



T.C.  
EGE ÜNİVERSİTESİ  
Fen Bilimleri Enstitüsü



**TESİS YÖNETİMİNDE YAPI BİLGİ  
MODELLEMESİ VE SANAL GERÇEKLİK  
TEKNOLOJİLERİNİN KULLANIM ENGELLERİ VE  
KULLANICI ALGILARI ANALİZİ**

**Yüksek Lisans Tezi**

Beritan KAYA

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

İzmir  
2023



T.C.  
EGE ÜNİVERSİTESİ  
Fen Bilimleri Enstitüsü

**TESİS YÖNETİMİNDE YAPI BİLGİ MODELLEMESİ  
VE SANAL GERÇEKLİK TEKNOLOJİLERİNİN  
KULLANIM ENGELLERİ VE KULLANICI ALGILARI  
ANALİZİ**

Beritan KAYA

Danışman: Doç. Dr. Gülben ÇALIŞ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

İzmir  
2023



**Beritan KAYA** tarafından **YÜKSEK LİSANS** tezi olarak sunulan “**TESİS YÖNETİMİNDE YAPI BİLGİ MODELLEMESİ VE SANAL GERÇEKLİK TEKNOLOJİLERİNİN KULLANIM ENGELLERİ VE KULLANICI ALGILARI ANALİZİ**” başlıklı bu çalışma EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi’nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 07/09/2023 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

**Jüri Üyeleri:**

**İmza**

**Jüri Başkanı :**

.....

**Üye :**

.....

**Üye :**

.....



# EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

## ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Tezsiz Yüksek Lisans olarak sunduğum “**TESİS YÖNETİMİNDE YAPI BİLGİ MODELLEMESİ VE SANAL GERÇEKLİK TEKNOLOJİLERİNİN KULLANIM ENGELLERİ VE KULLANICI ALGILARI ANALİZİ**” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

07/09/2023

İmzası

Beritan KAYA



**ÖZET****TESİS YÖNETİMİNDE YAPI BİLGİ MODELLEMESİ VE SANAL GERÇEKLIK TEKNOLOJİLERİNİN KULLANIM ENGELLERİ VE KULLANICI ALGILARI ANALİZİ**

KAYA, Beritan

Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Gülben ÇALIŞ

Eylül 2023, 101 sayfa

Yapıların çeşitli kuruluşlar için kritik varlıklar olarak hizmet ettiği günümüzün karmaşık ve hızla gelişen dünyasında, inşa edilmiş yapıların verimli ve uygun maliyetli bir şekilde işlenmesini sağladığı, bina sakinlerinin konforuna, güvenliğine ve üretkenliğine katkıda bulunduğu için tesis yönetimi son derece önemlidir. Son yıllarda Yapı Bilgi Modellemesi (YBM) ve Sanal Gerçeklik (SG), tesis yönetimi süreçlerini önemli ölçüde kolaylaştıran ve sektörde fark yaratmayı amaçlayan firmalar için güçlü araçlar olarak kullanılmaya başlanmıştır. YBM, binaların dijital temsillerinin oluşturulmasını ve yönetilmesini kolaylaştırırken, SG, profesyonellerin sanal bir ortamda bu modellerle etkileşim kurmasını sağlayan sürükleyici deneyimler sunmaktadır. YBM ve SG'nin birlikte kullanımı, geleneksel yaklaşımları dönüştürmekte; kolaylaştırılmış operasyonlardan, iyileştirilmiş görselleştirmeden, maliyet tasarruflarına ve gelişmiş işbirliğine kadar sayısız fayda sağlayarak yeni bir tesis yönetimi çağı başlatmaktadır. Ancak, bu gelişmiş araçların başarılı bir şekilde benimsenmesinin zorlukları da vardır.

Bu araştırmanın amacı, tesis yönetiminde bu yapı bilgi modellemesi ve sanal gerçeklik teknolojilerinin kullanılabileceği potansiyel alanların belirlenmesi; kullanımının önündeki engelleri belirleyip önceliklendirerek paydaşların zorlukları proaktif bir şekilde ele alıp yol haritası çizmesini sağlamak ve bu teknolojileri deneyimleyen kullanıcıların algılarını analiz ederek sektörde yaygın kullanılmasına teşvik etmektir. Bu kapsamda, öncelikle literatür taraması ile YBM ve SG kullanım alanları ve engelleri belirlenmiştir. Kullanıcıların algılarını analiz etmek için anket aracılığıyla veri toplanmıştır. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve İdeal Çözümlere Yakınlık Yoluyla Tercihlerin Sıralanması Tekniği (TOPSİS) yöntemleri ile YBM/SG entegre tesis yönetiminin kullanımının önündeki engeller

sıralanmış ve kullanıcı algıları analiz edilmiştir. Araştırmanın sonucunda daha önce teknolojiyi kullanan uzmanların tesis yönetiminde YBM ve SG teknolojileri kullanımına olumlu yaklaşımına rağmen en büyük engellerin sınırlı bütçe ve kaynaklar ile ilk yatırım engeli olduğu tespit edilmiştir. Ardından endüstrinin geleneksel zihniyeti ve değişime karşı direnci, söz konusu sistemin sektörde yaygın olarak kabul görülmemesinde önemli bir rol oynamaktadır. Yazılımın karmaşıklığı, donanım gereksinimleri engelleri ise kullanan uzmanlar için isteksizliğe ve değişime karşı dirence neden olabilmektedir. Bu durumdan dolayı iş birliği ve iletişim bozuklukları da birimler arasında meydana gelebilir ki bu da gelişimin yayılmasını önleyen engellerden biridir. Bunun yanında, YBM'i mevcut sistemlerle entegre etme ve sorunsuz veri birlikte çalışabilirliğini sağlama konusundaki karmaşıklıklar, bazı kuruluşlar için yıldırıcı olup bu teknolojinin benimsenmesini engelleyebilmektedir. Bu zorlukların üstesinden gelmek için, hedeflenen bilinçlendirme çalışmaları, eğitim, endüstri paydaşları arasındaki işbirlikçi çabalar, YBM ve SG'nin tesis yönetimine başarılı bir şekilde entegrasyonunu teşvik etmek ve inşaat endüstrisinde inovasyon kültürünü teşvik etmek için çok önemlidir.

**Anahtar Kelimeler:** Tesis Yönetimi, Yapı Bilgi Modellemesi, Sanal Gerçeklik Teknolojisi, AHP, TOPSİS

**ABSTRACT****ANALYSIS OF BARRIERS AND USER PERCEPTION IN UTILIZING  
BUILDING INFORMATION MODELING AND VIRTUAL REALITY  
TECHNOLOGIES IN FACILITY MANAGEMENT**

Kaya, Beritan

MSc in Civil Eng.

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Gülben ÇALIŞ

August 2023, 101 pages

In today's complex and rapidly evolving world, where buildings serve as critical assets for various organizations, facility management is critical as it enables built structures to function efficiently and cost-effectively, contributing to the comfort, safety and productivity of occupants. In recent years, Building Information Modeling (BIM) and Virtual Reality (VR) have started to be used as powerful tools for companies that significantly facilitate facility management processes and aim to make a difference in the sector. BIM simplifies the creation and management of digital representations of buildings, while VR provides immersive experiences that enable professionals to interact with these models in a virtual environment. The combined use of BIM and VR transforms traditional approaches; It ushers in a new era of facilities management, delivering countless benefits from simplified operations, improved visualization, cost savings, and enhanced collaboration. However, the successful adoption of these advanced tools also has its challenges.

The purpose of this research is to raise awareness for the potential areas where these technologies can be used in facility management; by identifying and prioritizing the barriers to its use, enabling stakeholders to proactively address the challenges and draw a roadmap, and encourage widespread use in the sector by analyzing the perceptions of users who experience these technologies. In this context, first of all, BIM and VR usage areas and obstacles were determined by literature review. Data was collected through a survey to analyze users' perceptions. With the Analytical Hierarchy Process (AHP) and Ranking of Preferences Technique by Proximity to Ideal Solutions (TOPSIS) methods, the barriers to the use of BIM/ VR integrated facility management are listed and user perceptions are analyzed. As a result of the research, it has been determined that

the biggest obstacles are limited budget and resources and the first investment obstacle, despite the positive approach of the participants who used the technology before, to the use of BIM and VR technologies in facility management. Then, the traditional mentality of the industry and its resistance to change play an important role in the widespread acceptance of the said system in the industry. The complexity of the software and the hardware requirements can cause reluctance and resistance to change for experts who use it. Due to this situation, cooperation and communication disorders can also occur between units, which is one of the obstacles preventing the spread of development. In addition, the complexities of integrating BIM with existing systems and ensuring seamless data interoperability are daunting for some organizations and may hinder the adoption of this technology. To meet these challenges, targeted awareness efforts, training, and collaborative efforts among industry stakeholders are crucial to foster the successful integration of BIM and VR into facility management and encouraging a culture of innovation in the construction industry.

**Anahtar Kelimeler:** Facilities Management, Building Information Modeling, Virtual Reality Technology, AHP, TOPSIS

## ÖNSÖZ

Tesis yönetimi, birincil odak noktasının tasarım ve inşaat aşamaları olduğu geleneksel zihniyet nedeniyle inşaat sektöründe genellikle önemsiz olarak algılanır. Bu algı, inşa edilen varlıkların uzun vadeli performansı, bakımı ve sürdürülebilirliğinde tesis yönetiminin oynadığı kritik rolü baltalamaktadır. Fakat meslek hayatım boyunca edindiğim bilgilerden tesis yönetiminin inşaat sektöründe en uzun süreç olduğunu ve gerekli öneminin anlaşılması gerektiğini düşünüyorum. Bununla birlikte, inşaat sektörünün rekabetçi kalabilmesi ve dijital dönüşüm çağında başarılı olabilmesi için bu inovasyonu benimsemesi teknoloji çağında aşıkardır. Bu doğrultuda tez danışmanımın da yol göstermesi ile Tesis yönetiminde yapı bilgi modellemesi ve sanal gerçeklik teknolojisinin kullanımını araştırmaya, önemsiz görülen bu alanda farkındalık yaratmaya; kullanımı önündeki engelleri sıralamaya ve deneyimlemiş olan insanların kullanıcı algısını araştırmaya karar verdim. Bunun için ilk olarak geniş bir literatür araştırması yaptım. Ardından anket çalışması ile veri toplayarak AHP ve TOPSİS yöntemleri ile analiz ettim. Yaptığım çalışma ile, tesis yönetimi kullanım alanları konusunda bilinçlenme sağlanabileceğine, önündeki engelleri önceliklendirme ile kullanıcıların sıralamaya göre bu engeller için fikirler geliştireceğine ve kullanıcı deneyimleri aktararak bu teknoloji kullanımının çoğalacağına inanıyorum. Böylece tesis yönetiminde BIM ve SG'nin dönüştürücü potansiyelini benimseyerek daha verimli, sürdürülebilir ve kullanıcı merkezli inşa edilmiş ortamlar sağlanabilecektir.

İZMİR

07/09/2023

Beritan KAYA



## İÇİNDEKİLER DİZİNİ

|                                                                                                           | <u>Sayfa</u> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| İÇ KAPAK.....                                                                                             | ii           |
| KABUL ONAY SAYFASI.....                                                                                   | iii          |
| ÖZET .....                                                                                                | vii          |
| ABSTRACT .....                                                                                            | ix           |
| ÖNSÖZ.....                                                                                                | xi           |
| İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....                                                                                   | xiii         |
| ŞEKİLLER DİZİNİ .....                                                                                     | xv           |
| ÇİZELGELER DİZİNİ.....                                                                                    | xvii         |
| 1. GİRİŞ.....                                                                                             | 1            |
| 2. TESİS YÖNETİMİ.....                                                                                    | 5            |
| 2.1. Tesis Yönetimi Amaçları.....                                                                         | 6            |
| 2.2. Tesis Yönetiminin Kapsamı .....                                                                      | 7            |
| 2.3. Tesis Yönetimi Tarihsel Gelişimi.....                                                                | 9            |
| 2.3.1 Dünyada tesis yönetimi.....                                                                         | 9            |
| 2.3.2 Türkiye’de tesis yönetimi .....                                                                     | 12           |
| 3. TESİS YÖNETİMİNDE YAPI BİLGİ MODELLEMESİ (YBM) VE SANAL GERÇEKLİK(SG) TEKNOLOJİLERİNİN KULLANIMI ..... | 16           |
| 3.1. Yapı Bilgi Modellemesi (YBM).....                                                                    | 16           |
| 3.1.1. Dünyada ve Türk yapı sistemlerinde YBM kullanımı.....                                              | 20           |
| 3.1.2. Tesis yönetiminde YBM kullanımı (7D).....                                                          | 23           |
| 3.2 Sanal Gerçeklik Teknolojisi .....                                                                     | 34           |
| 3.2.1. Sanal gerçeklik tanımı .....                                                                       | 34           |
| 3.2.2. Sanal gerçeklik teknolojisinin tarihi .....                                                        | 36           |
| 3.2.3. Sanal gerçeklik uygulamaları .....                                                                 | 37           |
| 3.2.4. Tesis yönetiminde sanal gerçeklik teknolojisi kullanımı.....                                       | 39           |
| 4. YÖNTEM .....                                                                                           | 42           |
| 4.1 Anket Çalışması.....                                                                                  | 42           |
| 4.2 AHP Yöntemi .....                                                                                     | 48           |
| 4.3 TOPSİS Yöntemi .....                                                                                  | 51           |
| 5. BULGULAR.....                                                                                          | 53           |
| 5.1 Anket Sonuçları .....                                                                                 | 53           |

**İÇİNDEKİLER DİZİNİ(Devam)**

|                                                                      | <u>Sayfa</u> |
|----------------------------------------------------------------------|--------------|
| 5.1.1 Katılımcı profili.....                                         | 53           |
| 5.1.2 Tesis yönetiminde YBM kullanımı.....                           | 56           |
| 5.1.3 Tesis yönetiminde SG kullanımı.....                            | 62           |
| 5.1.4 Tesis yönetiminde YBM ve SG Potansiyel Kullanım Alanları ..... | 69           |
| 5.2 Engellerin AHP VE Topsis Yöntemleri ile Derecelendirilmesi ..... | 76           |
| 5.3 Tesis Yönetiminde YBM ve SG Kullanıcı Algısı Analizi.....        | 79           |
| 6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....                                            | 83           |
| KAYNAKLAR DİZİNİ .....                                               | 86           |
| TEŞEKKÜR.....                                                        | 100          |
| ÖZGEÇMİŞ .....                                                       | 101          |
| EK .....                                                             |              |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

| <u>Şekil</u>                                                                 | <u>Sayfa</u> |
|------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Şekil 3.1: Yapı bilgi modellemesi (Dortek, 2021).....                        | 17           |
| Şekil 3.2: YBM lod açıklamaları (The RIBA Plan of Work, 2022).....           | 19           |
| Şekil 3.3: Tesis yönetimi boyutları (Pelevan ve Kazao, 2018).....            | 19           |
| Şekil 5.1: Anket katılımcılarının yaş aralığı .....                          | 53           |
| Şekil 5.2: Ankete katılanların eğitim seviyeleri .....                       | 54           |
| Şekil 5.3: Ankete katılanların meslekleri.....                               | 54           |
| Şekil 5.4: Ankete katılanların çalışma alanları .....                        | 55           |
| Şekil 5.5: Ankete katılanların mesleki tecrübe süreleri .....                | 55           |
| Şekil 5.6: Uzmanların çalıştıkları firmaların büyüklüğü .....                | 56           |
| Şekil 5.7: YBM kullanımının bilinirliği .....                                | 57           |
| Şekil 5.8: TY’de YBM kullanımı .....                                         | 57           |
| Şekil 5.9: YBM’nin kullanımının tesis yönetiminin verimliliğine etkisi ..... | 58           |
| Şekil 5.10: TY’de YBM kullanım çıktıları değerlendirilmesi.....              | 58           |
| Şekil 5.11: TY’de YBM kullanımı maliyet tasarrufu değerlendirilmesi.....     | 59           |
| Şekil 5.12: TY’de YBM kullanımı işbirliği ve iletişime etkisi .....          | 59           |
| Şekil 5.13: TY’de YBM kullanımı zorlukları değerlendirilmesi.....            | 60           |
| Şekil 5.14: TY’de YBM bina performansı ölçümü değerlendirmesi .....          | 60           |
| Şekil 5.15: TY’de YBM kullanımı tavsiye ölçümleme .....                      | 61           |
| Şekil 5.16: TY’de YBM kullanımı zorluk endişesi değerlendirilmesi .....      | 61           |
| Şekil 5.17: TY’de SG bilinirliği .....                                       | 62           |
| Şekil 5.18: TY’de SG kullanımı .....                                         | 63           |
| Şekil 5.19: TY’de SG kullanımı potansiyel faydaları .....                    | 63           |
| Şekil 5.20: TY’de SG kullanımı iyileştirmeleri.....                          | 64           |
| Şekil 5.21: TY’de SG kullanım isteği.....                                    | 64           |
| Şekil 5.22: TY’de SG kullanım potansiyel maliyet tasarrufu avantajları.....  | 65           |
| Şekil 5.23: TY’de SG kullanım eğitim ve simülasyonları geliştiriciliği ..... | 65           |
| Şekil 5.24: TY’de SG kullanım süreç geliştiriciliği .....                    | 66           |
| Şekil 5.25: TY’de SG kullanım zorluk ve engelleri ölçümleme .....            | 67           |

## ŞEKİLLER DİZİNİ(Devam)

| <u>Şekil</u>                                                              | <u>Sayfa</u> |
|---------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Şekil 5.26: TY’de SG kullanım endişeleri ölçümleme .....                  | 67           |
| Şekil 5.27: TY’de SG kullanım süreç kolaylaştırıcılığı .....              | 68           |
| Şekil 5.28: TY’de SG kullanım eğitim isteği.....                          | 69           |
| Şekil 5.29: TY’de SG tavsiye ölçümleme.....                               | 69           |
| Şekil 5.30: Finans ve işletme alanında YBM/SG kullanımı .....             | 70           |
| Şekil 5.31: İnsan faktörü alanında YBM/SG kullanımı .....                 | 70           |
| Şekil 5.32: Liderlik ve strateji alanında YBM/SG kullanımı.....           | 71           |
| Şekil 5.33: İşletme ve bakım alanında YBM/SG kullanımı.....               | 72           |
| Şekil 5.34: Proje yönetimi alanında YBM/SG kullanımı .....                | 72           |
| Şekil 5.35: Kalite alanında YBM/SG kullanımı .....                        | 73           |
| Şekil 5.36: Gayrimenkul ve mülk yönetimi alanında YBM/SG kullanımı.....   | 74           |
| Şekil 5.37: Risk yönetimi alanında YBM/SG kullanımı.....                  | 74           |
| Şekil 5.38: Sürdürülebilirlik alanında YBM/SG kullanımı .....             | 75           |
| Şekil 5.39: Bilgi ve teknoloji yönetimi alanında YBM/SG kullanımı .....   | 76           |
| Şekil 5.40: Algılanan fiyat değeri .....                                  | 80           |
| Şekil 5.41: Algılanan özyeterlilik .....                                  | 80           |
| Şekil 5.42: Algılanan ilgi çekicilik .....                                | 81           |
| Şekil 5.43: Algılanan kullanışlılık .....                                 | 81           |
| Şekil 5.44: YBM ve SG entegre sistemin TY’de kullanımına karşı tutum..... | 82           |
| Şekil 5.45: Kullanma niyeti .....                                         | 82           |

**ÇİZELGELER DİZİNİ**

| <u>Çizelge</u>                                                                                          | <u>Sayfa</u> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Çizelge 4.1: Tesis yönetiminde YBM ve SG kullanım alanları .....                                        | 43           |
| Çizelge 4.2: Tesis yönetiminde YBM ve SG kullanımına yönelik engeller.....                              | 46           |
| Çizelge 4.3: İkili karşılaştırma ölçeği (Saaty, 2008). ....                                             | 49           |
| Çizelge 4.4: Rastgele endeks değerleri (Saaty, 2003). ....                                              | 50           |
| Çizelge 5.1:Kriter ağırlıkları ve ikili karşılaştırma matrisi.....                                      | 77           |
| Çizelge 5.2: TOPSIS yönteminin karar matrisi .....                                                      | 77           |
| Çizelge 5.3: Pozitif ve negatif ideal çözümler kümesi .....                                             | 78           |
| Çizelge 5.4: Pozitif ve negatif ideal çözümlere uzaklık ve pozitif ideal çözüme<br>görelî yakınlık..... | 78           |
| Çizelge 5.5: Engellerin sıralanması .....                                                               | 79           |



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

| <u>Kısaltmalar</u> | <u>Açıklama</u>                            |
|--------------------|--------------------------------------------|
| AEC                | Mimarlık, Mühendislik ve İnşaat endüstrisi |
| AG                 | Arttırılmış Gerçeklik                      |
| AHP                | Analitik Hiyerarşi Prosesi                 |
| BEMS               | Bina Enerji Yönetim Sistemleri             |
| BİT                | Yapı ve İletişim Teknolojileri             |
| BLE                | Bluetooth Düşük Enerji                     |
| $C_i^*$            | Pozitif ideal çözüme göreli yakınlık       |
| CAVE               | Bilgisayar Destekli Sanal Ortam            |
| CI                 | Tutarlılık indeksi                         |
| CR                 | Tutarlılık Oranı                           |
| I                  | Fayda kriterleri                           |
| J                  | Maliyet kriterleri                         |
| IFMA               | Uluslararası Tesis Yönetimi Birliği        |
| IoT                | Nesnelerin İnterneti                       |

**SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)**

|                   |                                                          |
|-------------------|----------------------------------------------------------|
| ISO               | Uluslararası Standartlar Teşkilat                        |
| LOD               | Gelişim Düzeyleri                                        |
| M                 | Alternatiflerin sayısı                                   |
| N                 | Kriterlerin sayısı                                       |
| $N_{ij}$          | Normalleştirilmiş matris                                 |
| RFID              | Radyo Frekansıyla Tanımlama                              |
| RI                | Rastgele endeks                                          |
| $S_{+/-}$         | Öklid mesafesi                                           |
| SG                | Sanal Gerçeklik                                          |
| SHM               | Yapısal Sağlık İzleme                                    |
| TOPSİS<br>Tekniği | İdeal Çözümlere Yakınlık Yoluyla Tercihlerin Sıralanması |
| TRFMA             | Tesis Yönetim Derneği                                    |
| TY                | Tesis Yönetimi                                           |
| $W_j$             | Kriterlerin ağırlıkları                                  |

**SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)**

WSN Kablosuz Sensör Ağları

YBM Yapı Bilgi Modellemesi

YSA Yapay Sinir Ağı

$\lambda_{max}$  Eigen değeri





## 1. GİRİŞ

Tesis Yönetimi (TY), binaların operasyon, kiralama, kullanım, bakım, temizlik vb. faaliyetlerini içermekte olup bina yaşam döngüsünde önemli bir yer tutmaktadır. Son yıllarda TY faaliyetlerin hızlı, verimli ve düşük maliyetli yapılabilmesi için yenilikçi teknolojilerin kullanımına yönelik araştırmalar yaygınlaşmaya başlamıştır. Yapı Bilgi Modellemesi (YBM) ve Sanal Gerçeklik (SG) teknolojileri, tesisleri yönetme şeklini dönüştürmek için büyük potansiyele sahip olmalarına rağmen yaygın olarak kullanımının önünde bazı engeller bulunmaktadır.

