



**TÜRKİYE İNŞAAT SEKTÖRÜNDE MİMARLAR İÇİN YAPI BİLGİ
MODELLEMESİ UYGULAMASINDA KRİTİK BAŞARI
FAKTÖRLERİNİN BELİRLENMESİ**

Damla KALAY

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ŞUBAT 2024

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Damla KALAY

05/02/2024

TÜRKİYE İNŞAAT SEKTÖRÜNDE MİMARLAR İÇİN YAPI BİLGİ MODELLEMESİ UYGULAMASINDA KRİTİK BAŞARI FAKTÖRLERİNİN BELİRLENMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Damla KALAY

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Şubat 2024

ÖZET

İnşaat projelerinin boyutları arttıkça, süreci yöneten uzmanların sayısı da artmaktadır. Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte, Yapı Bilgi Modellemesi (YBM), bu süreci yönetmek için bir araç olarak kullanılmaktadır. İnovatif bir yönetim stratejisi olarak YBM, inşaat projelerinin verimliliğini ve etkinliğini arttırmada temel bir unsur haline gelerek, 10 yıldan fazla bir süredir Dünya çapında inşaat sektörünü etkilemektedir. Mimarlık, mühendislik ve inşaat alanlarından kullanıcıları ortak bir sürece entegre eden YBM teknolojisi, sürecin doğru yönetimi için verimlilik kavramını vurgulamakta ve literatürde, ileri bilgi paylaşımı, proje yönetim süreçleri ve iş birliği avantajları konulu birçok çalışmada yer almaktadır. Ancak, profesyonel alanda, uygulamada çeşitli engellerle karşılaşmaktadır. Bu noktada, YBM sistemini başarılı bir şekilde uygulamak için başarısını etkileyen faktörleri belirlemek ve etkin bir şekilde yönetmek gereklidir. Bu çalışmanın kapsamında, Mimarlık disiplini için Kritik Başarı Faktörleri (KBF'ler) araştırılmıştır. YBM'de KBF'leri içeren ulusal ve uluslararası çalışmalara ele alınarak kapsamlı bir literatür taraması yapılmış, tarama sonucunda literatürden çıkarılan 22 etkileyici faktör, Ishikawa Diyagramı kullanılarak 5 kategori altında toplanmıştır. Bu kategoriler; İnsan, Çevre, Metot, Teknik ve Finans'tır. Türkiye inşaat sektöründe yer alan YBM kullanıcısı mimarlara anket çalışması uygulanarak belirlenen 5 kategori altındaki kriterlerin önem derecelerini 1'den 5'e kadar belirtmeleri istenmiştir. Anket sonucunda elde edilen verilerden etkileyici faktörler ve KBF'ler arasındaki ayrımı ve göreceli gruplarını belirlemek için Açıklayıcı Faktör Analizi kullanılmıştır. 22 etkileyici faktörden, Açıklayıcı Faktör Analizi sonucunda 15 adetinin KBF olarak belirlendiği ve 15 KBF'nin 4 kategori altında toplandığı ortaya çıkmıştır. Bu 4 kategori; İnsan, Çevre, Finans ve Sektör olarak yeniden isimlendirilmiştir. Belirlenen 4 kategori arasındaki temel ilişkileri incelemek için, 5 hipotez oluşturularak kavramsal bir çerçeve kurulmuştur. Yapısal Eşitlik Modeli (YEM) kullanılarak önerilen çerçevenin geçerliliği incelenmiştir. YEM sonucunda, önerilen 5 hipotezden 3'ü desteklenmiş, 2'si desteklenmemiştir. Çalışma sonucunda YBM'de KBF'ler mimari çerçeveden değerlendirilerek belirlenmiş ve belirlenen KBF'lerin birbirleri üzerindeki etkisi ölçülmüştür. Sonuçlar, YBM konusunda gelişmekte olan bir ülke olan Türkiye için, süreç içerisinde yönlendirici etkiye sahiptir.

Bilim Kodu : 80115

Anahtar Kelimeler : Yapı bilgi modellemesi, kritik başarı faktörleri, mimarlık, mimarlık mühendislik inşaat endüstrisi

Sayfa Adedi : 99

Danışman : Doç. Dr. Zeynep Yeşim İLERİSOY

DETERMINATION OF CRITICAL SUCCESS FACTORS IN BUILDING
INFORMATION MODELLING APPLICATIONS FOR ARCHITECTS IN THE
CONSTRUCTION INDUSTRY IN TURKEY

(M. Sc. Thesis)

Damla KALAY

GAZI UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

February 2024

ABSTRACT

As the sizes of construction projects increase, the number of experts managing the process also increases. With the advancement of technology, Building Information Modeling (BIM) is used as a tool to manage this process. As an innovative management strategy, BIM has become a fundamental element in increasing the efficiency and effectiveness of construction projects, influencing the global construction sector for over a decade. BIM technology, integrating users from the fields of architecture, engineering, and construction, emphasizes the concept of efficiency for the accurate management of the process. It has been widely discussed in the literature on advanced information sharing, project management processes, and collaboration advantages. However, in the professional field, various obstacles are encountered in the application. At this point, it is necessary to identify and effectively manage the factors influencing the successful implementation of the BIM system. In this study, Critical Success Factors (CSFs) for the discipline of Architecture have been investigated. A comprehensive literature review was conducted by addressing national and international studies involving CSFs in BIM, and 22 influential factors extracted from the literature were categorized under 5 categories using the Ishikawa Diagram. These categories are People, Environment, Method, Technique, and Finance. A survey was conducted on BIM users in the construction sector in Turkey, asking them to rate the importance of criteria under the 5 categories from 1 to 5. Exploratory Factor Analysis was used to distinguish between influential factors and CSFs and determine their relative groups based on the survey results. Out of the 22 influential factors, 15 were identified as CSFs through Exploratory Factor Analysis, and these CSFs were grouped under 4 categories: People, Environment, Finance, and Sector. A conceptual framework was established by formulating five hypotheses to examine the fundamental relationships among the predetermined four categories. The validity of the proposed framework was investigated using Structural Equation Modeling (SEM). As a result of SEM analysis, three out of the five hypotheses were supported, while the remaining two were not supported. The study concluded by evaluating Key Success Factors (KSFs) within the SEM framework and measuring their influence on each other. The findings suggest that, for Turkey, a developing country in terms of SEM application, the results have a guiding effect throughout the process.

Science Code : 80115

Key Words : Building information modelling, critical success factors, architecture, AEC industry

Page Number : 99

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Zeynep Yeşim İLERİSOY

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın başarılı bir şekilde tamamlanmasında değerli danışmanım Doç. Dr. Zeynep Yeşim İLERİSOY'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Hoşgörüsü, bilgeliği ve tecrübesiyle beni yönlendirmesi, bu çalışmanın hayata geçmesini mümkün kıldı.

Başarılarımın her aşamasında beni destekleyen sevgili eşim Oğuzhan KALAY'a ve değerli ailem Serpil ve Sinan GÜVENÇ ile Özlem ve Kenan KALAY'a derin minnettarlığımı ifade etmek isterim. Onların güçlü desteği bu süreci kolaylaştırdığı gibi aynı zamanda anlamlı kıldı.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xii
RESİMLERİN LİSTESİ	xiii
KISALTMALAR.....	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. YAPI BİLGİ MODELLEME (YBM) KAVRAMI.....	7
2.1. Yapı Bilgi Modelleme (YBM) Tanım ve İçeriği	7
2.2. Yapı Bilgi Modelleme (YBM) Kullanım Alanları	10
2.3. Yapı Bilgi Modellemenin (YBM) Sektördeki Yeri.....	20
3. KRİTİK BAŞARI FAKTÖRÜ (KBF) KAVRAMI	25
3.1. Kritik Başarı Faktörü (KBF) Tanımı.....	25
3.2. Kritik Başarı Faktörü (KBF) Kullanımı.....	26
3.3. Yapı Bilgi Modellemesinde (YBM) Kritik Başarı Faktörlerinin (KBF) Belirlenmesi	26
4. KAVRAMSAL ÇERÇEVEYE YÖNELİK LİTERATÜR TARAMASI	31
4.1. Ulusal Çalışmalar	31
4.2. Uluslararası Çalışmalar	36
5. ARAŞTIRMA METODOLOJİSİ.....	39
5.1. 5M Çerçevesinin Oluşturulması.....	41
5.2. Anket Hazırlanması ve Uygulanması.....	43
5.3. İstatiksel Analiz Yöntemleri	45

	Sayfa
5.3.1. Açıklayıcı faktör analizi	45
5.3.2. Geçerlilik ve güvenirlik analizi.....	46
5.3.3. Yapısal eşitlik modeli.....	46
6. ARAŞTIRMA BULGULARI	49
6.1. 5M Çerçevesi.....	49
6.1.1. İnsan faktörleri	49
6.1.2. Metot faktörleri	53
6.1.3. Teknik faktörler.....	56
6.1.4. Çevre faktörleri	57
6.1.5. Finans faktörleri	60
6.2. Anket	63
6.3. İstatiksel Analiz Sonuçları	67
6.3.1. Açıklayıcı faktör analizi	67
6.3.2. Geçerlilik ve güvenirlik analizi.....	68
6.3.3. Yapısal eşitlik modelinin kurulması.....	69
7. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	75
KAYNAKLAR	80
EKLER.....	86
EK-1. Anket formu	87
EK-2. Etik kurul onayı.....	91
EK-3. İstanbul Büyükşehir Belediyesi İzin Yazısı	93
ÖZGEÇMİŞ	99

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. YBM Tanımları	8
Çizelge 2.2. YBM Uygulama Alanlarına Yönelik Literatür.....	11
Çizelge 3.1. YBM Uygulamasında KBF Çalışmaları.....	28
Çizelge 4.1. Ulusal Literatürde YBM Uygulamasında Etkileyici Faktörleri Ele Alan Çalışmalar.....	34
Çizelge 4.2. Uluslararası Literatürde YBM Uygulamasında KBF'yi Ele Alan Çalışmalar.....	37
Çizelge 6.1. YBM Uygulamasının Literatürden Belirlenen KBFleri	62
Çizelge 6.2. Açıklayıcı Faktör Analizi Sonrası Faktörlerin Yük Dağılımları	68
Çizelge 6.3. Geçerlilik ve Güvenirlilik Açıklamaları ve Referans Değerleri	68
Çizelge 6.4. Geçerlilik ve Güvenirlilik Değerleri.....	69
Çizelge 6.5. Yol Katsayılarına Dayalı Hipotez Değerlendirmesi	73

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Akış Şeması.....	5
Şekil 2.1. İnşaat Sektörünün Dijitalleşmesi Endeksi	21
Şekil 2.2. İnşaat Sektörünün Dijitalleşmesi Endeksi: Türkiye Raporu.....	22
Şekil 2.3. Yapı sektöründe verimliliğin değişimi (Türkiye YBM Raporu 2018/2019)..	24
Şekil 5.1. Çalışma Aşamaları.....	41
Şekil 5.2. Ishikawa Diyagramı Ana Hatları	42
Şekil 6.1. Ana Kategori Tanımları.....	49
Şekil 6.2. Ishikawa Diyagramı.....	64
Şekil 6.3. Katılımcı Yaş Dağılımı.....	65
Şekil 6.4. Katılımcıların Sektördeki Deneyim Yılı.....	65
Şekil 6.5. Katılımcıların YBM Uygulamasındaki Deneyim Yılı.....	66
Şekil 6.6. Katılımcı Firmaların Rolü.....	66
Şekil 6.7. Müşteri Türü	67
Şekil 6.8. Katılımcıların Yer Aldığı Proje Süreleri (Yıl).....	67
Şekil 6.9. YBM Uygulama Alanları	67
Şekil 6.10. Tez Kapsamında Kurulan Yapısal Eşitlik Modeli	71
Şekil 6.11. Tez Kapsamında Kurulan Yapısal Eşitlik Model Yol Katsayıları.....	74

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Kısaltmalar	Açıklamalar
AFA	Açıklayıcı Faktör Analizi
BREEAM	Building Research Establishment's Environmental Assessment Method
CAD	Computer Aided Design
COBie	Construction Operations Building Information Exchange
IAI	Alliance for Interoperability
IFC	Industry Foundation Classes
KBF	Kritik Başarı Faktörü
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
NBIMS	The National Building Information Modelling Standards
PLM	Product Lifecycle Management
YBM	Yapı Bilgi Modelleme
YEM	Yapısal Eşitlik Modeli

1. GİRİŞ

Küreselleşme ve teknolojinin hızla ilerlemesi, yapı sektöründe, gelenekselleşmiş taleplerin dönüşümüne, süreçlerinin değişmesine yol açmış ve inşaat sektöründe rekabet ortamında ciddi bir artışa sebep olmuştur. Ghafur ve Navi (2016), mimarlık, mühendislik ve inşaat sektörünün, herkesin kendine özgü nitelikleri olmasına rağmen, sert ve zorlu bir rekabet yaratan çok sayıda ve çeşitli oyunculardan oluştuğunu savunmaktadır. Elbeltagi (2020) özellikle Orta Doğu'daki inşaat sektörünün, artan nüfus ve altyapı projelerine olan talep sebebi ile patlama yaşandığından bahsetmektedir. Bu hızlı artışın kontrolü amacıyla Yapı Bilgi Modellemesi (YBM); artan talepleri, rekabeti, proje boyutları ve karmaşıklığını yönetmek ve işletmek için mimarlık, mühendislik ve inşaat sektörü için kaçınılmaz bir sistem haline gelmiştir. YBM sektör için, prosedürel ve teknolojik bir değişim olarak iddia edilmektedir (Gerges 2017). Elbeltagi (2020), bu değişimin başarılı bir şekilde benimsenmesini, bir kuruluşun, kritik alanlarda hayati, ancak yönetilebilir YBM kaynaklı performansı olarak tanımlamıştır. Bu nedenle, inşaat projelerinde öngörülemeyen karışıklık ve sıkıntılar olmadan YBM sisteminin başarıyla uygulanabilmesi için projenin başarısını etkileyen faktörlerin belirlenmesi ve etkin bir şekilde yönetilmesi gerekmektedir (Elbeltagi, 2020).

Yenilikçi bir yönetim stratejisi olarak inşaat projelerinin verimliliğini ve etkinliğini artırmak için yapım yönetiminde temel bir unsur haline gelen YBM, on yıldan fazla süredir inşaat sektöründe yer alan bir teknoloji olarak, tüm dünya mimarlık sektörünü etkileyerek globalleşmiş bir kavrama dönüşmüştür. Verimlilik, bu çok parçalı sürecin yapı taşlarından biridir. Kymell (2008), bina projelerinin boyutları ve karmaşıklığı arttıkça, mal sahipleri, tasarımcı ve müteahhitten verimlilik ihtiyacının arttığından ve tüm bunları planlamak, inşa etmek ve sürdürmek için çok sayıda uzman kişinin gerekliliğinden bahsetmiş, bütün bu sürecin yönetimi için, bir araç olarak YBM kullanılmasının, ekibin proje hedeflerine ulaşmasını sağlayacağını savunmaktadır.

YBM, değişimi ve gelişimi önünde bir sınır bulunmayan, yaşayan bir süreçtir. Ülkeler de buna bağlı olarak YBM kullanım seviyelerini geliştirmek, adaptasyonunu arttırmak adına yoğun çalışmalarda bulunmaktadır. Sektör bazındaki bu çalışmalar literatüre de yansımaktadır. Literatürde yer alan birçok tanımının yanı sıra, YBM'nin başat tanım olarak,

Ulusal Yapı Bilimleri Enstitüsü tarafından 2008 yılında yapılan “bir projenin yaşam döngüsünün tüm aşamaları için değerli bilgiler içeren tutarlı bir bilgi modelinden, bir bina tasarlamak, inşa etmek, kullanmak ve bakımını yapmak için yürütülen bir süreç” tanımı kapsayıcı bir şekilde açıklamaktadır. YBM ile ilgili olarak, literatürde YBM’nin benimsenmesi, YBM’nin uygulanması ve YBM’nin yayılması terimleri ortaya çıkmıştır ancak bunların kullanımına ilişkin bazı değişkenlikler bulunmaktadır (Sinoh vd., 2020). Succar ve Kassem (2015) bu terimler için net tanımlar oluşturmuştur; YBM uygulamasını, YBM araçlarının ve iş akışlarının tek bir organizasyon içinde başarılı bir şekilde benimsenmesi; YBM yayılımı ise YBM araçlarının ve iş akışlarının pazarlar arasında benimsenme oranı olarak tanımlamışlardır. Rogers ve Schoemaker (1971) tarafından ortaya çıkan “teknoloji inovasyonunda benimseme, yeni teknolojiyi uygulama sürecini ifade ederken, yayılma yeni teknolojinin kabulünü ifade eder” tanımı da Succar ve Kassem (2015)’i destekler niteliktedir. 2004 yılından bu yana, YBM’nin farklı yönlerini araştırmak için çeşitli çalışmalar yapılmıştır (Barison ve Santos, 2010). YBM, Türk inşaat sektöründe görece yeni bir uygulama olarak yer aldığı için, doğru bir şekilde uygulanması ve verimli sonuçlar elde edilmesi, sektör bakımından büyük bir önem arz etmektedir. Literatürde özellikle son on beş yılda YBM konusunu içeren çalışmalarda hızlı bir artış görülmektedir. YBM’nin projelerde uygulanması sürecinde karşılaşılan avantaj ve dezavantajlar ile ilgili Dünya ve Türkiye çerçevesinde birçok çalışma bulunsa da sektörde sorunsuz bir geçişe hangi faktörlerin katkıda bulunduğu henüz net değildir (Ademci ve Gündeş, 2018). Uluslararası literatür, YBM uygulamasının Kritik Başarı Faktörleri hakkında geniş bir kaynak havuzuna sahipken (Liao ve Teo, 2017; Yusuf, 2018; Elbetegi 2020; Sinoh 2020; Lesniak 2021). ulusal literatürde, son yıllarda (2019-2023) endüstride de uygulamanın artması ve uyumsuzlukların baş göstermesi ile birlikte başarıya etki eden faktörleri içeren çalışmalar sınırlı sayıda yer almaktadır. YBM gereksinimi ve YBM’nin faydaları incelenip evrensel kapsamda ele alındığında tutarlı sonuçlar elde edilmektedir. Fakat her ülkenin YBM benimseme ve kullanım seviyesi farklılık göstermektedir. Avrupa’ya bakıldığında, Batı ve Kuzey ülkelerinin ihtiyaçları için YBM’yi başarıyla kullandıklarını, Doğu Bloku ülkelerinin ise YBM’yi daha yavaş bir hızda uygulamaya koyduğu görülmektedir (Lesniak vd., 2021). Bunun sebebi, YBM algısının kültürler arası değişiklik gösterebilen bir yapı olması (Ademci ve Gündeş, 2018) ve parçalı doğası (Gürünlü, 2019) sebebi ile her ülkenin başarısını etkileyen faktörlerinin kendi içerisinde değişmesidir.

Başarının evrensel bir tanımı ve onu ölçmek için standart bir metodolojisi olmadığı için bir sistemin başarılı veya başarısız olarak nitelendirilmesi oldukça zordur (Korkmaz, 2018). Bu nedenle, sistemlerin başarısı ve bu başarıyı etkileyen faktörler konusunda birçok araştırma yapılmaktadır. Yapılan çalışmalarda incelenen sistemin başarısını etkileyen çeşitli Kritik Başarı Faktörleri belirlenmiş olsa da belirlenen bu faktörler sistem türüne, başarı beklenen aktöre göre değişkenlik göstermektedir. Bu nedenle, projelerin başarısını etkileyen Kritik Başarı Faktörlerinin her aktör için ayrı ayrı ele alınması önem teşkil etmektedir. Özellikle, diğer sektörlerle nazaran daha büyük iş hacmine ve çeşitliliğe sahip olan inşaat sektöründe Kritik Başarı Faktörlerinin belirlenmesi daha büyük önem taşımaktadır (Korkmaz, 2018). Kritik Başarı Faktörleri, Yapı Bilgi Modellemesinin başarılı bir şekilde uygulanması için sektör paydaşlarının dikkat etmesi gereken en önemli faktörlerin rafine edilmesi için temel oluşturduğundan, pratik çıkarımlara sahiptir (Yusuf, 2018). Mimarlık disiplini ise hem sektördeki lider rolü hem de sektörün gelişimindeki öncü duruşu ile öne çıkmaktadır. Bu nedenle, mimarlık disiplininin performansını iyileştirmek adına Yapı Bilgi Modellemesi (YBM) uygulaması için Kritik Başarı Faktörlerini (KBF) incelemeye önemli derecede ihtiyaç duyulduğu düşünülmektedir.

Çalışmanın amacı

YBM teknolojisinin sağladığı gelişmiş bilgi paylaşımı, proje yönetim süreçleri, proje koordinasyonu ve iş birliği gibi avantajlar iyi belgelenmiş olsa da uygulanması sırasında taraflar çeşitli engellerle karşılaşmaktadır (Ademci ve Gündeş, 2018). Ulusal ve uluslararası literatürde birçok çalışma, YBM'nin Türkiye için yeni bir kavram olduğunu konu almıştır (Tan, 2022; Emad, 2020; Ökdem, 2016; Kaya, 2020). Uluslararası açık dijital veri paylaşım platformu olan BuildingSMART'ın 2011 yılında Orta Doğu ülkelerinde YBM uygulamasını inceleyen raporunun Türkiye'yi kapsamaması (Khanzadi, 2018). YBM uygulamasına Türkiye'de henüz tam olarak uyum sağlanamadığının göstergelerindendir. Ökdem (2016), bu durumu "YBM, Türkiye için yeni bir konsept olmak ile beraber; sadece bir metot değişimi değil, kültür değişimidir" şeklinde ifade etmektedir. Kültür değişiminin sebebi, "YBM uygulamasının altında yatan işbirlikçi yaklaşımların yeni ve denenmemiş iş kavramlarını içermesidir" şeklinde açıklanmaktadır (Mutai, 2009). Bu adaptasyon problemlerini en aza indirmek için YBM teknolojisinin kullanımını etkileyen temel faktörlere dayalı net bir uygulama stratejisi gereklidir. Bu amaç doğrultusunda, literatüre Türkiye özelinde bakıldığında, Türkiye'deki YBM uygulamalarının incelendiği çalışmalar bulunmakta olsa

da Kritik Başarı Faktörlerinin belirlenmesine yönelik çalışma sayısı çok sınırlıdır. Bu durum sektörün dijital dönüşüme ayak uydurması, uluslararası pazarda aktif rol alabilmesi ve rekabetçi tavrını başarılı bir şekilde devam ettirebilmesi açısından önemli bir noktadır. Bu açıdan tez çalışmasında nicel istatistiksel yöntemler kullanarak Türkiye’deki mimarlık disiplini ve bu disiplinle ilişki içerisindeki tüm paydaşların YBM uygulama süreçlerini ve performanslarını iyileştirmek amaçlanmaktadır. Mevcut durum analizi ile YBM uygulaması kullanan mimarlar için yararlı ve yol gösterici sonuçlar elde edileceği düşünülmektedir.

Çalışmanın yöntemi

Bu tez çalışmasında karma bir araştırma yöntemi (literatür taraması, anket uygulaması ve istatistiksel analiz yöntemleri) kullanılmıştır.

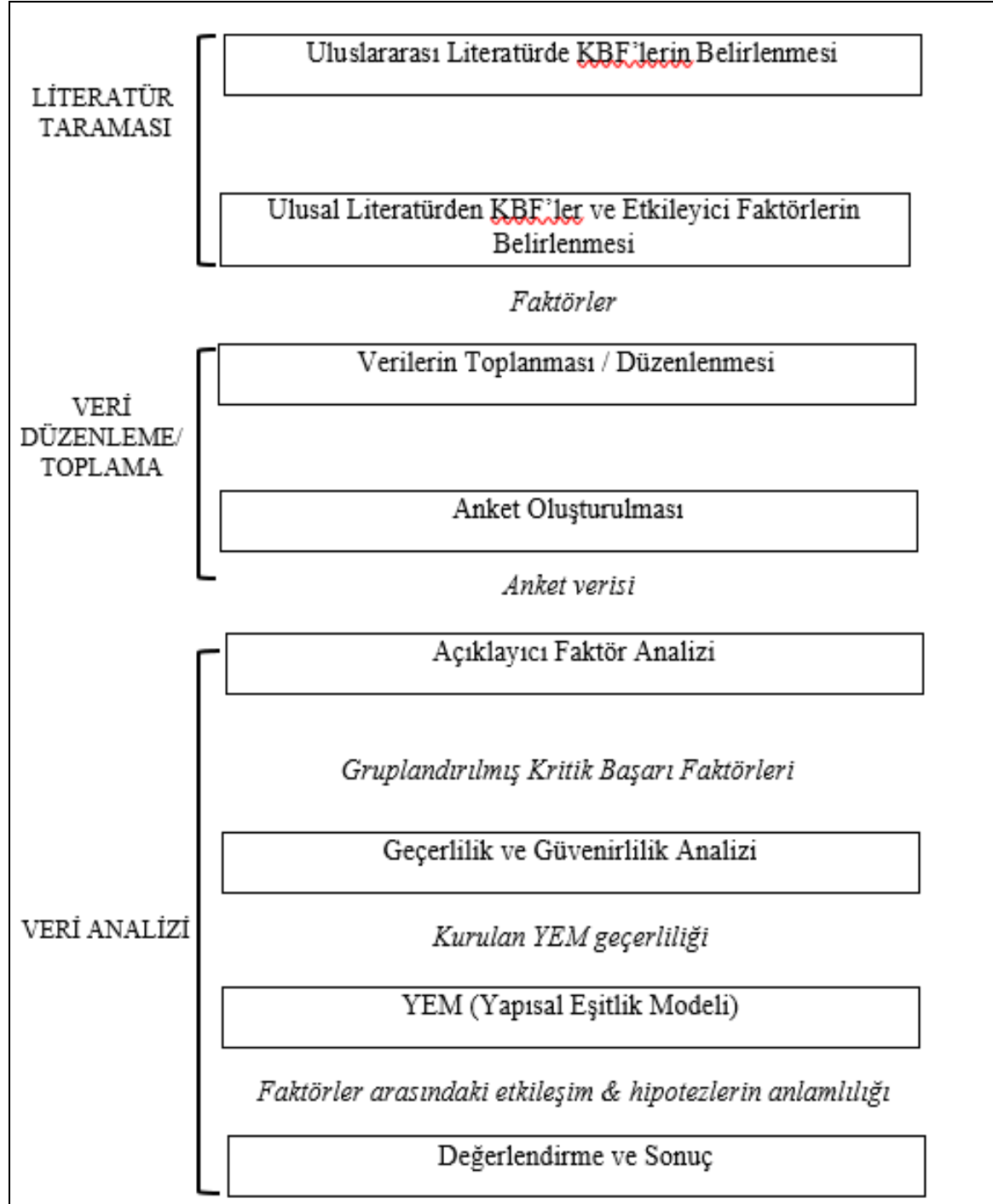
İlk olarak; YBM uygulanmasındaki etkileyicilerin tanımlanması ve bilgilerin daha iyi derlenerek kavramsal bir çerçevenin geliştirilmesi için geniş kapsamlı bir literatür taraması yapılmıştır. Bu taramada odak noktasındaki problemin olası tüm sebeplerini ve aralarındaki ilişkiyi net bir şekilde belirlemek için Balık Kılçığı Diyagramı (Ishikawa Diyagram) kullanılmıştır. Balık Kılçığı Diyagramı, problem çözmede kullanılan temel bir tekniktir. Balık Kılçığı Diyagramı sayesinde problemi oluşturan sebepler net bir şekilde belirlenerek sorunun kaynağına inilebilir (Ergülen, 2008).

İkinci olarak; YBM’nin uygulanma olgusunu anlamaya yönelik araştırma aracı olarak anket yöntemi seçilmiştir. Belirlenen faktörlerin göreceli önemini 5 puanlık bir Likert ölçeğinde sıralamak için mimarlık disiplini kapsamında YBM kullanıcılarıyla anket çalışması yapılmıştır. Soruların kolay anlaşılır olması ve sonuca yönelik olmasına dikkat edilmiş ve hedef kitleye uygulanmıştır.

Son adımda ise belirlenen etkileyici faktörler ve Kritik Başarı Faktörleri arasındaki ayrımı ve göreceli gruplarını belirlemek için Açıklayıcı Faktör Analizi kullanılmıştır. KBF grupları arasındaki temel ilişkileri incelemek için ise Yapısal Eşitlik Modeli (YEM) kullanılmıştır. Yapısal Eşitlik Modeli özetle, çeşitli istatistiksel bağımlılığa dayanan modellerin bağlı olduğu, çoklu hipotezlerin barındıran, değişkenlerin kendi arasında oluşturduğu neden – sonuç ilişkisini açıklamayı hedefleyen ve bu bağlamda oluşturulan teorik çerçevede bir model

olarak ele alınıp tek bir bütün olarak test edilmesini sağlayan bir yöntem olarak tanımlanabilmektedir (Ayyıldız ve Cengiz, 2006).

Çalışmanın akış şeması Şekil 1.1.'de verilmiştir.



Şekil 1.1. Akış Şeması



2. YAPI BİLGİ MODELLEME (YBM) KAVRAMI

2.1. Yapı Bilgi Modelleme (YBM) Tanım ve İçeriği

YBM algısı kültürden kültüre değişiklik gösteren bir kavram olduğundan YBM'nin tanımları da araştırmacının bakış açısıyla doğrudan ilgilidir (Kaya, 2020). YBM birçok farklı şekilde ifade edilmiş olsa da genel tabiri ile, mimarlık, mühendislik ve inşaat endüstrisi için yeni bir metodoloji olarak söylenebilir. Çelikel (2020), YBM'yi, “bir projenin hızlı, uygun maliyetli ve kaliteli bir mekanizma ile kontrolü altında teslim edilebilmesi için etkin bir iş birliği koşulunda herkese ve her faydalı veriye yeni bir boyut kazandıran bir metodoloji” olarak belirtmiştir.

1980'li yıllarda bilgisayar kullanımı yaygınlaşmasıyla birlikte, Autodesk firmasının AutoCAD programını geliştirmesi global bir etki yaratmış ve inşaat sektöründe bilgisayar destekli tasarıma (CAD) geçiş popülerlik kazanmıştır (Leondes, 2005). Bunu 2 boyutlu modellemeden 3 boyutlu modellemeye geçiş dönemi takip etmektedir. Bu dönem, yalnızca bina tasarımlarının görselleştirilme şeklini değiştirmekle kalmayıp, aynı zamanda tasarım düşüncesinin, saf görselleştirmeden simülasyona doğru kayma sinyalinin verildiği bir dönem olarak da değerlendirilmektedir (Robyn, 2005). Bu dönem sonrasında 3 boyutlu modellemenin de ötesinde bir entegrasyon sürecini başlatan YBM ortaya çıkmıştır. Demian ve Han'a (2019) göre bilgisayar destekli (CAD) modelleme sadece noktaların, çizgilerin, 2D şekillerin ve 3D hacimlerin koleksiyonlarından ibaretken, YBM konseptinde bu tür geometrik varlıkların niceliksel veya niteliksel verilerin yanı sıra sembolik veya soyut anlamları da vardır. 1994 yılında, altyapı ve binalar için uluslararası açık standartların oluşturulması konusunda Dünya çapında bir otorite olan BuildingSMART, o zamanki ismi ile Alliance of Interoperability oluşumu tarafından, iş birliği ve koordinasyonun, sistemin işlemedeki önemi The End of Babel videosu ile anlatılmıştır. Nesne tabanlı veri modelleme, 20. yüzyılın son yıllarında popülerlik kazanmış ve standardizasyonu, 1995 yılında kurulan International Alliance for Interoperability (IAI) tarafından Industry Foundation Classes'ın (IFC) yayınlanmasıyla başlamıştır (Gürünlü, 2019). YBM küresel bir dönüşüm süreci başlatmıştır. Özellikle geçtiğimiz birkaç yılda dünyadaki genel eğilimlere paralel olarak, ülkemizde de genel olarak yapı sektöründe dijitalleşme, özel olarak YBM temelli çalışma pratiğine geçiş tartışmaları ivme kazanmıştır (Türkiye BIM Raporu

2018/2019). Bu yeni süreç, mimarlık ve mühendislik projelerinde otomasyon seviyesini artırmaya yönelik bir dijitalleşme sürecidir (Lesniak, 2021). Teknoloji, süreç, insan ve bilgi gibi ana konularda değişikliği gerektiren YBM teknolojisiyle bir binanın sanal modeli dijital olarak oluşturularak tamamlanır ve bilgisayar tarafından oluşturulan model, binayı gerçekleştirmek için gereken inşaat, imalat ve tedarik faaliyetlerini desteklemek için gereken kesin geometri ve ilgili verileri içermektedir (Eastman, 2011).

Mimarlık dünyasına yeni bir uygulama, çalışma şekli olarak gelen YBM köklü bir değişikliğe sebep olmuş, ulusal ve uluslararası endüstri profesyonelleri tarafından deneyimlenmiş ve literatür tarafından çalışmalarla desteklenmiştir. Köklü değişim olarak bahsedilen bu süreçte YBM bir araçtır, asıl hedef her zaman verimli proje teslimi yapmaktır. YBM, mimarlık etkinliğini ve verimliliğini artırabilecek gelişmiş bir teknoloji olarak kabul edilmektedir (Tsai, 2014). Verimliliğin ana bileşen olarak değerlendirildiği bu süreçte, YBM geleneksel iş akışlarından uzak, yeni bir düşünme biçimini ortaya çıkarmaktadır. Literatürde birçok YBM tanımı bulunmaktadır. Farklı tanımlar derlenerek kavrama yönelik tanımlanan kelimeler ve kapsamın içeriği daha net gözlemlenebilir. Bunlardan başlıca olanları Çizelge 2.1.'de belirtilmiştir.

