

T.C.  
HASAN KALYONCU ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
MİMARLIK ANABİLİM DALI



**TÜRKİYE'DE BIM KULLANIMININ YAYGINLAŞMASININ  
ÖNÜNDEKİ ENGELLERİN TESPİTİ, ÖNEM DERECESİ VE YOL  
HARİTASI ÖNERİSİ**

**Merve KILINÇ YİĞİT**

**YÜKSEK LİSANS**

**GAZİANTEP - 2024**



## LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ TEZ KABUL VE ONAY FORMU

..... .Anabilim Dalı Yüksek Lisans / Doktora Programı öğrencisi  
..... tarafından hazırlanan “.....” başlıklı tez,  
...../...../..... tarihinde yapılan savunma sınavı sonucu **başarılı** bulunarak jürimiz  
tarafından **Doktora Tezi** olarak kabul edilmiştir.

| <u>Görevi</u> | <u>Unvanı, Adı ve Soyadı</u> | <u>Kurumu/Üniversitesi</u> | <u>İmzası:</u> |
|---------------|------------------------------|----------------------------|----------------|
| Tez Danışmanı | .....                        | .....                      | .....          |
| Jüri Başkanı  | .....                        | .....                      | .....          |
| Jüri Üyesi    | .....                        | .....                      | .....          |
| Jüri Üyesi    | .....                        | .....                      | .....          |
| Jüri Üyesi    | .....                        | .....                      | .....          |

**Bu tez Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu kararı ile onaylanmıştır.**

Doç. Dr. Ufuk AKBAŞ  
Enstitü Müdürü

## TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

## DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Merve KILINÇ YİĞİT

Tarih:

HASAN KALYONCU ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
MİMARLIK ANABİLİM DALI

**TÜRKİYE’DE BIM KULLANIMININ YAYGINLAŞMASININ  
ÖNÜNDEKİ ENGELLERİN TESPİTİ, ÖNEM DERECESESİ VE YOL  
HARİTASI ÖNERİSİ**

**Merve KILINÇ YİĞİT**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Danışman  
Dr. Öğr. Üyesi Merve ANAÇ**

**ÖZET**

BIM’in inşaat sektöründe birçok avantajı olduğu bilinmektedir ancak gelişmekte olan ülkelerin BIM (Yapı Bilgi Modellemesi) süreçlerine geçişinde çeşitli sorunlarla karşılaşmaktadır. Gelişmiş ülkelerde BIM’in inşaat sektöründeki olumlu etkileri göz önünde bulundurulduğunda, Türkiye’de bu yöntemin benimsenmesine yönelik bir direnç algılanmakta ve bu direncin nedenleri araştırılmaktadır. Bu çalışma, Türkiye’de BIM’in yaygın olarak benimsenmesinin önündeki engelleri tespit etmeyi ve bunların önem düzeylerini belirlemeyi amaçlamaktadır. Çalışmada sistematik literatür taraması ile 112 adet makale incelenmiş ve literatürde BIM’e geçiş sürecindeki engeller tespit edilmiştir. Daha sonra Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemi ile bu faktörlerin önem derecelerinin belirlenmesi ve sektörde BIM’in daha etkin bir şekilde benimsenmesi amacıyla yol haritası önerisi sunulması amaçlanmıştır. Çalışma, BIM sistemine geçiş sürecinde karşılaşılan engellerin önem sırasına göre derecelendirilmesi ve çözüm önerileri geliştirilmesi açısından önem taşımaktadır. Bu çalışmanın, Türkiye’de BIM’e geçiş sürecindeki engellerin tespit edilmesi ve bunların çözümüne yönelik stratejiler geliştirilmesi ile inşaat sektöründe etkin BIM uygulamalarının yaygınlaştırılmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Building Information Modeling, AHP, engeller, önem düzeyi, Analitik Hiyerarşi Prosesi.

HASAN KALYONCU UNIVERSITY  
GRADUATE EDUCATION INSTITUTE  
DEPARTMENT OF ARCHITECTURE

**IDENTIFYING THE OBSTACLES AND PRIORITIZING THE  
SIGNIFICANCE LEVELS FOR THE ADOPTION OF BIM IN  
TURKEY**

**Merve KILINÇ YİĞİT**

**MASTER THESIS**

**Advisor**  
**Dr. Öğr. Üyesi Merve ANAÇ**

**ABSTRACT**

It is known that BIM has many advantages in the construction sector, but various problems are encountered in the transition of developing countries to BIM (Building Information Modelling) processes. Considering the positive effects of BIM in the construction sector in developed countries, a resistance to the adoption of this method in Turkey is perceived and the reasons for this resistance are investigated. This study aims to identify the barriers to the widespread adoption of BIM in Turkey and to determine their importance levels. In the study, 112 articles were analysed through a systematic literature review and the barriers in the process of transition to BIM were identified in the literature. Then, it is aimed to determine the importance levels of these factors with the Analytic Hierarchy Process (AHP) method and to propose a road map for a more effective adoption of BIM in the sector. The study is important in terms of rating the obstacles encountered in the process of transition to BIM system according to their importance and developing solution suggestions. It is thought that this study will contribute to the dissemination of effective BIM applications in the construction sector by identifying the obstacles in the process of transition to BIM in Turkey and developing strategies for their solution.

**Keywords:** Building Information Modeling (BIM), AHP, barriers, level of significance, Analytic Hierarchy Process.

## ÖNSÖZ

Tez çalışmasının ülkemizin inşaat sektöründeki dijitalleşme sürecine katkı sağlayacağına olan inancım tamdır ve bu konuda yapılacak diğer çalışmalara yol gösterici olmasını umuyorum.

Bu çalışmanın tamamlanmasında bana destek olan, bilgi ve birikimleriyle yol gösteren birçok değerli kişi ve kuruma teşekkürü bir borç bilirim. Öncelikle, tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Merve ANAÇ'a, tezin her aşamasında sağladığı rehberlik, bilgi ve sabır için sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, BIM konusunda derinlemesine bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan, sektördeki profesyonel görüşlerini sunan uzmanlara ve katılımcılara da teşekkürü borç bilirim. Katkıları, bu çalışmanın içeriğini zenginleştirmiş ve bulguların sektörel ihtiyaçlarla daha uyumlu hale gelmesini sağlamıştır.

Çalışma sürecinde manevi desteklerini esirgemeyen aileme, eşime, arkadaşlarıma ve bana inanan herkese en içten teşekkürlerimi sunarım. Beni gelişmeye ve ilerlemeye her daim teşvik eden, yürüdüğüm yolu aydınlatan, gönlümü ferahlatan babam ve ilgisini esirgemedi beni cesaretlendiren annem, tüm başarılarımın kaynağıdır. Kendilerine saygılarımı ve minnetlerimi sunuyorum. Son olarak bu zorlu süreçte sabrı, anlayışı ve desteği ile yanımda olan biricik eşime teşekkür ederim. Bu tezin, BIM teknolojisinin Türkiye'de yaygınlaşmasına katkı sağlayarak sektörde daha verimli bir çalışma ortamının yaratılmasına destek olmasını temenni ediyorum.

Merve KILINÇ YİĞİT  
Gaziantep - 2024

# İÇİNDEKİLER

|   |            |
|---|------------|
| <b>ÖZ</b> .....   | <b>iv</b>  |
| <b>ABSTRACT</b> .....   | <b>v</b>   |
| <b>ÖNSÖZ</b> .....  | <b>vi</b>  |
| <b>İÇİNDEKİLER</b> .....  | <b>vii</b> |
| <b>SİMGELER VE KISALTMALAR</b> .....                                | <b>ix</b>  |
| <b>1. GİRİŞ</b> .....   | <b>1</b>   |
| 1.1. Problem Tanımı .....   | 2          |
| 1.2. Çalışmanın Amacı .....   | 2          |
| 1.3 Çalışmanın Önemi .....  | 3          |
| 1.4. Çalışmanın Sınırlılıkları .....                                | 3          |
| <b>2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE</b> .....                                   | <b>5</b>   |
| 2.1. BIM Nedir?.....  | 5          |
| 2.2. BIM'in Tarihi ve Gelişimi.....                                 | 6          |
| 2.3. BIM' in Temel Kavramları ve Standartları .....                 | 6          |
| 2.4. BIM' in Avantajları .....                                      | 9          |
| 2.4.1. Planlama .....   | 10         |
| 2.4.2. Tasarım .....  | 11         |
| 2.4.3. Yapım .....  | 13         |
| 2.4.4. Kullanım .....   | 16         |
| 2.5. Dünya Geneline BIM Kullanımının Yaygınlığı .....               | 16         |
| 2.6. Türkiye Geneline BIM Kullanımının Yaygınlığı .....             | 18         |
| 2.7. BIM' in Benimsenmesinin Önündeki Engeller .....                | 21         |
| 2.7.1. Alt Yapı Ve Teknolojik Bariyerler .....                      | 24         |
| 2.7.2. Kültür Ve Eğitim İle İlişkili Bariyerler .....               | 25         |
| 2.7.3. Standartlar Ve Hukuki Bariyerler .....                       | 25         |
| 2.7.4. Süreç Ve Finansal Bariyerler .....                           | 26         |
| 2.7.5. Veri Kaybı Ve Güvenlik Bariyerleri .....                     | 27         |
| 2.7.6. Teşvik Ve Taleplere Yönelik Bariyerler .....                 | 28         |
| 2.7.7. Değişim İsteksizliği Bariyerleri.....                        | 29         |
| <b>3. MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....                                  | <b>30</b>  |
| 3.1. Engellerin Belirlenmesi (SLR) .....                            | 30         |
| 3.2. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP).....                          | 32         |
| 3.2.1 Uygulama Adımları .....                                       | 33         |
| 3.3 Anket Tasarımı .....  | 40         |
| <b>4. ARAŞTIRMA BULGULARI</b> .....                                 | <b>41</b>  |
| 4.1. Tutarlı Verilerin Anket Değerlendirilmesi (1. Katılımcı) ..... | 41         |

|   |            |
|---|------------|
| 4.2. Tutarlı Verilerin Anket Değerlendirilmesi (2. Katılımcı) ..... | 55         |
| 4.3. Tutarlı Verilerin Anket Değerlendirilmesi (3. Katılımcı) ..... | 70         |
| 4.4 Tutarlı Anket Sonuçlarının Değerlendirilmesi .....              | 84         |
| 4.5. ROAD MAP .....   | 87         |
| <b>5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....</b>                                 | <b>97</b>  |
| 5.1 Tartışma .....  | 97         |
| 5.2 Gelecek alışmalar .....  | 99         |
| <b>KAYNAKÇA.....</b>  | <b>101</b> |
| <b>ZGEMİş .....</b>   | <b>110</b> |





## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Kısaltmalar

?: Yüzde

( $\lambda_{max}$ ): Özdeğer

ABD: Amerika Birleşik Devletleri

AEC: Architectural, Engineering and Construction (Mimari, Mühendislik ve İnşaat)

AHP: Analitik Hiyerarşi Prosesi

AIA: The American Institute of Architects (Amerikan Mimarlar Enstitüsü)

BAE: Birleşik Arap Emirlikleri

BBM: Bina Bilgi Modelleme

BCA: Building and Construction Authority (Yapı ve İnşaat Kurumu)

BIM: Building Information Modelling (Yapı Bilgi Modellemesi)

BIMM: BIM Maturity (BIM Olgunluğu)

BT: Bilgi Teknolojisi

BTI: British Standards Institute (İngiliz Standartlar Enstitüsü)

CAD: Computer Aided Design (Bilgisayar Destekli Tasarım)

CAGR: Compound Annual Growth Rate (Bileşik Yıllık Büyüme Oranı)

CI: Tutarlılık İndeksi

CDE: Common Data Environment (Ortak Veri Ortamı)

CFI: Comparative Fit Index (Karşılaştırmalı Uyum İndeksi)

COBie: Construction Operations Building Information Exchange (İnşaat İşletmesi ve Yapı Bilgi Transferi)

CO<sub>2</sub>: Karbondioksit Molekülü Formülü

CR: Tutarlılık Oranı

HVAC: Heating, Ventilating and Air Conditioning (Isıtma, Soğutma ve Havalandırma Sistemleri)

IDM: Internet Download Manager (İnternet İndirme Yöneticisi)

IFC: Industry Foundation Classes (Endüstri Temel Sınıfları)

LOD: Level of Detail (Detay Seviyesi)

LOD: Level of Development (Gelişim Seviyesi)

MEP: Mechanical, Electrical, Plumbing (Mekanik, Elektrik, Sıhhi Tesisat)

NATSPEC: The Australian National Building Specification System (Avustralya Ulusal Bina Şartname Sistemi)

NBS: The National Building Specification (Ulusal Yapı Şartnamesi)

NBIMS: National Building Information Modelling Standarts (Ulusal Yapı Bilgi Modelleme Standartları)

nD: n Dimensions (n sayıda boyuta sahip)

PMI: Project Management Institute (Proje Yönetim Enstitüsü)

RI: Rastgele Tutarlılık İndeksi

SLR: Sistematik Literatür Taraması

S: Öncelik Vektörü

WoS: Web of Science (Bilim Ağı)

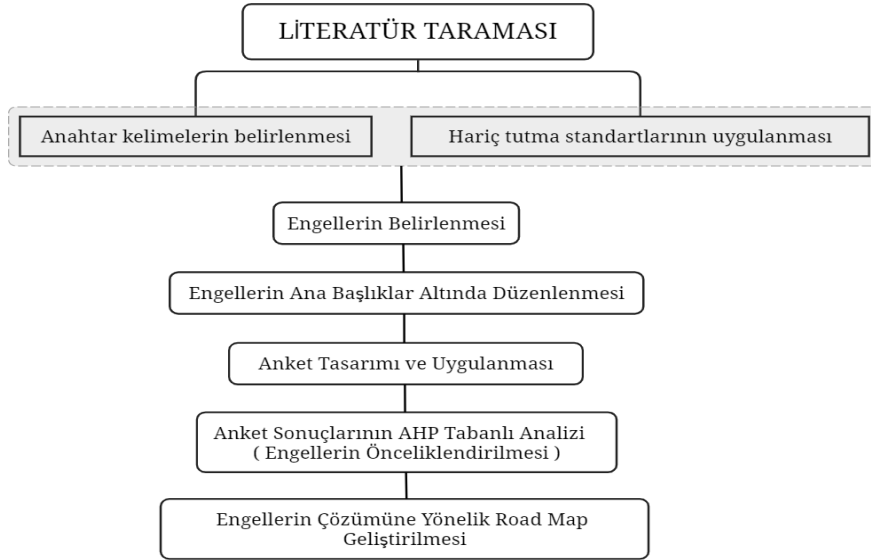
USACE: US Army Corps of Engineers- United States (ABD Ordusu Mühendisler Birliği - Amerika Birleşik Devletleri)

YBM: Yapı Bilgi Modellemesi

## 1. GİRİŞ

İnşaat sektörü, bir ülkenin ekonomik durumunu, gelişmişliğini ve sosyokültürel durumunu yansıtan temel bir faktördür. Bu sektör, ülkelerin teknolojik gelişim etkisiyle sürekli olarak dönüşmekte ve yenilenmektedir. Son yıllarda gelişmiş ülkelerin yapım, tasarım ve uygulama süreçlerine bakıldığında BIM sistemlerinin kullanıldığı görülür. Building Information Modeling (BIM), yenilikçi bir dijital tasarım ve inşaat yönetimi sürecidir. BIM, projenin yaşam döngüsü boyunca bilgiyi entegre etmek, paylaşmak ve yönetmek için kullanılan kapsamlı bir yaklaşımı ifade etmektedir. Türkiye, ekonomik büyüme ve kentsel dönüşüm gibi dinamiklerle inşaat sektöründe önemli bir gelişme göstermektedir. Ancak, diğer gelişmiş ülkelerle karşılaştırıldığında, BIM ile ilgili küresel bazda değerlendirilme yapıldığında Türkiye'nin başlangıç aşamasında olduğu ifade edilebilir (Erdik vd., 2020). Bu bağlamda Türkiye'deki inşaat sektörünün BIM kullanımında geri kaldığı gözlemlenmektedir. Bunun kök sebeplerinden biri Türkiye'de BIM kullanımına yönelik direnç olmasıdır. Yapılan araştırmalar sonucunda Türkiye'deki birçok firma tarafından yaygın olarak benimsenmediği tespit edilmiştir (Namlı vd., 2019). Bu durum, sektördeki potansiyelin tam olarak değerlendirilmediğini ve verimlilik açısından önemli fırsatların kaçırıldığını işaret etmektedir. BIM kullanımının yaygınlaşması ile tasarımda, uygulamada, ve yönetimde bir çok avantaj sağlayacağı düşünülür.

Çalışma akış diyagramında görüldüğü üzere (Şekil 1) çalışma kapsamında Türkiye'de BIM kullanımının yaygınlaşmasının önündeki engelleri belirlemek, bu engellerin önem derecesini değerlendirmek ve bir yol haritası önerisi sunmayı hedeflenmektedir. Bu bağlamda Türkiye'nin inşaat sektöründe dijital dönüşümünü hızlandırmak ve sektördeki rekabet gücünü artırmak amacıyla önemli bir katkı sağlayacağı düşünülmektedir. BIM' in benimsenmesinin önünde bazı engeller olduğu düşüncesi, araştırmanın temel motivasyonunu ve bağlamını oluşturarak, Türkiye'deki inşaat sektöründe BIM kullanımının yaygınlaşması için atılması gereken adımların önemini vurgulamaktadır.



Şekil 1. Çalışma Akış Diyagramı

### 1.1. Problem Tanımı

Gelişmiş ülkelerde BIM in kullanımının inşaat sektöründe olumlu etkilerinin olduğu görülmektedir. Ancak Türkiye’de BIM kullanımına yönelik bir direnç olduğu düşünülmektedir (Namlı vd., 2019). Türkiye’de BIM kullanımında diğer ülkelere göre yaygın olmadığı birçok firma tarafından kullanımına yönelik bir direnç olduğu tespit edilmiştir. Yapılan literatür çalışmalarında ulusal ve uluslar arası düzeyde BIM kullanımının önündeki engeller tespit edilmeye çalışılmıştır (Liu vd., 2015). Ancak bu engellerin önem derecelerinin tespitine yönelik Türkiye’de herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Buna ek olarak engellerin çözümüne yönelik bir yol haritası da sunulmamıştır. Bu durum BIM’e geçiş sürecindeki engellerin devam etmesine neden olduğu gibi, Türk inşaat sektörünün gelişmesi bakımından da olumsuz etkilenmesine sebep olur. Sonuç olarak bu çalışma kapsamında Türkiye’de BIM süreçlerine geçiş engellerinin çözümüne yönelik bir yol haritasının olmaması problem olarak tanımlanmaktadır.

### 1.2. Çalışmanın Amacı

Ulusal ve uluslararası literatür çalışmalarında BIM kullanımının önündeki engeller belirlenmeye çalışılmış olsa da, bu engellerin Türkiye'deki önem derecelerine yönelik herhangi bir çalışma bulunamamıştır. Bu bağlamda, Türkiye'de BIM kullanımının yaygınlaşmasını engelleyen faktörlerin tespit edilmesi ve çözüm önerilerinin sunulması büyük önem taşımaktadır. Bu çalışma kapsamında öncelikle

sistemik literatür taraması ile BIM' e geçiş sürecindeki engeller tespit edilecektir. Tespit edilen engeller uzman görüşlerine sunulacak ve faktörlerin birbiri üzerindeki önem dereceleri vurgulanacaktır. Ardından AHP (Analitik Hiyerarşi Prosesi) yöntemi ile faktörlerin önem dereceleri hesaplanacaktır. Son olarak önem dereceleri tespit edilen faktörlerin çözümüne yönelik strateji geliştirilerek bir yol haritası önerilecektir.

### **1.3 Çalışmanın Önemi**

Geleneksel yöntemlere göre birçok avantaj sağlayan BIM sistemine geçiş sürecinde, süreci etkileyen engeller için çözüm önerisi sunulması çalışmanın önemini oluşturmaktadır. Ardından engellerin önem dereceleri belirlemede AHP yönteminin kullanılması ve yol haritası geliştirilmesi bu çalışmanın özgünlüğünü oluşturur. Bu harita ile BIM'in benimsenmesinin önündeki engellerin çözümüne yönelik yenilikçi öneriler geliştirilecektir. Bu çalışma literatürdeki boşluğu doldurarak Türkiye'deki BIM'e geçiş süreçlerinin hızlanması ve gelişmesine ışık tutacaktır.

### **1.4. Çalışmanın Sınırlılıkları**

Bu çalışma, Türkiye'de BIM kullanımının önündeki engellerin belirlenmesi, bu engellerin önem derecelerinin saptanması ve BIM kullanımının yaygınlaşması için bir yol haritası önerisi sunulması amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma, Türkiye'deki BIM kullanımının yaygınlaşmasını etkileyen faktörleri ele almakla birlikte, bu faktörlerin yalnızca belirli coğrafi bölgelerde veya şehirlerdeki durumunu değil, Türkiye için genel bir perspektif sunmayı hedeflemektedir. BIM kullanımının yaygınlaşmasını engelleyen faktörlerin tespiti, önem derecesi ve yol haritası önerisi gibi genel konulara odaklanmaktadır. BIM'e geçiş süreçlerindeki engellerin tespiti için Sistemik Literatür Taraması yöntemi kullanılmaktadır. İlgili konudaki ulusal ve uluslararası kaynaklar Sistemik Literatür taraması yöntemi ile incelenmiştir.

Çalışmada BIM'in benimsenmesinin önündeki engelleri belirlemek için ulusal ve uluslararası kaynakların incelenmesinde Sistemik Literatür Taraması (SLR) kullanılmıştır. SLR tekniği, ilgili çalışmaları bulmayı, bunları eleştirel bir şekilde değerlendirmeyi ve bu çalışmalardan veri toplayıp işlemeyi amaçlamaktadır. Bu metodolojiye göre, bu çalışmada Türk inşaat sektöründe BIM'in uygulanmasının önündeki engeller hakkında açık ve eleştirel bir bakış açısıyla bilgi toplamak için bir SLR kullanılmıştır. SLR yönteminde veri tabanı olarak Web of Science (WoS) veri tabanı kullanıldı. 2000 ila 2023 yıllarını kapsayan araştırmanın ilk sonuçlarında 2796 yayın yer aldı. Daha sonra, tarama aşaması boyunca kesin dâhil etme ve hariç tutma

standartları uygulanmıştır. Bu bağlamda 2684 anket ve elde edilen tüm belgeler incelenmiştir. Sonuç olarak anket sorularına temel oluşturacak 112 makale seçilmiştir. Sistematik literatür taraması sonucunda 32 engel tespit edilerek alt başlıklar altında gruplandırıldı. Daha sonra alt başlıklar 7 ana başlık altında düzenlendi.

Bu çalışmada BIM kullanım önündeki engellerin tespiti ve önem derecesinin belirlenmesi için çalışma Türkiye ile kısıtlanmıştır. Bir diğer kısıt ise LoD kullanım seviyelerine göredir. Bu seviyeler Şekil 2’de görüldüğü gibidir. Önem derecesinin tespitinde LoD 100 seviyesinde BIM kullanan uzmanlara anket çalışmaları yapılmıştır.

| Gelişim seviyesi |   |  |  |  |   |  |
|------------------|---|--|--|--|---|--|
| H<br>B<br>I<br>M | LoD 100<br>Ön Tasarım   | LoD 200<br>Dijital<br>Dokümantasyon  | LoD 300<br>Olduğu gibi<br>Modelleme  | LoD 400<br>Tasarım<br>Geliştirme<br>Koruma   | LoD 500<br>Yapım<br>Aşaması   | LoD 600<br>Tesis Yönetimi  |
|                  | Gerekli HBIM Geometri Seviyesi  |  |  |  |   |  |
|                  | <b>LoD 100</b><br>Konsept Model<br>Tarihi Raporlar<br>Arşiv<br>Çizimler<br>Resimler | <b>LoD 200</b><br>Uygun Geometri<br>Tarihi Raporlar<br>Doğrulanmış Veriler<br>2D/3D Çizimler<br>Resimler | <b>LoD 300</b><br>Kesin Geometri<br>Tarihi Raporlar<br>Doğrulanmış Veriler<br>Parametrik objeler | <b>LoD 400</b><br>Malzeme<br>Bozulma Haritaları<br>Teshis<br>Alan Verileri<br>Enerji Analiz Verileri | <b>LoD 500</b><br>Uygulama Verileri<br>Saha Yönetimi<br>Müdahale Planlama | <b>LoD 600</b><br>-Yapı Yaşam<br>döngü yönetimi<br>-Yapı Yaşam<br>Döngü Maliyet<br>Yönetimi<br>-Yapı enerji yönetimi<br>-Atık Yönetimi |

Şekil 2. LoD (Level of Detail) Gelişim Seviyesi (Anaç, 2022)

- 1) LoD 100 yapının ön tasarım bilgilerini, genel çerçeveyi ve çeşitli fotoğrafları içermektedir.
- 2) LoD 200'de yapıya dair tam ve doğru bir geometrik bilgi olmasa bile yapı geometri bilgisini içermektedir.
- 3) LoD300'de yapının en doğru geometrik bilgileri olması gerekir.
- 4) LoD 400 yapının malzeme bilgilerini, teknik özelliklerini, yapı bozulmaları teşhis bilgilerini, alana dair verileri ve çeşitli analize olanak verecek semantik bilgileri içermelidir.
- 5) LoD 500'de uygulama aşamasında gerekli olan bilgileri içerir.
- 6) LoD 600 ise yapının yenileme sonrası tüm yaşam döngüsü boyunca kullanılan bilgilerin 67 yönetilmesi için gerekli olan bilgileri içermektedir (Daniotti vd., 2020; Anaç, 2022).

## 2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

BIM, yapı sektöründe verimliliği, kaliteyi, sürdürülebilirliği ve süreç yönetiminde verimliliği artırmak için kullanılan bir teknoloji ve metodolojidir (Arayıcı vd., 2011). BIM, inşaat sektöründe kullanılan bir dijital modelleme sistemidir ve projenin planlama, tasarım, inşa ve süreç aşamalarını sisteme entegre etmektedir. Bu bölüm, BIM konseptini geniş bir açıdan ele almak, BIM sistematüğini anlamak ve Türkiye'deki BIM kullanımının yaygınlaşmasına yönelik engelleri tespit etmek ve önem bakımından derecelendirmek için bir temel sağlamak amacıyla hazırlanmıştır.

### 2.1. BIM Nedir?

BIM, Yapı Bilgi Modellemesi anlamına gelen bir kısaltmadır. BIM, bir yapının fiziksel ve fonksiyonel özelliklerinin dijital bir ikizidir. BIM, tasarım, inşaat ve yönetim aşamalarında görev alan tüm paydaşların ortak bir veri havuzundan faydalanmasını sağlayan disiplinler arası işbirliği ve yönetim sürecidir. BIM, 3D modelleme üzerinden öteye geçerek, yapısal, elektriksel, mekanik ve mimari sistemleri içeren kapsamlı bir bilgi modeli sunar. Bina Bilgi Modellemesi (BIM), sürdürülebilir yapılar tasarlamak ve inşa etmek için kullanan bir süreçtir. BIM faaliyetleri, yapıların yaşam döngüsünü ve çevre faktörlerini izlemek ve iyileştirmek için sensörlerin, bulut bilişimin ve optimizasyon tekniklerinin kullanımını içerir. (Akai vd., 2022). BIM ayrıca tasarım, inşaat, işletme ve bakım gibi bir inşaat projesinin farklı aşamaları arasındaki iletişimi ve işbirliğini geliştirmeyi amaçlamaktadır. (Yang vd., 2023): Proje planlama, tasarım, inşaat ve işletme aşamalarında kullanılan bu veri tabanı sayesinde yapının ana hatları, malzeme özellikleri, maliyet bilgileri, program süreleri, tesisat sistemleri ve diğer önemli veriler dijital ortamda saklanabilir ve yönetilebilir (Barqawi vd., 2023). BIM, projenin her aşamasında kullanıcılarına farklı bakış açıları sunar ve karar vermelerinde yardımcı olur. (Xu vd., 2019). Kaynak verimliliğini artırma ve karmaşık süreçleri yönetme potansiyeli ile mimari, mühendislik ve inşaat (AEC) endüstrisinde umut verici bir teknoloji olarak kabul edilmiştir. (Ariono vd., 2022). Bununla birlikte, gelişmekte olan ülkelerde BIM'in benimsenmesi hala düşüktür ve bu bölgelerde uygulanmasını etkileyen çeşitli itici güçler, engeller ve kolaylaştırıcılar vardır. (Safikhani vd., 2022). BIM uygulamasının önündeki temel engellerden bazıları eğitim ve yazılım maliyeti, yetersiz teknik bilgi ve farkındalık ve yeterli yönergelerin eksikliğidir. (Hyarat vd., 2022). Genel olarak BIM, tasarım, dokümantasyon, iletişim, işbirliği ve proje sonuçlarını iyileştirerek inşaat yönetimi için önemli fırsatlar sunar.

## 2.2. BIM'in Tarihi ve Gelişimi

BIM'in teorik temelleri 1990'larda Charles M. Eastman'ın çalışmalarıyla gelişmiştir. Eastman, bina ürün modelleri üzerine geliştirdiği yaklaşımla, projelerin tüm yaşam döngüsü boyunca kullanılabilir dijital veri temsillerinin oluşturulmasını savunmuştur (Moreno vd., 2019). Bu anlayış, BIM'i yalnızca bir modelleme aracı değil, aynı zamanda projelerde veri yönetimi ve işbirliği sağlayan bir platform haline getirdi. 2000'li yıllarda Autodesk'in Revit yazılımının piyasaya sürülmesiyle BIM teknolojisi daha yaygın bir şekilde kullanılmaya başlandı ve inşaat sektörü için maliyet tahminlerinden iş planlamasına kadar birçok sürecin dijitalleştirilmesi sağlanmıştır (Fontul vd., 2022). Bu süreçte birçok ülkede kamu projelerinde BIM kullanımı zorunlu hale getirildi ve sektör genelinde BIM'in yaygınlaşması hız kazandı (Jiang vd., 2022).

BIM'in tarihsel gelişimi, bilgisayar tabanlı teknolojilerin ilerlemesiyle birlikte, inşaat sektöründe verimlilik ve işbirliği açısından ihtiyaç duyulan bir araç olarak kullanılmıştır (Moreno vd., 2019). Bina Bilgi Modellemesinin (BIM) ortaya çıkışı ve gelişimi inşaat sektörü üzerinde önemli bir etkiye sahip olmuştur. BIM, mimari tasarım ve proje yönetiminde verimliliği artırmak için endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır. (Huang vd., 2023). Ayrıca, inşaat zekâsı ve otomasyonunda mobil robotların uygulanmasına da genişletilerek görevlerin daha hassas ve verimli bir şekilde tamamlanmasına olanak tanır. (Pavan vd., 2022). BIM, robotlara operasyonlarında yardımcı olabilecek ve rehberlik edebilecek bol geometrik ve anlamsal bilgi sağlar. (Zhu & Wang, 2022). Ek olarak, BIM inşaat sektöründe bilgi yönetimi için Ortak Veri Ortamı (CDE) oluşturmak için kullanılmıştır. (Fontul vd., 2022). BIM teknolojisinin uygulanması yeni tasarım yöntemleri getirmiş, endüstri gelişimini teşvik etmiş ve geçmiş zorlukları çözmüştür. Ayrıca, BIM metodolojisi, Endüstri Temel Sınıflarının (IFC) kullanımıyla birlikte, ulaşım altyapılarının modellenmesinde yapısal kapasitenin ve sürekli denetimlerin entegrasyonuna izin verir.

## 2.3. BIM' in Temel Kavramları ve Standartları

BIM, binaların fiziksel ve işlevsel özelliklerinin dijital temsillerini oluşturmayı içerir (Tabatabaee vd., 2021). BIM standartları, inşaat sektöründe birlikte çalışabilirliği, verimliliği ve işbirliğini geliştirmeyi amaçlamaktadır. BIM'in Temel kavramlar arasında belgeler geliştirmek, inşaat projeleri için standart bilgi modellerini oluşturmak, BIM'i dijital dönüşüm için inşaat ve endüstri sektörüne entegre etmek ve BIM veri paylaşımını ve kullanımını en üst düzeye çıkarmak için sistematik standartlar oluşturmak yer alır



(Jiang vd., 2022). Farklı standartlar arasındaki ilişkileri netleştirmek ve günlük faaliyetleri desteklemek için BIM bilgilerinin karmaşıklığını ele almak ve endüstri genelinde etkili kullanımı sağlamak için çeşitli standartlar geliştirilmektedir.

Yapı bilgi modellemesi, yapının tasarımından, inşaatına ve işletmesine kadar geçen süreçleri boyunca kullanılan ve paylaşılan verileri organize etmek, düzenlemek ve yönetmek için kullanılan bir metodolojidir (Demirdöğen vd., 2023). Yapı bilgi modellemesi, yapıların dijital olarak temsil edildiği ve tüm paydaşların bu verilere erişebildiği bir ortam sağlar. Bu modelleme süreci, bir yapının geometrik, fiziksel ve fonksiyonel özelliklerinin yanı sıra, yapıya ilişkin diğer önemli bilgileri de içermektedir (Al-Sakkaf & Ahmed, 2019). Bu, yapıyı oluşturan bileşenlerin, malzemelerin, sistemlerin ve süreçlerin bütünlük şeklinde modellemesini sağlar. Yapı bilgi modellemesinin temel kavramları arasında şunlar bulunur:

İşbirliği: BIM, farklı paydaşlar arasında etkili iletişim ve işbirliğini sağlayan bir yöntemdir. Bu yöntem, yapının tasarımından başlayarak inşaat ve işletme aşamalarına kadar tüm paydaşlar arasında bilgi paylaşımını ve koordinasyonunu teşvik ederek verimliliği artırmayı hedefler (Arayıcı vd., 2011).

Veri Yönetimi: BIM parametrik objelerden oluşur. Parametrik obje, geometrik ve sementik verilerin bütünüdür. BIM, yapıya ilişkin verilerin doğru, güncel ve tutarlı bir şekilde yönetilmesi için önemlidir (Al-Sakkaf & Ahmed, 2019). BIM standartları ise yapı sektöründe kullanılan belirli yöntemleri, prosedürleri ve formatları belirler.

Bileşen Modellemesi : BIM içerisinde yapının farklı bileşenleri, malzemeleri, sistemleri ve süreçleri birbiriyle entegre şekilde modellemek önemlidir (Olanrewaju et al., 2020). Bu entegre modelleme, yapıyı bütünsel bir şekilde anlamayı ve optimize etmeyi sağlar.

Kesinlik ve Doğruluk: BIM'in temel amacı, yapının geometrik ve bilgi içeriğinin kesinlik ve doğrulukla temsil edilmesidir. Hatalı verilere olanak vermeyen bütüncül yazılımlar kullanılarak en doğru sonuca ulaşılır. BIM sürecinde verilerin doğru ve güncel tutulması, tam bir model oluşturmak için büyük önem taşır (Waqar, Othman, vd., 2023).

Inşaat Süreci ve Yönetimi: BIM, inşaat sürecinin daha etkili ve verimli bir şekilde yönetilmesini sağlar. Bu, inşaat faaliyetlerinin planlanması, koordinasyonu ve takibine yardımcı olur ve hataları en aza indirerek proje maliyetlerini ve zamanını optimize eder (Wang, 2020). Yapı bilgi modellemesi, tüm paydaşlar arasında bilgi paylaşımını ve koordinasyonunu kolaylaştırarak iletişimi geliştirir ve işbirliğini teşvik eder.

Verimlilik ve İşbirliği: BIM, paydaşlar arasında veri ve bilgi paylaşımını kolaylaştırdığından, proje paydaşları daha verimli bir şekilde çalışabilir. Bu da tasarım sürecini hızlandırır, hata payını azaltır ve proje maliyetlerini düşürür. Projelerin dijital ortamda tüm detaylarıyla tasarlanmasını sağlayarak verimliliği artırır (Aladag vd., 2016). Bu sayede, tasarım, inşaat ve işletme süreçlerinde hataların ve maliyetlerin minimize edilmesi sağlanır. Enerji verimliliği açısından, BIM modelleri binaların enerji tüketimini daha en başından simüle ederek sürdürülebilir çözümler sunmayı kolaylaştırır. Bu simülasyonlar sayesinde enerji kayıpları tespit edilebilir ve enerji verimli sistemler entegre edilebilir (Gerrish vd., 2017).

Kalite Kontrol ve Hata Azaltma: BIM, hataları erken tespit et ve düzeltme imkanı sağlayarak proje kalitesini artırır. Ayrıca, BIM, kesinlikle tutarlı ve doğru veri kullanımı sayesinde hata oranını azaltır ve proje maliyetlerini düşürür. Bu da proje sürecinin daha verimli ve kontrollü bir şekilde ilerlemesine yardımcı olur (Chang-Liu vd., 2018).

BIM teknolojisi, yeteneklerine göre çeşitli boyutlara sahiptir. Bu boyutların İsimlendirilmesi konusunda “bazı fiziksel veya soyut sistemlerin geometrik boyutlarına” gönderme yapılarak genel bir kural olarak 2D (2 dimensions) alan iki boyutlu bir düzlemdir; 3D (3 dimensions) uzay, üç boyutlu bir uzaydır; 4D (4 dimensions) uzay, dördüncü bir boyut olarak “zamanı” ekler; 5D (5 dimensions) genellikle beşinci bir boyut olarak “maliyeti” ifade eder; “nD” ise BIM yeteneklerine eklenen enerji analizi, sürdürülebilir tasarım veya tesis yönetimi gibi belirlenecek olan diğer yetenekleri ifade edecektir (Kymmell, 2008). “nD” modelleri, inşa edilecek yapı kullanıcılarının bir projenin yaşamını görmesi ile simülasyonunu sağlar ve bu şekilde analize imkân vererek kullanıcıya karar aşamasındaki problemlerin giderilmesi konusunda yarar sağlar (Kamardeen, 2010). Bununla birlikte, “nD” modelleri BIM’in boyutları, BIM modelinin içerdiği bilgi ve veri seviyelerini ifade eder. BIM’in boyutları (şekil 3) deki gibi sınıflandırılabilir.



Şekil 3: BIM'in Boyutları

BIM yetenek aşamaları veya BIM olgunluk seviyeleri, BIM sisteminin ne kadar kapsamlı ve etkin kullanıldığının göstergeleridir. BIM için gelişim seviyeleri ve detay seviyeleri, BIM model elemanlarının projenin gelişim sürecinde tasarımdan inşaat aşamasına kadar, hangi aşamalarda hangi seviyede ne kadar içerikle tanımlanacağını belirtir. BIM için gelişim seviyeleri ve detay seviyeleri, LOD (Level of Development) kavramı ile ifade edilir. LOD seviyeleri şu şekilde sınıflandırılabilir:

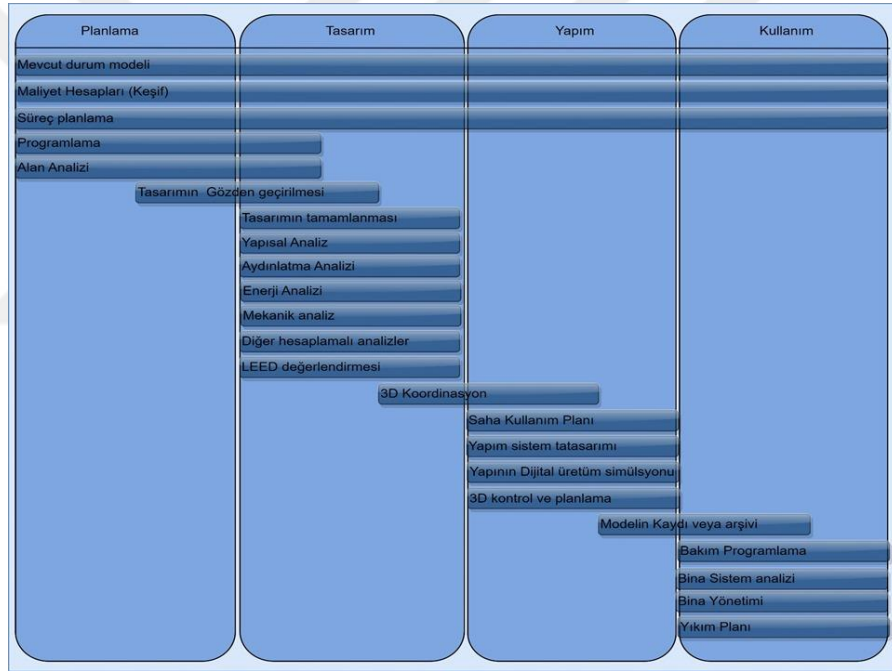
- LOD 100: Model elemanının bir sembol veya grafiksel gösterim ile tanımlanabildiği seviyedir. Model elemanının alan, yükseklik, hacim, konum ve yönelim gibi genel özellikleri gösterilir.
- LOD 200: Model elemanının yaklaşık bir miktar, boyut, şekil, konum ve yönlendirme ile genel bir sistem, nesne veya montaj olarak grafiksel olarak temsil edildiği seviyedir. Model elemanının tasarım niyeti ve performans kriterleri belirtilir.
- LOD 300: Model elemanının belirli bir miktar, boyut, şekil, konum ve yönlendirme ile spesifik bir sistem, nesne veya montaj olarak grafiksel olarak temsil edildiği seviyedir. Model elemanının üretim ve montaj detayları belirtilir.
- LOD 350: Model elemanının diğer sistemler, nesnelere veya montajlarla olan ilişkisinin grafiksel olarak temsil edildiği seviyedir. Model elemanının koordinasyon ve uyumluluk durumu belirtilir.
- LOD 400: Model elemanının üretim, montaj veya kurulum için gereken detay seviyesine ulaştığı seviyedir. Model elemanının fabrikasyon, montaj veya kurulum talimatları belirtilir.
- LOD 500: Model elemanının işletme ve bakım için gereken detay seviyesine ulaştığı seviyedir. Model elemanının gerçek durumu, performansı, ömrü ve bakım gereksinimleri belirtilir.

#### **2.4. BIM' in Avantajları**

BIM, yapı sektöründe devrim yaratan bir süreçtir. Gelişmiş ülkelerde BIM kullanımının olumlu etkileri, proje tamamlama sürelerinde iyileşme, maliyet tasarruflarında artış, geliştirilmiş kalite kontrolü ve disiplinler arası işbirliği olanaklarını içerir. Bu ülkelerdeki BIM'in uygulanmasının sonucunda görülen olumlu etkiler, BIM'in sektördeki dönüştürücü etkilerini vurgular. Farklı disiplinleri ve tüm proje taraflarının iş birliğine dayalı süreci entegre etmeye yönelik büyüyen bir yaklaşım

olmasıyla birlikte, tüm proje aşamalarında verimliliği arttırarak proje değerinin optimizasyonunu sağlar. Tüm proje taraflarının işe dâhil edilmesi ile proje sonucuna odaklanmaya teşvik edilmesi ile tüm disiplinleri bir ekip haline getirir ve ortak hedefleri ön planda tutar (Rokoei, 2015). BIM, insanları, sistemleri, iş yapılarını ve uygulamalarını, proje yaşam döngüsünün tüm aşamalarında atıkları azaltmak ve verimliliği optimize ederek ortak bir sürece entegre etmek için yeni bir proje teslim yaklaşımı olan bütünleşmiş proje teslimi kavramını da desteklemektedir (Glick & Guggemos, 2009).