Tesis yönetiminde yeni teknolojilerin kullanılmasının önündeki engellerin tespit edilmesine yönelik çalışmalar incelendiğinde genellikle YBM'nin ön plana çıktığı görülmektedir. Durdyev et al. (2022), Yeni Zelanda'da yürüttükleri çalışmada sektörden ve akademiden uzmanlarla görüşmeler sonucunda YBM'nin tesis yönetiminde kullanımını engelleyen 26 faktör belirlemiş ve bulanık AHP ile önceliklendirilmiştir. Yazılım, donanım ve insan kaynağının eğitiminin yüksek maliyetli olması ile tesis yöneticilerinin YBM ve ilişkili teknolojiye hakim olmamasının en önemli engeller olduğunu tespit etmişlerdir. Başka bir çalışmada ise Naghshbandi (2016), YBM'nin TY'de yavaş benimsenmesinin altında yatan nedenleri daha iyi anlamak için, TY uygulayıcıları ve danışmanlarıyla doğrudan görüşerek, bu zorlukla ilgili bakış açılarını analiz ederek, YBM'nin tesis yönetiminde uygulanmasının önündeki temel engelleri araştırmıştır ve TY'de YBM entegrasyonu ile ilgili ana zorlukların bilgi gereksinimi ve güncel veri takibi olduğunu ardından bilgi boşluğu ve bilgi kalitesi engeli geldiğini tespit etmiştir. Fatkhurohman and Insanita (2023), tesis yönetiminde YBM kullanım stratejisini belirlemek için, en büyük YBM engellerini insan kaynaklarının kalitesi, uygulama yöntemleri ve uygulama maliyetleri gibi sınıflandırıp AHP yöntemi ile bu engelleri önceliklendirmiş ve insan kaynaklarının kalitesinin en yüksek olduğunu tespit etmiştir. Ikediashi et al. (2022), Nijerya'nın üç stratejik kentindeki paydaşlara ve tesis yöneticilerine anket uygulayarak en önemli engelleri YBM farkındalık eksikliği, internet hizmetleri için zayıf destekleyici altyapı, eğitim ve öğretim eksikliği olarak tespit etmiştir. Yolsuzluk ve kültürel sorunlar ise bu engellerden sonra en önemli faktörler olarak belirlenmiştir. Okwe et al. (2022),

tesis yönetiminde YBM kullanımının önündeki kritik engelleri belirlemek için literatür taraması ile on engel tespit etmiş ve Lagos, Nijerya merkezli Uluslararası Tesis Yönetimi Derneği'nin kayıtlı üyelerine Likert ölçeğine dayalı bir anket uygulamıştır. Verilerin tanımlayıcı (ortalama puan, standart sapma, frekans tabloları ve çizelgeleri) ve çıkarımsal istatistikler (Shapiro-Wilk ve Kruskal-Wallis testleri) kullanılarak analiz etmesi sonucunda YBM-TY entegrasyonunun faydalarına ilişkin yetersiz farkındalık seviyeleri, YBM uygulaması için sözleşmeye dayalı ve yasal çerçevenin bulunmaması, YBM-TY karşılıklı ilişkisi üzerine sınırlı çalışmalar, zayıf kabul seviyeleri, paydaşlar arasında değişime karşı direnç, YBM algısı ve mod verilerinin yetersizliği olmak üzere 6 kritik engel tespit edilmiştir. Bahçeci ve Polat (2020), tesis yönetiminde YBM teknolojisinin kullanımının yaygınlaşması önündeki engelleri ise, inşaat sektörünün bu teknolojilere uyum sürecinin yavaş olması, piyasada geleneksel proje sürecinin hâkim olması, sektör paydaşlarının şüpheli yaklaşımları, firmaların yenilikçi tekniklere kapalı olması, bu teknikler hakkındaki bilgi düzeyi yeterli seviyelerde olmadığından alanında yetkin personel bulmak büyük bir sorun teşkil etmekte, sistemlerin ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olması, sağlam bir alt yapı geliştirme ve nitelikli personel yetiştirme süreci gerektirmesi olarak tespit etmişlerdir. Aladağ (2022), firmaların tesis yönetiminde YBM kullanımı ve dijitalleşme önündeki engelleri araştırarak bu unsurları yeterli yetkin personel eksikliği, standartlaşma eksikliği, teknolojiye adapte olunamaması, paydaşlar arası ortak çalışma eksikliği, kültürel/teknik dirençler, mali yük ve yatırım getirisi belirsizliği olarak belirlemiştir. Bu engeller içerisinde en büyük unsuru yeterli yetkin personel olmaması ve tüm paydaşlar için entegrasyon sağlanamaması olarak tespit etmiştir. Kömürcü ve Üçel (2022), 2018 yılında BIMgenius tarafından gerçekleştirilen anket ve Yeni İstanbul Havalimanı projesi YBM müdürü görüşmesi ile engeller üzerinde araştırma yapmıştır ve en büyük engellerin paydaşların ve alt yüklenicilerin teknik olarak yetersiz olması, YBM'nin tesis yönetiminde kullanımının potansiyel faydalarının firmalar tarafından henüz anlaşılamamış olması ve YBM konusunda uzman iş gücü ve eğitim eksikliği olduğunu tespit etmiştir. Codinhoto et al. (2013), tesis yönetiminde bir binanın performansının görselleştirilmesini ve yönetimini desteklemek için YBM kullanım potansiyelini değerlendirmek ve yaygınlaşması önündeki engelleri belirlemek için sektördeki

tasarımcılar ve uygulamacılar ile görüşme yoluyla veri toplamıştır. Operasyonel yönetimi desteklemek için verilerin sağlanmasının tanımlanmasında tasarım ve uygulayıcı arasında sınırlı koordinasyon; bina tasarımındakilerin gerisinde kalan bina işletimindeki bilgi yönetimi standartları; varlıkların performansla ilgili optimizasyonundan ziyade, bilgi sağlayıcılar tarafından varlık bakım sorunlarına odaklanması; YBM uygulamasının tekrarlanabilir bir biçimde gösterildiği gerçek vakaların olmaması; devam eden bina performansı optimizasyonunu desteklemek için YBM'nin en iyi şekilde nasıl kullanılabileceğine dair ayrıntılı rehberliğin olmamasını en önemli engeller olarak belirlemişlerdir. Hassanain et al. (2023), Suudi Arabistan'daki tesis yönetimi uygulamasında YBM kullanmanın zorluklarını tespit etmek için uzmanlara, tesis yöneticilerine, bakım yöneticilerine beş noktalı Likert ölçekli bir anket tasarlamıştır. 31 engel içerisinde, en etkili zorlukların bina sistemleri tasarımının YBM ile entegrasyonu, devir gereksinimlerinin tanımı, TY ile YBM arasındaki entegrasyon gereksinimleri ve uygun ve doğru bilgi edinme olduğunu tespit etmiştir.

Literatürde tesis yönetiminde SG'nin kullanılmasına yönelik engelleri konu alan sınırlı sayıda çalışmanın bulunduğu görülmektedir. Mostafa and Alaqeeli (2022), Nesnelerin İnterneti (IoT), SG ve Artırılmış Gerçeklik (AG) entegre etmenin zorluklarını araştırmayı amaçlamışlar ve bu engelleri mali, teknik, bilgi yetersizliği olarak ana kategorilere ayırmıştır. Fernandes et al. (2006), Birleşik Krallık inşaat firmalarının tesis yönetiminde SG teknolojisinin benimsenmesinin önündeki engelleri incelemiştir. Çalışmanın sonucunda en önemli engellerin yönetsel ve stratejik faktörler olduğunu; engellerin üç ana gruba ayrılabilceğini ve bunların proje ile ilgili faktörler, çevresel faktörler ve organizasyonel faktörler olduğunu tespit etmiştir. Öte yandan, Azuma et al. (2001), Ding et al. (2015) ve Billingham et al. (2000), tesis yönetiminde SG ve YBM entegre sistemlerin kullanılmasının önündeki en önemli engellerin üst yönetim desteği, rekabet ortamı, organizasyonel yapı durumu, şirket stratejisi ve büyüklüğü gibi teknik sınırlamalar olduğunu tespit etmişlerdir. Sonuç olarak, YBM ve SG teknolojilerinin tesis yönetiminde kullanılmasına yönelik potansiyel olmasına karşın çeşitli engellerden dolayı sektörde yaygınlaşması yavaşlamaktadır. Literatürde yapılan araştırmaların çoğunlukla gelişmiş ülkelerde yapıldığı ve Türkiye'de tesis yönetiminde YBM ve SG teknolojilerinin birlikte kullanımına

ilişkin engeller ve sektör algısına ilişkin çalışmalara nadiren rastlanmaktadır. Dolayısıyla, Türkiye’de bu teknolojilerin tesis yönetiminde kullanımın yaygınlaşması için potansiyel kullanım alanlarının ve kullanıcıların algılarının belirlenmesi; kullanımına yönelik engellerin ortaya konulması ve önceliklendirilmesi ile engellerin aşılması için öneriler geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, ilk olarak Türkiye’de tesis yönetiminde YBM ve SG teknolojisinin inşaat sektöründe bilinirliğini keşfetmek, YBM ve SG potansiyel kullanım alanlarını belirlemek, kullanımı için potansiyel zorlukları ve engelleri tanımlamak ve önem sırasını oluşturmak, kullanıcıların sisteme karşı algısını belirlemek ve sektörde kullanımının yaygınlaştırılmasına yönelik öneriler geliştirilmiştir. Bu amaçla öncelikle ikinci bölümde tesis yönetimi, amaç ve kapsamı, tarihsel gelişimi ile ilgili literatür sunulmuştur. Üçüncü bölümde, YBM ve SG teknolojisinin tesis yönetiminde kullanımı araştırılmıştır. Dördüncü bölümde araştırmada verilere ulaşmak için hazırlanan anket içeriği tanıtılmış, verilerin analizi için seçilen AHP ve TOPSİS yöntemleri açıklanmıştır. Beşinci bölümde anket aracılığıyla toplanan verilerin analizine ilişkin bulgular sunulmuştur. Altıncı bölümde, sonuçlar değerlendirilmiş ve öneriler geliştirilmiştir.

## 2. TESİS YÖNETİMİ

Türkiye Tesis Yönetim Derneği (TRFMA) tesis kavramını, “*İnsanların yaşadığı veya çalıştığı tüm binalar, iş merkezleri, plazalar, siteler, rezidanslar, AVM’ler, fabrikalar, hastaneler, havaalanları, oteller, okullar vb. mekânlardır.*” şeklinde tanımlanmaktadır (TRFMA, 2023). Tesis Yönetimi ise havalimanları, hastaneler, alışveriş merkezleri, bankalar, okullar, kongre merkezleri, ofisler, oteller, fabrikalar, mekânsal alanlar, altyapı ve ilgili iş gücü dahil olmak üzere çeşitli işletme fonksiyonlarına sahip yapıların yönetimini kapsamaktadır. Chung et al. (2018), tesis yönetiminin farklı kişilerin işbirliği ve koordinasyonunu gerektirdiği multidisipliner bir alan olduğunu belirtmektedir. Uluslararası Tesis Yönetimi Kuruluşu – International Facility Management Association (IFMA) ve TRFMA, tesis yönetimini bir meslek olarak tanımlamış ve inşaatı tamamlanan tüm binaların, tesislerin sürdürülebilmesi ve geliştirilmesi için; insan, mekân, teknoloji ve süreçleri birleştiren, birden fazla disiplini kapsayan uzmanlık ve deneyim gerektirdiğini belirtmiştir (IFMA, 2023; TRFMA, 2023). Alatl (2019) tesis yönetimini yönetim, denetim, teknik kontroller, bakım, onarım, atık yönetimi, peyzaj, finans, bilişim, eğitim, danışmanlık vb. hizmetler ile asansör, yürüyen merdiven, dış cephe temizlik üniteleri ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemleri, tesisatlar, görüntüleme ve güvenlik sistemleri, enerji sistemleri, yangın sistemleri, dekorasyon malzemeleri vb. gibi pek çok farklı disiplin ürünlerini içeren çok geniş kapsamlı bir faaliyet alanı olarak tanımlamaktadır. ISO (2017), TY’i organizasyonel bir işlev olarak tanımlamakta ve insanların yaşam kalitesini ve temel işletmenin verimliliğini arttırmak amacıyla inşa edilen çevre içinde insanları, yeri ve süreci bütünleştirdiğini belirtmektedir (ISO:41011, 2017).

Temelde Tesis Yönetimi, temel faaliyetlerini desteklemek ve genel performansını artırmak için bir kuruluş içindeki çeşitli süreçleri ve işlevleri entegre etmekle ilgilidir. Tesisin optimal işleyişine ve organizasyonel hedeflere ulaşılmasına katkıda bulunan faaliyetlerin stratejik planlamasını, koordinasyonunu ve yürütülmesini içerir. Bu, hizmet sağlayıcıları yönetmeyi, uygun maliyetli stratejiler uygulamayı, enerji tüketimini optimize etmeyi, düzenlemelere uyumu sürdürmeyi ve çalışanlar ile ziyaretçiler için güvenli ve üretken bir ortamı teşvik etmeyi içerir (Atlal, 2019).

Bütüncül bir yaklaşım benimseyen Tesis Yönetimi, kuruluşların kaynaklarını optimize etmesine, operasyonel verimliliği artırmasına ve paydaşları için gelişmiş bir deneyim sağlamasına olanak tanır. Gelişen ihtiyaçları ve endüstri standartlarını karşılamak için süreçlerin ve hizmetlerin sürekli olarak değerlendirilmesini, izlenmesini ve iyileştirilmesini içerir. Sonuç olarak, tesis yönetimi, kuruluşların stratejik amaç ve hedefleriyle uyumlu olmalı ve kuruluşların temel faaliyetlerine ve hedeflerine odaklanmalarını sağlamalıdır. Bunun için de tesislerin işlevselliğini, sürdürülebilirliğini ve genel performansını artırmada önemli bir rol oynamaktadır.

## 2.1. Tesis Yönetimi Amaçları

Tesis yönetimi, stratejik planlama ve operasyonel optimizasyon yoluyla kuruluşların başarısına ve karlılığına katkıda bulunurken, tesislerinin verimli ve sürdürülebilir bir şekilde çalışmasını sağlamaktadır.

Tesis yönetimi, maliyet etkinliği, üretkenliği artırma ve çalışanlar ile bina sakinlerinin yaşam kalitesini artırma ilkeleri tarafından yürütülmektedir. Tesis yönetiminin birincil amacı, dayatılan mali kısıtlamalar dahilinde çalışırken kuruluşun ihtiyaç ve gereksinimlerinin karşılanması arasında bir denge kurmaktır. Bu denge, işletme içindeki operasyonel birimlerin genişlemesini ve büyümesini kolaylaştırmak için çok önemli görülmektedir.

Maliyet verimliliği, sağlanan hizmetlerin kalitesinden ödün vermeden kaynak tahsisini optimize etmeyi ve işletme maliyetlerini en aza indirmeyi amaçlayan tesis yönetiminde önemli bir husustur. Tesis yöneticileri, zaman içinde anlamlı maliyet karşılaştırmaları sağlamak için maliyetleri belirlemeli ve ilgili kıyaslamalarla karşılaştırmalıdır. Düzenli maliyet değerlendirmeleri, uygun maliyetli karar vermeye katkıda bulunmaktadır (Roper and Payant, 2014). İstenen finansal sonuçlara ulaşmak için enerji yönetimi, bakım optimizasyonu ve etkili satın alma uygulamaları gibi stratejilerin uygulanmasını içermektedir (Aziz et al., 2016).

Tesis yönetimi, maliyet etkinliğine ek olarak, kuruluş içinde üretkenliği artırmaya da odaklanmaktadır. Tesis yöneticileri, fiziksel ortamı optimize ederek, işlevsel ve iyi tasarlanmış çalışma alanları sağlamakta ve verimli süreçler ve

teknolojiler uygulayarak, çalışanların üretkenliğini ve genel operasyonel performansı artırmaya katkıda bulunmaktadır (Aziz et al., 2016). Ayrıca, karşılaştırma, kullanıcı geri bildirimi ve yönetimin katılımı yoluyla verimliliğin sürekli olarak değerlendirilmesi, tesislerde üretkenliği artırmaya yardımcı olmaktadır (Roper and Payant, 2014).

Ayrıca tesis yönetimi, çalışanların refahına ve yaşam kalitesini artırmayı amaçlamaktadır. Tesis yöneticileri rahat, güvenli ve sağlıklı çalışma ortamları yaratarak çalışanların fiziksel ve zihinsel esenliğine katkıda bulunmakta, iş doyumunun, bağlılığın ve elde tutmanın artmasına yol açmaktadır (Aziz et al., 2016; Roper and Payant, 2014).

Kuruluşun ihtiyaçlarını mali kısıtlamalara karşı dengelemek, tesis yönetiminde sürekli olan bir süreçtir. Tesis yöneticileri, kuruluşun stratejik hedeflerini, operasyonel gerekliliklerini ve mevcut finansal kaynakları göz önünde bulundurarak kaynakları etkili bir şekilde önceliklendirmeli ve tahsis etmelidir. Bu, hem kısa vadeli finansal hedefleri hem de uzun vadeli sürdürülebilirlik ve büyüme hedeflerini dikkate alan stratejik ve bütüncül bir yaklaşım gerektirmektedir (Aziz et al., 2016).

## **2.2. Tesis Yönetiminin Kapsamı**

Tesis yönetimi, yatırım yönetimi, alan yönetimi, varlık yönetimi ve insan yönetimi dahil olmak üzere çeşitli alanları kapsamaktadır. Bu alanlar içerisinde toplu olarak tesis yönetim hizmetlerinin temelini oluşturan çok sayıda alt başlık ve fonksiyon bulunmaktadır.

Yatırım yönetimi, satış/satın alma, kiralama/devir ve tesislerin yeniden inşası/modernizasyonu gibi faaliyetleri içermektedir. Tesis yönetiminin finansal yönlerini optimize etmeye ve mülk yatırımlarıyla ilgili stratejik kararlar almaya odaklanmaktadır (Erentürk, 2018). Ayrıca, tesis yönetimi, ilk yatırım maliyetlerinin yanı sıra tesis sahipliğiyle ilgili devam eden giderlerin değerlendirilmesini ve anlaşılmasını içermektedir. Yalnızca sermaye veya başlangıç maliyetlerine odaklanmak yerine, bilinçli kararlar almak için yaşam döngüsü maliyetleri dikkate alınmalıdır (Roper and Payant, 2014).

Alan yönetimi, alan tasarımı, yerleşim/yer değiştirme ve tahsis yönetimi dahil olmak üzere, alanın etkin kullanımıyla ilgili hizmetleri içermektedir. Tesisler içindeki fiziksel ortamın işlevselliğini ve üretkenliğini en üst düzeye çıkarmayı amaçlamaktadır (Erentürk, 2018).

Varlık yönetimi geniş bir kapsama sahiptir ve bakım yönetimi/tadilat, kiralama/gayrimenkul yönetimi, bina ve tesis dönüşümü, bina ve tesis hizmetleri, bina yönetimi gibi çeşitli alt alanları içermektedir. Bu alan, tesislerdeki fiziksel varlıkların bakımı, yenilenmesi ve kullanımı ile kiralık mülklerin ve gayrimenkul portföylerinin yönetimi ile ilgili faaliyetleri kapsamaktadır (Erentürk, 2018).

İnsan yönetimi, işgücü planlaması, personel tahsisi, eğitim, geliştirme ve genel organizasyonel koordinasyon gibi işlevler dahil olmak üzere tesislerdeki insan kaynaklarının yönetimine odaklanmaktadır (Erentürk, 2018).

Tesis yönetiminin kapsamının çok geniş olması, bu alanda ortak bir anlayışın oluşturulması ve iş fırsatlarının yaratılmasında uluslararası standardizasyon ihtiyacını ortaya çıkarmaktadır. Bu sayede tesis yönetimi profesyonelleri ve kuruluşları, uluslararası standartları benimseyerek uygulamalarını, süreçlerini ve performanslarını küresel en iyi uygulamalarla uyumlu hale getirebilme fırsatı yakalamaktadır. Bu, farklı bölgeler ve endüstriler arasında tutarlılık, verimlilik ve birlikte çalışabilirliğin sağlanmasına yardımcı olmaktadır. Tesis yönetimi alanında uluslararası standardizasyon oluşturma anlamında IFMA gibi kuruluşlar tarafından tanımlanan yetkinlikler, profesyonel gelişim için standart bir çerçeve oluşturmakta ve tesis yönetiminin çeşitli ihtiyaçlarının etkili bir şekilde karşılanmasını sağlamaktadır. Bu yetkinlikler şunlardır:

- İletişim
- Acil durum hazırlığı ve iş
- Çevre yönetimi ve sürdürülebilirlik
- Finans ve iş
- İnsan faktörleri
- Liderlik ve strateji
- Operasyonlar ve bakım
- Proje yönetimi
- Kalite

- Gayrimenkul ve gayrimenkul yönetimi
- Teknoloji

## 2.3. Tesis Yönetimi Tarihsel Gelişimi

### 2.3.1 Dünyada tesis yönetimi

1900'lü yılların ikinci yarısında tesis yönetiminin sistemli ve modern bir yaklaşımla ele alınan bir kavram olarak ortaya çıkmasıyla birlikte önemli bir gelişme yaşanmıştır. İlk organize, koordineli ve çok işlevli ancak dağınık tesis yönetim şirketlerinin kökeni Amerika Birleşik Devletleri'ndeki demiryolu endüstrisidir (Nor ve Azman, 2014). Demiryolları, geniş ağlarında sorunsuz operasyonlar sağlamak için kapsamlı bir gözetim gerektirdiğinden, etkili yönetim uygulamalarına olan ihtiyaç bu bağlamda ortaya çıkmıştır.

Zaman ilerledikçe, özellikle 1950'den sonra Amerika ve Avrupa'da ofislerin ve ofis binalarının hızla büyümesi, bu genişleyen alanların artan taleplerini karşılamak için profesyonel yönetim stratejilerine olan ihtiyacı artırmıştır. Çok sayıda ofis ve bu kadar çeşitli ortamları yönetmenin karmaşıklığı, söz konusu karmaşıklıkların etkili bir şekilde üstesinden gelmek için daha fazla yapılandırılmış ve uzmanlaşmış bir yaklaşımın gerekli olduğunun fark edilmesini sağlamıştır (Nor ve Azman, 2014).

"Tesis Yönetimi" terimi, bilgisayar teknolojisi ve ağ yönetimi konusunda uzmanlaşmış bir Amerikan şirketi olan Electronic Data Systems'ın vizyon sahibi kurucusu Ross Perot'un çabalarında köklerini bulmuştur. Başlangıçta EDS bağlamında kullanılan tesis yönetimi kavramı, orijinal kapsamını hızla aştı ve çeşitli ofis ve bina gereksinimlerinin daha geniş yönetimini kapsayacak şekilde gelişmiştir (Jeffrey, 2017). Konseptin bu şekilde genişletilmesi, yalnızca teknik yönleri değil, aynı zamanda tesis yönetimi alanındaki insan kaynakları, yasal yükümlülükler ve mali hususların karmaşık etkileşimini de ele alan kapsamlı çözümlerin dahil edilmesine izin vermiştir.

1970'lerin başındaki enerji krizine yanıt olarak, maliyetlerin düşürülmesi giderek daha önemli hale geldi. 1979'da, ünlü bir ofis malzemeleri üreticisi olan Herman Miller, çeşitli mülk danışmanlarını, ofis kullanıcılarını ve bina paydaşlarını bir araya getirerek Tesis Yönetim Enstitüsü'nün (FMI) kurulmasında

çok önemli bir rol oynamıştır. Bu, endüstride tesis yönetiminin temsil edilmesi ve ilerlemesinde önemli bir dönüm noktası olmuştur (Wiggins, 2010).

Mayıs 1980'de George Graves, bir tesis yönetimi derneği için resmi olarak bir örgütsel temel oluşturmak amacıyla ABD, Teksas, Houston'da çok önemli bir toplantı düzenlemiştir. Toplantının sonunda, Ulusal Tesis Yönetimi Derneği (NFMA) bir anayasa, tüzük, geçici görevliler ve ülke çapında genişleme planları formüle etmiştir (IFMA, 2023).