Çizelge 2.1. YBM Tanımları

KAYNAK	YBM TANIM
(AIA, 2002)	Bir projenin fiziksel ve işlevsel özelliklerinin dijital temsilini içeren bir süreç ve teknolojiler
(NBIMS, 2007)	Bir tesisin fiziksel ve işlevsel özelliklerinin dijital bir temsili
(Azhar, 2011)	Tesisin planlama, tasarım, inşaat ve işletme süreçlerini simüle etmek için bilgisayar destekli modellerin geliştirilmesi ve kullanımına odaklanan bir süreç
(Eastman vd., 2011)	İnşaat, imalat ve tedarik faaliyetlerini desteklemek için gereken, bilgisayar tarafından oluşturulan, binanın gerçekleştirilmesi için gerekli olan hassas geometriyi ve ilgili verileri içeren
(Eastman, 2011)	Bina veya altyapı projelerinin yaşam döngüsü boyunca parametrik dijital modellerinin oluşturulması ve yönetilmesi süreci
(Messner vd., 2011)	Bir proje planlamasını, kurulumunu ve işlevini kolaylaştırmak için bir bina projesinin dijital bilgi modelinin oluşturulması, kullanılması ve dönüştürülmesine dayanan bir mekanizma
(Ezher, 2008)	Tesisin planlanmasını, tasarımını, inşasını ve işletilmesini teşvik etmek için bilgisayar tarafından oluşturulan modelin geliştirilmesine ve kullanılmasına odaklanan süreç
(Smith, 2011)	Bir binayla ilgili veri oluşturma ve yönetme süreci, binanın tüm yaşam döngüsü
(Tekla, 2013)	Tüm bina yaşam döngüsünden faydalanmak için bir binanın yapısının ayrıntılı olarak modellenmesi ve iletilmesi süreci
(Park ve Kim, 2014)	Bina inşaat projeleriyle ilişkili zorlukları ve karmaşıklığı yönetmenin, paydaşların süreçlerini ve girişlerini entegre etmenin ve inşa edilmiş çevrede sürdürülebilirliği sağlamanın yenilikçi bir

Çizelge 2.1. (devam) YBM Tanımları

KAYNAK	YBM TANIM
(Tsai, 2014)	Bir binanın (veya bir altyapı parçasının) yaşam döngüsü boyunca ve işlevler arası olarak parametrik dijital modellerinin oluşturulması ve yönetilmesi
(PAS 11925, 2015)	İnşa edilmiş bir varlığın tasarımı, inşası ve işletilmesi için kullanılan ayrık elektronik nesne yönelimli bilgi seti
(Mordue, 2016)	Planlama, geliştirme ve kullanımdaki operasyonel bilgiler dahil olmak üzere tüm zaman çizelgesi boyunca gerçek projeye paralel olarak ilerleyen ve birden fazla kaynaktan gelen verileri içeren bir projenin dijital bir temsiliyi üretmek için bilgi ve teknolojiyi entegre etme yöntemi
(Succar, 2009)	Bina tasarım sürecini yaşam döngüsü boyunca yönetmek için etkileşen politika, süreç ve teknoloji seti

YBM'yi sadece bir yazılım, yazılımlar bütünü ya da yazılımların uygulaması olarak değerlendirmek, sürece yeni başlayan endüstri üyeleri için karıştırılan bir olgudur. Çizelge 2.1'de uluslararası literatürde YBM'nin yalnızca bir yazılım veya bir program olarak değerlendirmedeği, YBM uygulamasının bir süreç, sistem olarak ele alındığı detaylı bir şekilde gösterilmiştir. Moreno vd. (2019). YBM'nin sadece 3D modellerden oluşmadığı, aynı zamanda projedeki iş akışlarını ve diğer aktiviteleri de içerdiğini belirtmektedir. Hardin (2009) çalışmasında, YBM'nin sadece üç boyutlu akıllı modelleri kullanmak anlamına gelmediği, aynı zamanda iş akışında ve proje teslim süreçlerinde önemli değişiklikler yapmayı içeren bir sistem olduğuna değinmiştir. BIMsoft (2019). YBM'nin bir mimari yazılım veya mimari program olmadığını; bir bilgi yönetim sistemi olduğunu vurgulamıştır. Yapı sektöründeki tasarım araçları YBM'ye geçişi kolaylaştırıcı olanaklar sağlamaktadır (Gürünlü, 2019). fakat bu durum YBM ile bu sistemin kullanımına izin veren yazılımların sistemdeki tanımını, görevini ve yerini karıştırmaya sebep olmamalıdır. Yazılımların ihtiyaçlar çerçevesinde gelişimi, işleve yönelik özelliklerinin artışı, bu sürecin dijitalleşme adımlarını oluşturmaktadır.

Bu sistem, birçok disiplinden gelen çeşitli bilgileri içermektedir. Messner vd. (2011), YBM'yi bir mekanizma olarak belirtilmiştir. Mekanizma terimi ise belli bir sonucu sağlayacak biçimde, karmaşık olarak düzenlenmiş parçalardan oluşan bütün olarak tanımlanabilmektedir. Sonuç olarak belirtilen tanımlar yardımıyla YBM'nin tekil bir yapıdan ziyade bir sistemler bütünü olduğu anlaşılabilmektedir.

2.2. Yapı Bilgi Modelleme (YBM) Kullanım Alanları

90'lı yıllarda, bir binanın kavramsal modelinde şekil ve şekil olmayan bilgileri birleştirme çabaları olmuş ve bu, tek bina modeli (single building model) kavramının dinamik gelişimini başlatmıştır (Jung ve Joo, 2011). İlave veri boyutları, boyuttan öte projeyi nasıl teslim edileceğini, neye mal olacağını ve nasıl muhafaza edileceğini gibi bilgilerin eklenmesiyle oluşan daha fazla bilgi alanıdır. YBM, bilgiyi otomatik olarak depolayarak ve değiş tokuş ederek, binanın daha rasyonel veri ve bilgilerini sunabilir (Karahan, 2015). YBM boyutlarının genişlemesi, projelendirme sürecinde yapılan hatalarının azalmasını ve verimliliğin artmasını sağlayarak yeni iş birliği düzeyleri ortaya çıkarmaktadır (Succar, 2009). 4D model teknolojisi, bir binanın sanal modelidir ve zaman içinde işlerin ilerlemesini kontrol etme yeteneği sunar, 5D model maliyet tahmini oluşturmayı ve malzeme listesindeki olası hataları ortadan kaldırmayı mümkün kılar, 6D model yatırım sürecine sürdürülebilir gelişimi tanıtırken, 7D model ürün yaşam döngüsü yönetimini (PLM- product lifecycle management) sağlar (Lesniak, 2021).

Kullanılmaya başladığı ilk günden itibaren, durmaksızın değişim geçiren bu metodoloji, yazılım araçları tarafından güçlü bir şekilde desteklenmekte, yazılım özellikleri ve güncellemeleri ile kullanıcılara, kalite, iletişimde güvenilirlik, optimize edilmiş zamanlama, hata azaltma, belge yönetimi ve maliyet azaltma gibi zengin işlevler seti sunmaktadır (Çelikel, 2020). Bu kullanım alanları çok çeşitli olup, proje gereksinimi kapsamında belirlenmektedir. Literatürde “YBM kullanım alanları”, “YBM uygulama alanları”, “YBM özellikleri” veya “YBM boyutları” başlıkları altında açıklanmaktadır. Çizelge 2.2.’de literatürden belirlenen çalışmalarda ele alınan YBM kullanım alanları gösterilmiştir.

YBM konusunu içeren birçok çalışmada bu kullanım alanlarına değinilmiştir. Tez çalışmasında gösterilmek üzere seçilen örneklerin belirlenmesinde çalışma yıllarının farklılığına dikkat edilerek, konu ile ilgili kapsamlı çalışmalar ele alınmıştır. Buradaki amaç, farklı çalışmalarda farklı kullanım alanlarının ele alındığını belirtmektir. Bu kullanım alanları projeye özeldir ve proje gereksinime göre belirlenir. Bu sebeple yazarlarının aynı maddeleri ele almamış olmaları normaldir. Birleşik Krallık Ulusal Yapı Şartnamesinde (NBS) ve uluslararası standartlarda, genellikle bu kullanım alanlarına spesifik olarak atıfta bulunulmamıştır (URL-5).

Çizelge 2.2. YBM Uygulama Alanlarına Yönelik Literatür

UYGULAMA ALANLARI/KAYNAKLAR	Kreider (2013)	Azhar (2011)	Oo (2014)	Karahan (2015)	Erdik (2018)	Ademci (2018)	Karacıgan (2019)	Gürünlü (2019)	Çağlayan (2020)
TASARIM									
MODELLEME									
AYDINLATMA ANALİZİ									
ENERJİ ANALİZİ									
ÇAKIŞMA ANALİZİ									
SÜREÇ PLANLAMA									
MALİYET TAHMİNİ									
GÖRSELLEŞTİRME									
İMALAT ÇİZİMLERİ									
PREFABRİKASYON									
TESİSİ YÖNETİMİ									
SÜRDÜREBİLİRLİK									
DEVREYE ALMA									
3D BASKI									
SANAL GERÇEKLİK									
LAZER TARAMA									

Farklı kullanım alanlarını içeren çalışmaların seçilmesine özen gösterilerek, literatürde yer alan YBM konusunda değerli bilgiler içeren, ulusal ve uluslararası çalışmalar çizelge haline getirilmiştir. Çizelgede belirtilen kaynaklar sırasıyla; K1-Kreider (2013), K2-Azhar (2011), K3- OO (2014), K4-Karahan (2015), K5-Erdik (2018), K6-Ademci (2018), K7-Karacıgan (2019), K8-Gürünlü (2019), K9-Çağlayan (2020)'dir. Çizelge 2.1.'de belirtilen YBM kullanım alanlarının açıklamaları şu şekilde ifade edilebilmektedir;

Tasarım yazarlığı

Tasarım yazarlığı, herhangi bir yapıyı formun uzun süren tasarım ve inşaa sürecinin ilk adımındır. YBM'nin planlamadan sökülmeğe kadar olan tüm proje yaşam döngüsünü ve çeşitli ürün modellerini kapsayan bir sistem olduğu belirtilmiş olmasına rağmen, uygulamada YBM'nin yaygınlığı daha çok tasarım aşamalarında görülmektedir (Kouhestani

ve Bakht, 2020). Penn State Proje Yürütme Planlama Rehberi tasarım yazarlığını, "binanın tasarımının çevirisinde önemli olan kriterlere dayalı olarak Yapı Bilgi Modeli geliştirmek için 3D yazılımın kullanıldığı bir süreç" olarak tanımlamaktadır (Kouhestani ve Bakht, 2020). Tasarım yazma araçları, 3D model özellikleri, miktarları, araçları, yöntemleri ve maliyetleri programlardan oluşan bir veri tabanına bağlayan YBM'ye doğru atılan ilk adımdır (URL 6). Tasarım Yazarlığı, tasarım keşfi, iletişim ve tekrar amacıyla parametrik model geliştirme sürecini ifade eder (Gürünlü, 2019). Tasarım yazarlığı, tüm paydaşlar için şeffaflık sağlar ve birbirleri arasındaki iş birliğine değer katar (Tardif, 2008).

Modelleme

Geleneksel yöntemlerde tasarımcılar tarafından, projede yer alan elemanlar 2 boyutlu çizimler kullanarak tasvir edilir ve oluşturulan çizim belgeleri, konu ile ilgili disiplinde yer alan profesyoneller tarafından yorumlanabilmekteydi. YBM sürecinde bu yorumlama durumu bilgisayar tarafından yapılmaktadır, bu noktada önemli olan fark, bilgisayar tarafından yapılan bu yorumlamada her disiplin kendi kavramı altında yorumlanabilirken, bir bütün olarak da ele alınabilmektedir. Bu durum da koordinasyon ve verimlilik kavramlarının öne çıkmasını sağlamaktadır.

YBM'de modelleme kavramı bir alanın, binanın, tesisin veya belirli bir bölgenin mevcut 2D çiziminin 3D bir modelinin geliştirilme sürecidir. YBM modelleri, sadece binanın kendisi değil, aynı zamanda inşa ve kullanım sürecinin tamamının dijital simülasyonlarıdır (Karacıgan, 2019). Nesnelerin içine gömülü kurallar, yazılım paketlerinin gerektiğinde tasarım değişiklikleri başlatmasına veya modelde değişiklikler yapıldıkça nesneleri otomatik olarak ayarlamasına olanak tanır. Model, bu şekilde önceden programlanmış bina nesneleri aracılığıyla kendiliğinden oluşturularak bir mekânsal deneyim yaratır ve paydaşların uygun görselleştirmeye dayalı bilinçli kararlar vermesini sağlar (Campbell, 2007).

Aydınlatma analizleri

Aydınlatma analizleri, bir yapının iç veya dış mekanlarında ışık dağılımını, gölgeleri, ışık miktarını ve aydınlatma performansını simüle etmek ve değerlendirmek için kullanılan bir süreçtir. Mimari tasarım sürecinin bir parçası olarak, yapının içinde veya dışında hangi bölgelerin ne kadar aydınlatılacağını, günışığından ne kadar faydalanılacağını, yapının enerji

verimliliğini arttırmak için hangi aydınlatma sistemlerinin kullanılacağını belirlemeye yardımcı olmaktadır. YBM, aydınlatma analizi için 3 boyutlu modelleme ve simülasyon araçları sağlamakta ve bu araçlar, yapının geometrisini, malzeme özelliklerini ve çevresel koşulları dikkate alarak, ışığın nasıl dağıldığını, gölgelerin nasıl oluştuğunu ve aydınlatma sistemlerinin nasıl çalışacağını tahmin etmeye yardımcı olmaktadır. Bu analizler, tasarımcılara ve mühendislere, aydınlatma tasarımında en iyi uygulamaları belirleme ve optimize etme fırsatı sunmaktadır. Böylece mekanların, kullanıcılar için daha kullanışlı, konforlu ve verimli olmasını sağlamak amacıyla oluşturulan bir araçtır.

Enerji analizleri

Yapı Bilgi Modellemesinde enerji analizi, bir binanın enerji performansını belirlemek ve optimize etmek için kullanılan bir süreçtir. YBM, bir binanın dijital olarak oluşturulmuş modelini içerir ve bu model, binanın geometrik, fiziksel ve fonksiyonel özelliklerini detaylı olarak temsil eder. Enerji analizi, bu YBM modelini kullanarak bir binanın enerji tüketimini, sürdürülebilirlik seviyesini ve performansını değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Bu analiz, bir binanın enerji verimliliğini artırmak için tasarım değişikliklerinin nasıl yapılacağını belirlemek için kullanılmaktadır. Böylelikle, binanın enerji tüketimi azaltılabilir ve çevresel etkisi minimize edilebilir. Enerji analizi yardımıyla, bina iç ve dış sistemleri, malzemeleri ve ekipmanlarının enerji tüketimi simüle ederek, aydınlatma, ısıtma, havalandırma, soğutma gibi faktörlerin etkileşimi değerlendirilmektedir. Bu analizler, tasarımcılara ve mühendislere, bina enerji performansını artırmak için veri odaklı kararlar alma imkanı sunmaktadır. Tasarımın erken aşamalarında enerji tasarruflu çözümleri değerlendirerek, bina performansını optimize etmektedir. Bu analiz, tasarım sürecini ertelemeksizin kullanıcılara enerji açısından bilinçli kararlar almalarını ve enerji tasarrufu fikirlerini test etmelerini sağlar (Karahan, 2015).

Süreç planlama

Yapı Bilgi Modellemesi, 4D olarak adlandırılan boyut “zaman” bileşenini içermektedir. 4D, YBM’nin üç boyutlu geometrik verilerine, zaman boyutunu ekleyerek projenin zamanla nasıl gelişeceğini gösteren dinamik bir model oluşturmayı sağlar. İnşaat projesinin çeşitli aşamalarını, iş paketlerini veya görevleri, belirli bir zaman çizelgesine bağlamak için kullanılır. Böylece, proje paydaşları belirli bir zamanda neyin yapılması gerektiğini ve her

aşamanın diğer aşamalarla nasıl ilişkilendirildiğini görsel olarak görebilir. 4D kullanımı şu şekilde gerçekleşmektedir;

- Zaman Çizelgesi Entegrasyonu: 4D, inşaat faaliyetlerinin planlanması ve bu faaliyetlerin zaman çizelgelerine entegre edilmesine olanak tanımaktadır. Böylece, proje paydaşları belirli bir zamandaki faaliyetleri ve bu faaliyetlerin projenin ilerlemesi üzerindeki etkisini görsel olarak anlayabilmektedirler.
- Kaynak Yönetimi: 4D, proje süresince kullanılacak kaynakların (işçilik, ekipman, malzeme vb.) zamanlama ve koordinasyonunu sağlayarak, kaynakların verimli bir şekilde kullanılmasını ve malzeme tedarikinin zamanında olmasını sağlar. Böylece proje maliyetlerini ve zamanını optimize etmektedir.
- Çakışmaların Tespiti: 4D, farklı yapı elemanlarının ve disiplinlerin çakışmalarını belirlemeye yardımcı olmaktadır. Örneğin, süreç içerisinde ortaya çıkacak olan tesisatın duvarlarla çakışması gibi durumlar, bu boyutta önceden tespit edilebilmektedir.
- Planlama ve Güncelleme Yönetimi: Proje süresince planlama değişiklikleri yapılması gerekebilir. 4D, bu değişikliklerin projenin zaman çizelgesine olan etkisini görsel olarak analiz etmeyi ve en iyi kararları vermek için simülasyonlar yapmayı mümkün kılmaktadır.

Süreç planlama, proje paydaşları arasındaki iletişimi arttırması, inşaat sürecini optimize etmesi ve riskleri azaltarak daha iyi planlama ve yönetim sağlamasıyla faydalı ve etkili bir araçtır.

Maliyet tahmini

Yapı Bilgi Modellemesi, maliyet tahmini yapılabilmesi için önemli bir araç olarak kullanılmaktadır. YBM, bir yapı projesinin dijital olarak oluşturulmuş bir modelini içererek, model aracılığıyla projenin fiziksel ve fonksiyonel özelliklerini detaylı olarak temsil etmektedir. Bu bilgiler, maliyet tahminlerinin oluşturulmasında kullanılabilmektedir. Maliyet tahminlerinin yapılması, bir yapının inşası veya yapımı için gerekli olan malzemelerin, iş gücünün, ekipmanın ve diğer kaynakların maliyetini önceden belirleme sürecidir. Maliyet tahmininin destekleyen sürece YBM şu alt adımları kapsamaktadır;

- **Miktar Çıkarma:** YBM, modeldeki unsurların (duvarlar, döşemeler, çatılar, tesisat sistemleri, vb.) miktarlarını otomatik olarak çıkarabilmektedir. Bu özellik, manuel olarak malzeme miktarlarını hesaplamak yerine, YBM yazılımı sayesinde otomatik olarak ve daha doğru bir şekilde miktarların belirlenmesini sağlamaktadır.
- **Gerçek Zamanlı Veri:** YBM, projenin sürekli güncellenen ve tutarlı verilerini sağlayarak maliyet tahmini yapılırken güncel ve doğru bilgiye erişimi kolaylaştırmaktadır.
- **Fiyatlandırma Verileri Entegrasyonu:** YBM, malzeme ve işçilik maliyetleri gibi fiyatlandırma verilerini entegre edebilmektedir. Böylece, belirli bir projenin belirli unsurlarının maliyetini belirlemede gerçek verilere dayalı tahminler yapılmaktadır.
- **Alternatif Senaryoların Değerlendirilmesi:** YBM, farklı tasarım veya malzeme seçeneklerini simüle etmeye olanak tanıyarak maliyet tahminlerinin farklı senaryolar altında değerlendirilmesine ve karşılaştırılmasına olanak sağlamaktadır.

YBM tabanlı maliyet tahmini, projenin farklı aşamalarında güncellenebilmektedir.

Görselleştirme

Yapı Bilgi Modellemesi, görselleştirme özelliği sayesinde, bir yapı projesinin dijital modelini kullanarak görsel olarak çeşitli perspektiflerde ve detaylarda sunma yeteneği sağlamaktadır. Sanal gerçeklik teknolojisiyle birlikte kullanıcılar, sanal öğelerle gerçek dünyada yapacakları gibi etkileşimde bulunabilmektedirler (Karacıgan, 2019). YBM'nin görselleştirme özelliği, projenin dijital olarak oluşturulmuş 3 boyutlu modeliyle birlikte, mimari, yapısal ve tesisat unsurlarını detaylı şekilde görselleştirme imkanı sunmaktadır. Bu özellik, projenin farklı açılardan ve perspektiflerden görsel sunumunu yapabilme yeteneğiyle, projenin paydaşlarına daha anlaşılır bir biçimde iletilmesini sağlamaktadır. Ayrıca, çakışma tespiti ve görselleştirme özelliği sayesinde, farklı disiplinler arasındaki uyumsuzlukları belirleyerek çözüm odaklı yaklaşımlar geliştirilmesine olanak tanımaktadır. Böylece, görselleştirme özelliği, proje paydaşları arasında etkili iletişimi artırır, karar alma süreçlerini destekler ve projenin daha verimli ve başarılı bir şekilde yönetilmesine olanak sağlamaktadır. Hergunsel (2011), çalışmasında bir sanal modelin oluşturulmasının, fiziksel bir örneklemeyle kıyasla çok daha ekonomik bir çözüm olduğuna değinmektedir.

Ürün/Detay çizimleri

“Shop Drawing” terimi, Yapı Bilgi Modellemesi veya inşaat endüstrisinde, bir yapının inşa edilmesi sırasında kullanılan ayrıntılı üretim çizimlerini veya imalat çizimlerini ifade etmektedir. Mimari ve yapısal tasarım belgelerine dayanarak hazırlanan bu çizimler, genellikle belirli bir yapı elemanının veya bileşenin imalatı için gereken teknik detayları, ölçüleri, malzeme spesifikasyonlarını ve montaj talimatlarını içermektedirler. Binanın çatısının, pencere çerçevelerinin, tesisat sistemlerinin veya diğer yapısal elemanların imalatında kullanılan özel detayları içermektedirler. Bu çizimler, proje detaylarını saha koşullarına uygun hale getirerek, yapı elemanlarının doğru şekilde imalatını ve montajını sağlamak için kullanılmaktadır. Bu sayede proje değişikliklerine hızla adapte olunabilir ve güncel çizimler elde edilebilir (Karahana, 2015).

Prefabrikasyon

Bu kullanım alanı çalışmalarda prefabrikasyon (prefabrication) veya saha dışı üretim (off-site fabrication) olarak yer alabilmektedir. Bu terimler inşaat endüstrisinde yapı elemanlarının imalatının ve hazırlığının inşaat sahasında olmadığını (off-site) veya önceden (prefabrication) gerçekleştiğini ifade etmektedir. “Off-site” kavramı inşaat projesinde kullanılacak olan yapı elemanlarının, genellikle bir fabrika veya başka bir yerde üretildiği süreci tanımlar. Bu, önceden belirlenmiş spesifikasyonlara göre yapılan öğelerin, daha sonra sahada montajı için hazır hale getirilmesini içermektedir. Bu sayede yapı elemanlarının daha kontrollü bir ortamda üretilmesini sağlayarak sahada zaman kazandırarak inşaat süresini kısaltılabilmektedir. “Prefabrication” ise genellikle daha büyük yapı elemanlarının, belirli bir ölçekte veya modül halinde önceden üretildiği bir süreci ifade etmektedir. Prefabrikasyon, özellikle tekrar eden veya standart ölçülerde olan yapı elemanları için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu elemanlar, imalat yerindeki bir tesis veya atölyede üretilerek, daha sonra sahada montajı yapılır. Prefabrikasyon, işçilik ve zaman tasarrufu sağlayabilirken, proje süreçlerini daha verimli hale getirebilmektedir.

YBM, “off-site fabrication” ve “prefabrication” süreçlerini desteklemektedir. Dijital modelleme sayesinde, yapı elemanlarının önceden üretimini planlamak ve tasarlamak, imalat aşamasında daha fazla doğruluk ve verimlilik sağlar. Ayrıca, yapı elemanlarının dijital modelleri, “off-site fabrication” veya “prefabrication” için gereken spesifikasyonları,

boyutları ve detayları içererek, böylece üretim sürecini kolaylaştırmaktadır. Bu yaklaşımlar genellikle inşaat sürecini hızlandırır, kaliteyi artırır ve atık miktarını azaltırken, projenin genel verimliliğini artırır. Sacks vd. (2018), çalışmasında, YBM'nin daha ucuz ve daha hızlı "off-site fabrikasyon" için gerekli detaylı bilgileri sağlayarak "off-site fabrikasyon" sürecini teşvik ettiğine değinmişlerdir.

Tesis yönetimi

YBM, bir binanın inşa edilmesi sırasında oluşturulan dijital model ve bu modele entegre edilen veri tabanı olarak tanımlanabilmektedir. Bu veri, binanın bileşenlerini, malzeme özelliklerini, sistemlerini ve bunlarla ilgili bilgileri içermektedir. Tesis yönetimi olarak belirtilen kullanım alanı da bu veri tabanının ve dijital modelin işletme ve bakım aşamalarında da kullanılabilir olması anlamına gelmektedir. Bu kapsamda şunlar mümkündür;

- Varlık Yönetimi: YBM'de oluşturulan dijital model, yapının fiziksel varlıklarını detaylı bir şekilde içermektedir. Bu varlıkların yönetimi, konumları, özellikleri ve bakım ihtiyaçları gibi bilgiler, tesis yönetimi için kullanılabilir.
- Bakım ve Planlama Yönetimi: YBM içinde yer alan veriler, bakım gereksinimlerini belirlemek ve planlamak için kullanılabilir. Örneğin, bina sistemlerinin bakım talimatları, düzenli bakım zamanlamaları gibi bilgiler YBM içinde yer almaktadır.
- Performans İzleme ve Analiz: YBM, yapıların performansını izlemek ve analiz etmek için kullanılabilir. Örneğin, enerji tüketimi, sistem verimliliği gibi performans ölçütleri YBM'de takip edilebilir.
- Dokümantasyon ve Güvenlik: YBM, işletme süreçleri için dokümantasyon ve güvenlik ihtiyaçlarını karşılamak üzere kullanılmaktadır. Güvenlik talimatları, acil durum prosedürleri gibi bilgiler YBM içinde yer alabilir.

Bu özellikler, YBM'nin yapıların yaşam döngüsü boyunca değer sağlayabilmesini sağlayarak, yapıların etkin bir şekilde yönetilmesi, bakımı ve işletilmesi için gerekli olan verilere erişim kolaylaştırarak ve tesis yönetimi süreçleri daha verimli hale getirmektedir.

Sürdürülebilirlik

YBM süreci, sürdürülebilirlik ilkelerini desteklemekte önemli bir rol oynamaktadır. YBM'nin sürdürülebilirlikle ilişkisi şu şekilde tanımlanabilir;

- Verimli Tasarım: YBM, yapıların enerji verimliliği ve çevresel performansını artırmak için tasarım aşamasında kullanılmaktadır. Örneğin, farklı malzeme seçeneklerinin modellenmesi ve karşılaştırılmasıyla daha çevre dostu malzeme ve sistemlerin belirlenmesi sağlanabilmektedir.
- Enerji Analizler: YBM, enerji tüketimini simüle etmek ve analiz etmek için kullanılabilir. Bu sayede, YBM kullanımı ile bina performansının değerlendirilmesi ve enerji tasarrufu sağlayacak değişikliklerin yapılması mümkün olmaktadır.
- Yeşil Sertifikasyonlar: LEED veya BREEAM gibi sertifikasyonlar için gereken kriterlerin karşılanması için YBM verileri kullanılabilir.
- Atık Azaltma: Malzeme ve kaynak kullanımının optimize edilmesi YBM sayesinde mümkün olabilmektedir. Bu da atık miktarını azaltabilir ve proje sırasında daha sürdürülebilir bir yaklaşım benimsenmesine olanak tanımaktadır.
- Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi: YBM, yapıların tam yaşam döngüsü boyunca çevresel etkilerini değerlendirebilmektedir. Bu, inşaat aşamasından başlayarak işletme ve söküm aşamalarına kadar yapılan seçimlerin çevresel etkilerinin izlenmesine yardımcı olur.

Sürdürülebilirlik, YBM'nin yapı sektöründe çevresel etkileri azaltmaya, enerji verimliliğini artırmaya ve kaynakların daha akılcı kullanılmasına olanak tanıyan önemli bir unsurdur.

Devreye alma

YBM sürecinde, devreye alma, bir binanın inşası tamamlandıktan sonra sistemlerinin doğru çalıştığından emin olmak için yapılan kritik bir süreçtir. YBM, devreye alma sürecinde veri odaklı ve koordineli bir yaklaşım sunmaktadır; özellikle sistem entegrasyonunu destekleyerek farklı sistemler arasındaki uyumu sağlar, veri paylaşımını kolaylaştırır, sistem performansını izler ve elde edilen verileri doküman haline getirerek, yapılan testlerin sonuçlarını kaydedip, potansiyel sorunları belirlemeyi ve çözüm önerileri sunmayı

desteklemektedir. Bu şekilde, YBM, devreye alma sürecinin etkin bir şekilde yönetilmesine ve binanın sistemlerinin doğru çalışmasına katkı sağlamaktadır.

3 Boyutlu baskı

YBM, yapı projelerinin dijital olarak modellenmesini sağlayarak bu modellerin 3D baskı teknolojisi ile fiziksel olarak üretilmesine olanak sağlamaktadır. Örneğin, bir binanın mimari detayları, yapı elemanları veya prototipleri YBM modeli üzerinden doğrudan 3D baskıya gönderilerek ve gerçek bir model elde edilebilmektedir. Bu durum, mimarlar, mühendisler ve tasarımcılar için tasarımın gerçek dünya ölçeğinde somut bir görselleştirmesini sağlamaktadır. Ayrıca, 3D baskı, özelleştirilmiş yapı malzemelerinin prototip üretiminde veya özelleştirilmiş yapı elemanlarının üretiminde kullanılabilir. Örneğin, özel tasarlanmış bir cephe elemanı veya yapı parçası YBM modelinden üretilerek, inşaat sürecinde kullanılabilir. YBM ve 3D baskı, yapı endüstrisinde tasarımın daha hızlı, hassas ve yenilikçi olmasına olanak sağlayarak, inşaat sürecini iyileştirme potansiyeline sahip teknolojik gelişmelerdir. Bu teknolojiler, yapı projelerinin tasarımından üretim aşamasına kadar olan süreçte daha verimli bir yaklaşım sunmaktadır.

Sanal gerçeklik

YBM ile entegre edildiğinde, sanal gerçeklik yapı projelerinin dijital modellerinin daha etkili bir şekilde görselleştirilmesine ve deneyimlenmesine olanak tanımaktadır. YBM’de oluşturulan 3 boyutlu modeller, sanal gerçeklik ortamına aktararak kullanıcılar bu modelleri gerçek ölçeklerinde keşfedebilmektedirler. Karacığan (2019), geliştirilmiş görselleştirme ile proje ekibinin potansiyel zorlukları ve güvenlik risklerini öngörmesine, değişiklik taleplerini ve koordinasyon hatalarını azaltmasına ve riskleri azaltmasına yardımcı olduğundan bahsetmiştir. Sonuç olarak, YBM ile entegre edilen sanal gerçeklik teknolojisi, yapı projelerinin daha iyi anlaşılmasında, daha verimli kararlar alınmasında ve daha güvenli inşaat süreçleri sağlamak için bir araç olarak kullanılmaktadır.

Lazer tarama

YBM uygulamasında lazer tarama, bir yapı ve mekanın 3 boyutlu bir dijital modelin, oluşturmak için lazer ışınları kullanılarak gerçek dünyanın detaylı bir haritasını çıkarma

sürecidir. Bu teknoloji, bir yapının veya çevrenin hassas ölçümlerini almak için kullanılmakta olup ve elde edilen veriler, YBM sürecinde kullanılmak üzere dijital bir model haline getirilmektedir. Elde edilen veriler, YBM sürecinde kullanılarak yapı bilgi modeline dönüştürülebilmektedir. Böylece, bu veriler, mimarlar, mühendisler ve diğer proje paydaşları için tasarım sürecinde ve mevcut yapıların yenilenmesi veya bakımında kullanılabilir.

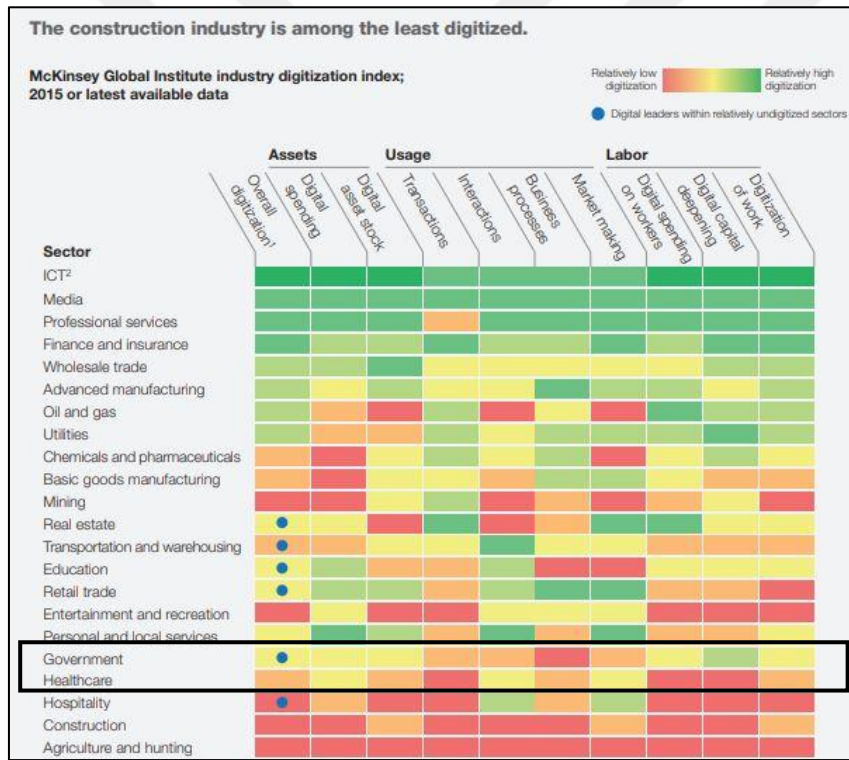
Uygulama alanları incelendiğinde çakışma analizleri ve süreç planlama, Yapı Bilgi Modellemesi uygulamalarının genellikle tüm çalışmalarda ele alınan ana unsurlarıdır. Bu durum Çizelge 2.2.'de belirtilmiştir. Bu özellikler, YBM uygulamaları içinde en sık kullanılan ve öncelikli olan özellikler arasında yer almaktadır. Maliyet tahmini, enerji analizleri ve tesis yönetimi gibi belirtilen uygulamalar, YBM'nin yaygın kullanılan özelliklerindendir. YBM ayrıca tasarım ve görselleştirme amacıyla da kullanılmaktadır. Ancak yalnızca görselleştirme için özel olarak geliştirilmiş programların varlığı sebebiyle YBM uygulamasında, maliyet tahmini, yapısal analizler gibi özelliklerin kullanımı daha yoğun olarak görülmektedir. Değerlendirme süreçleri, 3D baskı, lazer tarama ve sanal gerçeklik gibi özellikler ise gelişmekte olan ülkelerde daha az kullanılsa da YBM'ye geçiş sürecini tamamlamış ülkelerde bu özelliklerin uygulama alanları bulunmaktadır.