Bu bilgiler doğrultusunda BIM'in faydalarını daha detaylı incelemek amacıyla literatür taraması yapılmıştır. Şekil 4'de gösterildiği gibi BIM'in avantajları 4 ana başlık altında değerlendirilmiştir. Bu başlıklar planlama, tasarım, yapım ve kullanım olarak belirlenmiştir.



Şekil 4. BIM'in Avantajları

#### 2.4.1. Planlama

BIM teknolojisi, inşaat mühendisliği alanında birçok avantaj sunar. Planlama aşamasında, BIM; proje kapsamını daha iyi anlamayı, maliyet tahminlerini optimize etmeyi ve proje takvimini daha etkin bir şekilde yönetmeyi mümkün kılar. İşbirlikçi iş verimliliğini artırır, paylaşılan bilgilerin aktarımını kolaylaştırır, üretim ve tedarik planlamasını hızlandırır ve proje karar verme verimliliğini artırır (Feng, 2022). BIM ayrıca, doğru ve güncel bilgilere dayalı olarak detaylı maliyet tahminleri yaparak ayrıntılı bir analiz sunar. Bu da proje bütçesinin daha iyi kontrol edilmesini ve finansal

riskin azaltılmasını sağlar. BIM, tasarımların daha iyi anlaşılmasına yardımcı olur, görselleştirme yoluyla iletişimi geliştirir, tasarım hatalarını azaltır ve çizimlerin doğruluğunu artırır (Salleh vd., 2023). Ek olarak, BIM'i çeşitli proje aşamalarında görselleştirme, koordinasyon, simülasyon ve optimizasyon için kullanarak, inşaat sorunlarını önceden analiz etmeye, kusurları önlemeye, inşaat süreci rasyonelitesini artırmaya, israfı azaltmaya, verimliliği artırmaya ve ekonomik ve sosyal faydalar üretmeye yardımcı olur (Novoselova & Chernyavsky, 2022, Lv vd., 2022). Kısacası planlama süresi boyunca proje yaşam döngüsüne eşlik eder ve süreci kolaylaştırır.

#### **2.4.2. Tasarım**

Tasarım sürecinde, BIM; tasarımcıların farklı disiplinler arası çatışmaları erken aşamada tespit etmelerine, tasarım alternatiflerini hızlıca değerlendirmelerine ve daha bilinçli kararlar almalarına olanak tanır. Projenin ilerleyen dönemlerinde oluşabilecek problemleri henüz tasarım aşamasındayken oluşmadan tespit etmeyi sağlar. Olayların, olumsuz şekilde sonuçlanma olasılığını ve olumsuz sonuçların etkisini azaltmak aynı zamanda olumlu sonuç alma olasılığını ve sonucun etkisini artırmak amaçlanır (PMI, 2008). Projenin tüm detaylarını mimari modelleme ve mimari görselleştirme yoluyla görünür kılarak tüm birimlerin motivasyonunu, verimliliğini ve üretkenliğini artırır. Çakışma kontrolü ile statik mimari ve tesisat projelerindeki çakışmaların projelendirme aşamasında tespit edilebilmesine olanak tanır. Projelendirme aşamasında yapılan çeşitli analizlerle yapıların sürdürülebilir olmasını sağlamaktır. Bir proje oluşturmada güçlü bir araç olarak projede inşa edilebilirlik, inşaat projesiyle ilgili bütün riskler değerlendirilemese bile inşaat risklerini azaltır. BIM kullanılarak yapılan analiz sonucunda elde edilen görseller sorunu çözmek olasılığını arttırarak riski azaltır. Bununla birlikte, BIM modeli, olası arızaları, sızıntıları, tahliye planlarını vb. grafiksel olarak göstermek için kolayca uyarlanabilir niteliktedir (Azhar, 2011).

BIM, bilgiyi merkezileştiren ve proje paydaşları arasında işbirliğini kolaylaştıran kapsamlı ve entegre bir modelin oluşturulmasına izin verir. BIM'in başarıyla uygulandığı kilit alanlardan biri bina tasarımı ve inşaatında enerji analizidir (D'Angelo vd., 2022). Enerji analizi, bir binanın enerji performansını anlamaya ve optimize etmeye yardımcı olduğu için bina tasarımının kritik bir yönüdür. Tasarım aşamasında, bir binanın enerji tüketimini ve verimliliğini analiz ederek enerji tasarrufu stratejilerinin uygulanabileceği alanları belirleyebilir ve bunların genel enerji performansı üzerindeki etkilerini değerlendirebilir. BIM teknolojisi, çeşitli veri kaynaklarını entegre etme ve

karmaşık simülasyonlar gerçekleştirme yeteneği nedeniyle enerji analizi yapmak için güçlü bir platform sağlar.

Enerji analizi için BIM kullanmanın en önemli avantajlarından biri, binanın dijital bir 3D modelini oluşturma yeteneğidir. Bu model, binanın enerji performansını farklı senaryolar altında simüle etmek ve analiz etmek için kullanılabilir (Erdik vd., 2020). Tasarımcılar bina geometrisi, malzemeler, HVAC sistemleri ve doluluk modelleri gibi verileri BIM programına tanımlayarak enerji tüketimini doğru bir şekilde tahmin edebilir ve iyileştirilmesi gereken alanları belirleyebilir. BIM ayrıca enerji analizi araçlarının ve yazılımlarının entegrasyonuna izin vererek simülasyonları gerçekleştirmeyi ve sonuçları analiz etmeyi kolaylaştırır (Daniotti vd., 2020).

Çeşitli çalışmalar, enerji analizi için BIM kullanmanın etkinliğini göstermiştir. Örneğin, Koo ve Connor tarafından 2022 yılında yapılan bir çalışmada, bina projelerinde BIM'in tasarım kalite yönetimi yeteneklerini incelendi. Yazarlar, yüksek öncelikli tasarım kusurlarının 160 önde gelen göstergesini analiz ettiler ve tasarım kalitesi sürücülerini ile BIM yetenekleri arasındaki ilişkiyi belirlediler. Çalışma, BIM'in proaktif tasarım hatası azaltma stratejilerine katkıda bulunabileceği ve tasarım kalitesini artırabileceği sonucuna varmıştır. (Koo & O'Connor, 2022)

Sampaio ve arkadaşları tarafından yapılan bir başka çalışma yapısal projelerde BIM'in uygulanmasına odaklanmıştır. Yazarlar yapısal bir BIM modeli oluşturmuş ve bunu koordinasyon, çatışma tespiti ve çevresel etki simülasyonu gibi çeşitli görevler için kullanmıştır. Çalışma, yapısal modelleme, koordinasyon ve dokümantasyonu optimize etmede BIM'in faydalarını vurgulamış, kaliteli yapı üretimini için avantajlı olduğu sonucuna varılmıştır (Sampaio vd., 2022)

Kalajian ve ekibi tarafından yapılan bir araştırma, altyapı projelerinde BIM uygulamasının faydalarını ve önemini araştırılmıştır. Yazarlar beş uluslararası projeyi analiz etmiştir. Buna ek olarak BIM'in enerji analizi ve yönetimi de dâhil olmak üzere büyük ölçekli altyapı projelerinin verimliliğini ve doğruluğunu sağlamaya yardımcı olduğu sonucuna varmışlardır (Kalajian vd., 2023)

Bu çalışmalara ek olarak, Salleh ve ekibi BIM'in inşaat projelerinde maddi olmayan faydalarını belirlemek için araştırma yapmıştır. Çalışma, tasarımın daha iyi anlaşılması, görselleştirme yoluyla gelişmiş iletişim ve azaltılmış tasarım hatalarının azaltılması dahil olmak üzere BIM'in beş kritik maddi olmayan faydasını belirlemiştir. Bu faydalar, bina tasarımı ve inşaatında enerji analizinin genel etkinliğine katkıda bulunur (Salleh vd., 2023).

Sonuç olarak, BIM teknolojisinin bina tasarımı ve inşaatında enerji analizi için değerli bir araç olduğu kanıtlanmıştır. Binanın dijital bir temsilini oluşturarak ve çeşitli veri kaynaklarını entegre ederek, BIM tasarımcıların enerji performansını doğru bir şekilde analiz etmelerini ve iyileştirilecek alanları belirlemelerini sağlar. Yukarıda bahsedilen çalışmalar, iyileştirilmiş tasarım kalitesi, optimize edilmiş yapısal modelleme ve proje paydaşları arasında gelişmiş iletişim dahil olmak üzere enerji analizi için BIM kullanmanın faydalarını vurgulamaktadır. İnşaat sektörü BIM'i benimsemeye devam ederken, enerji analizinin entegrasyonu, enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada çok önemli bir rol oynayacaktır (Han vd., 2021).

### **2.4.3. Yapım**

Yapım aşamasında, BIM; malzeme siparişlerini ve lojistiği iyileştirir, iş güvenliğini artırır ve inşaat sürecinin verimliliğini maksimize eder. Kullanım ve işletme döneminde ise, BIM; bina yönetimini kolaylaştırır, enerji verimliliğini artırır ve tesisin ömrü boyunca sürdürülebilirliğini destekler. Böylece, BIM; yapı sektöründe kaliteyi, verimliliği ve iş birliğini artıran, maliyetleri düşüren ve projelerin zamanında tamamlanmasını sağlayan kritik bir araç haline gelmiştir (Tahir Muhammad vd., 2019).

BIM ile Tesis Yönetimi: Bina yaşam döngüsünde tasarım ve yapım süreci içerisinde projenin farklı disiplinlere ait planları BIM uygulamaları kullanılarak 3D dijital model üzerine işlenir. Proje verilerini barındıran 3D model olan bina bilgi modeli projenin yapım süreci tamamlandıktan sonra kullanımını ya da işletmesini yapan kişi veya kurumda bulunmalıdır. Yapının kullanıldığı süre zarfında herhangi bir arıza ve sızıntı durumunda model üzerinde sorunun kaynağı kolayca tespit edilebilir. Bakım yapılması gereken alanların bakımı, yenileme işlemleri kolayca yapılabilir (Azhar, 2011). Yapı üzerinde istenilen değişiklikleri uygulamak için modele işlenen planların verileri kullanılarak hata payı azaltılır ve değişiklik kolayca uygulanabilir. Yapı kullanımını sırasında yapılan değişikliklerin ve yenileme işlemlerinin beraberinde model güncellenerek kullanılan malzemelerin ve sistemlerin bilgisi doğrultusunda zaman içerisinde meydana gelebilecek hasarların tespiti yapılabilir. Hasar tespitinin yanı sıra çeşitli afet durumları için tahliye planları ve simülasyonlar oluşturulabilir (Azhar, 2011).

BIM projeye dair verilebilecek kararların ortaya çıkmasını ve sonuçlanmasını kolaylaştırır. Belirsizlikleri ortadan kaldırarak tüm taraflar için şeffaf ve net bir iş akışına imkân tanır. Projelerin bulut ortamında tüm paydaşlar tarafından takip edilebilme fırsatı verir. Disiplinler arası çalışabilirlik, uygulama aşamasında iş akış

süreçlerinin denetlenebilmesi, yapının kullanım aşamasında çeşitli konfor parametrelerinin kontrolü gibi birçok aşamada sürece eşlik eder (Xu vd., 2019).

BIM, inşaat süreci boyunca bilgileri yönetmek ve entegre etmek için dijital bir platform sağlayarak inşaat sektöründe devrim yaratmıştır. BIM, tasarım görselleştirme, koordinasyon ve çatışma tespiti, miktar kalkış ve maliyet tahmini, inşaat sıralaması ve planlaması ve tesis yönetimi ve bakımı dahil olmak üzere inşaat sırasında çeşitli amaçlar için yaygın olarak kullanılan güçlü bir araçtır (Daniotti vd., 2020).

İnşaat sırasında BIM'in temel kullanımlarından biri tasarım görselleştirmesidir. BIM, paydaşların projeyi dijital bir ortamda görselleştirmelerini sağlayarak binanın ve bileşenlerinin gerçekçi bir temsilini sağlar. Bu, tasarım amacını daha iyi anlamaya ve bilinçli kararlar vermeye yardımcı olur. BIM ile paydaşlar farklı tasarım seçeneklerini keşfedebilir, etkilerini değerlendirebilir ve inşaat başlamadan önce gerekli değişiklikleri yapabilir (Ali vd., 2022).

Koordinasyon ve çatışma tespiti, inşaat sırasında BIM'in bir diğer önemli kullanımudur. BIM, mimarlık, yapı mühendisliği ve mekanik, elektrik ve sıhhi tesisat (MEP) sistemleri gibi farklı disiplinlerden gelen bilgileri tek bir modelde bütünleştirir. Bu entegrasyon, inşaat başlamadan önce farklı bina elemanları arasındaki olası çatışmaların ve çatışmaların tespit edilebildiği ve çözülebileceği çatışma tespiti sağlar. Bu, inşaat sırasındaki hataları, yeniden işleme ve gecikmeleri azaltmaya yardımcı olarak artan verimlilik ve maliyet tasarrufu sağlar (Matarneh vd., 2017).

BIM ayrıca miktar kalkış ve maliyet tahmininde çok önemli bir rol oynar. BIM modelinden veri çıkarılarak malzeme ve bileşen miktarları hakkında doğru ve ayrıntılı bilgi elde edilebilir. Bu bilgiler daha sonra maliyet analizi ve bütçeleme için kullanılır, doğru maliyet tahminine ve daha iyi finansal planlamaya yardımcı olur. BIM, daha hassas miktar kalkışına izin verir, malzeme miktarlarını aşma veya küçümseme olasılığını azaltır ve inşaat sırasında maliyet kontrolünü iyileştirir (Tahir Muhammad vd., 2019).

İnşaat sıralaması ve çizelgeleme, BIM'in paha biçilmez olduğunu kanıtladığı başka bir alandır. BIM, inşaat sürecinin simülasyonuna izin vererek paydaşların inşaat faaliyetlerinin sırasını görselleştirmesine ve analiz etmesine olanak tanır. Bu, potansiyel çatışmaların belirlenmesine, inşaat sırasının optimize edilmesine ve genel proje planlamasının iyileştirilmesine yardımcı olur. BIM, zaman boyutunun 3D modele eklendiği ve inşaat programının görsel bir temsilini sağlayan 4D inşaat sıralaması için de kullanılabilir. Bu, daha iyi koordinasyon ve planlamaya yardımcı olarak proje verimliliğinin artmasına ve zamanında tamamlanmasına yol açar.



Bu kullanımlara ek olarak BIM, binanın enerji analizi, sürdürülebilirlik değerlendirmesi ve performans değerlendirmesi için de kullanılabilir. BIM modelleri, binanın enerji performansını simüle etmek ve analiz etmek için enerji analiz yazılımı ile entegre edilebilir. Bu, enerji verimliliğini optimize etmeye, iyileştirilecek alanları belirlemeye ve binanın çevresel etkisini azaltmaya yardımcı olur. Dijital modelleme ile projedeki malzeme miktarları ve kullanım süreçleri daha doğru planlanabilir, böylece fazla malzeme siparişlerinin ve gereksiz atıkların önüne geçilir. Ayrıca, yapım sürecindeki verimsizlikleri ve hataları erken aşamada tespit ederek, yeniden işleme ve malzeme israfını azaltır. Bu da genel olarak çevresel etkileri minimize eder ve sürdürülebilir bir yapı sürecine katkı sağlar (Tan vd., 2019). BIM, yapı malzemelerinin ve inşaat süreçlerinin çevresel etkisinin sürdürülebilirlik açısından değerlendirmesi için de kullanılabilir. Ayrıca BIM, binanın performansının yapısal bütünlük, termal konfor ve bina güvenliği açısından değerlendirilmesine izin verir. Bu, herhangi bir eksiklik veya iyileştirme alanının belirlenmesine yardımcı olarak daha iyi bina performansına ve bina sakinlerinin memnuniyetine olanak sağlar (Kineber vd., 2023).

Proje paydaşları arasındaki işbirliği ve iletişim, inşaat sırasında BIM kullanımıyla büyük ölçüde geliştirilmiştir. BIM, tüm paydaşların bilgiye erişmesi ve paylaşması için ortak bir platform sağlayarak daha iyi koordinasyon ve iletişimi kolaylaştırır. BIM ile paydaşlar aynı model üzerinde işbirliği içinde çalışabilir, gerçek zamanlı güncellemeler yapabilir ve çatışmaları daha verimli bir şekilde çözebilir. Bu, işbirliğinin iyileştirilmesine, hataların azalmasına ve geliştirilmiş proje sonuçlarına yol açar (Sampaio vd., 2022).

Ayrıca BIM, inşaat dokümantasyonunun doğruluğunu ve güvenilirliğini artırır. BIM ile inşaat dokümantasyonu doğrudan modelden oluşturulabilir ve tutarlılık ve doğruluk sağlanır. Modelde yapılan değişiklikler otomatik olarak belgelere yansıtılarak hata ve tutarsızlık olasılığını azaltır. Bu, inşaat dokümantasyonunun genel kalitesini artırarak daha iyi inşaat sonuçlarına ve risklerin azalmasına yol açar (Waqar, Othman, vd., 2023).

BIM ayrıca birlikte çalışabilirlik yoluyla farklı yazılım araçlarının ve veri formatlarının entegrasyonunu sağlar. BIM modelleri dışa aktarılabilir ve farklı yazılım uygulamalarına aktarılabilir, bu da farklı BIM yazılımları kullanarak paydaşlar arasında kesintisiz veri alışverişi ve işbirliği sağlar. Bu birlikte çalışabilirlik, inşaat sürecinin verimliliğini ve etkinliğini artırarak paydaşların farklı yazılım araçlarının güçlü yönlerinden yararlanmasını ve genel proje sonuçlarını iyileştirmesini sağlar (Arayıcı vd., 2011).

Sonuç olarak BIM, inşaat sırasında çeşitli amaçlar için yaygın olarak kullanılan güçlü bir araçtır. Tasarım görselleştirmesinden koordinasyon ve çatışma tespitine, miktar kalkış ve maliyet tahminine, inşaat sıralamasına ve zamanlamasına kadar veri sunarak süreci en iyi şekilde tamamlamaya imkan sunar (Salleh vd., 2023) .

#### **2.4.4. Kullanım**

Tasarım süreci tamamlanıp yapının kullanma aşmasına geçildiğinde BIM kullanımı devam eder. BIM yapının yaşam döngüsü boyunca ona eşlik edecek düzeyde geliştirilmiş bir sistemdir.

BIM ile Tesis Yönetimi: Bina yaşam döngüsünde tasarım ve yapım süreci içerisinde projenin farklı disiplinlere ait planları BIM uygulamaları kullanılarak 3D dijital model üzerine işlenir. Proje verilerini barındıran 3D model olan bina bilgi modeli projenin yapım süreci tamamlandıktan sonra kullanımını ya da işletmesini yapan kişi veya kurumda bulunmalıdır. Yapının kullanıldığı süre zarfında herhangi bir arıza ve sızıntı durumunda model üzerinde sorunun kaynağı kolayca tespit edilebilir. Bakım yapılması gereken alanların bakımı, yenileme işlemleri kolayca yapılabilir (Azhar, 2011). Yapı üzerinde istenilen değişiklikleri uygulamak için modele işlenen planların verileri kullanılarak hata payı azaltılır ve değişiklik kolayca uygulanabilir. Yapı kullanımı sırasında yapılan değişikliklerin ve yenileme işlemlerinin beraberinde model güncellenerek kullanılan malzemelerin ve sistemlerin bilgisi doğrultusunda zaman içerisinde meydana gelebilecek hasarların tespiti yapılabilir. Hasar tespitinin yanı sıra çeşitli afet durumları için tahliye planları ve simülasyonlar oluşturulabilir (Azhar, 2011).

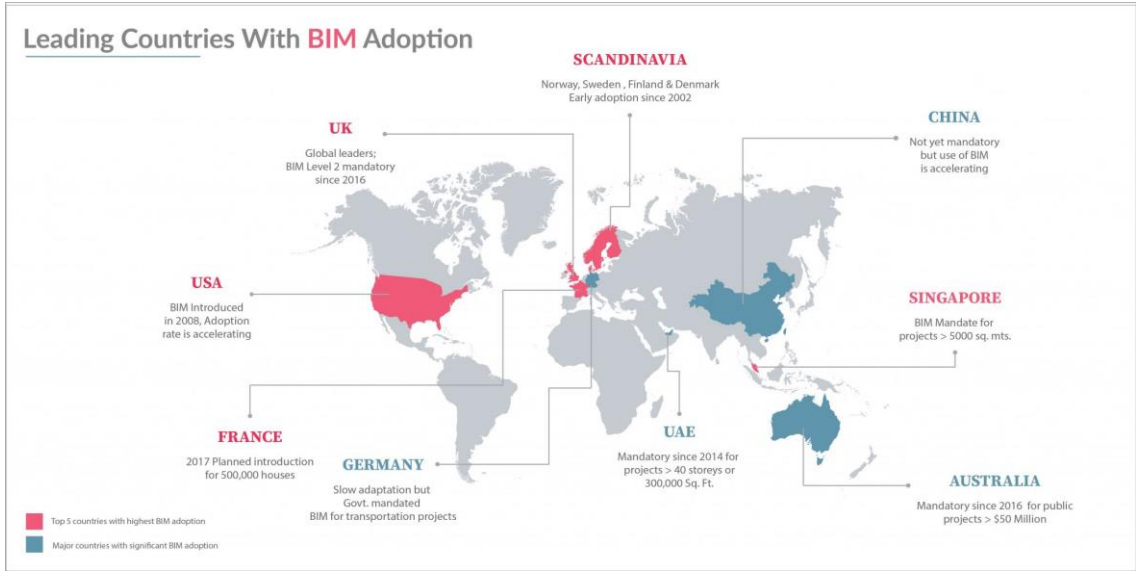
#### **2.5. Dünya Geneline BIM Kullanımının Yaygınlığı**

BIM'in esnekliği ve birlikte çalışabilirliği, trafik akışlarını optimize etmeye ve ulaşım teorisi ilkelerini tasarım süreçlerine entegre etmeye yardımcı olduğu altyapı sektörü de dahil olmak üzere orijinal kapsamının ötesine geçmesine yol açmıştır (Kalajian vd., 2023). BIM yaygınlığı dünya çapında çeşitli sektörlerde istikrarlı bir şekilde artmaktadır. Araştırmalar, BIM'in inşaat sektöründe yaygın bir dil haline geldiğini ve altyapı projelerinde uygulamasında önemli bir büyüme olduğunu göstermektedir (Andreea, 2022). İnşaat sektöründe BIM kullanımının yaygınlığı dünya çapında artmaktadır (Giel & Issa, 2013). Bu, BIM'in sağladığı, gelişmiş işbirliği, azaltılmış maliyet ve zaman, geliştirilmiş proje görselleştirmesi ve daha iyi proje verimliliği gibi sayısız yararları ilişkilendirilmektedir. Çeşitli kaynaklara göre gelişmiş

ülkelerde BIM'in benimsenmesi yaygınlaşmaya devam etmektedir. Dünya çapındaki BIM endüstrisinin, proje verimliliği ve maliyet azaltma konusundaki hükümet yetkileriyle 2018'den 2023'e kadar % 14,9 CAGR “Bileşik Yıllık Büyüme Oranı” ile büyümesi beklenmekte (Andreea, 2022).

BIM teknolojisinin tüm dünyada yaygınlaşmasıyla birlikte, Avrupa ülkeleri bu teknolojiyi benimsemekte öncü rol oynamaktadır. Özellikle İngiltere, Almanya ve Hollanda Kuzey Amerika, İngiltere ve İskandinavya gibi ülkelerdeki küresel girişimler, hükümet desteği, standart geliştirme, yasal protokoller, sertifikasyon, eğitim ve iş vakası eklemesi yoluyla BIM uygulamasının teşvik edilmesine öncülük etmektedir (S. Tan & Gumusburun Ayalp, 2022). Amerika Birleşik Devletleri, İngiltere ve Almanya gibi ülkelerde BIM inşaat sektöründe standart bir uygulama haline gelmekte. Araştırmalar, BIM'in Amerika Birleşik Devletleri'ndeki AEC disiplinleri tarafından eğitim tesisi projelerinde giderek daha fazla kullanıldığını ve BIM'in küresel olarak artan bir kabul ve kullanımını sergilediğini gösteriyor (Moreno vd., 2019). Ayrıca Norveç, ABD, Singapur ve İngiltere gibi ülkeler, emisyonları azaltmak ve proje yönetimini iyileştirmek için Mimari, Mühendislik, İnşaat, Sahibi ve Operatör (AECO) endüstrisinde BIM kullanımını teşvik etmişlerdir (Botte vd., 2021). Bu ülkelerde BIM yalnızca tasarım ve inşaat aşamalarında değil aynı zamanda binanın veya altyapının tüm yaşam döngüsü boyunca yaygın olarak kullanılmaktadır. Gelişmiş ülkelerin yanı sıra gelişmekte olan pazarlarda da BIM'in benimsenmesi giderek artmakta olduğunu gözlemlemekte.

Bina Bilgi Modellemesinin (BIM) benimsenmesi küresel olarak değişkenlik gösterir; Kuzey Amerika %71 farkındalık ve benimseme ile önde olurken, Hindistan ise farklı BIM kullanım seviyelerini sergileyerek %22 ile geride kalmakta. BIM uygulaması ile Çin, Brezilya ve Hindistan gibi gelişmekte olan ülkelerde azaltılmış inşaat gecikmeleri ve maliyet aşırımları arasında pozitif bir bağlantı bulunmasıyla BIM'in yaygınlığı küresel olarak artmaktadır (Tahir Muhammad vd., 2019). Bu teknolojinin dünya çapında inşaat sektöründe artan önemini yansıtmaktadır. Küçük ve orta düzey işletmelerin BIM'e geçişi için danışmanlık sağlayan uluslararası United-BIM firmasının “BIM'i Benimseyen Lider Ülkeler” başlığında yayınladığı harita, Şekil 5 olarak gösterilmektedir.



Şekil 5. Dünya Geneline BIM benimsenmesi (Leading Countries with BIM Adoption - United-bim, n.d.)

BIM'in dünya çapında uygulanması üzerine “Altı Kıtada BIM Benimsenme Durumu” başlıklı çalışmada belirli bir ülke veya bölgeyi kapsamadan altı kıtada BIM benimsenme durumunu ölçmeyi amaçlamışlardır (Jung & Lee, 2015). Çalışmada, tüm kıtalar bazında BIM'in benimsenmesinin küresel durumunu gösteren ilk kaynak olduğu belirtilmektedir. Toplam 41 ülkedeki profesyonellere yönelik bir anket gerçekleştirildi. Bu kapsamda dört veri kullanılarak yapılan bir anketle BIM'in dünya çapında benimsenme durumu raporlandı. Jung ve Lee'nin araştırmasının bulguları şu şekildedir: Veriler sonucunda en gelişmiş kıtanın Kuzey Amerika olduğunu belirtildi. Bunu Okyanusya ve Avrupa'nın takip ettiğini ve en fazla BIM kullanımının tasarım aşamasında olduğunu vurguladılar. Asya'nın taahhüt/sözleşme düzeyi ve BIM hizmetleri açısından 6 kıtadan 55'i arasında 5. sırada olmasına rağmen BIM adaptasyonu açısından diğer gelişmiş kıtalarla benzer durumda olduğunu belirttiler. Orta Doğu/Afrika üçüncü seviyede, taahhüt/sözleşme seviyesinde birinci ve ikinciye yakın olmasına rağmen, BIM'in benimsenmelerinin 'başlangıç aşamasında' olduğunu ve Güney Amerika'da BIM'in en düşük düzeyde benimsendiğini belirtmişlerdir (Jung & Lee, 2015).

## 2.6. Türkiye Geneline BIM Kullanımının Yaygınlığı

Türkiye'de BIM, inşaat sektöründe teknolojik dönüşümün önemli bir parçası halinde gelmektedir. Dolayısıyla Türkiye'de BIM kullanımında son yıllarda artış gözlemlenmektedir (Kalfa, 2018). BIM, inşaat projelerinin tasarımından inşaat ve işletme aşamalarına kadar olan süreçlerde dijital ortamda verilerin entegre edilmesini

sağlayan bir yönetim ve iletişim aracıdır Bu teknoloji, projelerin daha etkin bir şekilde planlanmasını, koordine edilmesini ve yönetilmesini sağlayarak hem maliyetleri azalmakta hem de proje kalitesini artırmaktadır. Türkiye'nin, inşaat sektöründe teknolojik olarak hızlı bir şekilde gelişmeye devam ettiği göz önüne alındığında, BIM'in öneminin artarak devam edeceği öngörülebilir. Tüm bunlar göz önüne alındığında Türk inşaat sektöründe BIM bir gereklilik olarak ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte, Türkiye'deki inşaat sektörünün genel eğilimi, BIM'in benimsenmesinin artarak devam edeceği yönündedir (Aladag vd., 2016). Bu süreç, Türkiye'nin inşaat sektöründe daha verimli, sürdürülebilir ve rekabetçi bir geleceğe doğru ilerlemesine katkıda bulunacaktır.

Türkiye'de BIM'in benimsenmesi, genel olarak 2000'li yılların başlarına dayanmaktadır. Bu benimseme süreci özellikle son on yılda hız kazanmıştır. Bu hızlı benimseme sürecini anlamak için birkaç önemli faktörü göz önünde bulundurmak önemlidir:

Kamu Destek ve Yönlendirme: Türkiye'de kamu otoriteleri, özellikle altyapı projeleri gibi büyük inşaat projelerinde BIM kullanımını teşvik etmektedir. Kamu kurumları, BIM'in kullanımını gerektiren politikalar ve düzenlemeler geliştirmiş ve uygulamıştır. Bu da özel sektörde BIM'e olan ilgiyi artırmıştır (Tekin & Atabay, 2019).

Özel Sektörün Bilinçlenmesi ve Rekabet Baskısı: Büyük inşaat firmaları, verimliliği artırmak, maliyetleri azaltmak ve rekabet avantajı elde etmek için BIM'i benimsemeye başlamışlardır. Özellikle uluslararası pazarlarda rekabet edebilmek adına, Türk inşaat firmaları BIM'i bir gereklilik olarak görmeye başlamışlardır (Kocakaya vd., 2018).

Eğitim ve Bilinçlendirme Çalışmaları: Türkiye'deki üniversiteler, meslek odaları ve sivil toplum kuruluşları, BIM'in önemini vurgulayan eğitim ve bilinçlendirme çalışmaları yürütmektedirler. Mimarlık, mühendislik ve inşaat yönetimi gibi disiplinlerde BIM odaklı eğitimler ve seminerler düzenlenmektedir (Tekin & Atabay, 2019).

Teknolojik Altyapı ve Yazılım Gelişimi: Türkiye'deki BIM benimseme sürecini destekleyen bir diğer önemli faktör, teknolojik altyapı ve BIM yazılımlarının gelişimidir. Yerel ve uluslararası yazılım firmaları, Türk inşaat sektörüne yönelik özelleştirilmiş BIM çözümleri sunmaktadır. Ayrıca, bulut bilişim teknolojilerinin yaygınlaşması da BIM projelerinin daha kolay erişilebilir olmasını sağlamıştır (Kocakaya vd., 2018).

Güncel olarak yapılan araştırmalara bakılınca Türk inşaat sektöründe son yıllardaki BIM benimsenmesi ve kullanımındaki artışa rağmen, BIM ile ilgili olarak küresel bazda değerlendirilme yapıldığında Türkiye'nin başlangıç aşamasında olduğu ifade edilebilir (Erdik et al., 2018). Türkiye'deki BIM benimseme süreci hala bazı zorluklarla karşı karşıya olduğu görülmektedir. Bunlar arasında, nitelikli personel eksikliği, uygun altyapı yatırımlarının gerekliliği, kültürel ve organizasyonel değişim gereksinimleri gibi konular bulunmaktadır (Karacigan vd., 2023). Türkiye'deki BIM uygulamaları, inşaat sektörünün genelinde olduğu gibi belirli zorluklarla da karşılaşmaktadır.

İleriye dönük olarak, Türkiye'nin bu küresel başarı öykülerinden ilham alması ve BIM'in inşaat sektöründe yaygın olarak benimsenmesini ve etkili bir şekilde uygulanmasını teşvik etmek için elde edilen deneyimlerden faydalanması çok önemlidir. Türkiye'nin küresel inşaat sektörüne en fazla katkı sağlayan ülkelerden biri olduğu göz önünde bulundurulduğunda (ENR, 2012), Türk inşaat sektörünün rekabetçi kalabilmesi için BIM gibi teknolojileri benimsemesi hayati önem taşımaktadır. Dahası, bu benimsemeyi kolaylaştırmak için sektör çapında bir stratejiye ihtiyaç olduğu savunulmaktadır. Bu nedenle, ilk adım, Türk inşaat sektörünün küresel pazardaki mevcut konumunu belirlemek ve daha fazla benimseme ve uygulama için mevcut ve yeni yörüngeleri tespit etmektir.

Türkiye, BIM'i olumlu değişim ve sektör gelişimi için bir katalizör olarak benimseyerek yenilikçi inşaat uygulamalarında kendisini ön sıralarda konumlandırabilir ve küresel sahnede rekabet gücünü artırabilir. BIM uygulamalarının yatırımcı ve yüklenici perspektiflerinden analizi, BIM uygulamasının faydalarını ve zorluklarını daha da aydınlatacak ve Türkiye'nin inşaat sektöründeki karar vericilere değerli bilgiler sağlayacaktır.

Sonuç olarak, BIM'in gelişmiş ülkelerin inşaat sektöründeki gelişimi yalnızca endüstri standartlarını yükseltmekle kalmamış, aynı zamanda küresel inşaat camiasının bu yenilikçi teknolojinin dönüştürücü gücünü benimsemesi için bir emsal oluşturmuştur. Ancak BIM kullanım ve olgunluk düzeylerinin farklı kuruluşlar ve bölgeler arasında farklılık gösterebileceğini unutmamak gerekir. BIM'e yönelik artan bir farkındalık ve ilgi olmasına rağmen, Türkiye genelinde yaygın olarak uygulanması ve inşaat projelerine entegrasyonu hala sınırlıdır (Chang-Liu vd., 2018). BIM'in faydalarının kapsamlı bir şekilde anlaşılmasını sağlamak için daha fazla araştırma ve çabaya ihtiyaç vardır. Ek olarak, BIM'in başarılı bir şekilde uygulanmasının yalnızca

teknolojik ilerlemeleri değil aynı zamanda organizasyonel kültür ve zihniyette bir değişimi de gerektirdiğini belirtmek önemlidir.

## **2.7. BIM' in Benimsenmesinin Önündeki Engeller**

Yeni bir teknolojinin ekonomik büyümeyi desteklemek için bir sektöre katkısı, ancak geniş çapta yayıldığı ve kullanıldığı zaman gerçekleşebilmektedir (Hall & Khan, 2003). BIM'i uygulayacak teknolojinin hazır olmasına ve hızla olgunlaşmasına rağmen, BIM'in benimsenmesi hala yavaş olduğu gözlemlenmekte ve bu durum dünya genelinde inşaat sektöründe BIM uygulamalarının yaygınlaşmasını engelleyen çeşitli faktörler bulunduğu ile bağdaştırılmaktadır (Azhar, 2011; Harty & Laing, 2010). Bu engeller arasında teknolojik altyapı eksikliği, yetersiz donanım ve yazılım sorunları öne çıkmaktadır. Ayrıca, sektördeki profesyonellerin BIM konusundaki yeterli bilgi ve deneyime sahip olmaması, benimsenmesini zorlaştıran bir etkidir. Lisans sorunları ve yüksek maliyetler de BIM uygulamalarının yaygınlaşmasını engelleyen faktörler arasındadır. Bununla birlikte, kültürel değişime karşı direnç, geleneksel inşaat yöntemlerine bağlılığı sürdürmek isteyenler için BIM'e geçişi zorlaştıran bir engeldir. BIM süreçlerine yönelik belirsizlikler ve yasal düzenlemelerin eksikliği de benimsenme sürecini etkileyen faktörler arasındadır. Ayrıca, BIM'in karmaşıklığı ve uygulama süreçlerinin geleneksel yöntemlerle uyumsuzluğu da engel oluşturmaktadır. Bunun yanı sıra, veri güvenliği endişeleri ve fikri mülkiyet kaygıları da BIM uygulamalarının yaygınlaşmasını engelleyen etmenler arasında yer almaktadır. Üst yönetim ve politikacılardan destek eksikliği de sektörde BIM'in benimsenmesini engelleyen önemli bir faktördür. Bu engellerin aşılması ve BIM'in yaygınlaşması için sektörde daha fazla farkındalık ve eğitim önemlidir. Ayrıca, uygun düzenlemelerin yapılması ve teknolojik altyapının güçlendirilmesi de gerekmektedir.

Türk inşaat sektöründe BIM'in benimsenmesini etkileyen faktörlerin belirlenmesi konusunda birçok araştırma yapılmıştır. Bu araştırmalar önemli engelleri ve zorlukları tanımlamaktadır. Bu bağlamda gelişmiş ülkeler, yasal düzenlemelerle BIM uygulanmasını teşvik etmektedir. Ancak bu süreçte bazı engellerle karşılaşmaktadır. Bu çalışmada Türk inşaat sektöründe BIM'in benimsenme sürecinin önündeki engellerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Anketler ve literatür taraması sonucunda, BIM eğitim eksikliği, tanıtım eksikliği ve müşteri talebinin eksikliği gibi faktörlerin geçiş sürecini etkilediği görülmüştür .

Bu bölümde, detaylı literatür taraması ile elde edilen çeşitli 138 engel bulunmuş olup, kendi içlerinde alt engellere ayrılmaktadır. Belirlenen alt engeller 7 ana başlık

altında Tablo 1 olarak verilmiştir. Her bir ana başlık kendi içerisinde detaylı olarak incelenmiştir.

**Tablo 1.** İnşaat Sektöründe BIM’ İn Benimsenmesini Etkileyen Faktörler

|   |  |  |
|---|--|--|
| A: ALT YAPI VE TEKNOLOJİK BARIYERLER        | A1: Yetersiz donanım ve alt yapı sorunları   | [1], [2],[3], [4], [5], [6], [7]   |
|   | A2: Teknik bilgi eksikliği   | [1],[4],[7],[9], [10]  |
|   | A3: Lisans Sorunu  | [6],[11],[13],[14],[15] [16][17]   |
|   | A4: Geleneksel süreçlerden BIM süreçlerine geçişteki yazılımsal sorunlar   | [8],[9],[10],[15],[19],[20],[21],[22]  |
| B: KÜLTÜR VE EĞİTİM İLE İLİŞKİLİ BARIYERLER | B1: BIM eğitiminin eksik ve yetersiz olduğu düşüncesi  | [1], [2],[3], [4],[6], [9], [10], [22],[23],[24]                                 |
|   | B2: BIM uygulamasına yönelik deneyim eksikliği   | [1],[3], [5], [8],[9],[10], [15],[22], [25]                                      |
|   | B3: Kültürel değişime karşı direnç   | [2],[3],[26],[10],[19],[22],[26]   |
|   | B04: Nitelikli eğitmen eksikliği   | [4],[11],[8],[15],[19],[21],[22],[28],[29], [30]                                 |
|   | B5: BIM’in kişiler tarafından karmaşık/ zor olarak algılanması   | [2],[4],[8],[9],[19],[20],[24],[28],[31]   |
| C: STANDARTLAR VE HUKUKİ BARIYERLER         | C1: BIM süreçlerine yönelik sözleşme belirsizliklerinden doğan riskler   | [11],[2],[3],[4],[6],[9],[10],[12], [15],[19],[20],[21],[22],[31],[33],[34],[35] |
|   | C2: Hükümet düzenleme, standartları ve BIM yönetmeliğinin eksikliği  | [2],[3],[4],[8],[9],[10],[15],[19],[20],[33], [35]                               |
|   | C3: Çizim ve modelleme ve kalite kontrol standartları eksikliği  | [2],[4],[5],[6],[15],[19],[20],[21],[22], [33],[34],                             |
|   | C4: BIM veri mülkiyetinin korunmasına yönelik yasal hüküm eksikliği  | [1],[9],[15],[11],[20],[22],   |
|   | C5: BIM çalışma prosedürlerinin geleneksel prosedürler ile uyumsuzluğu(örgütsel düzenlemeler) ve henüz olgunlaşmamış oluşu | [2],[5],[6],[8],[20],[33],   |
|   | C6: BIM için geçerli sigorta hükümlerinin belirsiz oluşu   | [1],[8],[10],[15],[19],[20],   |



|   |   |   |
|---|---|---|
| D:SÜREÇ VE FİNANSAL BARIYERLER            | D1: Maliyet sorunları (BIM kullanımına ekstra yatırım)                                | [1],[5],[7],[8],[28],[11]                 |
|   | D2: BIM ilk yatırım maliyetlerinin yüksek oluşu.                                      | [7],[11],[15]                             |
|   | D3: Personel eğitim harcamalarının ek harcama ve zaman kaybı olarak değerlendirilmesi | [11],[8],[27]                             |
| E : VERİ KAYBI VE GÜVENLİK BARIYERLERİ    | E1: Veri Güvenliği fikir mülkiyeti kaygıları  | [8],[10],[11],[12],[15],[19],[20],[22]    |
|   | E2: BIM bilgi alışverişindeki kısıtlamaları   | [19],[22],[35]                            |
|   | E3: Mühendislik verilerinin, BIM entegrasyonunda karşılaşılabileceği olası sorunlar   | [2],[8],[19]                              |
|   | E4: Dosya aktarımı sırasında veri kaybı korkusu/ riskleri                             | [8],[10],[12],                            |
| F: TEŞVİK VE TALEPLERE YÖNELİK BARIYERLER | F1: Üst yönetim teşvik ve desteği eksikliği   | [1],[4],[5],[6],[8],[15],[19],[20],[36]   |
|   | F2: Yetersiz dış motivasyon (müşteri talebi olmayışı vb.)                             | [4],[8],[11],[19],[24],[29],              |
|   | F3: Politikacılardan destek eksikliği   | [1],[7],[23],                             |
|   | F4: BIM Avantajlarının somut olarak gözlemlenmemiş olması                             | [4],[5],[8],[12],[11],[20],[30],[36],[38] |
|   | F5: Birlikte Çalışabilirlik bariyerleri   | [2],[4],[5],[7],[8],[19],[38]             |
| G: DEĞİŞİM İSTEKSİZLİĞİ BARIYERLERİ       | G1: Düşünme şekli değişmesine yönelik direnç  | [6],[12],[19],[21],[38],                  |
|   | G2: Rekabetçi girişimler ve çalışan direnci   | [7],[10],[11],[21]                        |
|   | G3: Yeni teknolojilere karşı direnç ve ön yargı                                       | [10],[11],[12],[15],[23],[31]             |
|   | G4:BIM teknolojisinin yeterince anlaşılması   | [10],[12],[23],[31],[33],                 |
|   | G5: Rekabetçi inşaat ortamında bulunmamak, değişime gerek görmemek                    | [5],[8],[12],[31]                         |

[1](Van vd., 2020), [2](Ma vd., 2022), [3](Olanrewaju vd., 2022), [4](Saka & Chan, 2020), [5](Olanrewaju vd., 2020), [6](Gharaibeh vd., 2022), [7](Hyarat vd., 2022), [8](T. Tan vd., 2019)[9](Kineber vd., 2023), [10](Waqar, Qureshi, vd., 2023), [11](Erdik vd., 2020), [12](Durdyev vd., 2022), [13](Alwisy vd., 2019), [14](Calitz & Wium, 2022), [15](Tabatabaee vd., 2021), [16](Charlson & Dimka, 2021), [17](Bosch-Sijtsema vd., 2017), [18](Jin vd., 2019), [19](Zhou vd., 2019b), [20](Charef vd., 2019), [21](S. Tan & Gumusburun Ayalp, 2022), [22](Wu vd., 2021), [23](Piroozfar vd., 2019), [24](Kim vd., 2020) ,[25] (Akai vd., 2022), [26](Khurshid vd., 2023) ,[27](Tan, 2021),

[28](Hussain vd., 2022), [29](Rokooei, 2015), [30](Nguyen & Nguyen, 2021), [31](Stanley & Thurnell, 2014), [32](Chen vd., 2023), [33](Mahmoud vd., 2022), [34](Azhar, 2011), [35](Nasila & Cloete, 2018), [36](Wu vd., 2021), [37](Aladag vd., 2016), [38](Munianday vd., 2023)

### 2.7.1. Alt Yapı Ve Teknolojik Bariyerler

A01: Yetersiz donanım ve alt yapı sorunları: Türkiye'deki inşaat sektöründe BIM'in benimsenmesini engelleyen faktörlerden biri yetersiz donanım ve alt yapı sorunlarıdır. Araştırmalar, eksik veriler, uyumsuz yazılımlar, belirsiz iş süreçleri ve işbirliği eksikliği, maliyet, bilgi, beceri, yazılım sınırlamaları ve uyumlu ürün bilgisi gibi sorunların altyapı projelerinde BIM uygulamasını engellediğini vurgulamaktadır (Guo vd., 2022). BIM uygulamaları için gereken yüksek performanslı bilgisayarlar, büyük depolama alanları ve güçlü internet bağlantıları gibi teknolojik altyapı gereksinimleri, birçok firma ve profesyonel için erişilebilirlik sorunu oluşturmaktadır. Ayrıca, şantiye koşullarında yaşanan donanım eksiklikleri de BIM'in saha uygulamalarını zorlaştırmaktadır.