Açılış NFMA toplantısı 47 katılımcı ile Ekim 1980'de gerçekleşmiş ve 25 kişi derneğin doğrudan üyesi olmuştur. Houston katılımcıları, derneğin ilk bölümünün oluşturulmasında çok önemli bir rol oynamışlar ve ikinci yıllık ulusal konferansa (IFMA, 2023) ev sahipliği yapma taahhütlerini ifade etmişlerdir.

1982'de NFMA tarihinde önemli bir dönüm noktası meydana gelmiş ve dernek için dönüştürücü bir değişikliğe yol açmıştır. NFMA, Toronto Bölümü'nde bir kanun çıkararak dikkate değer bir dönüşüm geçirmiş ve resmi olarak Uluslararası Tesis Yönetimi Derneği (IFMA) ismini almıştır. Bu değişiklik yalnızca kuruluşun artan küresel varlığını yansıtmakla kalmamış, aynı zamanda tesis yönetiminde uluslararası ölçekte lider otorite olarak hizmet etme isteğinin de sinyalini vermiştir (IFMA, 2023).

Ann Arbor, Michigan, ABD merkezli kar amacı gütmeyen bir dernek olarak faaliyet gösteren IFMA, tesis yönetimi alanında itici bir güç olarak konumunu sağlamlaştırmaya başlamıştır. Mütevazı başlangıçlarına rağmen, dernek üyelerine değer destekleri sağlamaya kararlı olup, 1982'de IFMA, 400'den fazla üyenin ihtiyaçlarını karşılamak için sürekli çalışan iki personelden oluşan özel bir ekip istihdam etmiştir ve bu da kuruluşun profesyonel büyüme ve gelişmeyi desteklemeye olan bağlılığını ayrıca göstermektedir (IFMA, 2023).

1984 yılında, IFMA stratejik bir karar alarak ofisini Houston, Texas, ABD'ye taşımıştır. Bu hareket, derneğe gelişmiş bir mevcudiyet ve erişilebilirlik sunarak üyelerle daha yakın işbirliğine ve tesis yönetimi topluluğu içinde daha fazla katılıma neden olmuştur (IFMA, 2023).

Alanı geliştirerek eğitimin önemini kabul eden IFMA, 1985 yılında bir Eğitim Komitesi kurmuştur. Bu komite, gelişmek isteyen eğitim kurumları ve profesyoneller için bir bilgi ve uzmanlık ölçüt görevi görerek, tesis yönetiminin geleceğini şekillendirmede çok önemli bir rol oynamıştır (IFMA, 2023).

1986'da IFMA, tesis yönetimine ilişkin ilk resmi bildirisini yayınlarak önemli bir adım atmıştır. Bu dönüm noktası niteliğindeki belge, mesleği tanımlamayı ve IFMA'nın tesis yönetiminin çeşitli yönleri üzerindeki konumunu netleştirmeyi amaçlamıştır. Açık rehberlik sağlayarak ve endüstri standartlarını belirleyerek IFMA, tesis yönetiminin ayrı bir disiplin olarak profesyonelleşmesine ve tanınmasına katkıda bulunacak bir düşünce lideri olarak rolünü daha da sağlamlaştırmıştır (IFMA, 2023).

IFMA'ya geçiş, genel merkezin taşınması, eğitim girişimleri ve resmi bir açıklamanın yayınlanması dahil olmak üzere bu önemli gelişmeler, IFMA'yı küresel tesis yönetimi liderliğinin ön saflarına taşımıştır. Derneğin profesyonel gelişim, bilgi paylaşımı ve endüstri standartlarına bağlılığı, alanın şekillenmesinde ve IFMA'nın tesis yönetimi uygulamalarını geliştirmeye adanmış önde gelen uluslararası kuruluş olarak kurulmasında hayati bir rol oynamıştır (IFMA, 2023; Hodge, 2021).

1990'larda IFMA, sektördeki eğitimli Tesis Yönetimi Profesyonellerinin sayısını artırma ihtiyacını fark etmiştir. Sonuç olarak dernek, aday tesis yöneticileri için kapsamlı eğitim ve beceri geliştirme sağlamayı amaçlayan sertifikalı eğitim programları başlatmıştır (IFMA, 2023). Bu süre zarfında, modern bilgisayarların tesislere entegrasyonu ile sektör, ihtiyaçlarda önemli bir değişime tanık olmuştur. Bu gelişme bilgi teknolojilerinin ilerlemesini gerektirmiş, enerji yönetimi, performans takibi, iş emri yönetimi, otomasyon gibi görevler için bilgisayar destekli tesis yönetim yazılımlarının kullanılmasını sağlamıştır. Ayrıca, Mekansal planlama ve tasarım, enerji yönetimi, varlık yönetimi, gayrimenkul yönetimi ve sözleşme yönetimi dahil olmak üzere Sert ve Yumuşak Tesis Yönetimi içinde yeni odak alanları ortaya çıkmıştır (Hodge, 2021). Bu dönem, Klasik Tesis Yönetimi olarak bilinen şeyin yükselişine tanık olmuştur.

2000'li yıllarda klasik yaklaşımın yerini alan Toplam Tesis Yönetimi kavramı ön plana çıkmıştır. Bu yeni bakış açısı, temel tesis ihtiyaçlarının yanı sıra iş süreçlerinin entegrasyonunu vurgulamıştır. Dış kaynak kullanımı, tesisle ilgili görevlerin ötesine geçerek bordro, insan kaynakları, finans ve daha fazlası gibi işlevleri kapsayacak şekilde daha yaygın hale gelmiştir. Atık yönetimi de bu

dönemde önem kazanmış ve tesis yönetimi uygulamalarının ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir (Hodge, 2021).

2010 yılından günümüze kadar devam eden Tesis Yönetimi, bütünsel ve dinamik bir alana evrilmiştir. Kâr amacı ne olursa olsun, işletme ve kuruluşların temel faaliyetlerinin ötesindeki tüm destek hizmetlerini kapsayacak şekilde kapsamını genişletmiştir. Bu dönemde daha çok üzerinde durulan alanlar işyeri yönetimi, işyeri değişim yönetimi, sürdürülebilirlik, enerji verimliliği, yenilenebilir enerji kullanımı, karbon salınımını azaltma çabaları, akıllı bina yönetimi, risk azaltma, teknoloji yönetimi, müşteri deneyimi, anahtar performans göstergeleri aracılığıyla çalışan performansının izlenmesi ve iyileştirilmesidir (Şahin, 2022). Endüstrinin sürekli değişen doğası, tesis yöneticilerini operasyonel verimliliği optimize etmek ve kuruluşlarına gelişmiş değer sağlamak için bu yeni kavramları benimsemeye zorlamaktadır.

### **2.3.2 Türkiye’de tesis yönetimi**

Türkiye’de Tesis Yönetimi kavramının gelişimi, başlangıçta temizlik ve güvenlik hizmetlerinin dışarıdan temin edilmesiyle başlayan, dünyanın diğer bölgelerine benzer bir seyir izlemiştir. Tesis yönetimi için dış kaynak kullanımının bu erken örnekleri, öncelikle belirli ihtiyaçları karşılayan küçük işletmelerde görülmüştür. Ancak, özellikle 1980’lerin başında, yabancı sermayeli şirketlerin de katılımıyla, Tesis Yönetiminde ilk kayda değer gelişmelerin ortaya çıktığı yer otelcilik sektörü olmuştur. Lüks oteller, ticari operasyonları için gerekli mülk bakım hizmetlerini sağlamak üzere diğer ülkelerden yabancı şirketleri görevlendirerek alanın gelişmesinde öncü bir rol oynamıştır. (Tanrıvermiş, 2022).

Türkiye’de gayrimenkul sektörü, özellikle 1990’dan sonra apartman, kat mülkiyeti ve konut sitelerinde önemli bir artış yaşamıştır. Bu hızlı büyüme, bu mülklerin sorunsuz çalışmasını sağlamak için etkili yönetim çözümlerine yönelik acil bir ihtiyaç yaratmıştır. İstanbul, tesis yönetiminde çok katmanlı ve çok paydaşlı yapıların ilk örneklerine tanık olurken, bu tür gelişmeler sonraki yıllarda kademeli olarak Ankara ve İzmir de dahil olmak üzere diğer kilit şehirlere yayılmıştır. (Tanrıvermiş, 2022).

1990’ların başları, bu dönemde ortaya çıkan modern yüksek katlı ve yüksek teknolojili komplekslerde; yönetim ve teknik uzmanlığa yönelik talepleri

beraberinde getirmiştir. Bina sahipleri, bu işletme ve bakım ihtiyaçlarını karşılamak için profesyonel mülk yönetimi gruplarının gerekliliğini kabul etmiştir. Önemli bir örnek, 1993 yılında faaliyete geçen ve kapsamlı tesis yönetimi hizmetlerinin potansiyelini sergilemede önemli bir rol oynayan Sabancı Towers'tır. Artan profesyonel yönetim talebiyle öne çıkan bir diğer gelişme de Yapı Kredi Plaza'nın yönetim ve operasyonel ihtiyaçlarını karşılamak üzere kurulan Plaza Bina Yönetim A.Ş.'nin kuruluşudur (Tanrıvermiş, 2022).

Buna paralel olarak inşaat firmaları bünyesinde çeşitli yönetim şirketleri kurularak yeni tesislerin işletmeye alınması sağlanmıştır. YKS Tesis Bakım Onarım Hizmetleri A.Ş. ve STFA - OGDEN Servis ve Yönetim gibi şirketler, farklı sektörlerde artan profesyonel yönetim talebini karşılamak için kapsamlı tesis yönetimi hizmetleri sunan bu akımın öne çıkan örnekleri olarak ortaya çıkmıştır.

Tesis Yönetiminin Türkiye'deki gelişimi, küresel trendlerle paralel bir ilerlemeyi yansıtmaktadır. Gelişmekte olan emlak ortamına ve modern bina ve komplekslerin taleplerine yanıt olarak uzmanlaşmış hizmetlere ve profesyonel yönetim uygulamalarına yönelik artan ihtiyaç büyümüştür. Türkiye hızlı kentleşmeye ve ekonomik büyümeye tanıklık etmeye devam ederken, Tesis Yönetiminin rolü ülke genelinde yapıları çevrelerin verimli ve sürdürülebilir bir şekilde işletilmesini sağlayarak daha da genişlemeye hazırlanmaktadır (Tanrıvermiş, 2022).

Emlak sektörünün hızlı büyümesi ve kullanıcı beklentilerinin değişen dinamikleri ile şekillenen Tesis Yönetimi anlayışı gayrimenkul endüstrisinde çeşitli yaklaşımların ortaya çıkmasına neden olmuştur. Başlangıçta çok katlı plazalar ve ofis binalarının gelişmesi, Tesis Yönetimi uygulamalarının önünü açmış, ardından organize alışveriş merkezleri yatırımları yapmıştır.

Son yıllarda, özellikle yaşadıkları yerler ile ilgili olarak kullanıcı beklentilerinde kayda değer bir değişim olmaktadır. Bu da kaliteli konut ve site projelerinin çeşitlenmesini sağlamaktadır. İnşaat sektörü, Tesis Yönetimini şekillendirmede, müşteri taleplerine cevap vermede ve gelişimini etkilemede önemli bir rol oynamaktadır. Bu taleplere yanıt olarak, akıllı tesisler ve büyük ölçekli siteler, çeşitli konseptleri hayata geçirerek, teknolojiyi yavaş yavaş bu çerçevelere dahil etmektedir. İnşaat şirketleri rekabetçi bir pazarda kendilerini

farklılaştırmaya çalışmaktadır. Farklılaşma adımlarında, site yönetimlerinde tesis yönetimi algısı belirleyici bir faktör olmaktadır.

Müşteri beklentilerini karşılama ve benzersiz deneyimler yaratma ihtiyacı, Tesis Yönetimi hizmetlerinin genişlemesini sağlamıştır. Bu hizmetler, bakım, güvenlik, temizlik, enerji yönetimi ve müşteri hizmetleri dahil olmak üzere bir dizi işlevi kapsayacak şekilde gelişmiştir. Gayrimenkul sektörü büyümeye ve çeşitlenmeye devam ettikçe, tesislerin verimli ve sürdürülebilir bir şekilde işletilmesinin sağlanmasında Tesis Yönetiminin rolü giderek daha önemli hale gelmektedir.

Ayrıca, teknolojiadaki ilerlemeler Tesis Yönetimi uygulamalarının gelişimini daha da ilerletmiştir. Akıllı teknolojilerin, veri analitiğinin ve otomasyonun entegrasyonu, tesislerin yönetilme ve optimize edilme biçiminde devrim yaratmıştır. Enerji tüketimini izleyen ve kontrol eden akıllı bina sistemlerinden veri odaklı bakıma kadar teknoloji, Tesis Yönetimi stratejilerinin ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir.

Okulların, alışveriş merkezlerinin, ofislerin ve konutların bir arada bulunduğu karma kullanımlı projelerin çoğalması, maliyet kontrolü ve yönetiminde profesyonel yaklaşımlara olan talebin artmasına neden olmuştur. Ek olarak, gelişmiş otomasyon teknolojileriyle karakterize edilen akıllı binaların artan varlığı, etkili gözetim ihtiyacını daha da vurgulamıştır. Sonuç olarak, teknik bileşenlerin, yasal yükümlülüklerin, insan kaynaklarının ve finansmanın yönetimini merkezileştirerek süreci tek bir kaynaktan düzene sokan entegre çözümlerin sunduğu faydalar giderek daha fazla kabul görmektedir (Tanrıvermiş, 2022).

Tesis Yönetimi sektörünün gelişmesi ve güvenlik, temizlik gibi hizmetlere olan talebin artması nedeniyle bazı taşeron firmalar bu gelişmelere hizmet alanlarını genişleterek cevap vermişlerdir. Bunu yaparken de profesyonel anlamda “tesis yönetim” şirketleri olarak kabul edilebilecek organizasyonlara dönüşmüşlerdir. Sayıca az olan bu şirketler, sektörün şekillenmesinde ve müşterilerin gelişen ihtiyaçlarının karşılanmasında çok önemli bir rol oynamaktadır.

Ancak sektördeki asıl dönüşüm ve önemli sıçrama yabancı sermayeli çok uluslu tesis yönetim şirketlerinin Türkiye pazarına girmesiyle gerçekleşmiştir.

Yabancı yatırımcıların gayrimenkul sektöründe artan varlığı ve pazarın artan hacmi, uluslararası şirketlerin Türkiye'de yer edinme ilgisini çekmiştir.

2000'li yılların başından bu yana, çok uluslu tesis yönetim şirketleri, ülkenin ekonomik gelişmelerinden yararlanarak Türkiye pazarına yoğun ilgi göstermiştir. Bu şirketler güçlü sermaye yapılarıyla pazara girmiş, ortaklıklar kurmuş ve zaman içinde yerel firmaları bünyesine katarak pazar paylarını güçlendirmiştir. Türkiye pazarına giren öncü yabancı firmalar arasında Johnson Controls ve Sodexo Entegre gibi sektör devleri yer almıştır. Akabinde Siemens Building and Real Estate Management ve ISS (Integrated Service Solutions) gibi global oyuncular Türkiye pazarına damgasını vurmuştur.

Aynı alanlarda faaliyet gösteren yerli firmaların büyümesi ve gelişmesi, yabancı sermayeli firmaların Türkiye pazarına girişini de etkilemiştir. Sektörün sürekli genişlemesi ve gelişmesi yeni yatırımları cezbetmekte, tesis yönetimi sektöründe faaliyet gösteren firma sayısında sürdürülebilir büyümeye yol açmaktadır.

Çok uluslu tesis yönetim şirketlerinin varlığı Türkiye pazarına önemli faydalar sağlamıştır. Bu şirketler yalnızca gelişmiş uzmanlık, küresel en iyi uygulamalar ve teknolojik yenilikler getirmekle kalmamış, aynı zamanda ülkedeki tesis yönetimi hizmetlerinin standartlarını da yükseltmiştir. Girişleri, sağlıklı rekabeti teşvik etmiş ve yerli şirketleri rekabetçi kalabilmek için gelişmeye ve yenilik yapmaya teşvik etmiştir.

Türkiye'de tesis yönetimi sektörünün hem yerli hem de yabancı yatırımlarla sürekli büyümesi, gelişen ve dinamik bir sektör olarak konumunu pekiştirmektedir. Sektör, müşterilerin farklı ihtiyaçlarını karşılamak için geniş bir hizmet yelpazesi sunarak şirketlerin faaliyet göstermesi ve büyümesi için geniş fırsatlar sunmaktadır. Devam eden gelişme ve uzmanlık akışıyla birlikte, Türkiye'deki tesis yönetimi ortamı, sürekli büyüme ve sürekli başarı için hazırlanmaktadır.

### **3. TESİS YÖNETİMİNDE YAPI BİLGİ MODELLEMESİ (YBM) VE SANAL GERÇEKLİK(SG) TEKNOLOJİLERİNİN KULLANIMI**

Tesis kavramı ve tesis yönetimi uygulamaları geçmişte, ihtiyaçların doğmasıyla birlikte ortaya çıkmıştır. Belirli ortak ihtiyaçları karşılamak için ilk olarak tesisler inşa edilmekte, ardından artan kullanıcı sayısı sonucu bir yönetim ihtiyacını ortaya çıkarmakta, böylelikle tesis yönetimi kavramı oluşmaktadır.

Günümüzde çoğunlukla tesis yönetimi gözleme dayalı olarak yapılmakta ve teknolojinin yarattığı olanaklar çok fazla kullanılmamaktadır. Halbuki bu olanaklar kullanılarak daha hızlı ve doğru bilgilere ulaşılması mümkündür.

Yeni teknolojiler birçok insanın günlük yaşamını dönüştürmüş; verimlilik, doğruluk ve kesinlik elde etmeyi amaçlayan birçok geleneksel endüstri uygulamasında devrim yaratmıştır. Bu evrim, Nesnelerin İnterneti (IoT), büyük veri, bulut bilişim ve siber-fiziksel sistemler gibi teknolojilerdeki gelişmeler nedeniyle ivme kazanmıştır (Rajput ve Singh, 2019).

Bu yenilikler 4.0'ın güçlü yanları, izleme, kontrol, birlikte çalışabilirlik, gerçek zamanlı bilgi işleme ve süreç öz optimizasyonunda yatmaktadır (Rajput ve Singh, 2019). Fiziksel dünyanın sanal dünya ile bağlantısı, ürünlerin ve bileşenlerin kendi kendini uyarlayan ve kendi kendini yöneten bir iletişim ağı oluşturmasını sağlamaktadır (De Sousa Jabbour et al., 2018).

#### **3.1. Yapı Bilgi Modellemesi (YBM)**

Geçtiğimiz on yıl içinde dijitalleşme, çeşitli endüstriyel sektörlerde önemli dönüşümler sağlayarak üretkenliğin artmasına ve ürün kalitesinin artmasına yol açmıştır. Mimarlık, Mühendislik ve İnşaat (AEC) endüstrisi de, dijital araçların binaların tasarımına, inşasına ve işletilmesine entegrasyonu nedeniyle büyük bir değişim geçirmiştir. Bu araçlar, binaların oluşturulma ve yönetilme biçiminde devrim yaratarak süreç boyunca verimliliği ve etkinliği artırmıştır.

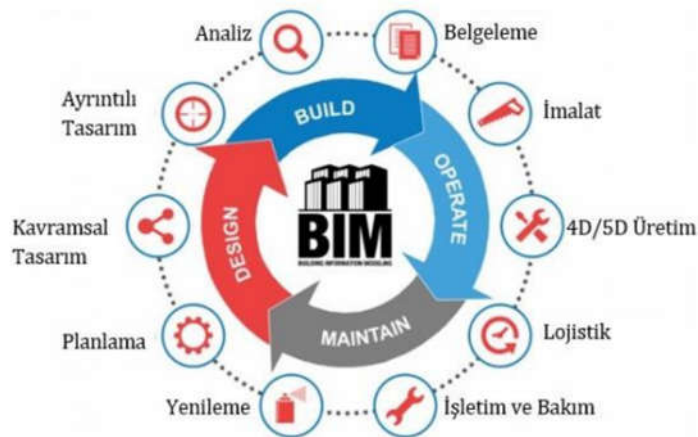
Ancak dijital araçların avantajlarına rağmen bilgi akışıyla ilgili zorluklar da bulunmaktadır. İster kağıt üzerindeki basılı düzenlerde ister dijital formatta olsun, çizimler aracılığıyla paylaşıldığında değerli veriler kaybolma eğilimindedir. Bilgi akışındaki bu kesinti, genellikle bina yaşam döngüsünün farklı aşamaları

arasındaki geçişler sırasında meydana gelmekte, boşluklar yaramakta ve bu şekilde kusursuz işbirliğini engellemektedir.

AEC endüstrisinde dijitalleşmenin faydalarından tam olarak yararlanmak için bilgi kaybı sorununu ele almak çok önemlidir. Bilginin sürekliliğini iyileştiren ve bir binanın tüm yaşam döngüsü boyunca sorunsuz akışını sağlayan çözümler bulmak çok önemlidir. Bu, paydaşların dijital araçların avantajlarını en üst düzeye çıkarmasını, süreçleri optimize etmesini ve tasarım, yapım ve işletimin farklı aşamaları arasındaki işbirliğini geliştirmesini sağlayacaktır.

Dijital araçlar AEC endüstrisini önemli ölçüde değiştirmiş olsa da, bilgi akışı ve sürekliliği ile ilgili zorlukların üstesinden gelinmesi gerekmektedir. Endüstri, veri paylaşımını ve sorunsuz işbirliğini iyileştirmenin yollarını bularak, dijitalleşmenin potansiyelinden tam olarak yararlanabilmekte ve bu şekilde bina tasarımı, inşaatı ve işletiminde gelişmiş verimlilik ve etkililiğe yol açabilecektir (Borrmann et al., 2018).

İnşaat sektöründe, sektörün verimliliğini artırmayı amaçlayan ilk dijitalleşme girişi, YBM'in yaygınlaşmasıyla görülmüştür (Ashworth et al., 2019). YBM, Geleneksel yöntemlerin neden olduğu aksaklıkları giderip bilgisayar teknolojisinin daha verimli kullanılmasını sağlamaktadır. YBM ile bilgiler dijital formatta analiz edilebilmekte ve saklanabilmekte, böylece çizimlerde el yazısı notlara olan ihtiyaç ortadan kalkmaktadır. YBM'de bina modelleri, tasarım entegrasyonunu ve senkronizasyonunu kolaylaştırarak tüm inşaat süreci üzerinde gelişmiş kontrole yol açmaktadır. Bu da, hataları önemli ölçüde azaltmakta ve verilerin yeniden girilmesi ihtiyacını en aza indirmektedir (Borrmann et al., 2018).

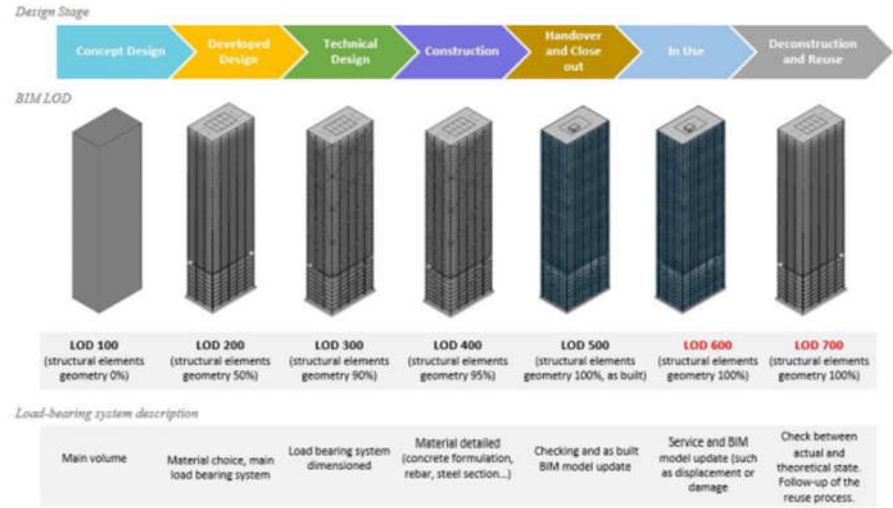


Şekil 3.1: Yapı bilgi modellemesi (Dortek, 2021)

YBM'in tanımı bir çok kayanağa göre değişir, ancak iki temel tanım öne çıkmaktadır. Autodesk'e göre YBM, planlama, tasarım, inşaat, işletme, bakım ve yıkım dahil olmak üzere projenin yaşam döngüsü boyunca koordinasyonu, işbirliğini, belge yönetimini ve simülasyonu kolaylaştırmak için akıllı bir 3B model kullanan bir çerçevedir. ABD Ulusal Bina Bilgi Modeli Standart Proje Komitesi, YBM'i bir tesisin işlevsel ve fiziksel özelliklerinin dijital bir temsili olarak tanımlamaktadır. Paydaşlar, YBM'i uygulayarak, paylaşılan bir bilgi kaynağına erişebilmekte ve binanın yaşam döngüsü boyunca bilgiye dayalı karar vermeyi mümkün kılmaktadır (BIM Benefits, Autodesk, 2021).