YBM özelliklerinin kullanım sıklığı, literatür çalışmaları üzerinden değerlendirilerek genel bir yorum sunulmaktadır. Ancak YBM uygulamalarının kullanım alanları, projenin talep ettiği ve gerektirdiği belirli bilgi düzeyine göre değişebilir. Bu durum, YBM'nin farklı özelliklerinin farklı projelerde ne ölçüde kullanıldığını etkileyebilir. YBM'nin bir proje içindeki kullanımı, o projenin özgünlüğü, büyüklüğü, karmaşıklığı ve spesifik gereksinimleri gibi faktörlere bağlı olarak değişiklik gösterebilir.

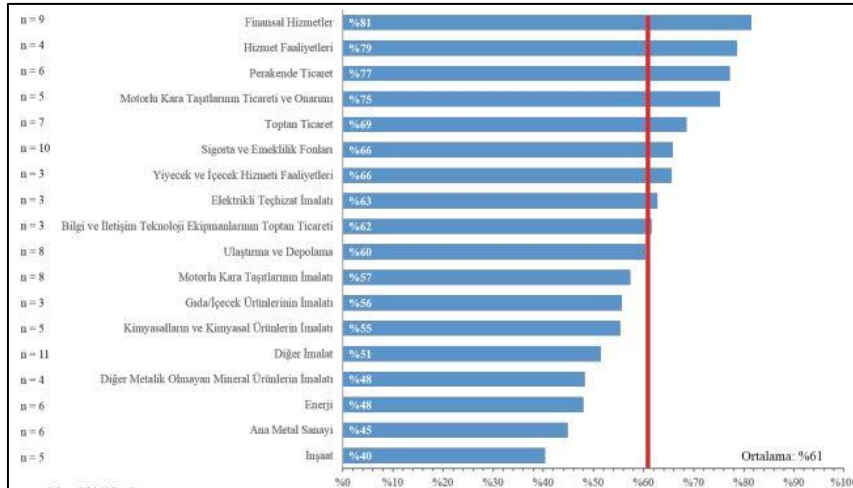
2.3. Yapı Bilgi Modelleme (YBM)'nin Sektördeki Yeri

İnşaat endüstrisi, gayri safi yurt içi hasılayı etkileyerek ekonomik faaliyetlere önemli bir katkı sağlamakta, çalışan nüfusun büyük bir kısmını istihdam etmekte, sermaye oluşturma ve yaklaşık yarısını oluşturmada ve ekonominin diğer segmentleriyle yoğun ilişki içinde bulunmaktadır (Salleh, 2009). Taner (2013) ve Karahan (2015) çalışmalarında inşaat endüstrisinin ulusal ekonomi üzerinde her zaman etkili olduğundan bahsetmektedir.

Mimarlık, mühendislik ve inşaat endüstrisi için bir projenin planlanan süre ve planlanan bütçe içerisinde tamamlanması ciddi önem arz etmektedir. Zamanlamadan kaynaklanan her bir problem, büyük çaptaki projeler için geri döndürülemez maliyet kayıplarına yol açmaktadır. Bu durum da verimsiz bir proje teslim süreci ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle, kapsam olarak gittikçe genişleyen ve içerisindeki katılımcı ve paydaşların arttığı inşaat endüstrisinde proje yönetiminin önemi artmaktadır. Dijitalleşme, inşaat sektöründe diğer sektörlerle kıyasla daha yavaş ilerlemektedir. Şekil 2.1.'de McKinsey tarafından düzenlenen Imagining Construction's Digital Future isimli çalışmasında ve Şekil 2.2.'de Accenture tarafından düzenlenen Accenture Türkiye Dijitalleşme Endeksi'nde inşaat sektörünün dijitalleşmesinin raporları görülmektedir.



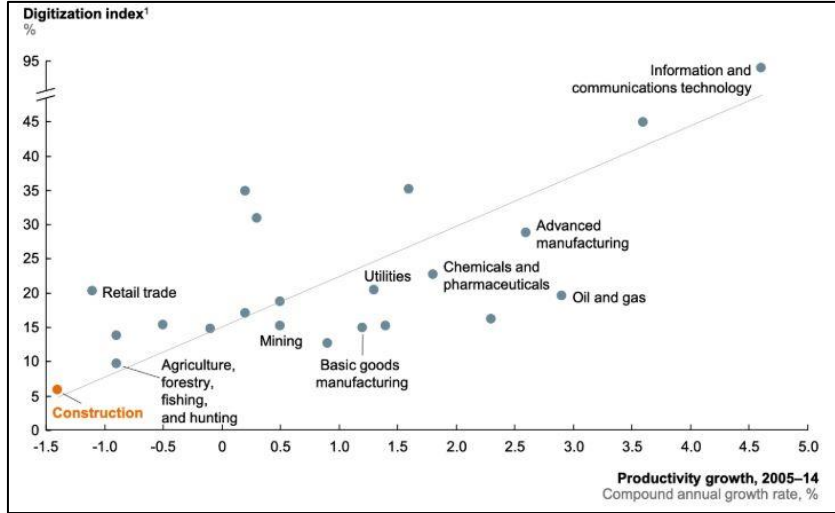
Şekil 2.1. İnşaat Sektörünün Dijitalleşme Endeksi (McKinsey, 2016)



Şekil 2.2. İnşaat Sektörünün Dijitalleşme Endeksi: Türkiye Raporu (Accenture, 2016)

Raporların da gösterdiği gibi, diğer sektörlerle kıyasla Mimarlık, Mühendislik ve İnşaat Endüstrisi geleneksel süreçten kopmakta zorluk yaşamaktadır. İnşaat Sektörünün Dijitalleşme Endeksi-Türkiye Raporu'nda yapı sektöründe dijital dönüşüm ve iş yapış şekillerinde anlayış değişiminin sektör için artık bir zorunluluk olduğu belirtilmiştir. İnşaat endüstrisi, belirsizlikler, hızla değişen teknolojiler, sınırlı finansal kaynaklar, değişen gereksinimler ve sosyal, çevresel, siyasi ve ekonomik değişikliklerin etkileri gibi unsurlar nedeniyle karmaşık ve dinamik bir endüstridir (Gunathilaka, 2019). Literatürde yer alan birçok çalışma inşaat endüstrisinin verimliliğinin azalmasını konu almaktadır (Karahan (2015), Ayalp vd. (2022), Qian (2012). Karahan (2015) çalışmasında, inşaat endüstrisinin eleştirildiği iki ana neden bulunduğu bahsetmektedir. Bunlardan ilki endüstrinin proje teslimatına yönelik parçalanmış yapısı, bir diğeri ise etkili uygulayıcı takımlar oluşturamamasıdır. Karacığan (2019), işgücü verimliliğinin 1960'lı yıllardan itibaren azaldığından bahsederek, bu azalmanın temel nedenini paydaşlar arasındaki iletişim problemlerinden kaynaklandığını belirtmiştir. YBM, tüm bu oluşan sorunlara çözüm odaklı ortaya çıkan bir uygulamadır. Endüstrinin geleneksel çalışma şeklinde yeni bir kavram, yeni bir uygulama şekli olarak yer almaktadır ve YBM teknolojisinin uygulanması endüstride yaygın olarak benimsenen iş uygulamalarında önemli değişiklikleri teşvik etmektedir (Eastman, 2011; Smith ve Tardif, 2009). Bunun yanı sıra inşaat endüstrisi genellikle yeni yenilikleri ve teknolojiyi benimseme konusunda muhafazakar ve yavaş olarak görülür (Karahan, 2015). Endüstrinin bu katı doğası sebebi ile birçok inşaat şirketinin hazırlıksız yakalanacağı ve YBM'nin nasıl uygulanacağını bilme konusunda şüpheli görünmektedir. İnşaat endüstrisi global ölçekte 20. yüzyılın başından itibaren hızlı bir değişime girmiştir

(Karahan, 2015). Bu değişim, 1960'lı yıllarda ortaya çıkan fakat gelişimi 1990'lı yıllara dayanan nesne odaklı bina modellemesinin yayılmasıyla başlamaktadır. Bu değişimin sebebi, inşaat projelerinin büyüklük ve karmaşıklığının artması ve planlama yapmanın zorlaşmasıdır. Proje karmaşıklığının artması, proje ekibine dahil olan uzman kişi sayısının artması anlamına gelmektedir. Bu durumda koordinasyon gerekliliğini doğurmaktadır. Kymell (2008), çalışmasında, yapılar ve iş süreçleri giderek karmaşık hale geldikçe, proje sahiplerinin, tasarımcıların ve uygulayıcı firmaların (mütteahhitlerin) verimliliği ve karlılığının azalmasından bahsetmektedir. Jordani (2008), YBM'nin zaten parçalanmış olan ve daha az güvence sunan inşaat endüstrisine rahatsız edici bir öncülük sunduğunu savunmuştur. Teknolojinin ilerleyişi ile, büyük ölçekli projelerin inşası gün geçtikçe daha mümkün hale gelmektedir. Bütün bu sürecin doğru yönetimi sektörde verimlilik olgusunu doğurmaktadır. Bu yeni süreç mimarlık, mühendislik ve inşaat endüstrisi kullanıcılarını ortak bir sürece entegre ederek, verimliliği optimize edebilme fırsatı vermiş ve sektör içerisindeki rekabetin artmasına neden olmuştur. Eastman vd. (2011) çalışmasında, inşaat firmaları YBM kullanımı benimseyerek rekabet avantajı elde etmeye çalışmakta olduğundan bahsetmektedir. Dijitalleşme ve verimlilik arasındaki güçlü bağ sebebiyle tüm sektör üyeleri bu süreç kaçınılmaz olacaktır. 2016 yılında Accenture tarafından 20 ülke ve 12 sektörden 1000 üst düzey yöneticiyle yapılan dijitalleşme çalışında, dijitalleşmenin itici güçlerinin süreç verimliliğini artırmak ve maliyetleri azaltmak olduğu ortaya konulmuştur. Dan (2015), YBM tanımında verimlilik konusunu öne çıkartarak, "verimliliği artırmak için, uygun bina bilgi yazılımı ile yaşam döngüsü boyunca bina verilerinin üretilmesi ve yönetilmesi sürecindeki üç boyutlu veriler" şeklinde tanımlamıştır. Kaya (2020) çalışmasında YBM'yi projelerine dahil etmeye başlayan ülkelerde etkileri görölmeye başlandığından ve verimlilikleri yükselmeye başladığından bahsetmiştir. Yapı sektöründe verimliliğin değişimi Şekil 2.1.'de gösterilmiştir. Küresel düzeyde birçok gelişmiş ülke YBM'nin önemini fark etmeye başlamış ve bu ülkelerde inşaat projelerinde uygulamaya başlamıştır (Ghaffarhouseini, 2017). YBM teknolojilerinin Dünya çapında artan önemi dikkate alındığında, Türk inşaat firmalarının küresel rekabet güçlerini artırmak ve Türk inşaat sektörünün performansının sürdürülebilirliğini sağlamak için YBM kullanımına yönelmeleri gerekmektedir (Aladağ, 2016).



Şekil 2.3. Yapı sektöründe verimliliğin değişimi (Türkiye YBM Raporu 2018/2019)

İnşaat endüstrisinde yüksek verimlilik standartlarına ulaşmak birçok iç ve dış faktöre bağlıdır (Çelikel, 2020). YBM, sürekli gelişen bir oluşum olduğundan ve henüz Türkiye’de gelişim sürecini tamamlamamış olduğundan, birçok araştırmacı YBM’yi ve etkileyen bu faktörleri akademik alanda tanımlamaya çalışmıştır (Dan, 2015). YBM uygulama başarısını etkileyen faktörlerin tespiti ve uygun kullanımı, sektör içerisinde dikkate değer bir fark uyandırması sebebi ile konu güncelliğini ve değerini korumaktadır. Tan (2021), inşaat sektörü için yeni uygulamalar konusunda, yeni fikirler uygulanarak faydanın artma olasılığıyla birlikte meydana getirebileceği riskler ve belirsizliklerin fazlalığından, inşaat sektörü için konunun kapsamlı şekilde ele alınması gerektiğini belirtmiştir.

3. KRİTİK BAŞARI FAKTÖRÜ (KBF) KAVRAMI

3.1. Kritik Başarı Faktörü (KBF) Tanımı

Kritik Başarı Faktörü kavramı, 1961 yılında D. Ronald Daniel tarafından Harvard Business Review makalesinde ortaya çıkmıştır. 1981 yılında John F. Rockart tarafından detaylandırılmıştır (URL-1). Rockart bu çalışmada KBF'yi “hangi bilgilere ihtiyaç duyulduğunu tam olarak belirlemenin bir yöntemi” ve “bir organizasyonun veya projenin başarılı olması için uygulamaya konması gereken nesneler veya gündemler” olarak tanımlamıştır. Literatürde ve sektörde performans ölçümünde kullanılan birçok tanım, terim bulunmaktadır. Performans ölçümünde ölçüm, gösterge, metrik gibi çeşitli terimler literatürde karşımıza çıkmakta olup, Temel Performans Göstergesi, Kritik Başarı Göstergesi, Kritik Başarı Faktörü terimleri de bunlardan bazılarıdır (Cavlak, 2021). Kritik başarı faktörü terimi literatürde “Critical Success Factor”, “Key Success Factor” ya da “Key Result Areas” olarak karşımıza çıkabilmektedir. KBF'ler inşaat endüstrisi dahil olmak üzere diğer endüstriler tarafından yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Elwakil vd., 2009). Literatürde birçok KBF tanımı bulunmaktadır. Rockart (1982), KBF'yi, “herhangi bir endüstrinin başarıya ulaşabilmesi için üzerine odaklanması gereken az ama çok önemli konular” olarak tanımlamıştır. Leidecker ve Bruno (1984), “düzgün sürdürüldüğünde veya yönetildiğinde belirli bir endüstride rekabet eden bir firmanın başarısında önemli bir etkisi olabilecek özellikler, koşullar veya değişkenler” olarak ifade etmektedir. Morlhon vd. (2014), KBF'leri “yeni sistemlerin başarılı bir şekilde uygulanmasını kolaylaştıran unsurlar” olarak, Chileshe ve Kikwasi (2014), “başarılı risk değerlendirmesi ve yönetimi uygulamaları için itici güçler veya kolaylaştırıcılar” olarak, Sanvido (1992), “bir inşaat projesinin katıksız hayatta kalması yerine başarıyı öngören unsurlar” olarak, Toor ve Ogulana (2008), “bir projenin başarısına önemli ölçüde katkıda bulunan ve dikkate değer ölçüde hayati olan belirli bir unsur” olarak, Abu ve Mansor (2017), “KBF'ler projede gecikmeyi önlemek, proje performansını artırmak ve inşaat projeleri için başarıyı sağlamak için en önemli faktörler” olarak, Cavlak (2021), “sistemlerin başarısında hayati bir rol oynayan tüm değişkenler” olarak, Acar ve Özçelik (2011), “faydalı bilgilerin tanımlanarak gereksiz bilgilerden ayrıştırılmasına yardımcı olan ve ilgili birimler arasındaki iletişimi kolaylaştıran unsurlar” olarak ifade etmiştir.

3.2. Kritik Başarı Faktörü (KBF) Kullanımı

İlerleme sağlamak, inşaat şirketlerinin yüksek rekabetçi bir endüstride ayakta kalması için temel bir konudur. İnşaat endüstrisinin başarısını araştırmak ve hatta garanti altına almak için, öncelikle bir projeyi yönetme başarısıyla ilişkili faktörleri belirleyebilmek gerekmektedir (Ghaffarhouseini, 2017). Mimarlık, mühendislik ve inşaat endüstrisinde projeler, birçok bileşen içeren karmaşık proje boyutlarından daha basit proje boyutlarına kadar değişmektedir. Proje yapıları ve içeriği değişmesine karşın, asıl amaç her zaman aynıdır. Ghaffarhouseini vd. (2017) dediği gibi, başarı, her organizasyon için ana amaçtır. İnşaat şirketlerinde başarı, insanla ilgili faktörler, proje ile ilgili faktörler, proje yönetimi ile ilgili faktörler ve dış çevre ile ilgili faktörler gibi birçok yönü içeren ve zorlu bir konudur (Ghafur, 2017). Proje boyutu ve içeriği değişse dahi, projenin başarıya ulaşması için belirli unsurları vardır. Alias vd. (2014)' ün çalışmasında farklı araştırmalar farklı başarı göstergelerine sahip olsalar da bir inşaat projesinin belirlenen süre içinde tamamlanıp bütçelenen maliyetlere uygun olarak bitirilmesi durumunda başarılı kabul edildiği belirtilmiştir. Başarıya ulaşma sürecinde, KBF'lerin kullanımı, ilgili uygulama, sektör ve yönetici ekibine bağlı olarak değişmektedir (Cavlak, 2021). Hill (2020), her bir uygulamanın KBF'leri, uygulayıcının stratejilerine, başka bir ifade ile uygulayıcı tarafından rekabet etmeye karar verme şekline göre şekillenmekte olduğunu belirtmiştir. Bu sebeple KBF'ler başarılı olma amacıyla hayati bir rol oynayan tüm değişkenlerdir. İşletmenlerin stratejileri şirketin misyonunu ve hedeflerini belirlerken, KBF'ler bunların nasıl başarılabileceğini belirlemektedir (Marr, 2020). Farklı ülkelerde inşaat sektörünün başarısını etkileyen farklı Kritik Başarı Faktörleri bulunabilir ve bu faktörler öncelik açısından farklılık gösterebilir, aynı zamanda inşaat başarı faktörlerinde ortak unsurları paylaşabilir (Ghafur, 2017). Bu tez çalışmasında da geçmiş çalışmaların incelenmesinden elde edilen sonuçlar üzerinden YBM uygulaması ile üretilen projelerin başarıya ulaşması için olması gereken unsurların, mimari çerçeveden değerlendirilerek Kritik Başarı Faktörleri belirlenmiştir. Kritik Başarı Faktörü belirlenmesi yaklaşımının amacı, uygulamanın başarısı için kritik olarak gördüğü bir dizi faktörün belirlenmesidir (Marr, 2020).

3.3. Yapı Bilgi Modellemesinde (YBM) Kritik Başarı Faktörlerinin (KBF) Belirlenmesi

Mimarlık, mühendislik, inşaat endüstrisi, büyük sayıdaki oyuncular nedeniyle şiddetli ve zorlu bir rekabetle karşı karşıyadır (Ghafur, 2017). İnşaat sektöründeki büyük sayıda bileşen

sebebiyle, organizasyon yapıları ve yönetimleri daha karmaşık hale gelmiştir. Rekabetin devamlılığı ve kontrolü için bu kadar fazla bileşenin yönetilebilir sayılara indirgenmesi gerekmektedir. Elwakil vd. (2019) çalışmasında, endüstrinin büyüklüğü, projelerin çeşitliliği ve karmaşıklığı nedeniyle başarıları ölçmek veya stratejik yönetimi sürdürmek için büyük bir çabanın gerekliliğinden bahsetmektedir. KBF'lerin belirlenmesi bu durumun yönetilebilir bir hale gelmesini kolaylaştıracaktır. KBF'ler belirlendikten sonra, uygulamaların ana performans göstergeleri daha da geliştirilerek, inşaat endüstrisinin geçmiş ve mevcut performans değerlendirmesine ve kıyaslamasına olanak sağlamaktadır (Lu, 2008). Bu kıyaslama süreci, endüstrinin sürekli değişim çabalarını güçlendirmesine ve rekabetçi kalmasına yardımcı olur. Hardin (2009), çalışmalarında bu rekabetçi ortamın oluşma sebeplerini var olan farklı geçmişe sahip oyuncular ile yeni oyuncuların dahil olmasıyla oluştuğunu belirtmiştir.

Peter Drucker tarafından ortaya çıkan “Ölçemediğiniz şeyi yönetmezsiniz” kavramı, sistemin performans değerlendirmesinin, sistemi yönetmek adına olan önemini göstermektedir. Başarılı olma olgusu, değerlendirilen sistemler özelinde farklılık gösterdiğinden, başarının evrensel bir tanımı ya da ölçmek için evrensel bir metodolojisi yoktur, bu sebeple sistemleri değerlendirmek için çeşitli girdileri içeren analizler, yöntemler kullanılabilir. Son 20 yılda, inşaat endüstrisi, inşaat şirketleri için Kritik Başarı Faktörleri konusundaki çalışmalarda önemli bir artış gözlemlenmiştir (Ghaffarhouseini, 2017). Cavlak (2021), İnşaat endüstrisinin, doğası gereği, kompleks, projelere yönelik, yüksek riskli ve rekabete dayalı bir endüstri olması sebebiyle bu sektörde KBF'lerinin tam olarak belirlenmesinin oldukça zor olduğundan bahsetmiştir. İnşaat endüstrinin yanı sıra KBF, turizm, eğitim, işletme, inşaat gibi birçok farklı alanda kullanılmaktadır. YBM uygulamasında KBF'nin belirlenmesi, YBM teknolojisinin uygulanmasına yönelik tespit edilen engellerin gerçek nedenlerini belirlemeye yardımcı olacaktır. Afari (2018)'e göre, KBF'ler aracılığıyla belirlenen kilit alanların uygulanması, YBM'nin başarılı bir şekilde uygulanmasını kolaylaştırmaya yardımcı olmaktadır. Elbetagi (2020), Ortadoğu ülkelerinde YBM uygulamasındaki KBF'leri çalıştığı makalesinde, bu konunun önemini belirtmiş inşaat projelerinin performansını iyileştirmek için YBM uygulaması için KBF'leri incelemeye acil bir ihtiyaç olduğundan bahsetmiştir. Ademci ve Gündeş (2018), YBM adaptasyonunu inceleyen çalışmasında, YBM'nin sektörde benimsenmesinin birçok fayda ve verimlilik sağlayacağı konusunda akademi ve endüstri profesyonelleri arasında fikir birliği var gibi görünmesine karşın, geçiş aşamasında hangi faktörlerin katkıda bulunduğunun net

olmadığını belirtmiştir. Karacığın (2019), literatürde birçok çalışma olmasına rağmen YBM uygulama sürecinin altında yatan Kritik Başarı Faktörleriyle birlikte bileşenlerini analiz etmeye çalışan sınırlı sayıda çalışma olduğundan bahsetmiştir. Bu nedenle YBM teknolojisinin başarı ile uygulanabilmesi için projenin başarısını etkileyen faktörlerin belirlenmesi ve etkin bir şekilde yönetilmesi gerekmektedir (Elbetagi, 2020).

YBM uygulamasında KBF'lerin belirlenmesinde ulusal ve uluslararası çalışmalar bulunmaktadır. Ülkeler YBM uygulamasında KBF'lerinin belirlenmesi için ulusal çalışmalar yürütmüştür. İnşaat sektöründe mimarlık disiplini global bir tanıma sahip olsa dahi her ülkenin kültürel geçmişi sebebiyle ortaya çıkan KBF'ler farklılık gösterebilmektedir. Ulusal ve uluslararası çalışmaların KBF inceleme, ortaya çıkarma ve değerlendirme yönleri incelenmiş, bu yöntemler ışığında bulunan KBF'ler değerlendirilmiş ve birbirleri ile kıyaslamaları yapılmıştır.

Çizelge 3.1.'de, Yapı Bilgi Modellemesi uygulamalarındaki Kritik Başarı Faktörlerini inceleyen, tez çalışmasına katkıda bulunabilecek çalışmalar gösterilmektedir.

Çizelge 3.1. YBM Uygulamasında KBF Çalışmaları

NO	YIL	YAZAR	ÇALIŞMA
1	2013	Won vd.	Where to Focus for Successful Adoption of Building Information Modeling within Organization
2	2014	Tsai vd.	Developing CSF for Assessment Of BIM Technology Adoption
3	2014	Chien vd.	Identifying and Assessing Critical Risk Factors for BIM Projects: Empirical Study
4	2014	Shang vd..	Critical Success Factors (CSFs) of BIM Implementation for Collaboration Based on System Analysis
5	2014	Morlhon vd.	Building Information Modeling Implementation Through Maturity Evaluation and Critical Success Factors Management
6	2014	Enegbuma, vd.	Preliminary Building Information Modelling Adoption Model In Malaysia
7	2015	Son vd.	What Drives the Adoption of Building Information Modeling in Design Organizations' An Empirical Investigation of the Antecedents Affecting Architects' Behavioral Intentions
8	2016	Yaakob vd.	Critical Success Factors to Implementing Building Information Modeling in Malaysia Construction Industry
9	2016	Özorhon, B., Karahan, U	Critical Success Factors of Building Information Modeling Implementation
10	2017	Liao, L., Teo, E.	Critical Success Factors For Enhancing The BIM Implementation In Building Projects In Singapore
11	2018	Antwi-Afari vd.	CSF for Implementing BIM: A Longitudinal Review
12	2018	Amuda-Yusuf, G.	Critical Success Factors for Building Information Modelling Implementation

Çizelge 3.1. (devam) YBM Uygulamasında KBF Çalışmaları

13	2019	Chan, vd.	Critical Success Factors For BIM Implementation In Hong Kong
14	2019	Gürünlü, K.	Investigation Of The BIM Implementation Process In The Design Phase: Case Of Turkish Companies
15	2019	Nývlt V., Novotný, R.	Critical Factors Affecting a Successful BIM Integrated Design Solution
16	2020	Elbetagi vd.	Critical Success Factors for BIM Implementation in Construction Projects
17	2020	Sinoh vd.	Critical Success Factors for BIM Implementation: A Malaysian Case Study
18	2020	Kunwar, S.	Critical Success Factors for BIM Implementation
19	2021	Tan, S.	Türk İnşaat Sektöründe BIM Uygulamalarının Yaygın Kullanılmamasına Neden Olan Faktörlerin Belirlenmesi
20	2022	Ayalp vd.	Modeling the Critical Success Factors for BIM Implementation in Developing Countries: Sampling the Turkish AEC Industry
21	2023	Abumoeilak vd.	Critical Success Factors for Building Information Modeling Implementation as a Sustainable Construction Practice

Çizelge 3.1.'de gösterilen çalışmalar, mevcut tez çalışmasıyla benzerlikler taşıyan ve bu alandaki rehber nitelikteki önemli çalışmaları yansıtmaktadır. Bu çalışmalar, 2013-2023 yılları arasında gerçekleşmiş, YBM uygulamalarında KBF'leri belirlemeyi konu almış çalışmalardır. YBM uygulamalarının benimsenmesi, kolaylaştırıcıları ve zorlukları gibi konuları ele alan bir dizi çalışma bu yıllar içerisinde yapılmıştır. Ancak, gerçek kullanıcı deneyimine dayalı ve istatistiksel analizlerle desteklenen çalışmalar, özellikle "Kritik Başarı Faktörü" çerçevesinde detaylı bir şekilde incelenmiştir. Çizelgede belirtilen araştırmalarda "Kritik Başarı Faktörü" terimi kullanılmamış olabilir; fakat bu çalışmalar, KBF'lerin belirlenmesine odaklanan ve yöntemsel olarak teze katkıda bulunabilecek nitelikte olan çalışmaları içermektedir. Çizelgenin incelenmesinde, YBM uygulamalarında KBF'lerin belirlenmesi konusunda uluslararası literatürde yoğun bir odaklanma olduğunu açıkça göstermektedir. Özellikle 9, 14, 19 ve 20 numaralı çalışmalar, Türkiye'nin mimarlık, mühendislik ve inşaat alanındaki KBF'lerini ele alan değerli çalışmalar olarak öne çıkmaktadır.



4. KAVRAMSAL ÇERÇEVEYE YÖNELİK LİTERATÜR TARAMASI

İnşaat sektöründe YBM konusu, özellikle endüstride uygulamaların artması ile birlikte akademik alanda da üzerine çalışmaya, araştırmaya ve geliştirmeye uygun ve elverişli bir konu olarak literatürde yer almaktadır. Akademik çalışmalar için, çalışmanın içeriği ile ilgili daha önce yapılmış araştırmaların gözden geçirilmesi oldukça önemlidir (Karacığan, 2019). Bu sebeple konu ile ilgili, YBM uygulamaları, YBM adaptasyonu, YBM kritik başarı faktörleri, YBM etkinlik çerçevesi gibi anahtar kelimeler ile konu aldığı coğrafyaya, yazıldığı yıla göre yayınlanan YBM teknolojisinin uygulanmasına ilişkin çalışmaların bir analizi yapılmıştır.

YBM teknolojisinin uygulanmasındaki faktörlerle ilgili kapsamlı literatür araştırması, yinelenen faktörlere rağmen, bu faktörlerin ağırlık dağılımının çalışmalar arasında farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur. Bu nedenle hem zamanın getirisi ile teknolojinin, uygulamanın ve işleyiş biçimlerinin değişmesi kaynaklı, güncel olanı takip etmek, hem de literatürdeki çalışmalardan kuvvet alarak, benzer, aynı durum ifadelerini sadeleştirerek yalın ve temel faktörler ile açıklayabilmek adına, literatür taranmış ve faktörler belirlemiş ve gruplaması yapılmıştır.

2012–2023 yılları arasında yapılmış olan çalışmalar arasından YBM uygulamasında destekleyici, benimseyici, engelleyici ve etkileyici faktörleri konu alan çalışmalar incelenenmiş, bu duruma yönelik oluşturulan çerçeveler göz önüne alınmıştır.

4.1. Ulusal Çalışmalar

Karahan (2015), “Türk İnşaat Sektöründe Yapı Bilgi Modellemesi (YBM) Uygulaması” adlı tez çalışmasında, Türk inşaat sektöründe YBM algısı ve uygulamaları hakkında araştırmalar yapılarak KBF’leri belirlemeyi, bunların YBM uygulaması üzerindeki etkilerini ölçmeyi ve YBM benimseme oranının düşük olduğu gelişmekte olan ülkelerde KBF’lerin altında yatan boyutlarını ortaya çıkarmayı amaçlamıştır. Literatürden elde edilen verilerin, itici güçler, katalizörler, engeller, girdiler, faydalar ve etkiler parametreleri çerçevesinde değerlendirmesini yapmıştır. Elde edilen veriler üzerinde faktör analizi uygulayarak insan, endüstri, proje, politika başlıkları altında Kritik Başarı Faktörleri gruplamasını yapmıştır.

Yazar bu çalışmada en önemli 3 faktör olarak nitelikli personel varlığı, etkin liderlik ve bilgi teknolojilerinin kullanımı olduğundan bahsetmektedir. Özorhon'un bu çalışması, Orta Doğu Ülkelerinde YBM'de KBF'yi inceleyen Elbetagi (2020), tarafından, ortak faktörleri birbirleri üzerindeki etkiyi incelemediğinden kaynaklı eleştirilmiştir.

Aladağ vd. (2016), "Türk İnşaat Sektöründe Yapı Bilgi Modellemesi (YBM) Kullanımı" adlı çalışmasında YBM'nin benimsenmesine ilişkin net bir anlayış geliştirmek, Türk inşaat şirketlerinde YBM uygulamalarının zorluklarını ve faydalarını araştırmak için çalışmalarda bulunmuştur. İnşaat sektörü ve üniversitelerden uzmanlarla odak grup görüşmeleri yaparak, Türkiye'de inşaat şirketlerini YBM kullanımına yönlendiren itici güçleri ve Türk inşaat sektöründe YBM teknolojilerinin benimsenmesinin önündeki engelleri tartışmıştır. Odak grup görüşmesinden toplanan veriler daha sonra Türk inşaat sektörü için önemlerini belirlemek için Basit Çok Nitelikli Derecelendirme Tekniği (SMART) ile analiz ederek, itici güçler ve zorlaştırıcılar ana başlıkları altında, toplam 17 faktör elde etmiştir. Bu faktörler; firma kazanımları, organizasyonel yapı ve kültür, müşteri talepleri, paydaşlar arasında iş birliği, koordinasyon, iletişim ve etkileşim ihtiyacı, müşteri memnuniyeti, karlılığı arttırması, verimli izleme ve raporlama, gelişmiş bütçeleme ve maliyet tahmini yetenekleri, proje yaşam döngüsü boyunca etkili proje yönetimi, gelişmiş programlama yetenekleri, inşaat sırasında azaltılmış değişiklikler, YBM konusunda endüstrideki bilgisizlik, teşvik edici veya zorunlu sözleşme maddelerinin eksikliği, verimli liderlik, yazılım ve donanımının yüksek başlangıç maliyeti, paydaşların teknolojik eksiklikleri olarak belirlemiştir.

Öktem (2016), "YBM'ye Geçiş Sürecinin Organizasyonel ve Operasyonel Çerçevesi" adlı çalışmasında, Dünya ülkelerinin geliştirdikleri kılavuzları incelenerek YBM'ye geçiş ve YBM uygulama süreçlerinde oluşturulan çerçeveleri ortaya koymuş ve YBM metoduyla çalışan bir tasarım firmasını vaka etüt çalışması ile incelemiştir. Oluşturulan çerçeveler ile temel ve önemli adımlar belirlenerek, vizyon, liderlik, aşamalı entegre değişim, teknoloji, prosedürler ve süreç başlıkları ana bileşenler olacak şekilde tanımlamalar yapılmıştır.

Ademci (2018), "Türk Mimari, Mühendislik ve İnşaat Sektöründe YBM Uygulamasının Benimsenmesine Yönelik Bir Analiz" adlı çalışmasında, YBM'nin benimsenmesi için etkileyici güçleri hem YBM kullanıcıları hem de kullanıcı olmayanlar için tespit etmiştir. Anket çalışması sonucunda, yetkin personel eksikliği, iş birliği eksikliği, yetkin personel

eksikliği, YBM eğitimi mevcudiyeti, devlet teşviki, ulusal YBM standartlarının varlığı ve kamu projelerinde zorunlu kılınması konuları ön plana çıkmıştır.

Gürünlü (2019), ve Karacığan (2019), sırasıyla tasarım ve inşaat aşamalarında, Türk mimarlık, mühendislik, inşaat endüstrileri kapsamında YBM kritik başarı faktörlerini içeren çalışmalarda bulunmuşlardır. Her iki yazarda, YBM uygulama sürecini temsil ettiğini varsaydıkları, itici güçler, girdiler, engeller, katalizörler, faydalar ve etkiler başlıklarından oluşan sistem geliştirmiştir. Belirlenen KBF'leri bu başlıklar altında toplayarak, mülakat yöntemi kullanmış ve elde edilen veriler üzerinden değerlendirme yapılarak KBF'leri ortaya çıkarmışlardır.