A02: Teknik bilgi eksikliği: BIM'in benimsenmesini engelleyen bir diğer faktör, sektördeki teknik bilgi eksikliğidir. Teknik bilgi eksikliği, inşaat sektöründe Bina Bilgi Modellemesinin (BIM) benimsenmesinde önemli bir zorluk oluşturur (Altassan vd., 2023; Andersson & Eidenskog, 2023). Geleneksel inşaat yöntemlerine alışmış olan birçok profesyonel, BIM'in sunduğu yeni teknik ve metodolojileri anlamakta zorlanmaktadır. Çalışmalar, BIM'in başarılı süreçleri, protokolleri ve iş akışları hakkında yetersiz bilginin yaygın olarak uygulanmasını engellediğini vurgulamaktadır (Waqar, Qureshi, vd., 2023).

A03: Lisans Sorunu: BIM yazılımlarının yüksek maliyeti ve lisanslama gereksinimleri, özellikle küçük ve orta ölçekli firmalar için ciddi bir engel teşkil etmektedir. Devlet tarafından zorunlu kılınmış BIM standartlarının ve düzenlemelerinin olmaması, endüstri genelinde tutarsız uygulamalara yol açtığı için kritik bir engeldir (Evans & Farrell, 2021). BIM benimsenmesinde lisanslama sorunları, çeşitli ülkelerde çok önemli hususlardır. Çalışmalar, BIM modellerinin telif hakkı mülkiyeti, veri ihlali ve standartlaştırılmış sözleşme ilişkilerine duyulan ihtiyaç gibi temel sorunları vurgulamaktadır. Ek olarak, lisanslama süreçleri için çoğaltma çalışmasının zorlukları ve farklı yazma araçlarıyla uyumlu çizim oluşturma programlarının gerekliliği vurgulanmıştır (Olanrewaju vd., 2020).

A04: Geleneksel süreçlerden BIM süreçlerine geçişteki yazılımsal sorunlar: Geleneksel inşaat süreçlerinden BIM'e geçiş, firmalar için yazılımsal sorunlarla karşılaşma riskini içermektedir. Mevcut sistemlerin BIM entegrasyonu için uygun

olmaması veya uyumlu olmaması, geçiş sürecini zorlaştırmaktadır. Bu da BIM kullanımını engelleyen bir faktördür (T. Tan vd., 2019; Kineber vd., 2023; Waqar, Qureshi, vd., 2023).

### 2.7.2. Kültür Ve Eğitim İle İlişkili Bariyerler

B01: BIM eğitiminin eksik ve yetersiz olduğu düşüncesi: İnşaat sektöründe BIM'in benimsenmesini engelleyen faktörlerden biridir. Birçok profesyonel, BIM'in potansiyelini tam olarak anlayamamakta ve eksik eğitim kaynakları nedeniyle BIM hakkında yeterli bilgiye sahip olmamaktadır. Bu durum, BIM'in karmaşıklığını anlama ve uygulamada güvenlik oluşturma konusundaki endişeleri artırmaktadır (Van vd., 2020; Ma vd., 2022; Olanrewaju vd., 2022).

B02: BIM uygulamasına yönelik deneyim eksikliği: Sektördeki BIM kullanımını kısıtlayan bir faktördür. Birçok profesyonel, BIM ile ilgili pratik deneyime sahip değildir ve bu nedenle BIM uygulamalarını başarıyla gerçekleştirmekte zorlanmaktadır. Bu eksiklik, BIM'e geçişi ve etkin bir şekilde kullanımını geciktirmektedir (Olanrewaju et al., 2022) .

B03: Kültürel değişime karşı direnç: İnşaat sektöründe BIM'in benimsenmesini engelleyen önemli bir etkidir. Geleneksel inşaat yöntemlerine alışmış olan birçok profesyonel, BIM'in getirdiği kültürel değişikliklere karşı direnç göstermektedir. Bu direnç, BIM'in etkin bir şekilde uygulanmasını ve sektörde köklü bir değişimin gerçekleşmesini engellemektedir (Zhou vd., 2019).

B04: Nitelikli eğitmen eksikliği: BIM'in benimsenmesini engelleyen bir diğer faktördür. Türkiye'de, BIM eğitimi verebilecek yeterli sayıda nitelikli eğitmenin bulunmaması, BIM'in doğru bir şekilde öğrenilmesini ve uygulanmasını zorlaştırmaktadır. Bu durum, sektörde BIM konusunda bilgi eksikliğini artırmaktadır (T. Tan vd., 2019).

B05: BIM'in kişiler tarafından karmaşık/zor olarak algılanması: BIM'in benimsenmesini engelleyen önemli bir etkidir. Birçok profesyonel, BIM'in karmaşıklığını ve zorluğunu algılamakta ve bu nedenle BIM'e geçiş konusunda tereddüt etmektedir. Bu algı, BIM'in yaygınlaşmasını engelleyen bir engel oluşturmaktadır (Hussain vd., 2022) .

### 2.7.3. Standartlar Ve Hukuki Bariyerler

C01: BIM süreçlerine yönelik sözleşme belirsizliklerinden doğan riskler: BIM projelerinde kullanılan yeni teknolojilere ilişkin standart sözleşme maddelerinin

belirsizliği, taraflar arasında anlaşmazlıklara ve risklere neden olabilir. Bu durum, BIM projelerinin finansal ve hukuki açıdan belirsizliklerle karşılaşmasına yol açabilir ve BIM kullanımını engelleyebilir (Charef vd., 2019) .

C02: Hükümet düzenleme, standartları ve BIM yönetmeliğinin eksikliği: Türkiye'de BIM'e ilişkin net düzenlemeler ve standartlar olmaması, sektörde BIM'in yaygınlaşmasını zorlaştırmaktadır. Bu eksiklik, BIM'in etkin bir şekilde kullanılmasını engelleyebilir ve sektördeki güveni azaltabilir. Nijerya örneğinde uygulamaya bakan bir çalışma, en önemli engelleri üst yönetimin düşük desteği, BIM'in maliyeti, yazılım eğitimi sorunlarının maliyeti, inşaat profesyonelleri arasındaki uyumsuzluk, yasal ve sözleşmeli ve kültürle ilgili sorunlar olarak tanımladı (Babatunde vd., 2021).

C03: Çizim ve modelleme ve kalite kontrol standartları eksikliği: İnşaat sektöründe BIM'in benimsenmesini engelleyen bir diğer etkidir. BIM projelerinde kullanılan çizim ve modelleme standartlarının ve kalite kontrol prosedürlerinin belirsizliği, sektördeki profesyonellerin BIM'i etkin bir şekilde uygulamasını zorlaştırabilir. Bu durum, BIM projelerinin verimliliğini ve kalitesini olumsuz etkileyebilir (Gharaibeh vd., 2022) .

C04: BIM veri mülkiyetinin korunmasına yönelik yasal hüküm eksikliği: BIM projelerinde kullanılan verilerin mülkiyetinin belirsizliği, taraflar arasında anlaşmazlıklara neden olabilir ve BIM projelerinin güvenliğini tehlikeye atabilir. Bu durum, BIM kullanımını ciddi şekilde engelleyebilir ve sektördeki güveni azaltabilir (Tabatabaee vd., 2021) .

C05: BIM çalışma prosedürlerinin geleneksel prosedürler ile uyumsuzluğu ve henüz olgunlaşmamış oluşu: İnşaat sektöründe BIM'in benimsenmesini engelleyen bir diğer etkidir. BIM'in geleneksel inşaat yöntemlerinden farklı olması ve henüz standartlaşmamış olması, sektördeki profesyonellerin BIM'i etkin bir şekilde kullanmasını zorlaştırabilir. Bu durum, BIM projelerinin başarıyla tamamlanmasını engelleyebilir ve sektördeki güveni azaltabilir (Mahmoud vd., 2022) .

C06: BIM için geçerli sigorta hükümlerinin belirsiz oluşu

Bina Bilgi Modellemesi (BIM) için geçerli olan sigorta hükümlerine ilişkin belirsizlik, gelişen yükümlülüklerden ve inşaat için uyarlanmış sigorta ürünlerinin bulunmayışından kaynaklanmaktadır. BIM işbirliğini teşvik ettiğinden, tasarım sorumluluklarının atanmasını zorlaştırarak sorumluluk ve sigorta kapsamında belirsizliğe yol açar (Taghizadeh vd., 2022; Tabatabaee vd., 2021).

#### **2.7.4. Süreç Ve Finansal Bariyerler**

D01: Maliyet sorunları (BIM kullanımına ekstra yatırım): BIM'in kullanımı için gereken ek donanım, yazılım lisansları ve diğer teknolojik altyapılar ek maliyetler getirebilmekte. Bu durum, bazı firmaların BIM'e yatırım yapmaktan kaçınmasına neden olabilir ve BIM'in yaygınlaşmasını engelleyebilmektedir. BIM'in önemini bilmelerine rağmen, İspanya'daki bazı AEC şirketlerinin BIM'i kullanmamalarının en yaygın nedeni, yazılım maliyeti, mal sahibinin reddi, kalifiye insan eksikliği ve şirketin onu kullanmaya başlamaya hazır olmamasıdır (Andrés vd., 2017).

D02: BIM ilk yatırım maliyetlerinin yüksek oluşu: BIM uygulamalarının başlangıç maliyetleri yüksek olabilir ve bu da birçok firmayı BIM'e geçiş konusunda tereddüt ettirebilir. ABD, Kanada, Birleşik Krallık ve Gana'dan katılımcıların olduğu araştırmanın sonuçlarına göre, BIM'in benimsenmesinin ortak zorlukları, büyük maliyet yatırımı ve maliyete kıyasla yetersiz olan faydalar ve yeni teknolojiye başlama konusundaki isteksizlik ile ilgilidir (Elmualim & Gilder, 2014). Yüksek başlangıç maliyetleri, BIM'in sektördeki yaygınlaşmasını ve uygulanmasını engelleyebilmektedir..

D03: Personel eğitim harcamalarının ek harcama ve zaman kaybı olarak değerlendirilmesi: BIM kullanımı için gerekli olan personel eğitimi, ek harcamaları ve zaman kaybını gerektirebilir. Bu durum, bazı firmaların BIM'e geçişi ve uygulamasını ertelemesine veya reddetmesine neden olabilir. Bu da BIM'in sektördeki yaygınlaşmasını ve uygulanmasını engelleyebilir (Tan, 2021) .

### **2.7.5. Veri Kaybı Ve Güvenlik Bariyerleri**

E01: Veri Güvenliği fikir mülkiyeti kaygıları: BIM projelerinde kullanılan verilerin güvenliği ve fikri mülkiyetin korunması konusundaki belirsizlikler, sektördeki profesyonellerin BIM'i kullanma konusundaki güvenini azaltabilir. Bu durum, BIM projelerindeki veri güvenliğine ilişkin endişelerin artmasına ve BIM'in yaygınlaşmasını engelleyebilir (Durdyev vd., 2022).

E02: BIM bilgi alışverişindeki kısıtlamaları: inşaat sektöründe BIM'in benimsenmesini engelleyen bir diğer etkidir. BIM projelerinde kullanılan verilerin paylaşımı ve alışverişi konusundaki kısıtlamalar, sektördeki profesyonellerin BIM'i etkin bir şekilde kullanmasını engelleyebilir. Bu durum, BIM projelerinin işbirliğini ve verimliliğini olumsuz etkileyebilir (Nasila & Cloete, 2018).

E03: Mühendislik verilerinin, BIM entegrasyonunda karşılaşılabileceği olası sorunları: BIM projelerinde kullanılan mühendislik verilerinin uygun bir şekilde entegre edilememesi veya uyumsuzluklar yaşanması, projelerin başarısını olumsuz

etkileyebilir. Bu durum, BIM'in etkin bir şekilde kullanılmasını engelleyebilir ve sektörde güveni azaltabilir (Ma vd., 2022).

E04: Dosya aktarımı sırasında veri kaybı korkusu/ riskleri: İnşaat sektöründe BIM'in benimsenmesini engelleyen bir diğer etkidir. BIM projelerinde kullanılan verilerin dosya aktarımı sırasında kaybolma veya hasar görme riski, sektördeki profesyonellerin BIM'i kullanma konusundaki güvenini azaltabilir. Bu durum, BIM projelerindeki veri bütünlüğü ve güvenliği konusundaki endişelerin artmasına ve BIM'in yaygınlaşmasını engelleyebilir (Waqar, Qureshi, vd., 2023).

#### **2.7.6. Teşvik Ve Taleplere Yönelik Bariyerler**

F01: Üst yönetim teşvik ve desteği eksikliği: Üst yönetimin BIM'e yeterince değer vermemesi veya desteklememesi, şirketlerde BIM'in uygulanmasını ve yaygınlaştırılmasını engelleyebilir. Bu durum, BIM'in sektörde köklü bir değişim ve dijital dönüşüm getirebilecek potansiyelini sınırlayabilir. Ürdün'de literatür, inşaat endüstrisinde BIM'in benimsenmesini engelleyen temel zorlukları devlet desteği eksikliği, farkındalık eksikliği, talep eksikliği olarak tanımlıyor (Matarneh vd., 2017).

F02: Yetersiz dış motivasyon (müşteri talebi olmayışı vb.): Müşteri talebinin BIM uygulamalarını zorunlu hale getirmemesi veya talebin yetersiz olması, sektördeki firmaların BIM'e geçişi ve uygulamasını yavaşlatabilir. Bu durum, sektörde BIM'in yaygınlaşmasını ve etkin bir şekilde kullanılmasını engelleyebilir (Zhou vd., 2019).

F03: Politikacılardan destek eksikliği: Politikacıların, BIM'in benimsenmesini teşvik etmek ve desteklemek konusundaki eksikliği, sektörde BIM'in yaygınlaşmasını ve uygulanmasını engelleyebilir. Bu durum, BIM'in sektördeki potansiyelini tam olarak değerlendirmesini engelleyebilir (Hyarat vd., 2022).

F04: BIM Avantajlarının somut olarak gözlemlenmemiş olması: Birçok profesyonel, BIM'in sunduğu avantajları ve faydaları somut olarak gözlemlenmemiş olabilir. Bu durum, sektörde BIM'in yaygınlaşmasını ve uygulanmasını zorlaştırabilir, çünkü BIM'in potansiyeli ve etkisi konusunda şüpheler ve belirsizlikler oluşabilir (Durdyev vd., 2022).

F05: Birlikte Çalışabilirlik bariyerleri: Farklı firmalar arasındaki birlikte çalışabilirlik sorunları, BIM projelerinin başarısını olumsuz etkileyebilir ve BIM'in sektörde yaygınlaşmasını engelleyebilir. Bu durum, sektördeki işbirliğini ve entegrasyonu zorlaştırabilir, çünkü farklı firmalar arasında uyumsuzluklar ve iletişim sorunları ortaya çıkabilir (Munianday vd., 2023).

### 2.7.7. Değişim İsteksizliği Bariyerleri

G01: Düşünme şekli değişmesine yönelik direnç: Geleneksel inşaat anlayışına alışmış olan birçok profesyonel, yeni teknolojilere ve iş süreçlerine karşı direnç gösterebilir. Bu durum, BIM'in potansiyelini anlama ve uygulama konusundaki isteksizliği artırabilir (Zhou vd., 2019).

G02: Rekabetçi girişimler ve çalışan direnci: Bazı profesyoneller, BIM'in işlerini etkileyebileceği veya işlerini riske atabileceği endişesiyle BIM'e karşı direnç gösterebilir. Bu durum, BIM'in sektörde yaygınlaşmasını ve uygulanmasını engelleyebilir (Alwisy vd., 2019).

G03: Yeni teknolojilere karşı direnç ve ön yargı: Bazı profesyoneller, yeni teknolojilere karşı ön yargılı olabilir ve bu nedenle BIM'in potansiyelini tam olarak anlamakta zorlanabilirler. Bu durum, BIM'in sektördeki yaygınlaşmasını ve uygulanmasını engelleyebilir (Piroozfar vd., 2019).

G04: BIM teknolojisinin yeterince anlaşılması: Birçok profesyonel, BIM'in ne olduğunu ve nasıl kullanılacağını tam olarak anlamamaktadır. Bu durum, BIM'in sektördeki potansiyelini tam olarak değerlendirmesini ve kullanılmasını engelleyebilir (Azhar, 2011).

G05: Rekabetçi inşaat ortamında bulunmamak, değişime gerek görmemek: Bazı profesyoneller, rekabetçi bir ortamda bulunmadıkları veya değişime ihtiyaç duymadıkları için BIM'i benimsemeyebilirler. Bu durum, BIM'in sektördeki yaygınlaşmasını ve uygulanmasını engelleyebilir (Gharaibeh vd., 2022).

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

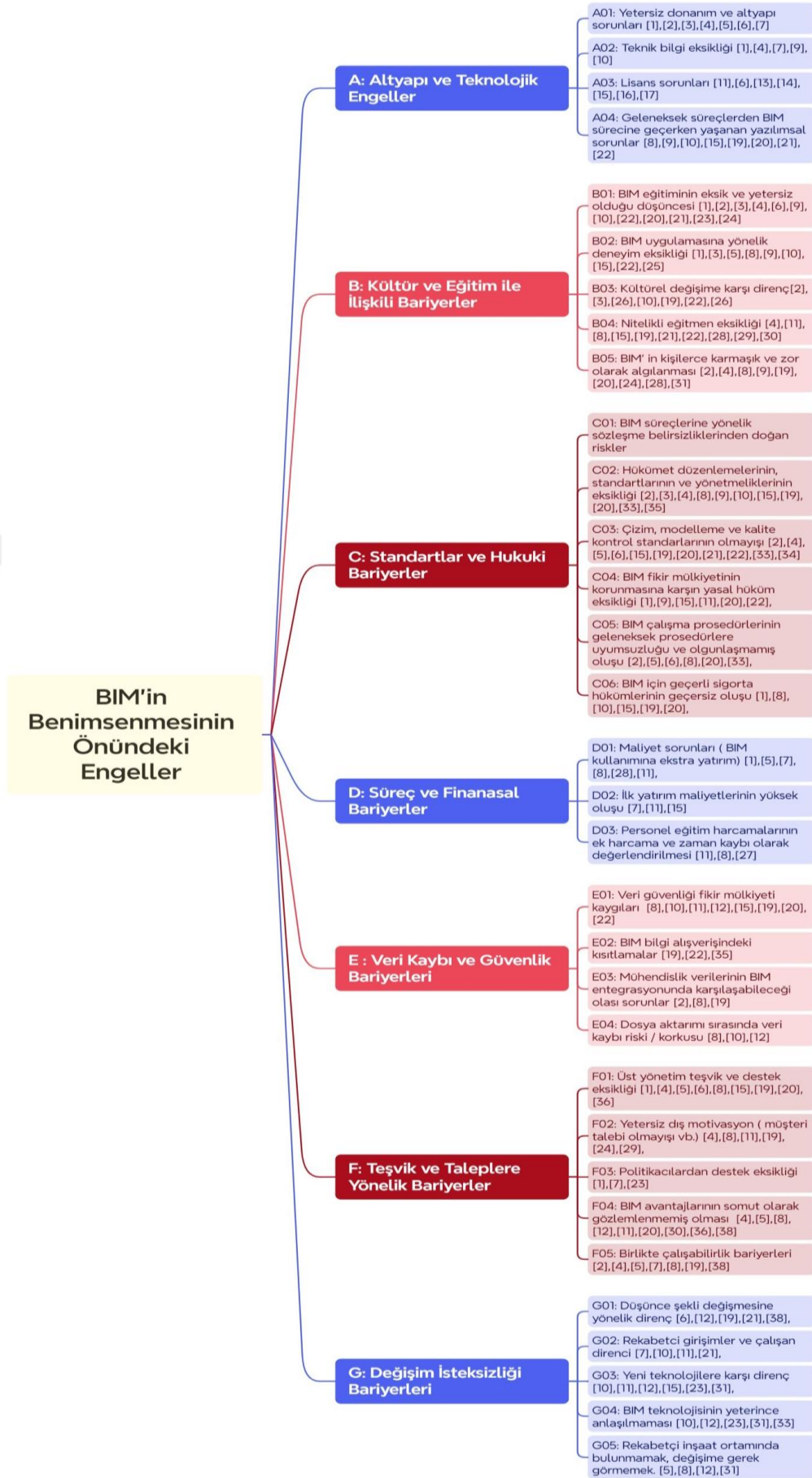
Bu çalışma Türkiye'de BIM kullanımının yaygınlaşmasını engelleyen faktörleri tanımlamak, bu engellerin önem derecelerini belirlemek ve ardından bu engellerin giderilmesine yönelik bir yol haritası oluşturulması üzerine odaklanmaktadır.

#### 3.1. Engellerin Belirlenmesi (SLR)

Bu çalışmada engellerin belirlenmesi için Sistemik Literatür Taraması (SLR) kullanılmıştır. Yapılan literatür taramasının sonucunda BIM'in benimsenmesinin önündeki engeller belirlenmiştir. SLR tekniği, ilgili çalışmaları bularak eleştirel bir şekilde değerlendirmeyi ve bu çalışmalardan veri toplayarak işlemeyi amaçlamaktadır. BIM'in Türk inşaat sektöründe uygulanmasının önündeki engelleri araştırmak için açık ve eleştirel bakış açısı uygun görülmüştür. Bu metodoloji çerçevesinde, bu çalışmada yöntemsel olarak bilgi toplamak için SLR tercih edilmiştir. SLR yöntemi için Web of Science (WoS) veri tabanı kullanılmıştır. Arama yapmak için kullanılan protokol şu şekildedir:

(TÜM ALANLAR) “BIM Uygulaması” VEYA “Yapı Bilgi Modellemesi Uygulama” VE ‘Engeller’ VEYA ‘zorluklar’ VEYA ‘engeller’ VE ‘Başarı Faktörü’ “Altyapı” DEĞİL. Aramanın ilk sonuçları 2000 ila 2023 yıllarını kapsamaktadır, 2796 yayın dâhil edilmiştir. Daha sonra, kesin dâhil etme ve hariç tutma standartları tarama aşaması boyunca uygulanmıştır. Bu özel bağlamda, 2684 soru formu ve elde edilen tüm dokümanlar incelenmiştir. Sonuç olarak, 112 makale seçilmiştir anket sorularına temel oluşturacak şekilde hazırlanmıştır. Sistemik literatür taramasının bir sonucu olarak, 32 engel belirlenmiş ve alt başlıklar altında gruplandırılmıştır. Alt başlıklar daha sonra organize edilmiştir 7 ana başlık altında toplanmıştır (Şekil 6) .





Şekil 6. BIM'in Benimsenmesinin Önündeki Engeller Literatür Taraması

[1](Van et al., n.d.), [2](Ma et al., 2022), [3](Olanrewaju et al.), [4](Saka & Chan, 2019), [5](Olanrewaju et al., 2022), [6](Gharaibeh et al., 2022), [7](Hyarat et al., 2022), [8](T. Tan et al., n.d.), [9](Kineber et al., 2023), [10](Waqar et al., 2023), [11](Erdik et al., 2020), [12](Durdyev et al., 2022), [13](Alwisy et al., 2019), [14](Calitz & Wium, 2022), [15](Tabatabaee et al., 2021), [16](Charlson & Dimka, 2021), [17](Bosch-Sijtsema et al., 2017), [18](Jin et al., 2019), [19](Zhou et al., 2019), [20](Charef et al., 2019), [21](S. Tan & Gumusburun Ayalp, 2022)], [22] (Wu et al., 2021), [23] (Piroozfar et al., 2019), [24] (Kim et al., 2020), [25] (Akal et al., 2022), [26] (Khurshid et al., 2023), [27](Tan, 2021), [28](Hussain et al., 2022), [29](Rokoeei, 2015), [30](Nguyen & Nguyen, 2021), [31](Stanley & Thurnell, 2014), [32](Chen et al., 2023), [33](Mahmoud et al., 2022), [34](Azhar et al., 2012), [35](Nasila & Cloete, 2018), [36](Wu & Jin, 2021), [37](Aladag et al., 2016), [38] (Munianday et al., 2023)

### 3.2. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) çok kriterli bir karar verme sürecidir

Thomas L. Saaty tarafından 1971 yılında geliştirilmiş bir yöntemdir (Wind ve Saaty 1980). Yüksek paydalara, değişkenlere sahip ve karmaşık karar verme durumlarına çözüm sağlayacak bir yöntemdir (Denizhan vd. 2017). AHP, ikili karşılaştırmalar yaparak hesaplamayı içerir ve öncelik ölçeklerini belirlemek için uzmanların yargılarını kullanır (Saaty 2008). Çok kriterli karar verme problemlerinin çözümünde önemli bir yöntem olan AHP, tüm karar alternatiflerini önceliklendirerek birbiriyle yarışan ve çok kriterli kararları değerlendirmek ve kanıtlamak için onlarca yıldır kullanılmaktadır (Ahn 2017). AHP, hedefleri, seçenekleri ve özellikleri ayrıntılı bir hiyerarşik organizasyona bölerek, öncelik (baskınlık) durumlarına göre ikili bir karşılaştırma ölçeği sağlar ve karar vericilerin karmaşık problemleri çözmelerine yardımcı olur (Xu ve Liao 2014). AHP yönteminin en önemli özelliği, karar vericinin hem objektif hem de sübjektif değerleri karar sürecine entegre edebilmesidir (Kuruüzüm ve Atsan 2001). AHP, birbiriyle ilişkili ve çoğu zaman rekabet eden kriterler tarafından tanımlanan kararların alınmasına yardımcı olur ve karar amacı açısından belirlendiğinde, karar kriterleri arasındaki öncelikleri belirler (Goldenberg ve Shapira 2007). AHP, karar verme sürecini doğrudan etkileyecek nitel verilerin (duygu ve sezgiler) matematikselleştirilebildiği, ortaya çıkabilecek durum ve seçeneklerin sıralanmasını sağlayacak matematiksel bir ölçüt sunmaktadır (Taha 2014).

AHP, karar vericilerin bakış açısından şeffaf fikirlerin işlenmesi için düzenlenmiştir ve karar vericilerin düşüncelerini diğerlerinden daha iyi organize eder. AHP'nin temel avantajı, belirli bir sistem üzerindeki karmaşık, zor kararları anlamasıdır. Belirli mantık ve süreç sınırları olan durumlarda, karar vericiler tüm faktörleri devreye sokar ve doğru kararı seçmekte zorlanırlar. AHP algoritması, mevcut durumları ve bu durumlar arasındaki ilişkileri algılayarak bir alt küme faktörü oluşturabilir. Bu nedenle AHP, karmaşık ve zor karar süreçlerini bir sistem çerçevesinde düzenleyerek tüm verileri sentezler, böylece karar için rasyonelleştirme amaçlanır (Sroufe vd. 2002). AHP, olayların ayrıştırılması, kendi aralarında ikili karşılaştırılması, önceliklerin

hiyerarşik oluşumu veya sentezi ve karma bileşime göre nihai kararın alınması olmak üzere dört temel adımdan oluşmaktadır (Kuruüzüm ve Atsan 2001). AHP, karar seviyeleri arasında tek yönlü hiyerarşik bir etkileşimi savunan bir karar verme yöntemidir. Hiyerarşinin en üst kısmı karar probleminin ana hedefini gösterir. Bu hiyerarşik yapı düzenlenebilir ve aynı zamanda karar için değerlendirilecek kriterler belirli bir seviyeye ulaşılan kadar daha detaylı maddelere ayrılabilir (Meade ve Presley 2002). AHP, farklı alanlarda gözlemlenen problemlerin çözümünde kullanılan bir yöntemdir (Keçek ve Yıldırım 2010). AHP, çok fazla kriter içeren karmaşık problemlerin çözüm aşamasında tercih edilen seçim tekniklerinden biridir. Karar problemleri sonucunda başarılı olabilmek için problemin içeriğini karmaşıklaştıracak kararlar almak yerine doğru bir matematiksel sisteme ihtiyaç duyulduğu belirtilmiştir. AHP, kriterlerin ve alternatiflerin ikili olarak karşılaştırılmasını sağlayan, kriterlerin ağırlıklarını belirleyen ve alternatiflerin subjektif önemlerine göre hesaplanmasını sağlayan, karar verme problemlerinde en çok tercih edilen ÇKKV yöntemlerinden biridir (Sarıçalı ve Kundakçı 2016). AHP algoritması, karmaşık koşullar, toplam kalite yönetimi, finans, üretim, proje, müşteri seçimi, personel analizi ve strateji seçimi gibi birçok farklı alanda yararlanılabilecek geniş bir kullanım alanına sahiptir (Kuruüzüm ve Atsan 2001).

### **3.2.1 Uygulama Adımları**

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), karar verme süreçlerinde karmaşık çok kriterli değerlendirme problemlerini çözmek için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem, karar verme sürecindeki farklı kriterlerin ve seçeneklerin önceliklendirilmesine yardımcı olur. AHP'nin uygulanma adımları şu şekildedir:

#### **1. Problemin Tanımlanması ve Hiyerarşinin Oluşturulması**

Karar problemi net bir şekilde tanımlanır. Hiyerarşi yapısı oluşturulur; en üst seviyede kararın amacı, bir alt seviyede kriterler ve alt kriterler, en alt seviyede ise alternatifler yer alır.

#### **2. İkili Karşılaştırma Matrislerinin Oluşturulması (Alternatiflerin ve Kriterlerin Belirlenmesi)**

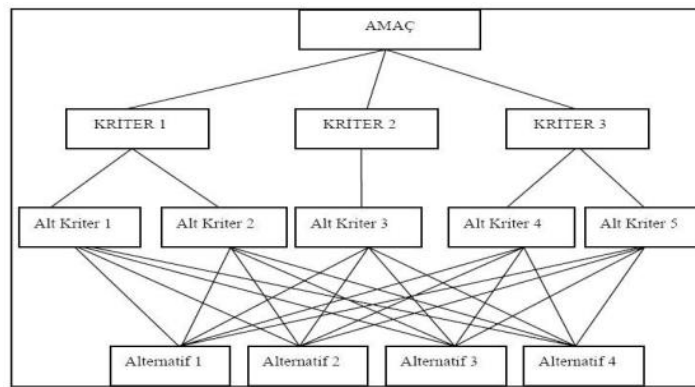
Problem tanımlandıktan sonra değerlendirilmesi beklenen alternatifler belirlenir. Ortaya çıkan alternatiflerin hangi kriterlere göre değerlendirileceği belirlenir. AHP'nin ikinci adımı olan ayrıştırma, karar probleminin daha detaylı anlaşılmasını ve

analiz edilmesini sağlayarak hiyerarşik organizasyon kapsamında alt problemlerin ayrıştırılması işlemidir. Sonuç olarak karar hiyerarşisinin oluşması anlamına gelir (Zahedi 1986).

### 3. Hiyerarşik Yapının Oluşturulması

Bu aşamada önceki süreçlerde tanımlanan problem, belirlenen alternatifler ve değerlendirilecek kriterler bir yapıya yansıtılır. Bu yapının en üstünde problemin çözümünden sonra beklenen hedef konumlandırılmaktadır. Hedef bölümünün altındaki bölümde değerlendirme aşamasında uygulanacak kriterler yer almaktadır. Hedef bölümünün altında yer alan bölümde, kriterlerin altında değerlendirme aşamasında uygulanacak kriterler ve varsa alt kriterler yer almaktadır. Son aşamada ise bu kriterlere göre değerlendirilecek alternatifler tanımlanır.

AHP öncelikle karar probleminin tespit edilmesine ve analiz yardımıyla ölçülmesine yardımcı olarak algoritmayı hiyerarşik bir yapıya kavuşturmayı amaçlamaktadır. Bu aşamada karar vermeye etki eden faktörleri, ana hedeften sonraki alt kriterleri ve son olarak tüm karar seçeneklerini içeren yukarıdan aşağıya hiyerarşik bir yapıya sahiptir (Özkan vd. 2018). Karar hiyerarşisinin en üst kısmı ana hedefi gösterir. Her alt düzey, kararın kalitesini değiştirebilecek kriterleri içerir. Mevcut kriterler ana hedefi etiketleyebilecek özelliklerden oluşuyorsa hiyerarşiye yeni adımlar eklenebilir. Karar alternatifleri hiyerarşinin en altında görülür. Karar hiyerarşisi oluşturulurken adım sayısı sorunun kapsamına, detayına ve karmaşıklığına bağlıdır (Zahedi 1986). AHP'nin örnek hiyerarşik yapısı Şekil 7'de görülebilir.



Şekil 7. AHP Örnek Hiyerarşi Yapısı (Watróbski vd., 2016)

### 4. İkili Karşılaştırma

İkili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması bu adımda oluşturulur. Daha yüksek seviyedeki elementler daha düşük seviyedeki elementlerle karşılaştırılır (Saaty 2008).

### 1.Adım

Bu aşamada kriterler kendi aralarında karşılaştırılır. Problemden kullanılacak kriter sayısı "n" olarak belirlendiğinde n x n'lik bir karar matrisi düzenlenir. Örnek karar matrisi Denklem 1'deki denklemde gösterilmiştir.

#### Denklem 1.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

### 2.Adım

Karşılaştırma matrisinde kriterler satır ve sütunlarda aynı sırayla konumlandırılır. Denklemi kurarken i satır sayısını, j ise sütun sayısını gösterir. Matristeki simetrik dizilim nedeniyle (Denklem 2) matrisin kısıtı olarak belirlenmiştir.

#### Denklem 2

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$$

Aynı zamanda denklem (Denklem 3), matristeki simetrik (i=j) dizilimden dolayı matrisin kısıtı olarak belirlenmiştir.

#### Denklem 3

$$a_{ii} = 1$$

Denklemin çözümü için oluşturulan ve kısıtların uygulanacağı matris ikili karşılaştırma örneği Denklem 4'de gösterilmektedir. Değerlendirme miktarı kriter sayısına bağlı olduğundan matrisin doğru oluşturulabilmesi için Denklem 5'de gösterilen "b" sayısı kadar değerlendirme yapılması gerekmektedir.

#### Denklem 4

$$A=a_{ij}=\begin{bmatrix} 1 & \dots & \dots & a_{1n} \\ \vdots & 1 & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & 1 & \vdots \\ \frac{1}{a_{1n}} & \dots & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Değerlendirme miktarı kriter sayısına bağlı olduğundan matrisin doğru oluşturulabilmesi için denklem, Denklem 5’de gösterilen “b” sayısı kadar değerlendirme yapılması gerekmektedir.

#### Denklem 5

$$b=\frac{n \times (n-1)}{2}$$

Kriterler değerlendirilirken Saaty'nin oluşturduğu ölçek tablosu referans alınmıştır. Ölçek tablosu Şekil 8’de gösterilmektedir.

| STANDART TERCİH TABLOSU |                                    |
|-------------------------|------------------------------------|
| Önem Değerleri          | Değer Tanımları                    |
| 1                       | Eşit Önemde                        |
| 3                       | Biraz Daha Önemli (Az Üstünlük)    |
| 5                       | Oldukça Önemli (Fazla Üstünlük)    |
| 7                       | Çok Önemli (Çok Üstünlük)          |
| 9                       | Son Derece Önemli (Kesin Üstünlük) |
| 2,4,6 ve 8              | Ara Değerler (Uzlaşma Değerleri)   |

Şekil 8. (Saaty, 1990)

İkili karşılaştırma yapılırken Şekil 8 referans alındığından, eşit öneme sahip bir gösterge olan 1’den uç önem düzeyi olan 9’a kadar değişen kriterlerle değerlendirmeler yapılmaktadır. Örneğin bu değer 9 ise i kriterinin j kriterine göre son derece önemli olduğu anlaşılmaktadır. Bu nedenle j kriteri i kriteri ile karşılaştırıldığında 1/9 düzeyinde önem derecesine sahiptir. Durumun matematiksel örnek temsili matriste  $a_{ij}$  9’a eşitse  $a_{ji}$  1/9 olacak şekilde konumlandırılmalıdır (Denizhan & Yalçiner, 2017).

## 5. Karşılaştırma Matrisinin Normalizasyon Sürecinin Tamamlanması ve Öz vektörün Belirlenmesi

### 1.Adım

Karşılaştırma matrisindeki her bir eleman, bulunduğu sütundaki elemanların toplamına bölünür ve aldığı değerle normalizasyon matrisinin elemanını oluşturur. Bu denklemi gösteren kısıt denklem, Denklem 6’da görülebilir.

### Denklem 6

$$a'_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}}$$

Bu hesaplamalar tamamlandıktan sonra ortaya çıkan normalleştirilmiş karşılaştırma matrisi örneği denklem, Denklem 7'de gösterilmektedir.

### Denklem 7

$$A' = \begin{bmatrix} a'_{11} & a'_{12} & \dots & a'_{1n} \\ a'_{21} & a'_{22} & \dots & a'_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a'_{n1} & a'_{n2} & \dots & a'_{nn} \end{bmatrix}$$

### 2.Adım

Normalize edilmiş matriste aynı satırda yer alan öğeler toplanır ve bu değer in ortalaması hesaplanır. Bu, Denklem 8'de gösterilmektedir.

### Denklem 8

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n a'_{ij}}{n}$$

Ortaya çıkan vektör bir öz vektördür ve bu kriterlerin önem ağırlıklarını gösterir. Öz vektör örneği Denklem 9'da gösterilmektedir.

### Denklem 9

$$w = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix}$$

### 3.Adım

Öz vektörün ve normalleştirilmiş karşılaştırma matrisinin doğru hesaplandığını doğrulamak için kriter ağırlıklarının toplamının 1'e eşit olması gerekir. Bu denklem aşağıda verilmiştir.

$$\sum w_i \quad n \quad i=1 = 1$$

## 6. Tutarlılık denetimi

AHP yönteminde karar vericinin birden fazla ikili karşılaştırma sorusuna cevap vermesi nedeniyle zaman zaman tutarsız sonuçlar ortaya çıkabilmektedir. AHP, varsa bu tutarsızlığı bulmak ve sonucu daha güvenilir hale getirmek için tutarsızlığı ölçer.

### 1.Adım

Öncelikle özdeğer kullanılarak tutarlılık belirlenir. Öz vektör karşılaştırma matrisi ile çarpılır ve öz değer ( $w'$ ) hesaplanır. Bu denklem, Denklem 10'da gösterilmektedir.

#### Denklem 10

$$w' = A \times w = \begin{bmatrix} 1 & \dots & \dots & a_{1n} \\ \vdots & 1 & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & 1 & \vdots \\ \frac{1}{a_{1n}} & \dots & \dots & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w'_1 \\ w'_2 \\ \vdots \\ w'_n \end{bmatrix}$$

A matrisinin temel özdeğer olarak adlandırılan maksimum özdeğer ( $\lambda_{max}$ ) tutarlılık hesaplamalarında ana değer olarak kullanılır. Bu aşamada özdeğer matrisi ( $w'$ ) öz vektör matrisine ( $w$ ) bölünür ve elde edilen değer toplanıp kriter numarasına ( $n$ ) bölünür. Bu, Denklem 11'de gösterilmektedir.

#### Denklem 11

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \left( \frac{w'_1}{w_1} + \frac{w'_2}{w_2} + \frac{w'_3}{w_3} + \dots + \frac{w'_n}{w_n} \right)$$

### 3.Adım

$\lambda_{max}$  bulunduktan sonra matrisin tutarlılık indeksi ( $CI$ ) hesaplanır. Bu denklem, Denklem 12'de gösterilmektedir.

#### Denklem 12

$$CI = \left( \frac{\lambda_{max} - n}{n-1} \right)$$

### 4.Adım

İkili karşılaştırma matrislerinde ortalama tutarlılık indeksine karşılık gelen değer Rastgele Tutarlılık İndeksidir ( $RI$ ). Bu değeri bulmak için Saaty'nin oluşturduğu  $RI$  tablosundan referans alınır. Bu değerler kriter sayısına göre değişmekte olup, kullanıcının problemindeki kriter sayısına karşılık gelen değere göre karşılaştırma yapması gerekmektedir. Rastgele tutarlılık indeksi ( $RI$ ) değerleri Şekil 9'da gösterilmektedir. Karar sürecindeki kriter sayısının ( $n$ ) Şekil 9'daki karşılığı olan değer  $RI$  değeri olarak tanımlanmaktadır.



|           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |
|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| <b>N</b>  | <b>1</b> | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>4</b> | <b>5</b> | <b>6</b> | <b>7</b> | <b>8</b> | <b>9</b> | <b>10</b> |
| <b>RI</b> | 0        | 0        | 0.58     | 0.90     | 1.12     | 1.24     | 1.32     | 1.41     | 1.45     | 1.49      |

**Şekil 9.** Rastgele tutarlılık indeksi (RI) (Saaty, 1990)

### 5.Adım

Tutarlılık oranı (*CR*), Tutarlılık İndeksinin (*CI*) Rastgele Tutarlılık İndeksine (*RI*) bölünmesiyle hesaplanır. Bu, Denklem 13'de gösterilmektedir.

