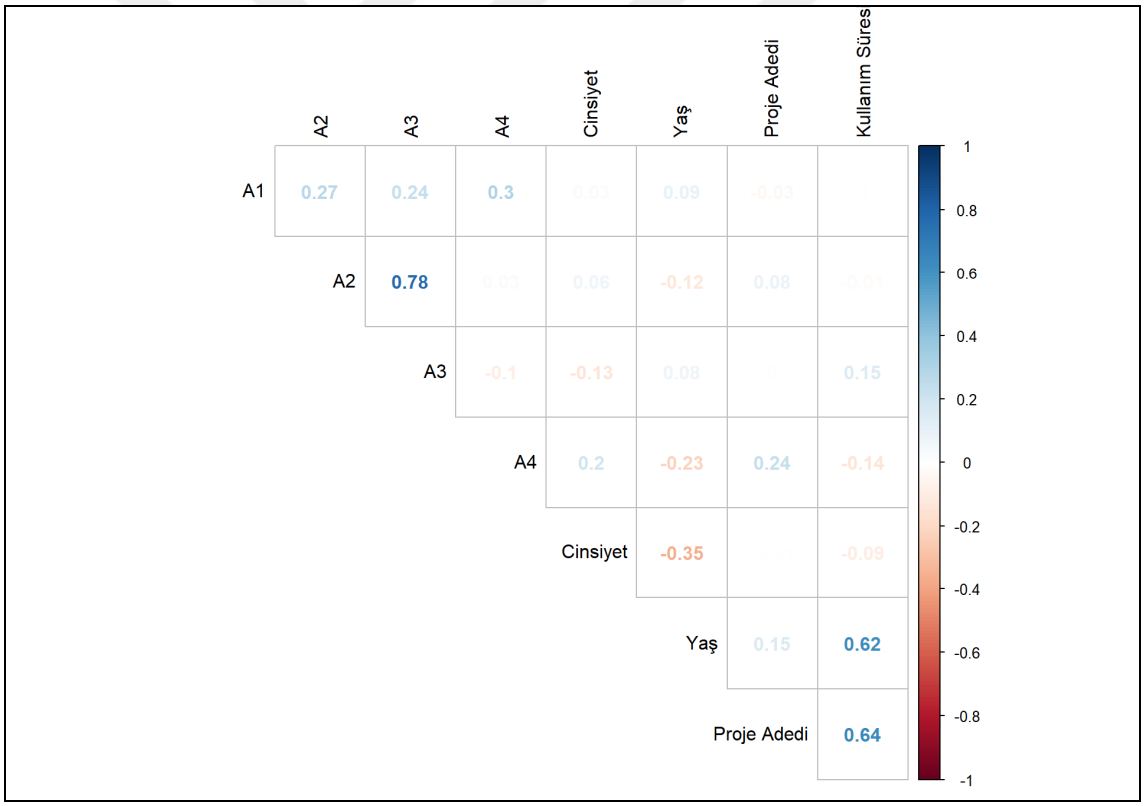


Şekil 3.9 Öğrenilebilirlik grubunun A2, A3, A4 önermelerine katılım sonuçları

Çizelge 3.4 Öğrenilebilirlik sonuçlarının veri analiz tablosu

Değişken	Ortalama	Standart Sapma	T Değeri	Anlamlılık
A1	0.632	0.226	2.792	Anlamlı
A2	-0.026	0.513	-0.051	Anlamsız
A3	-0.026	0.589	-0.045	Anlamsız
A4	0.711	0.384	1.849	Anlamlı
A	0.322	0.298	1.080	Anlamsız

Öğrenilebilirlik grubu önermelerinin sonuçlarına bakıldığında, genel ortalama değerinin +1/3'ü ile -1/3 arasında kalması kullanıcıların vakaya konu proje özelinde yazılımın öğrenilebilir olması yönünden kararsız olduklarını göstermektedir. T değerinin 1.729 değerinin altında kalması ise katılımcıların aynı yönde bir karar iletmediğini göstermektedir.