Çağlayan (2020), “Türk İnşaat Sektörü İçin Bir Yapı Bilgi Modelleme (YBM) Etkinlik Modeli Geliştirme” adlı doktora çalışmasında, Türk inşaat sektörü kapsamında, YBM etkinliğinin belirleyicilerini, ölçüm kriterlerini ve YBM uygulamasının sonuçlarını içeren YBM etkinliği çerçevesi geliştirmiştir. Etkinlik çerçevesindeki belirleyici bölümü, YBM'nin ne derece etkili uygulanabileceğini belirleyen bileşenler, ölçüm hem inşaat sürecinin hem de YBM'nin etkinlik düzeyini belirleyen kriterler, çıktılar ise elde edilen faydaları temsil etmektedir. Belirlenen başarı faktörleri ile anket çalışması uygulanmış, sonucunda elde edilen veriler ile Yapısal Eşitlik Modeli kullanılarak önerilen YBM etkinlik çerçevesinin geçerliliği, bileşenler arasındaki ilişki incelemiştir. Tez sonucunda, YBM uzmanlarının varlığı, modeli güncelleme taahhüdü, donanım ve yazılım yatırımları, şirket YBM prosedürlerinin varlığı, yazılım platformunun birlikte çalışabilirliği, mevcut yazılımın kapasitesi, kapsam, uygun inşaat belgeleri, azaltılmış değişiklik talebi, artan işgücü verimliliği, müşteri memnuniyeti, gelişmiş ürün kalitesi, gelişmiş bilgi yönetimi, uzun vadede kârlılık öne çıkan faktörler olarak belirlemişlerdir.

Kaya (2020), “YBM Uygulamalarının Önündeki Engeller ve Kolaylaştırıcılar: Türk İnşaatında Kamudaki İş Verenlerin Bakışı ve Deneyimleri” adlı çalışmasında, YBM benimsenmesinin önündeki engeller ve kolaylaştırıcıları inşaat sektöründeki kamu işverenleri açısından ele almış, Literatür taramasından KBF'leri belirlemiştir. KBF'leri belirlerken Gürünlü (2019), Karacığan (2019)'ın çalışmasında kullandığı sistem üzerinden itici güçler, girdiler, engeller, katalizörler, faydalar ve etkiler olmak üzere 6 bileşenli bir çerçeve belirleyerek yapmıştır.

Güler (2021), “Türk Mimarlık Mühendislik ve İnşaat Endüstrisinde BIM’e Geçiş Süreci” adlı çalışmasında, Türkiye’deki mimarlık, mühendislik, inşaat şirketleri perspektifinden bakarak, motivasyonlar, girdiler, kolaylaştırıcılar, engeller, faydalar ve etkiler olmak üzere 6 bileşenli çerçeve oluşturmuştur. Kategorizasyon tamamlanmasının ardından, mülakat yöntemiyle mimarlık mühendislik ve inşaat şirketlerinin değerlendirmesine sunulurak, KBF’ler belirlenmiştir.

Ulusal literatür kapsamında, Yapı Bilgi Modelleme konusunda yapılan çalışmaların sayısı hızla artış göstermektedir. YBM benimsenmesi ve adaptasyonu, Türkiye gibi konu hakkında hala gelişmekte olan bir ülke için çok değerli bir kavram olduğundan, birçok yazar bu konu üzerine çalışmaya başlamıştır. Vaka çalışmaları üzerinden çıkarımlar, sektördeki paydaşların tecrübelerine dayanarak elde edilen bilgiler çok değerli olmasının yanı sıra, geniş bir kullanıcı çerçevesine ulaşarak nicel verilerle değerlendirmek, adaptasyon olarak bahsedilen itici güçlerin, engellerin tam olarak neler olduğunu ortaya koymanın en gerçekçi yoludur. Tanımlayıcı istatistiklerin örnek verilerden bir popülasyon hakkında sonuçlar çıkarma yeteneği, verilere daha derin bir bakış açısı sağlayabilen çıkarımsal istatistiklerle elde edilerek daha gerçekçi sonuçlar doğuracaktır.

Literatür araştırmasında incelenen çalışmalar benzer girdiler ile yapılmış olsa dahi, çalışmaların sonuçlarında farklı sayılarda ve farklı faktörler sunarak Kritik Başarı Faktörleri belirlenmiştir. Bunu daha geniş bir çerçeveden görebilmek için konu ile ilgili ulusal tez çalışmaları kapsamı, yazar, yıl, yöntem, anket sayısı ve sonuçta belirlenen KBF sayıları olacak şekilde Çizelge 4.1.’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.1. Ulusal Literatürde YBM Uygulamasında Etkileyici Faktörleri Ele Alan Çalışmalar

		Kaynak	Kaynak	Veri Toplama Yöntemi	Anket/Görüşme Sayısı	Veri Analiz Yöntemi	Kaç Ana Başlık	Olası Faktör	Sonuç Faktör
1	2016	Aladağ, H., Demirdögen, G., Isık, Z. (2016). Building Information Modeling (BIM) Use in Turkish Construction Industry	-	Mülakat Yöntemi Analiz Yöntemi	6	Basit Çok Nitelikli Derecelendirme Tekniği (SMART)	İtici güçler Zorlaştırıcılar	51	17
2	2016	Ozorhon, B., Karahan, U. (2017). Critical Success Factors of Building Information Modeling Implementation	36	Literatür Taraması Anket Yöntemi Analiz Yöntemi	96	Ortalama Değer Hesaplama Açıklayıcı Faktör Analizi	İtici güçler Girdiler Engeller Katalizörler Faydalar Etkiler	16	3

Çizelge 4.1. (devam) Ulusal Literatürde YBM Uygulamasında Etkileyici Faktörleri Ele Alan Çalışmalar

3	2018	Ademci, E. (2018). An Analysis of BIM Adoption In Turkish Architectural, Engineering and Construction (AEC) Industry	63	Literatür Taraması Anket Yöntemi Analiz Yöntemi	90 5	Ortalama Değer Hesaplama Göreceli Önem İndeksi (RII)	-	23	5
4	2019	Gürünlü, K. S. (2019). Investigation Of The BIM Implementation Process In The Design Phase: Case Of Turkish Companies	45	Literatür Taraması Vaka(Durum) Çalışması Mülakat Yöntemi	25	Ortalama Değer Hesaplama	İtici güçler Girdiler Engeller Katalizörler Faydalar Etkiler	-	57
5	2019	Karacıgan, A. (2019). Investigation Of The BIM Implementation Process In The Construction Phase: Case Of The Turkish Companies.	45	Literatür Taraması Vaka(Durum) Çalışması Mülakat Yöntemi	25	Ortalama Değer Hesaplama	İtici Güçler Girdiler Engeller Katalizörler Faydalar Etkiler	17 0	62
6	2020	Çağlayan, S. S. (2020). Developing a building information modeling (BIM) effectiveness model for the Turkish construction industry.	30	Literatür Taraması Anket Yöntemi Analiz Yöntemi	17 2	Yapısal Eşitlik Modeli	Belirleyiciler Etkiler Çıktılar	36	14
7	2020	Çelikel, A. E. (2020). A Smart Guide For BIM Enabled Construction Project Management And Delivery: Istanbul Airport Case Study.	-	Literatür Taraması Vaka(Durum) Çalışması	-	-	Uluslararası standart eksikliği Yüksek uygulama maliyeti Kalifiye personel eksikliği Organizasyonel sorunlar Yasal sorunlar	-	12
8	2020	Çetin, M. (2020). Mimarlar ve İnşaat Mühendisleri Arasındaki Yapı Bilgi Modelleme Tabanlı Ekip Çalışmalarında İşbirliği Bariyerlerinin ve İyileştirme Yollarının Araştırılması.	10 34	Literatür Taraması Anket Yöntemi	60	Ortalama Değer Hesaplama	Süreç Aktör Bağlam Ekip Görev	26	21
9	2020	Kaya, O. C. (2020). Barriers and Enablers Of BIM Adoption: Perspective and Experiences of Turkish Construction Public Clients	33	Literatür Taraması Anket Yöntemi Analiz Yöntemi	31	Ortalama Değer Hesaplama	İtici Güçler Girdiler Engeller Katalizörler Faydalar Etkiler	51	7
10	2021	Güler, C. (2021). BIM Transition Process In The Turkish Architecture, Engineering, And Construction (AEC) Industry	93	Literatür Taraması Vaka(Durum) Çalışması Mülakat Yöntemi	14	Ortalama Değer Hesaplama	İtici Güçler Girdiler Engeller Katalizörler Faydalar Etkiler	-	46
11	2021	Tan, S. (2021). Türk İnşaat Sektöründe YBM Uygulamalarının Yaygın Kullanılmamasına Neden Olan Faktörlerin Belirlenmesi.	82	Literatür Taraması Anket Yöntemi Analiz Yöntemi	14 1	Göreceli Önlem Sıralaması Açıklayıcı Faktör Analizi (AFA) Doğrulamalı Faktör Analizi (DFA)	Teknoloji Farkındalık Organizasyon Eğitim	46	8
12	2022	Ayalp, G., vd. (2022). Modeling the Critical Success Factors for BIM Implementation in Developing Countries: Sampling the Turkish AEC Industry.	55	Literatür Taraması Anket Yöntemi Analiz Yöntemi	24 3	Göreceli Önlem Sıralaması Açıklayıcı Faktör Analizi (AFA) Doğrulamalı Faktör Analizi (DFA) Yapısal Eşitlik Modeli (SEM)	Teknolojik faydaların farkındalığı Organizasyonel hazırlık ve rekabet avantajları Yönetimin YBM konusundaki motivasyonu	41	3

4.2. Uluslararası Çalışmalar

Yapı Bilgi Modellemesi, inşaat sektöründe dijitalleşmenin öncüsü olarak etkili bir araç haline gelmiştir. YBM'nin uluslararası düzeyde benimsenmesi, farklı ülkelerin kendi endüstriyel, yasal ve kültürel dinamikleriyle şekillenmiştir. Örneğin, Hong Kong, Malezya, Singapur, Mısır, Nijerya ve Birleşik Arap Emirlikleri gibi ülkeler, YBM'yi sektördeki verimliliği artırmak ve inşaat projelerinin kalitesini iyileştirmek amacıyla YBM benimsenmesini arttırma çalışmaları yürütmektedirler. Hong Kong, sıkışık ve sınırlı alanları yönetmek için YBM kullanımını teşvik ederken, Malezya ve Singapur bina ve altyapı projelerinde inşaat süreçlerindeki koordinasyonu artırmak için YBM teknolojisini desteklemektedirler. Mısır ve Nijerya gibi ülkeler, teknolojik gelişmeleri izleyerek ve inşaat endüstrisindeki dijital dönüşüme adapte olarak YBM'nin faydalarını keşfetmeye çalışmaktadırlar. Birleşik Arap Emirlikleri ise, sürdürülebilirlik ve devlet destekli projeler ile YBM'nin kabulünü artırmaya odaklanmıştır. Bu ülkelerdeki YBM çalışmaları, yerel endüstriyel ihtiyaçlara ve mevcut sektörün gerekliliklerine uyum sağlamak için farklı stratejiler geliştirme çabalarıdır. Bununla birlikte, bu ülkelerin tecrübeleri, YBM'nin farklı coğrafyalardaki benzersiz uygulama alanlarını, sektördeki farklı paydaşlar arasındaki iş birliğini ve teknolojinin yaygınlaşması sürecindeki deneyim paylaşımının önemini vurgulamaktadır. Yerel düzeyde yapılan bu çalışmalar, inşaat sektöründe YBM teknolojisinin evrensel kullanımı için rehber niteliğindeki kritik adımları temsil etmektedir. Bu açıdan, uluslararası örnekler, YBM'nin farklı ülkelerdeki benimsenme süreçlerini, yerel koşullara adapte edilmesi gereken stratejileri ve bu teknolojinin sektördeki rolünü anlamak için zengin bir kaynak sağlamaktadır. Ayrıca uluslararası örnekler, YBM'nin ülkeler arasında nasıl farklı uygulama alanları bulduğunu, hangi sektörlerde ve projelerde etkili olduğunu ve bu teknolojinin yerel koşullara nasıl adapte edildiğini göstermektedir.

Çalışmada, incelenen örneklerin KBF'leri belirleme süreci, bu faktörleri ele alma yöntemleri ve kapsamı detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. Tez çalışmasının metodolojisi, benzer çalışmaların yöntemlerinden faydalanarak, en uygun ve yararlı metodolojiyi belirlemeyi amaçlamaktadır. Uluslararası alanda öncü olan ve bu teze katkı sağlayan çalışmaların kapsamı, yazarlarının isimleri, yayın yılları, kullandıkları metodolojiler, uyguladıkları anket sayıları ve sonuçlarına dayanarak belirledikleri KBF sayıları Çizelge 4.2.'de sunulmuştur.

Çizelge 4.2. Uluslararası Literatürde YBM Uygulamasında KBF'yi Ele Alan Çalışmalar

		Kaynak	Kaynak	Veri Toplama Yöntemi	Anket/Görüşme Sayısı	Veri Analiz Yöntemi	Kaç Ana Başlık	Olası Faktör	Sonuç Faktör
1	2014	Tsai, M., vd. (2014) Developing CSF for Assessment Of BIM Technology Adoption	31	Literatür Taraması Anket Yöntemi Analiz Yöntemi	56	Güvenirlilik Analizi Sıralama Analizi Çıkarımsal İstatistiksel Testler	Organizasyonlar Uygulamalar Araçlar Proje ekipleri Süreçler İş modelleri	80	58
2	2017	Liao, L., Teo, E. (2017), Critical Success Factors For Enhancing The BIM Implementation In Building Projects In Singapore	30	Literatür Taraması Anket Yöntemi Analiz Yöntemi	58	Açıklayıcı Faktör Analizi Yapısal Eşitlik Modeli	Modellerin Entegrasyonu ve Doğruluğu Yönetimden Gelen Taahhüt ve Eğitim Uygulama Avantajları ve Desteği	32	13
3	2018	Antwi-Afari M. vd. (2018), CSF for Implementing BIM:A Longitudinal Review	35	Literatür Taraması	-	-	-	34	5
4	2018	Amuda-Yusuf, G. (2018) CSF for BIM Implementation	12	Literatür Taraması Anket Yöntemi Analiz Yöntemi	151	Güvenirlilik Analizi Normalleştirme Değerini ANOVA	YBM bilgisi ve taahhüdü Teknoloji benimsenmesi Kurumsal destek endüstri Profesyonellerin işbirliği Kültürel yönlendirme	28	5
5	2019	Chan, D. vd. (2019), Critical Success Factors For BIM Implementation In Hong Kong	26	Literatür Taraması Anket Yöntemi Mülakat Yöntemi Analiz Yöntemi	44	Güvenirlilik Analizi Ortalama Sıralama Yöntemi Kendall'ın Uyum Analizi Spearman'ın Sıra Korelasyon Testi Mann-Whitney U testi	-	11	5
6	2020	Elbetagi, E. vd. (2020), Critical Success Factors for BIM Implementation in Construction Projects	42	Literatür Taraması Anket Yöntemi Analiz Yöntemi	345	Güvenirlilik Analizi Normalleştirme Değerini Hesaplama Chi-Square Testi ANOVA	Proje koordinasyonu Proje kaynakları Proje yaşam döngüsü aşamaları Süreçler İş Modeli Hukuki Konular	51	15
7	2020	Sinoh, S., vd. (2020), Critical Success Factors for BIM Implementation: A Malaysian Case Study	49	Literatür Taraması Anket Yöntemi Analiz Yöntemi	184	Güvenirlilik Analizi Ortalama Değer Hesaplama Temel Bileşen Analizi Yapısal Eşitlik Modeli	Yazılım ve donanım Dış koordinasyon Yönetim ve liderlik İç koordinasyon	15	11
8	2023	Abumoilak, L. vd. Critical Success Factors for Building Information Modeling Implementation as a Sustainable Construction Practice in the UAE.	32	Literatür Taraması Anket Yöntemi Analiz Yöntemi	36	Analitik Hiyerarşi Süreci	Sosyal Çevresel Ekonomik Bilgi teknolojileri	16	167



5. ARAŞTIRMA METODOLOJİSİ

İnşaat endüstrisinin verimsizliği, inşaat performansını artırma yöntemleri iyileştirmek amacıyla birçok çalışmanın ve analizin yayınlanmasına neden olmuştur (Kymell, 2008). YBM de inşaat endüstrisindeki verimi arttırmaya yönelik bir gelişme olarak ortaya çıkmaktadır. Her ne kadar YBM kullanımının verimliliğe etkisi araştırmacılar ve endüstri profesyonelleri arasında uzlaşmış görünse de sorunsuz bir geçişe hangi faktörlerin katkıda bulunduğu henüz net değildir (Ademci ve Gündeş, 2018). YBM Uygulamasına geçiş için dikkat edilmesi gereken kilit noktaların mimari kapsamında değerlendirilmesi bu tezin amacını oluşturmaktadır.

Uluslararası literatürde YBM uygulamasında KBF'lerin belirlenmesi çokça ele alınan bir konudur. Özellikle YBM uygulamasının gelişme aşamasında olan her ülke Kritik Başarı Faktörlerini farklı örneklem kapsamlarında ve farklı kavramsal çerçevelerde değerlendirip, endüstrinin geçişinde kilit noktaları ve kolaylaştırıcı unsurları ortaya koymuştur. Ulusal literatürde yer alan YBM uygulamasına geçiş ile ilgili çalışmanın çoğu YBM incelemesi, vaka analizleri, adaptasyonu ve benimsenmesini ele almıştır. (Akkaya (2012), Yatich (2018), Ademci (2018), Inusah (2018), Yiğiter (2020), Uzun (2019). YBM uygulaması için Kritik Başarı Faktörleri konusunda bir literatür boşluğu ve eksik bilgi bulunmaktadır (Ayalp, 2022). Türkiye YBM konusunda hala gelişmekte olan bir ülke olarak değerlendirilmekte olup, YBM uygulamasına kesin geçiş henüz sağlanamamıştır. Bunu YBM'nin uygulanma alanları ve konunun endüstrideki bilinirliği ile ölçmek mümkündür. Ayalp vd. (2022)'in çalışmasında Türk inşaat endüstrisinde YBM teknolojisinin kullanımıyla ilgili çalışmaların sayısı, diğer ülkelere kıyasla oldukça sınırlıdır ifadesi bunu destekler niteliktedir. YBM'nin hızlı ve etkili bir şekilde benimsenmesi için stratejik bir plan oluştururken temel başarı faktörlerinin de neler olduğunu anlamak son derece önemli olacaktır (Ayalp, 2022).

Tez çalışması metodolojisi altı aşamadan oluşmaktadır.

İlk aşamada YBM'de KBF'leri belirleme amacı kapsamında, ulusal ve uluslararası literatürden destek alarak kapsamlı bir literatür taraması yapılmış ve konu ile ilgili önceki çalışmalar detaylı bir şekilde ele alınmıştır. Hem ulusal hem de uluslararası literatürde değinilen faktörler belirlenmiş, aynı anlamı içeren faktör başlıkları elenerek tekrarlamayan

ve mimarlık disiplini kapsamında “kritik” olarak değerlendirilebilecek başlıklardan bir faktör seti oluşturulmuştur.

İkinci aşama veri düzenleme aşamasıdır. Literatürden elde edilen veriler karmaşıklığı önlemek amacıyla sistematik bir şekilde gruplandırılmıştır. Gruplama veya kategoriye ayırma faktör setini bilgiyi daha erişilebilir, anlaşılır ve işlenebilir hale getirirken, karar verme süreçlerini iyileştirir. Kapsamlı literatür taramasından elde edilen veriler, literatürde de farklı çalışma alanlarında kullanılan bir problemin ana nedenlerini belirlemede yardımcı olan 5M metodu (Ishikawa Diyagram) kullanılarak kategorize edilmiştir.

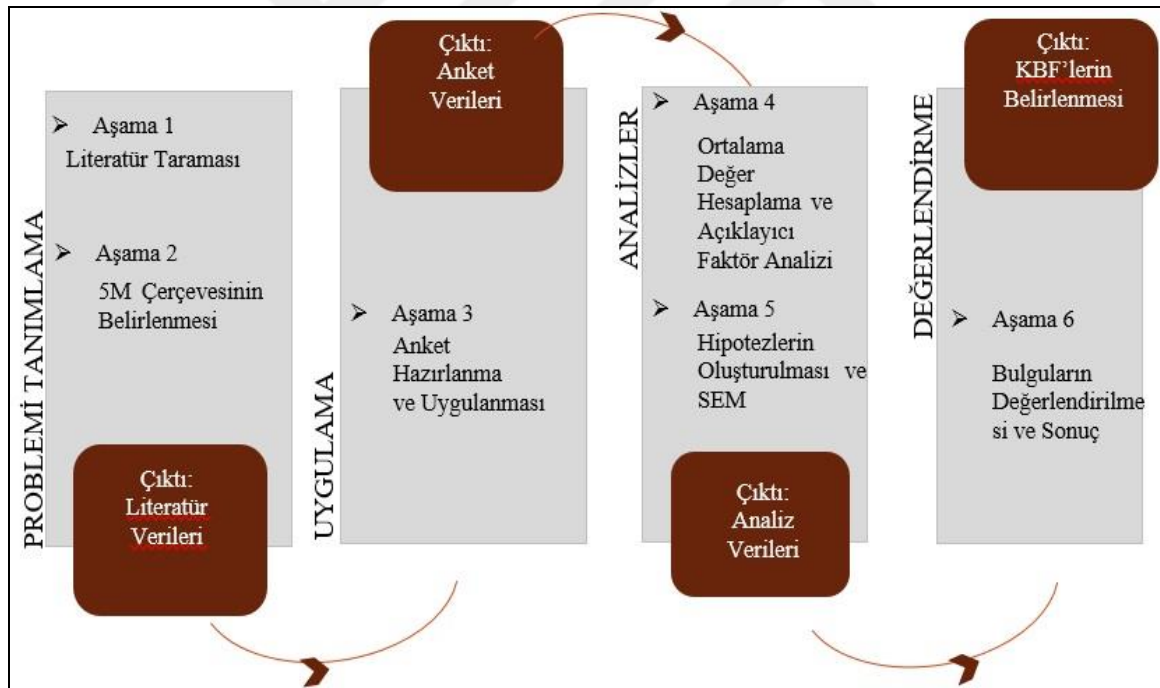
Üçüncü aşama, literatürden elde edilen verilerin Türk inşaat sektöründeki profesyoneller tarafından değerlendirilmesini amaçlayan anket uygulamasını içermektedir. Bu aşama, araştırmanın temelini oluşturan nitel ve nicel veri toplama sürecinin önemli bir parçasıdır. Anket uygulaması katılımcıların deneyimlerini nitel olarak değerlendirme fırsatı sunarak, tezin temel odak noktasını oluşturmuştur. Anket çalışması, Türk inşaat sektöründe faaliyet gösteren mimarlar arasında gerçekleştirilmiştir. Anket çalışması yardımıyla sektördeki profesyonellerin, YBM'nin benimsenmesi, kullanımı ve bu teknolojinin sektöre olan etkisi hakkındaki düşüncelerini ve deneyimlerini değerlendirmeye alınmış, literatürde bulunan teorik bilgilerle uygulamalı deneyimleri sentezlenmiş ve tezin araştırma hedeflerini gerçekleştirmek amaçlamıştır. Bu aşamada, YBM uygulamalarını kullanan endüstri profesyonellerinin sektördeki pratik bilgisi ile teorik çerçeve birleştirilerek somut deneyimlerle zenginleştirilmiştir.

Dördüncü aşama, verilerin değerlendirme ve analiz edilme aşamasıdır. Anket çalışmasından elde edilen veriler anlamlılığına göre değerlendirilmiştir. Toplanan verilerin analizinde istatistiksel hesaplamalar ve veri yönetimi için kullanılan bir yazılım olan Sosyal Bilimler İçin İstatistiksel Paket (SPSS) yazılımı kullanılmıştır. Belirlenen faktörler, etkileyici faktörler (influencing factors) olarak adlandırılmaktadır. Etkileyici faktörler ve Kritik Başarı Faktörleri arasındaki ayırımı ve faktörlerin göreceli gruplamalarını belirlemek için Açıklayıcı Faktör Analizi (Explanatory Factor Analysis) uygulanmıştır. Açıklayıcı faktör analizi ile büyük miktarda veri daha az sayıda ve daha anlamlı faktörlere indirgenebilmektedir. Bu yöntem, veri setindeki gözlemlenen değişkenlerin altında yatan gizli yapıları ortaya çıkarmaya çalışır.

Beşinci aşamada, Açıklayıcı Faktör Analizinden belirlenen temel bileşenler kapsamında kavramsal çerçeve oluşturulmuş ve hipotezler kurulmuştur. Bu hipotezler, temel bileşenler arasındaki ilişkileri temsil etmektedir. Bu ilişkilerin değerlendirilmesi ve ölçülmesi için Yapısal Eşitlik Modeli (YEM) kullanılmıştır. YEM, istatistiksel bir metodoloji olarak bir olgunun ilgili yapısını analiz etmek için doğrulayıcı bir yaklaşım benimser. YEM, araştırmacılara bir modelin teorik temellerini test etme ve ölçme doğrulaması yapma imkanı sunar (Çağlayan, 2020). Bu aşama YEM kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Modelin doğrulanması ve ilişkilerin değerlendirilmesi, araştırmanın temel sonuçlarını ve hipotezlerin geçerliliğini ortaya koymak adına önemli bir adım olmuştur.

Altıncı ve son aşama, bulguların kapsamlı bir değerlendirmesi ve sonuçları içerir.

Bu 6 aşama Şekil 5.1.'de gösterilmiştir.

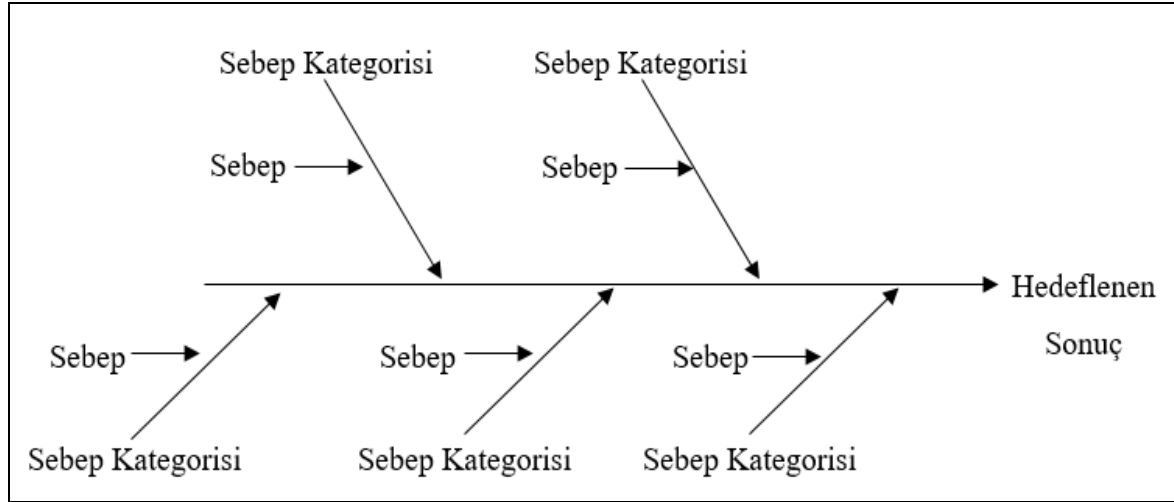


Şekil 5.1. Çalışma Aşamaları

5.1. 5M Çerçevesinin Oluşturulması

YBM uygulanmasındaki etkileyicilerin tanımlanması ve bilgilerin daha iyi derlenerek kavramsal bir çerçevenin geliştirilmesi için geniş kapsamlı bir literatür taraması yapılmıştır.

Bu taramada odak noktasındaki problemin olası tüm sebeplerini ve aralarındaki ilişkiyi net bir şekilde belirlemek için Balık Kılçığı diyagramı kullanılmıştır.



Şekil 5.2. Ishikawa Diyagramı Ana Hatları

Problem belirlendikten sonra oluşturulan ve kullanıcıların problem için genel bir bakış açısı geliştirmesini sağlayan bu yöntemde çalışma kapsamında belirlenen faktörler “etkileyici faktörler (influencing factors)” olarak tanımlanmıştır. Bu faktörler sektörde, iş süreçlerindeki risklerin, verimsizliğin, kalitesizliğin veya diğer sorunların nedenlerini belirlemek veya sorunları bulmak için kullanılan çok yönlü olarak “5M” (man power-method-machinery-management-material) çerçevesinde kategorize edilmiştir. 5M değerlendirmesinin avantajı ise nedenleri daha fazla ayrıntıya ayırmanın, faktörleri düzenlemeye ve ilişkilendirmeye yardımcı olmasıdır (Andersen ve Fagerhaug 2006). Hemen her türlü iş modeli için kullanıma uygun olan 5M çerçevesinde nedenlerin belirli kategorilere bölünmesinin oldukça esnek olabilmekte, incelenen soruna ve alanın özelliklerine bağlı olarak değişebilmektedir. Ancak sekizden fazla kategorinin girilmesi önerilmemektedir (Doggett, 2005). Tez çalışması kapsamında Türkiye’de mimarlık disiplini için KBF’lerin araştırılmasında, literatür taramasından yararlanarak 5 ana kategori belirlenmiştir. Bunlar; “İnsan”, “Çevre”, “Teknik”, “Finans”, “Metot” tur.

YBM uygulamasında KBF’leri belirlemek için çıkarımsal istatistikler ve belirlenen sonuçların karşılıklı analizini içeren bu çalışmayı, kapsamı daraltarak, belirli bir disipline ait –mimarlık disiplini- faktörlerin belirlenmesi üzerine çalışılacak olması, gruplandırma yöntemi olarak da literatürde “Ishikawa Diyagramı” ile kullanımı daha çok bilinen, temel

nedenlere odaklanan, 5M metodu kullanılarak gruplandırma yapılması diğer çalışmalardan farkını ortaya koyan bölümlerdir.

5.2. Anket Hazırlanması ve Uygulanması

Anket, belirli bir konuda bilgi toplamak, insanların düşüncelerini, deneyimlerini, tutumlarını veya davranışlarını anlamak için kullanılan bir veri toplama yöntemidir. Anketler genellikle standartlaştırılmış sorular içeren bir form veya yapılandırılmış bir görüşme biçiminde olabilir. Bu sorular katılımcıların yanıtlaması için sunulur ve toplanan veriler analiz edilerek belirli bir amaç için kullanılmaktadır. Anketlerin amacı, belirli bir konuda geniş bir kitle veya örneklem üzerinde bilgi toplamak ve bu bilgileri analiz ederek sonuçlara ulaşmaktır.

Anketler çeşitli konularda yapılabilmektedir. Genellikle yazılı formlar, online platformlar veya yüz yüze görüşmeler aracılığıyla gerçekleştirilir. Sorular, geniş bir yelpazede farklı formatlarda olabilmektedir. Veri toplama yöntemi, araştırmanın amacına ve katılımcı grubuna bağlı olarak değişebilmekte olup bu soru türleri açık uçlu sorular, kapalı uçlu sorular, derecelendirme, likert ölçekli sorular, demografik sorular veya sıralama soruları şeklinde olabilmektedir. Bu tez çalışmasının anket aşamasında, veri elde etmek için, demografik sorular ve likert ölçekli sorular kullanılmıştır. Sorular, nitel ve nicel özellikte olabilmektedir. Nitel sorular, keşifsel bilgileri toplamak için kullanılırken, nicel sorular geliştirilmiş hipotezleri test etmek için kullanılmaktadır (Çağlayan, 2020).

Anketlerle elde edilen veriler, istatistiksel analizler, şekiller veya özet raporlar şeklinde sunulurken, araştırmacılara veya organizasyonlara anlamlı bilgiler sağlar. Ancak anketlerin etkili olabilmesi için soruların doğru ve anlaşılır olması, örneklem seçiminin doğru yapılması ve verilerin güvenilir bir şekilde toplanması önemlidir. Soruların net, anlaşılır ve özgün olması gerekmektedir. Katılımcıların cevaplarını etkilemeyecek tarzda objektif ve tarafsız olmalıdır. Ayrıca, anketin örnekleme ve örneklem büyüklüğü, araştırmanın genellemeleri yapabilmesi açısından dikkatlice seçilmelidir. Anketlerle toplanan verilerin analizi ve yorumlanması, araştırmacılara veya organizasyonlara fayda sağlayacak önemli bilgiler sunabilir. Bu veriler, karar verme süreçlerinde, stratejik planlama veya politika oluşturma gibi alanlarda rehberlik edebilmektedir.

Tez çalışmasında amaca yönelik istatistiksel veri değeri olan sorulardan oluşturulmasına özen gösterilmiştir. Literatürde yer alan çalışmaların anketleri ve verileri kapsamlı olarak incelenerek mevcut çalışmanın anket bölümünün tasarımı yapılmıştır. Tez çalışmasının kapsamı mimarlık mühendislik ve inşaat endüstrisindeki “mimarlık disiplini” konu aldığı için, anket tasarlanma aşamasında Türkiye’de YBM uygulamasındaki mimari disiplini etkileyen sorular kapsamında düzenleme yapılmıştır. Bu durum hem kapsamı daraltarak, bir disipline odaklanıp net bilgiler içermeyi sağlarken hem de mevcut tezin literatürdeki benzer çalışmalardan farkını ortaya koymaktadır.

Pilot çalışması yapılan anket, Gazi Üniversitesi Etik Komisyonuna gönderilerek 09.08.2022 tarihinde komisyondan başarı ile geçerek uygulama izni alınmıştır (Ek-1) Etik Komisyonu'ndan alınan izin, araştırma projelerinin etik standartlara uygun olduğunu, insan haklarına saygı gösterdiğini ve bilimsel açıdan güvenilir olduğunu göstermektedir.

Anket 2 bölümden oluşmaktadır. İlk bölüm demografik sorulardan oluşan bölümdür. Bu bölüm, anketi dolduran kişilerin belirli özelliklerini anlamak ve verileri analiz ederken gruplar arasında karşılaştırmalar yapabilmek için oluşturulmuştur. Demografik sorular, araştırmanın hedeflerine ve katılımcıların özelliklerine bağlı olarak değişebilmektedir. Ankette tez çalışmasına etkili olacak 11 adet demografik soru bulunmaktadır. Belirtilen sorular tez çalışmasının sonucunda ulaşılmak istenen hedef kapsamında yeterli görülmüştür. Anketin ikinci bölümünde 5’li Likert ölçeğe değerlendirilecek toplamda 25 adet soru bulunmaktadır. Anketin son bölümünde bulunan sorular, tez çalışmasının literatür değerlendirmesi kısmında oluşturulan çerçeveye göre 5 ana başlık altında toplanmıştır. Bu başlıklar, İnsan, Metot, Teknik, Çevre ve Finansır. 5’ li derecelendirmeye göre; 1 = Hiç Katılmıyorum 2 = Kısmen Katılmıyorum Etkiledi 3 = Kararsızım 4 = Kısmen Katılıyorum 5 = Tamamen Katılıyorum anlamına gelmektedir. 5’li likert ölçeğine uygun sorular tez çalışması kapsamında literatür taramasından elde edilmiş verilerle ve oluşturulan 5M çerçevesine uygun olacak şekilde geliştirilmiş ve 5M çerçevesindeki bileşenlerin arasındaki etkileşimleri nicel olarak analiz etmek ve bu faktörlerin etkinliğini belirlemeye yönelik tasarlanmıştır.