YBM çerçevesinde projeler, Gelişim Düzeyleri (LOD) olarak bilinen farklı gelişim düzeylerinde ilerlemektedir. LOD 100'den başlayarak, proje ilerledikçe ve gereksinimleri arttıkça belirli parametreler ve bilgiler YBM modeline kademeli olarak eklenmektedir. Bu ilerleme, YBM'in çeşitli boyutlarına yansıtılarak, modellerde artan ayrıntı düzeyi ve incelik anlamına gelmektedir (National BIM Standard, 2021).

- LOD 100 (Kısa): Performans gereksinimleri ve saha kısıtlamaları olan blok modeli.
- LOD 200 (Konsept): taban alanları ve hacimleri, yönlendirme ve maliyeti içeren kavramsal veya hacimsel model.
- LOD 300 (Geliştirilmiş Tasarım): Yaklaşık miktar, boyut, şekil, konum ve yönlendirme ile genelleştirilmiş sistemler.
- LOD 400 (Üretim): maliyetleri tahmin etmek ve mevcut düzenlemelere uygunluğu doğrulamak için kullanılabilir, dikkatle modellenmiş ve koordine edilmiş unsurlara sahip teknik tasarım modeli.
- LOD 500 (Kurulum): kesin gereksinimler ve özel bileşenler ile yapım ve montaj için uygun model.
- LOD 600 (Yapıldığı şekliyle): binanın nasıl inşa edildiğini ve yönetim ve bakım aşamalarında nasıl kullanıldığını gösteren ayrıntıları içeren model.
- LOD 700 (Kullanımda): Bakım ve sürekli izleme için kullanılacak binanın bilgilendirici modeli.



Şekil 3.2: YBM lod açıklamaları (The RIBA Plan of Work, 2022)

Özetle YBM, AEC endüstrisinde devrim yaratan bir dijitalleşme yaklaşımı olmaktadır. Geleneksel yöntemleri dijital araçlarla değiştirerek, bilgilerin verimli bir şekilde analiz edilmesini ve saklanmasını sağlamaktadır. YBM, bir binanın tüm yaşam döngüsü boyunca işbirliğini kolaylaştırmakta, hataları azaltmakta ve karar vermeyi geliştirmektedir. YBM modellerinin LOD'ler aracılığıyla ilerlemesi, projelerin gelişen doğasını ve modellere gömülü artan bilgi zenginliğini göstermektedir (United-BIM INC,2021).



Şekil 3.3: Tesis yönetimi boyutları (Pelevan ve Kazao, 2018)

YBM boyutları kavramı, Bina Bilgi Modellemesinin yeteneklerini genişletmede çok önemlidir. Şekil 3.3 de gösterilen bu boyutlar, her biri belirli bir amaca hizmet eden yapı bilgi modelinin farklı yönlerini temsil etmektedir.

İlk boyut olan 3D YBM, binanın geometrik ve coğrafi yönlerine odaklanmaktadır. Fiziksel yapının ve mekansal ilişkilerin model içinde görselleştirilmesini ve temsil edilmesini sağlamaktadır (United-BIM INC, 2021).

İleriye dönük olarak, 4D YBM, zaman ve program unsurlarını birleştirmektedir. Binanın zaman içinde nasıl inşa edileceğine dair dinamik bir anlayış sağlayarak, proje zaman çizelgelerinin ve inşaat sıralamasının entegrasyonuna izin vermektedir.

Maliyet yönetimi alanında 5D YBM devreye girmektedir. Bu boyut, maliyet verilerini entegre ederek proje yaşam döngüsü boyunca doğru maliyet tahmini ve bütçe takibi sağlamaktadır. (United-BIM INC, 2021)

Sürdürülebilirlik, 6D YBM boyutunda merkez sahneye çıkmaktadır. Enerji verimli ve çevre dostu projelerin geliştirilmesini desteklemek için sürdürülebilirlik konularını modele dahil etmeyi, enerji performansını, çevresel etkiyi ve genel sürdürülebilirlik hedeflerini analiz etmeyi içermektedir (United-BIM INC, 2021).

Son olarak, 7D YBM boyutu, tesis yönetimi ve binanın tüm yaşam döngüsü için bilgi depolama olarak işlev görmektedir. Varlık yönetimi, ekipman bakım programları ve doluluk bilgileri gibi tesis operasyonları ve bakımı ile ilgili verileri kapsamakta ve etkin tesis yönetimi sağlamaktadır (United-BIM INC, 2021).

Her bir boyut belirli bir amaca hizmet ederken, toplu olarak projenin genel maliyetinin, zaman çizelgesinin ve sürdürülebilirlik seviyesinin belirlenmesine katkıda bulunmaktadır. Bu boyutları YBM modeline entegre ederek, binanın yaşam döngüsü boyunca proje planlama, uygulama ve yönetim anlayışı geliştirilmektedir.

### **3.1.1. Dünyada ve Türk yapı sistemlerinde YBM kullanımı**

Yapı Bilgi Modellemesi (YBM), dünya çapında çeşitli ülkelerde önemli bir ilgi odağı haline gelmiştir. Kuzey Amerika'da YBM araçlarının benimsenme oranları 2007'de %28'den 2012'de %71'e yükselmiştir (Bernstein, 2012). Benzer şekilde, Birleşik Krallık da kendisini Avrupa'da YBM'in benimsenmesinde lider olarak konumlandırmak için önemli adımlar atmıştır. 2016'dan bu yana Birleşik

Krallık hükümeti, YBM'i kamu sektörü projeleri için zorunlu hale getirmiştir ve uygulamada kayda değer bir artış sağlamıştır (McGraw-Hill Construction Report, 2010).

Batı Avrupa genelinde, YBM'in kabul oranı yaklaşık %36'dır. Almanya, Fransa, Norveç ve İsveç dahil olmak üzere birçok Avrupa ülkesi aktif olarak YBM farkındalığını teşvik etmekte ve onu inşaat endüstrisine dahil etmeye çalışmaktadır. Örneğin Norveç, devlet tesislerinin inşası, yönetimi ve geliştirilmesi için 2010'dan bu yana YBM uygulamasını zorunlu kılmaktadır. Danimarka ayrıca YBM'in güçlü bir savunucusudur ve araştırma ve geliştirmeye önemli yatırımlar yapmaktadır. Hatta bazı Danimarka devlet kurumları, projelerinde YBM'in kullanılmasını şart koşturmaktadır (Özorhon, 2018).

Güney Asya'da Hong Kong, YBM uygulamalarını benimsemeye önemli ilerleme kaydetmiştir. Hong Kong'daki YBM uygulaması, entegre tasarımları kolaylaştırma, değişikliklere uyum sağlama ve hataları tanımlayıp düzeltme ve böylece genel üretkenliği artırma becerisi sayesinde hızla ilerlemiştir (Kekana et al., 2014). Hong Kong hükümeti 2014 yılından sonra tüm toplu konut projelerinde YBM kullanımını aktif olarak desteklemektedir. (Chan, 2018) Aynı zamanlarda, Çin'de hükümet, bir YBM çerçevesi oluşturmak ve inşaat endüstrisinde yaygın olarak benimsenmesini teşvik etmek için kapsamlı bir beş yıllık plan tasarlamıştır (Ogwueleka, 2014).

YBM'in Afrika genelinde uygulanması bölgeden bölgeye değişmektedir. Nijerya yüksek düzeyde YBM farkındalığı ve ilgisi gösterirken, Güney Afrika sözleşme sorunları, yetersiz personel eğitimi, beceri geliştirme ve nüfus artışını etkili bir şekilde yönetme ihtiyacı ile ilgili zorluklarla karşı karşıya kalmıştır (Ogwueleka, 2014).

Türkiye'de YBM'in benimsenmesi, diğer ülkelere kıyasla hala erken bir aşamadır. Ancak, özellikle uluslararası projelerde yer alan yerli şirketler arasında YBM'i benimsenme yönünde artan bir eğilimi vardır. Bununla birlikte, birçok Türk şirketi geleneksel iş stratejilerinden sapma konusunda tereddüt etmekte ve yerleşik yöntemlerle devam etmeyi tercih etmektedir. Net YBM geçiş standartlarının olmaması, benimseme sürecini daha da karmaşık hale getirmektedir. Ayrıca geçiş sırasında şirketlerin özel ihtiyaçlarını belirleme ve

daha yumuşak bir geçişi kolaylaştırmak için etkili yönetim süreçleri geliştirme çabaları devam etmektedir (Öktem ve Ergen, 2014).

Türkiye'de yapılan araştırmalar, nitelikli personele sahip olmak, etkili liderlik ve bilgi ve teknolojiye yararlanma dahil olmak üzere etkili YBM uygulamaları için temel başarı faktörlerini belirlemektedir. Hem kamu hem de özel sektör, YBM'in başarılı bir şekilde uygulanmasını sağlamada hayati roller oynamaktadır. YBM, Türkiye'de ağırlıklı olarak tasarım ve inşaat öncesi aşamalarda kullanılmasına rağmen, işletme ve bakım aşamasında kullanımı sınırlı kalmaktadır (Özorhon, 2016).

Yapılan araştırmalarda ayrıca Türk inşaat sektöründeki şirketlerin YBM'i benimsemeye geçişini kolaylaştıran çerçeveler açıklanmaya çalışılmıştır. Amaç, bu şirketlere rehberlik ve destek sağlamak, önemli zorluklarla karşılaşmadan sorunsuz bir adaptasyon süreci sağlamaktır. Organizasyonel ve operasyonel çerçeve olarak iki ana çerçeve oluşturulmuştur. Organizasyonel çerçeve, bir şirket içinde YBM uygulamasının kapsayıcı stratejik yönlerini ele alırken; operasyonel çerçeve, geçişle ilgili pratik adımları ve süreçleri derinlemesine incelemektedir. Çalışmalar, YBM'i benimsemenin kültürel bir değişim gerektirdiğini göstermekte ve adaptasyonun zaman alacağını vurgulamaktadır. Ayrıca geliştirilen çerçevelerin yardımı ile şirketler uyum süresini önemli ölçüde kısaltabilmekte ve yöneticilerin projelerinde YBM'in tüm faydalarını ortaya çıkarabileceği öngörülmektedir. (Öktem ve Ergen, 2014).

Kritik başarı faktörlerini anlamının ve YBM modelinin etkili bir şekilde uygulanması için destekleyici çerçeveler sağlamanın önemi çok fazladır. Nitelikli personele, etkili liderliğe odaklanarak ve bilgi ve teknolojiye yararlanarak, Türkiye'deki şirketler YBM yeteneklerini geliştirebilmekte proje sonuçlarını iyileştirebilmekte ve inşaat sektöründe inovasyonu yönlendirebilmektedirler. Genel olarak, zorluklar ve engeller devam ederken, Türkiye'de YBM'in potansiyel avantajlarının artan bir şekilde tanınması söz konusudur. Daha fazla destek, eğitim ve sağlam standartların oluşturulmasıyla, YBM'in benimsenmesinin genişlemesi ve ülkenin inşaat endüstrisinde giderek daha önemli bir rol oynaması beklenmektedir.

### 3.1.2. Tesis yönetiminde YBM kullanımı (7D)

YBM ve sanal gerçeklik ile Tesis Yönetimi entegrasyonu çok fazla günümüzde gelişmemiştir. Gelişime açık bir çok temel yetkinlik alanları bulunmaktadır. Bunlar; finans ve işletme, insan faktörü, liderlik ve strateji, işletme ve bakım, proje yönetimi, kalite, gayrimenkul ve mülk yönetimi, risk yönetimi, sürdürülebilirlik, bilgi ve teknoloji yönetimidir (Mannino et al., 2021).

#### 3.1.2.1 Finans ve işletme

Finans ve İşletme temel yetkinliği ekonomik yönlerle ilgili olmakta ve hem önemli finansal yatırımlar hem de işletme giderleri ile ilgilenmektedir. Bu yeterlilik blockchain teknolojisi, akıllı sensörler, akıllı sözleşme ve YBM'in entegre edildiği uygulamalardan oluşmaktadır. Önerilen uygulama ile, ödeme güvenliği sorunları yaşanmaktadır. BT geliştiricilerine, bu yeni teknoloji için tasarlama ve uygulama konusunda çok iş düşmektedir. Birden çok gelişmiş teknolojinin eşzamanlı olarak uygulanması ve bununla ilgili iş akışı, hem teknik hem de yönetsel bakış açılarından çok zor olmaktadır.

Tesis yönetimi kullanımının bu alanında, tüm tedarik zinciri boyunca kritik noktalarda bulunan akıllı sensörler, canlı konum ve durum bilgileri otomatik olarak bir YBM modeline aktarılabilir. Ayrıca, akıllı sensör verileri de blockchain ağında depolanarak, yerine getirilen sözleşme yükümlülüklerinin otomatik olarak ödenmesine izin vermekte, geç ödeme veya ödemeye ilgili olmayan sorunları çözecek alternatif bir sistem sağlayabilmektedir.

Bu durum yadsınamaz avantajlara sahip olsa da, belirli bir blockchain platformuna dayanmaktadır. Ödeme güvenliğini sağlamada daha uygun olan diğer blockchain platformlarını zamanla oluşmaktadır. Ayrıca, süreç sırasında dolandırıcılık yapmak için insan müdahalesi da dikkate alınmalıdır. Bu nedenle, ek güvenlik katmanları ve/veya ağ güvenlik teknikleri araştırılmalıdır.

Son olarak, bu çerçevenin inşaat sektöründe benimsenmesini engelleyen olası ana sınırlaması, hazır para (ilk yatırım) ihtiyacıdır. İşin tamamlanmasının ardından otomatik ödeme sağlayan çerçeve, fon eksikliği durumunda sıkışacaktır. Müşteri, işlem sırasında geçici olarak para sıkıntısı yaşıyorsa, otomatik ödeme bloke edilecek ve tüm süreç kesintiye uğrayacaktır (Chong ve Diamantopoulos, 2020).

Akıllı sözleşmeler ve blockchain teknolojisi TY'nin geleceğinde iki temel unsur olacaktır. Gelecekteki araştırmalar, bu yeni teknolojilere ve tesisin tüm yaşam döngüsü boyunca sunduğu zorluklara odaklanmalıdır. Ele alınan sorunlara en uygun ve güvenli çözümleri sağlamak için çeşitli blockchain platformları araştırılmalıdır.

### **3.1.2.2 İnsan faktörü**

Bu alanda kullanım, çevreyi ve tesisi kullanan insanları korumaya, riskleri ve yükümlülükleri en aza indirmeye ve tüm paydaşları olumlu yönde etkilemeye odaklanmaktadır. Hava kalitesinin izlenmesi, ısı konfor vb. iç mekan çevre izleme ile ilgili her konu bu alanı kapsamaktadır. Gerçek zamanlı sensör verilerini YBM modelinde görselleştirmeyi amaçlayan YBM-Kablosuz Sensörler Ağı (WSN) bağlantısı bu konu için kullanılabilir (Zhong et al., 2018).

Ortaya çıkan bir yenilik de, tesis alanlarındaki konfor seviyesinin kullanıcıların duyu algısı yoluyla iyileştirilmesidir. Bu doğrultuda bina alanlarının kullanıcılara daha uygun hale getirilmesi için daha fazla çaba harcanmalıdır (Ma,2019).

Bu entegrasyon sayesinde, çevresel izleme ile ilgili ve birden çok öge ve alanla ilişkili çok sayıda veriyi daha iyi görselleştirmek mümkün olabilmektedir. Bu entegrasyonun ardından tüm çevresel verileri (ör. sıcaklık, nem, ışık, gürültü vb.) içeren veri tabanının oluşturulmasıyla, termal/hava kalitesi sorunlarının izlenmesi ve kullanıcıların konforunun sağlanmasının yanı sıra bakım ihtiyacının da tespit edilmesi mümkündür (Marzouk ve Abdelaty,2014).

Ancak bu süreçler sırasında, farklı bilgi sistemleri arasındaki birlikte çalışabilirlik ve çeşitli paydaşlar arasında bilgi paylaşımı çok zor olmaktadır. Bu heterojen verilerin yönetimi daha fazla araştırılmalıdır. Ayrıca, pil kapasitesi ve çalışma süresi, bir WSN için önemli bir sınırlama olabilir. Bu nedenle, uzun süreli çalışma için yüksek kapasiteli piller veya sabit bir güç kaynağı kullanmak gerekmektedir (Natephra, 2017).

Sonuç olarak, insanların yaşadığı/çalıştığı çevreyi korumak, kesinlikle TY'nin yakın gelecekte karşı karşıya kalacağı öncelikler arasında yer almaktadır. Yeni teknolojilerin ve sensörlerin kullanımı yaygın ve yeni olmamasına rağmen,

bu (ve aynı zamanda diğer) temel yetkinlikler için asıl zorluk, veri/bilgi birlikte çalışılabilirliğidir (Marzouk ve Abdelaty, 2014).

### **3.1.2.3 Liderlik ve strateji**

Bu alan, tesis yönetimini kuruluşun misyonları ve mevcut kaynakları ile uyumlu hale getirmeye odaklanmaktadır. “Liderlik ve Strateji”deki alt yeterlikler şunları içerir:

- a) stratejik planlama ve organizasyon gereksinimleriyle uyum;
- b) politikalar, prosedürler ve uyum;
- c) bireysel ve takım yönetimi;
- d) ilişki ve çatışma yönetimi;
- e) değişiklik yönetimi;
- f) kurumsal sosyal sorumluluk;
- g) tesis yönetimini etkileyen politik, sosyal, ekonomik ve endüstriyel faktörler. (IFMA,2023)

Diğer ana alanlarda olduğu gibi bu yeterlilikle ilgili de az sayıda kullanım bulunmaktadır. Genellikle kullanım alanları geliştirmeleri “karar verme” konusunu ele almaktadır. İnsanların karar vermedeki yetersizliklerini hafifletmek için akıllı inşaat nesnelerini ve bunların artırılmış algılama, işleme, hesaplama, ağ oluşturma ve tepki verme yeteneklerini kullanma hakkında birkaç senaryo üzerinde kullanım değerlendirilmektedir. Bu nesneleri sanal bir ortamda temsil etmek için Industry Foundation Classes (IFC) formatı kullanılabilir. Yenilikçi özellikleriyle akıllı inşaat nesneleri, veri toplama ve bilgi işlemeye katkıda bulunarak otonom kararlar alabilmekte, süreçteki insan hatalarını azaltmakta ve zamandan tasarruf sağlamaktadır. Akıllı inşaat nesnelerinin yadsınamaz avantajları olmasına rağmen, özellikle kültürel değişiklikler, yeni maliyetler, Yapay Zeka kabulü ve organizasyon hazırlığı gibi potansiyellerinden tam olarak yararlanmak için hala bazı sınırlamalar ve zorluklar vardır. (Niu et al.,2016)

Öte yandan, farklı protokollere sahip sensörler arasında iletişime izin veren ortak bir platformun tasarımı ve görselleştirmenin enerji tasarrufu sağlayan

yönetim kararlarının alınmasına nasıl yardımcı olabileceği de bu alan içerisinde. Bu görselleştirme, farklı bağlamlarda farklı değer dağılımını görmemizi ve her bağlamda uygun ayarlamalar yapılmasını sağlamaktadır. (Chang et al.,2018)

Ayrıca bu temel yetkinlikte kilit nokta, farklı kaynaklardan veri/bilgi entegrasyonudur. YBM ve SG yazılımları genellikle farklı yazılım sistemleri arasında uyumluluk sorunları yaratabilen tescilli dosya formatlarını kullanmaktadırlar. Bu, özellikle farklı paydaşlar veya kuruluşlar söz konusu olduğunda, modelleri paylaşmayı ve modeller üzerinde işbirliği yapmayı zorlaştırmaktadır. Yakın gelecekte, çok sayıda ve çeşitli veri kaynakları ve platformları nedeniyle kullanıcıların ve araştırmacıların yüzleşmek zorunda kalacakları temel sorun şüphesiz bu olacaktır.

#### **3.1.2.4 İşletme ve bakım**

Tesislerin operasyonlarını ve bakımını yönetmekte Tesis Yönetimi kritik bir role sahiptir. Sistemlerin verimli, güvenilir, güvenli, standartlara ve yönetmeliklere uygun olarak çalışmasını sağlamak için bina sistemleri, yapı, iç ve dış mekanlar hakkında iyi bir bilgi ve yönetim gerekmektedir. Bu alanda YBM çok fazla kullanılmaktadır ve geliştirilmektedir. Çoğu YBM kullanımı ise Yapısal Sağlık İzleme (SHM) alanındadır. (Fitz et al.,2019)

SHM için YBM-sensör entegrasyonu 2013'ten beri ele alınmaktadır ve bu konuya olan ilgi yıllar içinde artarak büyümüştür. Veriye dayalı SHM teknikleri sayesinde, yapıların sağlık, güvenlik ve tehlike azaltma konularında bilgi yönetimini iyileştirmek mümkündür. Bununla birlikte, geleneksel yaklaşımlar, gelecekteki bakım için sistematik karar vermeyi yürütmek ve büyük miktarda veri ve bilgiyi yönetmek için yetersiz olmaktadır (Rio et al.,2013).

YBM ile gerçek zamanlı veriler arasında bağlantı oluşturmaya yönelik ilk girişim 2013 yılında gerçekleşmiştir. Kullanımda, sensör verileri YBM modeli içinde saklanmaktadır. Ancak bu strateji ile, farklı sensör türlerinden gelen çok fazla veri modelin depolanması çok zor olmaktadır. Daha sonra (Zhang et al.,2015) SHM'yi desteklemek için toplanan verilerin depolanmasını, paylaşılmasını ve kullanılmasını kolaylaştırmak için harici bir veritabanı içeren

bir bilgi modelleme çerçevesi ortaya çıkmıştır. Bu çerçeve ile, bazı temel yapısal performans parametrelerinin dinamik görselleştirilmesini (YBM modeli içinde) destekleyen ve sürekli güncelleme ile uzun vadeli veri yönetimi sağlayan, IFC standardına uygun modeller üreten yaklaşımlar bu şekilde oluşmuştur. Bu tür araçlar, yapıların görsel olarak incelenmesinden kaynaklanan manuel hatalardan kaçınarak, bakım ve risk yönetimi konusunda karar vermeyi kolaylaştırmayı amaçlamaktadır. Ayrıca, bir başka kullanım, (Fitz et al.,2019) Siber-Fiziksel Sistem (CPS) kavramı için geliştirilmiştir. SHM için uygulanan CPS'nin iletişimle ilgili özellikleri ve davranışı incelenmektedir. Ayrıca haberleşme ile ilgili sistem bileşenleri kullanılmaktadır. Ardından, bir CPS'yi resmi olarak tanımlayan meta model geliştirilmiş ve IFC şemasına eklenmiştir (Valinejadshoubi et al.,2019).