#### **Denklem 13**

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

CR değerinin 0,1'den büyük veya küçük olmasına bağlı olarak matrisin tutarlı olup olmadığına karar verilebilir. CR değerinin tutarlı kabul edilebilmesi için 0,1'den küçük olması gerekmektedir. Tutarlılık oranının 0,1'den büyük olması durumunda Şekil 11'de verilen ikili karşılaştırma matrisindeki öğelere verilen değerler yeniden değerlendirilmeli. Burada karar vericilerle tekrar istişarede bulunularak durum aktarılmalı ve tutarsızlık giderilmelidir. Değerin 0,1'den küçük olması sistemin tutarlı olduğu sonucuna varılmaktadır. Böylece hesaplanan öz vektör değerinin, kriterlerin önem düzeyini doğru bir şekilde aktardığı kanıtlanmıştır. Sonuç olarak CR değerinin 0,1'den küçük olması beklenmektedir. Bu durumda matrisin tutarlı bir şekilde kurulduğu anlaşılmaktadır.

### **7. Sonuç Matrisi Oluşturularak En İyi Alternatifin Belirlenmesi**

Alternatif sayısı(m) ile karar probleminin her bir kriteri (n) için alternatifler yukarıda belirtilen aşamalara göre karşılaştırılır. Bu sonuçta kriter sayısı kadar öncelik vektörü (S) elde edilir. Öncelik vektörü (S) denklem 14'de belirtilmektedir.

#### **Denklem 14**

$$S = \begin{bmatrix} S_{11} \\ S_{21} \\ \vdots \\ S_{m1} \end{bmatrix}$$

Her öncelik vektörü için tutarlılık durumları hesaplanır ve beklenen değer bulunamaması durumunda alternatifler için hazırlanan ikili karşılaştırma matrisi yeniden düzenlenir. Matris sonucu tutarlı ise dördüncü aşamada hesaplanan kriter ağırlıklarını gösteren değer (w) ile S vektörünün çarpılmasıyla elde edilen değerler

büyükten küçüğe doğru sıralanır. Seçenekler arasında maksimum değer en iyi alternatif, minimum değer ise en kötü alternatiftir.

### **3.3 Anket Tasarımı**

Bu çalışma özellikle Türk inşaat sektöründe BIM kullanımına karşı gösterilen direnç odaklanmaktadır. Araştırmanın çerçevesi birbirini takip eden üç aşamada yapılandırılmıştır: İlk olarak, anketteki sorulara temel oluşturacak potansiyel engellerin belirlenmesi amacıyla sistematik bir literatür taraması yapılmıştır. Daha sonra faktörlere ilişkin bir anket çalışması yapıldı. Üçüncü aşama, BIM engellerinin önemini belirlemek için AHP yönteminin uygulanmasıdır. Anket, BIM uygulamaları ve araştırmaları yapan 10 uzman akademisyene uygulanmıştır. Anket sonuçları değerlendirilerek tutarlılık indeksleri analiz edilmiştir. Uygulanan 10 ankette sadece 3 tanesinin tutarlı olduğu görülmektedir.

Literatür taraması sonucunda belirlenen engeller 7 ana başlık altında toplanmıştır. Her bir ana başlık altında yer alan alt başlıklar, AHP yöntemine uygun olarak ikili karşılaştırmalar yoluyla değerlendirilmiştir. Bu süreçte, katılımcılara her bir ana başlık altındaki alt başlıklar ikili olarak sunulmuş ve hangisinin daha önemli bir engel olduğu sorulmuştur. Bu değerlendirme, alt başlıkların birbirine göre önceliklendirilmesini ve önem derecelerinin belirlenmesini sağlamıştır.

## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu çalışmada, elde edilen veriler doğrultusunda, AHP yöntemi ile kriterlerin öz değerleri hesaplanmış ve tutarlılık indeksi belirlenmiştir. Araştırma bulguları, kriterlerin önem ağırlıklarını ve yüzdelerle ifadelerini ortaya koyarak, BIM kullanımının yaygınlaşmasının önündeki en önemli engelleri tespit etmiştir. Ayrıca, normalleştirilmiş karar matrisi kullanılarak alternatiflerin belirli kriterlere göre karşılaştırılması yapılmıştır. Bu bulgular, BIM kullanımının yaygınlaşmasının önündeki engellerin net bir şekilde anlaşılmasına ve bu engellerin aşılmasına yönelik stratejik önerilerin geliştirilmesine katkı sağlamaktadır. Anket, BIM uygulamaları ve araştırmaları yapan 10 uzman akademisyene uygulanmıştır. Anket sonuçları değerlendirilerek tutarlılık indeksleri analiz edilmiştir. 10 uzman görüşünden sadece 3 tanesinin tutarlı olduğu görülmektedir.

### 4.1. Tutarlı Verilerin Anket Değerlendirilmesi (1. Katılımcı)

Bu bölümde, 1. katılımcıdan elde edilen verilerin analizi ve değerlendirilmesi sunulmaktadır. AHP ile katılımcının belirlediği kriterler ve alternatifler değerlendirilerek, tutarlılık indeksleri ve kriterlerin önem ağırlıkları hesaplanmıştır. Elde edilen bulgular, katılımcının BIM kullanımının yaygınlaşmasının önündeki engelleri nasıl algıladığını ve bu engellerin önem derecelerini nasıl sıraladığını göstermektedir. Bu analizler, BIM kullanımının yaygınlaşmasına yönelik stratejilerin belirlenmesi için önemli bilgiler sağlamaktadır.

- **1. Katılımcı A Maddesi -Altyapı ve Teknolojik Bariyerler**

#### Normalize Karar Matrisi

Tablo 2’de alternatiflerin karşılaştırılabilir hale getirilmesini sağlayan normalleştirilmiş değerleri verilmiştir. Örneğin, A1 kriterine göre A2 alternatifi 0.59 değerine sahipken, ‘‘A3: Lisans Sorunu’’ alternatifi 0.07 değerine sahiptir. Bu normalizasyon işlemi, alternatiflerin kıyaslanabilirliğini artırarak değerlendirmemize önemli katkılar sağlamaktadır.

**Tablo 2.** 1. Katılımcı A maddesi Anket Sonuçları ve Normalize Karar Matrisi

| ALT YAPI VE TEKNOLOJİK BARIYERLER |        | A1    | A2   | A3    | A4   |
|-----------------------------------|--------|-------|------|-------|------|
| Anket Sonuçları                   | A1     | 1,00  | 0,11 | 3,00  | 0,20 |
|                                   | A2     | 9,00  | 1,00 | 9,00  | 3,00 |
|                                   | A3     | 0,33  | 0,11 | 1,00  | 0,14 |
|                                   | A4     | 5,00  | 0,33 | 7,00  | 1,00 |
|                                   | TOPLAM | 15,33 | 1,56 | 20,00 | 4,34 |

| Normalize Karar Matrisi | ALT YAPI VE TEKNOLOJİK BARIYERLER | A1   | A2   | A3   | A4   |
|-------------------------|-----------------------------------|------|------|------|------|
|                         | A1                                | 0,07 | 0,07 | 0,15 | 0,05 |
|                         | A2                                | 0,59 | 0,64 | 0,45 | 0,69 |
|                         | A3                                | 0,02 | 0,07 | 0,05 | 0,03 |
|                         | A4                                | 0,33 | 0,21 | 0,35 | 0,23 |

### Kriterlerin Önem Ağırlıkları

Öz vektör hesaplamaları sonucunda elde edilen veriler Tablo 3'de sunulmuştur. Bu tablodan, ikinci kriterin "A2: Teknik bilgi eksikliği" 0.593 ile en yüksek ağırlığa sahip olduğu ve yüzde 59.27'lik bir öneme sahip olduğu görülmektedir. Diğer kriterlerin ağırlıkları ve yüzdelik ifadeleri de tabloda detaylandırılmıştır. Bu sonuçlar, ikinci kriterin diğerlerine göre daha önemli olduğunu göstermektedir.

**Tablo 3.** 1. Katılımcı Anketine Göre A maddesi Önem Ağırlıkları

| Kriterlerin Önem Ağırlığı |    | Öz Vektör Hesaplanması Kriterlerin önem ağırlığı | % DE İFADESİ |
|---------------------------|----|--|--------------|
|                           | A1 | 0,083  | 8,32         |
|                           | A2 | 0,593  | 59,27        |
|                           | A3 | 0,044  | 4,40         |
|                           | A4 | 0,280  | 28,02        |
| TOPLAM                    |    | 1,000  | 100,00       |

### Tutarlılık İndeksi

Araştırmamızda kullanılan AHP yönteminin tutarlılığını değerlendirmek amacıyla tutarlılık indeksi hesaplanmıştır. Bu hesaplama sonucunda elde edilen veriler Tablo 4'de sunulmuştur. Tabloya göre, maksimum özdeğer ( $\lambda_{max}$ ) 4.1818 olarak bulunmuştur. Tutarlılık indeksi (CI) 0.0606 ve tutarlılık oranı (CR) 0.0681 olarak

hesaplanmıştır. CR değerinin 0.10'dan küçük olması, kıyaslamaların güvenilir ve tutarlı olduğunu göstermektedir.

**Tablo 4. 1.** Katılımcı A maddesi Tutarlılık İndeksi Tablosu

| Tutarlılık İndeksi              |       |  |        |        |      |      |      |      |      |      |      |      |       |
|---------------------------------|-------|--|--------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Özdeğer Verisi<br>(Eigenvector) |       | Max <span style="color: red;">X</span> 0,10 dan küçükse güvenilirdir |        |        |      |      |      |      |      |      |      |      |       |
| A1                              | 0,337 | 4,1818   | 0,0606 | 0,0681 | 2,00 | 3,00 | 4,00 | 5,00 | 6,00 | 7,00 | 8,00 | 9,00 | 10,00 |
| A2                              | 2,578 |  |        |        |      |      |      |      |      |      |      |      |       |
| A3                              | 0,178 |  |        |        |      |      |      |      |      |      |      |      |       |
| A4                              | 1,202 |  |        |        |      |      |      |      |      |      |      |      |       |
| RI                              | 0,00  | 0,52   | 0,89   | 1,11   | 1,25 | 1,49 | 1,49 | 1,49 | 1,49 | 1,49 | 1,49 | 1,49 | 1,49  |

1. katılımcının yanıtlarına göre "Teknik bilgi eksikliği" (A2) yüzde 59,3 oranında en önemli bariyer olarak öne çıkmaktadır. Bu sonuç, BIM'in benimsenmesindeki en önemli engelin teknik bilgi yetersizliği olduğunu açıkça göstermektedir. BIM, geleneksel inşaat yöntemlerine kıyasla daha karmaşık ve teknik bilgi gerektiren bir süreçtir. BIM teknolojisi, proje yönetimi, modelleme ve veri paylaşımı gibi çok disiplinli bir yapıya sahip olduğundan, teknik bilgi eksikliği, BIM'in doğru şekilde uygulanmasını ciddi ölçüde zorlaştırmaktadır. Özellikle Türkiye gibi BIM'e geçiş sürecinde olan ülkelerde, mühendislik ve inşaat sektörlerinde BIM teknolojisine yönelik eğitimlerin ve teknik bilgi birikiminin eksik olması, organizasyonların bu teknolojiye adaptasyonunu yavaşlatmaktadır. Katılımcının verdiği yanıtlar, BIM'in yaygınlaşması için öncelikle teknik bilgi eksikliğinin giderilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Bu bağlamda, teknik bilgi eksikliğinin giderilmesine yönelik eğitim programlarının geliştirilmesi ve mühendislik fakültelerinde BIM tabanlı derslerin yaygınlaştırılması önemli bir stratejik hedef olabilir.

- **1. Katılımcı B Maddesi- Kültür ve Eğitim ile İlgili Bariyerler**

Normalize Karar Matrisi

1. Katılımcının anket sonuçlarında göre B maddesi için değerlendirilen alternatiflerin belirli kriterlere göre normalleştirilmiş değerleri Tablo 5'de sunulmuştur. Bu tablo, alternatiflerin karşılaştırılabilir hale getirilmesini sağlamaktadır.

**Tablo 5. 1.** Katılımcı B maddesi Anket Sonuçları ve Normalize Karar Matrisi

| KÜLTÜR VE EĞİTİM | B1          | B2        | B3      | B4   | B5        |
|------------------|-------------|-----------|---------|------|-----------|
| B1               | 1,00        | 3,00      | 0,20    | 9,00 | 7,00      |
| B2               | 0,33        | 1,00      | 0,20    | 5,00 | 3,00      |
| B3               | 5,00        | 5,00      | 1,00    | 9,00 | 9,00      |
| B4               | 0,11        | 0,20      | 0,11    | 1,00 | 0,33      |
| B5               | 0,14        | 0,33      | 0,11    | 3,00 | 1,00      |
| <b>Toplam</b>    | 6,587301587 | 9,5333333 | 1,62222 | 27   | 20,333333 |

| Normalize Karar Matrisi | KÜLTÜR VE EĞİTİM | B1       | B2       | B3       | B4       | B5       |
|-------------------------|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                         | B1               | 0,151807 | 0,314685 | 0,123288 | 0,333333 | 0,344262 |
|                         | B2               | 0,050602 | 0,104895 | 0,123288 | 0,185185 | 0,147541 |
|                         | B3               | 0,759036 | 0,524476 | 0,616438 | 0,333333 | 0,442623 |
|                         | B4               | 0,016867 | 0,020979 | 0,068493 | 0,037037 | 0,016393 |
|                         | B5               | 0,021687 | 0,034965 | 0,068493 | 0,111111 | 0,04918  |

### Kriterlerin Önem Ağırlıkları

Tablo 6'da kriterlerin önem derecelerini belirlemek amacıyla yapılan öz vektör hesaplamaları sunulmuştur. Bu tablodan, üçüncü kriterin 'B3: Kültürel değişime karşı direnç' 0.535 ile en yüksek ağırlığa sahip olduğu ve yüzde 53.5181'lik bir öneme sahip olduğu görülmektedir. Diğer kriterlerin ağırlıkları ve yüzdelik ifadeleri de tabloda detaylandırılmıştır. Bu sonuçlar, üçüncü kriterin diğerlerine göre daha önemli olduğunu göstermektedir.

**Tablo 6. 1. Katılımcı B maddesi Öz Vektör Değerleri**

| Kriterlerin Önem Ağırlığı | Öz Vektör Hesaplanması       |            | % DE İFADESİ |
|---------------------------|------------------------------|------------|--------------|
|                           | Kriterlerin önem ağırlığıdır |            |              |
| B1                        | 0,253                        | 25,34752   |              |
| B2                        | 0,122                        | 12,23023   |              |
| B3                        | 0,535                        | 53,51813   |              |
| B4                        | 0,032                        | 3,195402   |              |
| B5                        | 0,057                        | 5,708727   |              |
| <b>TOPLAM</b>             | <b>1</b>                     | <b>100</b> |              |

### Tutarlılık İndeksi

Hesaplama sonucunda elde edilen veriler Tablo 7'de sunulmuştur. Tabloya göre, maksimum özdeğer ( $\lambda_{max}$ ) 5,4069 olarak bulunmuştur. Tutarlılık indeksi (CI) 0.1017 ve tutarlılık oranı (CR) 0.0916 olarak hesaplanmıştır. CR değerinin 0.10'dan küçük olması, kıyaslamaların güvenilir ve tutarlı olduğunu göstermektedir.

**Tablo 7. 1. Katılımcı B maddesi Tutarlılık İndeksi Değeri**

| Tutarlılık indeksi              |       |        |        |        |                                    |      |      |      |       |
|---------------------------------|-------|--------|--------|--------|------------------------------------|------|------|------|-------|
| Özdeğer Verisi<br>(Eigenvector) |       | Max    |        |        | X 0,10 dan küçükse<br>güvenilirdir |      |      |      |       |
| B1                              | 1,415 | 5,4069 | 0,1017 | 0,0916 | 3,00                               | 4,00 | 5,00 | 6,00 | 7,00  |
| B2                              | 0,645 |        |        |        |                                    |      |      |      |       |
| B3                              | 3,215 |        |        |        |                                    |      |      |      |       |
| B4                              | 0,163 |        |        |        |                                    |      |      |      |       |
| B5                              | 0,289 |        |        |        |                                    |      |      |      |       |
| N                               | 2,00  | 3,00   | 4,00   | 5,00   | 6,00                               | 7,00 | 8,00 | 9,00 | 10,00 |
| RI                              | 0,00  | 0,52   | 0,89   | 1,11   | 1,25                               | 1,35 | 1,40 | 1,45 | 1,49  |

Katılımcının kültür ve eğitimle ilgili bariyerler arasında "Kültürel değişime karşı direnç" (B3) bariyerini yüzde 53,5 ile en önemli engel olarak belirlediği görülmektedir. Kültürel direnç, teknolojik değişimlerin benimsenmesinde sıklıkla karşılaşılan bir engeldir ve özellikle inşaat sektörü gibi geleneksel yöntemlerin köklü bir şekilde yerleştiği alanlarda bu direnç daha da artmaktadır. BIM, çalışma şekillerinde ve proje yönetiminde köklü değişiklikler getiren bir teknolojidir. Ancak bu değişiklikler, bireylerin ve organizasyonların mevcut kültürel normlarına ve alışkanlıklarına meydan okumaktadır. Katılımcının verdiği yanıtlar, BIM'in yaygınlaşması için kültürel dirençle mücadele edilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Özellikle BIM'in faydalarının somut bir şekilde gösterilmesi ve bu teknolojiye dair olumlu bir kültürün oluşturulması, kültürel direncin azaltılmasında etkili olabilir. BIM uygulamaları sırasında karşılaşılan direncin, projelerin başarısını olumsuz etkileme potansiyeli göz önüne alındığında, değişim yönetimi stratejilerinin etkin bir şekilde kullanılması ve BIM kültürüne uyumun teşvik edilmesi gerekmektedir.

- **1. Katılımcı C Maddesi-Standartlar ve Hukuki Bariyerler**

Normalize Karar Matrisi

1. Katılımcının anket sonuçlarına göre (Tablo 8 ) C maddesi için değerlendirilen alternatiflerin belirli kriterlere göre normalleştirilmiş değerleri Tablo 9'da sunulmuştur. Bu tablo, alternatiflerin karşılaştırılabilir hale getirilmesini sağlamaktadır.

**Tablo 8. 1. Katılımcı C maddesi Anket Cevapları**

| STANDARTLAR VE HUKUKİ BARIYERLER |        | C1        | C2       | C3       | C4       | C5       | C6   |
|----------------------------------|--------|-----------|----------|----------|----------|----------|------|
| Anket Sonuçları                  | C1     | 1         | 0,14     | 0,33     | 0,20     | 0,14     | 3,00 |
|                                  | C2     | 7         | 1        | 5,00     | 5,00     | 3,00     | 9,00 |
|                                  | C3     | 3         | 0,2      | 1        | 0,33     | 0,20     | 5,00 |
|                                  | C4     | 5         | 0,2      | 3        | 1        | 0,33     | 7,00 |
|                                  | C5     | 7         | 0,333333 | 5        | 3        | 1        | 9,00 |
|                                  | E6     | 0,3333333 | 0,111111 | 0,2      | 0,142857 | 0,111111 | 1    |
|                                  | Toplam | 23,333333 | 1,987302 | 14,53333 | 9,67619  | 4,787302 | 34   |

**Tablo 9. 1. Katılımcı C maddesi Nomarlıze Karar Matrisi**

| STANDARTLAR VE HUKUKİ BARIYERLER |    | C1       | C2       | C3       | C4       | C5       | C6       |
|----------------------------------|----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Normalize Karar Matrisi          | C1 | 0,042857 | 0,071885 | 0,022936 | 0,020669 | 0,029841 | 0,088235 |
|                                  | C2 | 0,3      | 0,503195 | 0,344037 | 0,516732 | 0,626658 | 0,264706 |
|                                  | C3 | 0,128571 | 0,100639 | 0,068807 | 0,034449 | 0,041777 | 0,147059 |
|                                  | C4 | 0,214286 | 0,100639 | 0,206422 | 0,103346 | 0,069629 | 0,205882 |
|                                  | C5 | 0,3      | 0,167732 | 0,344037 | 0,310039 | 0,208886 | 0,264706 |
|                                  | C6 | 0,014286 | 0,055911 | 0,013761 | 0,014764 | 0,02321  | 0,029412 |

### Kriterlerin Önem Ağırlıkları

Tablo 10'da kriterlerin öz vektör hesaplamaları sunulmuştur. Bu tablodan, ikinci kriterin "C2: Hükümet düzenleme, standartları ve BIM yönetmeliğinin eksiliği" 0.426 ile en yüksek ağırlığa sahip olduğu ve yüzde 42.58879'luk bir öneme sahip olduğu görülmektedir. Diğer kriterlerin ağırlıkları ve yüzdeler de tabloda detaylandırılmıştır. Bu sonuçlar, ikinci kriterin diğerlerine göre daha önemli olduğunu göstermektedir.

**Tablo 10. 1. Katılımcı C maddesi Öz Vektör Değerleri**

| (Kriterlerin önem ağırlığıdır.) | Öz Vektör Hesaplanması    |              |
|---------------------------------|---------------------------|--------------|
|                                 | Kriterlerin önem ağırlığı | % DE İFADESİ |
| C1                              | 0,046                     | 4,607056     |
| C2                              | 0,426                     | 42,58879     |
| C3                              | 0,087                     | 8,688376     |
| C4                              | 0,150                     | 15,0034      |
| C5                              | 0,266                     | 26,58999     |
| C6                              | 0,025                     | 2,52238      |
| TOPLAM                          | 1                         | 100          |



## Tutarlılık İndeksi

Araştırmamızda kullanılan AHP yönteminin tutarlılığını değerlendirmek amacıyla tutarlılık indeksi hesaplanmıştır. Bu hesaplama sonucunda elde edilen veriler Tablo 11'de sunulmuştur. Tabloya göre, maksimum özdeğer ( $\lambda_{max}$ ) 6.4921 olarak bulunmuştur. Tutarlılık indeksi (CI) 0.0984 ve tutarlılık oranı (CR) 0.0787 olarak hesaplanmıştır. CR değerinin 0.10'dan küçük olması, kıyaslamaların güvenilir ve tutarlı olduğunu göstermektedir.

**Tablo 11.** 1. Katılımcı C maddesi Tutarlılık İndeksi Değeri

| Tutarlılık indeksi           |       |        |        |        |                                 |      |      |      |       |
|------------------------------|-------|--------|--------|--------|---------------------------------|------|------|------|-------|
| Özdeğer verisi (Eigenvector) |       | Max    |        |        | X 0,10 dan küçükse güvenilirdir |      |      |      |       |
| C1                           | 0,280 | 6,4921 | 0,0984 | 0,0787 | 6,00                            | 7,00 | 8,00 | 9,00 | 10,00 |
| C2                           | 2,958 |        |        |        |                                 |      |      |      |       |
| C3                           | 0,540 |        |        |        |                                 |      |      |      |       |
| C4                           | 0,991 |        |        |        |                                 |      |      |      |       |
| C5                           | 1,842 |        |        |        |                                 |      |      |      |       |
| C6                           | 0,156 |        |        |        |                                 |      |      |      |       |
| N                            | 2,00  | 3,00   | 4,00   | 5,00   | 6,00                            | 7,00 | 8,00 | 9,00 | 10,00 |
| RI                           | 0,00  | 0,52   | 0,89   | 1,11   | 1,25                            | 1,35 | 1,40 | 1,45 | 1,49  |

Katılımcı, standartlar ve hukuki bariyerler başlığı altında "Devlet düzenlemeleri ve BIM yönetmeliği eksikliği" (C2) bariyerini yüzde 42,6 ile en önemli engel olarak belirtmiştir. BIM'in etkili bir şekilde uygulanabilmesi için belirli bir standart ve yasal çerçevenin mevcut olması gerekmektedir. Ancak Türkiye'de BIM kullanımına yönelik spesifik devlet düzenlemeleri ve yönetmeliklerin eksik olması, organizasyonların BIM'e geçişte çekinceler yaşamasına neden olmaktadır. Standartların eksikliği, projelerdeki kalite kontrol süreçlerini ve verilerin doğru yönetilmesini de olumsuz etkilemektedir. Katılımcının bu konuda verdiği yanıtlar, BIM'in geniş çaplı benimsenmesi için devletin daha aktif bir rol alması gerektiğini ortaya koymaktadır. BIM süreçlerinin hukuki ve standartlar açısından desteklenmemesi, projelerdeki belirsizlikleri ve riskleri artırarak BIM'in avantajlarının tam olarak kullanılmasını engellemektedir. Bu doğrultuda, BIM'in standartlaştırılması ve yasal çerçevelerinin netleştirilmesi, organizasyonların BIM'e olan güvenini artıracak ve bu teknolojiye olan talebi olumlu yönde etkileyecektir.

- **1. Katılımcı D Maddesi- Süreç ve Finansal Bariyerler**

### Normalize Karar Matrisi

1. Katılımcının anket sonuçlarında göre D maddesi için değerlendirilen alternatiflerin belirli kriterlere göre normalleştirilmiş değerleri Tablo 12'de sunulmuştur. Bu tablo, alternatiflerin karşılaştırılabilir hale getirilmesini sağlamaktadır.

**Tablo 12.** 1. Kişi D maddesi Anket Cevapları ve Normalize Karar Matrisi

| SÜREÇ VE FİNANSAL BARIYERLER | D1   | D2   | D3    |
|------------------------------|------|------|-------|
| D1                           | 1,00 | 1,00 | 7,00  |
| D2                           | 1,00 | 1,00 | 5,00  |
| D3                           | 0,14 | 0,20 | 1,00  |
| TOPLAM                       | 2,14 | 2,20 | 13,00 |

| Normalize Karar Matrisi | SÜREÇ VE FİNANSAL BARIYERLER | D1   | D2   | D3   |
|-------------------------|------------------------------|------|------|------|
|                         | D1                           | 0,47 | 0,45 | 0,54 |
|                         | D2                           | 0,47 | 0,45 | 0,38 |
|                         | D3                           | 0,07 | 0,09 | 0,08 |

### Kriterlerin Önem Ağırlıkları

Tablo 13'de öz vektör hesaplamaları sonucunda elde edilen veriler sunulmuştur. Bu tablodan, ilk kriterin ‘‘D1: Maliyet sorunları (BIM kullanımına ekstra yatırım)’’ 0.487 ile en yüksek ağırlığa sahip olduğu ve yüzde 48.66’lık bir öneme sahip olduğu görülmektedir. Diğer kriterlerin ağırlıkları ve yüzdeler de tabloda detaylandırılmıştır. Bu sonuçlar, birincii kriterin diğerlerine göre daha önemli olduğunu göstermektedir.

**Tablo 13.** 1. Katılımcı D maddesi Öz Vektör Değerleri

| (Kriterlerin önem ağırlığıdır.) | Öz Vektör Hesaplanması    | % DE İFADESİ |
|---------------------------------|---------------------------|--------------|
|                                 | Kriterlerin Önem Ağırlığı |              |
|                                 | 0,487                     | 48,66        |
|                                 | 0,435                     | 43,53        |
| 0,078                           | 7,82                      |              |
| TOPLM                           | 1,000                     | 100,00       |

### Tutarlılık İndeksi

Tutarlılık indeksi hesaplamaları sonucunda elde edilen veriler Tablo 14'de sunulmuştur. Tabloya göre, maksimum özdeğer ( $\lambda_{max}$ ) 3.0126 olarak bulunmuştur. Tutarlılık indeksi (CI) 0.0063 ve tutarlılık oranı (CR) 0.0121 olarak hesaplanmıştır. CR değerinin 0.10'dan küçük olması, kıyaslamaların güvenilir ve tutarlı olduğunu göstermektedir.

**Tablo 14.** 1. Katılımcı D maddesi Tutarlılık İndeksi Değeri

| Tutarlılık indeksi              |       |        |        |                                    |      |      |      |      |       |
|---------------------------------|-------|--------|--------|------------------------------------|------|------|------|------|-------|
| Özdeğer Verisi<br>(Eigenvector) |       | Max    |        | X 0,10 dan küçükse<br>güvenilirdir |      |      |      |      |       |
| D1                              | 1,469 | 3,0126 | 0,0063 | 0,0121                             |      |      |      |      |       |
| D2                              | 1,313 |        |        |                                    |      |      |      |      |       |
| D3                              | 0,235 |        |        |                                    |      |      |      |      |       |
| N                               | 2,00  | 3,00   | 4,00   | 5,00                               | 6,00 | 7,00 | 8,00 | 9,00 | 10,00 |
| RI                              | 0,00  | 0,52   | 0,89   | 1,11                               | 1,25 | 1,35 | 1,40 | 1,45 | 1,49  |

Süreç ve finansal bariyerler başlığı altında, katılımcı tarafından en önemli engel olarak "Maliyet sorunları" (D1) yüzde 48,7 oranında değerlendirilmiştir. BIM teknolojisinin ilk yatırım maliyetleri, özellikle küçük ve orta ölçekli firmalar için önemli bir yük olarak görülmektedir. BIM yazılımları, eğitimler ve süreç içindeki teknik altyapı yatırımları gibi unsurlar, organizasyonlar için başlangıçta yüksek maliyetler yaratmaktadır. Bu durum, BIM'in uzun vadede maliyetleri düşürecek olmasına rağmen, kısa vadede organizasyonların BIM'e yatırım yapma isteğini olumsuz etkilemektedir. Katılımcının değerlendirmesi, BIM'in benimsenmesinde maliyet faktörünün kilit bir engel olduğunu vurgulamaktadır. Maliyetlerin yüksekliği, BIM'in sadece büyük ölçekli projelerde kullanılmasını teşvik ederken, daha küçük projelerin ve firmaların bu teknolojiye erişimini sınırlamaktadır. BIM'in yaygınlaşması için bu maliyetlerin azaltılması ve özellikle KOBİ'ler için devlet teşviklerinin ve fonlarının devreye sokulması kritik bir strateji olarak ortaya çıkmaktadır.

- **1. Katılımcı E Maddesi- Veri Kaybı ve Güvenlik Bariyerleri**

Normalize Karar Matrisi

1. Katılımcının anket sonuçlarında göre E maddesi için değerlendirilen alternatiflerin belirli kriterlere göre normalleştirilmiş değerleri Tablo 15'de sunulmuştur. Bu tablo, alternatiflerin karşılaştırılabilir hale getirilmesini sağlamaktadır.

**Tablo 15-** 1. Kişi E maddesi Anket Cevapları ve Normarlıze Karar Matrisi

| NORMALİZE KARAR MATRİSİ | Veri Kaybı Ve Güvenlik Bariyerleri | E1   | E2   | E3   | E4   |
|-------------------------|------------------------------------|------|------|------|------|
|                         | E1                                 | 0,06 | 0,04 | 0,07 | 0,04 |
|                         | E2                                 | 0,28 | 0,22 | 0,20 | 0,32 |
|                         | E3                                 | 0,50 | 0,66 | 0,61 | 0,54 |
|                         | E4                                 | 0,17 | 0,07 | 0,12 | 0,11 |

| ANKET SONUÇLARI | Veri Kaybı Ve Güvenlik Bariyerleri | E1    | E2   | E3   | E4   |
|-----------------|------------------------------------|-------|------|------|------|
|                 | E1                                 | 1,00  | 0,20 | 0,11 | 0,33 |
|                 | E2                                 | 5,00  | 1,00 | 0,33 | 3,00 |
|                 | E3                                 | 9,00  | 3,00 | 1,00 | 5,00 |
|                 | E4                                 | 3,00  | 0,33 | 0,20 | 1,00 |
|                 | TOPLAM                             | 18,00 | 4,53 | 1,64 | 9,33 |

### Kriterlerin Önem Ağırlıkları

Kriterlerin önem derecelerini belirlemek amacıyla yapılan öz vektör hesaplamaları sonucunda elde edilen veriler Tablo 16'da sunulmuştur. Bu tablodan, üçüncü kriterin ‘E3: Mühendislik verilerinin, BIM entegrasyonunda karşılaşılabileceği olası sorunları’ 0.576 ile en yüksek ağırlığa sahip olduğu ve yüzde 57.64'lük bir öneme sahip olduğu görülmektedir. Diğer kriterlerin ağırlıkları ve yüzdelik ifadeleri de tabloda detaylandırılmıştır. Bu sonuçlar, üçüncü kriterin diğerlerine göre daha önemli olduğunu göstermektedir.

**Tablo 16.** 1. Katılımcı E Maddesi Öz Vektör Değerleri

| Kriterlerin Önem Ağırlığı | Öz Vektör Hesaplanması    |        | % DE İFADESİ |
|---------------------------|---------------------------|--------|--------------|
|                           | Kriterlerin Önem Ağırlığı |        |              |
|                           | E1                        | 0,051  | 5,07         |
|                           | E2                        | 0,256  | 25,56        |
|                           | E3                        | 0,576  | 57,64        |
| E4                        | 0,117                     | 11,72  |              |
| TOPLAM                    | 1,000                     | 100,00 |              |

### Tutarlılık İndeksi

Araştırmamızda kullanılan AHP yönteminin tutarlılığını değerlendirmek amacıyla tutarlılık indeksi hesaplanmıştır. Bu hesaplama sonucunda elde edilen veriler Tablo 17'de sunulmuştur. Tabloya göre, maksimum özdeğer ( $\lambda_{max}$ ) 4.0770 olarak bulunmuştur. Tutarlılık indeksi (CI) 0.0257 ve tutarlılık oranı (CR) 0.0289 olarak hesaplanmıştır. CR değerinin 0.10'dan küçük olması, kıyaslamaların güvenilir ve tutarlı olduğunu göstermektedir.

Tablo 17. 1. Katılımcı E maddesi Tutarlılık İndeksi Değeri

| Tutarlılık indeksi              |       |        |        |                                    |      |      |      |      |       |
|---------------------------------|-------|--------|--------|------------------------------------|------|------|------|------|-------|
| Özdeğer Verisi<br>(Eigenvector) |       | Max    |        | X 0,10 dan küçükse<br>güvenilirdir |      |      |      |      |       |
| E1                              | 0,205 | 4,0770 | 0,0257 | 0,0289                             |      |      |      |      |       |
| E2                              | 1,053 |        |        |                                    |      |      |      |      |       |
| E3                              | 2,386 |        |        |                                    |      |      |      |      |       |
| E4                              | 0,470 |        |        |                                    |      |      |      |      |       |
| N                               | 2,00  | 3,00   | 4,00   | 5,00                               | 6,00 | 7,00 | 8,00 | 9,00 | 10,00 |
| RI                              | 0,00  | 0,52   | 0,89   | 1,11                               | 1,25 | 1,35 | 1,40 | 1,45 | 1,49  |

Veri kaybı ve güvenlik bariyerleri başlığı altında, katılımcı "Mühendislik verilerinin BIM entegrasyonunda karşılaşılabileceği sorunlar" (E3) engelini yüzde 57,6 oranında en önemli bariyer olarak değerlendirmiştir. BIM, projelerde büyük miktarda veri üretimini ve bu verilerin paylaşımını gerektiren bir teknoloji olduğu için, veri güvenliği ve veri kaybı riskleri önemli bir endişe kaynağıdır. Katılımcının yanıtları, mühendislik verilerinin güvenli bir şekilde entegrasyonu sağlanamadığında projelerdeki başarı oranının düşeceğini ve bu durumun projelerde hatalara yol açacağını göstermektedir. BIM projelerinde güvenli veri yönetimi sağlanamadığında, dosya transferi sırasında yaşanan veri kayıpları ve entegrasyon hataları, proje süreçlerini aksatabilir ve maliyetli gecikmelere yol açabilir. Bu doğrultuda, veri güvenliği için güçlü altyapıların ve yazılım çözümlerinin geliştirilmesi, BIM'in yaygınlaşmasında önemli bir faktördür. Katılımcı, bu tür risklerin projelerin başarısına doğrudan olumsuz etkisi olduğunu belirterek, veri güvenliği çözümlerine yönelik yatırım yapılması gerektiğini vurgulamaktadır.

- **1. Katılımcı F Maddesi- Teşvik ve Taleplere Yönelik Bariyerler**

Normalize Karar Matrisi

1. Katılımcının anket sonuçlarında göre F maddesi için değerlendirilen alternatiflerin belirli kriterlere göre normalleştirilmiş değerleri Tablo 18'de sunulmuştur. Bu tablo, alternatiflerin karşılaştırılabilir hale getirilmesini sağlamaktadır.

**Tablo 18.** 1. Kişi F maddesi Anket Cevapları ve Normalize Karar Matrisi

|        | TEŞVİK VE TALEPLERE YÖNELİK BARIYERLER | F1       | F2      | F3   | F4       | F5   |          | TEŞVİK VE TALEPLERE YÖNELİK BARIYERLER | F1                      | F2       | F3       | F4       | F5       |
|--------|--|----------|---------|------|----------|------|----------|--|-------------------------|----------|----------|----------|----------|
|        | Anket Sonuçları                        | F1       | 1,00    | 3,00 | 0,20     | 9,00 |          | 7,00                                   | Normalize Karar Matrisi | F1       | 0,151807 | 0,314685 | 0,123288 |
| F2     | 0,33                                   | 1,00     | 0,20    | 5,00 | 3,00     | F2   | 0,050602 | 0,104895                               |                         | 0,123288 | 0,185185 | 0,147541 |          |
| F3     | 5,00                                   | 5,00     | 1,00    | 9,00 | 9,00     | F3   | 0,759036 | 0,524476                               |                         | 0,616438 | 0,333333 | 0,442623 |          |
| F4     | 0,11                                   | 0,20     | 0,11    | 1,00 | 0,33     | F4   | 0,016867 | 0,020979                               |                         | 0,068493 | 0,037037 | 0,016393 |          |
| F5     | 0,14                                   | 0,33     | 0,11    | 3,00 | 1,00     | F5   | 0,021687 | 0,034965                               |                         | 0,068493 | 0,111111 | 0,04918  |          |
| Toplam | 6,587301587                            | 9,533333 | 1,62222 | 27   | 20,33333 |      |          |  |                         |          |          |          |          |

### Kriterlerin Önem Ağırlıkları

Tablo 19'da kriterlerin önem derecelerini verilmiştir. Bu tablodan, üçüncü kriterin ‘F3: Politikacılardan destek eksikliği’ 0.576 ile en yüksek ağırlığa sahip olduğu ve yüzde 53.5181’lik bir öneme sahip olduğu görülmektedir. Diğer kriterlerin ağırlıkları ve yüzdelik ifadeleri de tabloda detaylandırılmıştır. Bu sonuçlar, üçüncü kriterin diğerlerine göre daha önemli olduğunu göstermektedir.

**Tablo 19.** 1. Katılımcı F Maddesi Öz Vektör Değerleri

| Kriterlerin önem ağırlığı | Öz Vektör Hesaplanması<br>Kriterlerin Önem Ağırlığıdır |          | % DE İFADESİ |
|---------------------------|--|----------|--------------|
|                           | F1   | 0,253    | 25,34752     |
| F2                        | 0,122  | 12,23023 |              |
| F3                        | 0,535  | 53,51813 |              |
| F4                        | 0,032  | 3,195402 |              |
| F5                        | 0,057  | 5,708727 |              |
| TOPLAM                    | 1  | 100      |              |

### Tutarlılık İndeksi

Tutarlılık indeksi hesaplamaları sonucunda elde edilen veriler Tablo 20'de sunulmuştur. Tabloya göre, maksimum özdeğer ( $\lambda_{max}$ ) 5.4069 olarak bulunmuştur. Tutarlılık indeksi (CI) 0.1017 ve tutarlılık oranı (CR) 0.0916 olarak hesaplanmıştır. CR değerinin 0.10'dan küçük olması, kıyaslamaların güvenilir ve tutarlı olduğunu göstermektedir.

**Tablo 20.** 1. Katılımcı F maddesi Tutarlılık İndeksi Değeri

| Tutarlılık indeksi              |       |        |      |                                    |      |      |        |      |       |
|---------------------------------|-------|--------|------|------------------------------------|------|------|--------|------|-------|
| Özdeğer Verisi<br>(Eigenvector) |       | Max    |      | X 0,10 dan küçükse<br>güvenilirdir |      |      |        |      |       |
| F1                              | 1,415 | 5,4069 |      | 0,1017                             |      |      | 0,0916 |      |       |
| F2                              | 0,645 |        |      |                                    |      |      |        |      |       |
| F3                              | 3,215 |        |      |                                    |      |      |        |      |       |
| F4                              | 0,163 |        |      |                                    |      |      |        |      |       |
| F5                              | 0,289 |        |      |                                    |      |      |        |      |       |
| N                               | 2,00  | 3,00   | 4,00 | 5,00                               | 6,00 | 7,00 | 8,00   | 9,00 | 10,00 |
| RI                              | 0,00  | 0,52   | 0,89 | 1,11                               | 1,25 | 1,35 | 1,40   | 1,45 | 1,49  |

Teşvik ve taleplere yönelik bariyerler başlığı altında, " Politikacılar destek eksikliği" (F3) yüzde 53,5 oranında en kritik bariyer olarak belirlenmiştir. Teşvik ve taleplere yönelik bariyerler başlığı altında, "Politikacılar destek eksikliği" (F3) yüzde 53,5 oranında en kritik bariyer olarak belirlenmiştir. Katılımcılar, bu bariyerin BIM'in yaygınlaşmasında ve uygulanmasında ciddi bir engel teşkil ettiğini belirtmişlerdir. Politikacıların konuya yeterince ilgi göstermemesi ve gerekli politikaların oluşturulmaması, özellikle kamu projelerinde BIM'e geçişin gecikmesine neden olmaktadır. Bu durum, hem özel sektör hem de kamu sektöründe BIM'e geçiş sürecini olumsuz etkilemekte ve uzun vadede sektördeki dijitalleşme çalışmalarını yavaşlatmaktadır. Ayrıca, katılımcılar bu eksikliğin giderilmesi için BIM'in faydalarının daha iyi anlatılması ve politikacılar nezdinde farkındalık yaratılması gerektiğini vurgulamaktadırlar.

- **1. Katılımcı G Maddesi- Değişim İsteksizliği Bariyerleri**

Normalize Karar Matrisi

1. Katılımcının anket sonuçlarına göre (Tablo 21) G maddesi için değerlendirilen alternatiflerin belirli kriterlere göre normalleştirilmiş değerleri Tablo 22'de sunulmuştur. Bu tablo, alternatiflerin karşılaştırılabilir hale getirilmesini sağlamaktadır.