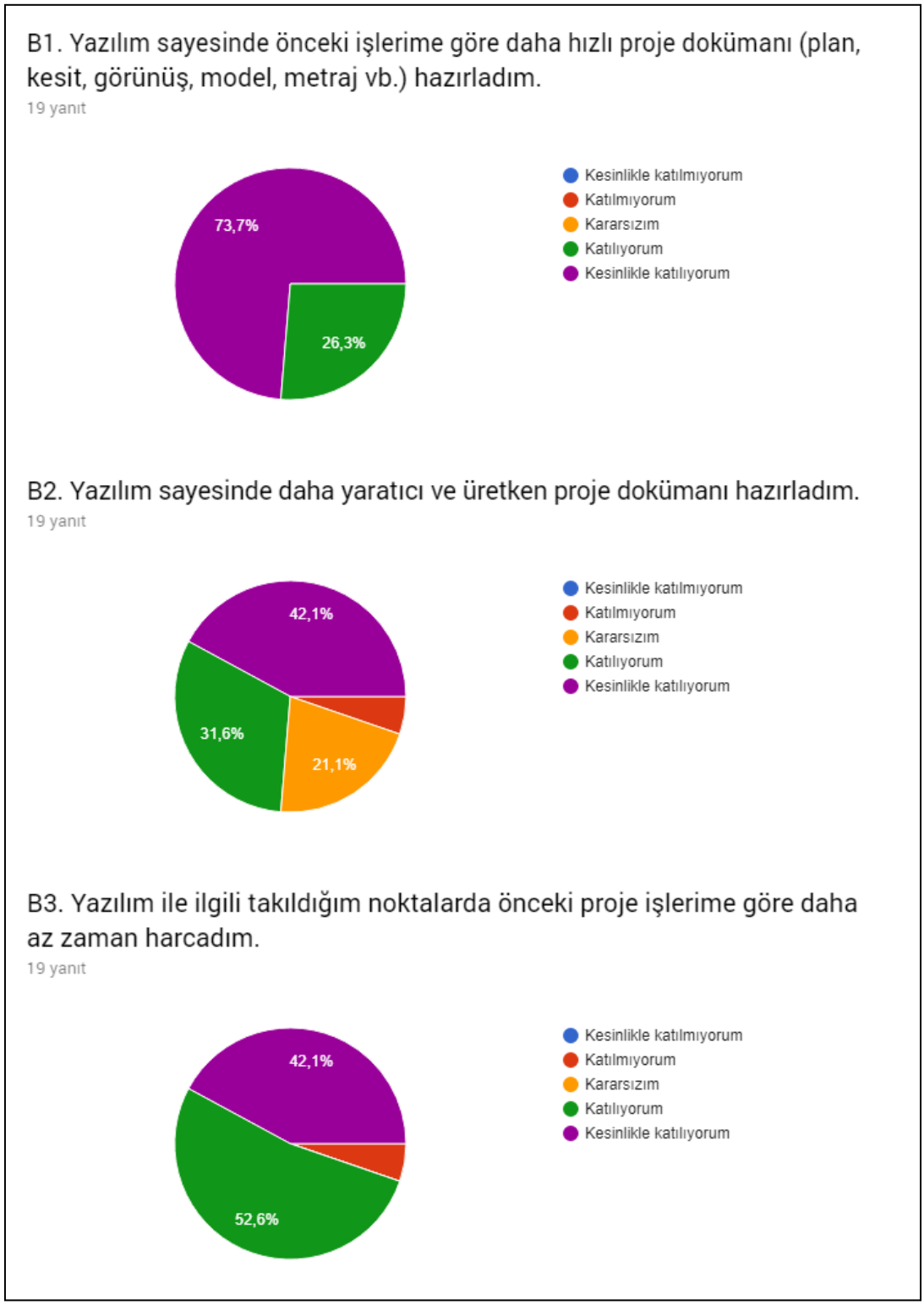


Şekil 3.10 Öğrenilebilirlik grubunun ilişki matrisi

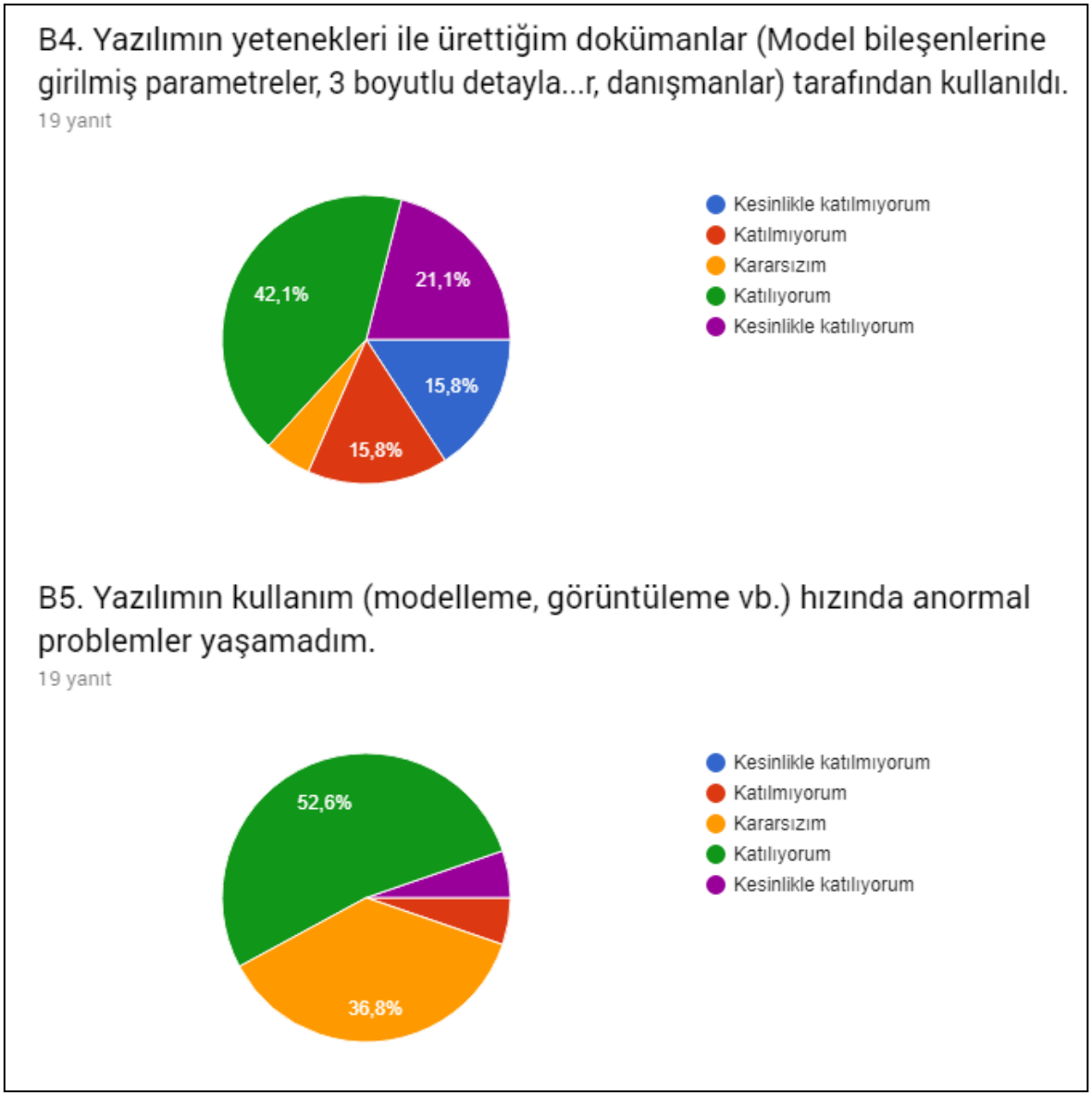
Öğrenilebilirlik grubunun ilişki matrisine bakıldığında, A2 ve A3 önermelerine verilen cevaplarda aynı yönde bir ilişki olduğu görülmüştür.

3.2.3.2 Verimlilik Sonuçları

Takım üyelerinin verimlilik önermelerine katılma durumlarını gösteren şemalar aşağıdaki gibidir:



Şekil 3.11 Verimlilik grubunun B1, B2, B3 önermelerine katılım sonuçları

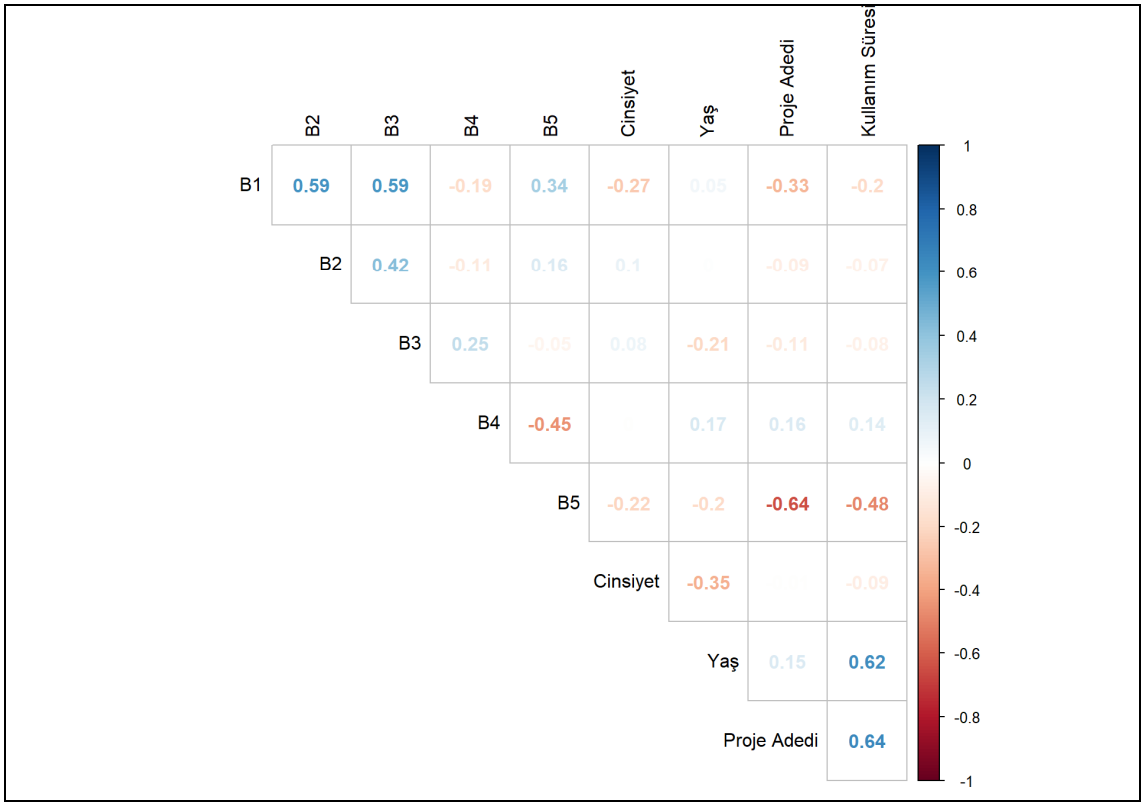


Şekil 3.12 Verimlilik grubunun B4, B5 önermelerine katılım sonuçları

Çizelge 3.5 Verimlilik sonuçlarının veri analiz tablosu

Değişken	Ortalama	Standart Sapma	T Değeri	Anlamlılık
B1	0.868	0.226	3.839	Anlamlı
B2	0.553	0.468	1.180	Anlamsız
B3	0.658	0.375	1.756	Anlamlı
B4	0.184	0.711	0.259	Anlamsız
B5	0.289	0.346	0.836	Anlamsız
B	0.511	0.226	2.261	Anlamlı

Verimlilik grubu önermelerinin sonuçlarına bakıldığında, genel ortalama değerinin +1/3'ün üstünde olması kullanıcıların vakaya konu proje özelinde yazılımın verimli olduğuna katıldıklarını göstermektedir. T değerinin 1.729 değerinin üzerinde olması ise katılımcıların aynı yönde bir karar ilettiğini göstermektedir.



Şekil 3.13 Verimlilik grubunun ilişki matrisi

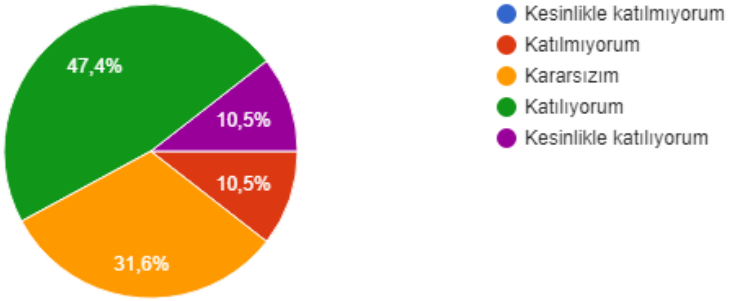
Verimlilik grubunun ilişki matrisine bakıldığında, B1 ile B2 ve B1 ile B3 önermelerine verilen cevaplarda aynı yönde bir ilişki olduğu görülmüştür. B5 önermesine katılım durumu ile profesyonel proje adedi değerleri arasında ters yönde bir ilişki olduğu görüşmüştür. Bu durum, kullanıcıların proje öncesinde yazılımı kullandığı profesyonel proje adedi arttıkça, yazılım kullanım hızında anormal problemler yaşamama durumuna katılma oranının azaldığını göstermektedir.

3.2.3.3 Hatırlanabilirlik Sonuçları

Takım üyelerinin verimlilik önermelerine katılma durumlarını gösteren şemalar Şekil 3.14'te gösterilmiştir.

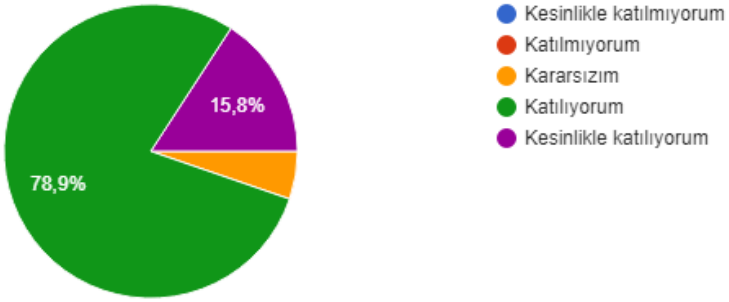
C1. Proje süreci içerisinde yazılımın detaylarına dair öğrendiklerimi unutup, tekrar öğrenme ihtiyacı hissetmedim.

19 yanıt



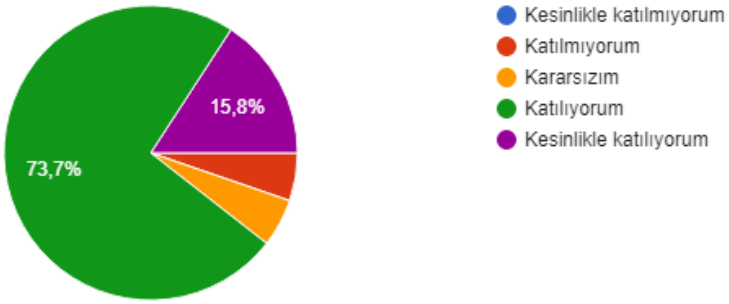
C2. Bir sonraki proje sürecinde yazılımla ilgili öğrendiklerimi kolayca hatırladım.

19 yanıt



C3. Proje süreci öncesinde edindiğim yazılıma dair bilgilerimi, proje sırasında kolaylıkla hatırladım.