SHM dışında bir kullanım ise, ekipman bakımı ve alan yönetimi ile ilgilidir (Mannino et al.,2019). Burada da toplanan sensör verileri harici bir veri tabanında saklanmaktadır (Cheng et al.,2020). YBM, Nesnelerin İnterneti ve makine öğrenimi algoritmalarına dayalı, veri odaklı bir bakım çerçevesi geliştirilmiştir. Hem Yapay Sinir Ağı (YSA) hem de Destek Vektör Makinesi (SVM), Mekanik, Elektrik ve Tesisat (MEP) bileşenlerinin gelecekteki koşullarını oldukça doğru sonuçlarla tahmin etmek için kullanılabilmektedir (Xie et al.,2020). Önerilen çerçevenin önemli sonuçları vardır:

- a) erken bir aşamada arıza alarmı vererek arızaları önleme;
- b) gelecekteki durum tahmini (hata zamanını önceden bilmek);
- c) bakım malzemelerini ve araçlarını önceden hazırlayarak fazla mesai maliyetlerini en aza indirmek veya bunlardan kaçınmak (Moretti et al.,2021).

İşletme ve Bakım alanında, yalnızca tek bir aşamada değil, tesisin tüm yaşam döngüsü boyunca elde edilen verileri yönetmek ve görselleştirmek ve ortaya çıkan zorluklarla yüzleşmeye odaklanmak çok önemlidir. Bu durum için zengin YBM modelleri gerekli olacaktır ve maliyeti çok fazla etkilemektedir.

### **3.1.2.5 Proje yönetimi**

Proje Yönetimi, Tesis Yönetimi içinde çok önemli bir alandır. Farklı kapsam, karmaşıklık, süre ve finansal riske sahip projelerin yönetilmesini

içermektedir. PY alt yeterlilikleri ise planlama ve tasarım, uygulama ve teslimat ile değerlendirmeyi içermektedir.

Koruyucu Bakım alanında, güvenliği, emniyeti, kalite kontrolü, lojistiği ve üretkenliği izlemeyi geliştirmek için personel, malzeme ve ekipmanın gerçek zamanlı takibi kilit noktalardan biridir. Yapı Bilgi Modellemesi (YBM) ve Radyo Frekansıyla Tanımlama (RFID) gibi teknolojiler yerelleştirme amacıyla bu alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sistemler güvenilir doğruluk oranları sağlamakta ve uygulamalar için büyük potansiyele sahip olmaktadır. Bu durum sağlandığında kaynak tahsis verimliliğini artırmakta ve insan hatalarını azaltmaktadır (Costin et al., 2015)

TY'deki diğer gelişmeler, sensör hatalarını telafi ederek daha doğru izleme için Bluetooth Düşük Enerji (BLE) teknolojisi, hareket sensörleri ve YBM'in entegrasyonunu içermektedir. Bu entegrasyon, izleme sistemlerinin hassasiyetini artırmayı ve daha iyi proje yönetimi sonuçları sağlamayı amaçlamaktadır (Park et al., 2017).

Şantiyelerde, beton olgunluğunu izlemek ve kalıp sürecini kontrol etmek için YBM ile birlikte çalışan kablosuz sensörleri kullanan yenilikçi yaklaşımlar önerilmektedir. Gömülü sensörlerden veri toplanarak ve YBM'den yararlanarak, betonun olgunluğuna ve gücüne dayalı olarak kalıp sökme için en uygun zamanı hesaplamak mümkün hale gelmektedir. Beton dökme sürecinin bu sistem ile sürekli izlenmesi ve kontrolü, kür süresinin kısalmasını, işin daha hızlı tamamlanmasını, gecikmelerin önlenmesini ve gereksiz kalıp kiralama giderlerini en aza indirerek maliyet tasarrufunu sağlamaktadır (Hamooni et al., 2020).

Bu sistemlerin uygulanmasındaki zorluklardan en önemlisi yetersiz YBM eğitimi ve uzmanlığıdır. Projelerde istenilen yetkinlikte insanların bulunması kullanımı daha kolay hale getirilecek ve verimliliği arttıracaktır.

### **3.1.2.6 Kalite**

Kalite, Tesis Yönetiminde önemli bir temel alandır. Odak noktası, tesis organizasyonlarının ve hizmet sağlayıcıların performansını iyileştirmek amacıyla, tesis ve hizmetleriyle ilgili ihtiyaç ve beklentileri karşılamaktır.

Kalitenin bir amacı, yapı bileşenlerinin ve inşaat işinin gerekli spesifikasyonları ve standartları karşılamasını sağlamaktır. Bilgileri dijitalleştirerek ve Yapı Bilgi Modellemesi (YBM) doğrulaması gibi araçları kullanarak, tasarım hatalarını tespit etmek veya performansın eksik olabileceği alanları belirlemek TY'de YBM kullanımı ile mümkün hale gelmektedir. SG uygulamalarında kullanılan YBM modellerinin doğru ve güncel olmasını sağlamak bu hususta çok önemlidir. Tesiste yapılan değişikliklerin veya YBM verilerindeki güncellemelerin eş zamanlı olarak SG ortamına yansıtılması gerekmektedir. Hem YBM hem de SG platformlarında doğru ve senkronize verilerin korunması, özellikle dinamik tesis yönetimi senaryolarında zor olabilmektedir. YBM doğrulama araçlarının bu entegrasyonu, proje yaşam döngüsü boyunca YBM modellerinin kalitesinin korunmasında ve güvence altına alınmasında çok önemli bir rol oynamaktadır (Hernandez et al., 2018).

Bu alanda daha fazla keşif ve araştırmaya ihtiyaç duyulsa da, YBM gibi dijital araçların kullanımı, TY uygulamalarında kalite güvencesini iyileştirme konusunda umut vaat etmektedir.

### **3.1.2.7 Gayrimenkul ve mülk yönetimi**

"Gayrimenkul ve mülk yönetimi" alanında, kullanıcı deneyimlerini geliştirmek, varlık sahiplerinin stratejik hedefleriyle uyumlu hale getirmek ve gayrimenkulün değerini optimize etmek için fiziksel varlıkları etkili bir şekilde yönetmek önemlidir. Öneme rağmen, bu yeterlilik araştırmalarda nispeten daha az bulunmaktadır.

Varlığın bir parçası olarak değer taşıyan Nesnelerin İnterneti (IoT) tarafından üretilen verilerin yasal sahipliğini tanımlamak için Yapı Bilgisi Modellemesi (YBM) kullanılabilir. Özellikle birden çok kişiye ait binalarda IoT verilerinin toplanmasını ve kullanılmasını yöneten özel düzenlemelerin veya yasaların eksikliği de dikkate alınmalıdır. YBM ortamı, bu tür bağlamlarda IoT verilerinin kullanımına ilişkin hakların, kısıtlamaların ve sorumlulukların daha iyi tanımlanması için potansiyel bir çözüm sunmaktadır (Moretti et al., 2020).

Bu alan için önemli bir zorluk, inşa edilmiş çoğu yapada istenilen verilere ulaşma güçlüğüdür. Mevcut bulunan yapıların entegre edilmesi çok büyük zorluklar taşımaktadır. TY veri entegrasyonunu, açık formatları ve birlikte çalışabilirliği teşvik ederek dinamik varlık yönetimini daha iyi destekleyebilmektedir.

### **3.1.2.8 Risk yönetimi**

Risk Yönetimi, Tesis Yönetimi içinde yer alan ve dünya çapındaki büyük ilgi gören temel bir alandır. Bu yetkinlik, kullanıcı deneyimini geliştirmek, stratejik hedeflere ulaşmak ve gayrimenkul varlıklarının değerini optimize etmek için riskleri etkin bir şekilde yönetmeyi içermektedir.

Risk yönetimi alanında çeşitli konular incelenmektedir. Bunlardan biri verilerin güvenliğidir. Veri güvenliğinin, gizliliğin korunmasının ve ilgili düzenlemelere uygunluğun sağlanması zor olabilmektedir. Hassas verileri yetkisiz erişim veya ihlallerden korumak için yeterli önlemler alınmalıdır. YBM ve SG uygulamaları, hassas tesis verilerinin işlenmesini içermektedir. Veri güvenliği, mahremiyet ve veri ihlali potansiyeli ile ilgili endişeler, özellikle sağlık veya savunma gibi gizliliğin kritik olduğu sektörlerde benimsemenin önünde bir engel olabilmektedir.

Ayrıca en çok kullanılan bir başka alan ise yangın riski ve işyeri güvenliğidir. Yapı Bilgi Modellemesi (YBM) ile Kablosuz Sensör Ağları (WSN) arasında veri entegrasyonunun, sağlık ve güvenlik yönetiminde gelecekteki uygulamalar için çok önemli olduğu birçok araştırmada tespit edilmiştir. Yangın riski ile ilgili çalışmalar, öncelikle yangın koşullarının tanımlanması, yangın söndürme araçlarının belirlenmesi, tahliye ve kurtarma yollarının optimize edilmesi olarak incelenmektedir. Önerilen iş akışları ve algoritmalar, kullanıcı etkileşimlerini desteklemek için geometrik bilgisinden ve grafik arayüzünden yararlanarak genellikle YBM'i merkez almaktadır (Chou et al., 2019).

Erken yangın tespiti, tahliye planlaması, yangın olaylarının dinamik 3D görselleştirmesi, tahliye ve kurtarma çabalarını optimize etmek ve çift yönlü insan-makine etkileşimleri için Bluetooth sensör ağlarını kullanan sistemler geliştirmek önemlidir. Bu sistemlerin amacı, kayıpları en aza indirmek, kurtarma

süreçlerini desteklemek, acil durum tahliyelerini kolaylaştırmak ve yangın olayları sırasında paniği azaltmaktır (Chou et al., 2019).

Hızla değişen yangın ortamlarına karşı uyarlanabilir yol planlaması da araştırılmıştır. İnsanların ve tehlikeli alanların varlığını tespit etmek için CCTV kameralarından, derin öğrenme algoritmalarından ve IoT sensör ağlarından gerçek zamanlı video analizi kullanılmaktadır. YBM modelleri, tahliye sırasında kat planı bilgileri, sensör konumları ve basitleştirilmiş görselleştirmeler sağlamaktadır. Artırılmış Gerçeklik (AG) cihazları, sıkışık ve tehlikeli alanlardan kaçınarak bireyleri en güvenli rotalara yönlendirebilmektedir (Cheng et al., 2021).

İşçilerin ve bina kullanıcılarının sağlığı ve güvenliği ile ilgili olarak, YBM'in kablosuz sensörlerle entegrasyonu üzerinde araştırmalar mevcuttur. Bu entegrasyon, inşaat aşamasından başlayarak bina yaşam döngüsü boyunca gerçek zamanlı verilerle merkezi veritabanlarının oluşturulmasını sağlamaktadır. Manuel gözlemin sensör tabanlı güvenlik yönetim sistemleriyle değiştirilmesiyle sağlık, güvenlik ve acil durum yönetimi iyileştirilebilmektedir (Park et al., 2017).

Sonuç olarak, YBM modellerinin sensörlerle birleştirilmesi, yapılı ortamın sürekli otomatik olarak izlenmesine olanak tanır. Uygulamalar arasında kaza önleme, yeni tehditlerin tanımlanması, çevresel durum izleme ve optimize edilmiş acil durum yönetimi yer alır. Ayrıca mevcut sensör sistemleriyle birlikte çalışabilirliği geliştirmek, hızlı acil durum müdahaleleri için hesaplama sürelerini azaltmak ve daha iyi güvenlik için ramak kalaları otomatik olarak tespit etmek ve belgelemek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. Sensör güvenilirliği, uzun mesafelerde iletim, zorlu koşullarda doğruluk ve enerji talepleriyle ilgili zorlukların ele alınması gerekmektedir. Son olarak, doğru ve güncel YBM modellerinin sürdürülmesi, bu YBM tabanlı sistemlerin performansı için çok önemlidir.

### **3.1.2.9 Sürdürülebilirlik**

Sürdürülebilirlik, çevreyi korumayı, bina sakinlerinin refahını sağlamayı, kurumsal etkinliği desteklemeyi ve riskleri ve yükümlülükleri en aza indirmeyi kapsayan Tesis Yönetiminde (ty) çok önemli bir temel alandır. Enerji yönetimi, su

yönetimi, malzeme ve sarf malzemeleri yönetimi, atık yönetimi, işyeri ve saha yönetimi gibi çeşitli alt yetkinlikleri içermektedir.

Sürdürülebilirlik, Yapı ve İletişim Teknolojileri (BİT) yoluyla binaların enerji talebini azaltmaya özel olarak odaklanarak TY içinde kapsamlı bir şekilde araştırılmaktadır. Yapı Bilgi Modellemesinin (YBM) sensörler ve BİT süreçleriyle entegrasyonu yaygın olarak araştırılmaktadır. YBM, binaların enerji verilerinin işlenmesini ve görselleştirilmesini kolaylaştırmaktadır. Kullanıcı davranışı, enerji verimliliğine ulaşmada ve iç mekan çevre kalitesini iyileştirmede önemli bir faktör kabul edilmektedir. Enerji performansını ve konforu optimize etmek için kullanıcılar ve ısıtma sistemleri arasındaki gerçek zamanlı izleme sistemleri ve kontrollü etkileşimler geliştirilmektedir. Kullanıcı katılımını artırmaya yönelik bir yaklaşım, YBM'deki veri görselleştirme teknikleridir. Kullanıcılar, verileri ve grafik gösterimleri birleştirerek enerji ile ilgili bilgileri kolayca yorumlayabilmekte ve bina yönetimine aktif olarak katılabilmektedirler. Bu teknikler, su tüketimi, oda sıcaklığı ve iç hava kalitesi gibi diğer sürdürülebilirlik konularına genişletilebilmektedir (Ma et al., 2019).

TY'de sürdürülebilirlik üzerine yapılan araştırmalar esas olarak enerji yönetimine odaklanırken, ortaya çıkan ilgi alanları da vardır. Bunlar, enerji optimizasyonu için Yapay Sinir Ağlarının (YSA) entegrasyonunu, yeşil bina tasarımı ve değerlendirmesi için çerçeveleri ve kaynak verimliliğini artırmak için YBM-RFID teknolojilerinin kullanımınıdır (Habibi, 2016)

Bina Enerji Yönetim Sistemleri (BEMS'ler), binalardaki enerji tüketiminin kontrolünde önemli bir rol oynamaktadır. BEMS'ler veri toplar, performansı analiz eder ve enerji verimliliğini ve yolcu konforunu artırmak için ekipman kontrolünü etkinleştirmektedir. YBM'i BEMS ile entegre etmek, her iki sistemden gelen verilerden yararlanarak ve etkili kullanıcı etkileşimi sağlayarak kapsamlı bina enerji yönetimine olanak tanımaktadır (McGlenn et al., 2017).

Sonuç olarak, TY'de sürdürülebilirlik alanı gelişmektedir. Gelecekteki yönler, çevresel sensör verilerinin yapay zeka ve optimizasyon algoritmaları ile entegrasyonunu iyileştirmeyi, sürdürülebilir uygulamalar için kullanıcı dostu stratejiler geliştirmeyi, enerji yönetiminin ötesinde diğer sürdürülebilirlik alt yeterliliklerini ele almayı ve iletişim protokolü uyumluluğunu dikkate alırken

YBM ile BEMS arasında kusursuz entegrasyona odaklanmayı içermektedir. Ayrıca önemsenmesi gereken en önemli konu YBM eğitime yapılan yatırımın sürekliliği olmaktadır. Bazı zamanla yüksek maliyet ve yeni teknolojiyi benimsemekte zorluk yaşadıkları için sürdürülebilirliği konusunda tereddüt etmektedir.

### **3.1.2.10 Bilgi ve teknoloji yönetimi**

Yapı Bilgi Modellemesi (YBM) ve Nesnelerin İnterneti'nin (IoT) Tesis Yönetimine (FM) entegrasyonu, teknolojik ihtiyaçların değerlendirmesi ve uygulanması, teknolojik sistemlerinin bakımı ve yükseltilmesi, koruma ve siber güvenlik dahil olmak üzere çeşitli alt alanları kapsayan bir konudur.

Sensör verilerini YBM modelleriyle birleştirmek için genel bir yaklaşım bulunmamakla birlikte, gerçek zamanlı operasyonel performans bilgi yönetimi ve proaktif karar vermeyi mümkün kılmak için ikisini entegre etmede yer alan mühendislik araştırmaları bulunmaktadır (El Amari et al., 2019).

Bazı çalışmalar, YBM'in Artırılmış Gerçeklik (AG) ve Sanal Gerçeklik (SG) gibi teknolojilerle entegrasyonuna da odaklanmıştır. İşbirlikçi YBM tabanlı AG/SG yaklaşımlarının geliştirilmesi konusunda dikkate değer araştırmalar yapılmaktadır. Örneğin, tesis yönetimi için saha AG ve ofis Sürükleyici Artırılmış Sanallık modüllerini içeren bir Karma Gerçeklik çerçevesi geliştirilmektedir. Bu modüller, etkileşimli görsel işbirliği yoluyla saha görevi verimliliğini artıracaktır. (Wang et al., 2013).

Diğer çalışmalar, gerçek zamanlı geçmiş verileri görselleştirmek ve analiz etmek için YBM'i sensörlerle entegre etmeye yönelik yaklaşımlardır. Standartlaştırılmış bir yaklaşımın olmaması ve kapalı veri biçimleriyle ilgili sınırlamalar gibi zorluklar olsa da, araştırmacılar TY süreçlerine katma değer getiren uygun maliyetli çözümler önermeye çalışmaktadır. (Kazado et al., 2019).

Özellikle inşaat sektörünün yeni teknolojileri benimseme konusunda diğer sektörlerin gerisinde kaldığı aşıkardır. Bununla birlikte, rekabetçi kalabilmek için yenilikçi teknolojik cihazlara yatırım yapma ihtiyacı bulunmaktadır. Her tesis teknolojiyi benimsemek ve sürdürmek için gerekli kaynaklara sahip olamamaktadır. Teknolojinin her geçen gün arttığı bu dönemde ihtiyaçları

karşılamak konusunda zorlanılmakta olduğu aşıkardır. Fakat bu alanda kullanımı ilk yatırım maaliyetini azaltan çözümlerden biridir.

YBM ve IoT'nin TY'ye entegrasyonu, teknik karmaşıklıkların ele alınmasını ve yeni teknolojilere yatırım yapma konusundaki isteksizliğin üstesinden gelinmesini gerektirmektedir. TY süreçlerini iyileştirebilen ve inşaat sektöründe rekabet gücünü koruyabilen yenilikçi ve uygun maliyetli çözümler için çalışılmaktadır.

### **3.2 Sanal Gerçeklik Teknolojisi**

Son yıllarda mimarlık, mühendislik ve inşaat (AEC) endüstrisi, sanal gerçeklik (SG) teknolojisinin potansiyelini giderek daha fazla önemsemeye başlamıştır. SG; tasarım, mühendislik, inşaat ve tesis yönetimi gibi çeşitli AEC ile ilgili alanlarda çok sensörlü üç boyutlu (3D) ortamlar sunma imkanı sağlamaktadır. SG'nin yapılı çevredeki ilk uygulaması, mimarların olanaklarını ilk kez keşfettikleri 1990'lara kadar uzanmaktadır. Günümüzde bilgisayar grafikleri ve SG ekipmanlarındaki gelişmeler sayesinde, pazarlama sektöründe, eğitimlerde, oyunlarda ve özellikle inşaat görselleştirmeleri olmak üzere çok sayıda pratik SG uygulaması ortaya çıkmıştır. Ayrıca, AEC profesyonelleri, gelişmiş görselleştirme yeteneklerinden yararlanmak için çeşitli alanlarda SG'yi giderek daha fazla benimsemektedirler. "Sanal gerçeklik" teriminin, gerçek dünyanın bir simülasyonunu, sembolik bir alanı veya hayali bir dünyayı temsil eden farklı anlamları kapsadığına dikkat etmek önemlidir. (Kim et al., 2013).

#### **3.2.1. Sanal gerçeklik tanımı**

Sanal gerçeklik (SG), dijital ortamlarla etkileşim biçimimizi değiştiren devrim niteliğinde bir kavramdır. Fiziksel alemden ayrı simüle edilmiş dünyaların yaratılmasını kapsamaktadır. Bilgisayarlar kullanılarak çeşitli verilerin entegrasyonu yoluyla oluşturulan etkileşimli görsellerden yararlanan SG, kullanıcıların sürükleyici ve etkileşimli üç boyutlu (3B) ortamları deneyimlemelerine olanak sağlamaktadır.

Esasen, sanal gerçeklik, kullanıcıların gerçek dünyayı simüle eden ortamların dijital temsilleriyle etkili bir şekilde etkileşimde bulunmalarını

sağlayan bir teknolojidir. Bu etkileşim, tümü bilgisayar sistemleri tarafından tasarlanan ve desteklenen farklı donanım araçlarının kullanılmasıyla sağlanmaktadır (Kayabaşı, 2005). Sanal gerçeklik teknolojisinin çeşitli amaçlarla kullanımı istikrarlı bir şekilde artmaya devam etmektedir. Birden çok duyuya hitap eden sanal gerçeklik, kullanıcıların özel donanımlar yardımıyla oluşturulan simülasyonlarla kendilerini sanal ortamda gerçekmiş algısı hissetmelerini sağlamaktadır (Orhan et al., 2021).

Teknik açıdan sanal gerçeklik, bireyleri hayal edilen alanlara taşıyan gerçekçi ve etkileşimli sanal ortamların geliştirilmesi olarak tanımlanabilmektedir. Amaç, kullanıcılara derin bir mevcudiyet duygusu ve fiilen sanal dünyada olma hissini sağlamaktır. Bu, kullanıcıları fiziksel çevrelerinden koparan ve onları sanal deneyime kaptıran çeşitli donanım ve teknikler kullanılarak elde edilmektedir. Başarılı bir SG uygulamasının anahtarı, sanal ortamın güçlü bir gerçekçilik ve katılım duygusu uyandırmak için kusursuz bir şekilde oluşturulmasını sağlayan titiz bir oluşum yaratılmasında yatmaktadır (Sözer ve Satıcı, 2022).

Sanal gerçeklik ortamları, sundukları etkileşim düzeyine göre farklı türlerde sınıflandırılabilir.

a) Kısmen Katılımlı Ortamlar: Bu ortamlarda kullanıcılar, gerçek dünya ile bağlarını sürdürürken sanal ortamda gerçeklik duygusu yaşamaktadır. Harmanlanmış bir deneyim oluşturmak için fiziksel öğeler sanal görüntülerle birleştirilmektedir. Örneğin, uçuş simülatörlerinde kullanıcılar sanal bir kokpitte oturtulurken, görüntüler ekranlara yansıtılarak uçak uçuruyormuş hissi verilmektedir. Bu, kullanıcıların hem fiziksel hem de sanal öğelerle aynı anda etkileşime girmesine izin verecek bir deneyim yaşamasını sağlamaktadır.

b) Tam Katılımlı Ortamlar (CAVE): Genellikle CAVE (Bilgisayar Destekli Sanal Ortam) olarak adlandırılan Tam Katılımlı Ortamlar, kullanıcılara tüm duyularını devreye sokarak eksiksiz ve sürükleyici bir deneyim sağlamaya çalışmaktadır. Bu ortamlarda, farklı yönlerden ses yayan hoparlörler, görsel olarak kapsayıcı bir sanal alan yaratan duvar ve zemin projeksiyonları ve dokunsal geri bildirimde sahip oyun çubukları ile eldivenler gibi teknolojiler bulunmaktadır. Başa takılan ekranlar (HMD'ler), kullanıcının sanal dünyadaki algısını ve etkileşimini daha da geliştirmek için CAVE ortamlarında yaygın olarak kullanılmaktadır.

c) Çoklu Katılım Ortamları: Bu ortamlar, tek bir katılımcının katılımı ile oluşmamaktadır. Aynı sanal evrende birden çok birey arasındaki etkileşimi kolaylaştırmaktadır. Bu, çeşitli disiplinlerden profesyonellerin birlikte çalışabileceği ve yeni olasılıkları keşfedebileceği işbirlikçi deneyimlere izin vermektedir. Çoklu katılım ortamları özellikle mimarlık, tıp, sanat, eğitim ve mühendislik gibi iş birliğinin ve paylaşılan sanal alanların inovasyonu ve yaratıcılığı yönlendirebileceği alanlarda faydalı olmaktadır (Atakul, B., 2021).