**Tablo 21.** 1. Kişi G maddesi Anket Cevapları

| Anket Sonuçları | DEĞİŞİM<br>İSTEKSİZLİĞİ<br>BARIYERLERİ | G1        | G2      | G3   | G4       | G5   |
|-----------------|--|-----------|---------|------|----------|------|
|                 | G1                                     | 1,00      | 3,00    | 0,20 | 9,00     | 7,00 |
| G2              | 0,33                                   | 1,00      | 0,20    | 5,00 | 3,00     |      |
| G3              | 5,00                                   | 5,00      | 1,00    | 9,00 | 9,00     |      |
| G4              | 0,11                                   | 0,20      | 0,11    | 1,00 | 0,33     |      |
| G5              | 0,14                                   | 0,33      | 0,11    | 3,00 | 1,00     |      |
| Toplam          | 6,587301587                            | 9,5333333 | 1,62222 | 27   | 20,33333 |      |

**Tablo 22.** 1. Kişi G maddesi Normalize Karar Matrisi

| Normalize Karar Matrisi | DEĞİŞİM İSTEKSİZLİĞİ BARİYERLERİ | G1       | G2       | G3       | G4       | G5       |
|-------------------------|----------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                         | G1                               | 0,151807 | 0,314685 | 0,123288 | 0,333333 | 0,344262 |
|                         | G2                               | 0,050602 | 0,104895 | 0,123288 | 0,185185 | 0,147541 |
|                         | G3                               | 0,759036 | 0,524476 | 0,616438 | 0,333333 | 0,442623 |
|                         | G4                               | 0,016867 | 0,020979 | 0,068493 | 0,037037 | 0,016393 |
|                         | G5                               | 0,021687 | 0,034965 | 0,068493 | 0,111111 | 0,04918  |

### Kriterlerin Önem Ağırlıkları

Öz vektör hesaplamaları sonucunda elde edilen veriler Tablo 23'de sunulmuştur. Bu tablodan, üçüncü kriterin ‘‘G3: Yeni teknolojilere karşı direnç ve ön yargı’’ 0.535 ile en yüksek ağırlığa sahip olduğu ve yüzde 53.5181’lik bir öneme sahip olduğu görülmektedir. Diğer kriterlerin ağırlıkları ve yüzdeler de tabloda detaylandırılmıştır. Bu sonuçlar, üçüncü kriterin diğerlerine göre daha önemli olduğunu göstermektedir.

**Tablo 23.** 1. Katılımcı G Maddesi Öz Vektör Değerleri

| Kriterlerin Önem Ağırlığıdır | Öz Vektör Hesaplanması Kriterlerin Önem Ağırlığıdır |       | % DE İFADESİ |
|------------------------------|---|-------|--------------|
|                              | G1  | 0,253 | 25,34752     |
|                              | G2  | 0,122 | 12,23023     |
|                              | G3  | 0,535 | 53,51813     |
|                              | G4  | 0,032 | 3,195402     |
|                              | G5  | 0,057 | 5,708727     |
| TOPLAM                       | 1   | 100   |              |

### Tutarlılık İndeksi

Tablo 24'de tutarlılık indeksi hesaplaması sonucunda elde edilen veriler sunulmuştur. Tabloya göre, maksimum özdeğer ( $\lambda_{max}$ ) 5.4069 olarak bulunmuştur. Tutarlılık indeksi (CI) 0.1017 ve tutarlılık oranı (CR) 0.0916 olarak hesaplanmıştır. CR değerinin 0.10'dan küçük olması, kıyaslamaların güvenilir ve tutarlı olduğunu göstermektedir.

**Tablo 24.** 1. Katılımcı G maddesi Tutarlılık İndeksi Değeri



| Tutarlılık indeksi              |       |        |      |      |        |      |      |        |       |                                     |
|---------------------------------|-------|--------|------|------|--------|------|------|--------|-------|-------------------------------------|
| Özdeğer verisi<br>(Eigenvector) |       | Max    |      |      |        |      |      |        |       | X 0,10 dan küçük se<br>güvenilirdir |
| G1                              | 1,415 | 5,4069 |      |      | 0,1017 |      |      | 0,0916 |       |                                     |
| G2                              | 0,645 |        |      |      |        |      |      |        |       |                                     |
| G3                              | 3,215 |        |      |      |        |      |      |        |       |                                     |
| G4                              | 0,163 |        |      |      |        |      |      |        |       |                                     |
| G5                              | 0,289 |        |      |      |        |      |      |        |       |                                     |
| N                               | 2,00  | 3,00   | 4,00 | 5,00 | 6,00   | 7,00 | 8,00 | 9,00   | 10,00 |                                     |
| RI                              | 0,00  | 0,52   | 0,89 | 1,11 | 1,25   | 1,35 | 1,40 | 1,45   | 1,49  |                                     |

1. katılımcı verilerine göre, "Yeni teknolojilere karşı direnç ve ön yargı" (G3), değişim isteksizliği bariyerleri içinde %53.5 oranında en yüksek ağırlığa sahip bariyer olarak belirlenmiştir. Bu bulgu, inşaat sektöründe çalışanların BIM gibi yeni teknolojilere adapte olmada gösterdiği tereddüt ve direnci yansıtmaktadır. Teknolojik yeniliklere karşı gösterilen direnç, genellikle bilgisizlikten, alışkanlıkların değişiminden kaynaklanan rahatsızlıktan veya mevcut iş süreçlerine olan güven duygusundan kaynaklanabilir. Bu direnci azaltmak için, BIM teknolojisinin getirdiği yenilikler ve avantajlar hakkında detaylı bilgilendirme yapılmalıdır. Çalışanların, BIM teknolojilerinin iş süreçlerine ve projelerin sonuçlarına olan olumlu etkilerini görmeleri, teknolojiyi benimseme süreçlerini hızlandırabilir. Ayrıca, BIM eğitimlerinin iş gücüne entegre edilmesi, çalışanların bu yeni araçları kullanma konusunda daha rahat hissetmelerini sağlayarak direnci azaltabilir. Bunun yanında, sektörel liderler ve yöneticiler tarafından yeni teknolojilerin benimsenmesine yönelik açık destek ve teşvikler, değişim sürecinin daha kolay kabul edilmesine yardımcı olabilir. Organizasyon içinde değişim elçileri belirlemek ve bu elçiler aracılığıyla BIM teknolojilerinin faydalarını vurgulamak, genel kabul görme sürecini destekleyebilir. Sonuç olarak, değişim isteksizliğiyle mücadele etmek, teknolojik, kültürel ve eğitimsel stratejilerin bir kombinasyonunu gerektirir. Bu stratejilerin etkin bir şekilde uygulanması, BIM'in inşaat sektöründe daha geniş bir kabul görüp uygulanmasına olanak sağlayacaktır.

#### 4.2. Tutarlı Verilerin Anket Değerlendirilmesi (2. Katılımcı)

Bu bölümde, 2. katılımcıdan elde edilen verilerin analizi ve değerlendirilmesi sunulmaktadır. AHP ile katılımcının belirlediği kriterler ve alternatifler

değerlendirilerek, tutarlılık indeksleri ve kriterlerin önem ağırlıkları hesaplanmıştır. Elde edilen bulgular, katılımcının BIM kullanımının yaygınlaşmasının önündeki engelleri nasıl algıladığını ve bu engellerin önem derecelerini nasıl sıraladığını göstermektedir. Bu analizler, BIM kullanımının yaygınlaşmasına yönelik stratejilerin belirlenmesi için önemli bilgiler sağlamaktadır.

- **2. Katılımcı A Maddesi -Altyapı ve Teknolojik Bariyerler**

Normalize Karar Matrisi

Araştırmada değerlendirilen alternatiflerin anket sonuçları ve belirli kriterlere göre normalleştirilmiş değerleri Tablo 25'de sunulmuştur. Bu tablo, alternatiflerin karşılaştırılabilir hale getirilmesini sağlamaktadır. Örneğin, A1 kriterine göre A2 alternatifi 0.38 değerine sahipken, A3 alternatifi 0.30 değerine sahiptir. Bu normalizasyon işlemi, alternatiflerin kıyaslanabilirliğini artırarak değerlendirmemize önemli katkılar sağlamaktadır.

**Tablo 25.** 2. Katılımcı A maddesi Anket Sonuçları ve Normalize Karar Matrisi

| ALT YAPI VE TEKNOLOJİK BARIYERLER |        | A1   | A2   | A3    | A4   |
|-----------------------------------|--------|------|------|-------|------|
| Anket Sonuçları                   | A1     | 1,00 | 1,00 | 3,00  | 1,00 |
|                                   | A2     | 1,00 | 1,00 | 3,00  | 3,00 |
|                                   | A3     | 0,33 | 0,33 | 1,00  | 0,33 |
|                                   | A4     | 1,00 | 0,33 | 3,00  | 1,00 |
|                                   | TOPLAM | 3,33 | 2,67 | 10,00 | 5,33 |

| ALT YAPI VE TEKNOLOJİK BARIYERLER |    | A1   | A2   | A3   | A4   |
|-----------------------------------|----|------|------|------|------|
| Normalize Karar Matrisi           | A1 | 0,30 | 0,38 | 0,30 | 0,19 |
|                                   | A2 | 0,30 | 0,38 | 0,30 | 0,56 |
|                                   | A3 | 0,10 | 0,13 | 0,10 | 0,06 |
|                                   | A4 | 0,30 | 0,13 | 0,30 | 0,19 |

Kriterlerin Önem Ağırlıkları

Öz vektör hesaplamaları sonucunda elde edilen veriler Tablo 26'da sunulmuştur. Bu tablodan, ikinci kriterin "A2: Teknik bilgi eksikliği" 0.384 ile en yüksek ağırlığa sahip olduğu ve yüzde 38,44'lük bir öneme sahip olduğu görülmektedir. Diğer kriterlerin ağırlıkları ve yüzdelik ifadeleri de tabloda detaylandırılmıştır. Bu sonuçlar, ikinci kriterin diğerlerine göre daha önemli olduğunu göstermektedir.

**Tablo 26.** 2.Katılımcı Anketine Göre A maddesi Önem Ağırlıkları

| (Kriterlerin Önem Ağırlığıdır.) | Öz Vektör<br>Hesaplanması<br>Kriterlerin Önem<br>Ağırlığıdır | % DE<br>İFADESİ |
|---------------------------------|--|-----------------|
|                                 | 0,291  | 29,06           |
|                                 | 0,384  | 38,44           |
|                                 | 0,097  | 9,69            |
|                                 | 0,228  | 22,81           |
| TOPLAM                          | 1,000  | 100,00          |

### Tutarlılık İndeksi

Araştırmamızda kullanılan AHP yönteminin tutarlılığını değerlendirmek amacıyla tutarlılık indeksi hesaplanmıştır. Bu hesaplama sonucunda elde edilen veriler Tablo 27'de sunulmuştur. Tabloya göre, maksimum özdeğer ( $\lambda_{max}$ ) 4.1543 olarak bulunmuştur. Tutarlılık indeksi (CI) 0.0514 ve tutarlılık oranı (CR) 0.0578 olarak hesaplanmıştır. CR değerinin 0.10'dan küçük olması, kıyaslamaların güvenilir ve tutarlı olduğunu göstermektedir.

**Tablo 27.** 2. Katılımcı A maddesi Tutarlılık İndeksi Tablosu

| Tutarlılık İndeksi              |       |        |      |      |                                    |      |      |        |       |
|---------------------------------|-------|--------|------|------|------------------------------------|------|------|--------|-------|
| Özdeğer Verisi<br>(Eigenvector) |       | Max    |      |      | X 0,10 dan küçükse<br>güvenilirdir |      |      |        |       |
| A1                              | 1,194 | 4,1543 |      |      | 0,0514                             |      |      | 0,0578 |       |
| A2                              | 1,650 |        |      |      |                                    |      |      |        |       |
| A3                              | 0,398 |        |      |      |                                    |      |      |        |       |
| A4                              | 0,938 |        |      |      |                                    |      |      |        |       |
| N                               | 2,00  | 3,00   | 4,00 | 5,00 | 6,00                               | 7,00 | 8,00 | 9,00   | 10,00 |
| RI                              | 0,00  | 0,52   | 0,89 | 1,11 | 1,25                               | 1,35 | 1,40 | 1,45   | 1,49  |

2. katılımcının değerlendirmeleri, altyapı ve teknolojik bariyerler bağlamında %38.44 oranıyla "(A2): Teknik Bilgi Eksikliği" en önemli engel olarak işaret etmektedir. Bu, BIM teknolojilerinin etkin kullanımı için gerekli olan teknik beceri ve bilginin yetersizliğine işaret etmekte, böylece sektörde BIM adaptasyon süreçlerinin verimliliğini ve etkinliğini doğrudan etkilemektedir. Bu durum, teknik eğitim ve

profesyonel gelişim programlarının önemini vurgular niteliktedir. Eğitim programlarının güçlendirilmesi, teknik personelin BIM uygulamaları konusunda yetkinliklerinin artırılması ve sürekli eğitim yaklaşımlarının benimsenmesi, bu engeli aşmada kritik rol oynamaktadır. Ayrıca, üniversite ve teknik okullarla iş birlikleri kurarak eğitim müfredatlarını güncel teknolojik gereksinimlere uygun hale getirmek, sektörün ihtiyaç duyduğu nitelikli iş gücünün yetiştirilmesine katkı sağlayacaktır.

- **2. Katılımcı B Maddesi- Kültür ve Eğitim ile İlgili Bariyerler**

Normalize Karar Matrisi

2. Katılımcının anket sonuçlarında göre B maddesi için değerlendirilen alternatiflerin anket sonuçları ve belirli kriterlere göre normalleştirilmiş değerleri Tablo 28'de sunulmuştur. Bu tablo, alternatiflerin karşılaştırılabilir hale getirilmesini sağlamaktadır.

**Tablo 28.** 2.Katılımcı B maddesi Anket Sonuçları ve Normalize Karar Matrisi

| KÜLTÜR VE EĞİTİM |    | B1     | B2    | B3   | B4   | B5    |
|------------------|----|--------|-------|------|------|-------|
| Anket Sonuçları  | B1 | 1,00   | 1,00  | 7,00 | 1,00 | 1,00  |
|                  | B2 | 1,00   | 1,00  | 5,00 | 3,00 | 1,00  |
|                  | B3 | 0,14   | 0,20  | 1,00 | 0,20 | 0,14  |
|                  | B4 | 1,00   | 0,33  | 5,00 | 1,00 | 0,33  |
|                  | B5 | 1,00   | 1,00  | 7,00 | 3,00 | 1,00  |
| TOPLAM           |    | 4,1429 | 3,533 | 25   | 8,2  | 3,476 |

| KÜLTÜR VE EĞİTİM        |    | B1       | B2       | B3   | B4       | B5       |
|-------------------------|----|----------|----------|------|----------|----------|
| Normalize Karar Matrisi | B1 | 0,241379 | 0,283019 | 0,28 | 0,121951 | 0,287671 |
|                         | B2 | 0,241379 | 0,283019 | 0,2  | 0,365854 | 0,287671 |
|                         | B3 | 0,034483 | 0,056604 | 0,04 | 0,02439  | 0,041096 |
|                         | B4 | 0,241379 | 0,09434  | 0,2  | 0,121951 | 0,09589  |
|                         | B5 | 0,241379 | 0,283019 | 0,28 | 0,365854 | 0,287671 |

Kriterlerin Önem Ağırlıkları

Tablo 29'da öz vektör hesaplamaları sonucunda elde edilen veriler sunulmuştur. Bu tablodan, beşinci kriterin "B5: BIM'in kişiler tarafından karmaşık/ zor olarak algılanması" 0.292 ile en yüksek ağırlığa sahip olduğu ve yüzde 29,15846'lık bir öneme sahip olduğu görülmektedir. Diğer kriterlerin ağırlıkları ve yüzdeler de tabloda detaylandırılmıştır. Bu sonuçlar, beşinci kriterin diğerlerine göre daha önemli olduğunu göstermektedir.

**Tablo 29. 2. Katılımcı B maddesi Öz Vektör Değerleri**

| (Kriterlerin Önem Ağırlığıdır.) |    | Öz Vektör Hesaplanması (Kriterlerin Önem Ağırlığıdır.) | % De İfadesi |
|---------------------------------|----|--|--------------|
|                                 | B1 | 0,243  | 24,28041     |
|                                 | B2 | 0,276  | 27,55846     |
|                                 | B3 | 0,039  | 3,931453     |
|                                 | B4 | 0,151  | 15,07121     |
|                                 | B5 | 0,292  | 29,15846     |
| TOPLAM                          |    | 1  | 100          |

### Tutarlılık İndeksi

Tutarlılık indeksi hesaplaması sonucunda elde edilen veriler Tablo 30'da sunulmuştur. Tabloya göre, maksimum özdeğer ( $\lambda_{max}$ ) 5,1871 olarak bulunmuştur. Tutarlılık indeksi (CI) 0.0468 ve tutarlılık oranı (CR) 0.0421 olarak hesaplanmıştır. CR değerinin 0.10'dan küçük olması, kıyaslamaların güvenilir ve tutarlı olduğunu göstermektedir.

**Tablo 30. 2. Katılımcı B maddesi Tutarlılık İndeksi Tablosu**

| Tutarlılık İndeksi           |       |        |        |        |                                 |      |      |      |       |
|------------------------------|-------|--------|--------|--------|---------------------------------|------|------|------|-------|
| Özdeğer verisi (Eigenvector) |       | Max    |        |        | X 0,10 dan küçükse güvenilirdir |      |      |      |       |
| B1                           | 1,236 | 5,1871 | 0,0468 | 0,0421 | 2,00                            | 3,00 | 4,00 | 5,00 | 6,00  |
| B2                           | 1,459 |        |        |        |                                 |      |      |      |       |
| B3                           | 0,201 |        |        |        |                                 |      |      |      |       |
| B4                           | 0,779 |        |        |        |                                 |      |      |      |       |
| B5                           | 1,537 |        |        |        |                                 |      |      |      |       |
| N                            | 2,00  | 3,00   | 4,00   | 5,00   | 6,00                            | 7,00 | 8,00 | 9,00 | 10,00 |
| RI                           | 0,00  | 0,52   | 0,89   | 1,11   | 1,25                            | 1,35 | 1,40 | 1,45 | 1,49  |

2. katılımcının değerlendirmeleri "B5: BIM'in kişiler tarafından karmaşık/ zor olarak algılanması" bariyerini %29.16 oranıyla en önemli engel olarak belirlenmiştir. Kültür ve eğitimle ilişkili bariyerler içinde, BIM teknolojilerinin karmaşık veya zor olarak algılanması, teknolojik adaptasyon sürecinde önemli bir bariyer teşkil etmektedir. Bu algı, BIM teknolojilerine olan direnci artırarak, sektör çalışanlarının yeni sistemlere adaptasyonunu yavaşlatmaktadır. Katılımcının yanıtları, bu algının üstesinden gelmek

için eğitim ve bilgilendirme programlarının önemini vurgulamaktadır. BIM teknolojilerinin pratik faydaları ve kullanım kolaylıkları, sektör genelinde yapılan seminerler, atölye çalışmaları ve eğitimler aracılığıyla vurgulanmalıdır. Ayrıca, teknolojik yeniliklere adaptasyonu teşvik etmek amacıyla, yöneticiler ve karar vericiler başta olmak üzere tüm çalışanların kapsayıcı eğitim programlarına dahil edilmesi gerekmektedir.

- **2. Katılımcı C Maddesi-Standartlar ve Hukuki Bariyerler**

Normalize Karar Matrisi

2. katılımcının anket sonuçlarına göre (Tablo 31), C maddesi için değerlendirilen alternatiflerin belirli kriterlere göre normalleştirilmiş değerleri 32'de sunulmuştur. Bu tablo, alternatiflerin karşılaştırılabilir hale getirilmesini sağlamaktadır.

**Tablo 31.** 2. Katılımcı C maddesi Anket Cevapları

| Anket Sonuçları | STANDARTLAR VE HUKUKİ BARIYERLER | C1    | C2    | C3   | C4   | C5   | C6   |
|-----------------|----------------------------------|-------|-------|------|------|------|------|
|                 | C1                               | 1     | 1,00  | 1,00 | 5,00 | 1,00 | 1,00 |
| C2              | 1                                | 1     | 1,00  | 1,00 | 1,00 | 3,00 |      |
| C3              | 1                                | 1     | 1     | 1,00 | 1,00 | 1,00 |      |
| C4              | 0,2                              | 1     | 1     | 1    | 1,00 | 1,00 |      |
| C5              | 1                                | 1     | 1     | 1    | 1    | 1,00 |      |
| E6              | 1                                | 0,333 | 1     | 1    | 1    | 1    |      |
| Toplam          |                                  | 5,2   | 5,333 | 6    | 10   | 6    | 8    |

**Tablo 32.** 2. Katılımcı C maddesi Normalize Karar Matrisi

| Normalize Karar Matrisi | STANDARTLAR VE HUKUKİ BARIYERLER | C1      | C2       | C3       | C4      | C5      | C6    |
|-------------------------|----------------------------------|---------|----------|----------|---------|---------|-------|
|                         | C1                               | 0,19231 | 0,1875   | 0,166667 | 0,5     | 0,16667 | 0,125 |
| C2                      | 0,19231                          | 0,1875  | 0,166667 | 0,1      | 0,16667 | 0,375   |       |
| C3                      | 0,19231                          | 0,1875  | 0,166667 | 0,1      | 0,16667 | 0,125   |       |
| C4                      | 0,03846                          | 0,1875  | 0,166667 | 0,1      | 0,16667 | 0,125   |       |
| C5                      | 0,19231                          | 0,1875  | 0,166667 | 0,1      | 0,16667 | 0,125   |       |
| C6                      | 0,19231                          | 0,0625  | 0,166667 | 0,1      | 0,16667 | 0,125   |       |

### Kriterlerin Önem Ağırlıkları

Öz vektör hesaplamaları sonucunda elde edilen veriler Tablo 33'de sunulmuştur. Bu tablodan, birinci kriterin "C1: BIM süreçlerine yönelik sözleşme belirsizliklerinden doğan riskler" 0.223 ile en yüksek ağırlığa sahip olduğu ve yüzde 22,30235'lik bir öneme sahip olduğu görülmektedir. Diğer kriterlerin ağırlıkları ve yüzdelik ifadeleri de tabloda detaylandırılmıştır. Bu sonuçlar, birinci kriterin diğerlerine göre daha önemli olduğunu göstermektedir.

**Tablo 33. 2. Katılımcı C Maddesi Öz Vektör Değerleri**

| Kriterlerin Önem Ağırlığı | PARAMETRE | Öz Vektör Hesaplanması<br>(Kriterlerin Önem Ağırlığıdır.) | % DE İFADESİ |
|---------------------------|-----------|---|--------------|
|                           | C1        | 0,223   | 22,30235     |
|                           | C2        | 0,198   | 19,80235     |
|                           | C3        | 0,156   | 15,63568     |
|                           | C4        | 0,131   | 13,07158     |
|                           | C5        | 0,156   | 15,63568     |
|                           | C6        | 0,136   | 13,55235     |
| TOPLAM                    |           | 1   | 100          |

### Tutarlılık İndeksi

Tablo 34'de tutarlılık indeksi sonucunda elde edilen veriler sunulmuştur. Tabloya göre, maksimum özdeğer ( $\lambda_{max}$ ) 6,4547 olarak bulunmuştur. Tutarlılık indeksi (CI) 0.0909 ve tutarlılık oranı (CR) 0.0727 olarak hesaplanmıştır. CR değerinin 0.10'dan küçük olması, kıyaslamaların güvenilir ve tutarlı olduğunu göstermektedir.

**Tablo 34. 2. Katılımcı C maddesi Tutarlılık İndeksi Değeri**

| Tutarlılık indeksi           |       |                                 |        |        |      |      |      |      |       |  |
|------------------------------|-------|---------------------------------|--------|--------|------|------|------|------|-------|--|
| Özdeğer verisi (Eigenvector) |       | Max                             |        |        |      |      |      |      |       |  |
|                              |       | X 0,10 dan küçükse güvenilirdir |        |        |      |      |      |      |       |  |
| C1                           | 1,523 | 6,4547                          | 0,0909 | 0,0727 |      |      |      |      |       |  |
| C2                           | 1,271 |                                 |        |        |      |      |      |      |       |  |
| C3                           | 1,000 |                                 |        |        |      |      |      |      |       |  |
| C4                           | 0,822 |                                 |        |        |      |      |      |      |       |  |
| C5                           | 1,000 |                                 |        |        |      |      |      |      |       |  |
| C6                           | 0,868 |                                 |        |        |      |      |      |      |       |  |
| N                            | 2,00  | 3,00                            | 4,00   | 5,00   | 6,00 | 7,00 | 8,00 | 9,00 | 10,00 |  |
| RI                           | 0,00  | 0,52                            | 0,89   | 1,11   | 1,25 | 1,35 | 1,40 | 1,45 | 1,49  |  |

Katılımcı, ‘‘C1: BIM süreçlerine yönelik sözleşme belirsizliklerinden doğan riskler’’ bariyerini (%22.30) ile en önemli engel olarak belirtmiştir. Standartlar ve hukuki bariyerler alanında, sözleşme belirsizlikleri, BIM uygulamalarının geniş çapta benimsenmesini engelleyen başlıca hukuki zorluk olarak belirlenmiştir. Katılımcı yanıtları, bu belirsizliklerin projelerde risk yönetimi ve yüklenici sorumlulukları gibi kritik alanlarda karışıklığa yol açtığını göstermektedir. BIM projeleri için açık ve kapsamlı sözleşme şablonlarının hazırlanması, hukuki düzenlemelerin netleştirilmesi ve sektördeki hukuki farkındalığın artırılması, bu engelleri aşmada etkili stratejiler arasındadır. Ayrıca, sektörel standartların ve yönetmeliklerin güncellenmesi, BIM uygulamalarının hukuki çerçevesini daha belirgin hale getirecek ve projelerin daha sağlıklı bir temel üzerinde yürütülmesine olanak tanıyacaktır.

- **2. Katılımcı D Maddesi- Süreç ve Finansal Bariyerler**

Normalize Karar Matrisi

2. Katılımcının anket sonuçlarında göre D maddesi için normalleştirilmiş değerler Tablo 35’de sunulmuştur. Bu tablo, alternatiflerin karşılaştırılabilir hale getirilmesini sağlamaktadır.

**Tablo 35.** 2. Katılımcı D maddesi Anket Cevapları ve Normalize Karar Matrisi

| SÜREÇ VE FİNANSAL BARIYERLER | D1   | D2   | D3   |
|------------------------------|------|------|------|
| D1                           | 1,00 | 5,00 | 3,00 |
| D2                           | 0,20 | 1,00 | 1,00 |
| D3                           | 0,33 | 1,00 | 1,00 |
| <b>TOPLAM</b>                | 1,53 | 7,00 | 5,00 |

| Normalize Karar Matrisi | SÜREÇ VE FİNANSAL BARIYERLER | D1   | D2   | 7,00 |
|-------------------------|------------------------------|------|------|------|
|                         | D1                           | 0,65 | 0,71 | 0,60 |
|                         | D2                           | 0,13 | 0,14 | 0,20 |
|                         | D3                           | 0,22 | 0,14 | 0,20 |

Kriterlerin Önem Ağırlıkları

Tablo 36’da kriterlerin öz vektör hesaplamaları sonucunda elde edilen veriler sunulmuştur. Bu tablodan, birinci kriterin ‘‘D1: Maliyet sorunları (BIM kullanımına ekstra yatırım)’’ 0.655 ile en yüksek ağırlığa sahip olduğu ve yüzde 65,55’lik bir öneme sahip olduğu görülmektedir. Diğer kriterlerin ağırlıkları ve yüzdeler de tabloda detaylandırılmıştır. Bu sonuçlar, birinci kriterin diğerlerine göre daha önemli olduğunu göstermektedir.

**Tablo 36.** 2. Katılımcı D maddesi Öz Vektör Değerleri



| Kriterlerin Önem Ağırlığı | Öz Vektör Hesaplanması Kriterlerin Önem Ağırlığıdır | % DE İFADESİ |
|---------------------------|---|--------------|
|                           | 0,655   | 65,55        |
|                           | 0,158   | 15,78        |
|                           | 0,187   | 18,67        |
| TOPLAM                    | 1,000   | 100,00       |

### Tutarlılık İndeksi

Tutarlılık indeksi hesaplaması sonucunda elde edilen veriler Tablo 37'de sunulmuştur. Tabloya göre, maksimum özdeğer ( $\lambda_{max}$ ) 3.0292 olarak bulunmuştur. Tutarlılık indeksi (CI) 0.0146 ve tutarlılık oranı (CR) 0.0281 olarak hesaplanmıştır. CR değerinin 0.10'dan küçük olması, kıyaslamaların güvenilir ve tutarlı olduğunu göstermektedir.

**Tablo 37. 2. Katılımcı D maddesi Tutarlılık İndeksi Değeri**

| Tutarlılık indeksi           |       |        |        |                                 |      |      |      |      |       |
|------------------------------|-------|--------|--------|---------------------------------|------|------|------|------|-------|
| Özdeğer Verisi (Eigenvector) |       | Max    |        | X 0,10 dan küçükse güvenilirdir |      |      |      |      |       |
| D1                           | 2,005 | 3,0292 | 0,0146 | 0,0281                          |      |      |      |      |       |
| D2                           | 0,476 |        |        |                                 |      |      |      |      |       |
| D3                           | 0,563 |        |        |                                 |      |      |      |      |       |
| N                            | 2,00  | 3,00   | 4,00   | 5,00                            | 6,00 | 7,00 | 8,00 | 9,00 | 10,00 |
| RI                           | 0,00  | 0,52   | 0,89   | 1,11                            | 1,25 | 1,35 | 1,40 | 1,45 | 1,49  |

Süreç ve finansal bariyerler başlığı altında, katılımcı tarafından en önemli engel olarak "D1: Maliyet sorunları (BIM kullanımına ekstra yatırım)" %65.55 oranında değerlendirilmiştir. Süreç ve finansal engeller içerisinde, BIM teknolojilerine yönelik başlangıç yatırım maliyetlerinin yüksekliği, en büyük maddi engel olarak görülmektedir. Bu yüksek maliyetler, özellikle küçük ve orta ölçekli işletmelerin yeni teknolojilere geçiş yapmasını zorlaştırmakta ve genel anlamda sektörün teknolojiyi benimseme hızını yavaşlatmaktadır. Katılımcı geri bildirimleri, bu maliyet engellerinin üstesinden gelmek için, devlet destekli teşvikler ve vergi indirimleri gibi finansal destek mekanizmalarının devreye sokulmasının önemini vurgulamaktadır. Ayrıca, BIM uygulamalarına yapılan yatırımların uzun vadede sağlayacağı faydaların (iş süreçlerindeki verimlilik artışı, hata oranlarında azalma ve genel maliyet tasarrufları gibi) daha iyi anlatılması ve bu bilgilerin sektör genelinde yaygınlaştırılması gerekmektedir. Bu tür bilgilendirme çalışmaları, karar vericilerin BIM teknolojilerine

yatırım yapma konusunda daha bilinçli kararlar almasına yardımcı olacak ve teknolojinin benimsenmesini hızlandıracaktır.

- **2. Katılımcı E Maddesi- Veri Kaybı ve Güvenlik Bariyerleri**

Normalize Karar Matrisi

2. Katılımcının anket sonuçlarına göre E maddesi için değerlendirilen alternatiflerin belirli kriterlere göre normalleştirilmiş değerleri Tablo 38'de sunulmuştur. Bu tablo, alternatiflerin karşılaştırılabilir hale getirilmesini sağlamaktadır.

**Tablo 38.** 2. Katılımcı E maddesi Anket Cevapları ve Normalize Karar Matrisi

| Anket Sonuçları | VERİ KAYBI VE GÜVENLİK BARIYERLERİ | E1    | E2   | E3   | E4   |
|-----------------|------------------------------------|-------|------|------|------|
|                 | E1                                 | 1,00  | 0,33 | 0,20 | 0,20 |
| E2              | 3,00                               | 1,00  | 0,14 | 0,33 |      |
| E3              | 5,00                               | 3,00  | 1,00 | 1,00 |      |
| E4              | 5,00                               | 3,00  | 1,00 | 1,00 |      |
| <b>TOPLAM</b>   | 14,00                              | 11,33 | 2,34 | 2,53 |      |

| Normalize Karar Matrisi | VERİ KAYBI VE GÜVENLİK BARIYERLERİ | E1   | E2   | E3   | E4   |
|-------------------------|------------------------------------|------|------|------|------|
|                         | E1                                 | 0,07 | 0,03 | 0,09 | 0,08 |
| E2                      | 0,21                               | 0,09 | 0,06 | 0,13 |      |
| E3                      | 0,36                               | 0,62 | 0,43 | 0,39 |      |
| E4                      | 0,36                               | 0,23 | 0,43 | 0,39 |      |

Kriterlerin Önem Ağırlıkları

Tablo 39'da kriterlerin öz vektör hesaplamaları sonucunda elde edilen veriler sunulmuştur. Bu tablodan, üçüncü kriterin “E3: Mühendislik verilerinin, BIM entegrasyonunda karşılaşılabileceği olası sorunlar” 0.449 ile en yüksek ağırlığa sahip olduğu ve yüzde 44,91’lik bir öneme sahip olduğu görülmektedir. Diğer kriterlerin ağırlıkları ve yüzdelik ifadeleri de tabloda detaylandırılmıştır. Bu sonuçlar, üçüncü kriterin diğerlerine göre daha önemli olduğunu göstermektedir.

**Tablo 39.** 2. Katılımcı E Maddesi Öz Vektör Değerleri

| Kriterlerin Önem Ağırlığıdır | Öz Vektör Hesaplanması<br>Kriterlerin Önem Ağırlığıdır |       | % DE İFADESİ |
|------------------------------|--|-------|--------------|
|                              | E1   | 0,066 |              |
| E2                           | 0,124  | 12,68 |              |
| E3                           | 0,449  | 44,91 |              |
| E4                           | 0,361  | 36,09 |              |

|        |  |       |        |
|--------|--|-------|--------|
| TOPLAM |  | 1,000 | 100,00 |
|--------|--|-------|--------|

### Tutarlılık İndeksi

Tutarlılık indeksi hesaplamaları sonucunda elde edilen veriler Tablo 40'da sunulmuştur. Tabloya göre, maksimum özdeğer ( $\lambda_{max}$ ) 4.2064 olarak bulunmuştur. Tutarlılık indeksi (CI) 0.0688 ve tutarlılık oranı (CR) 0.0773 olarak hesaplanmıştır. CR değerinin 0.10'dan küçük olması, kıyaslamaların güvenilir ve tutarlı olduğunu göstermektedir.

**Tablo 40.** 2. Katılımcı E maddesi Tutarlılık İndeksi Değeri

| Tutarlılık indeksi              |       |        |                                    |        |      |      |      |      |       |
|---------------------------------|-------|--------|------------------------------------|--------|------|------|------|------|-------|
| Özdeğer verisi<br>(Eigenvector) | Max   |        | X 0,10 dan küçükse<br>güvenilirdir |        |      |      |      |      |       |
| E1                              | 0,270 | 4,2064 | 0,0688                             | 0,0773 |      |      |      |      |       |
| E2                              | 0,507 |        |                                    |        |      |      |      |      |       |
| E3                              | 2,008 |        |                                    |        |      |      |      |      |       |
| E4                              | 1,513 |        |                                    |        |      |      |      |      |       |
| N                               | 2,00  | 3,00   | 4,00                               | 5,00   | 6,00 | 7,00 | 8,00 | 9,00 | 10,00 |
| RI                              | 0,00  | 0,52   | 0,89                               | 1,11   | 1,25 | 1,35 | 1,40 | 1,45 | 1,49  |

Veri kaybı ve güvenlik bariyerleri başlığı altında, katılımcı "Mühendislik verilerinin BIM entegrasyonunda karşılaşılabileceği sorunlar" (E3) engelini yüzde %44.91 oranında en önemli bariyer olarak değerlendirmiştir. Veri kaybı ve güvenlikle ilgili engeller arasında, mühendislik verilerinin BIM entegrasyonu sürecinde karşılaşılabileceği sorunlar, katılımcılar tarafından büyük bir endişe kaynağı olabileceği görülmektedir. Bu tür sorunlar, projelerin doğruluğunu ve güvenliğini ciddi şekilde tehlikeye atabilir. Katılımcı geri bildirimleri, bu risklerin azaltılması için güçlü veri yönetimi protokollerinin ve güvenlik önlemlerinin hayata geçirilmesinin önemini vurgulamaktadır. Ayrıca, veri entegrasyonu ve yönetimi konusunda uzmanlaşmış personelin eğitimi ve yetiştirilmesi, bu alandaki riskleri yönetmede kritik bir faktör olarak değerlendirilmektedir. İlgili tüm paydaşların bu konuda yeterli bilgi ve becerilere sahip olmaları, projelerin daha güvenli ve etkin bir şekilde yürütülmesini sağlayacak ve BIM teknolojilerinin sektör genelinde daha güvenilir bir şekilde benimsenmesine olanak tanıyacaktır.

- **2. Katılımcı F Maddesi- Teşvik ve Taleplere Yönelik Bariyerler**

Normalize Karar Matrisi

2. Katılımcının anket sonuçlarında göre (Tablo 41) F maddesi için normalleştirilmiş değerleri Tablo 42'de sunulmuştur. Bu tablo, alternatiflerin karşılaştırılabilir hale getirilmesini sağlamaktadır.

**Tablo 41.** 2. Katılımcı F maddesi Anket Cevapları

| Anket Sonuçları | TEŞVİK VE TALEPLERE YÖNELİK BARIYERLER | F1   | F2   | F3       | F4       | F5   |
|-----------------|--|------|------|----------|----------|------|
|                 | F1                                     | 1,00 | 1,00 | 5,00     | 0,20     | 0,33 |
| F2              | 1,00                                   | 1,00 | 5,00 | 1,00     | 1,00     |      |
| F3              | 0,20                                   | 0,20 | 1,00 | 0,14     | 0,33     |      |
| F4              | 5,00                                   | 1,00 | 7,00 | 1,00     | 1,00     |      |
| F5              | 3,00                                   | 1,00 | 3,00 | 1,00     | 1,00     |      |
| <b>TOPLAM</b>   | 10,2                                   | 4,2  | 21   | 3,342857 | 3,666667 |      |

**Tablo 42.** 2. Katılımcı F Maddesi Normalize Karar Matrisi

| Normalize Karar Matrisi | TEŞVİK VE TALEPLERE YÖNELİK BARIYERLER | F1       | F2       | F3       | F4       | F5       |
|-------------------------|--|----------|----------|----------|----------|----------|
|                         | F1                                     | 0,098039 | 0,238095 | 0,238095 | 0,059829 | 0,090909 |
| F2                      | 0,098039                               | 0,238095 | 0,238095 | 0,299145 | 0,272727 |          |
| F3                      | 0,019608                               | 0,047619 | 0,047619 | 0,042735 | 0,090909 |          |
| F4                      | 0,490196                               | 0,238095 | 0,333333 | 0,299145 | 0,272727 |          |
| F5                      | 0,294118                               | 0,238095 | 0,142857 | 0,299145 | 0,272727 |          |

Kriterlerin Önem Ağırlıkları

Tablo 43'de kriterlerin öz vektör hesaplamaları sonucunda elde edilen veriler sunulmuştur. Bu tablodan, dördüncü kriterin ‘‘F4: BIM Avantajlarının somut olarak gözlemlenmemiş olması’’ 0.327 ile en yüksek ağırlığa sahip olduğu ve yüzde 32,66994’lük bir öneme sahip olduğu görülmektedir. Diğer kriterlerin ağırlıkları ve yüzdelik ifadeleri de tabloda detaylandırılmıştır. Bu sonuçlar, dördüncü kriterin diğerlerine göre daha önemli olduğunu göstermektedir.

**Tablo 43.** 2. Katılımcı F Maddesi Öz Vektör Değerleri

| Kriterlerin önem ağırlığı | Öz Vektör Hesaplanması<br>Kriterlerin Önem Ağırlığıdır |       | % DE İFADESİ |
|---------------------------|--|-------|--------------|
|                           | F1   | 0,145 | 14,49936     |
|                           | F2   | 0,229 | 22,92205     |
|                           | F3   | 0,050 | 4,969801     |
|                           | F4   | 0,327 | 32,66994     |
|                           | F5   | 0,249 | 24,93885     |
| TOPLAM                    | 1  | 100   |              |

### Tutarlılık İndeksi

Tutarlılık indeksi hesaplanması sonucunda elde edilen veriler Tablo 44'de sunulmuştur. Tabloya göre, maksimum özdeğer ( $\lambda_{max}$ ) 5.3973 olarak bulunmuştur. Tutarlılık indeksi (CI) 0.0993 ve tutarlılık oranı (CR) 0.0895 olarak hesaplanmıştır. CR değerinin 0.10'dan küçük olması, kıyaslamaların güvenilir ve tutarlı olduğunu göstermektedir.

**Tablo 44.** 2. Katılımcı F maddesi Tutarlılık İndeksi Değeri

| Tutarlılık indeksi              |       |        |        |        |                                    |      |      |      |       |      |
|---------------------------------|-------|--------|--------|--------|------------------------------------|------|------|------|-------|------|
| Özdeğer verisi<br>(Eigenvector) |       | Max    |        |        | X 0,10 dan küçükse<br>güvenilirdir |      |      |      |       |      |
| F1                              | 0,771 | 5,3973 | 0,0993 | 0,0895 | 2,00                               | 3,00 | 4,00 | 5,00 | 6,00  | 7,00 |
| F2                              | 1,199 |        |        |        |                                    |      |      |      |       |      |
| F3                              | 0,254 |        |        |        |                                    |      |      |      |       |      |
| F4                              | 1,878 |        |        |        |                                    |      |      |      |       |      |
| F5                              | 1,389 |        |        |        |                                    |      |      |      |       |      |
| N                               | 2,00  | 3,00   | 4,00   | 5,00   | 6,00                               | 7,00 | 8,00 | 9,00 | 10,00 |      |
| RI                              | 0,00  | 0,52   | 0,89   | 1,11   | 1,25                               | 1,35 | 1,40 | 1,45 | 1,49  |      |

Teşvik ve taleplere yönelik bariyerler başlığı altında, "BIM avantajlarının somut olarak gözlemlenmemiş olması" (F4) yüzde %32.67 oranında en kritik bariyer olarak belirlenmiştir. Teşvik ve taleplere yönelik bariyerler arasında, BIM teknolojilerinin somut avantajlarının yeterince anlaşılabilmesi veya gözlemlenememesi, katılımcı yanıtlarında belirgin şekilde öne çıkmıştır. Bu durum, BIM teknolojisinin faydalarının

net olarak iletilmemesi ve sektördeki potansiyel kullanıcıların bu avantajları somut örneklerle görmemeleri sonucunda, geniş çaplı bir benimseme motivasyonunun oluşmamasına neden olmaktadır. Katılımcı geri bildirimleri, özellikle yatırım kararları verirken bu teknolojilere yönelik somut veri ve örnek çalışmaların eksikliğini vurgulamaktadır. Bu engelin üstesinden gelmek için, sektörel dergiler, konferanslar ve eğitim seminerleri aracılığıyla başarılı BIM uygulama örneklerinin detaylı bir şekilde sunulması, teknolojinin getireceği faydaların daha iyi anlaşılmasını ve dolayısıyla daha geniş çapta benimsenmesini sağlayabilir. Ayrıca, teknoloji sağlayıcılarının ve danışmanlık firmalarının, potansiyel kullanıcılara yönelik bilgilendirici ve eğitici materyaller geliştirmesi, bu teknolojinin avantajlarını somut bir şekilde ortaya koymada etkili olacaktır.

- **2. Katılımcı G Maddesi- Değişim İsteksizliği Bariyerleri**

Normalize Karar Matrisi

2. Katılımcının anket sonuçlarına göre (Tablo 45) G maddesi için değerlendirilen alternatiflerin belirli kriterlere göre normalleştirilmiş değerleri Tablo 46'da sunulmuştur. Bu tablo, alternatiflerin karşılaştırılabilir hale getirilmesini sağlamaktadır.