19 yanıt

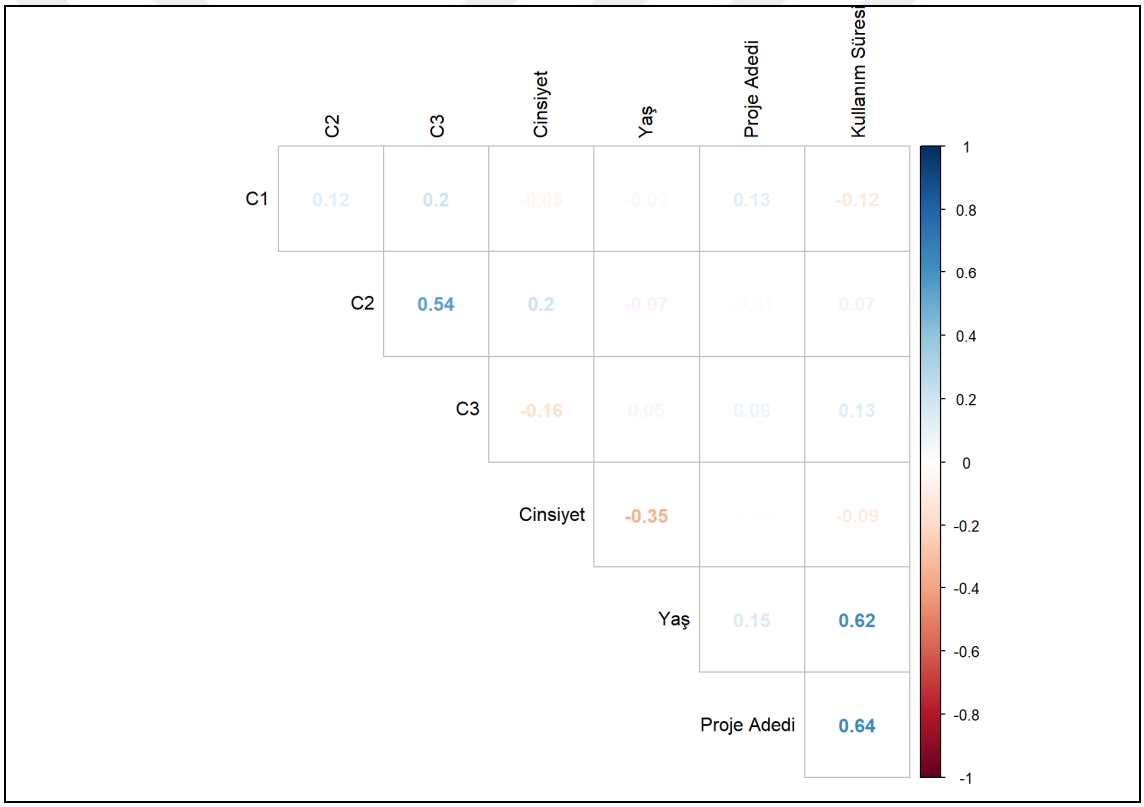


Şekil 3.14 Hatırlanabilirlik grubunun C1, C2, C3 önermelerine katılım sonuçları

Çizelge 3.6 Hatırlanabilirlik sonuçlarının veri analiz tablosu

Değişken	Ortalama	Standart Sapma	T Değeri	Anlamlılık
C1	0.289	0.419	0.691	Anlamsız
C2	0.553	0.229	2.409	Anlamlı
C3	0.500	0.333	1.500	Anlamsız
C	0.447	0.236	1.895	Anlamlı

Hatırlanabilirlik grubu önermelerinin sonuçlarına bakıldığında, genel ortalama değerinin +1/3'ün üstünde olması kullanıcıların vakaya konu proje özelinde yazılımın verimli olduğuna katıldıklarını göstermektedir. T değerinin 1.729 değerinin üzerinde olması ise katılımcıların aynı yönde bir karar ilettiğini göstermektedir.



Şekil 3.15 Hatırlanabilirlik grubunun ilişki matrisi

Hatırlanabilirlik grubunun ilişki matrisine bakıldığında, C2 ve C3 önermelerine verilen cevaplarda aynı yönde bir ilişki olduğu görülmüştür.

3.2.3.4 Hata Sonuçları

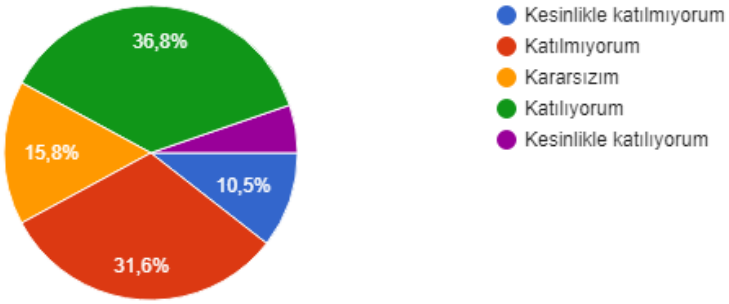
Takım üyelerinin hata önermelerine katılma durumlarını gösteren şemalar Şekil 3.16'de gösterilmiştir.



Şekil 3.16 Hatalar grubunun D1, D2 önermelerine katılım sonuçları

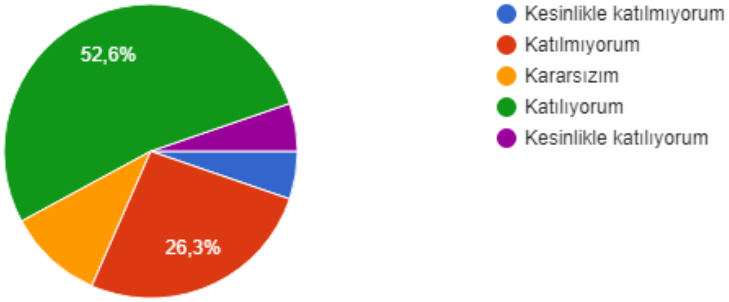
D3. Proje sürecinde, telafisi uzun zaman alan yazılım kullanımı (modelleme, koordinatlandırma vb.) hatası olmadı.

19 yanıt



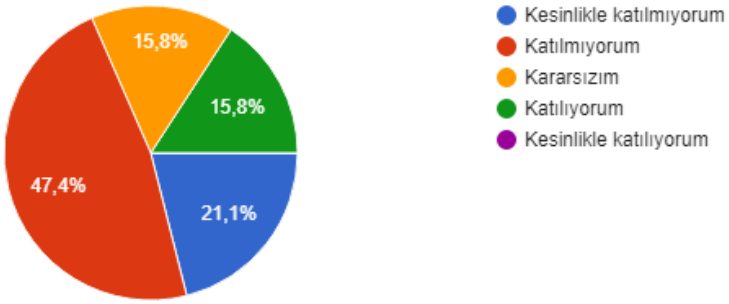
D4. Proje sürecine tekrar dönme şansım olsa, yazılım kullanımına dair iş kalemlerini aynı hızda tamamlardım.

19 yanıt



D5. Takım arkadaşımın yazılım kullanımı ile ilgili, farkında olmadan hata yaptığını hiç tespit etmedim.

19 yanıt

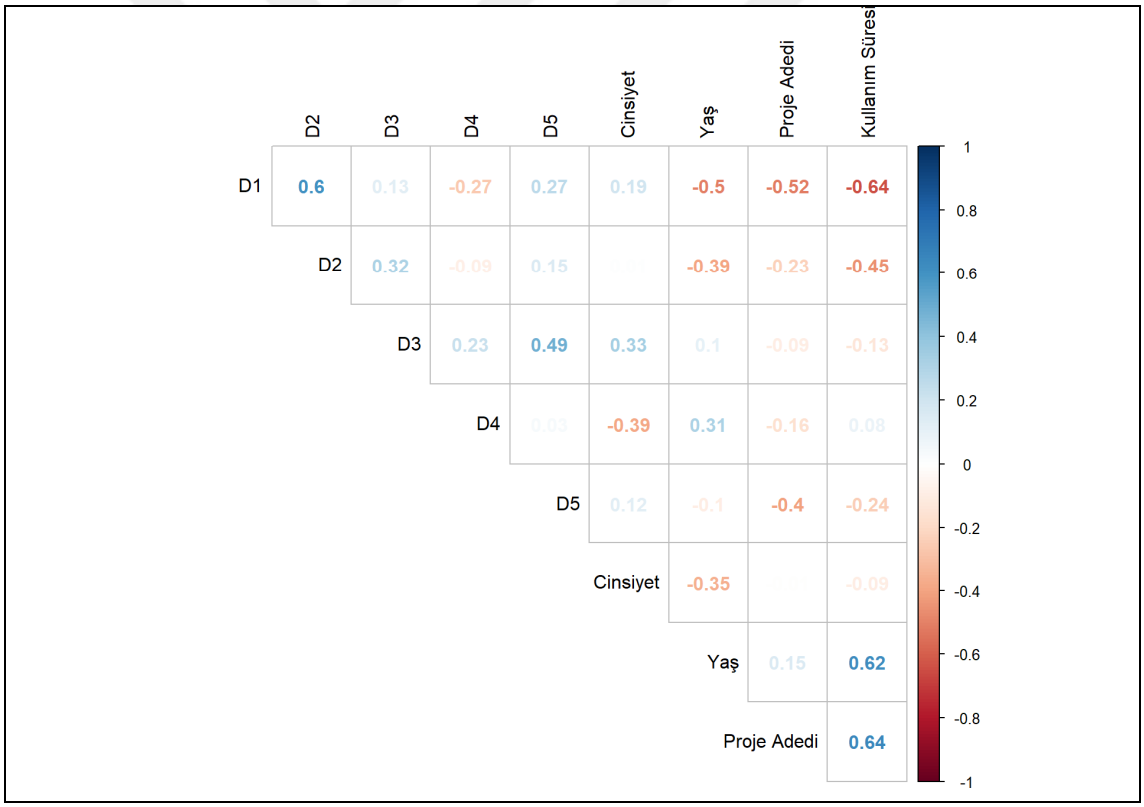


Şekil 3.17 Hatalar grubunun D3, D4, D5 önermelerine katılım sonuçları

Çizelge 3.7 Hatalar sonuçlarının veri analiz tablosu

Değişken	Ortalama	Standart Sapma	T Değeri	Anlamlılık
D1	0.316	0.299	1.057	Anlamsız
D2	0.316	0.342	0.923	Anlamsız
D3	-0.026	0.589	-0.045	Anlamsız
D4	0.132	0.549	0.240	Anlamsız
D5	-0.368	0.496	-0.743	Anlamsız
D	0.074	0.273	0.270	Anlamsız

Hatalar grubu önermelerinin sonuçlarına bakıldığında, genel ortalama değerinin +1/3'ü ile -1/3 arasında kalması kullanıcıların vakaya konu proje özelinde yazılımla ilgili hatalar yönünden kararsız olduklarını göstermektedir. T değerinin 1.729 değerinin altında kalması ise katılımcıların aynı yönde bir karar iletmediğini göstermektedir.