SG ortamlar bu şekilde kategorize edilerek, çeşitli deneyimler dizisi ve sağladıkları gerçeklik düzeyleri açıklanmaktadır. Fiziksel ve sanal öğeleri sorunsuz bir şekilde harmanlayan kısmen katılımlı ortamlardan, tüm duyuları harekete geçiren tam katılımlı ortamlara ve işbirliğine dayalı etkileşimleri teşvik eden çok katılımlı ortamlara kadar, sanal gerçeklik çok sayıda endüstri ve uygulamada heyecan verici atılımlara neden olacaktır. Teknoloji ilerlemeye devam ettikçe, sanal gerçekliğin etkileşimlerimizde ve dijital alanlara ilişkin algılarımızda devrim yaratma potansiyeli de genişlemeye devam edecektir.

### **3.2.2. Sanal gerçeklik teknolojisinin tarihi**

Sanal Gerçeklik (SG), önemli kilometre taşları ve dönüştürücü gelişmelerle birlikte, on yılı kapsayan zengin bir tarihe sahiptir. VR'nin kökleri, 1965'te Ivan Sutherland'ın bu gelişmekte olan alanda teorik çalışmaların temelini attığı vizyoner çalışmasına kadar dayanmaktadır. Aynı zamanda, 1956'da Morton Heilig, görselleri, sesleri, kokuları ve hatta titreşimleri birleştirerek kullanıcılara duysal bir deneyim sağlayan ve etkileşimli duysal deneyimin erken bir keşfini işaret eden öncü bir cihaz olan Sensorama'yı geliştirmiştir (Sherman ve Craig, 2003).

1960'larda ise, başa takılan cihazların (HMD'ler) piyasaya sürülmesi, SG teknolojisinin ilerlemesini daha da hızlandırmıştır. Bu cihazlar, kullanıcıların sanal ortamları ilk elden deneyimlemelerine izin vererek, hissiyat ve etkileşim duygusunu geliştirmiştir. 1970'ler ve 1980'ler boyunca, optik üretim tekniklerindeki atılımlar, sanal deneyimler alanında mümkün olanın sınırlarını zorlayarak, dokunsal cihazların geliştirilmesini ve sanal uygulamaların gelişmesini kolaylaştırmıştır. (Sherman ve Craig, 2003).

1990'lar, büyük ölçüde oyun endüstrisi tarafından yönlendirilen SG cihazlarında önemli bir artışa tanık olmuştur. Teknoloji gelişmeye devam ederken, geliştiriciler ve meraklılar, sürükleyici ve etkileşimli oyun deneyimleri yaratmak için SG'nin sunduğu olanakları hevesle benimsemiştir. Bu dönem, ticari olarak temin edilebilen SG başlıklarının ve sistemlerinin ortaya çıkmasına tanık olmuştur, bu da gelecekteki gelişmeler için temel oluşturmuştur. (Sherman ve Craig, 2003). Ancak 2000'li yıllarda Sanal Gerçeklik teknolojileri devrim niteliğinde bir dönüşüm yaşamıştır. Bu dönem, SG'nin oyun oynamanın ötesinde uygulamalar bulmaya başlamasıyla bir dönüm noktası olmuştur. Bilgisayar teknolojilerindeki hızlı gelişmeler bu dönüşüm sürecinde çok önemli bir rol oynamıştır. Yüksek tanımlı görüntüleme sistemlerinin ortaya çıkışı, işleme kapasitelerindeki üstel artış ve akıllı telefonların çoğalması, SG araçlarını ve deneyimlerini daha geniş bir kitle için daha erişilebilir hale getiren mükemmel bir durum yaratmıştır. (Sherman ve Craig, 2003).

Yüksek tanımlı görseller, güçlü işlemciler ve akıllı telefonların her yerde erişilebilirliği, yalnızca SG deneyimlerini ön plana çıkarmakla kalmadı, aynı zamanda kullanıcıların sanal ortamlarla etkileşim kurma biçiminde de devrim yaratmıştır. SG daha sürükleyici, gerçekçi ve kullanıcı dostu hale gelmiştir ve eğitim, öğretim, sağlık, mimarlık ve eğlence dahil olmak üzere çeşitli sektörlerde daha geniş bir uygulama yelpazesi ve kullanım durumları sağlamıştır. (Sherman ve Craig, 2003).

Bugün, SG şaşırtıcı bir hızla gelişmeye devam etmektedir. Dokunsal geri bildirim, hareket izleme ve yapay zekadaki gelişmeler, SG deneyimlerinin sürükleyici doğasını daha da geliştirmektedir. SG'nin öğrenme, çalışma ve dijital içerikle ilişki kurma potansiyeli çok yüksektir ve teknoloji ilerlemeye devam ettikçe, SG uygulamalarının olanakları neredeyse sınırsız olacaktır.

### **3.2.3. Sanal gerçeklik uygulamaları**

Sanal Gerçeklik (SG) teknolojisinin, çeşitli sektörlerde benimsenmesi gün geçtikçe artmaktadır. İnşaat, turizm, hizmet sektörü, sağlık sektörü, silah sanayi, eğlence ve eğitim gibi alanlarda yaygınlığı görülmekte ve etkinliği her geçen gün artarak devam etmektedir. SG alanı, çeşitli ihtiyaçlara ve sektörlerle hitap etmektedir.

İnşaat sektöründe SG, projelerin planlanması, tasarlanması ve görselleştirilmesinde kullanılmaktadır. Mimarlar, mühendisler ve inşaat profesyonelleri artık sanal bina modelleri oluşturarak, incelemelere ve son ürünün doğru değerlendirmelerine olanak tanımaktadır. Bu teknoloji kullanımı ile işbirliği geliştirilebilmekte, iletişim artmakta ve inşaat yapım aşaması başlamadan önce potansiyel sorunların belirlenmesi kolaylaşmaktadır (Genç, 2019).

Turizm sektöründe sanal gerçeklik, insanların gitmek istedikleri lokasyonları keşfetme ve deneyimleme şekline dönüşmektedir. Sanal turlar aracılığıyla kullanıcılara, fiziksel olarak orada olmanın nasıl bir şey olduğuna dair bir fikir sunulmaktadır. Çok uzak yerler, tarihi önemli noktalar veya doğa harikaları sanal olarak bu şekilde ziyaret edilebilmektedir. Bu deneyim, yalnızca potansiyel gezginleri cezbetmekle kalmamakta, aynı zamanda dünya çapındaki yerler için değerli bir pazarlama aracı olarak hizmet etmektedir (Durmaz vd., 2018).

Hizmet sektörü, müşteri deneyimlerini geliştirmek için sanal gerçeklikten yararlanmaktadır. Şirketler, müşterilerin sanal bir ortamda ürünlere göz atmasını ve ürünlerle etkileşim kurmasını sağlayan sanal teşhir salonları ve mağazalar geliştirmektedir. Bu alışveriş deneyimi, perakendenin geleceğine bir bakış sunarak kolaylık, etkileşim ve kişiselleştirme getirmektedir (Cachero-Martínez et al., 2018).

Sağlık sektöründe, SG terapötik amaçlar, eğitim simülasyonları ve ağrı teşhisi yönetimi için kullanılmaktadır. (Holden, 2005) Sanal ortamlar, kaygıyı azaltmaya, fobileri tedavi etmeye ve rehabilitasyon süreçlerine yardımcı olmaya yardımcı olabilmektedir. Tıp uzmanları, karmaşık ameliyatları uygulamak ve becerilerini güvenli ve kontrollü bir ortamda geliştirmek için SG simülasyonlarından da yararlanabilmektedirler (Riener and Harders, 2012).

Silah endüstrisi bile eğitim amacıyla SG teknolojisini benimsemektedir. Askeri personel, taktik becerilerini, karar verme yeteneklerini ve durumsal farkındalıklarını geliştirmelerine olanak tanıyan sanal savaş simülasyonlarına katılabilmektedir. Askeri eğitimde savunma ve saldırı stratejilerinde simülasyonlar desteği ile kullanılmaktadır. SG, gerçek hayat senaryolarıyla ilişkili riskler olmadan uygun maliyetli ve gerçekçi bir eğitim platformunu bu şekilde sunmaktadır. (Bowman ve McMahan, 2007).

Eğlence, SG'nin derin bir etki yarattığı başka bir sektördür. Sanal gerçeklik oyunları, filmler ve sürükleyici deneyimler, kullanıcılara yepyeni bir katılım ve etkileşim düzeyi sunmaktadır. İster sanal dünyaları keşfetmek, ister adrenalin pompalayan maceralara katılmak veya sanal gerçeklik konserlerinin keyfini çıkarmak olsun, bu teknoloji eğlence tutkunları için sonsuz olanaklar sunmaktadır (Avila ve Bailey, 2014).

Eğitim sektörü, geleneksel öğrenme yöntemlerinde devrim yaratmak için sanal gerçeklikten yararlanmaktadır. Öğrenciler sanal saha gezilerine çıkabilmekte, tarihi olayları keşfedebilmekte veya sürükleyici eğitim simülasyonlarına katılabilmektedirler (Merchant vd., 2014). Bu teknoloji, deneyimsel öğrenmeyi mümkün kılarak karmaşık konuları daha ilgi çekici ve etkileşimli hale getirmekte ve sonuç olarak öğrenme çıktılarını bu şekilde geliştirmektedir. Ayrıca özel eğitim ihtiyacı bulunan bireylerin kullanılması amacıyla eğitim süreçlerinde geliştirilen uygulamalar da gün geçtikçe gelişmektedir (Üstünel, 2014).

Sanal Gerçeklik birçok sektöre nüfuz ederek endüstrileri dönüştürmektedir ve etkileşim kurma, öğrenme ve dünyayı deneyimleme biçimlerinde dönüşüm sağlamaktadır. İnşaattan turizme, hizmetlerden sağlığa ve eğlenceden eğitime uzanan uygulamaları, hızla gelişen dijital ortamda yenilikçi çözümler ve sürükleyici deneyimler sunarak genişlemeye devam etmektedir. (Genç, 2019).

### **3.2.4. Tesis yönetiminde sanal gerçeklik teknolojisi kullanımı**

AG/SG teknolojileri, oyunlaştırma ve görsel işbirliklerinin ötesine geçerek inşaat sektöründe mimarlık, inşaat mühendisliği, müteahhitler ve YBM yöneticileri gibi çeşitli disiplinlerin de ilgi odağı haline gelmiştir. Bu, mimari projeler için yeni bir dönem başlatmış, binaların hem tasarım aşamasında hem de yönetim sürecinde AG/SG teknolojilerinin kullanılmasını sağlamıştır. Mimari projeleri farklı modelleme programlarıyla görselleştiren ve YBM programlarıyla gerçek dünya bilgilerini birleştiren bu teknolojiler, zaman yönetimine ve problem çözmeye önemli katkılar sağlamaktadır.

AG/SG teknolojilerinin önemli bir yönü, nesne verilerini korurken YBM ve CAD modellerini etkileşimli 3D ortamlara dönüştürme yeteneğidir. Revizto gibi uygulamalar sayesinde, bina tasarımı ve inşaat projelerinde etkileşimi sağlayarak,

görsel işbirliğini mümkün hale getirmektedir. Kullanıcılar, yöneticiler ve müşteriler ile etkin işbirliği kolaylaştırarak projeler herhangi bir platformda 3B olarak deneyimlenebilmektedir. Sorun izleme sistemleri ve kamera paylaşımı gibi gerçek zamanlı araçlar ile, iletişimi daha da geliştirmektedir. Revizto ve benzeri görselleştirme sistemleri, FBX ve IFC gibi dosya biçimlerinin içe aktarılmasını destekleyen Revit, AutoCAD, Navisworks ve Trimble SketchUp gibi yazılımlarla uyumludur. Bu teknolojiler, tasarımsal aşamadan Tesis Yönetimine kadar tüm proje yaşam döngüsünde rol oynayarak, projeleri sergilemek için gezinilebilir bir 3B ortam ve proje ekipleri arasında sorunsuz işbirliği sunma imkanı sağlamaktadır (Şen, 2022).

Tesis yönetiminde, birçok mekanik sistem duvarlara, çatılara veya imalar altı konumlara gizlenerek müdahaleleri ve onarımları zor hale getirmektedir. AR teknolojisi, sensörler, video, grafik, ses ve verilerle birlikte, fiziksel ortamların sanal modellerini oluşturarak kullanıcıların tesis modeliyle uzaktan etkileşim kurmasına ve tesis modelini görselleştirmesine olanak tanımaktadır. Bu teknoloji, ekipman durumunun kontrolü ve izlenmesini, QR kodları veya barkodlar aracılığıyla bilgilere erişilmesini, konum verilerinin alınmasını, görevlerin yönetilmesini ve kontrol listelerine erişilmesini sağlamaktadır. İyi yapılandırılmış bir YBM altyapısı, tüm model öğeleri hakkında doğru ve ayrıntılı bilgi sağlayarak ve verimli bilgi alımını kolaylaştırarak, tesislerdeki geçmiş ve şimdiki bilgilere erişme zorluğunu büyük ölçüde azaltmaktadır. İmalat sonrası müdahale veya kontrol teknolojilerinin mevcudiyeti, tesis yönetiminde zaman tasarrufunu sağlamaktadır.

AG/SG teknolojileri, sürükleyici görselleştirmeler sunarak, işbirliğini teşvik ederek ve zaman yönetimini ve problem çözme düzene sokarak mimarlık endüstrisinde varlığını konumlandırmıştır. YBM modelleriyle entegre edilmiş gerçek dünya verilerinin kullanılması, Tesis Yönetimini gelişmiş iletişim, kesintisiz bilgi erişimi ve uzaktan izleme yetenekleriyle ayrıca güçlendirmektedir.

AG/SG ve YBM teknolojileri kullanılarak oluşturulan sanal modellere dayalı karar vermenin ötesinde, gözlük ve kask gibi fiziksel AR/VR araçlarındaki en son gelişmeler, YBM modelinden verilere gerçek zamanlı erişim sağlamaktadır. Tesis yöneticileri, görsel uyarıları anında görüntüleyebilmekte veya anında uyarı alabilmekte, bu da kritik durumlara hızla yanıt verme

becerilerini geliştirmektedir. Görüntüleme sistemlerini, araçları ve AG/SG bileşenlerini YBM modelleriyle entegre etmede amaç, Tesis Yönetimini ilgi çekici ve sürükleyici bir deneyime dönüştürmek, karmaşık ve zorlu bir süreçten çok bir oyun gibi hissettirmek olmuştur (Carreira et al., 2018).

AG/SG ve YBM teknolojileri, tesis yöneticilerine sistem bilgilerini anında ve sürdürülebilir analiz etme yeteneği sunarak, fiziksel denetimlere ihtiyaç duymadan verimsizlik alanlarını belirlemelerine ve sorunları teşhis etmelerine olanak tanımaktadır. Bu, onların proaktif bakım stratejilerini uygulamalarına ve sistem arızalarının yerini doğru bir şekilde saptamasına olanak sağlayarak bakım ekiplerinin sorunları zamanında ve verimli bir şekilde çözmesini sağlamaktadır.

AG/SG ve YBM teknolojilerinin birleşimi, veri görselleştirme, analiz ve gerçek zamanlı karar verme için kapsamlı bir platform sunarak Tesis Yönetiminde büyük bir önem kazanmıştır. Tesis yöneticileri, kritik bilgilere anında erişerek tesis modeliyle sanal olarak gezinebilmekte ve etkileşim kurabilmektedir. Teknolojilerin bu entegrasyonu, tesisin bütünsel bir görünümünü sunarak yöneticilerin verimsizlikleri belirlemesine, önleyici tedbirler uygulamasına ve operasyonel süreçleri optimize etmesine olanak tanımaktadır.

Ayrıca, AG/SG araçlarının YBM modelleriyle entegrasyonu, paydaşlar arasındaki işbirliğini geliştirmektedir. Ekip üyeleri, sanal bir ortamı paylaşarak tesisteki potansiyel iyileştirmeleri veya değişiklikleri görselleştirerek ve tartışarak daha etkili bir şekilde iletişim kurabilme imkanı sağlamaktadır. Bu işbirlikçi yaklaşım, verimli problem çözmeyi teşvik etmekte ve karar vermeyi kolaylaştırmakta, sonuçta tesisin genel performansını ve işlevselliğini geliştirmektedir (Getuli et al., 2020).

AG/SG, YBM ve fiziksel araçlar arasındaki sinerji, tesis yöneticilerine bilgileri analiz etme, bilinçli kararlar alma ve bakım ihtiyaçlarına hızla yanıt verme gücü vermektedir. Tesis Yönetimini oyun benzeri bir deneyime dönüştüren bu teknolojiler, karmaşık bina sistemlerinin yönetiminde üretkenliği artırmakta, arıza süresini azaltmakta ve verimliliği artırmaktadır.

## 4. YÖNTEM

### 4.1 Anket Çalışması

Tez kapsamında anket çalışması ile veri elde edilmiş ve elde edilen veriler AHP ve TOPSİS yöntemleri ile analiz edilmiştir. Bu kapsamda çalışmaya özel bir anket tasarlanmıştır. Hazırlanan anketin amaçları aşağıdaki gibidir:

- Tesis yönetiminde YBM ve SG teknolojilerinin kullanımının bilinilirliğini keşfetmek
- Tesis yönetiminde YBM ve SG teknolojileri potansiyel kullanım alanlarını belirlemek
- Tesis Yönetiminde YBM ve SG teknolojileri kullanımı için potansiyel zorluklarını ve engellerini belirlemek ve önem sırasını oluşturmak.
- Uzmanların YBM ve SG teknolojileri entegre sisteminin tesis yönetiminde kullanım algılarını belirlemek.

Anket 6 bölüm, 53 sorudan oluşmaktadır. İlk bölümde uzmanların demografik bilgileri, meslek grubu, çalıştığı alan, tecrübe ve firma büyüklüğüne ilişkin sorular yer almaktadır. İkinci ve üçüncü bölümlerde sırasıyla YBM ve SG teknolojilerinin tesis yönetiminde kullanımın uzmanlar tarafından bilinilirliği, karşılaştıkları zorluklar ve deneyimlerinin derecesinin belirlenmesine ilişkin sorular yer almaktadır. Dördüncü bölümde, uzmanların YBM ve SG entegre tesis yönetim sistemini en çok kullandıkları alanların belirlenmesine yönelik sorular yer almaktadır. Potansiyel kullanım alanları literatür taramasıyla belirlenmiş olup Çizelge 4.1’de verilmektedir. Beşinci bölümde tesis yönetiminde YBM ve SG teknolojilerinin kullanımına yönelik engellerinin belirlenmesi için literatür taraması gerçekleştirilmiş ve onbir adet engel belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Anketin son bölümde ise, uzmanların YBM ve SG teknolojileri entegre sisteminin tesis yönetiminde kullanımına yönelik algılarını belirlemeye yönelik sorular bulunmaktadır. Anket Ek 1’de verilmektedir.

Anket, tesis yönetimi ile ilgili 48 uzmana e-posta aracılığıyla yollanmış olup 30 adet geri dönüş alınmıştır. Toplanan anket verilerinin tamamı analize dahil edilmiştir. Elde edilen veriler AHP ve TOPSİS yöntemleri kullanılarak engeller derecelendirilmiştir.

Çizelge 4.1: Tesis yönetiminde YBM ve SG kullanım alanları

| Alan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Kaynaklar                                                                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Finans ve İşletme</b> , Tesis yönetiminde, tedarik zinciri boyunca akıllı sensörler kullanılmaktadır. Kritik noktalarda bulunan akıllı sensörler ile canlı konum ve durum bilgileri otomatik olarak bir YBM modeline aktarılabilmektedir. Ayrıca, akıllı sensör verileri de blockchain ağında depolanarak, yerine getirilen sözleşme yükümlülüklerinin otomatik olarak ödenmesine izin vermektedir. YBM/SG kullanımı ile yapılan akıllı sözleşmeler blockchain teknoloji kullanımına dayanmaktadır. İşin tamamlanmasının ardından otomatik ödeme sağlanması, fon eksikliği durumunda negatif durum yaratacaktır. Müşteri, işlem sırasında geçici olarak para sıkıntısı yaşıyorsa, otomatik ödeme bloke edilecek ve tüm süreç kesintiye uğrayacaktır. | Chong et al. (2020)                                                                        |
| <b>İnsan Faktörü</b> , Bu alanda kullanım, çevreyi ve tesisi kullanan insanları korumaya, riskleri ve yükümlülükleri en aza indirmeye ve tüm paydaşları olumlu yönde etkilemeye odaklanmaktadır. Hava kalitesinin izlenmesi, ısı konfor vb. iç mekân çevre izleme ile ilgili her konu bu alanı kapsamaktadır. Gerçek zamanlı sensör verileri YBM modelinde görselleştirilebilir.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Marzouk et al. (2014, 2014), Natephra et al. (2017), Zhong et al. (2018), Ma et al. (2019) |
| <b>Liderlik ve Strateji</b> , Genellikle kullanım alanları “karar verme” konusunu ele almaktadır. İnsanların karar vermedeki yetersizliklerini hafifletmek için akıllı inşaat nesnelerini ve bunların artırılmış algılama, işleme, hesaplama, ağ oluşturma ve tepki verme yeteneklerini kullanma hakkında birkaç senaryo üzerinde kullanım değerlendirilmektedir. Yenilikçi özellikleriyle akıllı inşaat nesneleri, veri toplama ve bilgi işlemeye katkıda bulunarak otonom kararlar alabilmekte, süreçteki insan hatalarını azaltmakta ve zamandan tasarruf sağlamaktadır.                                                                                                                                                                             | Niu et al. (2016), Chang et al. (2018)                                                     |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>İşletme ve Bakım</b>, Bu alanda, yalnızca tek bir aşamada değil, tesisin tüm yaşam döngüsü boyunca elde edilen verileri yönetmek ve görselleştirmek ve ortaya çıkan zorluklarla yüzleşmeye odaklanmak çok önemlidir. Bu durum için zengin YBM modelleri kullanılmaktadır.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <p>Rio et al. (2013), Zhang et al. (2015), Fitz et al. (2019), Valinejadshoubi et al. (2019), Moretti et al. (2020), Xie et al. (2020), Cheng JCP et al. (2020)</p> |
| <p><b>Proje Yönetimi</b>, Farklı kapsam, karmaşıklık, süre ve finansal riske sahip projelerin yönetilmesini içermektedir. Planlama ve tasarım, uygulama ve teslimat ile değerlendirmeyi kapsamaktadır. Bu alanda, güvenliği, emniyeti, lojistiği ve üretkenliği izlemeyi geliştirmek için personel, malzeme ve ekipmanın gerçek zamanlı takibi kilit noktalardan biridir.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                            | <p>Costin et al. (2015), Park et al. (2017), Tagliabue et al. (2018), Hamooni et al. (2020)</p>                                                                     |
| <p><b>Kalite</b>, Odak noktası, tesis organizasyonlarının ve hizmet sağlayıcıların performansını iyileştirmek amacıyla, tesis ve hizmetleriyle ilgili ihtiyaç ve beklentileri karşılamaktır. Kalitenin amacı, yapı bileşenlerinin ve inşaat işinin gerekli spesifikasyonları ve standartları karşılamasını sağlamaktır. Bilgileri dijitalleştirerek ve YBM doğrulaması gibi araçları kullanarak, tasarım hatalarını tespit etmek veya performansın eksik olabileceği alanları belirlemek TY’de YBM kullanımı ile mümkün hale gelmektedir. SG uygulamalarında kullanılan YBM modellerinin doğru ve güncel olmasını sağlamak bu hususta çok önemlidir.</p> | <p>Hernández et al. (2018)</p>                                                                                                                                      |
| <p><b>Gayrimenkul ve Mülk Yönetimi</b>, Kullanıcı deneyimlerini geliştirmek, varlık sahiplerinin stratejik hedefleriyle uyumlu hale getirmek ve gayrimenkulün değerini optimize etmek için fiziksel varlıkları etkili bir şekilde yönetmek önemlidir. Özellikle birden çok kişiye ait binalarda IoT verilerinin toplanmasını ve kullanılmasını yöneten özel düzenlemelerin</p>                                                                                                                                                                                                                                                                           | <p>Moretti et al. (2020)</p>                                                                                                                                        |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| veya yasaların eksikliği de dikkate alınmalıdır. YBM ortamı, bu tür bağlamlarda IoT verilerinin kullanımına ilişkin hakların, kısıtlamaların ve sorumlulukların daha iyi tanımlanması için potansiyel bir çözüm sunmaktadır                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                 |
| <b>Risk Yönetimi</b> , Risk yönetimi alanında çeşitli konular incelenmektedir. Bunlardan biri verilerin güvenliğidir. Veri güvenliğinin, gizliliğin korunmasının ve ilgili düzenlemelere uygunluğun sağlanması zor olabilmektedir. Hassas verileri yetkisiz erişim veya ihlallerden korumak için teknoloji kullanılabilir. Ayrıca en çok kullanılan bir başka alan ise yangın riski ve işyeri güvenliğidir. Erken yangın tespiti, tahliye planlaması, yangın olaylarının dinamik 3D görselleştirmesi, tahliye ve kurtarma çabalarını optimize etmek ve çift yönlü insan-makine etkileşimleri için Bluetooth 45sensor ağlarını kullanan sistemler geliştirmek önemlidir. İşçilerin ve bina kullanıcılarının sağlığı ve güvenliği ile ilgili olarak, YBM'in kablosuz sensörlerle entegrasyonu kullanılmaktadır. | Park et al. (2017), Chou et al. (2019), Cheng JCP et al. (2020) |
| <b>Sürdürülebilirlik</b> , Çevreyi korumayı, bina sakinlerinin refahını sağlamayı, kurumsal etkinliği desteklemeyi ve riskleri ve yükümlülükleri en aza indirmeyi kapsamaktadır. Enerji yönetimi, su yönetimi, malzeme ve sarf malzemeleri yönetimi, atık yönetimi, işyeri ve saha yönetimi gibi çeşitli alt yetkinlikleri içermektedir.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Habibi (2016), McGlinn et al. (2017), Ma et al. (2019)          |
| <b>Bilgi ve Teknoloji Yönetimi</b> , Teknolojik ihtiyaçların değerlendirmesi ve uygulanması, teknolojik sistemlerinin bakımı ve yükseltilmesi, koruma ve siber güvenlik dahil olmak üzere birçok alanda kullanılmaktadır. Gerçek zamanlı operasyonel performans bilgi yönetimi ve proaktif karar vermeyi mümkün kılmak için saha AR ve ofis Sürükleyici Artırılmış Sanallık modüllerini içeren bir Karma Gerçeklik çerçevesi geliştirilmekte ve kullanılmaktadır.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Wang et al. (2013), Kazado et al. (2019)                        |