**Tablo 45.** 2. Katılımcı G maddesi Anket Cevapları

| Anket Sonuçları | DEĞİŞİM İSTEKSİZLİĞİ BARIYERLERİ | G1   | G2   | G3       | G4       | G5   |
|-----------------|----------------------------------|------|------|----------|----------|------|
|                 | G1                               | 1,00 | 3,00 | 1,00     | 1,00     | 0,33 |
| G2              | 0,33                             | 1,00 | 0,20 | 0,14     | 0,20     |      |
| G3              | 1,00                             | 5,00 | 1,00 | 0,20     | 0,20     |      |
| G4              | 1,00                             | 7,00 | 5,00 | 1,00     | 1,00     |      |
| G5              | 3,00                             | 5,00 | 5,00 | 1,00     | 1,00     |      |
| <b>TOPLAM</b>   | 6,333333333                      | 21   | 12,2 | 3,342857 | 2,733333 |      |

**Tablo 46.** 2. Katılımcı G maddesi Normalize Karar Matrisi

| Normalize Karar Matrisi | DEĞİŞİM İSTEKSİZLİĞİ BARIYERLERİ | G1       | G2       | G3       | G4       | G5       |
|-------------------------|----------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                         | G1                               | 0,157895 | 0,142857 | 0,081967 | 0,299145 | 0,121951 |
|                         | G2                               | 0,052632 | 0,047619 | 0,016393 | 0,042735 | 0,073171 |
|                         | G3                               | 0,157895 | 0,238095 | 0,081967 | 0,059829 | 0,073171 |
|                         | G4                               | 0,157895 | 0,333333 | 0,409836 | 0,299145 | 0,365854 |
|                         | G5                               | 0,473684 | 0,238095 | 0,409836 | 0,299145 | 0,365854 |

#### Kriterlerin Önem Ağırlıkları

Öz vektör hesaplamaları sonucunda elde edilen veriler Tablo 47'de sunulmuştur. Bu tablodan, beşinci kriterin ‘‘G5: Rekabetçi inşaat ortamında bulunmamak, değişime gerek görmemek’’ 0.357 ile en yüksek ağırlığa sahip olduğu ve yüzde 35,73229’luk bir öneme sahip olduğu görülmektedir. Diğer kriterlerin ağırlıkları ve yüzdelik ifadeleri de tabloda detaylandırılmıştır. Bu sonuçlar, beşinci kriterin diğerlerine göre daha önemli olduğunu göstermektedir.

**Tablo 47.** 2. Katılımcı G Maddesi Öz Vektör Değerleri

| Kriterlerin Önem Ağırlığı | Öz Vektör Hesaplanması (Kriterlerin Önem Ağırlığıdır.) |       | % DE İFADESİ |
|---------------------------|--|-------|--------------|
|                           | G1   | 0,161 | 16,07631     |
|                           | G2   | 0,047 | 4,650997     |
|                           | G3   | 0,122 | 12,21914     |
|                           | G4   | 0,313 | 31,32126     |
|                           | G5   | 0,357 | 35,73229     |
| TOPLAM                    | 1  | 100   |              |

#### Tutarlılık İndeksi

Tablo 48'de tutarlılık indeksi hesaplanması sonucunda elde edilen veriler sunulmuştur. Tabloya göre, maksimum özdeğer ( $\lambda_{max}$ ) 5,4082 olarak bulunmuştur. Tutarlılık indeksi (CI) 0.1020 ve tutarlılık oranı (CR) 0.0919 olarak hesaplanmıştır. CR değerinin 0.10'dan küçük olması, kıyaslamaların güvenilir ve tutarlı olduğunu göstermektedir.

**Tablo 48.** 2. Katılımcı G maddesi Tutarlılık İndeksi Değeri

| Tutarlılık İndeksi              |       |        |        |        |                                    |      |      |      |       |
|---------------------------------|-------|--------|--------|--------|------------------------------------|------|------|------|-------|
| Özdeğer verisi<br>(Eigenvector) |       | Max    |        |        | X 0,10 dan küçükse<br>güvenilirdir |      |      |      |       |
| G1                              | 0,855 | 5,4082 | 0,1020 | 0,0919 |                                    |      |      |      |       |
| G2                              | 0,241 |        |        |        |                                    |      |      |      |       |
| G3                              | 0,650 |        |        |        |                                    |      |      |      |       |
| G4                              | 1,768 |        |        |        |                                    |      |      |      |       |
| G5                              | 1,996 |        |        |        |                                    |      |      |      |       |
| N                               | 2,00  | 3,00   | 4,00   | 5,00   | 6,00                               | 7,00 | 8,00 | 9,00 | 10,00 |
| RI                              | 0,00  | 0,52   | 0,89   | 1,11   | 1,25                               | 1,35 | 1,40 | 1,45 | 1,49  |

2. katılımcı verilerine göre, “G5: Rekabetçi inşaat ortamında bulunmamak, değişime gerek görmemek” bariyerler içinde %35.73 oranında en yüksek ağırlığa sahip bariyer olarak belirlenmiştir. Değişim isteksizliği bariyerleri kategorisinde, rekabetçi bir ortamın eksikliği ve bu durumun yol açtığı değişim ihtiyacının düşük algılanması, katılımcılar tarafından özellikle vurgulanmıştır. Bu durum, inşaat sektöründe BIM gibi yenilikçi teknolojilerin benimsenmesinin önünde ciddi bir engel teşkil etmektedir. Katılımcı yanıtları, rekabetin düşük olduğu pazar koşullarında firmaların mevcut iş süreçlerinde devam etmeyi tercih ettiğini ve yenilikçi teknolojilere geçiş için gerekli motivasyonun oluşmadığını göstermektedir. Bu engelin aşılması için, sektör liderlerinin ve kamu otoritelerinin yenilikçi teknolojileri teşvik edici politikalar geliştirmesi ve bu politikaları aktif olarak uygulaması gerekmektedir. Ayrıca, sektördeki büyük oyuncuların ve derneklerin, yenilikçi uygulamaları benimseme konusunda daha aktif rol alması ve bu yöndeki çabaları desteklemesi, rekabetçi bir ortam yaratarak teknolojik yeniliklerin daha hızlı benimsenmesini sağlayabilir.

#### **4.3. Tutarlı Verilerin Anket Değerlendirilmesi (3. Katılımcı)**

Bu bölümde, 3. katılımcıdan elde edilen verilerin analizi ve değerlendirilmesi sunulmaktadır. AHP ile katılımcının belirlediği kriterler ve alternatifler değerlendirilerek, tutarlılık indeksleri ve kriterlerin önem ağırlıkları hesaplanmıştır. Elde edilen bulgular, katılımcının BIM kullanımının yaygınlaşmasının önündeki engelleri nasıl algıladığını ve bu engellerin önem derecelerini nasıl sıraladığını göstermektedir. Bu analizler, BIM kullanımının yaygınlaşmasına yönelik stratejilerin belirlenmesi için önemli bilgiler sağlamaktadır.



- **3. Katılımcı A Maddesi -Altyapı ve Teknolojik Bariyerler**

Normalize Karar Matrisi

Tablo 49'da araştırmada değerlendirilen alternatiflerin anket sonuçları ve belirli kriterlere göre normalleştirilmiş değerleri verilmiştir. Bu tablo, alternatiflerin karşılaştırılabilir hale getirilmesini sağlamaktadır. Örneğin, A1 kriterine göre A2 alternatifi 0.25 değerine sahipken, A3 alternatifi 0.09 değerine sahiptir. Bu normalizasyon işlemi, alternatiflerin kıyaslanabilirliğini artırarak değerlendirmemize önemli katkılar sağlamaktadır.

**Tablo 49.** 3. Katılımcı A Maddesi Anket Sonuçları ve Normalize Karar Matrisi

| Anket Sonuçları | ALT YAPI VE TEKNOLOJİK BARIYERLER | A1    | A2   | A3   | A4   |
|-----------------|-----------------------------------|-------|------|------|------|
|                 | A1                                | 1,00  | 5,00 | 0,20 | 0,33 |
| A2              | 0,20                              | 1,00  | 0,14 | 0,14 |      |
| A3              | 5,00                              | 7,00  | 1,00 | 1,00 |      |
| A4              | 3,00                              | 7,00  | 1,00 | 1,00 |      |
| TOPLAM          | 9,20                              | 20,00 | 2,34 | 2,48 |      |

| Normalize Karar Matrisi | ALT YAPI VE TEKNOLOJİK BARIYERLER | A1   | A2   | A3   | A4   |
|-------------------------|-----------------------------------|------|------|------|------|
|                         | A1                                | 0,11 | 0,25 | 0,09 | 0,13 |
| A2                      | 0,02                              | 0,05 | 0,06 | 0,06 |      |
| A3                      | 0,54                              | 0,35 | 0,43 | 0,40 |      |
| A4                      | 0,33                              | 0,35 | 0,43 | 0,40 |      |

Kriterlerin Önem Ağırlıkları

Öz vektör hesaplamaları sonucunda elde edilen veriler Tablo 50'de sunulmuştur. Bu tablodan, üçüncü kriterin ‘A3: Lisans Sorunu’ 0.384 ile en yüksek ağırlığa sahip olduğu ve yüzde 43,10'luk bir öneme sahip olduğu görölmektedir. Diğer kriterlerin ağırlıkları ve yüzdelik ifadeleri de tabloda detaylandırılmıştır. Bu sonuçlar, üçüncü kriterin diğerlerine göre daha önemli olduğunu göstermektedir.

**Tablo 50.** 3.Katılımcı Anketine Göre A maddesi Önem Ağırlıkları

| Kriterlerin Önem Ağırlığıdır | Öz Vektör Hesaplanması<br>Kriterlerin Önem Ağırlığıdır |        | % DE İFADESİ |
|------------------------------|--|--------|--------------|
|                              | A1   | 0,145  |              |
| A2                           | 0,048  | 4,76   |              |
| A3                           | 0,431  | 43,10  |              |
| A4                           | 0,377  | 37,67  |              |
| TOPLAM                       | 1,000  | 100,00 |              |

### Tutarlılık İndeksi

AHP yönteminin tutarlılığını değerlendirmek amacıyla tutarlılık indeksi hesaplanmıştır. Bu hesaplama sonucunda elde edilen veriler Tablo 51'de sunulmuştur. Tabloya göre, maksimum özdeğer ( $\lambda_{max}$ ) 4.1618 olarak bulunmuştur. Tutarlılık indeksi (CI) 0.0539 ve tutarlılık oranı (CR) 0.0606 olarak hesaplanmıştır. CR değerinin 0.10'dan küçük olması, kıyaslamaların güvenilir ve tutarlı olduğunu göstermektedir.

**Tablo 51.** 3. Katılımcı A maddesi Tutarlılık İndeksi Tablosu

| Tutarlılık indeksi              |       |        |      |      |                                    |      |      |      |       |        |  |  |  |  |
|---------------------------------|-------|--------|------|------|------------------------------------|------|------|------|-------|--------|--|--|--|--|
| Özdeğer verisi<br>(Eigenvector) |       | Max    |      |      | X 0,10 dan küçükse<br>güvenilirdir |      |      |      |       |        |  |  |  |  |
| A1                              | 0,594 | 4,1618 |      |      | 0,0539                             |      |      |      |       | 0,0606 |  |  |  |  |
| A2                              | 0,192 |        |      |      |                                    |      |      |      |       |        |  |  |  |  |
| A3                              | 1,864 |        |      |      |                                    |      |      |      |       |        |  |  |  |  |
| A4                              | 1,575 |        |      |      |                                    |      |      |      |       |        |  |  |  |  |
| N                               | 2,00  | 3,00   | 4,00 | 5,00 | 6,00                               | 7,00 | 8,00 | 9,00 | 10,00 |        |  |  |  |  |
| RI                              | 0,00  | 0,52   | 0,89 | 1,11 | 1,25                               | 1,35 | 1,40 | 1,45 | 1,49  |        |  |  |  |  |

3. Katılımcının değerlendirmesine göre, Lisans Sorunu (A3), altyapı ve teknolojik bariyerler kategorisinde en yüksek önem ağırlığına (43,10%) sahip olmuştur. Yüksek lisans maliyetleri, özellikle küçük ve orta ölçekli işletmeler için büyük bir finansal yük getirmekte ve BIM'e geçişi zorlaştırmaktadır. Ayrıca, karmaşık lisanslama modelleri ve sınırlı erişim, firmaların doğru yazılımı seçmesini güçleştirmekte ve teknolojiye erişimlerini kısıtlamaktadır. Yazılım güncellemeleri ve teknik destek konularındaki zorluklar, lisans süreleri dolduğunda ek maliyetlere ve kesintilere yol açabilmektedir. Bu sorunların aşılması için uygun maliyetli lisanslama seçeneklerinin sunulması ve eğitim programlarının düzenlenmesi gerekmektedir.

- **3. Katılımcı B Maddesi- Kültür ve Eğitim ile İlgili Bariyerler**

#### Normalize Karar Matrisi

Tablo 52'de 3. Katılımcının anket sonuçlarında göre B maddesi için değerlendirilen alternatiflerin anket sonuçları ve belirli kriterlere göre normalleştirilmiş değerleri sunulmuştur. Bu tablo, alternatiflerin karşılaştırılabilir hale getirilmesini sağlamaktadır.

**Tablo 52.** 3.Katılımcı B maddesi Anket Sonuçları ve Normalize Karar Matrisi

| KÜLTÜR VE EĞİTİM |    | B1     | B2    | B3   | B4   | B5    |
|------------------|----|--------|-------|------|------|-------|
| Anket Sonuçları  | B1 | 1,00   | 1,00  | 7,00 | 1,00 | 1,00  |
|                  | B2 | 1,00   | 1,00  | 5,00 | 3,00 | 1,00  |
|                  | B3 | 0,14   | 0,20  | 1,00 | 0,20 | 0,14  |
|                  | B4 | 1,00   | 0,33  | 5,00 | 1,00 | 0,33  |
|                  | B5 | 1,00   | 1,00  | 7,00 | 3,00 | 1,00  |
| TOPLAM           |    | 4,1429 | 3,533 | 25   | 8,2  | 3,476 |

| KÜLTÜR VE EĞİTİM        |    | B1       | B2       | B3   | B4       | B5       |
|-------------------------|----|----------|----------|------|----------|----------|
| Normalize Karar Matrisi | B1 | 0,241379 | 0,283019 | 0,28 | 0,121951 | 0,287671 |
|                         | B2 | 0,241379 | 0,283019 | 0,2  | 0,365854 | 0,287671 |
|                         | B3 | 0,034483 | 0,056604 | 0,04 | 0,02439  | 0,041096 |
|                         | B4 | 0,241379 | 0,09434  | 0,2  | 0,121951 | 0,09589  |
|                         | B5 | 0,241379 | 0,283019 | 0,28 | 0,365854 | 0,287671 |

### Kriterlerin Önem Ağırlıkları

Tablo 53'de öz vektör hesaplamaları sonucunda elde edilen veriler sunulmuştur. Bu tablodan, beşinci kriterin "B5: BIM'in kişiler tarafından karmaşık/ zor olarak algılanması" 0.292 ile en yüksek ağırlığa sahip olduğu ve yüzde 29,15846'lık bir öneme sahip olduğu görülmektedir. Diğer kriterlerin ağırlıkları ve yüzdeler de tabloda detaylandırılmıştır. Bu sonuçlar, beşinci kriterin diğerlerine göre daha önemli olduğunu göstermektedir.

**Tablo 53.** 3. Katılımcı B maddesi Öz Vektör Değerleri

| Kriterlerin Önem Ağırlığıdır.) | Öz Vektör Hesaplanması       |              |
|--------------------------------|------------------------------|--------------|
|                                | Kriterlerin Önem Ağırlığıdır | % De İfadesi |
| B1                             | 0,253                        | 24,28041     |
| B2                             | 0,122                        | 27,55846     |
| B3                             | 0,535                        | 3,931453     |
| B4                             | 0,032                        | 15,07121     |
| B5                             | 0,057                        | 29,15846     |
| TOPLAM                         | 1                            | 100          |

### Tutarlılık İndeksi

Tutarlılık indeksi hesaplanması sonucunda elde edilen veriler Tablo 54'de sunulmuştur. Tabloya göre, maksimum özdeğer ( $\lambda_{max}$ ) 5,1871 olarak bulunmuştur. Tutarlılık indeksi (CI) 0.0468 ve tutarlılık oranı (CR) 0.0421 olarak hesaplanmıştır. CR değerinin 0.10'dan küçük olması, kıyaslamaların güvenilir ve tutarlı olduğunu göstermektedir.

**Tablo 54.** 3. Katılımcı B maddesi Tutarlılık İndeksi Tablosu

|                    |
|--------------------|
| Tutarlılık İndeksi |
|--------------------|

|   |             |               |             |             |  |             |             |             |             |             |             |             |             |              |
|---|-------------|---------------|-------------|-------------|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| <b>Özdeğer verisi<br/>(Eigenvector)</b> |             | <b>Max</b>    |             |             | <b>X 0,10 dan küçükse<br/>güvenilirdir</b> |             |             |             |             |             |             |             |             |              |
| <b>B1</b>                               | 1,236       | <b>5,1871</b> | 0,0468      | 0,0421      | <b>N</b>                                   | <b>2,00</b> | <b>3,00</b> | <b>4,00</b> | <b>5,00</b> | <b>6,00</b> | <b>7,00</b> | <b>8,00</b> | <b>9,00</b> | <b>10,00</b> |
| <b>B2</b>                               | 1,459       |               |             |             |  |             |             |             |             |             |             |             |             |              |
| <b>B3</b>                               | 0,201       |               |             |             |  |             |             |             |             |             |             |             |             |              |
| <b>B4</b>                               | 0,779       |               |             |             |  |             |             |             |             |             |             |             |             |              |
| <b>B5</b>                               | 1,537       |               |             |             |  |             |             |             |             |             |             |             |             |              |
| <b>RI</b>                               | <b>0,00</b> | <b>0,52</b>   | <b>0,89</b> | <b>1,11</b> | <b>1,25</b>                                | <b>1,35</b> | <b>1,40</b> | <b>1,45</b> | <b>1,49</b> |             |             |             |             |              |

2. katılımcının değerlendirmelerine göre BIM'in kişiler tarafından karmaşık/zor olarak algılanması (B5), bu kategori altında en yüksek önem derecesine sahip olan engeldir (%29,15). Bu algı, BIM teknolojilerinin daha geniş kapsamda kabul görmesini ve uygulanmasını engelleyen temel faktörlerden biri olarak öne çıkmaktadır. BIM teknolojilerinin karmaşık olarak algılanması, eğitim ve farkındalık programlarının yetersizliğinden kaynaklanabilir. Bu nedenle, eğitim programlarının iyileştirilmesi, kullanıcı dostu araçların geliştirilmesi ve teknolojik adaptasyonun teşvik edilmesi, bu algıyı değiştirme yönünde atılacak önemli adımlardır.

- **3. Katılımcı C Maddesi-Standartlar ve Hukuki Bariyerler**

Normalize Karar Matrisi

3. katılımcının anket sonuçlarına göre (Tablo 55) C maddesi için değerlendirilen normalleştirilmiş değerleri 56'da sunulmuştur. Bu tablo, alternatiflerin karşılaştırılabilir hale getirilmesini sağlamaktadır.

**Tablo 55.** 3. Katılımcı C maddesi Anket Cevapları

| Anket sonuçları | STANDARTLAR<br>VE HUKUKİ<br>BARİYERLER | C1    | C2   | C3   | C4   | C5   | C6   |
|-----------------|--|-------|------|------|------|------|------|
|                 | <b>C1</b>                              | 1     | 1,00 | 1,00 | 5,00 | 1,00 | 1,00 |
| <b>C2</b>       | 1                                      | 1     | 1,00 | 3,00 | 1,00 | 3,00 |      |
| <b>C3</b>       | 1                                      | 1     | 1    | 1,00 | 1,00 | 1,00 |      |
| <b>C4</b>       | 0,2                                    | 0,333 | 1    | 1    | 1,00 | 1,00 |      |
| <b>C5</b>       | 1                                      | 1     | 1    | 1    | 1    | 1,00 |      |
| <b>E6</b>       | 1                                      | 0,333 | 1    | 1    | 1    | 1    |      |
| <b>Toplam</b>   | 5,2                                    | 4,667 | 6    | 12   | 6    | 8    |      |

**Tablo 56.** 3. Katılımcı C maddesi Normalize Karar Matrisi

| Normalize Karar Matrisi | STANDARTLAR<br>VE HUKUKİ<br>BARİYERLER | C1      | C2     | C3       | C4  | C5      | C6    |
|-------------------------|--|---------|--------|----------|-----|---------|-------|
|                         | C1                                     | 0,19231 | 0,1875 | 0,166667 | 0,5 | 0,16667 | 0,125 |
|                         | C2                                     | 0,19231 | 0,1875 | 0,166667 | 0,1 | 0,16667 | 0,375 |
|                         | C3                                     | 0,19231 | 0,1875 | 0,166667 | 0,1 | 0,16667 | 0,125 |
|                         | C4                                     | 0,03846 | 0,1875 | 0,166667 | 0,1 | 0,16667 | 0,125 |
|                         | C5                                     | 0,19231 | 0,1875 | 0,166667 | 0,1 | 0,16667 | 0,125 |
|                         | C6                                     | 0,19231 | 0,0625 | 0,166667 | 0,1 | 0,16667 | 0,125 |

### Kriterlerin Önem Ağırlıkları

Tablo 57'de öz vektör hesaplamaları sonucunda elde edilen veriler sunulmuştur. Bu tablodan, ikinci kriterin ‘‘C2: Hükümet düzenleme, standartları ve BIM yönetmeliğinin eksiliği’’ 0.227 ile en yüksek ağırlığa sahip olduğu ve yüzde 22,74878’lik bir öneme sahip olduğu görülmektedir. Diğer kriterlerin ağırlıkları ve yüzdelik ifadeleri de tabloda detaylandırılmıştır. Bu sonuçlar, ikinci kriterin diğerlerine göre daha önemli olduğunu göstermektedir.

**Tablo 57.** 3. Katılımcı C Maddesi Öz Vektör Değerleri

| Kriterlerin Önem Ağırlığıdır | Öz Vektör Hesaplanması<br>(Kriterlerin Önem<br>Ağırlığıdır.) |       | %<br>İFADESİ |
|------------------------------|--|-------|--------------|
|                              | C1   | 0,214 | 21,35989     |
|                              | C2   | 0,227 | 22,74878     |
|                              | C3   | 0,158 | 15,80433     |
|                              | C4   | 0,109 | 10,85928     |
|                              | C5   | 0,158 | 15,80433     |
|                              | C6   | 0,134 | 13,42338     |
|                              | TOPLAM   | 1     | 100          |

### Tutarlılık İndeksi

Tablo 58'de tutarlılık indeksi hesaplanması ıştır. Bu hesaplama sonucunda elde edilen veriler sunulmuştur. Tabloya göre, maksimum özdeğer ( $\lambda_{max}$ ) 6,4099 olarak bulunmuştur. Tutarlılık indeksi (CI) 0.0820 ve tutarlılık oranı (CR) 0.0656 olarak hesaplanmıştır. CR değerinin 0.10'dan küçük olması, kıyaslamaların güvenilir ve tutarlı olduğunu göstermektedir.

**Tablo 58.** 3. Katılımcı C maddesi Tutarlılık İndeksi Değeri

| Tutarlılık indeksi              |       |        |      |      |      |                                    |      |      |       |        |  |
|---------------------------------|-------|--------|------|------|------|------------------------------------|------|------|-------|--------|--|
| Özdeğer verisi<br>(Eigenvector) |       | Max    |      |      |      | X 0,10 dan küçükse<br>güvenilirdir |      |      |       |        |  |
| C1                              | 1,434 | 6,4099 |      |      |      | 0,0820                             |      |      |       | 0,0656 |  |
| C2                              | 1,486 |        |      |      |      |                                    |      |      |       |        |  |
| C3                              | 1,000 |        |      |      |      |                                    |      |      |       |        |  |
| C4                              | 0,677 |        |      |      |      |                                    |      |      |       |        |  |
| C5                              | 1,000 |        |      |      |      |                                    |      |      |       |        |  |
| C6                              | 0,848 |        |      |      |      |                                    |      |      |       |        |  |
| N                               | 2,00  | 3,00   | 4,00 | 5,00 | 6,00 | 7,00                               | 8,00 | 9,00 | 10,00 |        |  |
| RI                              | 0,00  | 0,52   | 0,89 | 1,11 | 1,25 | 1,35                               | 1,40 | 1,45 | 1,49  |        |  |

3. katılımcı, hükümet düzenlemeleri, standartları ve BIM yönetmeliklerinin eksikliği (C2) önemli bir engel olarak belirtmiştir (%22,75). Bu, BIM süreçlerinin standardizasyonu ve hukuki çerçevelerin güçlendirilmesi ihtiyacını ortaya koymaktadır. Sektördeki belirsizliklerin giderilmesi, hükümet düzenlemelerinin ve standartların netleştirilmesi, sektördeki firmaların BIM süreçlerine daha rahat uyum sağlamalarını ve teknolojiyi daha güvenilir bir şekilde benimsemelerini sağlayacaktır.

- **2. Katılımcı D Maddesi- Süreç ve Finansal Bariyerler**

Normalize Karar Matrisi

2. Katılımcının anket sonuçlarında göre D maddesi için normalleştirilmiş değerleri Tablo 59'da sunulmuştur. Bu tablo, alternatiflerin karşılaştırılabilir hale getirilmesini sağlamaktadır.

**Tablo 59.** 3. Katılımcı D maddesi Anket Cevapları ve Normalize Karar Matrisi

| SÜREÇ VE FİNANSAL BARIYERLER | D1   | D2   | D3   |
|------------------------------|------|------|------|
| D1                           | 1,00 | 7,00 | 3,00 |
| D2                           | 0,14 | 1,00 | 1,00 |
| D3                           | 0,33 | 1,00 | 1,00 |
| TOPLAM                       | 1,48 | 9,00 | 5,00 |

| Normalize Karar Matrisi | SÜREÇ VE FİNANSAL BARIYERLER | D1   | D2   | D3   |
|-------------------------|------------------------------|------|------|------|
|                         | D1                           | 0,68 | 0,78 | 0,60 |
|                         | D2                           | 0,10 | 0,11 | 0,20 |
|                         | D3                           | 0,23 | 0,11 | 0,20 |

#### Kriterlerin Önem Ağırlıkları

Öz vektör hesaplamaları sonucunda elde edilen veriler Tablo 60'da sunulmuştur. Bu tablodan, birinci kriterin “D1: Maliyet sorunları (BIM kullanımına ekstra yatırım)” 0.685 ile en yüksek ağırlığa sahip olduğu ve yüzde 68,51’lik bir öneme sahip olduğu görülmektedir. Diğer kriterlerin ağırlıkları ve yüzdeler de tabloda detaylandırılmıştır. Bu sonuçlar, birinci kriterin diğerlerine göre daha önemli olduğunu göstermektedir.

**Tablo 60.** 3. Katılımcı D maddesi Öz Vektör Değerleri

| Kriterlerin Önem Ağırlığıdır | Öz Vektör Hesaplanması Kriterlerin Önem Ağırlığıdır | % DE İFADESİ |
|------------------------------|---|--------------|
|                              | 0,685   | 68,51        |
|                              | 0,136   | 13,60        |
|                              | 0,179   | 17,90        |
| TOPLAM                       | 1,000   | 100,00       |

#### Tutarlılık İndeksi

Tablo 61'de tutarlılık indeksi hesaplanmıştır. Tabloya göre, maksimum özdeğer ( $\lambda_{max}$ ) 3.0816 olarak bulunmuştur. Tutarlılık indeksi (CI) 0.0408 ve tutarlılık oranı (CR) 0.0784 olarak hesaplanmıştır. CR değerinin 0.10'dan küçük olması, kıyaslamaların güvenilir ve tutarlı olduğunu göstermektedir.

**Tablo 61.** 3. Katılımcı D maddesi Tutarlılık İndeksi Değeri

| Tutarlılık indeksi              |       |        |      |      |                                     |      |      |        |       |
|---------------------------------|-------|--------|------|------|-------------------------------------|------|------|--------|-------|
| Özdeğer verisi<br>(Eigenvector) |       | Max    |      |      | X 0,10 dan küçük se<br>güvenilirdir |      |      |        |       |
| D1                              | 2,174 | 3,0816 |      |      | 0,0408                              |      |      | 0,0784 |       |
| D2                              | 0,413 |        |      |      |                                     |      |      |        |       |
| D3                              | 0,543 |        |      |      |                                     |      |      |        |       |
| N                               | 2,00  | 3,00   | 4,00 | 5,00 | 6,00                                | 7,00 | 8,00 | 9,00   | 10,00 |
| RI                              | 0,00  | 0,52   | 0,89 | 1,11 | 1,25                                | 1,35 | 1,40 | 1,45   | 1,49  |

Maliyet sorunları (D1), bu kategoride en yüksek önem ağırlığına sahip olan engel olarak öne çıkmıştır (%68,51). BIM teknolojilerine yapılan yatırımların başlangıç maliyetleri, sektördeki firmaların bu teknolojilere geçiş yapmalarını finansal açıdan zorlaştırmakta ve geniş çapta adaptasyonun önüne geçmektedir. Bu sorunun çözümü için finansal teşviklerin sağlanması, maliyetleri düşürecek teknolojik çözümlerin geliştirilmesi ve yatırımın getirilerinin net bir şekilde ortaya konması gerekmektedir.

- **2. Katılımcı E Maddesi- Veri Kaybı ve Güvenlik Bariyerleri**

Normalize Karar Matrisi

Tablo 62'de 3. Katılımcının anket sonuçlarına göre E maddesi için normalleştirilmiş değerleri sunulmuştur. Bu tablo, alternatiflerin karşılaştırılabilir hale getirilmesini sağlamaktadır.



**Tablo 62.** 3. Katılımcı E maddesi Anket Cevapları ve Normalize Karar Matrisi

| Anket Sonuçları | VERİ KAYBI VE GÜVENLİK BARIYERLERİ | E1    | E2    | E3   | E4   |
|-----------------|------------------------------------|-------|-------|------|------|
|                 | E1                                 | 1,00  | 0,33  | 0,20 | 0,14 |
|                 | E2                                 | 3,00  | 1,00  | 0,14 | 0,33 |
|                 | E3                                 | 5,00  | 7,00  | 1,00 | 1,00 |
|                 | E4                                 | 7,00  | 3,00  | 1,00 | 1,00 |
|                 | <b>TOPLAM</b>                      | 16,00 | 11,33 | 2,34 | 2,48 |

| Normalize Karar Matrisi | VERİ KAYBI VE GÜVENLİK BARIYERLERİ | E1   | E2   | E3   | E4   |
|-------------------------|------------------------------------|------|------|------|------|
|                         | E1                                 | 0,06 | 0,03 | 0,09 | 0,06 |
|                         | E2                                 | 0,19 | 0,09 | 0,06 | 0,13 |
|                         | E3                                 | 0,31 | 0,62 | 0,43 | 0,40 |
|                         | E4                                 | 0,44 | 0,26 | 0,43 | 0,40 |
|                         |                                    |      |      |      |      |

### Kriterlerin Önem Ağırlıkları

Öz vektör hesaplamaları sonucunda elde edilen veriler Tablo 63'de sunulmuştur. Bu tabloda, üçüncü kriterin ‘E3: Mühendislik verilerinin, BIM entegrasyonunda karşılaşılabileceği olası sorunlar’ 0.440 ile en yüksek ağırlığa sahip olduğu ve yüzde 44,02’lik bir öneme sahip olduğu görülmektedir. Diğer kriterlerin ağırlıkları ve yüzdeleri de tabloda detaylandırılmıştır. Bu sonuçlar, üçüncü kriterin diğerlerine göre daha önemli olduğunu göstermektedir.

**Tablo 63.** 3. Katılımcı E Maddesi Öz Vektör Değerleri

| Kriterlerin Önem Ağırlığıdır | Öz Vektör Hesaplanması (Kriterlerin Önem Ağırlığı) | % DE İFADESİ |       |
|------------------------------|--|--------------|-------|
|                              | E1   | 0,059        | 5,87  |
|                              | E2   | 0,118        | 11,78 |
|                              | E3   | 0,440        | 44,02 |
|                              | E4   | 0,383        | 38,32 |
| <b>TOPLAM</b>                | 1,000  | 100,00       |       |

### Tutarlılık İndeksi

Tablo 64'de tutarlılık indeksi hesaplanması sonucunda elde edilen veriler göre, maksimum özdeğer ( $\lambda_{max}$ ) 4.1921 olarak bulunmuştur. Tutarlılık indeksi (CI) 0.0640 ve tutarlılık oranı (CR) 0.0719 olarak hesaplanmıştır. CR değerinin 0.10'dan küçük olması, kıyaslamaların güvenilir ve tutarlı olduğunu göstermektedir.

**Tablo 64.** 3. Katılımcı E maddesi Tutarlılık İndeksi Değeri

| Tutarlılık indeksi              |       |        |      |      |                                    |      |      |        |       |
|---------------------------------|-------|--------|------|------|------------------------------------|------|------|--------|-------|
| Özdeğer verisi<br>(Eigenvector) |       | Max    |      |      | X 0,10 dan küçükse<br>güvenilirdir |      |      |        |       |
| E1                              | 0,241 | 4,1921 |      |      | 0,0640                             |      |      | 0,0719 |       |
| E2                              | 0,485 |        |      |      |                                    |      |      |        |       |
| E3                              | 1,942 |        |      |      |                                    |      |      |        |       |
| E4                              | 1,588 |        |      |      |                                    |      |      |        |       |
| N                               | 2,00  | 3,00   | 4,00 | 5,00 | 6,00                               | 7,00 | 8,00 | 9,00   | 10,00 |
| RI                              | 0,00  | 0,52   | 0,89 | 1,11 | 1,25                               | 1,35 | 1,40 | 1,45   | 1,49  |

Mühendislik verilerinin BIM entegrasyonunda karşılaşılabileceği olası sorunlar (E3), bu kategori altında en yüksek önem derecesine ulaşmıştır (%44,02). Veri güvenliği ve entegrasyonu, BIM süreçlerinin başarılı bir şekilde yürütülmesi için çözülmesi gereken temel sorunlardır. Bu sorunların üstesinden gelmek için güvenli veri alışverişi protokolleri geliştirilmeli, veri entegrasyonu ve yönetimi konusunda standartlar belirlenmeli ve sektör genelinde bu standartların uygulanması teşvik edilmelidir.

- **3. Katılımcı F Maddesi- Teşvik ve Taleplere Yönelik Bariyerler**

Normalize Karar Matrisi

3. Katılımcının anket sonuçlarında göre (Tablo 65) F maddesi için değerlendirilen alternatiflerin belirli kriterlere göre normalleştirilmiş değerleri Tablo 66'da verilmiştir. Bu tablo, alternatiflerin karşılaştırılabilir hale getirilmesini sağlamaktadır.

**Tablo 65.** 3. Katılımcı F maddesi Anket Cevapları

| Anket Sonuçları | TEŞVİK VE<br>TALEPLERE<br>YÖNELİK<br>BARIYERLER | F1   | F2   | F3       | F4      | F5   |
|-----------------|---|------|------|----------|---------|------|
|                 | F1  | 1,00 | 1,00 | 5,00     | 0,20    | 0,33 |
| F2              | 1,00  | 1,00 | 5,00 | 1,00     | 1,00    |      |
| F3              | 0,20  | 0,20 | 1,00 | 0,14     | 0,14    |      |
| F4              | 5,00  | 1,00 | 7,00 | 1,00     | 1,00    |      |
| F5              | 3,00  | 1,00 | 7,00 | 1,00     | 1,00    |      |
| <b>Toplam</b>   | 10,2  | 4,2  | 25   | 3,342857 | 3,47619 |      |

**Tablo 66.** 3. Katılımcı F Maddesi Normarlize Karar Matrisi

| Normalize Karar Matrisi | TEŞVİK VE TALEPLERE YÖNELİK BARIYERLER | F1       | F2       | F3       | F4       | F5      |
|-------------------------|--|----------|----------|----------|----------|---------|
|                         | F1                                     | 0,098039 | 0,238095 | 0,2      | 0,059829 | 0,09589 |
| F2                      | 0,098039                               | 0,238095 | 0,2      | 0,299145 | 0,287671 |         |
| F3                      | 0,019608                               | 0,047619 | 0,04     | 0,042735 | 0,041096 |         |
| F4                      | 0,490196                               | 0,238095 | 0,28     | 0,299145 | 0,287671 |         |
| F5                      | 0,294118                               | 0,238095 | 0,28     | 0,299145 | 0,287671 |         |

### Kriterlerin Önem Ağırlıkları

Tablo 67'de öz vektör hesaplamaları sonucunda elde edilen veriler sunulmuştur. Bu tablodan, dördüncü kriterin "F4: BIM Avantajlarının somut olarak gözlemlenmemiş olması" 0.319 ile en yüksek ağırlığa sahip olduğu ve yüzde 31,90216'lük bir öneme sahip olduğu görülmektedir. Diğer kriterlerin ağırlıkları ve yüzdelik ifadeleri de tabloda detaylandırılmıştır. Bu sonuçlar, dördüncü kriterin diğerlerine göre daha önemli olduğunu göstermektedir.

**Tablo 67.** 3. Katılımcı F Maddesi Öz Vektör Değerleri

| Kriterlerin Önem Ağırlığı | Öz Vektör Hesaplanması (Kriterlerin Önem Ağırlığıdır.) |          | % DE İFADESİ |
|---------------------------|--|----------|--------------|
|                           | F1   | 0,138    | 13,83708     |
| F2                        | 0,225  | 22,45902 |              |
| F3                        | 0,038  | 3,821156 |              |
| F4                        | 0,319  | 31,90216 |              |
| F5                        | 0,280  | 27,98059 |              |
| TOPLAM                    | 1  | 100      |              |

### Tutarlılık İndeksi

Tablo 68'de Araştırmamızda kullanılan AHP yönteminin tutarlılığını değerlendirmek amacıyla tutarlılık indeksi hesaplanmıştır. Tabloya göre, maksimum özdeğer ( $\lambda_{max}$ ) 5.2762 olarak bulunmuştur. Tutarlılık indeksi (CI) 0.0691 ve tutarlılık oranı (CR) 0.0622 olarak hesaplanmıştır. CR değerinin 0.10'dan küçük olması, kıyaslamaların güvenilir ve tutarlı olduğunu göstermektedir.

Tablo 68. 3. Katılımcı F maddesi Tutarlılık İndeksi Değeri

| Tutarlılık indeksi           |       |        |      |                                  |      |      |        |      |       |
|------------------------------|-------|--------|------|----------------------------------|------|------|--------|------|-------|
| Özdeğer verisi (Eigenvector) |       | Max    |      | X 0,10 dan küçük se güvenilirdir |      |      |        |      |       |
| F1                           | 0,711 | 5,2762 |      | 0,0691                           |      |      | 0,0622 |      |       |
| F2                           | 1,153 |        |      |                                  |      |      |        |      |       |
| F3                           | 0,196 |        |      |                                  |      |      |        |      |       |
| F4                           | 1,783 |        |      |                                  |      |      |        |      |       |
| F5                           | 1,506 |        |      |                                  |      |      |        |      |       |
| N                            | 2,00  | 3,00   | 4,00 | 5,00                             | 6,00 | 7,00 | 8,00   | 9,00 | 10,00 |
| RI                           | 0,00  | 0,52   | 0,89 | 1,11                             | 1,25 | 1,35 | 1,40   | 1,45 | 1,49  |

BIM avantajlarının somut olarak gözlemlenmemesi (F4) engeli katılımcı tarafından öne çıkarılmış ve %31,90'lık bir öneme sahip olmuştur. BIM teknolojisinin sağladığı avantajlar ve getiriler, sektör genelinde yeterince bilinmediği veya anlaşılmadığı için, teknolojinin benimsenmesi yavaş kalmaktadır. Bu durumu iyileştirmek için, BIM'in faydalarını somut örneklerle sergileyen bilgilendirici kampanyalar ve eğitimler düzenlenmeli, başarılı uygulama örnekleri sektörle paylaşılmalıdır.

### • 3. Katılımcı G Maddesi- Değişim İsteksizliği Bariyerleri

#### Normalize Karar Matrisi

3. Katılımcının anket sonuçlarına göre (Tablo 69) G maddesi için değerlendirilen alternatiflerin belirli kriterlere göre normalleştirilmiş değerleri Tablo 70'de sunulmuştur. Bu tablo, alternatiflerin karşılaştırılabilir hale getirilmesini sağlamaktadır.

Tablo 69. 3. Katılımcı G maddesi Anket Cevapları

| Anket Sonuçları | DEĞİŞİM İSTEKSİZLİĞİ BARIYERLERİ | G1   | G2   | G3   | G4       | G5   |
|-----------------|----------------------------------|------|------|------|----------|------|
|                 | G1                               | 1,00 | 3,00 | 1,00 | 1,00     | 0,33 |
| G2              | 0,33                             | 1,00 | 0,20 | 0,20 | 0,20     |      |
| G3              | 1,00                             | 5,00 | 1,00 | 0,20 | 0,33     |      |
| G4              | 1,00                             | 5,00 | 5,00 | 1,00 | 1,00     |      |
| G5              | 3,00                             | 5,00 | 3,00 | 1,00 | 1,00     |      |
| TOPLAM          | 6,333333333                      | 19   | 10,2 | 3,4  | 2,866667 |      |

**Tablo 70.** 3. Katılımcı G maddesi Normalize Karar Matrisi

| Normalize Karar Matrisi | DEĞİŞİM İSTEKSİZLİĞİ BARIYERLERİ | G1       | G2       | G3       | G4       | G5       |
|-------------------------|----------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                         | G1                               | 0,157895 | 0,157895 | 0,098039 | 0,294118 | 0,116279 |
| G2                      | 0,052632                         | 0,052632 | 0,019608 | 0,058824 | 0,069767 |          |
| G3                      | 0,157895                         | 0,263158 | 0,098039 | 0,058824 | 0,116279 |          |
| G4                      | 0,157895                         | 0,263158 | 0,490196 | 0,294118 | 0,348837 |          |
| G5                      | 0,473684                         | 0,263158 | 0,294118 | 0,294118 | 0,348837 |          |

### Kriterlerin Önem Ağırlıkları

Tablo 71'de öz vektör hesaplamaları sonucunda elde edilen veriler sunulmuştur. Bu tablodan, beşinci kriterin ‘‘G5: Rekabetçi inşaat ortamında bulunmamak, değişime gerek görmemek’’ 0.335 ile en yüksek ağırlığa sahip olduğu ve yüzde 35,47839’luk bir öneme sahip olduğu görülmektedir. Diğer kriterlerin ağırlıkları ve yüzdelik ifadeleri de tabloda detaylandırılmıştır. Bu sonuçlar, beşinci kriterin diğerlerine göre daha önemli olduğunu göstermektedir.