Şekil 3.18 Hatalar grubunun ilişki matrisi

Hatalar grubunun ilişki matrisine bakıldığında, D1 ile D2 önermelerine verilen cevaplar arasında doğru yönde bir ilişki varken; D1 önermelerine verilen cevaplar ile kullanıcıların vakaya konu proje öncesinde yazılımı profesyonel olarak kullanım süresi ile proje adedi arasında ters yönde bir ilişki olduğu görülmüştür.

Ayrıca kullanıcıların, D1 ve D2 önermelerinde kendi hatalarının tespit ve telafi durumları ile ilgili kararsız sonuç verirken, D5 önermesinde diğer kullanıcılarının hataları ile ilgili olumsuz olarak cevap vermesi, kullanıcıların hatalar konusunda kendi durumlarını gizleme ihtimalini göstermiştir.

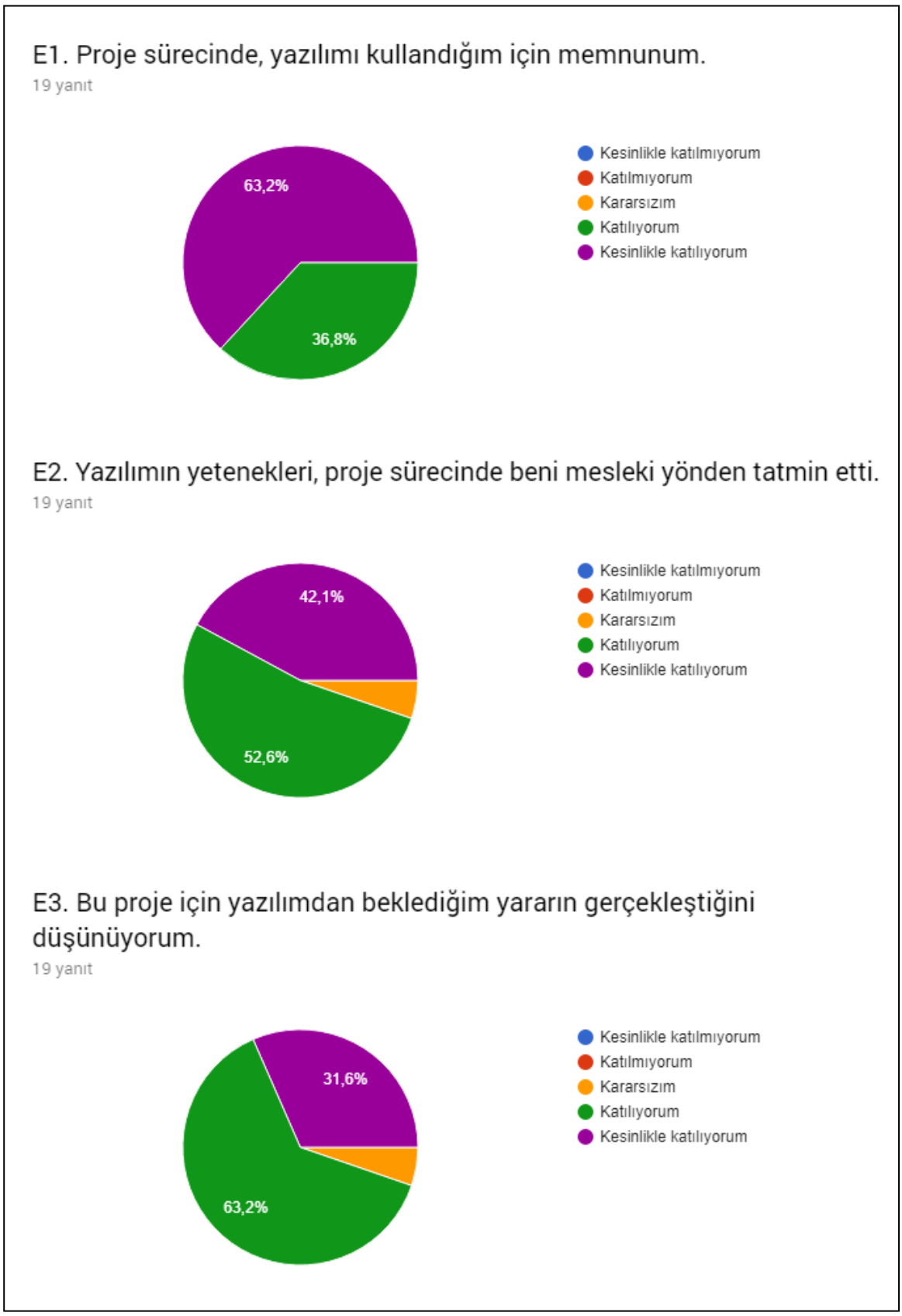
Anketin hatalar kısmında, tüm kullanıcıların cevap verme zorunluluğu bulunan önermelerin haricinde, serbest cevap verme hakkı verilen bir ek soru da sorulmuştur. Bu soru *"D6. Proje sürecinde, içinde yazılımın da rol oynadığı, önemli olarak değerlendirdiğiniz, aklınıza ilk gelen problemlerden kısaca bahseder misiniz?"* şeklinde kullanıcılara iletilmiştir. Bu soruya 6 kullanıcı cevap vermiştir. Kullanıcıların verdikleri cevaplar aşağıdaki konular etrafında yoğunlaşmıştır:

- Teslimlerin öncelikli dokümanlarının 2D dokümanlar oluşu, modellerin süreç içerisinde teslim dokümanı olarak önemsenmemesi, süreç sonunda önemsenmesi,
- Mühendislik disiplinlerinin YBM ile çalışmada zayıf kalması, özellikle statik ekibinin 2D dokümanlarla koordinasyon yapıyor oluşu,
- 3D görüntülemelerde yavaşlıktan ötürü vakit kaybı,
- YBM Uygulama Planı hazırlanırken yapılan hacim stratejisinin ilerileyen süreçte yetersiz kalması, modellerin ağırlaşması, detay seviyesi belirsizliği,
- 2D teslimler için yapılan export sonuçları ile müşteri beklentilerinin uyuşmaması.

Kullanıcıların bu ek soruya verdikleri cevaplar, sonuçlar kısmında ayrıca analiz edilmiştir.

3.2.3.5 Memnuniyet Sonuçları

Takım üyelerinin memnuniyet önermelerine katılma durumlarını gösteren şemalar Şekil 3.19'da gösterilmiştir.

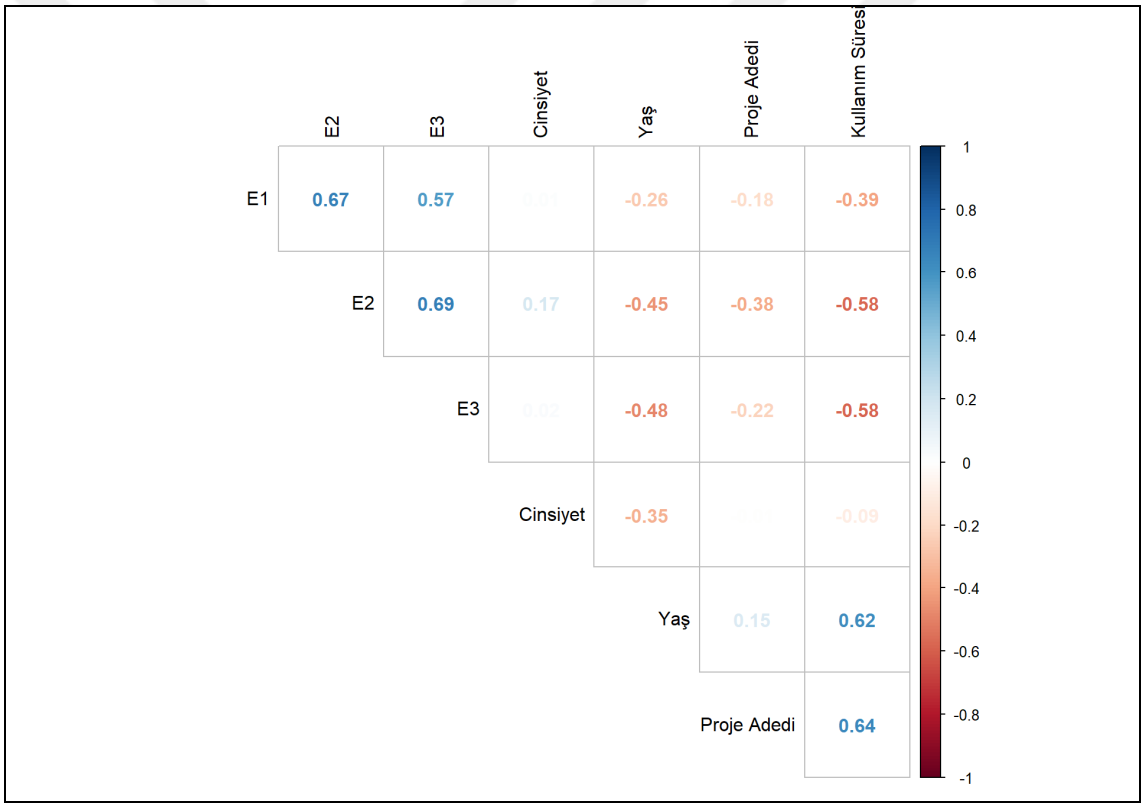


Şekil 3.19 Memnuniyet grubunun E1, E2, E3 önermelerine katılım sonuçları

Çizelge 3.8 Memnuniyet sonuçlarının veri analiz tablosu

Değişken	Ortalama	Standart Sapma	T Değeri	Anlamlılık
E1	0.816	0.248	3.292	Anlamlı
E2	0.684	0.299	2.291	Anlamlı
E3	0.632	0.281	2.248	Anlamlı
E	0.711	0.241	2.946	Anlamlı