Taslak olarak oluşturulan anket, inşaat sektöründe YBM yönetici konumunda görev alan 1 profesyonel, YBM projelerinde mimar olarak çalışan 1 profesyonel, 1 akademisyen

tarafından ve 1 istatistik uzmanı tarafından değerlendirilerek, kavram karmaşası veya ifade tekrarı yaratan içerikler kaldırılmış ve düzenlenmiştir.

Anket uygulaması web tabanlı yapılmıştır. Web tabanlı anket uygulaması internet üzerinden erişilebilen ve kullanıcıların çeşitli cihazlar aracılığıyla anketlere katılmasına olanak tanıyan yazılımlardır. Bu tür uygulamalar, kullanıcı dostu ara yüzleri ve çeşitli özellikleriyle anket oluşturma, yayınlama, veri toplama ve analiz etme süreçlerini kolaylaştırır. Tez çalışmasında anket oluşturma yazılımı olarak kullanım kolaylığı, ücretsiz olarak tüm kullanıcılarda açılabilmesi, çeşitli soru türleri içermesi, dağıtım kolaylığı, anlık geri bildirim özelliği ve veri analizini şekilsel gösterme nitelikleri sayesinde Google Forms kullanılmıştır. Google Forms, anket oluşturmak için popüler ve kullanıcı dostu bir çevrimiçi araçtır.

5.3. İstatiksel Analiz Yöntemleri

Veri analizi aşamasında, Açıklayıcı Faktör analizi yapılarak literatürden seçilen başarı faktörleri (etkileyici faktörler) ve Kritik Başarı Faktörleri arasındaki fark belirlenmiştir. Açıklayıcı Faktör Analizi, ankete girdiğimiz çok sayıdaki bilgiyi ağırlık değerlerine göre bir araya getirerek az sayıda ve tanımlanabilir anlamlı faktörler oluşturmamızı sağlar. Faktör analizi sonucu ve ilk oluşturulan çerçeve de göz önünde bulundurularak sadeleştirilmiş başlıklar arasında, mimari disiplin kapsamında YBM uygulamasındaki KBF'lerin birbirleri arasındaki etkileşimini içeren hipotezler kurularak, Yapısal Eşitlik Modeli (YEM) ile bu hipotezlerin anlamlılığı ölçülmüştür. Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkilerin araştırılmasında sıklıkla kullanılan YEM metodu, gözlenen ve gizli değişkenleri aynı anda içermesiyle Doğrulayıcı Faktör Analizi ve Yol Analizinin birleşmiş hali olarak tanımlanabilir. Doğrulayıcı Faktör Analizi, oluşturulan modellerin veri kümesi üzerinde doğrulanıp doğrulanmadığını test ederken; Yol Analizi, gözlemlenen değişkenler arasında, eş zamanlı birçok regresyon eşitliğinin çözümlemesidir. Son istatistiksel yöntem Güvenirlilik Analizidir. Güvenirlilik Analizi Yapısal Eşitlik Modelinin geçerliliğini test etmek için uygulanmıştır.

5.3.1. Açıklayıcı faktör analizi

Veri analizinin ilk aşaması Açıklayıcı Faktör Analizidir. Açıklayıcı Faktör Analizi büyük veri setlerindeki değişkenler arasındaki ilişkileri anlamak ve veri setinin yapısını açıklamak

için kullanılır. Bu analiz, bir dizi gözlemin (örneğin, katılımcıların veya öğelerin) bir dizi değişken üzerindeki ölçümlerini değerlendirir ve bu değişkenlerin altında yatan yapıyı anlamak için kullanılmaktadır. Değişkenler arasındaki desenleri belirlemek, veri setindeki karmaşıklığı azaltmak ve veri setindeki yapıyı anlamak için kullanılır. Açıklayıcı faktör analizinin verilere uygulanması, boyutlarını azaltarak büyük veri setlerinin etkin bir şekilde yorumlanmasını sağlamaktadır (Matsunaga, 2010). Genellikle çok sayıda değişkenin bulunduğu durumlarda, bu analiz değişkenler arasındaki ilişkileri sadeleştirerek daha az sayıda faktörle açıklama yapmaya çalışır. Bu analiz yöntemi, veri setindeki değişkenlerin temel özelliklerini veya boyutlarını belirlemek için kullanıldığı gibi, bir anket çalışmasıyla toplanan verilerde, birkaç ana faktörün belirli soruların cevapları arasındaki ilişkileri gösterebilmektedir. Bu faktörler, aslında veri setindeki gizli yapıyı açıklar ve verileri daha anlaşılır hale getirmektedir. Açıklayıcı Faktör Analizi, sosyal bilimlerden mühendisliğe kadar birçok alanda kullanılır. Veri setindeki ilişkileri açıklamak, değişkenler arasındaki bağlantıları anlamak ve veri setinin yapısını anlamak için önemli bir araçtır. Jolliffe ve Cadima (2016) çalışmasında, Açıklayıcı Faktör Analizini temel olarak, birden çok değişkeni, mümkün olduğunca orijinal veri setindeki istatistiksel bilgiyi koruyarak temel bileşenler olarak bilinen daha az sayıda değişkene dönüştürmek için matematiksel bir prosedür olarak açıklamışlardır.

5.3.2. Geçerlilik ve güvenirlik analizi

Yapısal Eşitlik Modelinin geçerliliğini test etmek için Cronbach'ın Alfa (Cronbach's Alpha veya α) testi uygulanmıştır. İçsel tutarlılığı değerlendirmek ve bir ölçüm aracının, modelin güvenirliğini ölçmek için kullanılan bu istatistiksel yöntem, ölçüm aracındaki farklı maddelerin birbirleriyle uyumlu bir şekilde ölçüm yaptığından emin olma amacını taşır. Cronbach'ın Alfa katsayısı, bir ölçüm aracındaki farklı maddelerin birbirleriyle korelasyonunu ve bu maddelerin toplam ölçümdeki içsel tutarlılığını ölçer. Katsayı, 0 ile 1 arasında bir değer alır. Genellikle, 0,70 veya daha yüksek bir Cronbach'ın Alfa değeri, ölçüm aracının kabul edilebilir düzeyde içsel tutarlılığa sahip olduğunu gösterir. Bu çalışmada da literatür taraması, Cronbach'ın alfa katsayısı ile birlikte öğeler ve yapılar arasındaki yüksek bir aralarındaki ilişki yapı geçerliliğine ilişkin ek göstergeler olarak kullanıldı.

5.3.3. Yapısal eşitlik modeli

Yapısal Eşitlik Modeli (YEM) (Structural Equation Modeling - SEM), istatistiksel bir analiz yöntemidir ve genellikle gözlemlenen değişkenler arasındaki ilişkileri incelemek, bu ilişkileri ölçmek ve teorik modelleri test etmek için kullanılır. YEM, birçok farklı analiz tekniğini içeren kapsamlı bir modelleme yaklaşımıdır. Değişkenler arasındaki nedensel ilişkileri ve bu ilişkilerin etkisini ölçmek için kullanılır. Özellikle sosyal bilimlerde, psikolojide, ekonomide ve pazarlama gibi alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Araştırmacıların, belirli bir teorik modelin doğruluğunu test etmelerine ve gözlemlenen verilerle kurulan modelin uyumunu değerlendirmelerine izin verir. Gözlemlenen değişkenlerin yanı sıra bu değişkenlerin ölçülmesini etkileyen gizil faktörleri de içerebilir. Örneğin, bir araştırmacı bir anket kullanarak ölçülen belirli özellikleri inceleyebilir ancak bu özelliklerin arkasındaki gizil (latent) faktörler gözlemlenemez. YEM, bu gizil faktörlerin etkilerini ve bu faktörler arasındaki ilişkileri değerlendirebilir. YEM'nin analizleri genellikle yapısal modelleme, ölçüm modelleme ve bu iki model arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi gibi aşamalardan oluşur. Özetle, Yapısal Eşitlik Modellemesi, gözlemlenen ve gizil değişkenler arasındaki ilişkileri test etmek için karmaşık analizler yapabilen kapsamlı bir analiz yöntemidir. İlişki yolları doğrudan veya dolaylı olabilir. Doğrudan yollar, A'dan B'ye doğrudan bir yol gibi açıktır. Öte yandan, dolaylı yollar, kaynak ve hedef faktörler arasında bir aracı faktör içerir (Lowry ve Gaskin, 2014). Örneğin, A'dan B'ye olan dolaylı bir yol, A'dan X'e ve sonra X'ten B'ye olabilir; burada X, aracı faktör olarak kabul edilir. Doğrudan ve dolaylı yolların varlığı, araştırmacının birden çok teorik önermeyi açıklamasına izin verir. Bu nedenle, YEM'in kullanımı, bu çalışmadaki KBF'ler arasındaki temel ilişkilerin daha derin bir anlayışını sağlar.



6. ARAŞTIRMA BULGULARI

6.1. 5M Çerçevesi

Çalışma kapsamında Türkiye’de mimarlık disiplini için KBF’lerin araştırılmasında, literatür taramasından yararlanarak 5 ana kategori belirlenmiştir. Bunlar; “İnsan”, “Metot”, “Teknik”, “Çevre”, “Finans” tır. Bu başlıklarının oluşmasını sağlayan alt etken tanımları Şekil 6.1.’de gösterilmiştir.

5M ÇERÇEVESİ				
İNSAN	METOT	TEKNİK	ÇEVRE	FİNANS
YBM teknolojisini kullanan endüstri profesyonellerinin yarattığı etki	YBM teknolojisinin uygulanmasını destekleyen/ engel olan durumların yarattığı etki	YBM teknolojisinin yeterlilikleri ve kullanıma yönelik teknolojik unsurların yarattığı etki	YBM teknolojisinin uygulanmasına dışardan etkileyen durumların yarattığı etki (dış faktörler)	YBM teknolojisinin uygulanmasına etki eden mali unsurların yarattığı etki

Şekil 6.1. Ana Kategori Tanımları

6.1.1. İnsan faktörleri

Yapı Bilgi Modellemesi, inşaat sektöründe giderek daha baskın bir rol oynamaktadır. Ancak, bu yeni uygulama sürecindeki başarının, teknolojik altyapıdan ziyade insan faktörlerine dayandığı yadsınamaz bir gerçektir. Geçiş sürecindeki tutumlar, bireylerin birlikte çalışabilirliği, kültürel farkındalıkları, yetkinlik seviyeleri ve yeni süreçlerde alacakları riskler ve sorumluluklar, YBM uygulamalarında hayati bir rol oynamaktadır. YBM, sektör içinde çok disiplinli bir yaklaşım gerektirir. Bu disiplinlerin bütünleşmesinde en temel unsur ise insan faktörüdür. Yeni sistemlere uyum sağlama çabaları, bu sürecin başlangıcında insan faktörüne odaklanarak gerçekleşmelidir. Bu, değişimin zamanla etkili bir şekilde uygulanarak bütüncül bir geçişin sağlanmasını mümkün kılar. Bu faktörler, sektörün dönüşümünde kritik bir rol oynar. Tez çalışmasında insan faktörleri kapsamında, kişilerin farkındalık düzeyleri, yeniye adapte olma becerileri, birlikte çalışabilirliğe olan uyumları, proje kapsamında aldıkları risk ve sorumluluklar, yetkinlik düzeyleri başlıkları değerlendirilmiştir.

İnsan faktörleri 01 – Farkındalık [İ01]

İnşaat endüstrisi, küresel rekabetin hızla evrildiği bir alan haline gelmiştir. Türkiye'nin uluslararası inşaat pazarında rekabet edebilir konumda olabilmesi için, Yapı Bilgi Modellemesi gibi yeni teknolojilere hızla adapte olması gerekliliği ortaya çıkmaktadır (Karacığan, 2019). Bu adaptasyon süreci, ilk aşamada uygulayıcı bireyler arasında başlamakta ve zamanla kurumsal, bölgesel ve ulusal düzeyde farkındalığın artmasına yol açmaktadır.

Ezcan (2013), yaptığı çalışmada Türkiye'de YBM farkındalık düzeyinin %53 olduğunu belirtmiştir. Ancak, bu farkındalık oranının çalışma yılına ve örneklem kapsamına göre değişkenlik gösterebileceği vurgulanmalıdır. Literatürdeki gelişmeler ve hükümet projelerindeki artış göz önüne alındığında, Türkiye'de YBM farkındalığının yıllar içerisinde arttığı gözlemlenmektedir. Bununla birlikte, YBM uygulamasında gelişimini tamamlamış ülkelerin uygulayış şekilleri dikkate alındığında Türkiye hala gelişim aşamasında bir ülke olarak değerlendirilebilmektedir. Özellikle İstanbul, Ankara, İzmir gibi büyük şehirlerdeki birçok mimarlık ofisinin projelerinde YBM uygulamasını tercih etmemesi, bunun yanı sıra bu kavramdan haberdar olmaması YBM konusunda hala gelişmekte olan bir ülke olduğumuzun kanıtı olarak kabul edilebilir. Bireylerin ve şirketlerin bulundukları ortamı geliştirme ve birbirlerini etkileme potansiyeli, bireysel farkındalığın önemli bir belirleyicisi olarak öne çıkmaktadır.

Ayalp vd. (2022), farkındalık düzeyi ile benimseme arasında doğrudan ve pozitif bir ilişki olduğunu vurgulamışlardır. Rogers (2003), Yapı Bilgi Modellemesi teknolojisinin sektör paydaşları tarafından benimsenmesi ve inşaat endüstrisinde uygulanabilmesi için bu teknolojinin sağladığı avantajların ve faydaların bilinmesinin önemine değinmişlerdir. Ayrıca, Arayıcı (2009)'ya göre, YBM farkındalığının, paydaşların değişime dirençlerini azaltarak başarılı YBM uygulamasında etkili olduğunu vurgulamıştır. Cannistraro (2020). ise farkındalık düzeyi ile hükümet teşviklerinin, YBM kullanımını artırdığına işaret etmiştir.

Sonuç olarak, Türkiye'de kişilerden başlayarak inşaat sektöründe YBM farkındalığının artması, uluslararası arenada rekabet gücünü artırarak sektördeki dijital dönüşümü hızlandırabilmektedir.

İnsan faktörleri 02 – Kültürel değişim [İ02]

Yapı Bilgi Modellemesi, inşaat ve mühendislik sektörlerinde iş uygulamalarını ve süreçlerini temelden değiştirmektedir. Bu dönüşümün temelinde, kültürel bir değişim, yenilik süreci yatmaktadır. Yenilik, organizasyona yeni olan cihazlar, sistemler, politikalar, programlar, süreçler, ürünler veya hizmetlerin uygulanmasıdır (Damanpour ve Evan, 1984). YBM, geleneksel iş yapma biçimlerine ek olarak, iş birliği, bilgi paylaşımı ve veri odaklı yaklaşımları teşvik etmektedir. Bu teknoloji, farklı uzmanlık alanları arasında daha açık, etkileşimli iletişimi, ortak hedeflerin belirlenmesini ve sorumluluk paylaşımını gerektirir. Bu durum, önceki alışılmış yöntemlerden farklı bir iş kültürünün oluşturulmasına zemin hazırlamaktadır.

Çeşitli yazarlar (Eastman, 2011; Smith ve Tardif, 2009; Tsai, 2014), Yapı Bilgi Modellemesi teknolojisinin iş uygulamalarında önemli değişikliklere yol açtığını vurgulamaktadır. Kymell (2008), çalışmasında insanların değişime karşı dirençlerinden bahsederek, bu süreçlerin büyük çaplı bir değişim, farklılaşma gerektirdiğini ifade etmiştir. Ayalp vd. (2022) çalışmasında yeniliği benimseme ile ilgili davranışların, yeniliği benimsemesi beklenen grupların özellikleri ve çevresel etkiler doğrultusunda şekilleneceğini vurgulamaktadır.

YBM'nin yaygınlaşması, sadece teknolojik bir dönüşüm getirmekle kalmaz, aynı zamanda iş kültüründe ve süreçlerinde derinlemesine bir değişimi de beraberinde getirir. Bu süreç, sektördeki kültürel değişimi ve uyum sağlama sürecini ifade eder.

İnsan faktörleri 03 – Birlikte çalışabilirlik [İ03]

Yapı Bilgi Modellemesi, iş birliği kültürünün gelişimine önemli katkılarda bulunmaktadır. Farklı disiplinlerden gelen ekip üyeleri, projenin her aşamasında daha sık etkileşimde bulunarak daha iyi bir iş birliği içinde olmaktadır. Bu durum, ekip çalışmasını güçlendirir ve projelerin başarılı bir şekilde yönetilmesine katkı sağlar. YBM çalışmalarının büyük çoğunluğu, iş birliği (collaboration) konusunu vurgulamaktadır.

Karahan (2015), inşaat endüstrisinde proje tedarikini ve ürün teslimat süreçlerini iyileştirmek için takım entegrasyonuna odaklanmanın gerekliliğine işaret etmiş ve bir projenin farklı paydaşları arasında uygun bir uyum olmaksızın başarılı olamayacağını

belirtmiştir. Kymell (2008), bir proje planlamasına, tasarımına ve inşasına katkıda bulunan tüm paydaşların iş birliği yaparak istenen iyileştirmeleri gerçekleştirmeleri gerektiğini vurgulamış ve iş birliğinin risk azaltmada önemli bir faktör olduğunu belirtmiştir. Enegbuma vd. (2014), çalışmasında ise iş birliğini, tüm katılımcılara fayda sağlayan ortak amaçlar için sorunsuz bir ekip içinde birlikte çalışma olarak tanımlamıştır. Özorhon vd. (2016)'ye göre, proje tarafları arasındaki koordinasyon, YBM uygulaması için en kritik başarı faktörlerinden biridir. Kymell (2008), YBM'yi başarıyla uygulamak için insan etkileşiminin 4 temel kavramının, iş birliği, uzlaşma, iletişim ve görselleştirme gerekliliğinden bahsetmiştir.

İnsan faktörleri 04 – Risk ve sorumluluklar [İ04]

Sorumluluk matrisi ile, iletişim geliştirilerek ve koordinasyon sağlanarak, ekip üyeleri arasında hangi konularda kimin bilgi sahibi olduğu ve kimin hangi alanda yetkili olduğu belirlenebilmektedir. Bu sayede iletişim kopuklukları önlenabilmekte ve projenin farklı aşamaları arasında koordinasyon sağlanabilmektedir. Ayrıca, sorumluluk matrisi risk yönetimini de desteklemektedir. Farklı aşamalarda kimin ne tür sorumlulukları üstlendiğinin belirlenmesi, olası risklerin tanımlanmasına, izlenmesine ve azaltılmasına rehberlik eder. Risk ve sorumluluk yapısının değişmesi, yönetim sürecini daha şeffaf hale getirme eğilimindedir. Yani, üç boyutlu model, herhangi bir alandaki başarıları ve başarısızlıkları hızlı bir şekilde gösterebilir. Bu açık ve şeffaf süreç büyük fayda sağlasa da böyle bir ortamda çalışmaya alışık olmayan takım üyeleri için bir engel oluşturabilmektedir (Kymell, 2008). YBM'de, veri girişinin kim tarafından kontrol edildiği ve verinin doğruluğundan kimin sorumlu olduğu açıkça izlenebilir. Bu sebeple veri girişinin sorumluluğunu üstlenmek önemli bir risk oluşturabilir. Bu nedenle, YBM teknolojisinin tam anlamıyla kullanılmasından önce riskler açıkça belirlenmelidir (Ningappa, 2011). Post (2009), çalışmasında, endüstrinin YBM kullanımını teşvik ederken günümüzdeki sahiplik ve risk yönetimi sorunlarını düzenleyen kabul edilebilir süreçler ve politikalar geliştirmesi gerektiğini belirtmiştir.

İnsan faktörleri 05 – Yetkinlik düzeyi [İ05]

Yapı Bilgi Modellemesi teknolojisinin etkili bir şekilde kullanılmasında deneyimli ve uzman personelin önemi oldukça büyüktür. YBM'nin başarılı bir biçimde hayata geçirilmesinde deneyimli personelin rolü, kişilerin teknik bilgi birikimleri, karar alma süreçlerindeki

etkinlikleri ve eğitim/rehberlik fonksiyonlarındaki etkileri son derece belirleyicidir. Sektördeki tecrübeli profesyonellerin, YBM'nin uygulanmasındaki rolleri, kritik bir avantaj sunarak bu teknolojinin etkin kullanımını sağlar. Bu kişilerin sahip olduğu birikim ve deneyimler, projelerin daha verimli, düzenli ve başarılı bir şekilde uygulanmasına olanak tanır.

Yapı bilgi modellemesi sürecinde, uzmanlık düzeyi hem literatürde hem de sektörde giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Karahan (2015). çalışmasında, YBM uygulamalarının ve kavramlarının tam anlayışına sahip olmanın yanı sıra planlama ve yönetme becerilerinin deneyimle birleşmesinin önemini vurgulamıştır. YBM henüz üniversitelerin müfredatında etkili bir şekilde yer almadığı ve doğası gereği deneyime dayalı olarak geliştiği için, deneyimli ve nitelikli personelin katkısı literatürdeki çalışmalarda hala güncelliğini korumaktadır. Bu bağlamda, YBM'nin başarılı bir şekilde kullanılması için deneyimli personelin rolü kritik bir öneme sahiptir.

6.1.2. Metot faktörleri

Yapı Bilgi Modellemesi uygulaması, uygulama şeklini belirleyen faktörlerin bütününi içeren bir metodolojidir. Geçiş sürecinde etkili bir uygulama, adaptasyon sürecini kolaylaştırarak süreçlerdeki hataları en aza indirgeyip verimliliği arttırmayı hedefler. Bu faktör setinin önemli bir bileşeni etkili liderliktir. Nitelikli bir lider, YBM uygulamasının başarısında kilit bir role sahip olup süreçlerin etkili bir şekilde uygulanmasını sağlar. Bununla birlikte, etkili bir şirket içi uygulama politikasının varlığı, kurumsal düzeyde geçiş için hazırlık anlamına gelir. Benzer şekilde, bu çerçevenin ulusal ölçekte genişlemesi, hükümet politikalarının varlığı ve YBM sürecine geçişte standartların olması, geçiş sürecini hızlandırıcı etkiye sahiptir. Lisans düzeyinde ve profesyonellere yönelik sunulan eğitimler de geçiş sürecini destekleyen adımlar olarak değerlendirilmektedir. Tüm bu bileşenler, etkili bir YBM uygulaması için temel taşları oluştururken YBM'ye geçiş sürecinde önemli bir faktör setini meydana getirir.

Metot faktörleri 01– Etkili lider mevcudiyeti [M01]

Yapı Bilgi Modellemesi, inşaat ve mühendislik sektörlerinde dijitalleşmenin öncüsüdür ve bu teknolojiyi etkili bir şekilde uygulamak için etkili bir liderlik ve uyumlu bir ekip

gerekmektedir. Organizasyon içinde sorunsuz bir YBM uygulaması için, kuruluşun uzun vadeli hedeflerine ve gereksinimlerine sıkı bir şekilde odaklanılmalıdır (Enegbuma, 2014). Bu bağlamda, etkili liderlik ve uyumlu bir ekip oluşturmak son derece kritiktir. Bir firmanın lideri veya üst düzey yönetimi, belirli bir yeniliği en üst düzeyde destekleyen ve bunun uygulanmasını sağlamak için bir üst yönetim biçimi olan yürütme gücünü kullanan kişidir (Sinoh, 2020). Won vd. (2013), proje yöneticilerinin YBM kullanımına ilgisinin, firmanın başarılı bir şekilde uygulanmasında önemli olduğunu belirtmektedir. Etkili uygulayıcıların varlığı, planlama ve inşaat süreçlerinde öngörülebilirliği artırır. İnşaat detaylarının derinlemesine anlaşılmasıyla, tüm inşaat bilgilerinin proje planlama aşamalarında eksiksiz ve doğru bir şekilde belgelendirilmesi iletişimi geliştirerek verimlilik artışına büyük katkı sağlamaktadır (Kymell, 2008). Tasarımcılar için, düşüncelerini 2 boyutlu CAD çizimlere dökmek zorlayıcı olabilir, ancak etkili liderlik ve iş birliğiyle birlikte tasarımcılar, projenin bilgilerini diğer disiplinlere daha kolay aktarabilmektedirler (Karacıgan, 2019). Dossick ve Neff (2010), liderliğin inşaat endüstrisinde bilgi teknoloji uygulamalarını büyük ölçüde etkilediğini öne sürmektedir. Etkili liderlik, teknolojinin karmaşıklığını anlama, eğitim ve rehberlik sağlama yeteneği ile birlikte, YBM'nin sürekli gelişen doğasını anlayarak organizasyonun sürdürülebilir dijital dönüşümünü destekler. Bu liderlik anlayışı, ekip üyelerine güven verir, katılımcılığı teşvik eder ve YBM'nin adaptasyonunu, kullanımını ve gelişimini kolaylaştırır. Literatürde yer alan birçok çalışma, başarılı YBM uygulaması için yönetim desteğinin kritik olduğunu desteklemiştir (Gu ve London, 2010; Cheng ve Teizer, 2013; Xu, 2014). Etkili bir liderlik yaklaşımı, Yapı Bilgi Modellemesi'nin başarılı bir şekilde benimsenmesi ve kullanılmasında önemli bir temel oluşturur.

Metot faktörleri 02 – Şirket içi YBM politikasının varlığı [M02]

Bir organizasyonun Yapı Bilgi Modellemesi üzerine olan politikası, bu teknolojiyi benimseme, kullanma ve yönetme stratejilerini belirlemektedir. Şirket içi YBM politikası, bu yenilikçi yaklaşımın şirket içindeki rolünü düzenlerken, özellikle belirli standartları, yönergeleri ve iş akışlarını tanımlamaktadır. Ayrıca bu politika, şirketin YBM'ye geçiş sürecini kapsamlı bir şekilde yönlendirir. Özellikle, şirket içi standartların oluşturulmasıyla projeler arasında tutarlılık sağlanır. Bu tutarlılık, veri paylaşımını kolaylaştırır ve süreçlerin standartlaştırılmasıyla adaptasyon sürecinin hızlanmasına olanak tanır. Ayrıca, şirket içi YBM politikası, iş birimi veya proje seviyelerindeki farklılıkları azaltarak, şirket genelinde uyumlu bir YBM stratejisi oluşturmaktadır. Hanefi ve Nawi'nin (2016). vurguladığı gibi, bir

inşaat şirketi için, şirket içi politikanın varlığı, dikkate alınması gereken önemli unsurları belirler. Bu unsurların doğru bir şekilde ele alınması, projelerin başarısında belirleyici bir faktör olabilir. Şirket içi politikanın oluşturulması ve uygulanması, şirketin YBM'ye geçiş sürecindeki başarısını güçlendirerek ve gelecekteki inovasyonlara sağlam bir temel oluşturur. Bu politika, inşaat endüstrisindeki yeniliklere uyum sağlama ve rekabet avantajı elde etme konusunda kritik bir rol oynamaktadır.

Metot faktörleri 03 – Ulusal standartların mevcudiyeti [M03]

Uygun ulusal ve uluslararası standartların varlığı, Yapı Bilgi Modellemesi kullanımını destekleyerek ve endüstride benimsenmesini hızlandırarak sektörde önemli bir rol oynamaktadır. Bu standartlar, projeler arasında tutarlılık sağlamak, veri paylaşımını kolaylaştırmak ve farklı projelerde çalışan ekipler arasında uyumu artırmak gibi önemli işlevlere sahiptir. Uluslararası standartlar, YBM'nin evrensel bir dilde uygulanabilirliğini ve genel uyumluluğunu sağlarken, ulusal standartlar ise bu evrensel standartları belirli bir ülkenin özel ihtiyaçlarına adapte eder. Bu durum, yerel gereksinimleri ve özel projeleri dikkate alarak sektörde birlik ve standartlaşmayı sağlamaktadır. Standartlar, yazılım geliştiricilere, satıcılara ve endüstri uygulayıcılarına YBM teknolojisini geliştirmek ve uygulamak için doğru yolu göstermek amacıyla yönergeler ve protokoller sunar. Ancak, standartlar endüstri içinde bir organizasyonun YBM performansını ölçmeyi ve yönetmeyi amaçlamazlar; bunun yerine, YBM'nin doğru şekilde kullanımı ve uygulanması için çerçeve oluşturmaktadırlar. YBM için en bilinen uluslararası standartlar arasında ISO 19650 bulunmaktadır. Bu standart, bina ve altyapı projelerinde bilgi yönetimi için YBM'nin kullanımını kapsar ve proje yönetimi, veri organizasyonu, belgelendirme ve iş birliği gibi alanlarda rehberlik sunar. IFC (Industry Foundation Classes), YBM'de veri alışverişini kolaylaştırmak için kullanılan açık bir veri modelleme standardıdır. Farklı yazılımlar arasında bilgi paylaşımını ve etkileşimi sağlamak üzere tasarlanmıştır. COBie (Construction Operations Building Information Exchange), bina işletmesi için bilgi değişimi standartlarını belirler ve projenin hayat döngüsü boyunca bina bilgilerini taşımak, teslim etmek ve yönetmek için kullanılır. ISO 12006-3, yapı elemanlarının ve tesislerin sınıflandırılması için rehberlik sağlar ve YBM uygulamalarında yapıların sınıflandırılması ve organizasyonu için kullanılır. ISO 16739 (Industry Foundation Classes for Data Sharing), IFC'nin temelini oluşturur ve YBM uygulamalarında veri alışverişini destekler. Bu örnekler gibi standartlar YBM uygulamasında tutarlılık sağlayarak adaptasyonu kolaylaştırmaktadır.

Metot faktörleri 04 – YBM eğitimi [M04]

Üniversitelerde ve sektörde sunulan YBM eğitimi, inşaat ve mühendislik sektöründe bu teknolojinin benimsenmesini ve kullanılmasını sağlamak için kritik bir role sahiptir. Yusuf vd. (2017), çalışmasında ulusal bir YBM müfredatının olmamasının üniversiteleri YBM'yi akademik programlara başarılı bir şekilde entegre etmekte engellediğini ve YBM yetkin mezunların az çıkmasına neden olduğundan bahsetmiştir. Bu eğitimler, gelecekteki profesyonellerin teknolojiyi kullanma yeteneklerini geliştirirken, mevcut profesyonellerin de beceri ve bilgi seviyelerini yükseltmelerine yardımcı olur. Çeşitli kurumlar tarafından düzenlenen seminerler/atölyeler YBM eğitimlerine farkındalık seviyesini arttırmaktadır. Büyük ölçekli projeleri yöneten firmalar kendi iç eğitimlerini sağlamaktadırlar (Ali vd., 2013).

6.1.3. Teknik faktörler

Yapı Bilgi Modelleme uygulaması, içinde barındırdığı teknik faktörler ile endüstriye önemli avantajlar sunan yeni bir sistem olarak dikkat çeker. YBM uygulamasının sunduğu teknik faktörler arasında, YBM yazılımı ve araçları, geometrik ve verisel doğruluk, simülasyon araçları, entegrasyon ve veri paylaşımı gibi özellikler bulunmaktadır. Bu teknik yetkinlikler, geleneksel yöntemlerden farklılaşan proje teslim süreçleri ortaya çıkarmaktadır. YBM yaklaşımının gerektirdiği yazılımsal ve donanımsal özellikler ile sorunlara hızlı müdahale imkanı sağlayacak teknik ekipler de teknik faktörler arasında yer almaktadır.

Teknik faktörler 01 – Teknik yeterlilik [T01]

Yapı Bilgi Modellemesinin teknik yeterlilikleri, inşaat ve mühendislik sektöründe bu teknolojinin yaygın olarak benimsenmesini ve etkin bir şekilde kullanılmasını desteklemektedir. Çoklu boyutlarda (3D, 4D, 5D) veri sunma kapasitesi, projenin her aşamasında detaylı ve bütüncül bir görünüm sağlayarak, proje paydaşlarının daha iyi anlayış ve koordinasyon içinde olmalarını sağlar. Bu teknik yeterlilikler, proje süreçlerindeki verimliliği artırır, hataları azaltır, karar almayı güçlendirir ve sonuç olarak proje kalitesini artırır. Bu nedenle, YBM'nin teknik yeterlilikleri, sektördeki aktörlerin bu teknolojiyi benimsemesi ve kullanımını teşvik etmektedir.

Teknik faktörler 02 – Bilgi teknolojilerinin mevcudiyeti (Yazılım-Donanım) [T02]

Şirketlerin Yapı Bilgi Modellemesi için yazılım ve donanım altyapılarına sahip olmaları, bu teknolojiyi etkin bir şekilde kullanabilmeleri açısından hayati önem taşır. Bu altyapılar, YBM yazılımının gereksinim duyduğu özellikleri barındırmalıdır. Teo ve Heng (2007), Arayıcı ve Coates (2012) ve Amuda-Yusuf (2018), YBM gibi herhangi bir yeni teknolojinin başarılı bir şekilde uygulanması için altyapı oluşturmanın temel olduğuna değinmişlerdir. Genellikle, büyük ölçekli şirketler bu altyapıyı sağlamak için daha geniş kaynaklara sahip olabilirken, küçük ve orta ölçekli işletmelerin bu teknolojiyi benimsemesinde finansal zorluklarla karşılaşabilir. Rogers vd. (2015), gelişmekte olan ülkelerin ekonomik eşitsizlik nedeniyle yazılım ve donanım maliyetinin mevcudiyeti ve güncel tutulması konusunda finansal zorluklarla karşılaşmasının önemli bir etken olduğunu belirtmektedir.

Teknik faktörler 03 – Teknik destek [T03]

Yazılım ve donanımın yanı sıra, personelin teknik bilgi ve becerisi de bu alanda önemlidir. Şirket içinde YBM uzmanları ve teknik personel bulundurmak, YBM'nin etkin bir şekilde uygulanmasını destekleyebilir. Buna ek olarak, şirket içinde veya dışında bulunan teknik uzmanların, YBM kullanımı sırasında ortaya çıkabilecek sorunları çözmek, eğitim sağlamak ve sürecin etkin bir şekilde yürütülmesine yardımcı olmak amacıyla teknik destek sunmaları önemlidir. Özellikle, yeni bir YBM sistemi kurulduğunda veya mevcut bir sistemi iyileştirmek için yapılan güncellemelerde, teknik destek mevcudiyeti oldukça kritiktir. Dolayısıyla, şirketlerin YBM'yi başarıyla uygulayabilmeleri için teknik destek altyapısının güçlü olması, sorunların hızlı bir şekilde çözülmesi ve çalışanların bu teknolojiyi etkin bir şekilde kullanabilmesi önemlidir. Bu durum, YBM'nin şirketlerde başarılı bir şekilde benimsenmesi ve uygulanmasında kilit bir faktördür.