**Tablo 71.** 3. Katılımcı G Maddesi Öz Vektör Değerleri

| Kriterlerin önem ağırlığıdır | Öz Vektör Hesaplanması Kriterlerin Önem Ağırlığıdır |          | % DE İFADESİ |
|------------------------------|---|----------|--------------|
|                              | G1  | 0,165    | 16,48451     |
| G2                           | 0,051   | 5,069239 |              |
| G3                           | 0,139   | 13,88389 |              |
| G4                           | 0,311   | 31,08407 |              |
| G5                           | 0,335   | 33,47829 |              |
| TOPLAM                       | 1   | 100      |              |

Tutarlılık indeksi hesaplanması sonucunda elde edilen veriler Tablo 72'de sunulmuştur. Tabloya göre, maksimum özdeğer ( $\lambda_{max}$ ) 5,367 olarak bulunmuştur. Tutarlılık indeksi (CI) 0.0917 ve tutarlılık oranı (CR) 0.0826 olarak hesaplanmıştır. CR değerinin 0.10'dan küçük olması, kıyaslamaların güvenilir ve tutarlı olduğunu göstermektedir.

Tablo 72. 3. Katılımcı G maddesi Tutarlılık İndeksi Değeri

| Tutarlılık indeksi              |       |        |      |      |                                    |      |      |        |       |
|---------------------------------|-------|--------|------|------|------------------------------------|------|------|--------|-------|
| Özdeğer verisi<br>(Eigenvector) |       | Max    |      |      | X 0,10 dan küçükse<br>güvenilirdir |      |      |        |       |
| G1                              | 0,878 | 5,3667 |      |      | 0,0917                             |      |      | 0,0826 |       |
| G2                              | 0,263 |        |      |      |                                    |      |      |        |       |
| G3                              | 0,731 |        |      |      |                                    |      |      |        |       |
| G4                              | 1,758 |        |      |      |                                    |      |      |        |       |
| G5                              | 1,810 |        |      |      |                                    |      |      |        |       |
| N                               | 2,00  | 3,00   | 4,00 | 5,00 | 6,00                               | 7,00 | 8,00 | 9,00   | 10,00 |
| RI                              | 0,00  | 0,52   | 0,89 | 1,11 | 1,25                               | 1,35 | 1,40 | 1,45   | 1,49  |

“G4: BIM teknolojisinin yeterince anlaşılması” bu engel grubunda %33,48 ile en yüksek önem ağırlığına sahip olmuştur. Bu, teknolojik değişimlere karşı direnç ve teknolojiyi tam olarak kavrayamama sorunlarına işaret eder. Değişim yönetimi stratejileri geliştirilerek, teknolojik yeniliklerin avantajları vurgulanmalı ve sektördeki bireyler bu yeni süreçlere adaptasyon konusunda desteklenmelidir.

#### 4.4 Tutarlı Anket Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Bu kısım, Türkiye'de BIM süreçlerinin yaygınlaşmasının önündeki engelleri tanımlamak ve bu engellerin önem derecelerini kapsamlı bir şekilde değerlendirmek amacıyla düzenlenmiştir. Araştırmada, üç farklı katılımcıdan elde edilen veriler, Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) metodolojisi kullanılarak incelenmiştir. Bu metodoloji, katılımcıların BIM kullanımının yaygınlaşmasına yönelik algılarını ve bu süreçte karşılaştıkları bariyerleri sistematik bir şekilde sıralamalarına olanak tanımıştır. Katılımcıların anket cevapları doğrultusunda yapılan analizler sonucunda, her bir başlık için elde edilen tutarlılık oranları Tablo 73' de verilmiştir.

Her katılımcının değerlendirmeleri ayrı ayrı ele alınarak, ortak ve farklı görüşler derinlemesine analiz edilmiştir. Bulgular, BIM teknolojilerinin etkin kullanımını engelleyen faktörleri detaylandırmakta ve sektörel ölçekte karşılaşılan zorlukları belirlemektedir. Ayrıca, elde edilen veriler doğrultusunda, sektörde BIM'in daha etkin kullanılabilmesi için stratejik öneriler geliştirilmiştir. Bu analizler, politika yapıcılar ve sektör profesyonelleri için BIM uygulamalarını destekleyici yol haritaları sunmayı amaçlamaktadır. Sonuç olarak, bu değerlendirme bölümü, BIM teknolojilerinin Türkiye

inşaat sektöründe nasıl daha geniş bir kabul ve uygulama alanı bulabileceğine dair önemli iç görüler sağlamaktadır.

**Tablo 73.** Ana Başlıkların Tutarlılık Oranları

|   | ENGELELR                                    | TUTARLILIK ORANI<br>( CR )           |
|---|---|--------------------------------------|
|   | <b>1. Katılımcı</b>                         | A) Alt Yapı ve Teknolojik Bariyerler |
| B) Kültür ve Eğitim İle İlişkili Bariyerler |   | 0,0916                               |
| C) Standartlar ve Hukuki Bariyerler         |   | 0,0787                               |
| D) Süreç ve Finansal Bariyerler             |   | 0,0121                               |
| E) Veri Kaybı ve Güvenlik Bariyerleri       |   | 0,0289                               |
| F) Teşvik ve Taleplere Yönelik Bariyerler   |   | 0,0916                               |
| G) Değişim İsteksizliği Bariyerleri         |   | 0,0916                               |
| <b>2. Katılımcı</b>                         | A) Alt Yapı ve Teknolojik Bariyerler        | 0,0578                               |
|   | B) Kültür ve Eğitim İle İlişkili Bariyerler | 0,0421                               |
|   | C) Standartlar ve Hukuki Bariyerler         | 0,0727                               |
|   | D) Süreç ve Finansal Bariyerler             | 0,0281                               |
|   | E) Veri Kaybı ve Güvenlik Bariyerleri       | 0,0773                               |
|   | F) Teşvik ve Taleplere Yönelik Bariyerler   | 0,0895                               |
|   | G) Değişim İsteksizliği Bariyerleri         | 0,0919                               |
| <b>3. Katılımcı</b>                         | A) Alt Yapı ve Teknolojik Bariyerler        | 0,0606                               |
|   | B) Kültür ve Eğitim İle İlişkili Bariyerler | 0,0421                               |
|   | C) Standartlar ve Hukuki Bariyerler         | 0,0656                               |
|   | D) Süreç ve Finansal Bariyerler             | 0,0784                               |
|   | E) Veri Kaybı ve Güvenlik Bariyerleri       | 0,0719                               |
|   | F) Teşvik ve Taleplere Yönelik Bariyerler   | 0,0622                               |
|   | G) Değişim İsteksizliği Bariyerleri         | 0,0826                               |

Katılımcıların verdiği cevaplar doğrultusunda, her engelin önem ağırlıkları ortalamaları alınarak belirlenmiş ve Tablo 74' de verilmiştir. Bu süreçte, her bir engelin katılımcılar üzerindeki etkisi ve algısı dikkate alınmıştır. Verilen yanıtlar, her engelin sektördeki BIM uygulamalarını ne ölçüde etkilediğini anlamak için analiz edilmiştir. Bu analiz, birden fazla katılımcının görüşlerini yansıtmakta ve sonuçların güvenilirliğini artırmaktadır. Engellerin sıralanması, karar vericilere hangi sorunların öncelikli olarak ele alınması gerektiği konusunda yön göstermektedir. Önem

derecelerinin belirlenmesi, BIM'in benimsenmesini olumsuz etkileyen faktörlerin daha iyi anlaşılmasını sağlar.

Bu bulgular, sektördeki paydaşların hangi alanlara yatırım yapmaları gerektiğini belirlemelerine yardımcı olmaktadır. Ayrıca, eğitim, teşvik ve destek mekanizmalarının hangi konularda güçlendirilmesi gerektiğine dair önemli bilgiler sunar. Her engelin ortalama önem derecesi, sektördeki mevcut durum ve gelecekteki gelişmelerle bağlantılı olarak değerlendirilmiştir. Bu bağlamda, katılımcıların perspektifleri, engellerin çözümüne yönelik stratejilerin oluşturulmasında kritik bir rol oynamaktadır. Ortalamalar üzerinden yapılan sıralama, en acil çözüm gerektiren sorunların önceliklendirilmesine olanak tanır. Sonuç olarak, bu analiz, BIM uygulamalarının yaygınlaştırılmasında etkili bir yol haritası sunarak, sektördeki dönüşümü hızlandırmayı amaçlamaktadır.

**Tablo 74.** Önem Ağırlıklarının Ortalamaları ve Önem dereceleri

|   |    | 1. Katılımcı | 2. Katılımcı | 3. Katılımcı | Ortalama | Önem Derecesi |
|---|----|--------------|--------------|--------------|----------|---------------|
| A | A1 | 0,083        | 0,291        | 0,145        | 0,173    | 4.            |
|   | A2 | 0,593        | 0,384        | 0,048        | 0,341    | 1.            |
|   | A3 | 0,044        | 0,097        | 0,431        | 0,190    | 3.            |
|   | A4 | 0,280        | 0,228        | 0,377        | 0,295    | 2.            |
| B | B1 | 0,253        | 0,243        | 0,253        | 0,249    | 2.            |
|   | B2 | 0,122        | 0,276        | 0,122        | 0,173    | 3.            |
|   | B3 | 0,535        | 0,039        | 0,535        | 0,309    | 1.            |
|   | B4 | 0,032        | 0,151        | 0,032        | 0,071    | 5.            |
|   | B5 | 0,057        | 0,292        | 0,057        | 0,135    | 4.            |
| C | C1 | 0,046        | 0,223        | 0,214        | 0,161    | 3.            |
|   | C2 | 0,426        | 0,198        | 0,227        | 0,283    | 1.            |
|   | C3 | 0,087        | 0,156        | 0,158        | 0,133    | 4.            |
|   | C4 | 0,150        | 0,131        | 0,109        | 0,13     | 5.            |
|   | C5 | 0,266        | 0,156        | 0,158        | 0,193    | 2.            |
|   | C6 | 0,025        | 0,136        | 0,134        | 0,098    | 6.            |
| D | D1 | 0,487        | 0,655        | 0,685        | 0,609    | 1.            |
|   | D2 | 0,435        | 0,158        | 0,136        | 0,243    | 2.            |
|   | D3 | 0,078        | 0,187        | 0,179        | 0,148    | 3.            |
| E | E1 | 0,051        | 0,066        | 0,059        | 0,058    | 4.            |
|   | E2 | 0,256        | 0,124        | 0,118        | 0,166    | 3.            |
|   | E3 | 0,576        | 0,449        | 0,440        | 0,488    | 1.            |



|   |    |       |       |       |       |    |
|---|----|-------|-------|-------|-------|----|
|   | E4 | 0,117 | 0,361 | 0,383 | 0,287 | 2. |
| F | F1 | 0,253 | 0,145 | 0,138 | 0,178 | 5. |
|   | F2 | 0,122 | 0,229 | 0,225 | 0,192 | 4. |
|   | F3 | 0,535 | 0,050 | 0,038 | 0,207 | 2. |
|   | F4 | 0,032 | 0,327 | 0,319 | 0,226 | 1. |
|   | F5 | 0,057 | 0,249 | 0,280 | 0,195 | 3. |
| G | G1 | 0,253 | 0,161 | 0,165 | 0,193 | 4. |
|   | G2 | 0,122 | 0,047 | 0,051 | 0,073 | 5. |
|   | G3 | 0,535 | 0,122 | 0,139 | 0,265 | 1. |
|   | G4 | 0,032 | 0,313 | 0,311 | 0,218 | 3. |
|   | G5 | 0,057 | 0,357 | 0,335 | 0,249 | 2. |

Tablo 74’de verilen engellerin önem derecesi sıralamasına göre ;

- A maddesi için en önemli engel olarak 0,341 ortalama ile ‘‘A2: Teknik bilgi Eksikliği’’ maddesi belirlenmiştir.
- B maddesi için en önemli bulunan engel, 0,749 ortalama ile ‘‘B3: Kültürel Değişime Karşı Direnç’’ maddesi belirlenmiştir.
- C maddesi için en önemli engel olarak, 0,283 ortalama ile ‘‘C2: Hükümet Düzenlemeleri, Standartlar ve BIM Yönetmeliğinin Eksikliği’’ maddesi belirlenmiştir.
- D maddesi için en önemli engel olarak, 0,609 ortalama ile ‘‘D1: BIM Kullanımına Ekstra Yatırım Maliyetleri’’ maddesi belirlenmiştir.
- E maddesi için en önemli engel olarak, 0,488 ortalama ile ‘‘E3: Mühendislik Verilerinin, BIM Entegrasyonunda Karşılaşabileceği Olası Sorunlar’’ maddesi belirlenmiştir.
- F maddesi için en önemli engel olarak, 0,226 ortalama ile ‘‘F4 : BIM Avantajlarının Somut Olarak Gözlemlenmemiş Olması’’ maddesi belirlenmiştir.
- G maddesi için en önemli engel olarak, 0,265 ortalama ile ‘‘G3: Yeni Teknolojilere Karşı Direnç ve Önyargı’’ maddesi belirlenmiştir.

#### 4.5. ROAD MAP

Bu çalışmada, Türkiye’de BIM kullanımının yaygınlaşmasının önündeki engellerin tespit edilmesi ve bu engellerin aşılmasına yönelik stratejik bir yol haritası oluşturulması hedeflenmiştir. İnşaat sektöründe projelerin daha verimli, sürdürülebilir ve koordineli bir şekilde yönetilmesine olanak tanıyan BIM teknolojisi, küresel çapta giderek artan bir öneme sahip olmasına rağmen, Türkiye’de sınırlı bir kullanım alanına

sahiptir. Bu sınırlı kullanımın temelinde, teknik bilgi eksikliği, maliyet sorunları, lisans problemleri, kültürel direnç ve politik destek eksikliği gibi çeşitli yapısal ve organizasyonel engeller yatmaktadır. Bu engellerin aşılabilmesi için sistematik bir planlama gereklidir. Yol haritası, BIM'in benimsenmesini sağlamak amacıyla gerekli adımları belirleyerek bu sürece rehberlik eder.

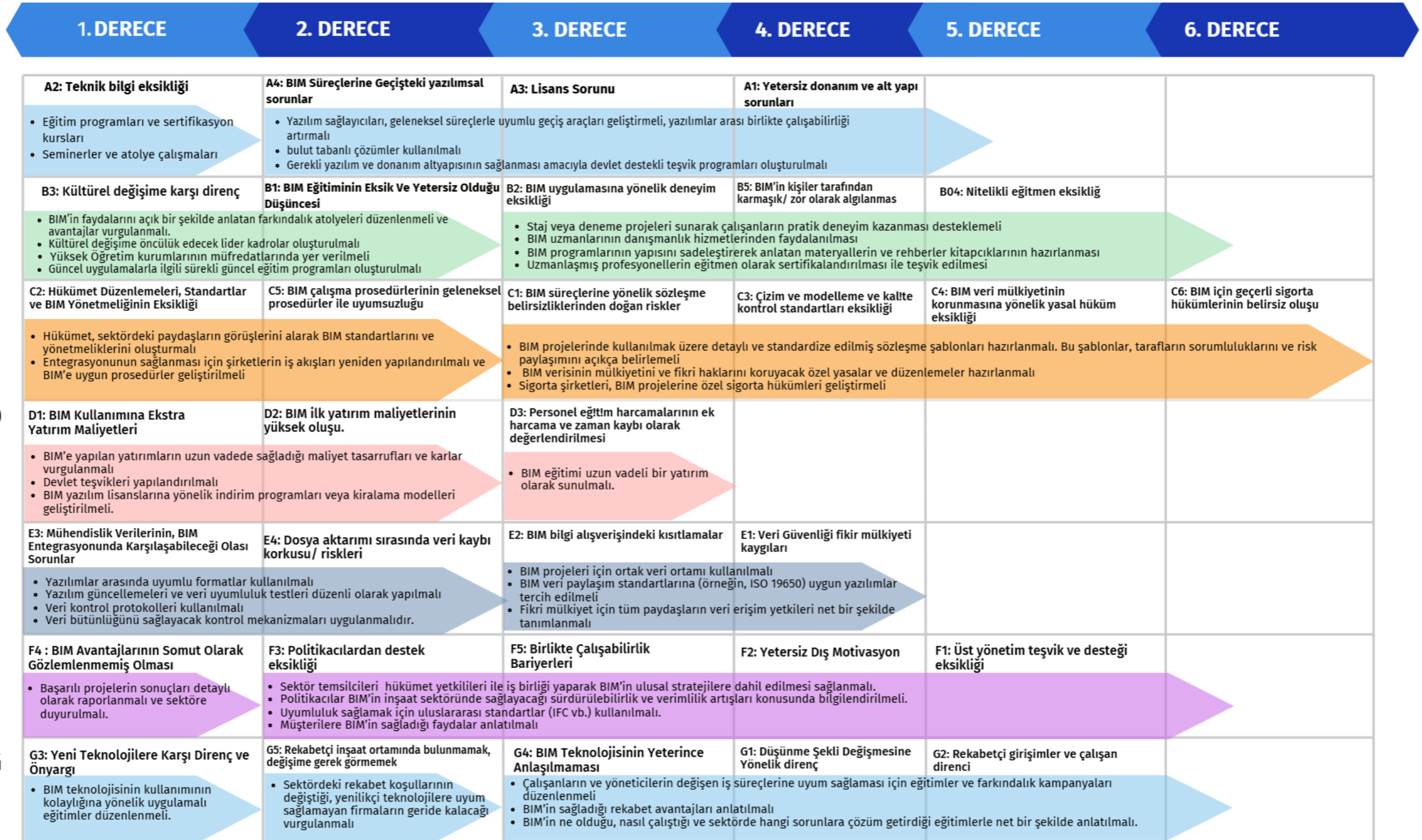
Yol haritasının oluşturulması, BIM'in Türkiye inşaat sektöründe yaygın kullanımına yönelik somut ve sürdürülebilir çözümler geliştirilmesine zemin hazırlamaktadır. Veriler sonucunda hazırlanan yol haritası Şekil 10'da verilmiştir.

#### A) Altyapı ve Teknolojik Bariyerler

Alt yapı sorunları ve teknolojik bariyerlerinin çözüm önerisi Şekil 10'da gösterildiği gibi 4 derecede çözüm önerisi sunulmuştur. Sunulan çözüm önerileri literatür taraması ile desteklenmiştir.

Altyapı ve teknolojik bariyerlerin aşılması, BIM projelerinin verimli bir şekilde hayata geçirilebilmesi için kritik bir unsurdur. İlk olarak, gerekli yazılım ve donanım altyapısının sağlanması amacıyla devlet destekli teşvik programları veya düşük faizli kredi seçenekleri sunulabilir. Firmaların teknolojik altyapılarını yenilemeleri için danışmanlık hizmetleri sunularak teknoloji geçişi kolaylaştırılabilir. Ayrıca, yazılımlar arası birlikte çalışabilirliği sağlayacak ulusal ve uluslararası BIM standartlarına uyumlu çözümler geliştirilmelidir.

Singapur'da inşaat sektörünü düzenleyen ve geliştiren devlet kurumu olan BCA (Building and Construction Authority), BIM modellerinin çoğunun uyumluluk gereksinimlerini karşılamak için LOD 150 ila 200 seviyelerinde şematik tasarım oluşturmaktadır. (Shen vd., 2016). Ayrıca, açık kaynaklı BIM araçlarının desteklenmesi ve kullanımının teşvik edilmesi, lisans maliyetlerinden kaçınma imkânı sunarak sektördeki tüm paydaşların daha erişilebilir ve sürdürülebilir BIM çözümlerine ulaşmasını sağlayacaktır (CIDB, 2014). Bununla birlikte eğitim ve BIM arasındaki ilişki reddedilemezdir çünkü herhangi bir yeni teknolojinin daha uygulanabilir olması için uzmanlar tarafından öğretilmesi ve bir çırak tarafından öğrenilmesi gerekir (Ghasemzadeh vd., 2022). Eğitim kurumları ve profesyonel dernekler, BIM yazılımları üzerine odaklanan sürekli eğitim programları ile sektördeki dijital dönüşüme katkı sağlamalıdır. Bilgi eksikliğinin bir çözümü olarak, endüstri ve hükümet bir meclis



Şekil 10. BIM Engellerinin Çözülmesine Yönelik Yol haritası

olarak üniversite müfredatlarını değiştirerek ve tüm ilgili tarafların farkındalığını artırmalı ve atölyeler düzenleyerek BIM'i gerçeğe dönüştürmek için çaba sarf etmelidir, çünkü bu inşaat sektörünün geleceğidir (Ghasemzadeh vd., 2022). Bu süreçte, sektör çalışanlarına yönelik teknik destek ve bakım hizmetleri kesintisiz olarak sunulmalıdır. Teknolojik bariyerlerin ortadan kaldırılması için sektörel iş birliği platformları oluşturularak, yeni teknoloji gelişmelerine erişim kolaylaştırılabilir. Uzun vadede ise AR-GE yatırımlarının artırılması ve yerli yazılım geliştirilmesine yönelik devlet desteğiyle altyapı bariyerleri aşılabılır. Bu stratejiler, BIM uygulamalarının daha geniş bir alanda benimsenmesini ve yaygınlaştırılmasını destekleyecektir.

### B) Kültür ve Eğitim İle İlişkili Bariyerler

Kültür ve eğitim ile ilişkili bariyerlerin çözüm önerisi Şekil 10'da gösterildiği gibi 5 derecede çözüm önerisi sunulmuştur. Sunulan çözüm önerileri literatür taraması ile desteklenmiştir.

BIM uygulamalarının yaygınlaştırılmasında kültürel ve eğitimle ilgili bariyerlerin giderilmesi büyük önem taşır. Bu kapsamda, BIM'in iş süreçlerine sağladığı faydaların çalışanlar ve yöneticilere kapsamlı bir şekilde aktarılması gerekmektedir. Eğitim programları, BIM'in karmaşıklığını basitleştiren modüller ve uygulamalı derslerle desteklenmelidir. Üniversitelerde BIM müfredatının güçlendirilmesi ve akademik dünyada bu teknolojinin daha fazla işlenmesi, gelecekte BIM konusunda yetkin personel yetişmesini sağlayacaktır. Meslek içi eğitimler, sektördeki çalışanların BIM'e adaptasyonunu hızlandıracak bir diğer önemli unsurdur. Bu yaklaşımlara örnek olarak Singapur'da hazırlanan bir yol haritasında Bilgi paylaşımını kolaylaştırmak için BCA ve BuildingSMART Singapore, 2012'nin başlarında bir bina ve tasarım nesnelere kütüphanesi ve proje iş birliği yönergeleri geliştirmiş ve BIM'de oluşturulan modeller kullanılarak düzenleyici kurumlara 200'den fazla proje elektronik olarak sunulmuştur. (Takashi Kaneta vd., 2016). Bu eğitimlerin yanı sıra, BIM kullanımı konusunda başarı hikayeleri ve örnek projelerle farkındalık artırılmalıdır. Vaka çalışmaları, şirket içi uzmanlığı, bir BIM kaptanı, çok disiplinli uzmanlar (inşaat alanında, ayrıca bilgi teknolojisi ve BIM'de) ve BIM yazılımında iyi olan yetenekli modelleyicilerin dâhil edilmesi olarak açıklar (Nguyen & Nguyen, 2021).

Kültürel dirençleri aşmak için, BIM teknolojisinin geleneksel yöntemlerle uyumlu hale getirilmesi ve sürece kademeli geçiş stratejileri uygulanabilir. Aynı zamanda, lider kadroların BIM kullanımını destekleyici yönde bir tavır sergilemesi, değişim sürecini hızlandırabilir. Sektördeki profesyonel örgütler ve dernekler, BIM'in

avantajlarını tartışmak için düzenli seminer ve çalıştaylar organize ederek kültürel bariyerlerin aşılmasına katkı sunabilir. Son olarak, eğitim programlarının sürekli güncellenmesi ve yeni gelişmelerin eğitime entegre edilmesi, BIM'in sektörde daha hızlı yayılmasını sağlayacaktır. Bu sayede, kültürel direncin azaltılması ve BIM uygulamalarının organizasyon genelinde başarılı bir şekilde hayata geçirilmesi mümkün olacaktır.

### C) Standartlar ve Hukuki Bariyerler

Standartlar ve hukuki bariyerlerinin çözüm önerisi Şekil 10'da gösterildiği gibi 6 derecede çözüm önerisi sunulmuştur. Sunulan çözüm önerileri literatür taraması ile desteklenmiştir.

Standartlar ve hukuki bariyerler, BIM'in sektörde etkin bir şekilde uygulanmasının önündeki önemli engellerden biridir. Hükümetlerin, BIM zorluklarını hafifletmeye ve dolayısıyla inşaat sektörünün BIM benimseme engellerini aşmaya yardımcı olacak uygun yasal hususlarla BIM benimsemesi için elverişli bir ortam yaratması gerekir (Nguyen & Nguyen, 2021). Bu engellerin aşılması için ulusal ve uluslararası BIM standartlarına uyumun sağlanması elzemdir. Özellikle, projelerde kullanılacak modelleme ve veri formatlarının standartlaştırılması, yazılımlar arası birlikte çalışabilirliği artıracaktır. Hukuki alanda ise, BIM süreçlerinde yer alan paydaşların sorumluluklarını ve haklarını net bir şekilde tanımlayan yasal düzenlemeler yapılmalıdır. BIM veri mülkiyeti, fikri haklar ve veri güvenliği konularında kapsamlı bir mevzuat hazırlanarak sektör oyuncularının bu konudaki endişeleri giderilebilir. Ayrıca, proje sözleşmelerinde BIM kullanımının gerekliliklerini belirleyen özel hükümler yer almalı ve tarafların yükümlülükleri detaylandırılmalıdır. Hükümet düzeyinde yürütülecek etkili lobi faaliyetleri, BIM'in standart bir uygulama haline gelmesini sağlayacak politikaların geliştirilmesine katkı sunabilir. Literatür, bir Hükümetin ülkesinde BIM tanıtımında proaktif bir rol oynaması durumunda, bunun inşaat sektörünün BIM'i daha kolay benimsemesi için engellerin azaltılmasına veya ortadan kaldırılmasına yardımcı olacağını göstermektedir (Wong et al., 2011, Yuan & Yang, 2020). Liu, S. ve arkadaşları tarafından belirtildiği gibi BIM'in benimsenmesini kolaylaştırmak için yasal hususların şu konuların tamamını ele alması gerekir: sahiplik, yanlışlıklardan doğan sorumluluklar, lisanslama sorunları, eksik ulusal standart ve BIM'de bilgi paylaşımının zayıf oluşu (Liu vd., 2015). Daha önceki bir araştırmada, Olatunji ve arkadaşları model sahipliğinin (telif hakları), BIM modellerini kontrol etme hakları, elektronik ve entegre proje teslim sistemlerindeki mesleki sorumluluklar,

özellikle açık iş birliği süreçlerinde (Sebastian, 2010) ile birlikte BIM benimsenmesinin yasal etkilerinden biri olarak değerlendirilmesi gerektiği konusunda hemfikir olmuşlardır (Olatunji ve Sher, 2010). Başka bir araştırma, sözleşmeye bağlılık, sözleşme gizliliği ve üçüncü taraf haklarını (Greenwood, 2010) tartışmaktadır; çünkü bu konular, modellere erişmek, düzenlemek ve güncellemek için farklı haklara ve rollere sahip çoklu kullanıcılar arasında paylaşılması gereken BIM modellerinin doğası gereği oldukça karmaşık kabul edilmektedir.

Yasal belirsizlikleri azaltmak için, sektörde BIM'e ilişkin hukukî danışmanlık hizmetlerinin yaygınlaştırılması faydalı olacaktır. Kamu kurumları, BIM kullanımını teşvik eden yönetmelikler ve standartlar oluşturmalı ve bu düzenlemeleri sektörde zorunlu hale getirmelidir. Hukuki ve standartlar konusunda yapılan uluslararası iş birlikleri, global projelerde karşılaşılan engellerin aşılmasına da katkı sağlayacaktır. Uzun vadede, BIM standartlarının sürekli olarak güncellenmesi ve sektörel ihtiyaçlara göre revize edilmesi sağlanmalıdır. BIM ile ilgili yasal süreçlerin netleştirilmesi, sektörde güven ortamı yaratacak ve uygulamaların yaygınlaşmasını sağlayacaktır.

#### D) Süreç ve Finansal Bariyerler

Süreç ve finansal bariyerlerinin çözüm önerisi Şekil 10'da gösterildiği gibi 3 derecede çözüm önerisi sunulmuştur. Sunulan çözüm önerileri literatür taraması ile desteklenmiştir.

BIM'e geçiş sürecinde finansal ve süreç yönetimi ile ilgili bariyerler, firmaların bu teknolojiyi benimsemelerini zorlaştırmaktadır. İlk olarak, BIM'in sağladığı uzun vadeli tasarrufların somut olarak gösterilmesi, firmaların bu teknolojiyi daha hızlı benimsemelerini sağlayacaktır. İlk yatırım maliyetlerinin yüksek oluşu, küçük ve orta ölçekli firmalar için finansal bir engel teşkil etmektedir; bu nedenle devlet destekli teşvik programları ve uygun ödeme planları oluşturulabilir. BIM yazılımlarının kiralanabilir veya bulut tabanlı kullanım seçenekleri sunulması da firmaların bu teknolojiyi daha kolay benimsemelerine olanak tanıyacaktır. Özellikle KOBİ'ler için bu tür teşvikler, BIM'in yaygınlaşmasını hızlandıracak ve sektörde daha fazla işletmenin bu teknolojiyi benimsemesini sağlayacaktır. Böylelikle, BIM'e yapılan yatırımların hem kısa vadeli maliyetlerini hafifletmek hem de uzun vadeli faydalarını maksimize etmek mümkün olacaktır. Singapur' yapılan bir çalışma ile BIM'i benimseyenleri teşvik etmek, BIM'i sektördeki işletmeler ve profesyoneller arasında mümkün olan en erken zamanda tanıtmak için BCA, Haziran 2010'da İnşaat Verimliliği ve Yetenek Fonu kapsamında 6 milyon dolar tutarında bir BIM Fonu başlattı. BIM Fonu, eğitim,

danışmanlık, yazılım ve donanım maliyetlerinin tamamını karşılıyor. Bugüne kadar BIM Fonu'nun %70'i taahhüt edilmiştir. (Silva vd., 2016). Süreç yönetiminde ise, BIM'in projelerde sağladığı verimlilik ve zaman tasarrufu gibi avantajlar, firmalara süreç optimizasyonu için fırsatlar sunmaktadır. Bu avantajların vurgulanması, firmaların BIM'e yatırım yapma motivasyonunu artıracaktır. Ayrıca, süreçlerde karşılaşılan karmaşıklıkların azaltılması için, BIM uygulamalarına özel metodolojiler geliştirilerek bu süreçler daha etkin hale getirilebilir. Personel eğitim maliyetleri, firmalar tarafından bir ek yük olarak görülebilir; bu nedenle, eğitim maliyetlerini düşüren dijital ve uzaktan eğitim seçenekleri yaygınlaştırılmalıdır. Finansal riskleri minimize etmek adına, BIM projelerinde yapılan yatırımların geri dönüş sürelerinin hesaplanarak firmalara sunulması önemlidir. Son olarak, BIM kullanımını yaygınlaştırmak amacıyla ulusal ve uluslararası iş birliği ağları oluşturulmalı, finansal teşviklerle desteklenen ortak projeler hayata geçirilmelidir.

#### E) Veri Kaybı ve Güvenlik Bariyerleri

Veri kaybı ve güvenlik bariyerlerinin çözüm önerisi Şekil'10 da gösterildiği gibi 4 derecede çözüm önerisi sunulmuştur. Sunulan çözüm önerileri literatür taraması ile desteklenmiştir.

Veri kaybı ve güvenlik bariyerleri, BIM projelerinin başarılı bir şekilde yürütülmesini tehdit eden unsurlar arasında yer almaktadır. Bu engellerin aşılması için ilk olarak veri güvenliği protokollerinin geliştirilmesi ve BIM projelerinde şifreleme teknolojilerinin kullanılması gerekmektedir. Verilerin güvenli bir şekilde aktarılmasını sağlayacak altyapılar kurulmalı ve veri kaybı riskini en aza indiren yedekleme sistemleri oluşturulmalıdır. Özellikle dosya transferi sırasında veri kaybı yaşanma riskine karşı, verinin bütünlüğünü kontrol eden mekanizmalar kullanılabilir. BIM projelerinde veri mülkiyeti ve fikri hakların korunması için hukuki düzenlemeler yapılmalı ve tüm taraflar arasında veri paylaşımını düzenleyen sözleşmeler imzalanmalıdır. Ayrıca, veri paylaşımı sırasında yalnızca yetkilendirilmiş kişilerin verilere erişimini sağlayan yetkilendirme sistemleri devreye alınmalıdır. BIM projelerinde merkezi bir veri yönetimi platformu kullanılması, veri güvenliği ve kaybı risklerini azaltacak önemli bir adımdır. Bu platformlar, projeye dahil olan tüm paydaşların aynı veri ortamında güvenli bir şekilde bilgi alışverişi yapmasına olanak tanıyacaktır. Veri güvenliği konusunda sektörde farkındalığı artıracak eğitim programları düzenlenmeli ve şirket içi güvenlik politikaları sıkı bir şekilde uygulanmalıdır. BIM yazılımlarında kullanılan veri formatlarının uluslararası standartlara uygun hale getirilmesi, yazılımlar arası veri kaybı

riskini azaltacak önemli bir faktördür. Ayrıca, sektörün iki boyutlu bilgisayar destekli tasarım (CAD) çizimlerinden üç boyutlu BIM'e geçişini kolaylaştırmak için, öğrenme eğrisini azaltırken sektörün BIM'i benimsemesine yardımcı olmak amacıyla BIM gönderim şablonları geliştirmelidir (Silva vd., 2016). projeler arası uyumluluğu artırmak amacıyla standartlaştırılmış veri protokollerinin geliştirilmesi, farklı sistemler ve yazılımlar arasında sorunsuz bir veri alışverişini mümkün kılacaktır. Mimari mekanik ve elektrik BIM sunum şablonları tanıtılmalıdır (Shen vd., 2016). Bu yaklaşımlar, mühendislik verilerinin BIM ile entegrasyonunu kolaylaştırarak proje süreçlerinin daha verimli, şeffaf ve sorunsuz bir şekilde ilerlemesine katkı sağlayacaktır.

#### F) Teşvik ve Taleplere Yönelik Bariyerler

Teşvik ve taleplere yönelik bariyerlerinin çözüm önerisi Şekil'10 da gösterildiği gibi 5 derecede çözüm önerisi sunulmuştur. Sunulan çözüm önerileri literatür taraması ile desteklenmiştir.

Teşvik ve taleplerin yetersizliği, BIM'in sektörde yaygınlaşmasının önündeki önemli engellerden biridir. Bu bariyerlerin aşılması için ilk olarak kamu ve özel sektör iş birlikleri artırılarak, BIM projelerine yönelik teşviklerin kapsamı genişletilmelidir. Farkındalık kampanyaları ve politika teşvikleri yoluyla hükümet katılımını artırmak, BIM'in benimsenmesi için siyasi desteği teşvik edebilir ve Irak'ın inşaat sektöründeki politikacıların destek eksikliğini giderebilir (Hatem vd., 2018). Hükümetler, hükümetin kamu projeleri için BIM'i zorunlu kıldığı Birleşik Krallık'ta görüldüğü gibi, benimsenmesini teşvik eden politikalar aracılığıyla BIM'i aktif olarak desteklemelidir (Eadie vd., 2015). Özellikle devletin BIM kullanımını zorunlu kıldığı projelerde, firmalara finansal teşvikler sunulması BIM'in benimsenme oranını artıracaktır. Müşteri taleplerinin yetersizliği, firmaların BIM'e yatırım yapmalarını sınırlayan bir faktördür; bu nedenle BIM'in proje kalitesine, maliyet kontrolüne ve zaman tasarrufuna sağladığı somut katkılar müşterilere detaylı bir şekilde anlatılmalıdır.

BIM'in avantajlarını gösterecek başarı hikayeleri ve örnek projeler, sektördeki farkındalığı artıracak ve müşteri taleplerini harekete geçirecektir. Singapur'da inşaat sektörünü düzenleyen ve geliştiren bir devlet kurumu başarı hikayelerini teşvik etmek amacıyla inşaat sektöründeki profesyonellere ve şirketlere BIM yolculuklarında rehberlik etmek için İnşaat Bilişim Merkezi'ni (CCIT) kurmuştur. Merkez, BIM hakkında bir internet portalı kuracak ve sektörü BIM konusunda eğitmek için başarılı vaka çalışmaları ve en iyi uygulamaları kapsayan materyaller üretecektir. Ayrıca CCIT, düzenli olarak BIM atölyeleri ve seminerleri düzenlemek için BuildingSMART ile



birlikte çalışacaktır. Son düzenlenen etkinlikler arasında bir BIM konferansı ve BIM Tasarım Yarışması yer almıştır (Jiang vd., 2022). Sektörde BIM kullanımını teşvik edecek ödül programları ve sertifikasyon sistemleri geliştirilebilir, bu sayede firmalar BIM projelerine daha fazla yönlendirilmiş olacaktır. Politikacıları BIM'in kamu sektörü projelerine sağlayabileceği potansiyel faydalar konusunda bilgilendirmek amacıyla seminerler ve sunumlar düzenlemek oldukça önemlidir. Bu etkinliklerde, BIM'in maliyet tasarrufu, verimlilik artışı ve sürdürülebilirlik gibi kamu yararına olan katkıları vurgulanmalı, böylece politikacıların bu teknolojilere olan ilgisi artırılmalıdır. Ayrıca, kamu sektörü liderleri ile stratejik iş birlikleri kurmak ve BIM projeleri için özel teşvikler oluşturmak, politik desteği sağlamanın bir diğer kritik adımındır. Bu tür iş birlikleri ve teşvikler, kamu projelerinde BIM kullanımını yaygınlaştırarak, politikacıların desteğini daha güçlü ve sürdürülebilir hale getirecektir. Aynı zamanda, kamu kurumları ve yerel yönetimler, BIM kullanımı ile ilgili stratejik planlar oluşturarak sektördeki BIM taleplerini artırabilir. Politikacılardan destek eksikliği ise BIM'in ulusal kalkınma planlarına entegrasyonu ile çözülebilir. Devlet destekli AR-GE programları, BIM'in sektördeki inovatif gelişim süreçlerini hızlandıracaktır. Son olarak, sektördeki rekabeti artıracak yasal düzenlemeler ve teşviklerle, BIM'in daha fazla firma tarafından benimsenmesi sağlanabilir.

#### G) Değişim İsteksizliği Bariyerleri

Değişim isteksizliği bariyerleri çözüm önerisi Şekil'10 da gösterildiği gibi 5 derecede çözüm önerisi sunulmuştur. Sunulan çözüm önerileri literatür taraması ile desteklenmiştir.

Değişim isteksizliği, BIM teknolojisinin sektörde yaygınlaşmasının önündeki en büyük engellerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu engelin aşılması için ilk olarak BIM'in getirdiği yeniliklerin ve avantajların firmalara net bir şekilde anlatılması gerekmektedir. Değişime direnç gösteren çalışanlar ve yöneticilere BIM'in uzun vadede sağlayacağı maliyet tasarrufu, verimlilik artışı ve rekabet avantajı somut örneklerle sunulmalıdır. Aynı zamanda, değişim sürecini kolaylaştıracak kademeli geçiş stratejileri uygulanarak, BIM'e adaptasyon süreci daha az sancılı hale getirilebilir. Değişim yönetimi süreçlerinde liderlerin aktif rol alması, çalışanların motivasyonunu artıracak ve değişime yönelik dirençleri azaltacaktır. Sektördeki değişime açık firmalarla iş birliği yaparak, BIM'in faydalarını göstermeyi amaçlayan pilot projeler geliştirilebilir. Eğitim programları ile çalışanlara BIM'in kolay kullanımı ve iş süreçlerine olan olumlu etkileri anlatılmalıdır. Bu açıdan literatürdeki örneklere bakacak olursak sektör uygulayıcılarını

ve yeni katılımcıları BIM konusunda uzmanlıkla donatmak için BCA, Singapur'daki yüksek öğrenim enstitülerini BIM'i müfredatlarının bir parçası haline getirmeleri için görevlendirmiştir (Shen vd., 2016). 2011'de Singapur Politeknik ve Singapur Ulusal Üniversitesi Mimarlık Bölümü, öğrencilerine BIM öğretmeye başladı. 2011'de mezun olan öğrenciler için BCA, sektöre girmeden önce onları BIM becerileriyle donatmak için yoğun BIM eğitim programları düzenlenmiştir (Jiang vd., 2022). Singapur'daki bir diğer örnekte sektördeki profesyonelleri donatmak için BCA Academy of the Built Environment, Mayıs 2011'de BIM Uzmanı Diploması ve BIM Modelleme ve Yönetim Kursları başlatmıştır. Şu anda sektördeki profesyonel ve mezunlar BIM konusunda eğitim almaya devam etmektedir (Silva vd., 2016).

Bu tür aktiviteler, kişilerin yeni teknolojilere karşı direncini azaltmakla kalmaz, aynı zamanda onların daha proaktif ve yaratıcı bir şekilde sürece dahil olmalarını sağlar. Değişim karşıtı önyargıları kırmak için, sektör içerisinde BIM'in başarıyla uygulandığı projeler üzerinden vaka analizleri yapılmalı ve bu projeler geniş kitlelere tanıtılmalıdır. Çalışanların değişim sürecine katılımını artırmak amacıyla, BIM süreçlerine dahil olan personelin ödüllendirilmesi veya kariyer gelişim fırsatları sunulması faydalı olacaktır.

Rekabetçi bir inşaat ortamında bulunmama ve değişime gerek görmeme durumu, BIM gibi yenilikçi teknolojilerin benimsenmesinde önemli bir engel teşkil etmektedir. Bu engelin giderilmesi için öncelikle bir talep ortamı yaratmak gerekmektedir. Amerika Birleşik Devletleri, Finlandiya ve Norveç gibi ülkeler, kamu sektörü bina projeleri için BIM'i zorunlu hale getirdi (Jiang vd., 2022). Singapur'un kamu sektörü kuruluşları da tüm yeni kamu sektörü bina projeleri için BIM kullanmaya öncülük etme kararı aldı. BCA, 2011'de MOE, LTA ve HDB gibi önemli kamu kuruluşlarıyla birlikte bir dizi pilot projede BIM kullanmak için çalışma başlatmıştır. 2012'den itibaren kamu sektörü kuruluşları, sektör danışmanlarının yeni projelerinde BIM kullanmasını zorunlu kıldı (Shen vd., 2016). Bu engelin üstesinden gelmek için diğer bir strateji inşaat sektöründe rekabeti artırmaya yönelik çalışmalar yapılmasıdır. Sektör liderleri ile iş birlikleri ve ortaklıklar kurarak, yeni teknolojilere adaptasyonu teşvik etmek önemli bir adımdır. Bu tür iş birlikleri, inşaat projelerinde daha yenilikçi çözümler üretmeyi sağlayacak ve teknolojik gelişimlerin yaygınlaşmasına katkıda bulunacaktır. Son olarak, sektörde rekabetin artması, şirketleri BIM gibi verimliliği ve maliyet etkinliğini artıran teknolojilere yönlendirecek, böylece değişime olan ihtiyaç daha belirgin hale gelecektir.