Memnuniyet grubu önermelerinin sonuçlarına bakıldığında, genel ortalama değerinin +1/3'ün üstünde olması kullanıcıların vakaya konu proje özelinde yazılımdan memnun olduğunu göstermektedir. T değerinin 1.729 değerinin üzerinde olması ise katılımcıların aynı yönde bir karar ilettiğini göstermektedir.



Şekil 3.20 Memnuniyet grubunun ilişki matrisi

Memnuniyet grubunun ilişki matrisine bakıldığında, E1 ile E2, E2 ile E3, E1 ile E3 önermelerine verilen cevaplar arasında doğru yönde bir ilişki varken; E2, E3 önermelerine verilen cevaplar ile kullanıcıların vakaya konu proje öncesinde yazılımı profesyonel olarak kullanım süresi arasında ters yönde bir ilişki olduğu görülmüştür.

3.2.3.6 Genel Sonuçlar

Kullanılabilirlik anketi kapsamında hazırlanan 5 başlık altındaki sonuçların ortalaması ile yazılımın kullanılabilirliği sınanmıştır. Bu 5 başlığın kendisinin ve hepsinin ortalamaları Çizelge 3.9'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.9 Genel sonuçların veri analiz tablosu

Değişken	Ortalama	Standart Sapma	T Değeri	Anlamlılık
A. Öğrenilebilirlik	0.322	0.298	1.080	Anlamsız
B. Verimlilik	0.511	0.226	2.261	Anlamlı
C. Hatırlanabilirlik	0.447	0.236	1.895	Anlamlı
D. Hatalar	0.074	0.273	0.270	Anlamsız
E. Memnuniyet	0.711	0.241	2.946	Anlamlı
Kullanılabilirlik	**0.413**	**0.133**	**3.103**	**Anlamlı**

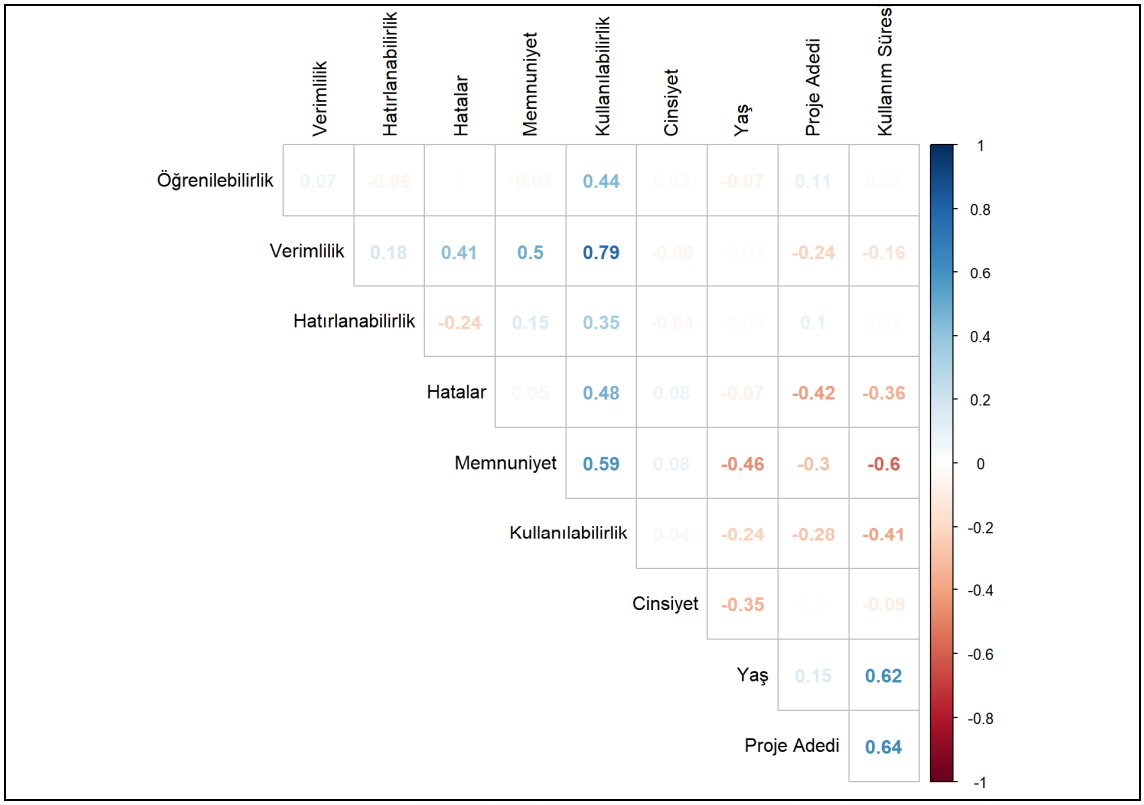
Kırmızı ile gösterilen ortalamaların sonucunda, vakaya konu proje özelindeki deneyimlerine göre alınmış kullanıcı cevaplarının ortalaması 1/3 ile -1/3 arasında kaldığı için, kullanıcıların öğrenilebilirlik ve hatalar konusunda kararsız olduğu tespit edilmiştir. Bu başlıklarla ilgili T değeri ortalamalarının 1.729'un altında oluşu da, kullanıcılar arasında fikir birliği olmayışını göstererek, kararsızlık sonucunu pekiştirmiştir.

Yeşil ile gösterilen ortalamaların sonucunda, vakaya konu proje özelindeki deneyimlerine göre alınmış kullanıcı cevapları 1/3'ün üzerinde olduğu için, kullanıcıların verimlilik, hatırlanabilirlik ve memnuniyet konularında yazılımla ilgili olumlu düşündükleri tespit edilmiştir. Bu başlıklara dair T değeri ortalamalarının 1.729'un üstünde oluşu da, kullanıcılar arasındaki fikir birliğini göstererek, olumlu sonucu pekiştirmiştir.

Öğrenilebilirlik, verimlilik, hatırlanabilirlik, hatalar ve memnuniyet parametrelerinden alınan sonuçların ortalaması ile yazılımın kullanılabilirliği sonucuna gidildiğinde, 0.413 değerinin 1/3'ün üzerinde oluşu ve 3.103 olan T değerinin de 1,729'un üzerinde oluşu, kullanıcıların yazılımın kullanılabilir olduğuna katıldıklarını göstermektedir.

Kullanılabilirlik anketinin başında anlatılan Likert Ölçeği'nde bahsi geçen puanlamaya bakıldığında; 1 ile 1/3 (0.33) arasının katılma konusunda olumlu olduğu belirtilmiştir.

Anketteki kullanılabilirlik sonucunun (0.413≈0.41) 0.33 ile 1 değeri arasının negatife yaklaşan kısımda oluşu, kullanılabilirlik konusundaki olumlu durumun seviyesinin düşük olduğunu göstermektedir. Bu düşüklüğün sebebi tezin 5. kısmında tartışılmıştır.



Şekil 3.21 Kullanılabilirlik sonuçlarının genel ilişki matrisi

Kullanıcıların cevaplarına dair genel ilişki matrisine bakıldığında, verimlilik ve memnuniyet arasında doğru yönde bir ilişki olduğu görülmektedir. Kullanılabilirlik ile doğru yönde ilişki durumu incelendiğinde, en yüksek değeri verimlilik ve ardından memnuniyet almaktadır. Bu durumda verimlilik arttıkça memnuniyetin arttığı; bu iki değer arttığında da kullanılabilirliğin arttığı yorumu yapılabilir.

İlişki matrisinden çıkarılan bir diğer sonuç ise kullanıcıların yazılımı proje öncesindeki kullanım süresi ile memnuniyet durumunun ters yönlü oluşudur. Bu durumda, kullanıcıların proje öncesindeki kullanım süresi arttıkça, memnuniyet durumunun düştüğü görülmektedir.

BÖLÜM 4

SONUÇ VE ÖNERİLER

YBM Uygulama Planı içerikleri ve YBM yazılımı kullanılabilirliği konularına dair yapılan araştırmalar ve incelemeler sonunda elde edilen bulgular ile varılan sonuçlar, tezin son kısmında açıklanmaktadır. Sonuçların analizleri, plan içeriklerindeki eksikler ile yazılım kullanılabilirliğini düşüren ana etmenlerin ilişkisinin sorgulanması ile yapılmaktadır.