6.1.4. Çevre faktörleri

Yapı Bilgi Modellemesi uygulamasında çevresel faktörler, uygulama sürecine dışarıdan etki eden faktörleri içerir. Çevresel faktör seti, sürece doğrudan dahil olmamakla birlikte dolaylı etkileriyle uygulama sürecini etkileyen unsurları kapsar. Bu faktörler, endüstrinin YBM farkındalık düzeyi, destekleyici ve rekabetçi organizasyon kültürü, teşviklerin varlığı ve YBM kullanımının projelerin, şirketlerin ve proje sahiplerinin imajını nasıl etkilediği gibi

unsurları içerir. Çevresel faktörlerin YBM uygulamalarındaki rolü, başarılı bir geçiş süreci için kritik bir öneme sahiptir.

Çevre faktörleri 01 – Müşteri talebi [Ç01]

Yapı Bilgi Modellemesi uygulamalarında müşteri talebi, inşaat sektöründe dönüşümün önemli bir itici gücüdür. Müşteriler, daha verimli, sürdürülebilir ve maliyet-etkin projeler talep etme eğilimindedirler. Geleneksel inşaat süreçlerine kıyasla, YBM'nin sunduğu 3 boyutlu modelleme, veri entegrasyonu ve iş birliği imkanları müşteri taleplerini karşılama kapasitesini artırır. Müşteriler, projelerin daha önceden görselleştirilmesi, daha doğru maliyet tahminleri, daha etkili çakışma analizleri gibi avantajlarla, daha iyi bilgilendirilmiş ve proaktif rol oynayan bir konumda olmayı talep etmektedirler. Bu durum, YBM uygulamalarının, müşterilerin beklentilerini karşılamak ve rekabet avantajı sağlamak için inşaat projelerindeki benimsenmesini teşvik etmektedir. Proje sahiplerinin, proje oluşturulma sürecinde YBM talepleri gün geçtikçe artmaktadır (Karacığan, 2019). Özorhon ve Oral'ın (2014). çalışmasında müşteri taleplerinin itici güçlerine, müşteriler, iş standartlarına olan talebi artırarak inovasyonu teşvik etme yeteneğine sahiptirler ve destekleyici bir çalışma ortamı için yeni fikirleri öne çıkarmada liderlik rolü üstlenirler diyerek değinmektedir.

Çevre faktörleri 02 – Sektörün farkındalık düzeyi [Ç02]

Sektör içerisinde birçok disiplini barındıran bu karmaşık sistemde, her bir katılımcının YBM'nin getirdiği teknolojik yenilikler hakkında bilgi sahibi olması kritik bir öneme sahiptir. Bazı paydaşlar, YBM'nin getirdiği teknolojik yeniliklerin farkında olup, bu sistemlerin sunduğu avantajları benimseme eğilimindedirler. Özellikle proje yöneticileri, mimarlar ve mühendisler, YBM'nin potansiyelinden haberdar olup, bu teknolojinin proje yönetimi, verimlilik ve iletişimdeki artı değerini takdir etmektedirler. Diğer yandan, sektörün bazı kesimleri hâlâ YBM'nin potansiyelini tam olarak anlamamış olabilmekte ve geleneksel yöntemlere bağlı kalmaya devam etmektedirler. Alt taşeronlar ve tedarikçiler arasında YBM farkındalığı genellikle daha az olabilir ve bu kesimlerin YBM'nin getirdiği avantajları ve kullanımını tam olarak kavraması zaman alabilmektedir. Bu bağlamda, sektör paydaşlarının YBM farkındalık düzeylerindeki farklılıklar, YBM'nin sektördeki yaygın benimsenmesi ve kullanımının önündeki bazı engelleri ve potansiyel zorlukları ortaya

koymaktadır. Bu nedenle, sektörde geniş tabanlı bir YBM farkındalık eğitimi ve bilinçlendirme çabalarının önemi giderek artmaktadır.

Çevre faktörleri 03 – Destekleyici/Rekabetçi organizasyon kültürü [Ç03]- [Ç04]

Türk müteahhitler inşaat endüstrisinde ve özellikle uluslararası taahhüt projelerinde yüksek düzeyde deneyime ve iyi bir üne sahiptirler (Kazaz, 2016). İnşaat endüstrisi oldukça rekabetçidir ve bu nedenle rekabet içinde varlığını sürdürebilmek için yeni teknolojileri benimsemek esastır. Destekleyici bir kültür, çalışanların YBM'yi öğrenmeye, denemeye ve kullanmaya teşvik edildiği bir ortamı ifade eder. Destek görme, bir firmanın önerilen bir değişikliğe olan bağlılığını ifade eder ve değişikliğin başarılı olmasını sağlamak için önemlidir (Moon ve Rausch, 2009). Bu tür bir kültür, risk alma konusunda cesaretlendirme, yenilikçilik ve öğrenme süreçlerine odaklanmayı içerir. Rekabetçi bir kültür ise, iş birliği ve verimlilik odaklıdır; çalışanlar arasında bilgi paylaşımını teşvik eder ve en iyi uygulamaların yayılmasına yardımcı olur. Bu kültür, YBM'nin etkin bir şekilde kullanılması için gerekli olan iş birliği ve koordinasyonu destekler. Bu iki kültürün bir arada varlığı, YBM'nin başarılı bir şekilde benimsenmesi ve sektörde yaygınlaşmasını teşvik eder.

Çevre faktörleri 05 – Hükümet teşvikleri [Ç05]

Birçok ülke, inşaat sektöründe verimliliği artırmak, maliyetleri düşürmek, projelerin kalitesini yükseltmek ve çevresel sürdürülebilirliği teşvik etmek amacıyla YBM'nin kullanımını teşvik etmektedir. Azhar (2011). çalışmasında, hükümetin, YBM uygulamasını teşvik etmede ana rolü oynamakta olduğunu savunmaktadır. Hükümetler, bu teknolojinin benimsenmesini teşvik etmek için çeşitli politikalar, teşvikler ve yönergeler geliştirmektedir. Yeniliğe desteğin varlığı, yeni teknolojilerin başarılı bir şekilde uygulanması için önemlidir (Damanpour, 1991; Tatum, 1989; Mitropoulos ve Tatum, 2000). Kamu projelerinde YBM kullanımını zorunlu kılma, eğitim programları düzenleme, sektör paydaşlarını bilinçlendirme, YBM standartlarının oluşturulması ve desteklenmesi gibi adımlar, hükümetlerin YBM'nin yaygınlaşması ve kullanımını desteklemek için attığı adımlardan bazılarıdır. Bu desteğin amacı, inşaat endüstrisindeki verimliliği artırmak, rekabet gücünü artırmak ve sektördeki teknolojik gelişmeleri teşvik etmek için yapılan çalışmalara destek olmaktır. Bu bağlamda, hükümetlerin YBM'ye verdiği destek, bu teknolojinin benimsenmesi ve kullanımının artması için önemli bir faktördür.

Çevre faktörleri 06 – Şirket imajı [Ç06]

Yapı Bilgi Modellemesini etkin bir şekilde benimseyen ve kullanımını yaygınlaştıran şirketler, teknolojiye olan uyumları ve yenilikçi yaklaşımları ile sektördeki liderlik konumlarını güçlendirebilirler. Bu teknolojiyi benimseyen şirketler, iş süreçlerindeki verimliliği artırarak, proje yönetiminde daha etkili ve hassas kararlar alabilmekte ve dijitalleşme konusundaki ileri adımlarıyla müşterileri ve diğer paydaşlarına güçlü bir teknolojik altyapı ve profesyonel yaklaşım sunabilmektedirler. Bu da şirketin imajını olumlu yönde etkiler ve pazarda rekabet avantajı sağlar. Dolayısıyla, Yapı Bilgi Modellemesinin şirket imajı üzerindeki olumlu etkisi, teknolojiye olan adaptasyonun önemini ve şirketlerin rekabetçi pozisyonlarını güçlendirmek adına bu tür modern yaklaşımları benimsemelerinin gerekliliğini vurgular.

6.1.5. Finans faktörleri

Yapı Bilgi Modellemesinin etkin bir şekilde hayata geçirilmesi, finansal faktörlerin dikkate alınmasıyla büyük ölçüde etkilidir. Bu faktörler, genellikle yapılan yatırımların maliyetleri, yapı inşaat sürecindeki maliyetleri azaltma potansiyeli, YBM uzmanlarına olan sürekli ihtiyaçtan kaynaklanan danışmanlık maliyetleri ve YBM uygulamalarının genel karlılığını artırma yeteneği olarak öne çıkar. İlk yatırım maliyetleri, bir işletmenin veya proje sahibinin YBM uygulamasına geçiş maliyetlerini içerir; donanım, yazılım ve eğitim gibi başlangıç yatırımlarını içerebilir. Yapı inşaat maliyetlerinin düşürülmesi, YBM'nin doğru kullanımı ile inşaat aşamalarında maliyet tasarruflarını sağlayabilir; bu da daha etkin planlama, çakışmaların tespiti ve kaynakların verimli kullanımıyla gerçekleşir. Sürekli olarak YBM danışmanlarına olan ihtiyaç, genellikle uzmanlığa olan gereksinimden kaynaklanır ve bu uzmanlar, proje boyunca teknik destek sağlayarak YBM uygulamasının başarılı bir şekilde devam etmesine yardımcı olabilir. Sonuç olarak, YBM uygulamalarının genel karlılığı artabilir; çünkü doğru yapılandırılmış ve verimli bir YBM uygulaması, süreçlerdeki iyileştirmelerle zaman ve maliyet tasarrufu sağlayabilir. Bu faktörlerin tümü, YBM'nin başarılı bir şekilde uygulanması ve sürdürülmesi için gereklidir; bu nedenle yapı sektöründeki paydaşlar, finansal faktörlerin sağlam bir stratejiyle yönetilmesine büyük önem taşımaktadır.

Finans faktörleri 01 – İlk yatırım maliyetleri [F01]

Yapı Bilgi Modellemesinin benimsenmesi ve uygulanması, başlangıç aşamasında bazı ilk yatırım maliyetlerini gerektirebilir. YBM'ye geçiş sürecinde firma içi eğitimler, yazılım ve donanım altyapısının oluşturulması, uzman personel istihdamı ve mevcut süreçlerin dönüştürülmesi gibi faktörler, başlangıçta ek maliyetler getirebilir. Enegbuna vd. (2014) çalışmasında, yazılımın edinme maliyetine değinerek, personelin eğitimi ve teknik destek gibi başlangıç maliyetlerinin büyük zorluklar oluşturduğundan bahsetmektedir. Bununla birlikte, uzun vadede YBM'nin getirdiği avantajlar, bu ilk yatırımları haklı çıkarabilmektedir. YBM'ye geçişteki başlangıç maliyetleri, uzun vadeli kazanımlarla dengelendiğinde, YBM'nin işletmeler için stratejik bir yatırım olduğunu göstermektedir.

Finans faktörleri 02 – Yapım uygulama maliyetlerini düşürmesi [F02]

Yapı Bilgi Modellemesinin getirdiği 3 boyutlu modelleme, veri entegrasyonu ve iş birliği imkanları, projelerin daha etkin bir şekilde yönetilmesini ve planlanmasını sağlar. Bu teknoloji sayesinde, çakışmaların erken tespiti, proje süreçlerindeki verimliliğin artması, daha doğru maliyet tahminleri ve planlamaları gibi avantajlar elde edilir. Böylelikle, daha az hata yapılır, israf azalır ve kaynaklar daha etkin kullanılır. YBM'nin, inşaat süreçlerindeki işgücü ve zaman verimliliği ile birlikte maliyetleri azaltıcı etkisi olduğu birçok araştırma tarafından vurgulanmıştır. Karahan (2015). çalışmasında, YBM doğru uygulandığında otomatik olarak tahmin yapmak için programlanmıştır ve bu da firmalara hesaplama aşamasında tasarruf sağlayabilmektedir düşüncesi bu maddeyi destekler niteliktedir. Ayrıca, bu teknolojinin kullanımıyla projelerdeki verimliliğin artması, rekabet avantajı elde etme ve müşteri memnuniyetini artırma potansiyeline sahiptir. Bu bağlamda, YBM'nin uygulanmasıyla birlikte ortaya çıkan maliyet azaltma potansiyeli, inşaat sektöründe bu teknolojinin yaygınlaşmasını ve benimsenmesini teşvik etmektedir.

Finans faktörleri 03 – YBM danışmanlığına yatırım [F03]

Yapı Bilgi Modellemesinin karmaşıklığı ve sürekli gelişen yapısı, şirketlerin ve profesyonellerin bu teknolojiyi en iyi şekilde kullanabilmeleri için sürekli olarak danışmanlık hizmetlerine ihtiyaç duymalarını sağlamaktadır. Özellikle yeni bir YBM sistemi kurulumu veya mevcut sistemde iyileştirmeler yapılması gerektiğinde, uzmanlık gerektiren

belirli alanlarda danışmanlarla çalışmak oldukça yaygındır. Lee ve Sexton (2007), Takim vd. (2013), ve Hong vd. (2018), personel eğitimi sağlamanın kurumsal düzeyde YBM uygulaması için hayati bir faktör olduğunu belirtmektedirler. Danışmanlar, YBM süreçlerini optimize etme, verimliliği artırma, uygun yazılım ve donanım seçiminde rehberlik etme, personel eğitimi konularında destek sağlama gibi konularda yardımcı olabilirler. Bu, şirketlerin ve profesyonellerin YBM teknolojisinden en iyi şekilde yararlanmalarına yardımcı olabilir ve sürekli olarak değişen YBM standartları ve teknolojilerine uyum sağlamalarına katkıda bulunabilir. Bu nedenle, YBM uygulamasının sürekli olarak danışmanlık desteğine ihtiyaç duyması, bu teknolojinin verimli ve etkin bir şekilde kullanılması için önemli bir unsurdur.

YBM uygulaması için belirlenen KBF'ler üzerine yapılan çalışmaların bulguları ve ilgili yayınlar Çizelge 6.1.'de gösterilmektedir.

Çizelge 6.1. YBM Uygulamasının Literatürden Belirlenen KBF'leri

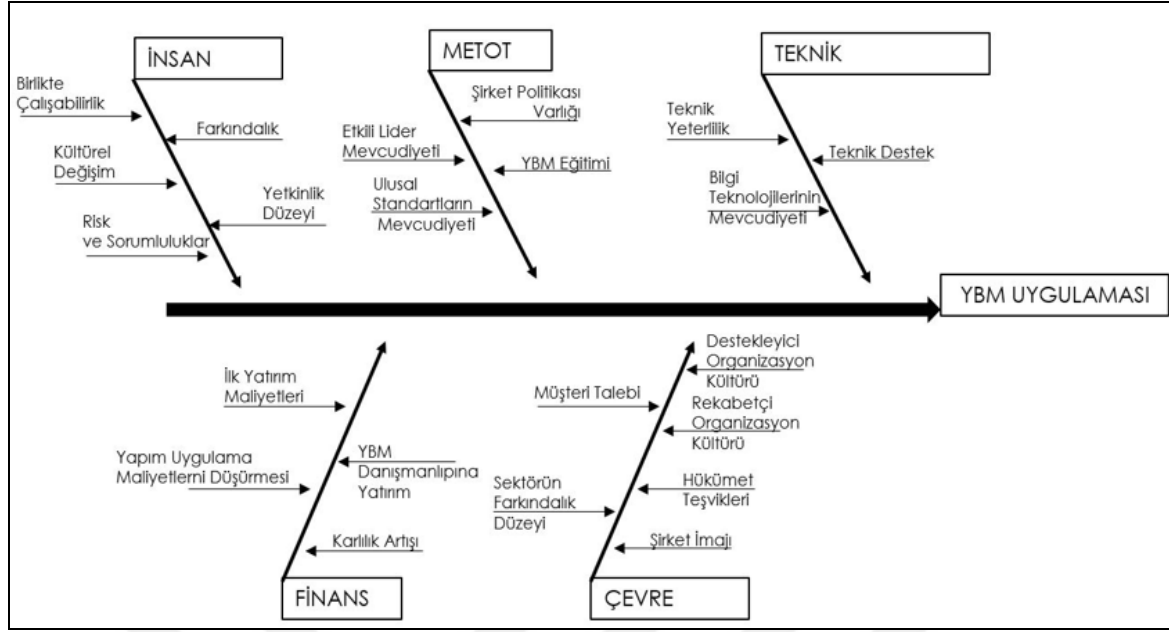
	KBF	Referans
İnsan	Farkındalık Düzeyi	Arayıcı, 2009; Aladağ vd., 2016; Ezcan, 2018; Ökdem, 2016; Karacıgan, 2019; Kaya, 2020; Cannistraro, 2020; Güler, 2021; Tan, 2021; Ayalp vd., 2022
	Kültürel Değişim	Kymell, 2008; Smith ve Tardif, 2009; Eastman, 2011; Tsai, 2014; Ökdem, 2016; Gürünlü, 2019; Karacıgan, 2019; Çelikel, 2020; Çetin, 2020; Güler, 2021; Tan, 2021; Ayalp vd., 2022
	Birlikte Çalışabilirlik	Kymell, 2008; Karahan, 2015; Enegbuma vd., 2014; Ökdem, 2016; Özorhon vd., 2016; Gürünlü, 2019; Karacıgan, 2019; Çetin, 2020; Tan, 2021; Güler, 2021
	Riskler ve Sorumluluklar	Kymell, 2008; Ningappa, 2011; Çağlayan, 2020
	Yetkinlik Düzeyi	Karahan, 2015; Gürünlü, 2019; Karacıgan, 2019; Çelikel, 2020; Çetin, 2020; Güler, 2021; Tan, 2021
Metot	Etkin Lider Mevcudiyeti	Kymell, 2008; Dossick ve Neff (2010); Gu ve London, 2010; Won vd., 2013; Cheng ve Teizer, 2013; Enegbuma vd., 2014; Xu vd., 2014; Aladağ vd., 2016; Gürünlü, 2019; Karacıgan, 2019; Sinoh vd., 2020; Tan, 2021;
Teknik	Şirket İçi YBM Politikası Varlığı	Hanefi ve Navi, 2016; Karacıgan, 2019; Çetin, 2020; Güler, 2021
	Ulusal Standartların Mevcudiyeti	Aladağ vd., 2016; Gürünlü, 2019; Karacıgan, 2019; Çelikel, 2020; Çetin, 2020; Güler, 2021
	YBM Eğitimi	Ali vd., 2013; Ökdem, 2016; Yusuf vd., 2017; Gürünlü, 2019; Karacıgan, 2019; Çetin, 2020; Güler, 2021
Teknik	YBM Teknik Yeterlilikleri	Aladağ vd., 2016; Gürünlü, 2019; Karacıgan, 2019; Çetin, 2020; Kaya, 2020; Güler, 2021

Çizelge 6.1. (devam) YBM Uygulamasının Literatürden Belirlenen KBF'leri

	Bilgi Teknolojilerinin Mevcudiyeti (Yazılım/ Donanım)	Teo ve Heng, 2007; Arayıcı ve Coates, 2012; Rogers vd., 2015; Tan, 2021; Aladağ vd., 2016; Amuda Yusuf, 2018; Gürünlü, 2019; Karacığan, 2019; Ökdem, 2016; Karacığan, 2019; Güler, 2021
	Teknik Destek	Karacığan A., 2019
Çevre	Müşteri Talebi	Özorhon ve Oral, 2014; Aladağ vd., 2016; Karacığan, 2019; Kaya, 2020; Güler, 2021
	Sektörün Farkındalık Düzeyi	Aladağ vd., 2016; Güler C., 2021
	Destekleyici Organizasyon Kültürü	Ökdem, 2016; Gürünlü, 2019; Karacığan, 2019; Güler, 2021
	Rekabetçi Organizasyon Kültürü	Ökdem, 2016; Gürünlü, 2019; Karacığan, 2019; Güler, 2021
	Hükümet Teşvikleri	Azhar, 2011; Karacığan, 2019; Güler, 2021; Tan, 2021
	Şirket İmajı	Gürünlü, 2019; Karacığan, 2019; Güler, 2021
Finans	İlk Yatırım Maliyetleri	Enegbuma vd., 2014; Aladağ vd., 2016; Ökdem, 2016; Kaya, 2020; Karacığan, 2019; Çelikel, 2020; Çetin, 2020; Güler, 2021
	Yapım (Uygulama) Maliyetlerinin Düşürmesi	Karahan, 2015; Aladağ vd., 2016; Karacığan, 2019; Çetin, 2020; Güler, 2021
	YBM Danışmanlığına Yatırım	Lee ve Sexton, 2007; Takım vd., 2013; Hang vd., 2018; Karacığan, 2019
	Karlılık Artışı	Ali vd., 2013; Ökdem, 2016; Yusuf vd., 2017; Gürünlü, 2019; Karacığan, 2019; Güler, 2021

Kapsamlı bir literatür taramasından sonra, ulusal ve uluslararası çalışmalardan Kritik Başarı Faktörleri belirlenmiş ve ele alış şekilleri değerlendirilmiştir. Belirlenen alt faktörler ana faktör başlıkları altında toplanarak Ishikawa Diyagramı (Balık Kılçığı diyagramı) oluşturulmuştur. Tez çalışmasına yönelik oluşturulmuş olan balık kılçığı diyagramı Şekil 6.2.'de gösterilmektedir.

Balık Kafası; bir kusurun sonucudur ve aynı zamanda çözülmesi gereken bir problemi temsil eder; Omurga, farklı gruplarını bir araya getirir, Kemikler; belirli bir kategorideki nedenleri ifade eder. (Lesniak, 2021)



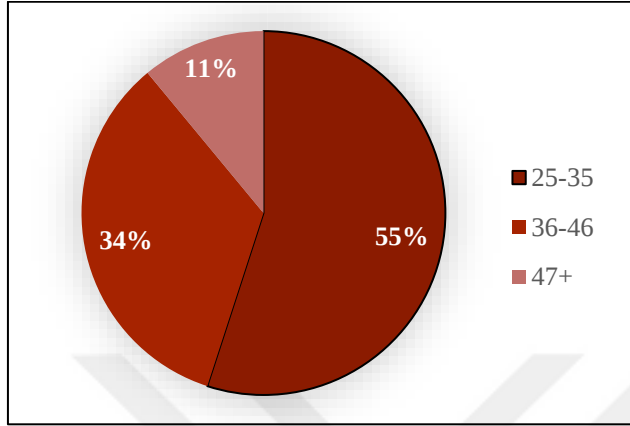
Şekil 6.2. Ishikawa Diyagramı

6.2. Anket

Tez kapsamında yapılan anket çalışmasının hedef kitlesi, Türkiye mimarlık endüstrisinde yer alan profesyonellerdir. Anket dağıtımının ilk aşamasında Ankara ve İstanbul illerinde bulunan YBM uygulaması kullanan şirketler ile iletişime geçilerek kontrollü dağıtım sağlanmıştır. İkinci aşama olarak buildingSmart Türkiye oluşumuyla iletişime geçilerek, oluşturulan anketin kontrollü dağıtımı sağlanmıştır. buildingSMART Türkiye Çalışma Grubu 400'ün üzerinde üyesiyle, inşaat malzemesi sanayisinin çatı örgütü Türkiye İMSAD'ın ev sahipliği yaptığı, YBM uygulamasının sektörde yaygınlaşması için 2017'den beri çalışmalar yürüten bir oluşumdur. Dağıtımın son aşamasında, İstanbul Büyükşehir Belediyesindeki ilgili birimlerle iletişime geçilerek özel izin alınmıştır. Bu izin belediye ile YBM kapsamında çalışılan taşeron firmaların profesyonellerinin iletişim bilgilerini kapsamaktadır. İzin belgesi Ek 2'de detaylı olarak sunulmuştur.

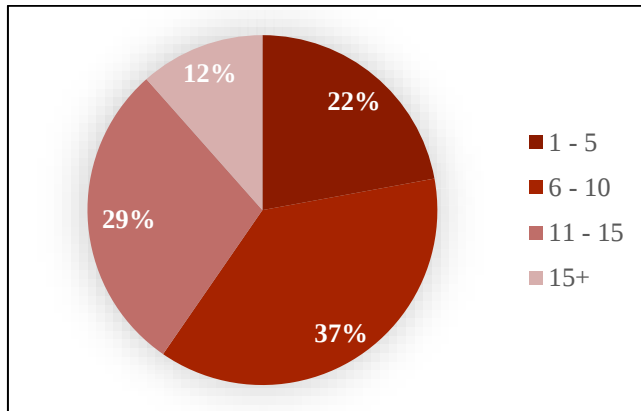
Anket dağıtımı çalışması 372 kişiye ulaştırılmıştır, 148 geri dönüş sağlanmıştır. Katılımcılardan 134 tanesi mühendis, tekniker gibi farklı disiplinlerde yer alan kişilerdir. Geri kalan 114 adet mimar üzerinden değerlendirilen anket çalışmasında geçerli anket oranı 103 adettir. 30.08 2022-06.06 2023 tarihleri arasında geçerli olmuştur. Geçerli olan cevaplar üzerinden yanıtların çeşitliliği şekillerle aşağıda ifade edilmiştir.

Katılımcıların %55'i 25-35 yaş aralığında, %34'ü 36-46 yaş aralığında, %11'i ise 46 yaşından büyüktür. Katılımcı yaşları incelemesi sonucunda YBM uygulamasını kullanan genç nüfusun yaş olarak büyük nüfusa göre sayıca çok daha baskın olduğu görülmektedir



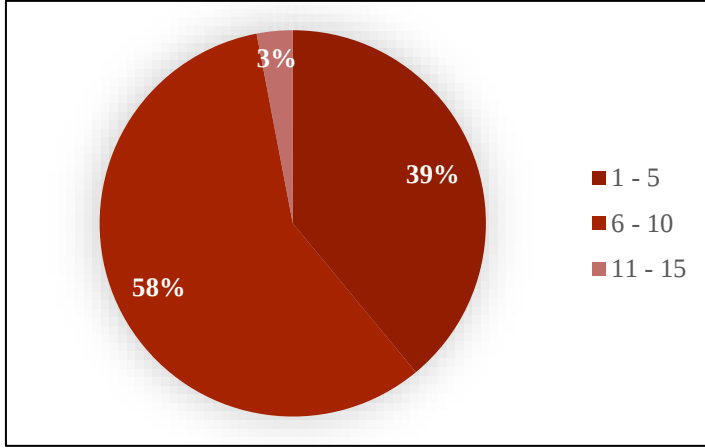
Şekil 6.3. Katılımcı Yaş Dağılımı

Katılımcıların %22'si 1-5 yıl arası tecrübeye, %37'si 6-10 yıl arası tecrübeye sahip, %29'u 11-15 yıl arası tecrübeye, %12 si ise 15 yıl ve üzeri tecrübeye sahiptir.



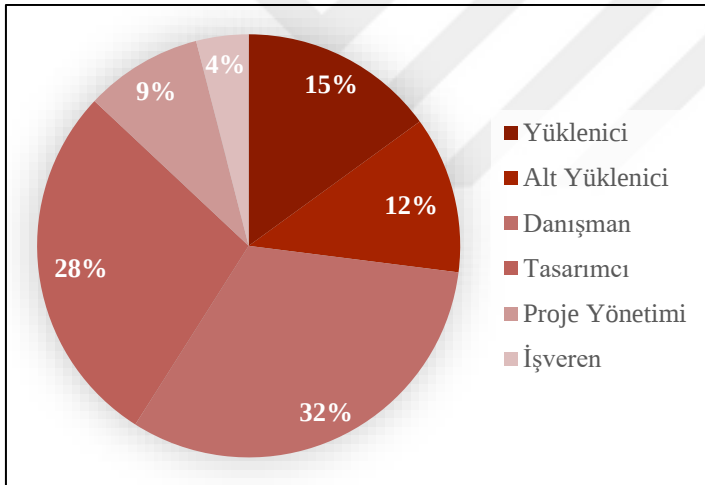
Şekil 6.4. Katılımcıların Sektördeki Deneyim Yılı

Katılımcıların %39'u 1-5 yıl arası tecrübeye, %58'si 6-10 yıl arası tecrübeye sahip, %3'u 11-15 yıl arası YBM uygulaması tecrübesine sahiptir.



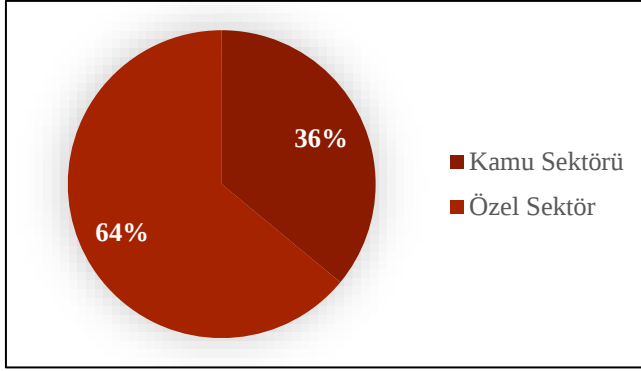
Şekil 6.5. Katılımcıların YBM Uygulamasındaki Deneyim Yılı

Katılımcıların %15'i Yüklenici, %12'si Alt Yüklenici, %32'si Danışman, %28'i Tasarımcı, %9'u Proje Yönetimi, %4'ü ise işveren olarak görev almaktadır.



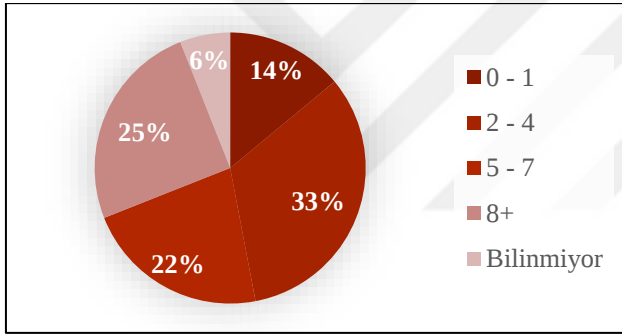
Şekil 6.6. Katılımcı Firmaların Rolü

Katılımcıların görev aldığı projelerin %64'ü özel sektör projeleri olup, %36'lık bölüm ise kamu projeleridir.



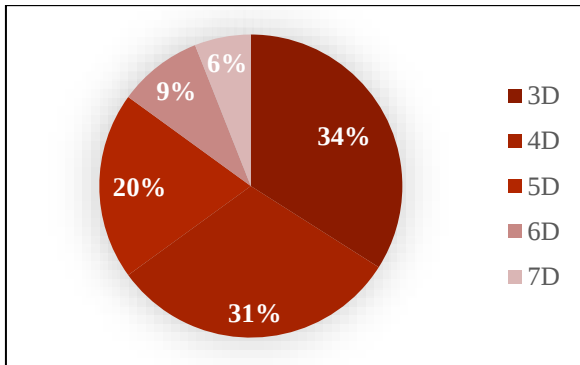
Şekil 6.7. Müşteri Türü

Katılımcıların %19'u 1 yıllık projelerde, %44'ü 2-4 yıllık projelerde, %29'u 5-7 yıllık projelerde, %8'i ise 8 yıllık projelerde yer almaktadır. Yanıtlayıcıların %6'sı proje süresi hakkında bir bilgiye sahip olmadıklarını belirtmiştir.



Şekil 6.8. Katılımcıların Yer Aldığı Proje Süreleri (Yıl)

Katılımcıların %34'ü YBM uygulama alanı olarak 3D boyutunu, %31'i 4D boyutunu, %20'si 5D boyutunu, %9'u 6D boyutunu, %6'sı ise 7D boyutunu kullandığını belirtmiştir.



Şekil 6.9. YBM Uygulama Alanları

6.3. İstatiksel Analiz Sonuçları

6.3.1. Açıklayıcı faktör analizi

Açıklayıcı Faktör Analizi, 22 başarı faktöründen 15'inin 0,5'i aşan değere sahip olduğunu gösterdi ve bunlar Kritik olarak kabul edildi. Açıklayıcı Faktör Analizi sonucunda belirlenen KBF'ler 4 başlık altında toplanmıştır.

İlk grup, [İ01], [İ02], [İ03], [İ04] faktörlerini, ikinci grup [T01], [T02], [T03], [T04] faktörlerini, üçüncü grup [F01], [F02], [F03] faktörlerini, dördüncü grup [Ç02], [Ç03], [Ç05], [M01], [M03] faktörlerini içermektedir. Faktörlerin yük dağılımı Çizelge 6.2.'de belirtilmiştir.

Açıklayıcı Faktör Analizi sonuçları değerlendirildiğinde, çalışmanın başında belirlenen 5M çerçevesi altındaki faktörlerin benzer gruplar altında topladığı görülmüştür. Bu durum literatür taraması sonrasında belirlenen çerçevenin endüstri katılımcıları tarafından da benzer şekilde yorumlandığını göstermektedir.

Açıklayıcı Faktör Analizi sonucunda 5M çerçevesinde belirlenen faktör gruplarından farklı olarak metot grubunda yer alan M01 ve M03 faktörleri “Çevre” (dış etkenler) olarak belirlenen faktör grubunun içinde yer almıştır. Bu faktörler incelendiğinde Çevre ve Metot başlığı değiştirilerek daha geniş bir küme olarak değerlendirilebilecek şekilde “Sektör” ismi verilmiştir. Bundan sonra faktör seti dört bölümlü olarak ifade edilecek ve bunlar “İnsan”, “Teknik”, “Finans” ve “Sektör” olarak belirtilecektir. Açıklayıcı Faktör Analizine göre gruplandırılmış dağılım Çizelge 6.2.'de gösterilmektedir.