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma, Türkiye’de BIM kullanımının yaygınlaşmasını engelleyen faktörleri belirlemeyi, bu engellerin önem derecelerini değerlendirmeyi ve bu doğrultuda çözüm önerileri sunmayı amaçlamıştır. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi kullanılarak yapılan analizler sonucunda elde edilen bulgular, BIM’in benimsenmesinde teknik, kültürel, hukuki, ekonomik ve veri yönetimi gibi farklı faktörlerin önemli rol oynadığını ortaya koymuştur. Çalışma kapsamında yapılan analizler, sektördeki mevcut bariyerlerin yalnızca teknik değil, aynı zamanda organizasyonel ve kültürel boyutları da içerdiğini göstermektedir.

Sonuçlar, Türkiye inşaat sektörünün BIM teknolojisine adaptasyonunda özellikle bilgi ve farkındalık eksikliğinin, yüksek maliyet algısının ve yasal çerçeve eksikliğinin belirleyici faktörler olduğunu göstermektedir. Bu bağlamda, sektördeki paydaşların BIM’e geçiş sürecinde daha fazla desteklenmesi gerekmektedir. Özellikle kamu kurumları ve özel sektör iş birlikleri, BIM uygulamalarının yaygınlaştırılmasında kritik bir rol oynayabilir. Ayrıca, sektörde BIM’in potansiyel faydalarını ve uzun vadeli maliyet avantajlarını ortaya koyan daha fazla uygulama örneğine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bulgular doğrultusunda, Türkiye’de BIM’in yaygınlaştırılmasına yönelik bazı stratejik öneriler sunulabilir. Öncelikle, BIM konusunda teknik ve yönetsel bilgi birikimini artıracak eğitim programlarının geliştirilmesi ve sektördeki tüm paydaşlara ulaştırılması önemlidir. Ayrıca, BIM uygulamalarının teşvik edilmesi için devlet destekleri ve sektörel teşvik mekanizmalarının devreye sokulması gerekmektedir. Hukuki düzenlemelerin oluşturulması ve kamu projelerinde BIM kullanımının zorunlu hale getirilmesi, sektörde standartlaşmayı ve uyumu artıracaktır.

Bu çalışma, BIM’in Türkiye inşaat sektöründe yaygınlaşmasını engelleyen faktörleri ortaya koyarak, sektördeki dijital dönüşüme yönelik önemli bir çerçeve sunmaktadır. Gelecekte yapılacak çalışmalar, farklı sektörler ve paydaş grupları üzerinde benzer analizler gerçekleştirilerek daha geniş ve derinlemesine bir bakış açısı sunulabilir. Böylelikle, BIM’in potansiyelinden tam anlamıyla yararlanılarak, Türkiye inşaat sektöründe verimlilik, sürdürülebilirlik ve rekabet gücü artırılabilir.

### 5.1 Tartışma

Bu çalışma kapsamında, Türkiye’de BIM kullanımının yaygınlaşmasını engelleyen en önemli faktörler belirlenmiştir. Ancak, elde edilen bulguların literatürdeki benzer (Tan, 2021) araştırmalardan farklılık gösterdiği gözlemlenmiştir. Literatürde yer

alan çalışmalar, genellikle teknik, ekonomik veya kurumsal engeller üzerinde yoğunlaşırken, bu araştırmada öne çıkan engellerin sıralaması ve önceliklendirilmesi farklılık göstermiştir (Eren, 2023). Bu durum, çeşitli metodolojik, demografik ve zamansal değişkenlerin etkisiyle açıklanabilir.

Birinci olarak, çalışmalar arasındaki farklılıkların temel nedenlerinden biri, araştırmaların yapıldığı yıllar arasındaki zaman farkıdır. BIM teknolojisi, sürekli olarak gelişen ve yenilenen bir yapıya sahiptir. Bu nedenle, farklı dönemlerde yapılan çalışmaların bulguları (Kaya, 2020) arasında farklılıklar olması doğaldır. Örneğin, daha önceki çalışmalarda teknolojik altyapı eksiklikleri temel bir engel olarak görülürken, günümüzde eğitim eksikliği veya organizasyonel direnç daha ön planda olabilir (Aladag vd., 2016). Bu durum, inşaat sektöründe dijitalleşmeye yönelik farkındalık ve yatırımların zamanla değişmesiyle ilişkilendirilebilir.

İkinci olarak, kullanılan analiz yöntemleri de sonuçlar üzerinde belirleyici bir etkiye sahiptir. Bu çalışmada Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) gibi çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılmış ve katılımcıların engelleri önem sırasına göre değerlendirmesi sağlanmıştır. Farklı yöntemlerin kullanılması, bulguların çeşitlenmesine ve önem sıralamalarının değişmesine neden olabilir (Eren, 2023).

Bununla beraber anketlerin uygulandığı katılımcı profili ve bu kişilerin demografik özellikleri de bulgular arasındaki farklılıkları açıklayan önemli faktörlerdir. (Tan, 2021) ‘‘Türk İnşaat Sektöründe BIM Uygulamalarının Yaygın Kullanılmamasına Neden Olan Faktörlerin Belirlenmesi’’ isimli yüksek lisans tezinde anketleri uygulanması için inşaat sektöründe aktif olarak çalışan mimar ve inşaat mühendisler tercih edilmiştir ancak bu çalışmada, anket uygulayıcıları olarak uzman akademisyenler hedeflenmiştir. Literatürdeki bazı çalışmalarda ise (Demircan vd., 2020) yalnızca bir paydaş grubuna (örneğin müteahhitler veya tasarımcılar) odaklanılmış olabilir. Katılımcıların sektördeki rolleri, deneyim seviyeleri ve BIM teknolojisine olan aşinalıkları, engelleri algılama biçimlerini ve önem sıralamalarını doğrudan etkileyebilmektedir.

Son olarak, katılımcıların demografik değişkenleri, özellikle yaş, mesleki deneyim, eğitim seviyesi ve BIM kullanım tecrübeleri, elde edilen bulgular üzerinde belirleyici bir rol oynamaktadır. Örneğin, genç ve teknolojiye yatkın profesyoneller, BIM’in benimsenmesindeki teknik engelleri daha az önemli görürken, daha tecrübeli katılımcılar için bu engeller daha belirgin olabilir. Özcan (2010) ‘‘Yapı Bilgi Sistemleri ve Mimarlıktaki Yeri’’ isimli yüksek lisans çalışmasında anket için hedef kitle olarak yüksek lisans öğrencilerini belirlemiştir. Benzer şekilde, büyük ölçekli firmalarda

çalışan katılımcılar ile küçük ölçekli firmalarda çalışanların engelleri algılama biçimleri de farklılık gösterebilir. Kıvırcık (2016), “An Investigation into the Building Information Modeling Applications in the Construction Project Management” isimli yüksek lisans çalışmasında, BIM kullanımının proje yönetimi alanındaki katkısını ve BIM’in Türk inşaat sektöründe yaygınlaşmamış olmasının nedenlerini incelemiştir. Anketlerin uygulaması için ise Türkiye’deki orta ve büyük ölçekli inşaat firmalarından 18 BIM uzmanı tercih edilmiştir.

Bu farklılıkların ortaya konulması, hem bu çalışmanın hem de literatürdeki diğer araştırmaların bağlamını ve sınırlarını daha iyi anlamamıza olanak tanımaktadır. Gelecekteki çalışmalar, metodolojik farklılıkların ve demografik değişkenlerin etkisini daha detaylı bir şekilde ele alarak, BIM’in yaygınlaşmasına ilişkin daha kapsamlı ve genellenebilir sonuçlar sunabilir.

## **5.2 Gelecek Çalışmalar**

Bu çalışma, Türkiye’de BIM kullanımının yaygınlaşmasını engelleyen faktörleri analiz ederek çözüm önerileri sunmuştur. Ancak, BIM teknolojisinin hızla gelişen yapısı ve inşaat sektöründeki dijitalleşme ihtiyacı, bu alandaki araştırmaların derinleşmesini ve çeşitlenmesini gerektirmektedir. Gelecek çalışmalar, BIM’in ekonomik, teknolojik ve sosyo-kültürel boyutlarını daha kapsamlı şekilde ele alarak hem akademik literatüre hem de sektörel uygulamalara önemli katkılar sağlayabilir.

Öncelikli olarak, BIM’in ekonomik etkilerinin detaylı bir şekilde incelenmesi, özellikle maliyet-fayda analizleri üzerinden sektördeki işletmelere yol gösterici olabilir. Bu bağlamda, BIM’in proje maliyetleri, iş gücü verimliliği ve hata oranları üzerindeki etkilerinin somut verilerle desteklenmesi, teknolojinin uygulanabilirliğini artıracaktır. Ayrıca, BIM ile yapay zeka entegrasyonu, özellikle karar destek sistemlerinin geliştirilmesi, risk yönetimi ve tasarım optimizasyonu gibi alanlarda yenilikçi çözümler sunabilir.

BIM’in farklı sektörlerdeki potansiyel uygulamalarını inceleyen çalışmalar da önem taşımaktadır. Enerji, altyapı, ulaşım ve sağlık gibi farklı endüstrilerde BIM’in rolü ve bu sektörler arasında veri paylaşımı süreçlerinin değerlendirilmesi, çok disiplinli projelerde iş birliğini güçlendirebilir. Bununla birlikte, BIM’in yaygınlaşmasının önündeki en önemli engellerden biri olan eğitim eksikliği, sektöre özgü eğitim ve farkındalık programlarının etkinliğinin araştırılması ile aşılabılır. Bu kapsamda, çevrimiçi platformlar ve sertifikasyon süreçlerinin BIM farkındalığı üzerindeki etkileri incelenebilir.

Türkiye’deki mevcut yasal düzenlemelerin BIM uygulamaları üzerindeki etkisi de gelecekteki çalışmalar için önemli bir araştırma alanıdır. Uluslararası BIM standartları ile Türkiye’deki uygulamaların karşılaştırılması ve sektörü teşvik eden yasal düzenleme önerilerinin geliştirilmesi, inşaat sektöründe daha düzenli ve sürdürülebilir bir dijitalleşme süreci sağlayabilir. Ayrıca, sürdürülebilirlik ve yeşil bina uygulamaları bağlamında BIM’in enerji verimliliği, malzeme yönetimi ve çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerinin incelenmesi, çevre dostu yapı tasarımlarını teşvik edebilir.

Son olarak, BIM’in sosyokültürel kabulü ve sektördeki mevcut kurumsal alışkanlıklar üzerindeki etkileri, insan faktörünün bu teknolojinin benimsenmesindeki rolünü daha iyi anlamaya yardımcı olabilir. Bu tür çalışmalar, BIM’in yalnızca teknik bir yenilik değil, aynı zamanda sektördeki iş süreçlerini ve kurumsal yapıları dönüştüren stratejik bir araç olarak görülmesini sağlayacaktır. Bu doğrultuda yapılacak araştırmalar, Türkiye’de BIM’in daha geniş bir kabul görmesi ve yaygınlaşması için önemli katkılar sunacaktır.

## KAYNAKÇA

- Akal, A. Y., Kineber, A. F., & Mohandes, S. R. (2022). 137- A Phase-Based Roadmap for Proliferating BIM within the Construction Sector Using DEMATEL Technique: Perspectives from Egyptian Practitioners. *Buildings* 2022, Vol. 12, Page 1805, 12(11), 1805. <https://doi.org/10.3390/BUILDINGS12111805>
- Aladag, H., Demirdögen, G., & Isik, Z. (2016). Building Information Modeling (BIM) Use in Turkish Construction Industry. *Procedia Engineering*, 161, 174–179. <https://doi.org/10.1016/J.PROENG.2016.08.520>
- Ali, K. N., Alhajlah, H. H., & Kassem, M. A. (2022). 48- Collaboration and Risk in Building Information Modelling (BIM): A Systematic Literature Review. *Buildings*, 12(5). <https://doi.org/10.3390/BUILDINGS12050571>
- Altassan, A., Othman, M., Elbeltagi, E., Abdelshakor, M., & Ehab, A. (2023). A Qualitative Investigation of the Obstacles Inherent in the Implementation of Building Information Modeling (BIM). *Buildings*, 13(3), 700–700. <https://doi.org/10.3390/BUILDINGS13030700>
- Alwisy, A., Bu Hamdan, S., Barkokebas, B., Bouferguene, A., & Al-Hussein, M. (2019). A BIM-based automation of design and drafting for manufacturing of wood panels for modular residential buildings. *International Journal of Construction Management*, 19(3), 187–205. <https://doi.org/10.1080/15623599.2017.1411458>
- Anaç, M. (2022). *HBIM Destekli Dijital Arşiv Modeli*.
- Andersson, R., & Eidenskog, M. (2023). Beyond barriers – exploring resistance towards BIM through a knowledge infrastructure framework. *Construction Management and Economics*, 41(11–12), 1–16. <https://doi.org/10.1080/01446193.2023.2218498>
- Andreea, G. (2022). Building Information Modelling (BIM) and Engineering Evolution in a Digital World. *International Scientific Conference ERAZ. Knowledge Based Sustainable Development*, 153–161. <https://doi.org/10.31410/ERAZ.2022.153>
- Andrés, S., Solar, P. del, Peña, A. de la, & Vivas, M. D. (2017). Implementation of BIM in Spanish construction industry = Implementación BIM en la industria española de la construcción. *Building & Management*, 1(1), 1–8. <https://doi.org/10.20868/BMA.2017.1.3519>
- Arayici, Y., Coates, P., Koskela, L., Kagioglou, M., Usher, C., & O'Reilly, K. (2011). 28- BIM adoption and implementation for architectural practices. *Structural Survey*, 29(1), 7–25. <https://doi.org/10.1108/02630801111118377>
- Ariono, B., Wasesa, M., & Dhewanto, W. (2022). 42- The Drivers, Barriers, and Enablers of Building Information Modeling (BIM) Innovation in Developing Countries: Insights from Systematic Literature Review and Comparative Analysis. *Buildings* 2022, Vol. 12, Page 1912, 12(11), 1912. <https://doi.org/10.3390/BUILDINGS12111912>
- Azhar, S. (2011). Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. *Leadership and Management in Engineering*, 11(3), 241–252. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)LM.1943-5630.0000127](https://doi.org/10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.0000127)
- Babatunde, S. O., Udejaja, C., & Adekunle, A. O. (2021). Barriers to BIM implementation and ways forward to improve its adoption in the Nigerian AEC firms. *International Journal of Building Pathology and Adaptation*, 39(1), 48–71. <https://doi.org/10.1108/IJBPA-05-2019-0047/FULL/XML>
- Barqawi, M., Chong, H. Y., & Lopez, R. (2023). Effects of critical success factors, BIM implementation strategies, and barriers on employer-initiated delays. *International Journal of Construction Management*, 23(16), 2788–2803.

- <https://doi.org/10.1080/15623599.2022.2097041>
- Bosch-Sijtsema, P., Isaksson, A., Lennartsson, M., & Linderoth, H. C. J. (2017). Barriers and facilitators for BIM use among Swedish medium-sized contractors - "We wait until someone tells us to use it". *Visualization in Engineering*, 5(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/S40327-017-0040-7/TABLES/7>
- Botte, M., Zampi, A., Oreto, C., & D’Acierno, L. (2021). The Use of Road Microsimulation Software within BIM Environments: A Preliminary Assessment. *Journal of Advanced Transportation*, 2021, 1–11. <https://doi.org/10.1155/2021/8871288>
- Calitz, S., & Wium, J. (2022). 148- A proposal to facilitate BIM implementation across the South African construction industry. *Journal of the South African Institution of Civil Engineering*, 64(4), 29–37. <https://doi.org/10.17159/2309-8775/2022/v64n4a3>
- Chang-Liu, C., Wei-Wei, K. O. U., & Shuai-Hua, Y. E. (2018). Research on the application of BIM technology in the whole life cycle of construction projects. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 153(5), 052041. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/153/5/052041>
- Charef, R., Emmitt, S., Alaka, H., & Fouchal, F. (2019). 16-Building Information Modelling adoption in the European Union: An overview. *Journal of Building Engineering*, 25, 100777. <https://doi.org/10.1016/J.JOBE.2019.100777>
- Charlson, J., & Dimka, N. (2021). Design, manufacture and construct procurement model for volumetric offsite manufacturing in the UK housing sector. *Construction Innovation*, 21(4), 800–817. <https://doi.org/10.1108/CI-10-2019-0108/FULL/XML>
- Chen, Y., Cai, X., Li, J., Lin, P., Song, H., Liu, G., Cao, D., & Ma, X. (2023). 17- The values and barriers of BIM implementation combination evaluation based on stakeholder theory: a study in China. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 30(7), 2814–2836. <https://doi.org/10.1108/ECAM-08-2020-0607/FULL/XML>
- CIDB. (2014). *BIM Roadmap for SINGAPORE Construction Industry. Series 2*, 1–21.
- D’Angelo, L., Hajdukiewicz, M., Seri, F., & Keane, M. M. (2022). 70-A novel BIM-based process workflow for building retrofit. *Journal of Building Engineering*, 50, 104163. <https://doi.org/10.1016/J.JOBE.2022.104163>
- Daniotti, B., Della Torre, S., & Gianinetto, M. (2020). Digital Transformation of the Design, Processes of the Built Management Construction and Environment. İçinde *Research for Development*. <http://www.springer.com/series/13084>
- Demircan, K., & Alp, N. Ç. (2020). Yapı Bilgi Modellemesine Geçiş Sürecinde Yaşanan Anlaşmazlık ve Uyuşmazlıklar. *Artium*, 8(2), 135-144.
- Demirdöğen, G., Işık, Z., & Arayıcı, Y. (2023). BIM-based big data analytic system for healthcare facility management. *Journal of Building Engineering*, 64, 105713. <https://doi.org/10.1016/J.JOBE.2022.105713>
- Denizhan, B., & Yalçınar, A. Y. (2017). Analitik Hiyerarşi Proses ve Bulanık Analitik Hiyerarşi Proses Yöntemleri Kullanılarak Yeşil Tedarikçi Seçimi Uygulaması. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(1), 63–78. <https://doi.org/10.17100/NEVBILTEK.288003>
- Durdyev, S., Ashour, M., Connelly, S., & Mahdiyar, A. (2022). 13-Barriers to the implementation of Building Information Modelling (BIM) for facility management. *Journal of Building Engineering*, 46, 103736. <https://doi.org/10.1016/J.JOBE.2021.103736>
- Eadie, R., McLernon, T., & Patton, A. (2015). *An investigation into the legal issues relating to Building Information Modelling (BIM)*. Royal Institution of Chartered Surveyors. <https://pure.ulster.ac.uk/en/publications/an-investigation-into-the-legal-issues-relating-to-building-infor-3>



- Elmualim, A., & Gilder, J. (2014). BIM: innovation in design management, influence and challenges of implementation. *Architectural Engineering and Design Management*, 10(3–4), 183–199. <https://doi.org/10.1080/17452007.2013.821399>
- Erdik, M., Tülübaş Gökuç, Y., Üniversitesi, B., Bilimleri, F., Fakültesi, M., Bölümü, M., & Tarihi, G. (2020). Türk yapı sektöründe yapı bilgi modellemesinin adaptasyonu. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22(1), 159–171. <https://doi.org/10.25092/BAUNFBED.679588>
- Eren, N. (2023). *Türkiye’de BIM’in (Bina Bilgi Modellemesi) Benimsenmesini Engelleyen Faktörlerin Araştırılması= Investigation of The Factors Barring BIM (Building Information)*. <https://acikerisim.sakarya.edu.tr/handle/20.500.12619/101766>
- Evans, M., & Farrell, P. (2021). 38- Barriers to integrating building information modelling (BIM) and lean construction practices on construction mega-projects: a Delphi study. *Benchmarking*, 28(2), 652–669. <https://doi.org/10.1108/BIJ-04-2020-0169/FULL/XML>
- Feng, Y. (2022). 005 Research on the Application of Computer-Based BIM Technology in Construction Projects. *IEEE International Conference on Knowledge Engineering and Communication Systems, ICKES 2022*. <https://doi.org/10.1109/ICKECS56523.2022.10059739>
- Fontul, S., Falcão Silva, M. J., & Couto, P. (2022). IFC development for BIM application to railway projects. *Eleventh International Conference on the Bearing Capacity of Roads, Railways and Airfields, Volume 2*, 413–422. <https://doi.org/10.1201/9781003222897-38>
- Gerrish, T., Ruikar, K., Cook, M., Johnson, M., Phillip, M., & Lowry, C. (2017). 58- BIM application to building energy performance visualisation and management: Challenges and potential. *Energy and Buildings*, 144, 218–228. <https://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2017.03.032>
- Gharaibeh, L., Matarneh, S. T., Eriksson, K., & Lantz, B. (2022). 7- An Empirical Analysis of Barriers to Building Information Modelling (BIM) Implementation in Wood Construction Projects: Evidence from the Swedish Context. *Buildings 2022, Vol. 12, Page 1067, 12(8)*, 1067. <https://doi.org/10.3390/BUILDINGS12081067>
- Ghasemzadeh, B., Celik, T., Karimi Ghaleh Jough, F., & Matthews, J. C. (2022). Road map to BIM use for infrastructure domains: Identifying and contextualizing variables of infrastructure projects. *Scientia Iranica*, 29(6 A), 2803–2824. <https://doi.org/10.24200/SCI.2022.56935.4998>
- Giel, B., & Issa, R. R. A. (2013). Quality and Maturity of BIM Implementation in the AECO Industry. *Applied Mechanics and Materials*, 438–439, 1621–1627. <https://doi.org/10.4028/WWW.SCIENTIFIC.NET/AMM.438-439.1621>
- Glick, S., & Guggemos, A. A. (2009). 002 IPD and BIM : Benefits and Opportunities for Regulatory Agencies. *45th Associated Schools of Construction National Conference, Davis 2003*, 1–8. <http://ascpro0.ascweb.org/archives/cd/2009/paper/CPGT172002009.pdf>
- Guo, X., Tian, C., Xiao, J., Chen, Y., & Zhang, J. (2022). *Life Cycle Integration of Building Information Modeling in Infrastructure Projects*. <https://doi.org/10.5703/1288284317356>
- Han, D., Kalantari, M., & Rajabifard, A. (2021). 67-Building Information Modeling (BIM) for Construction and Demolition Waste Management in Australia: A Research Agenda. *Sustainability 2021, Vol. 13, Page 12983, 13(23)*, 12983. <https://doi.org/10.3390/SU132312983>
- Hatem, W. A., Abd, A. M., & Abbas, N. N. (2018). Barriers of adoption building information modeling (BIM) in construction projects of Iraq. *Engineering Journal*, 22(2), 59–81. <https://doi.org/10.4186/EJ.2018.22.2.59>

- Huang, B., Liao, H., Ge, Y., Zhang, W., Kang, H., Wang, Z., & Wu, J. (2023). Development of BIM Semantic Robot Autonomous Inspection and Simulation System. *2023 9th International Conference on Mechatronics and Robotics Engineering, ICMRE 2023*, 35–40. <https://doi.org/10.1109/ICMRE56789.2023.10106602>
- Hussain, M., Memon, A. H., & Bachayo, A. (2022). 27- Building Information Modeling in Construction Industry of Pakistan: Merits, Demerits and Barriers. *Journal of Applied Engineering Sciences*, *12*(1), 43–46. <https://doi.org/10.2478/JAES-2022-0007>
- Hyarat, E., Hyarat, T., & Al Kuisi, M. (2022a). 9- Barriers to the Implementation of Building Information Modeling among Jordanian AEC Companies. *Buildings*, *12*(2), 1–18. <https://doi.org/10.3390/buildings12020150>
- Hyarat, E., Hyarat, T., & Al Kuisi, M. (2022b). Barriers to the Implementation of Building Information Modeling among Jordanian AEC Companies. *Buildings*, *12*(2), 150–150. <https://doi.org/10.3390/BUILDINGS12020150>
- Jiang, R., Wu, C., Lei, X., Shemery, A., Hampson, K. D., & Wu, P. (2022). Government efforts and roadmaps for building information modeling implementation: lessons from Singapore, the UK and the US. *Çinde Engineering, Construction and Architectural Management* (C. 29, Sayı 2). <https://doi.org/10.1108/ECAM-08-2019-0438>
- Jin, Z., Gambatese, J., Liu, D., & Dharmapalan, V. (2019). Using 4D BIM to assess construction risks during the design phase. *Engineering, Construction and Architectural Management*, *26*(11), 2637–2654. <https://doi.org/10.1108/ECAM-09-2018-0379/FULL/XML>
- Jung, W., & Lee, G. (2015). The Status of BIM Adoption on Six Continents. *International Journal of Civil and Environmental Engineering*, *9*(5), 512–516. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.1100430>
- Kalajian, K., Ahmed, S., & Youssef, W. M. A. (2023). BIM in infrastructure projects. *International Journal of BIM & Engineering Science*, *6*(2), 74–87. <https://doi.org/10.54216/IJBES.060205>
- Kalfa, S. M. (2018). Building information modeling (BIM) systems and their applications in Turkey. *Journal of Construction Engineering*, *1*, 55–66. <https://doi.org/10.31462/jcemi.2018.01055066>
- Karacigan, A., Ozorhon, B., & Caglayan, S. (2023). A SYSTEMATIC APPROACH TO INVESTIGATE BIM IMPLEMENTATION IN TURKISH CONSTRUCTION INDUSTRY. *Journal of Information Technology in Construction*, *28*, 306–321. <https://doi.org/10.36680/J.ITCON.2023.015>
- Kaya, O. C. (2020). *tez-Barriers and enablers of BIM adoption :|perspective and experiences of Turkish construction public clients*. <http://digitalarchive.boun.edu.tr/handle/123456789/14092>
- Khurshid, K., Danish, A., Salim, M. U., Bayram, M., Ozbakkaloglu, T., & Mosaberpanah, M. A. (2023). An In-Depth Survey Demystifying the Internet of Things (IoT) in the Construction Industry: Unfolding New Dimensions. *Sustainability (Switzerland)*, *15*(2). <https://doi.org/10.3390/SU15021275>
- Kıvrıkcık, İ. (2016). *An Investigation into the Building Information Modeling Applications in the Construction Project Management* (Doctoral dissertation, Master Thesis, Istanbul Technical University, Istanbul).
- Kim, K. P., Freda, R., & Nguyen, T. H. D. (2020). 69-Building Information Modelling Feasibility Study for Building Surveying. *Sustainability 2020, Vol. 12, Page 4791*, *12*(11), 4791. <https://doi.org/10.3390/SU12114791>
- Kineber, A. F., Massoud, M. M., Hamed, M. M., Alhammadi, Y., & Al-Mhdawi, M. K. S. (2023). 26-Impact of Overcoming BIM Implementation Barriers on Sustainable

- Building Project Success: A PLS-SEM Approach. *Buildings* 2023, Vol. 13, Page 178, 13(1), 178. <https://doi.org/10.3390/BUILDINGS13010178>
- Kocakaya, M. N., Türkakin, O. H., & Giran, Ö. (2018). A Review of BIM Adoption in Turkey. *International Journal of 3-D Information Modeling*, 7(4), 59–68. <https://doi.org/10.4018/IJ3DIM.2018100104>
- Koo, H. J., & O'Connor, J. T. (2022). A Strategy for Building Design Quality Improvement through BIM Capability Analysis. *Journal of Construction Engineering and Management*, 148(8). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0002318](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0002318)
- Liu, S., Xie, B., Tivendal, L., & Liu, C. (2015). Critical Barriers to BIM Implementation in the AEC Industry. *International Journal of Marketing Studies*, 7(6), 162. <https://doi.org/10.5539/IJMS.V7N6P162>
- Lv, M., Zhou, L., Wang, Y., Yang, K., & Yang, C. (2022). Summary of BIM Technology Application in a Dormitory Building Project. *Advances in Transdisciplinary Engineering*, 31, 506–512. <https://doi.org/10.3233/ATDE220904>
- Ma, X., Darko, A., Chan, A. P. C., Wang, R., & Zhang, B. (2022). An empirical analysis of barriers to building information modelling (BIM) implementation in construction projects: evidence from the Chinese context. *International Journal of Construction Management*, 22(16), 3119–3127. <https://doi.org/10.1080/15623599.2020.1842961>
- Mahmoud, B. Ben, Lehoux, N., Blanchet, P., & Cloutier, C. (2022). 40- Barriers, Strategies, and Best Practices for BIM Adoption in Quebec Prefabrication Small and Medium-Sized Enterprises (SMEs). *Buildings* 2022, Vol. 12, Page 390, 12(4), 390. <https://doi.org/10.3390/BUILDINGS12040390>
- Matarneh, R., Hamed, S., Matarneh, R., & Hamed, S. (2017). Barriers to the Adoption of Building Information Modeling in the Jordanian Building Industry. *Open Journal of Civil Engineering*, 7(3), 325–335. <https://doi.org/10.4236/OJCE.2017.73022>
- Moreno, C., Olbina, S., & Issa, R. R. (2019). BIM use by architecture, engineering, and construction (AEC) industry in educational facility projects. *Advances in Civil Engineering*, 2019, 1–19. <https://doi.org/10.1155/2019/1392684>
- Munianday, P., A. Rahman, R., & Esa, M. (2023). 11-Case study on barriers to building information modelling implementation in Malaysia. *Journal of Facilities Management*, 21(4), 511–534. <https://doi.org/10.1108/JFM-10-2021-0132>
- Namlı, E., Işıkdag, Ü., & Kocakaya, M. N. (2019). Building Information Management (BIM), A New Approach to Project Management. *Journal of Sustainable Construction Materials and Technologies*, 4(1), 323–332. <https://doi.org/10.29187/jscmt.2019.36>
- Nasila, M., & Cloete, C. (2018). 65-Adoption of Building Information Modelling in the construction industry in Kenya. *Acta Structilia*, 25(2), 1–38. <https://doi.org/10.18820/24150487/AS25I2.1>
- Nguyen, T. Q., & Nguyen, D. P. (2021a). 56-Barriers in bim adoption and the legal considerations in Vietnam. *International Journal of Sustainable Construction Engineering and Technology*, 12(1), 283–295. <https://doi.org/10.30880/ijscet.2021.12.01.027>
- Nguyen, T. Q., & Nguyen, D. P. (2021b). 56-Barriers in bim adoption and the legal considerations in Vietnam. *International Journal of Sustainable Construction Engineering and Technology*, 12(1), 283–295. <https://doi.org/10.30880/IJSCET.2021.12.01.027>
- Novoselova, I. V., & Chernyavsky, I. A. (2022). Application of BIM Technologies at All Stages of a Construction Project Life Cycle. *Modern Trends in Construction, Urban and Territorial Planning*, 1(3), 4–15. <https://doi.org/10.23947/2949-1835->

2022-1-3-4-15

- Olanrewaju, O. I., Chileshe, N., Babarinde, S. A., & Sandanayake, M. (2020). 4- Investigating the barriers to building information modeling (BIM) implementation within the Nigerian construction industry. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 27(10), 2931–2958. <https://doi.org/10.1108/ECAM-01-2020-0042>
- Olanrewaju, O. I., Kineber, A. F., Chileshe, N., & Edwards, D. J. (2022). 5-Modelling the relationship between Building Information Modelling (BIM) implementation barriers, usage and awareness on building project lifecycle. *Building and Environment*, 207. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108556>
- Pavan, A., Caffi, V., Valra, A., Madeddu, D., Farina, D., Chiappetti, J., Mirarchi, C., Pavan, A., Caffi, V., Mirarchi, C., Valra, A., Madeddu, D., Farina, D., & Chiappetti, J. (2022). Development of BIM Management System. *SpringerBriefs in applied sciences and technology*, 29–49. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-04670-4\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-031-04670-4_3)
- Piroozfar, P., Farr, E. R. P., Zadeh, A. H. M., Timoteo Inacio, S., Kilgallon, S., & Jin, R. (2019). 21-Facilitating Building Information Modelling (BIM) using Integrated Project Delivery (IPD): A UK perspective. *Journal of Building Engineering*, 26, 100907. <https://doi.org/10.1016/J.JOBE.2019.100907>
- Rokooei, S. (2015). 003 Building Information Modeling in Project Management: Necessities, Challenges and Outcomes. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 210, 87–95. <https://doi.org/10.1016/J.SBSPRO.2015.11.332>
- Saaty, T. L. (1990). An Exposition of the AHP in Reply to the Paper “Remarks on the Analytic Hierarchy Process”. *Management Science*, 36(3), 259–268. <https://doi.org/10.1287/MNSC.36.3.259>
- Safikhani, S., Keller, S., Schweiger, G., & Pirker, J. (2022). Immersive virtual reality for extending the potential of building information modeling in architecture, engineering, and construction sector: systematic review. *International Journal of Digital Earth*, 15(1), 503–526. <https://doi.org/10.1080/17538947.2022.2038291>
- Saka, A. B., & Chan, D. W. M. (2020). Profound barriers to building information modelling (BIM) adoption in construction small and medium-sized enterprises (SMEs): An interpretive structural modelling approach. *Construction Innovation*, 20(2), 261–284. <https://doi.org/10.1108/CI-09-2019-0087/FULL/HTML>
- Salleh, H., Ahmad, A. A., Abdul-Samad, Z., Alaloul, W. S., & Ismail, A. S. (2023). BIM Application in Construction Projects: Quantifying Intangible Benefits. *Buildings*, 13(6), 1469–1469. <https://doi.org/10.3390/BUILDINGS13061469>
- Sampaio, A. Z., Sequeira, P., Gomes, A. M., & Sanchez-Lite, A. (2022). BIM Methodology in Structural Design: A Practical Case of Collaboration, Coordination, and Integration. *Buildings 2023, Vol. 13, Page 31*, 13(1), 31. <https://doi.org/10.3390/BUILDINGS13010031>
- Shen, L., Edirisinghe, R., & Miang Goh, Y. (2016). An Investigation of BIM Readiness of Owners and Facility Managers in Singapore: Institutional Case Study. *Proceedings of the 20th CIB World Building Congress 2016, August*, 259–270. <https://www.researchgate.net/publication/303840849>
- Silva, M. J. F., Salvado, F., Couto, P., & Azevedo, Á. V. e. (2016). Roadmap Proposal for Implementing Building Information Modelling (BIM) in Portugal. *Open Journal of Civil Engineering*, 06(03), 475–481. <https://doi.org/10.4236/OJCE.2016.63040>
- Stanley, R., & Thurnell, D. (2014). 53-The benefits of, and barriers to, implementation of 5D BIM for quantity surveying in New Zealand. *Construction Economics and Building*, 14(1), 105–117. <https://doi.org/10.5130/AJCEB.v14i1.3786>
- Tabatabaee, S., Mahdiyari, A., & Ismail, S. (2021). 54--Towards the success of Building Information Modelling implementation: A fuzzy-based MCDM risk assessment

- tool. *Journal of Building Engineering*, 43, 103117.  
<https://doi.org/10.1016/J.JOBE.2021.103117>
- Taghizadeh, K., Yavari Roushan, T., & Alizadeh, M. (2022). Liability in BIM projects—Preliminary review results. *International Journal of Architectural Computing*, 20(2), 476–490. <https://doi.org/10.1177/147807712111041778>
- Tahir Muhammad, M., Azam Haron, N., Hizami, A., Alias, A., Taha Al-Jumaa, A., & Bala Muhammad, I. (2019). The impact of BIM application on construction delays and cost overrun in developing countries. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 357(1), 012027. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/357/1/012027>
- Takashi Kaneta, Shuzo Furusaka, Atsushi Tamura, & Nisi Deng. (2016). Overview of BIM Implementation in Singapore and Japan. *Journal of Civil Engineering and Architecture*, 10(12), 1305–1312. <https://doi.org/10.17265/1934-7359/2016.12.001>
- Tan, S. (2021). *Türk inşaat sektöründe BIM uygulamalarının yaygın kullanılmamasına neden olan faktörlerin belirlenmesi*.  
<http://openaccess.hku.edu.tr/xmlui/handle/20.500.11782/3350>
- Tan, S., & Gumusburun Ayalp, G. (2022). 20- Root factors limiting BIM implementation in developing countries: sampling the Turkish AEC industry. *Open House International*, 47(4), 732–762. <https://doi.org/10.1108/OHI-12-2021-0273>
- Tan, T., Chen, K., Xue, F., Production, W. L.-J. of C., & 2019, U. (y.y.). 8- Barriers to Building Information Modeling (BIM) implementation in China’s prefabricated construction: An interpretive structural modeling (ISM) approach. *ElsevierT Tan, K Chen, F Xue, W LuJournal of Cleaner Production*, 2019•Elsevier.  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.141>
- Tekin, H., & Atabay, Ş. (2019). Building information modelling roadmap strategy for Turkish construction sector. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Municipal Engineer*, 172(3), 145–156. <https://doi.org/10.1680/JMUEN.17.00001>
- Van, A. F., Ve, R., & Firdaus, A. (y.y.). 2- 200/MALEZYA BİLİM ÜNİVERSİTESİ YAYINCI.
- Waqar, A., Othman, I., Hamah Sor, N., Alshehri, A. M., Almujiabah, H. R., Alotaibi, B. S., Abuhussain, M. A., Bageis, A. S., Althoey, F., Hayat, S., Benjeddou, O., Alsulamy, S. H., & Aljarbou, M. (2023). Modeling relation among implementing AI-based drones and sustainable construction project success. *Frontiers in Built Environment*, 9. <https://doi.org/10.3389/FBUIL.2023.1208807>
- Waqar, A., Qureshi, A. H., & Alaloul, W. S. (2023). 25- Barriers to Building Information Modeling (BIM) Deployment in Small Construction Projects: Malaysian Construction Industry. *Sustainability 2023, Vol. 15, Page 2477*, 15(3), 2477. <https://doi.org/10.3390/SU15032477>
- Watróbski, J., Ziemba, P., Jankowski, J., & Ziolo, M. (2016). Green energy for a green city-A multi-perspective model approach. *Sustainability (Switzerland)*, 8(8).  
<https://doi.org/10.3390/SU8080702>
- Wong, A. K. D., Wong, F. K. W., & Nadeem, A. (2011). Government roles in implementing building information modelling systems: Comparison between Hong Kong and the United States. *Construction Innovation*, 11(1), 61–76.  
<https://doi.org/10.1108/147141711111104637/FULL/XML>
- Wu, P., Jin, R., Xu, Y., Lin, F., Dong, Y., & Pan, Z. (2021). 12- The analysis of barriers to bim implementation for industrialized building construction: A China study. *Journal of Civil Engineering and Management*, 27(1), 1–13.  
<https://doi.org/10.3846/JCEM.2021.14105>
- Xu, J., Hunter, G. W., Lekki, J. D., Gao, X., Wu, Y., & Li, Y. (2019). Research on Information Integration of Construction Project Management Based on BIM. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 267(3), 032069.

- <https://doi.org/10.1088/1755-1315/267/3/032069>
- Yang, M., Ge, C., Zhao, X., & Kou, H. (2023). FSPL0: a fast sensor placement location optimization method for cloud-aided inspection of smart buildings. *Journal of cloud computing*, 12(1), 31. <https://doi.org/10.1186/S13677-023-00410-0>
- Yuan, H., & Yang, Y. (2020). BIM Adoption under Government Subsidy: Technology Diffusion Perspective. *Journal of Construction Engineering and Management*, 146(1). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001733](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001733)
- Zhou, Y., Yang, Y., & Yang, J. Bin. (2019a). 18-(TR) Barriers to BIM implementation strategies in China. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 26(3), 554–574. <https://doi.org/10.1108/ECAM-04-2018-0158>
- Zhou, Y., Yang, Y., & Yang, J. Bin. (2019b). 18- Barriers to BIM implementation strategies in China. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 26(3), 554–574. <https://doi.org/10.1108/ECAM-04-2018-0158>
- Zhu, Q., & Wang, R. (2022). *Application of BIM technology in computer aided architectural design*. 12256, 1225633–1225633. <https://doi.org/10.1117/12.2635480>



**EK-1 Etik Kurul Raporu**

Evrak Tarih ve Sayısı: 10.06.2024-57871

**T.C.  
HASAN KALYONCU ÜNİVERSİTESİ  
BİLİMSEL ARAŞTIRMA VE  
YAYIN ETİĞİ KURULU KARARLARI**

| TOPLANTI TARİHİ | TOPLANTI NO |
|-----------------|-------------|
| 28.05.2024      | 2024-21     |

Sayı : E-97105791-050.04-57871

Konu : Etik Kurul Hk.

|                     |   |
|---------------------|---|
| Çalışmanın Türü     | Yüksek Lisans Tezi  |
| Konu                | Anket Uygulama  |
| Başlık              | "Türkiye'de BIM Kullanımının Yaygınlaşmasının Önündeki Engellerin Tespiti, Önem Derecesi ve Yol Haritası Önerisi" |
| Yürütücü / Danışman | Dr. Merve ANAÇ  |
| Yazar               | Merve KILINÇ YİĞİT  |
| Karar               | Olumlu  |

Prof. Dr Mehmet Lütüfi YOLA  
Etik Kurul Başkanı

Prof.Dr. Muhammet Fatih HASOĞLU  
Etik Kurul Üyesi

Prof.Dr. Bülent Bahri KÜÇÜKERDOĞAN  
Etik Kurul Üyesi

Prof.Dr. Enver BOZKURT  
Etik Kurul Üyesi

Prof.Dr. Kezban BAYRAMLAR  
Etik Kurul Üyesi

Prof.Dr. Mahmut Serhat YENİCE  
Etik Kurul Üyesi

Prof.Dr. Mazlum ÇELİK  
Etik Kurul Üyesi

Ek:Merve KILINÇ YİĞİT, Merve ANAÇ EKBF.

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Belge Doğrulama Kodu : \*BSCS2ZHJV\*

Belge Takip Adresi : <https://turkiye.gov.tr/ebd?eK=5999&eD=BSCS2ZHJV&eS=57871>

Adres:Hasan Kalyoncu Üniversitesi Havaalanı Yolu Üzeri 8. Km. Şahinbey / Gaziantep  
Telefon:0 (342) 211 8080 / 1400/1402 Faks:0 (342) 211 80 81  
e-Posta:info@hku.edu.tr Web:www.hku.edu.tr  
Kep Adresi:hasankalyoncu.unv@hs01.kep.tr

Bilgi için: Merve BİLGİN



## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : Merve KILINÇ YİĞİT  
**Uyruğu** : TC

### EĞİTİM

| Derece        | Adı                           | Bitirme Yılı |
|---------------|-------------------------------|--------------|
| Üniversite    | : Hasan Kalyoncu Üniversitesi | 2021         |
| Yüksek Lisans | : Hasan Kalyoncu Üniversitesi | 2024         |

### YAYINLAR

Kılınç Yiğit, M., Anaç, M., (2023), "Identifying the Obstacles and Prioritizing the Significance Levels for the Adoption of BIM in Turkey" 8 th International Project and Construction Management Conference (IPCMC2024) Yıldız Technical University, Faculty of Civil Engineering, Department of Civil Engineering, İstanbul, Turkey

Kılınç Yiğit, M., Anaç, M., (2023), "Determining the importance of the barriers to the adoption of Bim for Turkey" GAP 12th International Summit Scientific Research Congress held on May 29-31, 2024/ Gaziantep, Türkiye