Vakanın YBM Uygulama Planındaki Eksiklerin Oluşturduğu Risklerin Gerçekleşmesi

Çalışma kapsamında incelenen vakanın YBM Uygulama Planı içeriğinde YBM süreci tasarımı, teslim stratejileri ve anlaşmaları, YBM kapsam tanımları kısımlarının bulunmadığı; iletişim prosedürleri, teknoloji altyapı ihtiyaçları kısımlarının ise kısmen bulunduğu tespit edilmiştir. Eksik kısımların problem yaratma potansiyeli öngörüldüğünde:

- YBM süreci tasarımı (3) kategorisinin olmayışı, maliyet analizi, 3D koordinasyon, tasarım inceleme gibi belirlenmiş YBM kullanımlarının nasıl gerçekleştirileceğinin haritalarının olmayışı, YBM kullanımlarının sağlıklı olarak yerine getirilmemesi riski,
- Teslim stratejileri ve anlaşmaları (4) kategorisinin olmayışı, vakadaki işeveren ile müellif arasındaki projelendirme hizmetleri sözleşmesinde YBM'ye dair verilen kararların, bağlayıcı maddelerin, - eğer olsaydı - standart ya da protokollere atıfların proje takımı ve paydaşları tarafından bilinmemesi; dolayısıyla atlanması riski,
- YBM kapsam tanımları (5) kategorisinin olmayışı, oluşturulacak modellerin barındıracağı bileşenlerin detay seviyeleri ve işverenin ya da paydaşların

spesifik model taleplerinin belirlenmemesi ya da verilmiş kararların takım üyelerince bilinememesi sonucu ile takım üyelerinin gereksiz ve istenmeyen detay seviyesinde model bileşenleri oluşturması sonrasında modellerin veri yükünün ağırlaşması, model kullanım hızını düşmesi gibi riskler,

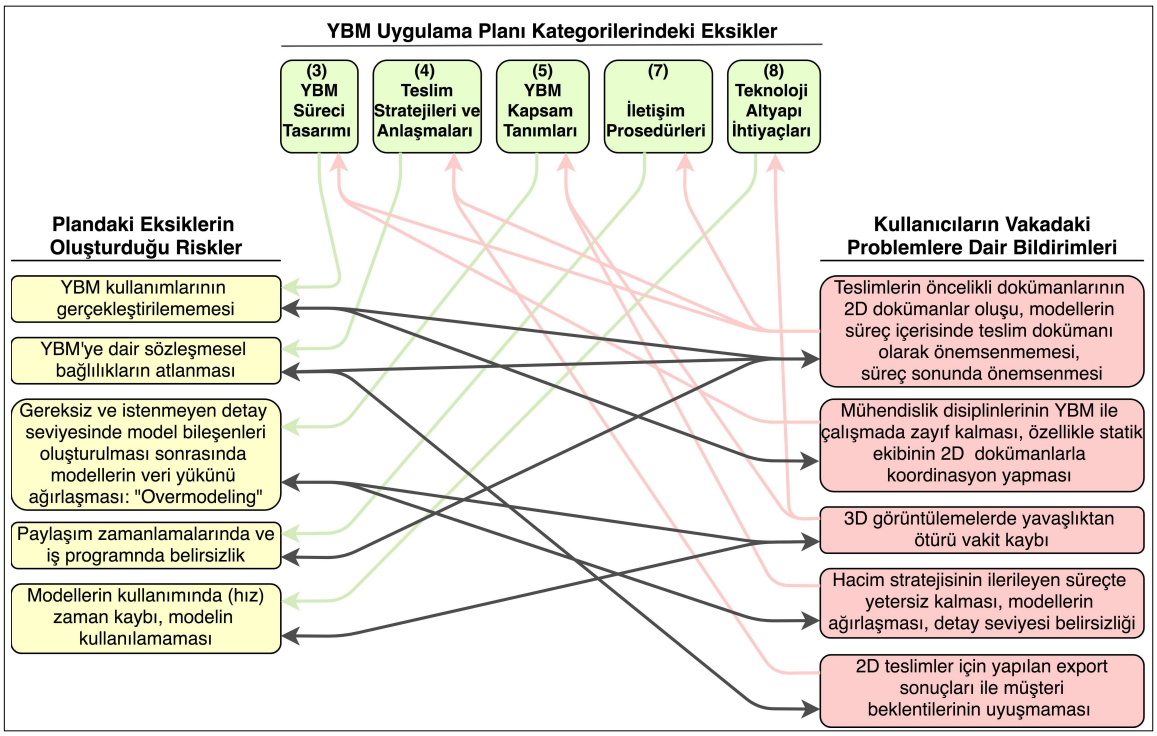
- İletişim prosedürleri (7) kategorisinde iletişim stratejilerinin, model paylaşım ve kontrol zamanlamalarının bulunmaması sonucunda paylaşım zamanlamalarının belirsizliği, proje takımlarının iş programlarında da belirsizlik riskleri,
- Teknoloji altyapı ihtiyaçları (8) kategorisindeki donanım ihtiyaçlarının belirlenmemiş olması sonucunda modellerin üretilirken, görüntülenirken ya da kontrol edilirken zaman kaybı, hatta bu eylemlerinin bir veya daha fazlasının yapılamaması riskleri,

oluşturduğu görülmüştür. Bu risklerin tez içerisinde incelenen vakada gerçekleşme durumlarına bakıldığında, katılımcıların hatalar kısmındaki serbest cevaplı ek D6 sorusuna verdiği cevaplardaki problemlerin:

- Teslimlerin öncelikli dokümanlarının 2D dokümanlar oluşu, modellerin süreç içerisinde teslim dokümanı olarak önemsenmemesi, süreç sonunda önemsenmesi konularının, YBM uygulama planındaki YBM süreci tasarımı (5), teslim stratejileri ve anlaşmaları (4), İletişim prosedürleri (7) kategorilerinin eksikliğiyle,
- Mühendislik disiplinlerinin YBM ile çalışmada zayıf kalmasının, özellikle statik ekibinin 2D dokümanlarla koordinasyon yapıyor oluşunun, YBM uygulama planındaki YBM kapsam tanımları (5) kategorilerinin eksikliğiyle,
- 3D görüntülemelerde yavaşlıktan ötürü vakit kaybının, YBM uygulama planındaki YBM kapsam tanımları (5), Teknoloji altyapı ihtiyaçları kategorisindeki donanım ihtiyaçları (8) kategorilerinin eksikliğiyle,
- YBM Uygulama Planı hazırlanırken yapılan hacim stratejisinin ilerileyen süreçte yetersiz kalması, modellerin ağırlaşması, detay seviyesi belirsizliği konularının, YBM uygulama planındaki YBM kapsam tanımları (5) kategorisinin eksikliğiyle,

- 2D teslimler için yapılan export sonuçları ile müşteri beklentilerinin uyuşmaması konusunun, YBM uygulama planındaki teslim stratejileri ve anlaşmaları (4) kategorisinin eksikliğiyle,

doğrudan ilişkisi olduğu görülmüştür. Sadece 6 kullanıcıdan serbest cevap alınan bu ek sorudaki her bir problem konusunun, bir uygulama planı eksikliği ile örtüşmesi, plandaki eksikliğin, yazılımın içerisinde bulunduğu problemlere yol açma sonucunu kanıtlamaktadır, (Şekil 4.1).

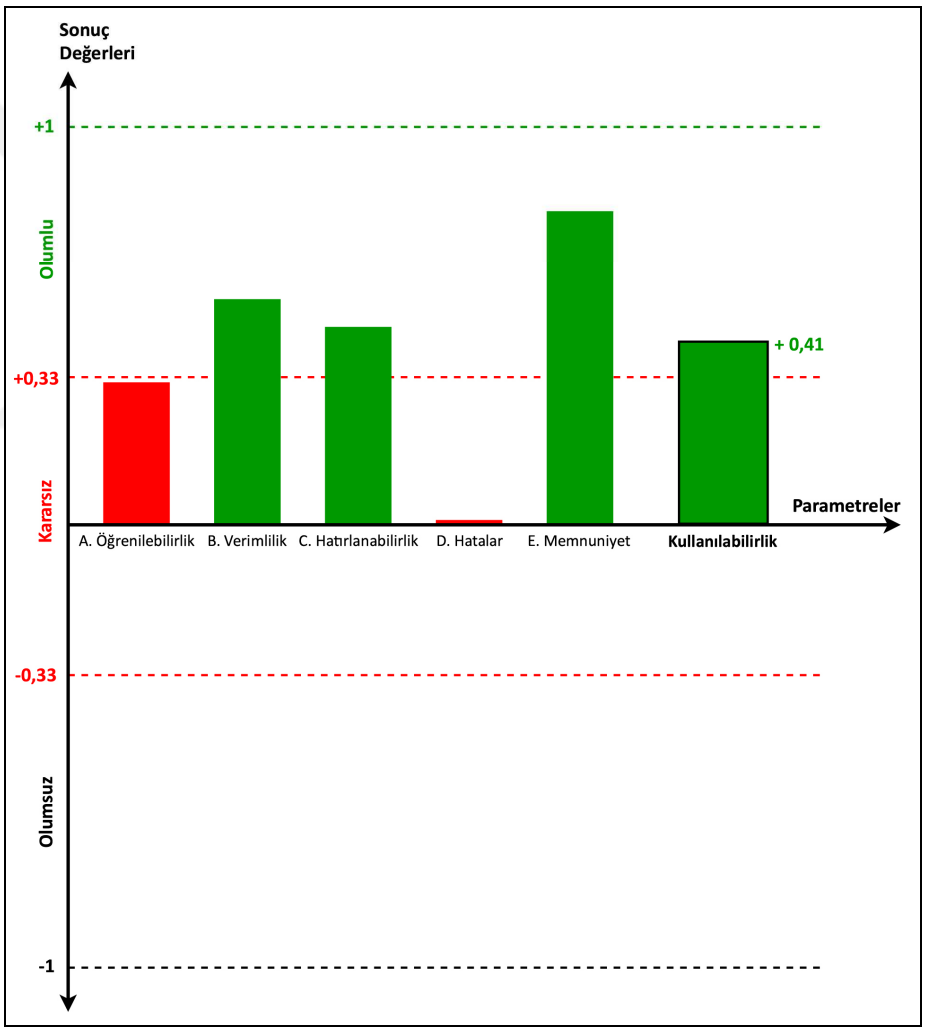


Şekil 4.1 Plan eksikleri, riskler ve gerçekleşen problemlere ilişkin bağıntı şeması