Çizelge 6.2. Açıklayıcı Faktör Analizi Sonrası Faktörlerin Yük Dağılımları

Eski Kod	Yeni Kod	Tanım	Yük Dağılımları			
			Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4
	Grup1	İnsan Faktörleri				
İ01	İ01	Farkındalık	0,655	-	-	-
İ02	İ02	Kültürel Değişim	0,697	-	-	-
İ03	İ03	Birlikte Çalışabilirlik	0,793	-	-	-

Çizelge 6.2. (devam) Açıklayıcı Faktör Analizi Sonrası Faktörlerin Yük Dağılımları

İ04	İ04	Risk ve Sorumluluklar	0,671	-	-	-
	Grup2	Teknik Faktörler				
T01	T01	Teknik Yeterlilik	-	0,714	-	-
T02	T02	Bilgi Teknolojilerinin Mevcudiyeti	-	0,893	-	-
T03	T03	Teknik Destek	-	0,820	-	-
	Grup3	Finans Faktörleri				
F01	F01	İlk Yatırım Maliyeti	-	-	0,774	-
F02	F02	Yapım Uygulama Maliyetlerini Düşürmesi	-	-	0,817	-
F03	F03	YBM Danışmanlığına Yatırım	-	-	0,866	-
	Grup4	Sektör Faktörleri				
M01	S01	Etkili Lider Mevcudiyeti	-	-	-	0,690
Ç02	S02	Sektörün Farkındalık Düzeyi	-	-	-	0,850
Ç03	S03	Destekleyici Organizasyon Kültürü	-	-	-	0,706
Ç04	S04	Rekabetçi Organizasyon Kültürü	-	-	-	0,782
M03	S05	Ulusal Standartların Mevcudiyeti	-	-	-	0,649

6.3.2. Geçerlilik ve güvenirlik analizi

Yapısal Eşitlik Modelinde tasarlanan modelin kullanılabilirliği geçerlilik ve güvenirlik açısından test edilmiştir. Tasarlanan modelin yeterliliği dört ana başlık altında toplanan çeşitli kriterler ile belirlenir. Çalışmada bahsi geçen bu kriterler Faktör Analizi uygulanarak elde edilmiştir. Çizelge 6.3.'de ilgili geçerlilik ve güvenirlik indeksleri ile literatürde bu indekslerin yeterli görülen referans değerleri yer almaktadır.

Çizelge 6.3. Geçerlilik ve Güvenirlik Açıklamaları ve Referans Değerleri

Uygulama	Açıklama	Ref. Değeri
Cronbach's Alpha	Ölçüm modelinin iç tutarlılığını gösterir	>0,50
Composite Reliability (CR)	Model güvenirliği için kullanılır	>0,70
Rho A	Veri tutarlılığını gösterir	>0,70
AVE	Birleşme geçerliliğini gösterir	>0,50

Modellerin iç tutarlılığı için Cronbach's Alpha, CR ve Rho A referansları, birleşme geçerliliği için AVE son olarak ayrışma geçerliliği için ise faktör yükleri dikkate alınarak değerlendirilmede bulunmuştur. Faktör analizi sonucunda elde edilen geçerlilik değerleri Çizelge 6.4.'de yer almaktadır.

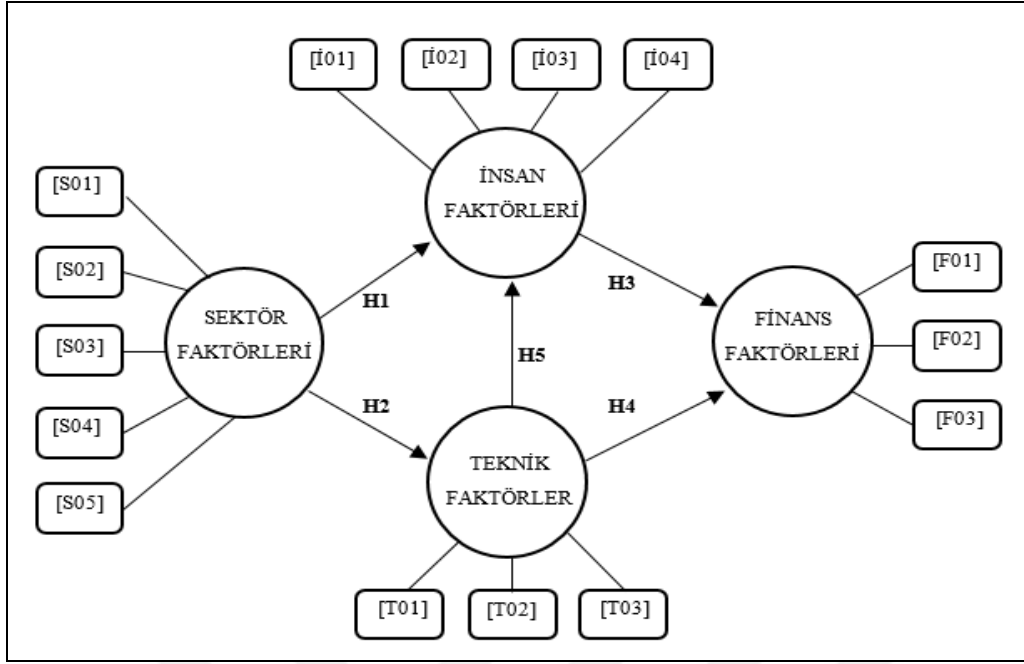
Çizelge 6.4. Geçerlilik ve Güvenirlilik Değerleri

	Cronbach's Alpha	Composite Reliability (CR)	Rho A	AVE
İnsan	0,670	0,798	0,793	0,598
Teknik	0,848	0,899	0,849	0,691
Finans	0,758	0,860	0,775	0,672
Sektör	0,685	0,824	0,715	0,611

Sonuçlar ilgili göstergelerin iç tutarlılık, birleşme ve ayrışma geçerlilikleri bakımından incelenen çeşitli kriterler üzerinden yeterli olduğunu ve yapısal geçerlilik ve güvenilirliğin sağlandığını göstermektedir.

6.3.3. Yapısal eşitlik modelinin kurulması

Literatür taraması sonuçlarından belirlenen çeşitli faktörlere dayanarak, bir teorik model geliştirilmiştir. YBM benimsenmesini etkileyen çeşitli faktörler arasındaki ilişkiler, literatür taraması bulgularından türetilen bir dizi teorik hipotezler kullanılarak birleştirilmiştir. Teorik olarak önerilen hipotezler model içinde incelenen ilişkinin gücünü ve önemini belirlemektedir (Enegbuma vd., 2014). İstenilen istatistiksel gücü analiz etmek, modelin yakın ve tam uyumunu ve karmaşıklığını test etmek için hipotezler Yapısal Eşitlik Modeline tabi tutulmuştur. Yapısal Eşitlik Modeli ve her bir hipotezin birbiri ile olan ilişkisi Şekil 6.3.'de gösterilmiştir.



Şekil 6.10. Tez Kapsamında Kurulan Yapısal Eşitlik Modeli

H1: “Sektör” faktörleri “İnsan” faktörlerini olumlu yönde etkilemektedir.

Sektör faktörleri ile insan faktörleri arasındaki bağlantılar, iş süreçlerinin yapılandırılmasından sektördeki farkındalık ve yönetim etkinliğine kadar geniş bir yelpazede etkileşim göstermektedir. Enegbuma vd. (2014) çalışmasında, insanlar ile iş süreçlerinin yeniden yapılandırılması arasındaki kuvvetli ilişkiden bahsetmiştir ve yeni bir sistemle insan etkileşiminin organizasyonlardaki uygulama oranını belirleyebileceğini belirtmiştir. Öte yandan, Zakaria (2013) inşaat endüstrisi üzerine yaptığı çalışmada, inşaat endüstrisi ve uygulayıcılar arasındaki ilişkiyi itme ve çekme dinamikleriyle açıklanabileceğine işaret etmiştir. Sektör içindeki farkındalık düzeyi ve yönetim etkinliği, bireylerin kendi farkındalıkları ve çabalarıyla doğrudan ilişkilidir ve bu durum, sektörün kültürü, standardizasyonu ve rekabetçi yapısının, bireylerin performansı ve sektördeki etkinlikleri üzerindeki belirleyici etkisi olduğunu ifade etmektedir (Al Ashmori,2020). Sektör faktörleri ve insan faktörleri arasındaki bağlantı mimarlık disiplini kapsamında H1 hipotezi ile değerlendirilmiştir.

H2: “Sektör” faktörleri “Teknik” faktörlerini olumlu yönde etkilemektedir.

Teknoloji, günümüz iş dünyasında sektör yapılanmalarını önemli ölçüde etkileyen bir faktördür. Enegbuma vd. (2014), inşaat sektörü üzerine yaptığı çalışma, bilgi teknolojilerinin başlangıçta sektörde çekingen bir yaklaşımla karşılanmasına rağmen, Yapı Bilgi Modellemesi kullanımının artmasıyla birlikte sektörde önemli bir dönüşüm yaşandığına dikkat çekmiştir. Alshaw (2007), sürdürülebilir rekabet avantajının, bilişim teknolojilerine dayalı yenilikçi süreç iyileştirmesi ve etkin yönetim ile sağlanabileceğine vurgu yapmıştır. Literatürdeki çalışmalar, bu iki faktör seti arasındaki ilişkiyi değerlendirmenin yanı sıra birbirleriyle karşılaştırmalar yapmıştır. Örneğin, Sinoh vd. (2020), liderlik ve koordinasyon gibi teknik olmayan faktörleri, yazılım ve donanım gibi teknik faktörlerle karşılaştırarak, teknik olmayan faktörlerin daha büyük öneme sahip olduğunu ortaya koymuştur. Dossick ve Neffin (2010) çalışması ise inşaat endüstrisinde bilişim teknolojilerinin uygulanmasını büyük ölçüde etkileyen liderlik faktörünün altını çizmiştir. Bu bağlamda, teknoloji ile sektör yapılanması arasındaki etkileşim, teknik ve teknik olmayan faktörlerin değerlendirilmesiyle derinlemesine incelenmiş ve sektördeki dönüşümün dinamikleri üzerinde kapsamlı bir bakış sunulmuştur. Sektör faktörleri ve teknik faktörleri arasındaki bağlantı mimarlık disiplini kapsamında H2 hipotezi ile değerlendirilmiştir.

H3: “İnsan” faktörleri “Finans” faktörlerini olumlu yönde etkilemektedir.

İnşaat sektörü, dünya ekonomisinde büyük bir etkiye sahip olan ve farklı disiplinlerden oyuncularını içeren önemli bir endüstridir. Bu endüstri, mimarlar ve mühendislerden tedarikçi firmaların çalışanlarına kadar geniş bir yelpazede uzmanlık gerektiren bir yapıya sahiptir. İnşaat sektörü, kapsamlı yapısıyla finansal olarak kendi iç dengesini korumak durumundadır. Özellikle, Yapı Bilgi Modellemesinin sektöre adapte edilmesinde insan faktörlerinin, finansal denge üzerinde etkili olduğu öngörülmüştür. Smith (2019), Taylor (2018) gibi araştırmacılar, işgücü ve maliyet tasarrufu üzerine yaptıkları çalışmalarla, iş süreçlerinin yeniden düşünülmesi gerekliliği konusunda temel bir argüman sunmuşlardır. Öte yandan, Hamda'nın (2016) çalışması, küçük ve orta ölçekli firmaların, dirençli kültür açısından az engelle karşılaşırsalar da uzman kaynakları ve finansman eksikliği gibi nedenlerden dolayı yeni teknolojilere adaptasyon sürecinde geri kalabileceklerini savunmuştur. Mimarlık, mühendislik ve inşaat endüstrisi, insan faktörlerinin finansal açıdan değerli olduğu literatürdeki çalışmalarla sıkça ele alınmıştır. Bu bağlamda, insan faktörleri ile finans faktörleri arasındaki bağlantı, mimarlık disiplini açısından H3 hipotezi ile değerlendirilmiştir.

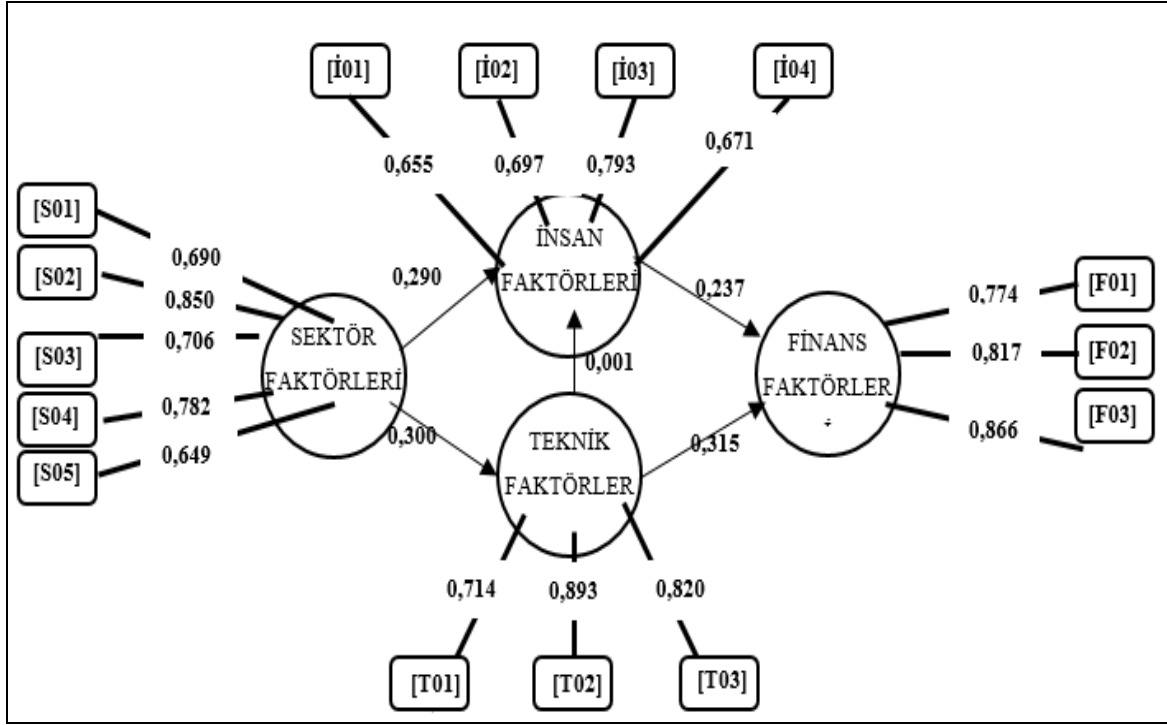
H4: “Teknik” faktörler “Finans” faktörlerini olumlu yönde etkilemektedir.

Mimarlık, mühendislik ve inşaat endüstrisi, bilgi teknolojilerinin proje teslimat süreçlerinde kritik bir rol oynadığı bir alan olarak tanımlanmaktadır. Endüstrinin büyüme oranının, bilgi teknolojilerine yapılan yatırımlarla doğru orantılı olduğu, literatürde sıkça vurgulanmıştır (Enegbuma vd., 2014). Bu yatırımlar, sektördeki dönüşümü ve proje yönetimi süreçlerindeki etkinliği artırmaktadır. Hamil'in (2012) çalışması, enerji tasarrufları, bakım, bilinçli kararlar, satın alma, çakışma tespiti ve azalan bilgi talebi gibi unsurların, müşterilere proje sürecine değer sağladığını göstermiştir. Özellikle, YBM teknolojisinin, üretkenliği artırabileceği, yapılabilirliği geliştirebileceği, hataları en aza indirebileceği ve zaman ile maliyet tasarrufu sağlayabileceği konusunda bir fikir birliği bulunmaktadır. Bu bağlamda, bilgi teknolojilerinin kullanımının sektördeki büyümeye ve proje yönetimi süreçlerine etkisini incelemek, teknik ve finansal faktörlerin etkileşimini daha detaylı bir şekilde anlamamızı sağlayacaktır. Teknik faktörler ile finans faktörleri arasındaki bağlantı, mimarlık disiplini içinde H4 hipoteziyle değerlendirilmiştir.

H5: “Teknik” faktörler “İnsan” faktörlerini olumlu yönde etkilemektedir.

Yapı Bilgi Modellemesi, inşaat ve mühendislik endüstrisinde teknik ve insani faktörlerin etkileşimine dayalı başarılı bir uygulama süreci gerektiren kritik bir teknolojidir. Enegbuma vd. (2014) çalışmasında çıkarımsal istatistikler kullanarak YBM uygulaması üzerinde insan, süreç ve teknoloji algıları arasındaki ilişkiyi incelemiş ve teknoloji ve iş birliğine dayalı süreçler arasında belirgin bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur. Bu ilişki, organizasyonlardaki bireylerin yeni bilgi teknolojilerine uyum sağlama süreçlerinde insan faktörlerinin önemini vurgulamaktadır. Becerik-Gerber ve Rice (2010), YBM için gerekli olan yazılım ve donanımın yanı sıra bu teknolojileri etkin bir şekilde kullanma bilgisinin, başarılı bir YBM uygulaması için yönetim tarafından sağlanması gerektiğini savunmaktadır. Teknik alt yapıyla birlikte, kullanım bilgisi ve yönetim desteği de bu sürecin başarısında kritik rol oynamaktadır. Taylor ve Levitt (2007), başarılı bir YBM uygulamasının, bir şirketin bu teknolojiyi iş süreçleriyle nasıl uyumlu hale getirdiğine bağlı olduğunu belirtmiştir. Bu durum, YBM'nin sadece teknik alt yapısından ziyade, şirket içi süreçlerle entegre edilmesi ve çalışanların bu teknolojiyi iş akışlarına entegre etme becerisiyle de ilgilidir. Bu bağlamda, teknik faktörler ile insan faktörleri arasındaki bağlantı, mimarlık disiplini içinde H5 hipoteziyle değerlendirilmiştir.

YEM, önceki bölümde formüle edilen hipotezlerden H1, H2 ve H4'ün desteklendiğini, H3 ve H5'in desteklenmediğini ortaya koydu. Çizelge 6.5., H1, H2 ve H4 hipotezleri için p değerlerinin 0,05'in altında kalarak istatistiksel olarak anlamlı kabul edilebileceğini göstermektedir. Değerlendirilen model katsayıları Şekil 6.4'.de gösterilmektedir.



Şekil 6.11. Tez Kapsamında Kurulan Yapısal Eşitlik Model Yol Katsayıları

Yol katsayılarına ve t istatistiklerine dayalı hipotez değerlendirmesi Çizelge 6.5.'de gösterilmektedir.

Çizelge 6.5. Yol Katsayılarına Dayalı Hipotez Değerlendirmesi

Hipotez Kodu	Çıkış Yeri	Varış Yeri	Ağırlıklar	Ortalama	Standart Sapma	t Değeri	p Değeri	Sonuç
H1	Sektör Faktörleri	İnsan Faktörleri	0,290	0,300	0,141	2,057	0,040	Desteklendi
H2	Sektör Faktörleri	Teknik Faktörler	0,300	0,321	0,108	2,779	0,005	Desteklendi
H3	İnsan Faktörleri	Finans Faktörleri	0,237	0,251	0,146	1,621	0,105	Desteklenmedi
H4	Teknik Faktörler	Finans Faktörleri	0,315	0,315	0,150	2,104	0,035	Desteklendi
H5	Teknik Faktörler	İnsan Faktörleri	0,001	0,023	0,103	0,012	0,990	Desteklenmedi

6. TARTIŞMA VE SONUÇ

Literatürden elde edilen 22 faktörden Açıklayıcı Faktör Analizi sonrasında 15'i "kritik" olarak sınıflandırılmıştır. Bu durum elenen 7 faktörün YBM uygulaması ile ilişkisi olmadığı anlamına gelmemekle birlikte, etkileri bu çalışma kapsamında "kritik" olarak kabul edilmediğini ifade etmektedir. Zaman içerisinde YBM algısının ve uygulayış biçimlerinin değişmiş olması veya seçilen örneklem kapsamının farklı olması gibi sebeplerle bahsedilen 7 faktör artık "kritik" öneme sahip olarak belirtilmemiş olabilmektedir.

Bu 7 faktörün ilki; "[I05] Kişilerin YBM Konusundaki Yeterlilik Düzeyleri"dir. Yapı Bilgi Modelleme (YBM), sürekli yenilenen doğası gereği, katılımcıların yetkinlik düzeylerini sürekli olarak güncellemeleri gereken bir alandır. Mimarlık eğitimi temelinde, bireylerin araştırma yapma ve yenilikleri takip etme, işlevselliği ön plana çıkarma gibi yeteneklerini geliştirmeyi amaçlar. Bu bağlamda, "Yetkinlik Düzeyi" başlığı, mimarların kolayca geliştirebilecekleri bir faktör olarak algılanabilir. Kiviniemi vd. (2007), çalışmasında YBM'nin mimarlık, mühendislik, inşaat sektöründe giderek artan bir şekilde öğrenildiğini ve kullanıldığını belirtirken, tasarım süreci elemanları içinde YBM teknolojilerine en hızlı adapte olanların mimarlar olduğunu belirtmiştir.

Günümüzde, Yapı Bilgi Modelleme (YBM) eğitimi, birçok üniversite müfredatında yer almamakta veya yetersiz kalmaktadır. Bu durum, yeni mezun mimarların YBM konusundaki bilgi düzeylerini olumsuz etkilemektedir. Yeterli düzeyde YBM yetkinliğine sahip olmayan yeni mezunlar, YBM uygulamalarını kullanan ofisler tarafından istihdam edilmektedir. Bu durum, yeni mezun mimarların kendilerini geliştirmeleri için bir fırsat olarak değerlendirilmektedir. Zarizan (2013) çalışmasında iş gücüne yeni katılan mezunlar, YBM ile çalışma becerilerini etkileyebilecek mevcut önyargılara sahip olmadıklarından dolayı YBM uygulamasındaki engelleri azaltabileceğinden bahsetmiştir. Bununla birlikte, belirli bir seviyede YBM yetkinliğine sahip olan profesyoneller, projelerdeki değişiklikler veya iş değişiklikleri nedeniyle YBM yetkinlik düzeylerini geliştirmek zorunda kalabilirler. Mimari düşüncenin çözüm ve keşfetme odaklı olması, "YBM Yetkinliğini" kritik bir faktör olarak değerlendirilmemesine yol açabilir.

İkinci faktör; “[M02] YBM Uygulama Planının Hazırlanması”dır. Bahadır (2018), çalışmasında, YBM Uygulama Planını “YBM yaklaşımı ile üretilcek projenin tanımına, kapsamına, özel risklerine, hedeflerine, modelleme stratejisine-kurallarına, kaynaklarına, teknolojik altyapı gereksinimlerine, paydaşlarına, ekiplerine ait bilgi ve kararları içeren veriler bütünüdür” olarak tanımlamıştır. YBM Uygulama planı genellikle, tasarım öncesinde ya da sözleşme aşamasında hazırlanmaktadır. Ana hatlarıyla herhangi bir yapı projesini etkin bir şekilde yürütmek ve iş akışını optimize etmek için referans bir çerçeve sağlamak amacıyla hazırlanmış temel bir belgedir. YBM uygulama planının hazırlanması bir projenin oluşturulma döngüsü boyunca işleri kolaylaştıran, verimliliği arttıran bir unsurdur. Çeşitli uluslararası YBM uygulama planı standartları mevcuttur. Bunlardan en yaygın olanları İngiliz Standartları Enstitüsü (BSI) tarafından hazırlanmış olan “PAS 1192-2:2013” kodlu dokümandır. Diğer bir örnek olarak da Penn State University (PSU) tarafından hazırlanmış olan “BIM Project Execution Planning Guide” dokümanı gösterilebilir. Türkiye’de YBM kullanılan projelerde YBM Uygulama Planı tam anlamıyla uygulanamamaktadır. Sektörde yer alan YBM Uygulama Planı konulu seminerler ve literatürde yer alan YBM Uygulama Planının Türkiye çerçevesinde değerlendirilmesi konulu çalışmaların (Atabay (2019), Bahadır (2018), Köse (2016)) varlığı henüz YBM Uygulama Planının gelişim aşamasında olduğunu ve tam olarak uygulanmadığını desteklemektedir. YBM Uygulama Planı hazırlanması henüz tam olarak uygulanmadığından ötürü bu faktör kritik olarak değerlendirilmemesine yol açabilmektedir. YBM uygulaması arttıkça buna bağlı olarak proje yönetimi konusu daha önemli bir hale gelecek ve uluslararası projeler çoğaldıkça YBM uygulama Planı kullanımı kaçınılmaz olacaktır.

Üçüncü faktör; “[M03] Üniversitelerde YBM Eğitiminin Varlığı”dır. Türkiye’deki mimarlık eğitimi müfredatında YBM uygulamalarının henüz tam olarak yerleşmediği, literatürde yer alan YBM’nin mimarlık eğitime dahil edilmesi konulu birçok çalışmada belirtilmektedir. Bazı üniversiteler, YBM uygulamalarında kullanılan programların temel eğitimini sunmaktadır, ancak YBM Uygulaması yalnızca programlardan ibaret değildir. Türkyılmaz (2016) tarafından yapılan çalışma, YBM’nin sadece derslerle bütünleştirilecek yeni bir teknolojik yöntem olarak değil, bir yapıya ait tüm bilgilerin sayısal olarak tanımlanıp saklanabildiği bir iş birliği ortamı olarak algılanması gerektiğini belirtmektedir. YBM’nin mimarlık eğitim programlarına katkı sağlayabilmesi için bu yaklaşımın benimsenmesi gerekmektedir. YBM’nin bir yapıya ait her türlü bilginin sayısal olarak tanımlanabildiği ve saklanabildiği bir iş birliği ortamı olduğunun kavranması sonucunda eğitim programlarına

katkı sağlaması mümkün olacaktır (Türkyılmaz, 2016). Mimarlık eğitim programına YBM'yi eklemek için farklı yaklaşımlar kullanılmaktadır. Bununla birlikte, YBM'nin eğitim programlarına nasıl katılacağı ve ne şekilde öğretileceği konuları halen açıklık kazanmış değildir (Türkyılmaz, 2016). YBM ve mimarlık eğitim programlarının bütünleşmesi dünyada mimarlık endüstrisinde üzerinde araştırılma yapılan bir konudur. Henüz tam geçiş sağlanamadığı katılımcılar için bu faktörü değerlendirmede yeteri ölçütlere sahip olmayabilirler.

Dördüncü faktör; “[Ç01] Müşteri Talebi”dir. Müşteri talebinin YBM kullanımını olumlu yönde etkilediği literatürde yer alan birçok çalışmada konu alınmıştır. Anket kapsamındaki örnekleme proje türü %64 oranında kamu sektörü projesi olması ankete katılanların yarısından çoğunun bu faktörü gerçekçi olarak değerlendirme kriterine sahip olmamasına sebep olmuş olabilir. Proje sürecinde yönetim ekibinde yer almayan katılımcılarında konu ile bilgisi net olmayabilir. Sonuç olarak, yapılan tez çalışmasında “Müşteri Talebi” faktörü kritik olarak değerlendirilmemiştir.

Beşinci faktör; “[Ç04] Hükümet Teşvikleri”dir. Uluslararası literatürde hükümet teşviklerinin YBM kullanımını büyük ölçüde etkilediği pratik çıkarımlar ile kanıtlanmıştır. Ulusal literatürde yer alan birçok değerli çalışmada da hükümet teşviklerinin gerekliliği konusu yer almaktadır. Türkiye kapsamında hükümet teşvikleri ile ilgili adımlar YBM uygulamasında gelişmiş ülkelerde olduğu kadar zorunlu olmasa da son yıllarda konu ile ilgili çalışmalar devam etmektedir. BuildingSmartTR'nin Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Yüksek Fen Kurulu ile yürüttüğü, bir yapının tasarım aşamasında mimarlık, inşaat, makine ve elektrik mühendisliği disiplinleri tarafından verilen hizmetlerin YBM kullanılarak gerçekleştirilmesi durumunda toplam bedelin hesaplanması için bir hesaplama yöntemi geliştirmeye yönelik “Yapı Bilgi Modellemesi Tabanlı Yürütülen Projelere Ait Mimarlık Mühendislik Hizmet Bedeli Hesabı” çalışması ve yine BuildingSmartTR'nin İstanbul Büyükşehir Belediyesi Raylı Sistemler Daire Başkanlığı ile yürüttüğü İBB Raylı Sistemler Daire Başkanlığı bünyesinde yapımı planlanan raylı sistem hatlarının tasarım, yapım ve işletme aşamalarına YBM entegrasyonunun yapılabilmesi için ihalelerde kullanılacak teknik şartnamenin hazırlanmasına yönelik çalışmalar hükümet tarafından YBM kullanımının kabulü ve uygulanmasını destekler niteliktedir. Ancak, hükümet tarafından YBM uygulamasının henüz tam olarak zorunlu hale getirilmemiş olması, bu konunun kritik olarak değerlendirilmesini engelleyebilir. YBM'nin yapı sektöründeki

potansiyel faydaları göz önüne alındığında, hükümetin bu alandaki teşviklerini ve yönlendirmelerini daha etkin bir şekilde düzenlemesi gerektiği sonucuna varılabilir. Bu durum, YBM'nin Türkiye'deki yapı sektöründe daha geniş bir kabul ve kullanımını destekleyecektir.

Altıncı faktör; “[Ç05] Şirket İmajı”dır. Literatürde şirket imajı başarı faktörleri arasında yer alsa da YBM uygulaması, şirketin imajını artırmak için tek başına yeterli olmayabilir. Diğer unsurlarla birlikte kaliteli hizmet sunma, müşteri memnuniyetini sağlama, etkili iletişim kurma gibi faktörler de imajın oluşmasında önemli rol oynar. Şirketin YBM kullanımını veya teknolojiye olan bağlılığını doğru şekilde pazarlaması veya iletişimde etkin bir şekilde aktarması gerekebilir. Eğer bu iletişim eksik veya zayıf ise, YBM'nin imajı olumlu yönde etkileme potansiyeli azalabilir. Çalışma kapsamında seçilen örneklemde “Şirket İmajı” faktörü kritik olarak değerlendirilmemiştir.

Yedinci faktör; “[F04] Yatırım Getirisinin Olması”dır. YBM'nin getirileri, bazen uzun vadede ortaya çıkabilir ve hemen fark edilmeyebilir. Verimlilik artışı veya maliyet tasarrufu gibi faydaların tam anlamıyla görülmesi ve ölçülmesi zaman alabilir. Geçiş süreçleri, bazı şirketler için mevcut iş süreçlerini değiştirmeyi gerektirir. Bu değişiklikler, başlangıçta maliyetli veya zaman alıcı olabilir ve şirketler için hemen fayda sağlamayabilir. Seçilen örneklemde %4 oranında işveren bulunması bu faktörü gerçekçi olarak yorumlamak için yeterli sayıyı sağlamıyor olabilir. Bu sebeplerden yatırım getirisi kritik olarak değerlendirilmemiş olabilir.

Açıklayıcı Faktör analizi sonrasında belirlenen faktörler arasında kurulan hipotezler Yapısal Eşitlik Modeli (YEM) ile analiz edilmiştir. Faktör seti üzerinden formüle edilen 5 hipotezden 3'ü desteklenmiştir. H1, H2, H4 hipotezleri desteklenirken, H3 ve H5 hipotezinin desteklenmediği görülmüştür.

H1 ve H2 hipotezleri sırasıyla Sektör Faktörlerinin, İnsan ve Teknik Faktörleri üzerindeki etkisini incelemektedir. Sektör Faktörlerinin sırasıyla İnsan Faktörleri üzerindeki etkisi 0,290 ve Teknik Faktörler üzerindeki etkisi 0,300 olarak belirlenmiştir. Bu, sektör yapısının YBM kullanımında İnsan Faktörlerine kıyasla, Teknik Faktörleri üzerinde daha etkili olduğunu göstermiştir. İnsan faktörleri altında yatan kişilerin farkındalığı, kültürel değişime

ayak uydurmaları, birlikte çalışabilirliğe uyumları ve alabilecekleri risk ve sorumlulukları geliştirmek için sektörün hareketi destekleyici bir etki yaratmaktadır.

H4 hipotezi, Teknik Faktörlerin, Finans Faktörleri üzerindeki etkisini incelemektedir. Teknik Faktörlerin, Finans Faktörleri üzerindeki 0,315 olarak belirtilmiştir. YBM uygulamasında Teknik Faktörlerin gelişimi Finans Faktörlerini olumlu yönde etkilemektedir.

Model, Sektör Faktörlerinin, Teknik faktörler üzerinden dolaylı olarak Finans Faktörlerini etkilediğini de ortaya çıkarmıştır. Dolaylı yollar, kaynak ve hedef faktörler arasında bir aracı faktör içerir (Lowry ve Gaskin, 2014). Örneğin, A'dan B'ye olan dolaylı bir yol, A'dan X'e ve sonra X'ten B'ye olabilir; burada X, aracı faktör olarak kabul edilir. Doğrudan ve dolaylı yolların varlığı, araştırmacının birden çok teorik önermeyi açıklamasına izin verir (Sinoh vd., 2020).

YBM uygulamalarında İnsan Faktörlerinin, Finans Faktörleri üzerindeki etkisini inceleyen H3 hipotezi, İnsan Faktörlerinin, finansal performans üzerinde belirgin bir etkisinin olmadığını ifade etmektedir. Bu hipotezin kapsamı sektör bazlı değil, mimari çerçeveden incelendiği için İnsan Faktörlerinin etkisi spesifik bir perspektifle değerlendirilmiştir. Mimarlık alanında çalışan profesyonellerin işgücünün, Finansal Faktörler üzerindeki etkisinin YBM uygulamalarıyla ölçülemediği ve değerlendirilemediği gözlemlenmiştir.

YBM uygulamalarında Teknik Faktörlerin, İnsan Faktörleri üzerindeki etkisini inceleyen H5 hipotezi, Teknik Faktörlerin, İnsan Faktörleri üzerinde belirgin bir etkisinin olmadığını ifade etmektedir. İnşaat sektörü birçok farklı disiplinden katılımcı içermektedir. İnşaat sektörü içerisinde mimarlık disiplinin, YBM uygulama adaptasyonunun yüksek olduğu vurgulanmıştır. Mimari çerçeve bazında değerlendirildiğinde YBM uygulamalarında Teknik Faktörlerin, İnsan Faktörleri üzerindeki etkisi bulunmamıştır. H3 ve H5 hipotezlerinin sonucu tahmin edilenin aksine bir sonuç doğurarak tez çalışmasının mimari çerçevede değerlendirilmesinin önemini vurgulamaktadır.