Çizelge 4.2: Tesis yönetiminde YBM ve SG kullanımına yönelik engeller

| Engeller                                | Açıklama                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Kaynaklar                                                                                                                               |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>E1.Yazılım Karmaşıklığı</b>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>•Öğrenme Sorunları: Kullanıcılar, YBM yazılımını öğrenmeyi ve ustalaşmayı zor bulmaktadır.</li> <li>•Birlikte Çalışabilirlik Sorunları: Farklı YBM yazılım platformları arasındaki uyumluluk sorunları, veri alışverişini engellemektedir.</li> </ul>                     | Naghshbandi (2016), Bahçeci ve Polat (2020), Ghoneim (2021), Durdyev et al. (2022), Kömürcü ve Üçel (2022), Mostafa and Alaqeeli (2022) |
| <b>E2.Donanım Gereksinimleri</b>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>•Yüksek İşlem Gücü: YBM yazılımı, bazı kuruluşlar için pahalı olabilen güçlü bilgisayarlar gerektirmektedir.</li> <li>•Sınırlı Hareketlilik: YBM modellerine mobil erişim, donanım kısıtlamaları nedeniyle sınırlı olabilmektedir.</li> </ul>                             | Bahçeci ve Polat (2020), Ghoneim (2021) Durdyev et al. (2022), Fatkhurohman. And Insanita (2023)                                        |
| <b>E3.Verİ Entegrasyonu ve Yönetimi</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>•Veri Siloları: Çeşitli sistemlerde saklanan bilgiler, YBM platformlarına kolayca entegre edilemeyebilmektedir.</li> <li>•Veri Doğruluğu: Tüm verilerin doğru ve güncel olmasını sağlamak, özellikle eski tesislerde zor olabilmektedir.</li> </ul>                       | Fernandes et al. (2006), Naghshbandi (2016), Sardroud et al. (2018), Mostafa and Alaqeeli (2022),                                       |
| <b>E4.İşbirliği ve İletişim</b>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>•Silolanmış İş Akışları: Farklı ekipler arasında işbirliği eksikliği, tesis yaşam döngüsü boyunca YBM verilerinin akışını bozabilmektedir.</li> <li>•İletişim Boşlukları: Paydaşlar arasındaki yanlış iletişim, YBM uygulamasında hatalara yol açabilmektedir.</li> </ul> | Fernandes et al. (2006), Bahçeci ve Polat (2020), Aladağ (2022), Kömürcü ve Üçel (2022), Fatkhurohman. and Insanita (2023)              |

|                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>E5.Yatırım Getirisi Belirsizliği</b>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>•Faydaları Ölçmede Zorluk: Tesis yönetiminde YBM'i uygulamanın yatırım getirisini tam olarak ölçmek karmaşık olabilmektedir.</li> <li>•Uzun Vadeli Yatırım Getirisi ve Kısa Vadeli Maliyetler: Kuruluşlar, potansiyel uzun vadeli kazançlara karşı ilk harcamaları haklı çıkarmakta zorlanabilmektedir.</li> </ul> | Sardroud et al. (2018), Bahçeci ve Polat (2020), Ghoneim (2021), Aladağ (2022), Mostafa and Alaqeeli (2022),                                                    |
| <b>E6.Sınırlı Bütçe ve Kaynaklar</b>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>•Mali Kısıtlamalar: Daha küçük kuruluşlar veya sınırlı bütçeleri olanlar, YBM'in benimsenmesi için fon ayırmayı zor bulabilmektedir.</li> <li>•Personel Alma ve Eğitim: YBM uygulamalarında yetkin personeli işe almak ve eğitmek, mevcut kaynakları zorlayabilmektedir.</li> </ul>                                | Durdyev et al. (2022), Aladağ (2022), Kömürcü ve Üçel (2022), Mostafa and Alaqeeli (2022), Fatkhurohman. and Insanita (2023)                                    |
| <b>E7.Değişiklik Yönetimi</b>                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>•Değişime Karşı Direnç: Çalışanlar yeni teknolojileri ve iş akışlarını benimsemeye karşı dirençli olabilmektedir.</li> <li>•Farkındalık Eksikliği: Bazı paydaşlar YBM'in faydalarını tam olarak kavrayamayabilir ve bu da dirence yol açabilmektedir.</li> </ul>                                                   | Billinghurst et al. (2000), Azuma et al. (2001), Fernandes et al. (2006), Ding et al. (2015), Bahçeci ve Polat (2020), Aladağ (2022)                            |
| <b>E8.YBM Uygulama Stratejisinin Eksikliği</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>•Net Yol Haritasının Olmaması: YBM'in benimsenmesi ve tesis yönetimine entegrasyonu için iyi tanımlanmış bir plan olmayabilmektedir.</li> <li>•Yetersiz Destek: Üst yönetimin yetersiz desteği, başarılı uygulamayı engelleyebilmektedir.</li> </ul>                                                               | Billinghurst et al. (2000), Azuma et al. (2001), Fernandes et al. (2006), Ding et al. (2015), Sardroud et al. (2018), Ghoneim (2021), Aladağ (2022), Kömürcü ve |

|                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                         |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Üçel (2022),                                                                                            |
| <b>E9.İlk Yatırım</b>                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>•Yazılım ve Eğitim Maliyetleri: YBM yazılım lisansları satın almak ve personele eğitim sağlamak maliyetli olabilmektedir.</li> <li>•Donanım Yükseltmeleri: Bilgisayar sistemlerini YBM yazılım gereksinimlerini karşılayacak şekilde yükseltmek önemli masraflara neden olabilmektedir.</li> </ul> | Bahçeci ve Polat (2020), Ghoneim (2021), Mostafa and Alaqeeli (2022), Fatkhurohman. and Insanita (2023) |
| <b>E10.Uyumluluk ve Standartlar</b>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>•Standardizasyon Eksikliği: Bölgeler arasında değişen YBM standartları ve uyumluluk gereksinimleri zorluklar doğurabilmektedir.</li> <li>•Yasal Çıkarımlar: YBM verilerinin mülkiyeti ve sorumluluğuna ilişkin belirsizlikler, benimsemeyi engelleyebilmektedir.</li> </ul>                        | Sardroud et al. (2018), Aladağ (2022)                                                                   |
| <b>E11.Sözleşmeden Doğan Kısıtlamalar</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>•YBM Dostu Olmayan Sözleşmeler: Mevcut sözleşmeler, YBM uygulaması ve veri paylaşımı için hükümler içermeyebilmektedir.</li> <li>•Fikri Mülkiyet Endişeleri: YBM verilerinin harici taraflarla paylaşılması fikri mülkiyet sorunlarına yol açabilmektedir.</li> </ul>                              | Billinghurst et al. (2000), Azuma et al. (2001), Ding et al. (2015), Sardroud et al. (2018)             |

## 4.2 AHP Yöntemi

Çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan AHP, Saaty tarafından geliştirilmiştir (Saaty, 1980). Bu yöntem, ikili karşılaştırmalar yoluyla birden fazla kriterin karar vericiler tarafından hem niceliksel hem de niteliksel olarak dikkate

alınmasını sağlar ve sistemdeki kriterler ile alternatifler arasında hiyerarşik bir ilişki kurar (Pamucar et al., 2018).

AHP yönteminde üç seviye vardır. İlk olarak, model hiyerarşik olarak yapılandırılmıştır. Ardından kriterlerin önem dereceleri ve her bir kritere göre karar alternatifleri karşılaştırılarak değerlendirilir. Son aşamada öncelik sentezi yapılarak karar alternatiflerinin sırası belirlenir (Chaudhari et al., 2018).

AHP yönteminin adımları şu şekildedir (Wolnowska ve Konicki, 2019):

**Adım 1.** Belirlenen problemin hiyerarşisini oluşturmak için ana hedef, ana hedefi gerçekleştiren kriterler ve alternatif çözümler tanımlanır. Bu kapsamda teknolojik (*K1*), mali (*K2*) ve örgütsel (*K3*) ile düzenleyici ve yasal (*K4*) olmak üzere dört farklı kriter dikkate alınmıştır.

**Adım 2.** Karar vericilerin değerlendirme yapabilmesi için ikili bir matris oluşturulur ve bu, 1'den 9'a kadar değişen bir ikili karşılaştırma ölçeği kullanılarak gerçekleştirilir. İkili karşılaştırma ölçeği Çizelge 4.3'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.3: İkili karşılaştırma ölçeği (Saaty, 2008).

| <u>Puan</u> | <u>Sıralama</u>        | <u>Açıklama</u>                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1           | Eşit derece önemli     | Her iki engel karşılaştırıldığında üstünlük yoktur, eşit derece önemlidir.                                                                                                                                                                       |
| 3           | Orta derece önemli     | Her iki engel karşılaştırıldığında biri diğerine göre az farkla önemlidir.                                                                                                                                                                       |
| 5           | Kuvvetli önemli        | Her iki engel karşılaştırıldığında biri diğerine göre önemlidir.                                                                                                                                                                                 |
| 7           | Çok kuvvetli önemli    | Her iki engel karşılaştırıldığında biri diğerine göre daha çok önemlidir.                                                                                                                                                                        |
| 9           | Mutlak derecede önemli | Her iki engel karşılaştırıldığında biri diğerine göre mutlak derecede çok önemlidir.                                                                                                                                                             |
| 2-4-6-8     | Ara değerler           | Her iki engel karşılaştırıldığında birinin diğerine göre küçük farklar olması durumudur. (Örneğin 2 için eşit ve orta arası; 4 için orta ve kuvvetli arası; 6 için kuvvetli ve çok kuvvetli arası; 8 için çok kuvvetli ve mutlak kuvvetli arası) |

Çizelge 4.3'de gösterilen göreceli Saaty'nin ikili karşılaştırma ölçeği kullanılarak uzmanların tercihi ile  $A = [a_{ij}]$  olan bir ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur. İkili karşılaştırma matrisi Denklem (1)'de verilir.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ \frac{1}{a_{12}} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{1}{a_{1n}} & \frac{1}{a_{2n}} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

**Adım 3.** Eigen değeri ve Eigen vektörünü elde etmek için öncelikle ikili karşılaştırma matrisindeki değerler normalleştirilir. Normalleştirilmiş ikili karşılaştırma matrisi elde edildikten sonra her satırın ortalaması alınarak Eigen vektörü elde edilir. Öz matris, ikili karşılaştırma matrisinin Öz vektör ile çarpılmasıyla da elde edilir.

**Adım 4.** Uzmanlar tarafından oluşturulan karar matrisinin doğru olup olmadığı kontrol edilmelidir. Bu nedenle ikili karşılaştırma matrisinin tutarlılık indeksi (CI), Denklem (2) kullanılarak bulunur. Daha sonra Denklem (3) kullanılarak tutarlılık oranı (CR) hesaplanır.

$$CI = (\lambda_{max} - n) / (n-1) \quad (2)$$

$$CR = CI / RI \quad (3)$$

$\lambda_{max}$ , maksimum Eigen değeri olan Denklem (4) kullanılarak hesaplanır.

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_j^n a_j^* \quad (4)$$

Denklemdaki rastgele indeks (RI) ifadesi bir parametredir ve matristeki eleman sayısına göre değişir. Bu değerler Çizelge 4.4'de sunulmuştur.

Çizelge 4.4: Rastgele endeks değerleri (Saaty, 2003).

| n  | 1 | 2 | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8   | 9    | 10   |
|----|---|---|------|------|------|------|------|-----|------|------|
| RI | 0 | 0 | 0,52 | 0,89 | 1,11 | 1,25 | 1,35 | 1,4 | 1,45 | 1,49 |

Tutarlılık oranı 0,10'dan küçük olmalıdır ( $CR < 0,10$ ). Büyükse, hesaplama tutarsız olarak kabul edilir.

### 4.3 TOPSİS Yöntemi

Çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan TOPSIS, 1981 yılında Hwang ve Yoon tarafından geliştirilmiştir (Hwang ve Yoon, 1981). Bu yöntemin temel amacı, belirli kriterler ile alternatifler arasında pozitif ideal çözüme en yakın mesafeyi ve negatif ideal çözüme en uzak çözümü belirlemektir (Ye et al., 2020). TOPSIS yöntemi birkaç adımdan oluşur (de Lima Silva et al., 2020):

**Adım 1.** Çok kriterli karar verme yöntemlerinin karar matrisi, kriterler ve alternatifler tanımlanarak oluşturulur. Karar matrisi Denklem (5)'deki gibi tanımlanır ve aşağıdaki gibidir:

$$D_{ij} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (5)$$

Burada alternatif sayısı  $m$  olarak ve kriter sayısı  $n$  olarak temsil edilmektedir.

**Adım 2.** Kriterleri kendi aralarında doğru bir şekilde karşılaştırmak için karar matrisinin normalleştirilmesi yapılmalıdır. Karar matrisini normalleştirmek için (Denklem 5), normalleştirme kriterlerinin Denklem (6) kullanılarak hesaplanması gerekir.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad i = 1, 2, \dots, m \text{ ve } j = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

**Adım 3.** Denklem 6 ile elde edilen normalleştirilmiş karar matrisi, her bir kriter için belirlenen ağırlık değerleri ile çarpılır. Böylece ağırlıklı normalleştirilmiş bir matris elde edilir. Ağırlıklı normalleştirilmiş matristeki değerler Denklem (7) kullanılarak elde edilir.

$$v_{ij} = w_j r_{ij} \quad i = 1, \dots, m \text{ ve } j = 1, \dots, n \quad (7)$$

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1. \quad i = 1, \dots, m \text{ ve } j = 1, \dots, n \quad (8)$$

**Adım 4.** İdeal bir çözüm kümesi oluşturmak için ağırlıklı normalleştirilmiş matris değerleri kullanılır. Pozitif ideal çözüm, faydalı kriterleri maksimize eden

ve faydalı olmayan kriterleri minimuma indiren değerleri temsil eder. Pozitif ideal çözüm Denklem (9)'da verilmiştir.

$$A^+ = (v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+ = \{(max v_{ij} \mid j \in I), (min v_{ij} \mid j \in J)\} \quad i = 1, \dots, m \text{ ve } j = 1, \dots, n \quad (9)$$

Negatif ideal çözüm, maliyet kriterlerini maksimize eden ve fayda kriterlerini minimuma indiren değerlerdir. Negatif ideal çözüm şu şekilde verilir:

$$A^- = (v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^- = \{(min v_{ij} \mid j \in I), (max v_{ij} \mid j \in J)\} \quad i = 1, \dots, m \text{ ve } j = 1, \dots, n \quad (10)$$

Yukarıda gösterilen formüllerde; I, fayda kriterlerini temsil eder ve J, maliyet kriterlerini temsil eder.

**Adım 5.** Öklid mesafesi ( $S^{+/-}$ ) yaklaşımları kullanılarak, her bir alternatifi pozitif ve negatif ideal çözüm kümesinden mesafeler hesaplanır. Her alternatif için pozitif ideal çözüme olan uzaklık Denklem (11) ile, negatif ideal çözüme olan mesafe Denklem (12) ile hesaplanır.

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad i = 1, \dots, m \text{ ve } j = 1, \dots, n \quad (11)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad i = 1, \dots, m \text{ ve } j = 1, \dots, n \quad (12)$$

**Adım 6.** Her bir alternatifi sıralamak için pozitif ideal çözüme göreli yakınlık ( $C^*$ ) hesaplanır. Bu değer 0 ile 1 arasında olmalıdır ve 1'e en yakın alternatiften başlanarak sıralama yapılır. Denklem (13) kullanılarak dizi tanımlanır.

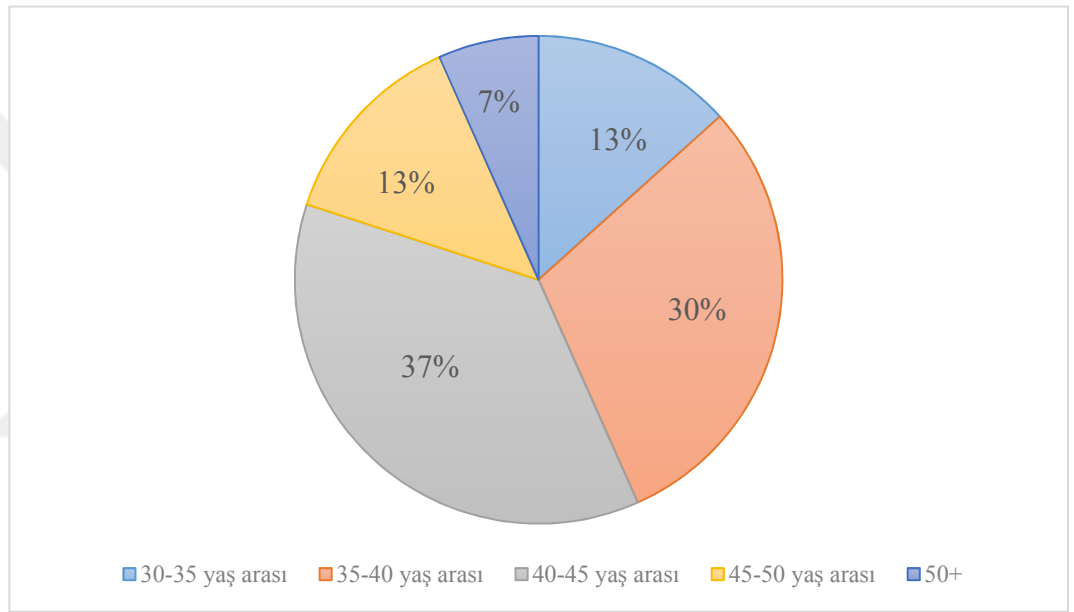
$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^+} \quad 0 \leq C_i^* \leq 1 \quad i = 1, \dots, m \text{ ve } j = 1, \dots, n \quad (13)$$

## 5. BULGULAR

### 5.1 Anket Sonuçları

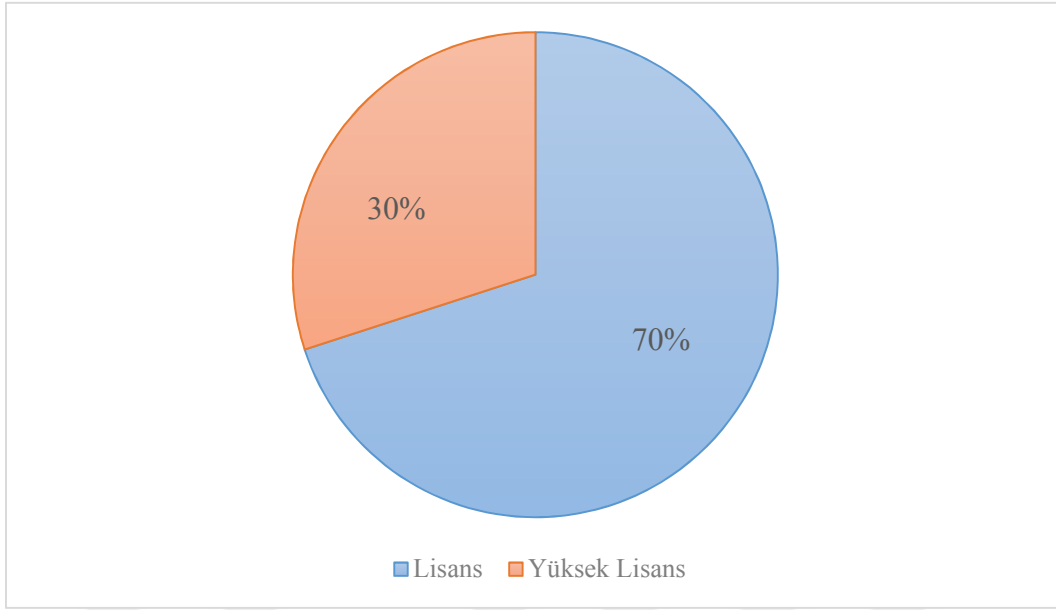
#### 5.1.1 Katılımcı profili

Anket toplam 48 uzmana gönderilmiş olup 30 adet geri bildirim alınmıştır. Şekil 5.1, ankete katılan uzmanların yaş dağılımlarını göstermektedir. 40 – 45 yaş arası çalışanın yoğun olduğu görülmektedir. Sektörde kullanımının orta yaşlarda daha çok olduğu kanısına varılabilir.