Plandaki kategori eksikliği konusu ve bu eksiklerin oluşturduğu riskler, başlı başına bir sebep-sonuç ilişkisi oluştururken; vaka özelinde ve vakanın planından bağımsız bir şekilde alınan kullanıcı bildirimleri, bir sağlama ve ek çıkarım ortaya koymuştur. Kullanıcı bildirimlerinin riskler ile ilişkisine bakıldığında, birkaç riskin bir sonuçta birleşerek ve karmaşıklaşarak gerçekleştiği görülmektedir. Bu karmaşıklaşmanın, YBM uygulama planı filtrasyonu ile giderilerek analiz edilebilmesi, genel proje sürecinde YBM uygulama planının çözümcül rolünü de göstermektedir. Planın olmadığı durumda, problemlerin kaynağına inmek, problemi çözmek dışında ayrı birer iş oluşturmaktadır. Bu ek işten kaçınmak için, projenin YBM uygulama planını yapmak, güncel tutmak, taleplere ve problemlere karşı içeriğini artırmak, değiştirmek gerekmektedir.

Vakanın YBM Uygulama Planındaki Eksiklerin YBM Yazılımı Kullanılabilirliği İle İlişkisi

Çalışmada incelenen vakada kullanılan YBM yazılımı (Revit 2014), kullanıcılar tarafından, fikir birliği ile vaka özelinde kullanılabilir bulunduğu tespit edilmiştir. Bu sonuca oransal olarak bakıldığında, (-1 ile -0.33 arası olumsuz, -0.33 ile +0.33 arası kararsız, +0.33 ile +1 arası olumlu) kullanılabilirliğin +0,41 değeri ile kararsıza yakın fakat olumlu durumdadır. Sonucu kararsıza doğru çeken etmenler incelendiğinde, kullanılabilirlik parametrelerinden sonuca olumsuz etkiyenler (en azdan en çoğa doğru) memnuniyet (0.71), verimlilik (0.51), hatırlanabilirlik (0.45), öğrenilebilirlik (0.32) ve hatalar (0.07) şeklindedir (Çizelge 3.9), (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 Kullanılabilirlik parametrelerinin ölçüm sonuçları

Kullanıllabilirliği en az düşüren parametre, memnuniyet olduğu için, araştırmadan elde edilen olumsuz girdiler, memnuniyet kısmı ile ilişkilendirilmemiştir. Memnuniyet

konusunun öznelliği, problem ilişkilendirilmeme kararının bir diğer unsurudur. Bu açıdan yazılımın yetenekleri de, YBM uygulama planındaki (tasarım inceleme, 3D koordinasyon, metraj vb.) amaç ve hedeflerin çoğunlukla yerine getirilmesi de memnuniyeti yukarıda tuttuğu söylenebilir.

Verimliliğin düşmesinde rol oynayan konuları birim iş için harcanan kaynak ve çıkan işin kullanılması yönünden ele aldığımızda, bu konuların YBM uygulama planındaki YBM süreci tasarımı (5), teslim stratejileri ve anlaşmaları (4), İletişim prosedürleri (7) kategorilerinin eksikliğiyle ilişkisi olduğu söylenebilir.

Hatırlanabilirlik ve öğrenilebilirlik parametrelerindeki değerleri düşüren etmenler ile YBM uygulama planındaki içerik eksikleri arasında bir ikişki bulunamamıştır. Hatırlanabilirliğin ve öğrenilebilirliğin, yazılımın (kısmen de kullanıcının) projeden bağımsız kendi yetenekleri ile doğrudan bağlantısı vardır. Bu bağlantı, YBM uygulama planı ile hatırlanabilirlik-öğrenilebilirlik arasında bağıntı arayışına girmeyi mantıksız kılmaktadır. Bu iki parametrenin sonuç değerlerini yükseltmek için, proje bazında gerekli görülen yazılım yeteneklerinin kullanıcılar tarafından kullanılabilir duruma getirmek için, yazılım öğrenme ve geliştirme ihtiyaçlarına dair YBM uygulama planına bir kategori eklenebilir. Bu kategoride, proje ekibinin bilgi seviyesinin tespiti sonrası, YBM kullanımları doğrultusunda ihtiyaç duyulan yazılım özelliklerini kullanmak için gerekli olan eğitimler, kişi veya grup bazlı atanabilir. Belirli bir seviyenin üzerindeki kullanıcılar için ise, pratik tazeleme amaçlı eğitimler düşünülebilir. Bu sayede öğrenilebilirlik ve hatırlanabilirlik parametrelerinden oluşabilecek kullanılabilirlik kaybının önüne geçilebilir.

Kullanıllabilirliği en fazla düşüren parametre olan hatalar kısmının, vakaya konu projenin YBM planındaki tüm eksik kategorilerle ilişkisi olduğu söylenebilir. Hatalar kısmındaki ek D6 sorusunun cevaplarının her birinin en az bir YBM uygulama planı kategorisi eksiği ile örtüşmesi bu bağıntıyı pekiştirmektedir. Tezin başlangıcında belirlenen hipotezlerin ilkine, bu sonuç yönünden bakıldığında; “YBM uygulama planı içeriklerinin doluluk oranı ile, YBM yazılımlarının kullanılabilirlik oranı arasında doğrusal bir bağıntı vardır” önermesi doğrulanmaktadır.

Çalışma ile ortaya çıkarılan plan doluluğu ile yazılım kullanılabilirliği arasındaki doğrusal bağıntı -YBM uygulama planının YBM yöntemindeki elzemliği bir yana- kısıtlı bir YBM kullanımı (tüm proje paydaşlarından birkaçının YBM ile çalışması) durumunda dahi, sadece YBM yazılımının getirilerini artırmak için, YBM uygulama planı yapılması gerekliliğini göstermektedir. Zira planın sadece birkaç kategorisindeki veri eksikliği, yazılıma harcanan emeğin geri dönüşünü kritik seviyede etkileyebilmektedir. Bu negatif etkileri, tüm plan kategorilerinin az ya da çok önemli olarak nitelendirmeden ele alınıp, kararlaştırılarak doldurulması, proje safhalarında sorgulanarak kontrol edilmesi, güncel tutulması ile azaltmak mümkündür.

Güncelliğe dair bir diğer konu ise, çalışma kapsamında incelenen örnek YBM uygulama planlarının gelişerek benzeşmesi, yayınlanan resmi bir plan örneğinin, diğerinden üstünlük taşıyabilme ihtimalini de belirtmektedir. Bir otoritenin, tespit ettiği bir ihtiyacı karşılayan bir kategori eklemesi, gelecekte de muhtemel bir durumdur. Bu açıdan, YBM ile ilgili yapılan uygulama planı çalışmalarının takibi ve olası geliştirmelerin eldeki plana eklenmesi de önem taşımaktadır. Bu gelişmeler, hem YBM metodundaki ilerlemelerle, hem de yazılım özelliklerindeki yeniliklerle ortaya çıkabilir.

Çalışmanın başından sonuna bahsi geçen yapı sektörü otoritelerinin büyük bir kısmının kamu kuruluşları ve devlet desteği oluşu da, ülkesel ölçekte YBM'ye geçişin teşviğinde kamunun rolünü göstermektedir. Bu açıdan, YBM'ye geçişin teşvik etmek adına, YBM Uygulama Planı ihtiva eden bir YBM Rehberi oluşturulması, bu rehber oluşturulurken de çalışma kapsamında değinilen Yeni Zelanda örneği gibi, dünyadaki başarılı örnekler baz alınması gereklidir. Bu çalışmanın, YBM'ye teşviğin yanında, ülkemizde kullanımı yaygınlaşan YBM yazılımlarının daha etkin kullanılmasını da artıracağı ve birim zamanda yapılan iş miktarındaki verimlilik açısından, ülke çapında bir tasarrufu destekleyeceği görülmektedir.

KAYNAKLAR

[1] BSI, (2013). PAS 1192-2:2013, Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling, Incorporating Corrigendum No. 1, British Standarts Institution, London.

[2] Computer Integrated Construction Research Program, (2011). BIM Project Execution Planning Guide – Version 2.1. May, The Pennsylvania State University, University Park, PA, USA.

[3] BIM Accerelation Committee, (2016). The New Zealand BIM Handbook - A Guide To Enabling BIM On Building Projects, Second Edition, New Zealand.

[4] Eastman, C. Teicholz, P. Sacks, R. Liston, K. (2010). BIM HandbookHandbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. 2nd Edition, John Wiley&Sons, Inc.

[5] Crotty, R. (2012). The Impact of Building Information Modelling. Oxon: SPON Press.

[6] Epstein, E. (2012). Implementing Successful Building Information Modeling. Norwood: Artech House.

[7] Hardin, B. a McCool, D. (2015). BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows. 2. Indianapolis: John Wiley & Sons, Inc.

[8] NBIM-US, (2018). National BIM Standard-United States. Frequently Asked Questions About the National BIM Standard-United States, https://www.nationalbimstandard.org/faqs#faq1 , alındığı tarih: 07.05.2018

[9] Barnes, P., Davies, N. (2014). BIM in Principle and in Practice. London: ICE Publishing, London.