KAYNAKLAR

- AbuMoeilak L, AlQuraiddi A, AlZarooni A, Beheiry S. (2023). Critical success factors for building information modeling implementation as a sustainable construction practice in the UAE. *Buildings*, 13(6), 1406.
- Abu, N., Mansor, M. (2017). *The critical success factors for innovation process implementation in Malaysian SMEs*. Proceedings of the Second International Conference on the Future of ASEAN, Singapur.
- Acar, D., Özçelik, H. (2011). Muhasebe bilgi kalitesini etkileyen kritik başarı faktörleri. *Muhasebe ve Finansman Dergisi* (49), 10-23.
- Ademci, E. (2018). *An Analysis of BIM Adoption in Turkish Architectural, Engineering and Construction (AEC) Industry*. Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul. 29.
- Ademci, E., Gündeş, S. (2018). *Review of studies on BIM adoption in AEC industry*, 5th International Project and Construction Management Conference (IPCMC) Proceedings, Kıbrıs, 1046.
- Akkaya, D. (2012). *İnşaat Sektöründe Yapı Bilgi Modellemesi Hakkında İnceleme*, Yüksek Lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 135.
- Aladağ, H., Demirdöğen, G., Isık, Z. (2016). Building information modeling (BIM) use in Turkish construction industry, *Procedia Engineering*, 161, 174-179.
- Al-Ashmori, Y. Y., Othman, I., Rahmawati, Y., Amran, Y. M., Sabah, S. A., Rafindadi, A. D. U., Mikić, M. (2020). BIM benefits and its influence on the BIM implementation in Malaysia. *Ain Shams Engineering Journal*, 11(4), 1013-1019.
- Ali, W., Yaakob, M. (2013). *Identifying critical success factors (CSFs) of implementing building information modeling (BIM) in Malaysian construction industry*. Proceedings of The International Conference On Applied Science and Technology 2016, Kedah, 1761
- Alias, Z., Zawaei, E, Yusof, K., Aris, N. (2014), *Determining Critical Success Factors of Project Management Practice: A Conceptual Framework*. 153, 61-69
- Alias, Z., Zawaei, E., Yusof, K., Aris, N. (2014), Determining critical success factors of project management practice: A Conceptual Framework. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 153(61), 61-69.
- Alshawhi, M. (2007). *Rethinking IT in construction and engineering: Organisational readiness*. Taylor & Francis, 288.
- Amuda-Yusuf, G. (2018). Critical success factors for building information modelling implementation. *Construction Economics and Building*, 18(3), 55-73.

- Antwi-Afari, M.F., Li, H., Pearn, E.A., Edwards, D.J. (2018). Critical success factors for implementing building information modelling (BIM): a longitudinal review. *Automation in Construction*. 91, 100-110.
- Andersen, B., Fagerhaug, T. (2006). *Root Cause Analysis*. (2. Baskı). Milwaukee: Quality Press, 98.
- Arayıcı, Y., Coates, P., Koskela, L. (2009). *BIM implementation for an architectural practice*. 26th International Conference on IT in Construction and 1st International Conference on Managing Construction for Tomorrow, İstanbul, 689-696.
- Arayıcı, Y., Coates, P. (2012). A system engineering perspective to knowledge transfer: A case study approach of BIM adoption. *Virtual reality–Human computer interaction*, 2006, 179-206.
- Ayyıldız, Y., Cengiz, A. (2006). Pazarlama Modellerinin Testinde Kullanılabilecek Yapısal Eşitlik Modeli (Yem) Üzerine Kavramsal Bir İnceleme. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 11(2), 63-84.
- Azhar, S., Hein, M., Sketo, B. (2008), *Building Information Modeling (BIM): Benefits, Risks, and Challenges*. Proceedings of the 4 th ASCNational Annual Conference, Auburn, Alabama.
- Bahadır, İ. (2018). *Yapı Bilgi Modellemesi Uygulama Planının Yapı Bilgi Modellemesi Yazılımı Kullanılabilirliğine Etkileri*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul. 78.
- Barison, M. B., Santos, E. T. (2010, November). *Review and analysis of current strategies for planning a BIM curriculum*. In Proceedings of the CIB W78 2010: 27th International Conference, Virginia.
- Bazjanac, V. (2006). *Virtual building environments (VBE)-applying information modeling to buildings*. Yüksek Lisans Tezi, University of California, Berkeley, USA.
- Becerik-Geber, B. (2010). Building Information Modeling in Architecture, Engineering, and Construction: Emerging Research Directions and Trends. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 136(3), 139-147.
- Çağlayan, S. S. (2020). *Developing a Building Information Modeling (BIM) Effectiveness Model for the Turkish Construction Industry*. Doktora Tezi, Boğaziçi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul. 33.
- Campbell, D. A. (2007, April). *Building information modeling: the Web3D application for AEC*. In Proceedings of the twelfth international conference on 3D web technology, Perugia.
- Cannistraro, M. P. (2010). Savings Through Collaboration: A case study on the value of BIM. *Journal of Building Information Modeling*, 29-30.

- Cavlak, H. (2021). Temel Performans Göstergeleri ile Kritik Başarı Faktörleri İlişkisi: Bir Havayolu İşletmesi Uygulaması. *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 43(1), 78-99.
- Çelikel, A. E. (2020). *BIM Tabanlı İnşaat Proje Yönetimi ve Teslimi İçin Akıllı Bir Rehber: İstanbul Havalimanı Vaka Çalışması*. Yüksek Lisans Tezi, Hasan Kalyoncu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gaziantep.
- Çetin, M. (2020). *Mimarlar ve İnşaat Mühendisleri Arasındaki Yapı Bilgi Modelleme Tabanlı Ekip Çalışmalarında İşbirliği Bariyerlerinin ve İyileştirme Yollarının Araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara. 45.
- Chan, D. W., Olawumi, T. O., Ho, A. M. (2019). Critical success factors for building information modelling (BIM) implementation in Hong Kong. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 26(9), 1838-1854.
- Cheng, T., Teizer, J. (2013). Real-time resource location data collection and visualization technology for construction safety and activity monitoring applications. *Automation in Construction*, 34, 3-15.
- Chien, K. F., Wu, Z. H., Huang, S. C. (2014). Identifying and assessing critical risk factors for BIM projects: Empirical study. *Automation in Construction*, 45, 1-15.
- Chileshe, N., John Kikwasi, G. (2014). Critical success factors for implementation of risk assessment and management practices within the Tanzanian construction industry. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 21(3), 291-319.
- Darwish, A. M., Tantawy, M. M., Elbeltagi, E. (2020). Critical success factors for BIM implementation in construction projects. *Saudi Journal of Civil Engineering*, 4(9), 180-191.
- Damanpour, F. (1991), Organizational innovation: a meta-analysis of effects of determinants and moderators, *The Academy of Management Journal*, 34(3), 555-90.
- Damanpour, F., Evan, W. M. (1984). Organizational innovation and performance: the problem of "organizational lag". *Administrative Science Quarterly*, 392-409.
- Doggett, A. M. (2005). Root cause analysis: a framework for tool selection. *Quality Management Journal*, 12(4), 34-45.
- Dossick, C. S., Neff, G. (2010). Organizational divisions in BIM-enabled commercial construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 136(4), 459-467.
- Eastman, C. M. (2011). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. John Wiley & Sons.

- Elwakil, E., Ammar, M., Zayed, T., Mahmoud, M., Eweda, A., Mashhour, I. (2009, Eylül). *Investigation and modeling of critical success factors in construction organizations*. In Construction Research Congress 2009: Building a Sustainable Future, Seattle.
- Erdik, M. (2018). *Yapı Sektöründe YBM Adaptasyonu*. Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir. 41.
- Ergülen, A., Büyükkeklik, A. G. A. (2008). Çevre Yönetiminde Yeni Bir Yaklaşım Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 10(1-2), 33-50.
- Ezcan, V., Isikdag, U., Goulding, J. S. (2013, Mayıs). *BIM and off-site manufacturing: recent research and opportunities*. In 19th CIB World Building Congress Brisbane, Australia.
- Gerges, M., Austin, S., Mayouf, M., Ahiakwo, O., Jaeger, M., Saad, A., El Gohary, T. (2017). An investigation into the implementation of Building Information Modeling in the Middle East. *Journal of Information Technology in Construction*, 22, 1-15.
- Ghaffarianhoseini, A., Tookey, J., Ghaffarianhoseini, A., Naismith, N., Azhar, S., Efimova, O., Raahemifar, K. (2017). Building Information Modelling (BIM) uptake: Clear benefits, understanding its implementation, risks and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 75, 1046-1053.
- Gu, N., London, K. (2010). Understanding and facilitating BIM adoption in the AEC industry. *Automation in Construction*, 19(8), 988-999.
- Güler, C. (2021). *Türk Mimarlık Mühendislik ve İnşaat Endüstrisinde BIM'e Geçiş Süreci*. Yüksek Lisans Tezi, Boğaziçi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul. 28.
- Gürünlü, K. S. (2019). *Investigation of the BIM Implementation Process in the Design Phase: Case of Turkish Companies*. Yüksek Lisans Tezi, Boğaziçi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Hamil, S. (2012), What will BIM mean for design fees?, in Waterhouse, R. (Ed), *National BIM Report*, NBS, 15-16.
- Hanefi, A., Nawi, M. (2016). *Critical success factors for competitiveness of construction companies: A critical review*. Proceedings of The International Conference On Applied Science and Technology, Malezya, 1761.
- Hergunsel, M. F. (2011). *Benefits of Building Information Modeling for Construction Managers and BIM Based Scheduling*. Yüksek Lisans Tezi, Worcester Polytechnic Institute, Worcester.
- Hong, J., Li, C. Z., Xue, F., Li, X., Shen, G. Q. (2018). An Internet of Things-enabled BIM platform for on-site assembly services in prefabricated construction. *Automation in construction*, 89, 146-161.

- İnternet: Patrick J.Hanratty, URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Patrick_J._Hanratty, Son Erişim Tarihi: 15.12.2023.
- İnternet: BIM boyutları – 3D, 4D, 5D, 6D BIM'in açıklaması, URL: <https://www.thenbs.com/knowledge/bim-dimensions-3d-4d-5d-6d-bim-explained>, Son Erişim Tarihi: 4.12.2023.
- İnternet: Tasarım Yazarlığı tanımı, URL: <https://www.lawinsider.com/dictionary/design-authoring>, Son Erişim Tarihi: 2.12.2023.
- Imoudu Enegbuma, W., Godwin Aliagha, U., Nita Ali, K. (2014). Preliminary building information modelling adoption model in Malaysia. *Construction Innovation*, 14(4), 408-432.
- Inusah, Y. (2018). *Türk İnşaat Sektöründe Yapı Bilgi Modellemesi (YBM) Uygulamalarının Yaygınlığı ve Uygulamalardaki Başarı Düzeyleri Üzerine Bir İnceleme*. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya. 66.
- Jolliffe, I. T., Cadima, J. (2016). Principal component analysis: a review and recent developments. *Philosophical transactions of the royal society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 374(2065).
- Jordani, D. (2008). BIM: A healthy disruption to a fragmented and broken process. *Journal of Building Information Modelling*, 2(2), 24-6.
- Jung, Y., Joo, M. (2011). Building information modelling (BIM) framework for practical implementation. *Automation in Construction*, 20(2), 126-133.
- Kaya, O. C. (2020). *YBM Uygulamalarının Önündeki Engeller ve Kolaylaştırıcılar: Türk İnşaatında Kamudaki İşverenlerin Bakışı ve Deneyimleri*. Yüksek Lisans Tezi, Boğaziçi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Karacıgan, A. (2019). *Investigation of the BIM Implementation Process in the Construction Phase: Case of the Turkish Companies*. Yüksek Lisans Tezi, Boğaziçi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul. 73.
- Karahan, U. (2015), *Building Information Modeling (BIM) Implementations in the Turkish Construction Industry*. Yüksek Lisans Tezi, Boğaziçi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kazaz, A. (2016). Construction materials-based methodology for time-cost-quality trade-off problems. *Procedia Engineering*, 164, 35-41.
- Korkmaz, M. (2018). *Proje Performansını Etkileyen Kritik Başarı Faktörleri: Türkiye Restorasyon Projeleri Örneği*. Yüksek Lisans Tezi, Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Iğdır. 51.
- Kiviniemi, A., Bazjanac, V. (2007). Reduction, simplification, translation and interpretation in the exchange of model data. *Lawrence Berkeley National Laboratory*, 78, 163-168.

- Kouhestani, S., Nik-Bakht, M. (2020). IFC-based process mining for design authoring. *Automation in Construction*, 112.
- Köse, G. (2016). *Türk İnşaat Sektörü İÇİN Yapı Bilgi Modeli Uygulama Planı*. Yüksek Lisans Tezi, Beykent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul. 22.
- Kreider, R. G. (2013). *An Ontology of the Uses of Building Information Modeling*. Doktora Tezi, The Pennsylvania State University, Pennsylvania.
- Kymmell, W. (2008). *Building information modeling*. Chicago, IL: McGraw Hill.
- Lee, G., Sacks, R., Eastman, C. M. (2006). Specifying parametric building object behavior (BOB) for a building information modeling system. *Automation in Construction*, 15(6), 758-776.
- Lee, A., Sexton, M.G. (2007). nD modelling: industry uptake considerations. *Construction Innovation*, (7)3, 288-302.
- Leidecker, J. K., Bruno, A. V. (1984). Identifying and using critical success factors. *Long Range Planning*, 17(1), 23-32.
- Leondes, C. T. (Ed.). (2005). *Intelligent knowledge-based systems: business and technology in the new millennium*. London: Boston, MA; Kluwer Academic.
- Leśniak, A., Górka, M., Skrzypczak, I. (2021). Barriers to BIM implementation in architecture, construction, and engineering projects—The polish study. *Energies*, 14(8), 2090.
- Liao, L., Teo, E. A. L. (2017). Critical success factors for enhancing the building information modelling implementation in building projects in Singapore. *Journal of Civil Engineering and Management*, 23(8), 1029-1044.
- Lowry, P. B., Gaskin, J. (2014). Partial least squares (PLS) structural equation modeling (SEM) for building and testing behavioral causal theory: When to choose it and how to use it. *IEEE Transactions on Professional Communication*, 57(2), 123-146.
- Matsunaga, M. (2010). How to Factor-Analyze Your Data Right: Do's, Don'ts, and How-To's. *International Journal of Psychological Research*, 3(1), 97-110.
- Morlhon, R., Pellerin, R., Bourgault, M. (2014). Building information modeling implementation through maturity evaluation and critical success factors management. *Procedia Technology*, 16, 1126-1134.
- Mutai, A. (2009). *Factors Influencing the use of Building Information Modeling (BIM) Within Leading Construction Firms in the United States of America*. Ph. D. Thesis, Indiana State University, Indiana.
- NBMIS, (2007). The National Building Information Modeling Standards.

- Ningappa, G. N. (2011). *Use of Lean and Building Information Modeling (BIM) in the Construction Process; Does BIM Make it Leaner?*, Doktora Tezi, Georgia Institute of Technology University, Atlanta.
- Nývlt, V., Novotný, R. (12 Nisan 2019). *Critical factors affecting a successful BIM integrated design solution*. In MATEC Web of Conferences, Prag. 6,279.
- Qian, A. Y. (2012). Benefits and ROI of BIM for multi-disciplinary project management. *National University of Singapore, Mar*.
- Oo, T. Z. (2014). *Critical Success Factors for Application of BIM for Singapore Architectural Firms*, Ph. D. Thesis, Heriot-Watt University, Edinburg.
- Ozorhon, B., Karahan, U. (2017). Critical success factors of building information modeling implementation. *Journal of Management in Engineering*, 33(3).
- Ozorhon, B., Oral, K. (2017). Drivers of innovation in construction projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 143(4),43
- Öktem, S. (2016). *BIM'e Geçiş Sürecinin Organizasyonel ve Operasyonel Çerçevesi*, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Pihlak, M., Deamer, P., Holland, R., Poerschke, U., Messner, J., Parfitt, K. (2011). Building Information Modeling (BIM) and the impact on design quality. *Architectural Engineering Technology*, 1(101), 2.
- Post, N. (2009). Building team members see progress and problems. *Engineering News-Rec*, 262, 12-28.
- Rockart, J. F., Bullen, C. (1981). A primer on critical success factors. *Center for Information Systems Research Working Paper*, 63-69.
- Rogers, E.M., Schoemaker, F.F. (1971). Communication of Innovations: A Cross Cultural Approach, *The Free Press*, 43-49.
- Rogers, J., Chong, H. Y., Preece, C. (2015). Adoption of Building Information Modelling technology (BIM): Perspectives from Malaysian engineering consulting services firms. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 22(4), 424-445.
- Sacks, R., Eastman, C., Lee, G., Teicholz, P. (2018). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, designers, engineers, contractors, and facility managers*. John Wiley & Sons, 98.
- Sanvido, V., Grobler, F., Parfitt, K., Guvenis, M., Coyle, M. (1992). Critical success factors for construction projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 118(1), 94-111.
- Shang, Z., Shen, Z. (2014). Critical success factors (CSFs) of BIM implementation for collaboration based on system analysis. *In Computing in Civil and Building Engineering* 1441-1448.

- Sinoh, S. S., Othman, F., Ibrahim, Z. (2020). Critical success factors for BIM implementation: a Malaysian case study. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 27(9), 2737-2765.
- Smith, D. K., Tardif, M. (2009). Building information modeling: a strategic implementation guide for architects, engineers, constructors, and real estate asset managers. *John Wiley & Sons*, 43-52.
- Son, H., Lee, S., Kim, C. (2015). What drives the adoption of building information modeling in design organizations an empirical investigation of the antecedents affecting architects' behavioral intentions. *Automation in Construction*, 49, 92-99.
- Succar, B. (2009). Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, 18(3), 357-375.
- Succar, B., Kassem, M. (2015). Macro-BIM adoption: Conceptual structures. *Automation in Construction*, 57, 64-79.
- Takim, R., Amiril, A., Nawawi, A. H., Ab-Latif, S. N. F. (2017). The barriers to sustainable railway infrastructure projects in Malaysia. *The Social Sciences*, 12(5), 769-775.
- Tan, S., (2021), *Türk İnşaat Sektöründe YBM Uygulamalarının Yaygın Kullanılmamasına Neden Olan Faktörlerin Belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Hasan Kalyoncu Üniversitesi, Gaziantep.
- Tan, S., Gümüşburun Ayalp, G., Tel, M. Z., Serter, M., Metinal, Y. B. (2022). Modeling the Critical Success Factors for BIM Implementation in Developing Countries: Sampling the Turkish AEC Industry. *Sustainability*, 14(15).
- Tardif, M., (2008), BIM: Reaching Forward, Reaching Back. *AIArchitect This Week*, 26-34.
- Tatum, C.B., (1989), Organizing to increase innovation in the construction firm, *Journal of Construction Engineering and Management*, 115 (4), 602-17.
- Taylor, J., Levitt, R., (2007). Innovation alignment and project network dynamics: An integrative model for change. *Project Management Journal*, 38(3), 22-35.
- Toor, S., Ogunlana, S., (2008), Problems Causing Delays in Major Construction Projects in Thailand. *Construction Management and Economics*, 26(4), 395-408.
- Tsai M., Mom M. Hsieh S., (2014), Developing critical success factors for the assessment of BIM technology adoption, *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, 37(7), 845-858.
- Türkyılmaz, E., (2016). YBM'nin Mimarlık Eğitim Programı ile Bütünleşmesi Üzerine Bir Çalışma. *Megaron*, 11(1), 78-88.
- Uzun, F. (2019). *BIM-Yapı Bilgi Modellemesine Geçiş ve Uygulama Süreçlerinin İncelenmesi:3 Vaka Analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Maltepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Yaakob, M., Ali, W. N. A. W., Radzuan, K., (2016). Critical success factors to implementing building information modeling in malaysia construction industry. *International Review of Management and Marketing*, 6(8), 252-256.
- Yan, H., Demian, P., (2008). *Benefits and barriers of building information modelling*. Master Thesis, Loughborough University Conferance, Loughborough.
- Yatich, P. B., (2018). *Önde Gelen Ülkelerde BIM Adaptasyonu için Girişimler*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yiğiter, F., (2020). *Yapı Bilgi Modellemesi Uygulamasının Türk Ulaştırma Altyapı Sektörü İçin Bir Değerlendirmesi*. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yusuf, B., Embi, M., Ali, N., (2017). *Academic readiness for building information modelling (BIM) integration to Higher Education Institutions (HEIs) in Malaysia*. 2017 International Conference on Research and Innovation in Information Systems (ICRIIS), Langkawi, 1-6.
- Xu, X., Ding, L., Luo, H., Ma, L., (2014). From Building Information Modeling to City Information Modeling. *Journal of Information Technology in Construction*, 19, 292-307.
- Zahrizan, Z., Ali, N.M., Haron, A.T., Marshall-Ponting, A., Hamid, Z.A., (2013). Exploring the adoption of building information modelling (BIM) in the Malaysian construction industry: a qualitative approach. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 2(8),384-95.
- Zakaria, Z., (2013). Review of financial performance and distress: A case of Malaysian construction companies. *British Journal of Arts and Social Sciences*, 12(2), 147.
- Zhang, D., (2015). *An analysis of building information modelling (BIM) implementation from a planned behavior perspective*. Ph. D. Thesis, Hong Kong University, Hong Kong.





EKLER

EK-1. Anket Formu

Genel Bilgiler (Katılımcı)	
Ad Soyad (Opsiyonel)	Metin girmek için burayı tıklatın.
Yaş	Metin girmek için burayı tıklatın.
Deneyim Yılı	Metin girmek için burayı tıklatın.
BIM Kapsamlı Projelerde Deneyim Yılı	Metin girmek için burayı tıklatın.
Şirketteki Pozisyonu	☐ Tekniker ☐ Mühendis ☐ Mimar ☐ Koordinatör ☐ Departman Şefi / Yönetici ☐ Proje Yöneticisi ☐ Genel Müdür / Genel Müdür Yardımcısı ☐ Şirket Sahibi / Kurul Üyesi ☐ Diğer Metin girmek için burayı tıklatın.

Genel Bilgiler (Şirket)	
Çalıştığınız Şirket Adı/Tanımı (Opsiyonel)	Metin girmek için burayı tıklatın.
Şirketin BIM Kapsamlı Projelerdeki Rolü	☐ Yüklenici ☐ Alt Yüklenici ☐ Danışman ☐ Tasarımcı ☐ Proje Yönetimi ☐ İşveren ☐ Diğer Metin girmek için burayı tıklatın.
Şirket Teknik Kişi Sayısı	☐ 0-30 ☐ 30-60 ☐ 60-100 ☐ 100 Üzeri ☐ Bilmiyorum
Şirketin Yıllık Ciro	☐ 0-10 Milyon ☐ 10-50 Milyon ☐ 50-100 Milyon ☐ 100-500 Milyon ☐ 500 Milyon ve Üzeri
Şirketin Uzmanlık Alanı	☐ Altyapı Projeleri ☐ Üstyapı Projeleri ☐ Su Yapıları ☐ Karayolu Projeleri ☐ Köprü Yapıları ☐ Peyzaj ☐ Diğer Metin girmek için burayı tıklatın.

Genel Bilgiler (Proje (BIM Kapsamlı))	
Çalışılan BIM Kapsamlı Proje Adı	Metin girmek için burayı tıklatın.
Müşteri Türü	☐ Kamu Sektörü ☐ Özel Sektör
Proje Süresi	☐ 0-1 Yıl ☐ 1-3 Yıl ☐ 3-5 Yıl ☐ 5 Yıl ve Üzeri
Projenin Sözleşme Değeri	☐ 0-10 Milyon ☐ 10-50 Milyon ☐ 50-100 Milyon ☐ 100 Milyon ve Üzeri ☐ Bilmiyorum
Projede Gerçekleştirilen BIM Uygulamaları	☐ Tasarım Alternatifleri ☐ İnşa Edilebilirlik Analizleri ☐ Vaziyet Analizi ☐ Maliyet Tahmini ☐ Süreç Analizi ☐ Enerji Simülasyonları ☐ Prefabrikasyon ☐ Tedarik ☐ Tesis Yönetimi ☐ Yıkım Yönetimi
BIM Uygulamalarında Yararlanılan Programlar	☐ Revit ☐ Dynamo ☐ ArchiCAD ☐ Navisworks ☐ Bentley ☐ Allplan ☐ Tekla ☐ BIM360 Docs ☐ Rhino ☐ BIM 360 Design ☐ Grasshopper ☐ Diğer Metin girmek için burayı tıklatın.

EK-1. Anket Formu (devam)

Katılımcıdan, deneyimlerine göre, aşağıdaki ifadelerle *ne ölçüde katılıp-katılmadığını* belirtmesi istenir. Lütfen faktörleri 1-5 arası bir ölçekte değerlendirin.

İNSAN FAKTÖRLERİ – [manpower]	Hiç Katılmıyorum	Kısmen Katılmıyorum	Kararsızım	Kısmen Katılıyorum	Tamamen Katılıyorum
Kişilerin BIM konusundaki farkındalık düzeyi BIM kullanımını etkiler.	☐	☐	☐	☐	☐
Kişilerin BIM konusundaki yetkinlik düzeyi BIM kullanımını etkiler.	☐	☐	☐	☐	☐
Kişilerin birlikte çalışabilirliğe uyum kabiliyetleri BIM kullanımını etkiler.	☐	☐	☐	☐	☐
Kişilerin yeni kavramları benimseme karşısındaki tutumları/tavırları BIM kullanımını etkiler.	☐	☐	☐	☐	☐
Kişilerin bilgisayar destekli programları öğrenme ve uygulama yeteneği BIM kullanımını etkiler.	☐	☐	☐	☐	☐
Geleneksel proje yönetiminden farklı olarak BIM’de , net sınırlar çizilerek kişilerin sorumlu olunan alanlarının belirli olması BIM kullanımını etkiler.	☐	☐	☐	☐	☐

Katılımcıdan, deneyimlerine göre, aşağıdaki ifadelerle *ne ölçüde katılıp-katılmadığını* belirtmesi istenir. Lütfen faktörleri 1-5 arası bir ölçekte değerlendirin.

ÇEVRE FAKTÖRLERİ – [environment]	Hiç Katılmıyorum	Kısmen Katılmıyorum	Kararsızım	Kısmen Katılıyorum	Tamamen Katılıyorum
Kamu projelerinde, devletin BIM kullanımına teşviği, genel BIM kullanımını etkiler.	☐	☐	☐	☐	☐
İnşaat sektörünün BIM kullanımına yönelik farkındalık düzeyi, BIM kullanımını etkiler.	☐	☐	☐	☐	☐
İnşaat sektörünün BIM kullanımını destekleyici organizasyon kültürünü içermesi (yaygınlaştırılması için toplantılar, seminerler vb.), BIM kullanımını etkiler.	☐	☐	☐	☐	☐
BIM kullanımının inşaat sektörü paydaşları arasında rekabet oluşturmaya, BIM kullanımını etkiler.	☐	☐	☐	☐	☐
Kurum ve kurumlar arasında üst ve orta yönetimin BIM kullanımında destekleyici olması, BIM kullanımını etkiler.	☐	☐	☐	☐	☐
BIM konusunda küresel bir değişim oluşu, BIM kullanımını etkiler.	☐	☐	☐	☐	☐
Projelerde müşterin BIM bilgisi ve kullanım talebi BIM kullanımını etkiler.	☐	☐	☐	☐	☐
BIM kullanımı, şirket imajını etkiler.	☐	☐	☐	☐	☐

EK-1. (devam) Anket Formu

Katılımcıdan, deneyimlerine göre, aşağıdaki ifadelerle *ne ölçüde katılıp-katılmadığını* belirtmesi istenir. Lütfen faktörleri 1-5 arası bir ölçekte değerlendirin.

TEKNİK FAKTÖRLER – [material]	Hiç Katılmıyorum	Kısmen Katılmıyorum	Kararsızım	Kısmen Katılıyorum	Tamamen Katılıyorum
BIM kapsamında kullanılan programların, kapsamlı belgeleme yapabilmesi , BIM kullanımını etkiler.	☐	☐	☐	☐	☐
BIM kapsamında kullanılan programların, doğru miktar bilgisi çıkartabilmesi , BIM kullanımını etkiler.	☐	☐	☐	☐	☐
BIM kapsamında kullanılan programların, çakışma algılama yetenekleri , BIM kullanımını etkiler.	☐	☐	☐	☐	☐
BIM kapsamında kullanılan programların, simülasyon imkanları , BIM kullanımını etkiler.	☐	☐	☐	☐	☐
BIM kapsamında kullanılan programların, tasarım seçenekleri analizi yapabilmesi , BIM kullanımını etkiler.	☐	☐	☐	☐	☐
BIM kapsamında kullanılan programların, süreç programlanması yapabilmesi , BIM kullanımını etkiler.	☐	☐	☐	☐	☐
Farklı disiplinlerin kullandığı farklı yazılım çeşitliliğinin mevcudiyetine karşın, bilgileri standart (ortak) bir formatta elde edebilme imkanı , BIM kullanımını etkiler.	☐	☐	☐	☐	☐
Eş zamanlı, aynı dosya proje üzerinde çalışabilme imkanı , BIM kullanımını etkiler.	☐	☐	☐	☐	☐
Şirket içerisinde teknik ekipman (yazılım-donanım) mevcudiyeti , BIM kullanımını etkiler..	☐	☐	☐	☐	☐
Şirket içerisinde teknik ekip (IT (bilişim teknolojisi) uzmanı) mevcudiyeti , BIM kullanımını etkiler.	☐	☐	☐	☐	☐
3D kütüphanelere-modellere erişebilmek , BIM kullanımını etkiler.	☐	☐	☐	☐	☐

Katılımcıdan, deneyimlerine göre, aşağıdaki ifadelerle *ne ölçüde katılıp-katılmadığını* belirtmesi istenir. Lütfen faktörleri 1-5 arası bir ölçekte değerlendirin.

FİNANSAL FAKTÖRLERİ – [finance]	Hiç Katılmıyorum	Kısmen Katılmıyorum	Kararsızım	Kısmen Katılıyorum	Tamamen Katılıyorum
BIM kuruluşunda ilk yatırımın (yazılım,donanım, teknik alt yapı vb.) maliyetleri , BIM kullanımını etkiler.	☐	☐	☐	☐	☐
BIM yeterliliğindeki çalışan personel maaşları , BIM kullanımını etkiler.	☐	☐	☐	☐	☐
Gelişen bir süreç olan BIM kullanımı için daimi danışman maliyetleri , BIM kullanımını etkiler.	☐	☐	☐	☐	☐
Yatırım getirisinin olması, BIM kullanıma etki eder.	☐	☐	☐	☐	☐
Risk kaynaklı yapım maliyetlerine etkisi , BIM kullanımını etkiler.	☐	☐	☐	☐	☐

EK-1. (devam) Anket Formu

Katılımcıdan, deneyimlerine göre, aşağıdaki ifadelerle **ne ölçüde katılıp-katılmadığını** belirtmesi istenir. Lütfen faktörleri 1-5 arası bir ölçekte değerlendirin.

METOT FAKTÖRLERİ – [management]	Hiç Katılmıyorum	Kısmen Katılmıyorum	Kararsızım	Kısmen Katılıyorum	Tamamen Katılıyorum
BIM kullanımına yönelik standartların mevcudiyeti , BIM kullanımını etkiler.	☐	☐	☐	☐	☐
BIM Uygulama Planının Hazırlanmasının					
Şirket içi etkin lider/yönetici mevcudiyeti , BIM kullanımını etkiler.	☐	☐	☐	☐	☐
Şirket içi etkin uygulayıcı ekip mevcudiyeti , BIM kullanımını etkiler.	☐	☐	☐	☐	☐
Şirketin içi BIM politikasının varlığı/işlerliği , BIM kullanımını etkiler.	☐	☐	☐	☐	☐
Üniversitelerde BIM eğitimlerinin varlığı , BIM kullanımını etkiler.	☐	☐	☐	☐	☐
Sektör bazında BIM eğitimlerini varlığı , BIM kullanımını etkiler.	☐	☐	☐	☐	☐
Geleneksel süreçten BIM'e geçiş sürecindeki değişim/etkilenme durumu , BIM kullanımını etkiler.	☐	☐	☐	☐	☐
BIM'in kullanıcı tarafından öğrenilme/benimsenme süreçleri , BIM kullanımını etkiler.	☐	☐	☐	☐	☐
Projeyi işleme ve süreç adımlarındaki sayıların artışı , BIM kullanımını etkiler.	☐	☐	☐	☐	☐
İlgili belge/süreç/yazılım/kaynakların kullanıcıların ana dilinde olması, BIM kullanımını etkiler.	☐	☐	☐	☐	☐

EK-2. Etik Kurul Onayı

Evrak Tarih ve Sayısı: 19.08.2022-E.427543



T.C.
GAZİ ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Etik Komisyonu

Sayı : E-77082166-302.08.01-427543
Konu : Bilimsel ve Eğitim Amaçlı

19.08.2022

Dağıtım Yerlerine

Üniversitemiz Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Ana Bilim Dalı **Yüksek Lisans Öğrencisi Damla KALAY'ın, Doç. Dr. Zeynep Yeşim İLERİSOY'un** danışmanlığında yürüttüğü **"Türkiye İnşaat Sektöründe Mimarlar İçin Yapı Bilgi Modellemesi Uygulamasında Kritik Başarı Faktörlerinin Belirlenmesi"** adlı tez çalışması ile ilgili konu Komisyonumuzun **21.06.2022** tarih ve **12** sayılı toplantısında görüşülmüş olup,

İlgilinin çalışmasının, yapılması planlanan yerlerden izin alınması koşuluyla yapılmasında etik açıdan bir sakınca bulunmadığına oybirliği ile karar verilmiş ve karara ilişkin imza listesi ekte gönderilmiştir.

Bilgilerinizi rica ederim.

EK-2. (devam) Etik Kurul Onayı

Evrak Tarih ve Sayısı: 19.08.2022-E.427543	
GAZİ ÜNİVERSİTESİ	
ETİK KOMİSYONU KATILIM LİSTESİ	
TOPLANTI TARİHİ : 21/06/2022	TOPLANTI SAYISI : 12
ADI – SOYADI	
Prof. Dr. İsmail KARAKAYA BAŞKAN	
Prof.Dr.Kemal ÖZTEMEL BAŞKAN YRD.	
Prof.Dr.C.Haluk BODUR	
Prof.Dr.Seçil ÖZKAN	
Prof.Dr.Cevriye TEMEL GENCER	
Prof.Dr.İsmet YÜKSEL	
Prof.Dr.Aymelek GÖNENÇ	
Prof.Dr.Gülay BAYRAMOĞLU	
Prof.Dr.Makbule GEZMEN KARADAĞ	
Prof.Dr.Zehra GÖÇMEN BAYKARA	
Prof.Dr.İlyas OKUR	
Doç.Dr.Nihan KAFA	
Doç.Dr.Melek Gülşah ŞAHİN	

Bu belge,güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

EK-3. İstanbul Büyükşehir Belediyesi İzin Yazısı



T.C.
İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYE BAŞKANLIĞI
Raylı Sistem Dairesi Başkanlığı
Anadolu Yakası Raylı Sistem Şube Müdürlüğü

Sayı : E-92307155-804.99-2023.572488
Konu : Bilgi Belge Talebi

DAĞITIM YERLERİNE



Gazili Olmak Ayrıcalıktır