[10] Matějka, P., Tomek, A. (2017). Ontology of BIM in a Construction Project Life Cycle, Creative Construction Conference 2017, CCC 2017, 19-22 June 2017, Primosten, Croatia.

[11] Abbasnejad, B ve Moud,H. (2013). BIM and Basic Challenges Associated with its Definitions, Interpretations and Expectations, International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA), Cilt 3 (1): 287-294.

[12] Volk, R. Stengel, J. Schultmann, F. (2014). Building information Modeling BIM for existing buildings- Literature review and future needs. Automation in Construction Cilt 38: 109-127.

[14] Autodesk Inc., (2002). Building Information Modeling, Autodesk Building Industry Solutions, White Paper, Autodesk http://www.laiserin.com/features/bim/autodesk_bim.pdf, 05.09.2017.

[15] Buildpedia.com, (2010). The Daily Life of Building Information Modelling, http://buildipedia.com/images/masterformat/Channels/In_Studio/The_Daily_Life_of_Building_Information_ModelingBIM/BIM_Illustration.jpg, 12.09.2017.

[16] Laiserin, J., (2002). Comparing Pommes and Naranjas., http://www.laiserin.com/features/issue15/feature01.php, 07.05.2018

[17] The BIM Dictionary, (2018). Building Information Modelling, https://bimdictionary.com/tr/building-information-modelling/1/, 07.05.2018

[18] Autodesk, (2015). West Riverside Hospital BIM modeli görselleri.

[19] Eynon, J., (2016) et al. Construction Manager's BIM Handbook. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd.

[20] Race, S. (2012). BIM Demystified. 2. London: RIBA Publishing, London.

[21] Reddy, K. P., (2012). BIM for Building Owners and Developers: Making a Business Case for Using BIM on Projects. John Wiley & Sons, Inc.

[22] Lévy, F., (2011). BIM in Small-Scale Sustainable Design. Wiley.

[23] Krygiel, E. and Nies, B., (2008). Green BIM: Successful Sustainable Design with Building Information Modeling. Sybex.

[24] Park, J. and Cai, H., (2017). WBS-based dynamic multi-dimensional BIM database for total construction as-built documentation. Automation in Construction.

[25] Chen, P. H. and Nguyen, T.C., (2017). Integrating web map service and building information modeling for location and transportation analysis in green building certification process. Automation in Construction 77: 52-56.

[26] Bouška, R and Heralová, R.S., (2016). Utilization Of BIM during architectural study. CESB 2016 - Central Europe Towards Sustainable Building 2016: Innovations for Sustainable Future, 677-684.

[27] Bouška, R., (2016). Evaluation of Maturity of BIM Tools across Different Software Platforms. Procedia Engineering, 481-486.

[28] Zou, Y., Kiviniemi, A. and Jones, S.W., (2016). Developing a tailored RBS linking to BIM for risk management of bridge projects. Engineering, Construction and Architectural Management, 727-750.

[29] Wang, H., Song, X.S., (2015). Research on BIM construction schedule generating algorithm. International Journal of Simulation: Systems, Science and Technology, 16-1B: 10.1-10.7.

[30] Rossini, L. F., Fioravanti, A., Trento, A., (2015). Project Risk Modelling Information and Management Framework How to enhance risk management framework improve actor mutual understanding using BIM and Augmented reality tools. ECAADE 2015: Real Time - Extendıng the Reach of Computation, Vol 1, 577-584.

[31] Miettinen, R. and Paavola, S., (2014). Beyond the BIM utopia: Approaches to the development and implementation of building information modeling. Automation in Construction. 84-91.

[32] Turk, Ž., (2016). Ten questions concerning building information modelling. Building and Environment, 274-284.

[33] Wang, X., Truijens, M., Hou, L., Wang, Y., Zhou, Y., (2014). Integrating Augmented Reality with Building Information Modeling: Onsite construction process controlling for liquefied natural gas industry. Automation in Construction, 96-105.

[34] Ding, L., Zhou, Y., Akinci, B., (2014) Building Information Modeling (BIM) application framework: The process of expanding from 3D to computable nD. Automation in Construction, 82-93.

[35] Smith, P., (2014) BIM implementation - Global strategies. Procedia Engineering, 482-492.

[36] Computer Integrated Construction Research Program, (2011). BIM Project Execution Planning Guide - Version 2.1. May, The Pennsylvania State University, University Park, PA, USA.

[37] MIT, (2016). MIT Design Standards BIM Execution Plan v6.0, Facility Information Systems MIT Infrastructure Business Operations.

[38] Harvard University Construction Management Council, (2013). Guide to BIM Execution Planning, BIM Execution Plan Template.

[39] Princeton University, (2012). Princeton University BIM Specification.

[40] USACE, (2012). BIM Project Execution Plan (PxP) Template Version 2.1.

[41] Building and Construction Authority, (2013). Singapore BIM Guide Version 2, Building and Construction Authority, Singapore.

[42] AEC (UK), (2012). AEC (UK) BIM Protocol, Implementing UK BIM Standards for the Architectural, Engineering and Construction industry, Version 2.0, Eylül 2012.

[43] CPIc, (2013). Post Contract-Award Building Information Modelling (BIM) Execution Plan (BEP) Template, R1.

[44] ISO, (1998). ISO 9241-11:1998(en) Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) — Part 11: Guidance on usability.

[45] Nielsen, J., (2012). Usability 101: Introduction to Usability, https://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability/, 08.11.2017.

[46] Janice (Ginny) Redish and Joseph Dumas, (1999). A Practical Guide to Usability Testing, 4.

[47] Quesenbery, W. Using the 5Es to undestand users, http://www.wqusability.com/articles/getting-started.html , 16.02.2018.

[48] Krug, S., (2000). Don't Make Me Think: A Common Sense Approach to Web Usability, Second Edition, New Riders Press, Berkeley.

[49] Nielsen, J., (1993). Usability Engineering, Morgan Kaufmann, San Francisco.

[50] Jeng, J., (2005). Usability Assessment of Academic Digital Libraries: Effectiveness, Efficiency, Satisfaction, and Learnability. School of Communication, Information, and Library Studies, Rutgers, The State University of New Jersey.

[51] Gürses, E., (2005). Web sitelerinde kullanılabilirlik çalışmaları ve kullanılabilirlik değerlendirme yöntemleri, Adana: Akademik Bileşim 2005.

[52] İslim, O. F. ve Solmaz Evcil, E., (2012). Kullanılabilirlik Kavramı ve Kullanılabilirlik Ölçümleri, 6th International Computer & Instructional Technologies Symposium.

[53] Kassem, M., Succar, B., & Dawood, N., (2013). A proposed approach to comparing the BIM maturity of countries, CIB W78 2013 - 30th International Conference on the Applications of IT in the AEC Industry, Beijing, China.

[54] Kassem M, Iqbal N, Kelly G, Lockley S, Dawood N., (2014). Building information modelling: protocols for collaborative design processes, ITcon Vol. 19: 126-149.

[55] Likert R., (1932). A technique for the measurement of attitudes, Arch Psychology, No. 140, Volume 22: 5-55.

[56] Newbold P., (2016). İşletme ve İstatistik için İstatistik, 4. Basımdan Çeviren: Ümit Şenesen, Literatür Yayınları.

[57] Gerstman, B. (2016). StatPrimer (Version 7.0), Probability Tables, t table, http://www.sjsu.edu/faculty/gerstman/StatPrimer/t-table.pdf , 10.05.2018

[58] Bew, M., Richards, M., (2008). BIM Maturity Model. Paper presented at the Construct IT Autumn 2008 Members' Meeting. Brighton, UK.

[59] RIBA, (2012). BIM Overlay to the RIBA Outline Plan of Work. Royal Institute of British Architects, London.

[60] Barnes, P., Davies, N., (2014). BIM in Principle and in Practice. London:ICE Publishing.

[61] Kopuz, B. (2015). İnşaat Projelerinde Etkin Bir BIM Uygulaması İçin Katılımcılar Arasındaki BIM Protokollerinin İncelenmesi ve Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ FBE, İstanbul.

[62] The Department of Business, Innovation and Skills of UK, (2011). A report for the Government Construction Client Group Building Information Modelling (BIM) Working Party Strategy Paper.

[63] Dallasega, P., Marengo, E., Nutt, W., Rescic, L., Matt, D. T., Rauch, E., (2015). Design of a Framework for Supporting the Execution-Management of Small and Medium sized Projects in the AEC-industry, Conference Paper, 4th International Workshop on Design in Civil and Environmental Engineering, At Taipei, Taiwan.

[64] Hergusel, M. (2011). Benefits of Building Information Modeling For Construction Managers and Based Scheduling. Yüksek Lisans Tezi, Worcester polytechnic institute.

[65] BIMForum, (2017). Level of Development Specification Guide, BIMForum Committee.

[66] NBS, (2017). National BIM Report 2017, RIBA Enterprises Ltd.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : İdris BAHADUR

Doğum Tarihi ve Yeri : 03.07.1990 - İstanbul

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : idrisbahadir@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	**Alan**	**Okul/Üniversite**	**Mezuniyet Yılı**
Lisans	Mimarlık	Trakya Üniversitesi	2012
Lise	Fen-Matematik	Nevzat Ayaz Yabancı Dil Ağırlıklı Lisesi	2008

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	**Firma/Kurum**	**Görevi**
2014-2018	Dome+Partners	Mimari Proje Koorinatörü
2012-2014	Emay İnşaat	Saha Mimarı

YAYINLARI

1. Yapı Sektörü Otoritelerince Hazırlanmış BIM Uygulama Planlarının Karşılaştırılması ve Değerlendirilmesi, 3. Uluslararası Muhendislik Mimarlık ve Tasarım Kongresi, 04-05 Mayıs 2018, Wellborn Luxury Hotel Başiskele, Kocaeli, Türkiye.