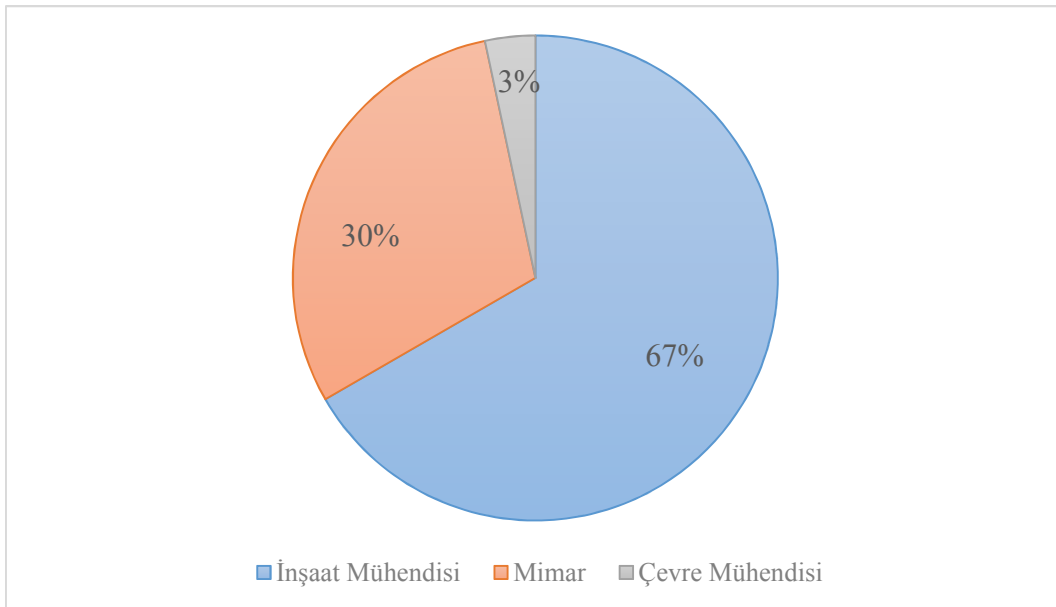
Şekil 5.1: Anket katılımcılarının yaş aralığı

Şekil 5.2’de uzmanların eğitim seviyelerini göstermektedir. Buna göre uzmanların %70’i lisans mezunu iken %30’u yüksek lisans mezunudur.



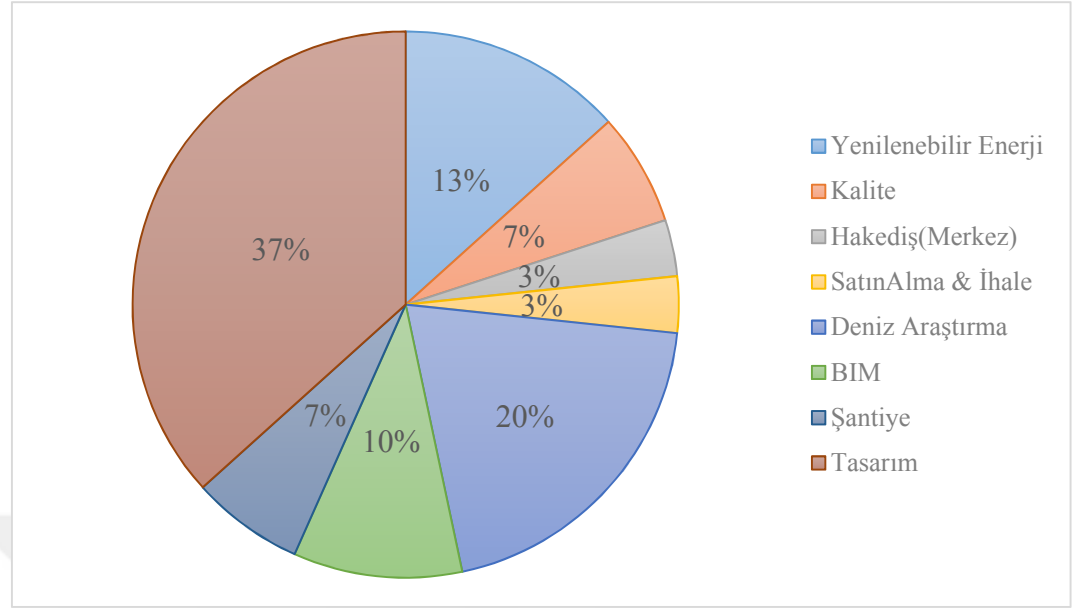
Şekil 5.2: Ankete katılanların eğitim seviyeleri

Şekil 5.3 ankete katılanların meslek gruplarının dağılımını göstermektedir. Ankete, 20 inşaat mühendisi, 9 mimar ve 1 çevre mühendisi yanıt vermiştir. Uzmanların %67'si inşaat mühendisi, % 30'u mimar ve %3'ü çevre mühendisidir.



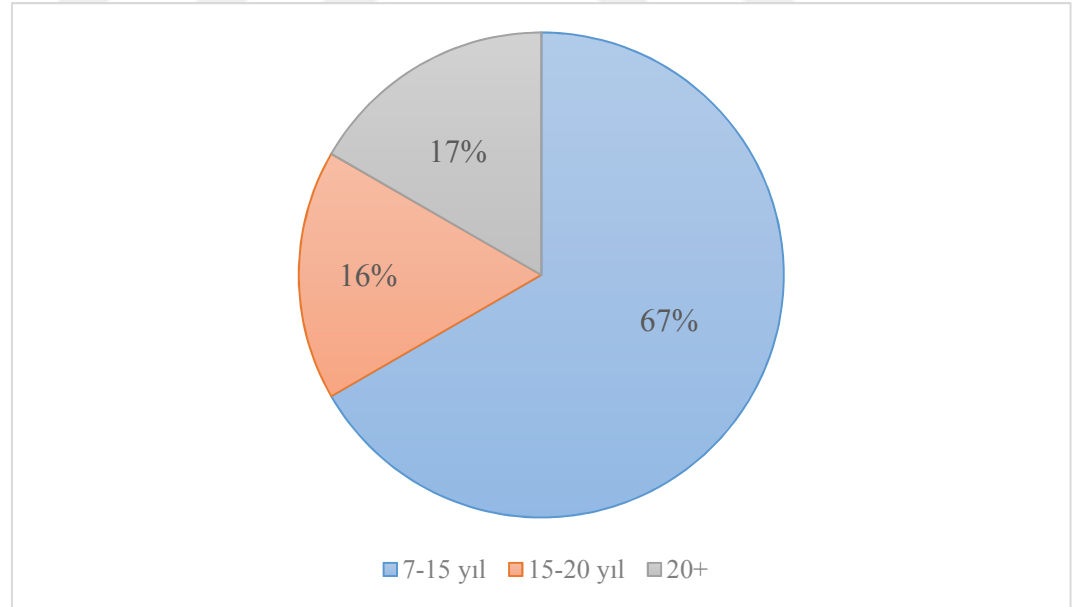
Şekil 5.3: Ankete katılanların meslekleri

Şekil 5.4'de ise ankete katılanların çalıştıkları alanlar görülmektedir. Uzmanların %37'si tasarım alanında çalışmakta olup en büyük çoğunluğu oluşturmaktadır.



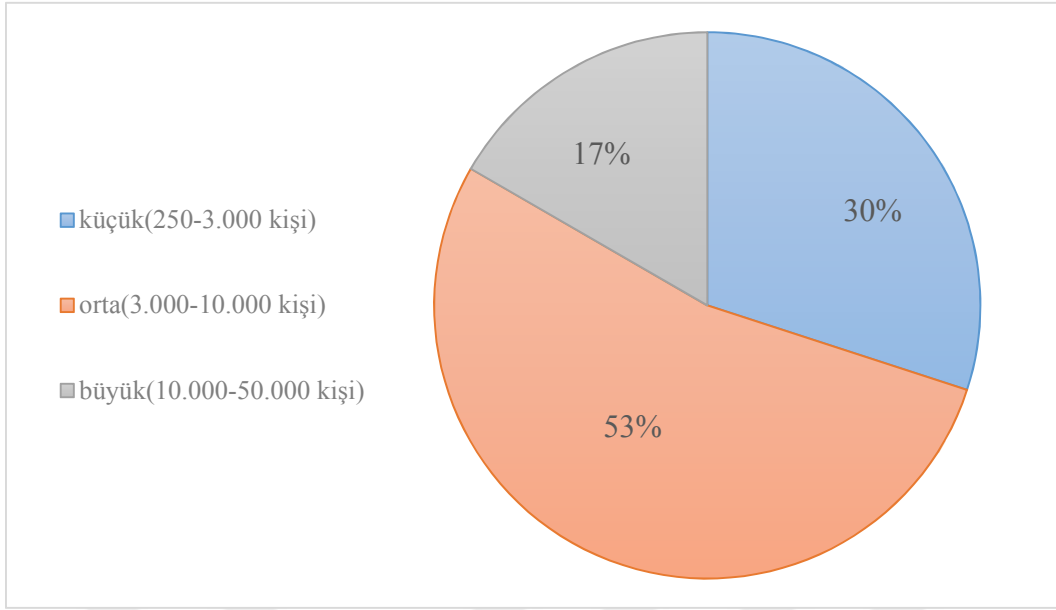
Şekil 5.4: Ankete katılanların çalışma alanları

Şekil 5.5, uzmanların kaç yıl mesleki deneyime sahip olduğunu göstermektedir. Uzmanların %67'si 7-15 yıl arası mesleki deneyime sahip olup çoğunluğu oluşturmaktadır.



Şekil 5.5: Ankete katılanların mesleki tecrübe süreleri

Şekil 5.6'da görüldüğü üzere uzmanların büyük çoğunluğu (%57) orta büyüklükte şirketlerde çalışmaktadır.

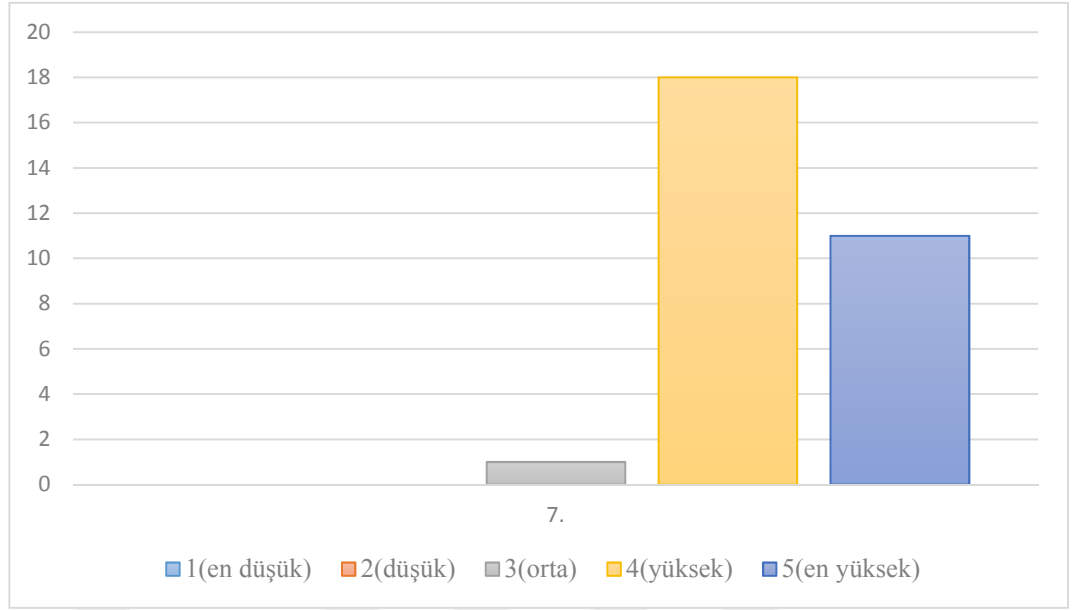


Şekil 5.6: Uzmanların çalıştıkları firmaların büyüklüğü

### 5.1.2 Tesis yönetiminde YBM kullanımı

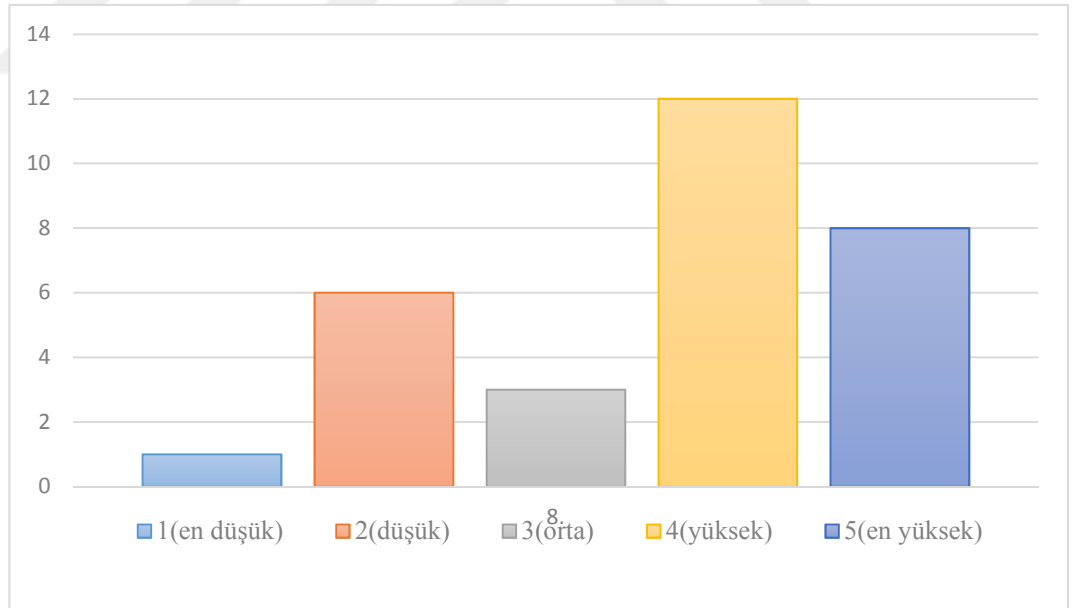
Anketin ikinci kısmında ise, tesis yönetiminde YBM kullanımının bilinirliğine ilişkin sorular mevcuttur. Uzmanların soruları 1-en düşük, 5-en yüksek olmak üzere değerlendirmeleri istenmiştir.

Şekil 5.7’de uzmanların YBM kullanımı bilinirliğine ilişkin sonuçlar verilmektedir. Verilen cevaplara bakıldığında uzmanların tamamının YBM hakkında bilgi sahibi olduğunu görülmektedir. Uzmanların %97’si YBM’yi çok etkin şekilde kullandıklarını belirtmişlerdir.



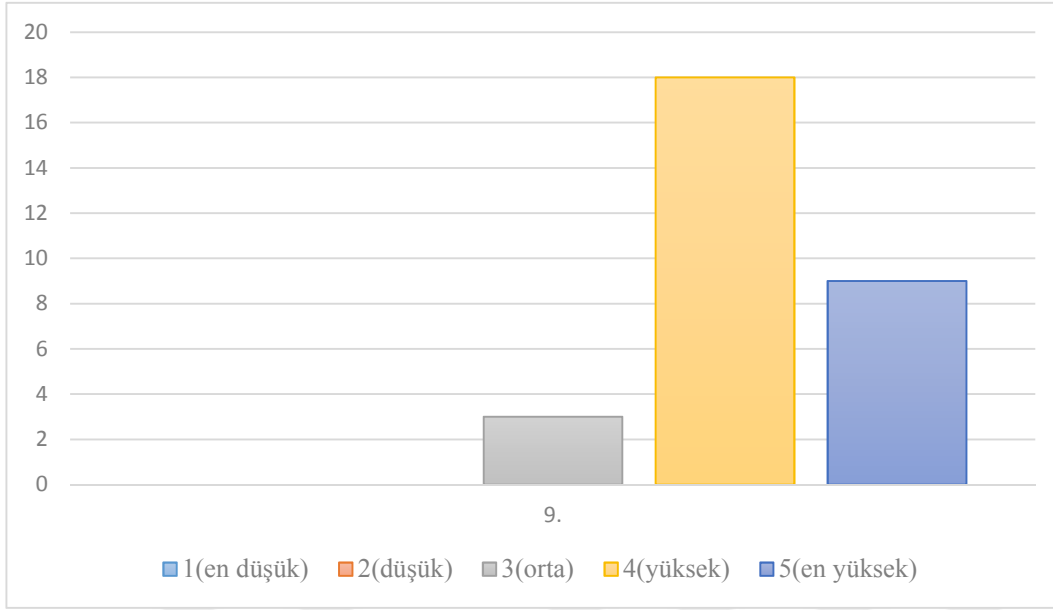
Şekil 5.7: YBM kullanımının bilinirliği

Şekil 5.8’de tesis yönetiminde YBM uygulaması kullanımına ilişkin sonuç verilmektedir. Anket uzmanlarının %77’si tesis yönetiminde YBM uygulamasını etkin şekilde kullandığını belirtmiştir.



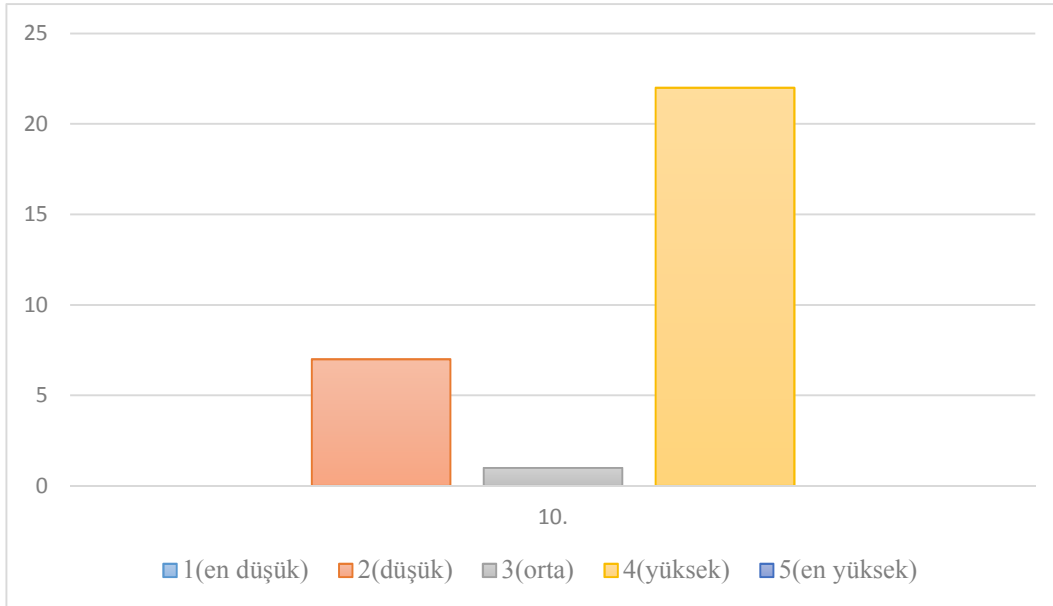
Şekil 5.8: TY’de YBM kullanımı

YBM’nin tesis yönetiminde kullanılmasının verimliliğine ilişkin sonuçlar Şekil 6.9’da verilmektedir. Anket uzmanlarının tamamı YBM kullanımının tesis yönetiminde verimliliği arttıracaklarını düşünürken %90’lık kısmı bu verimliliğin yüksek ve en yüksek seviyede olacağı bildiriminde bulunmuştur.



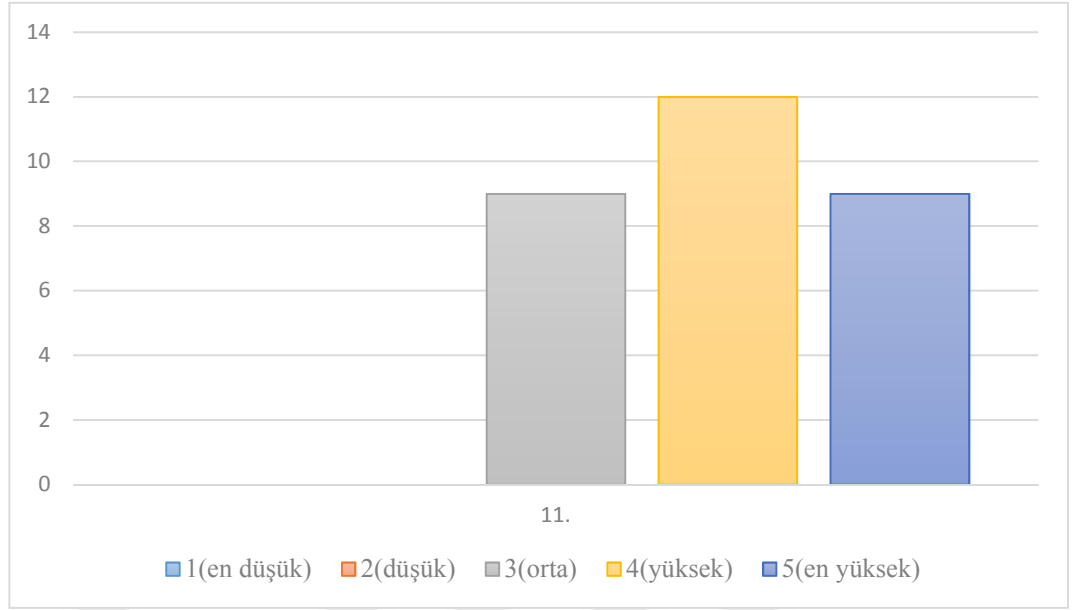
Şekil 5.9: YBM'nin kullanımının tesis yönetiminin verimliliğine etkisi

Tesis yönetiminde YBM teknolojisi kullanan uzmanların çıktılarını olumlu olumsuz değerlendirme sonuçları Şekil 5.10'da verilmektedir. %77 olumlu sonuçlar elde ederken, %23 kısım aldığı sonuçtan düşük seviyelerde memnun olduğunu belirtmiştir.



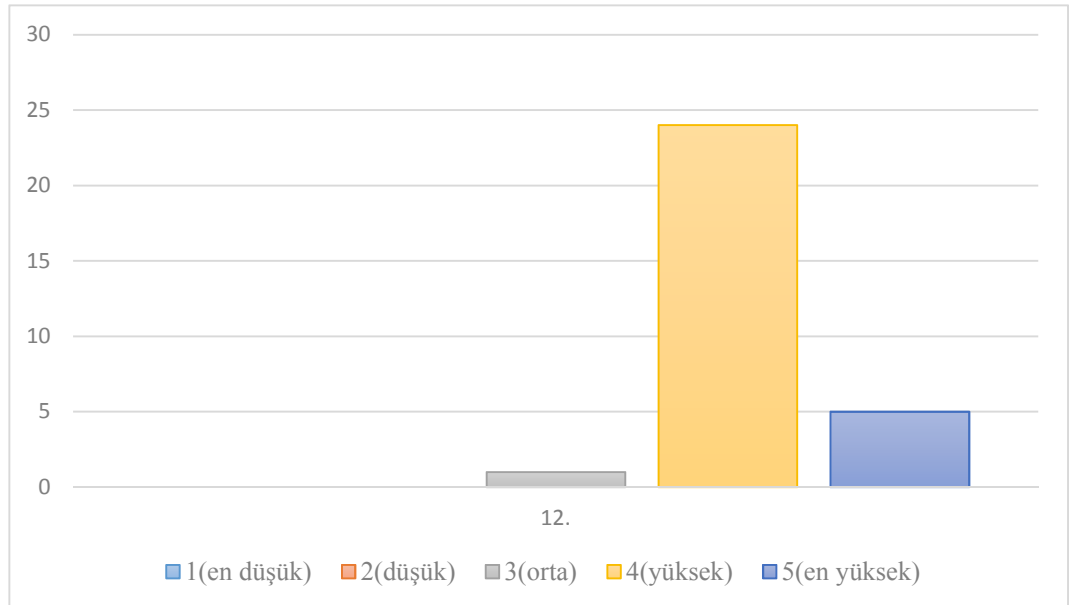
Şekil 5.10: TY'de YBM kullanım çıktıları değerlendirilmesi

Tesis yönetiminde YBM kullanan uzmanların uygulama sonucunda maliyet tasarrufu potansiyelinin değerlendirme sonuçları Şekil 5.11'de verilmektedir. Tüm uzmanlar maliyet tasarrufu potansiyeli olduğunu belirtmiştir.



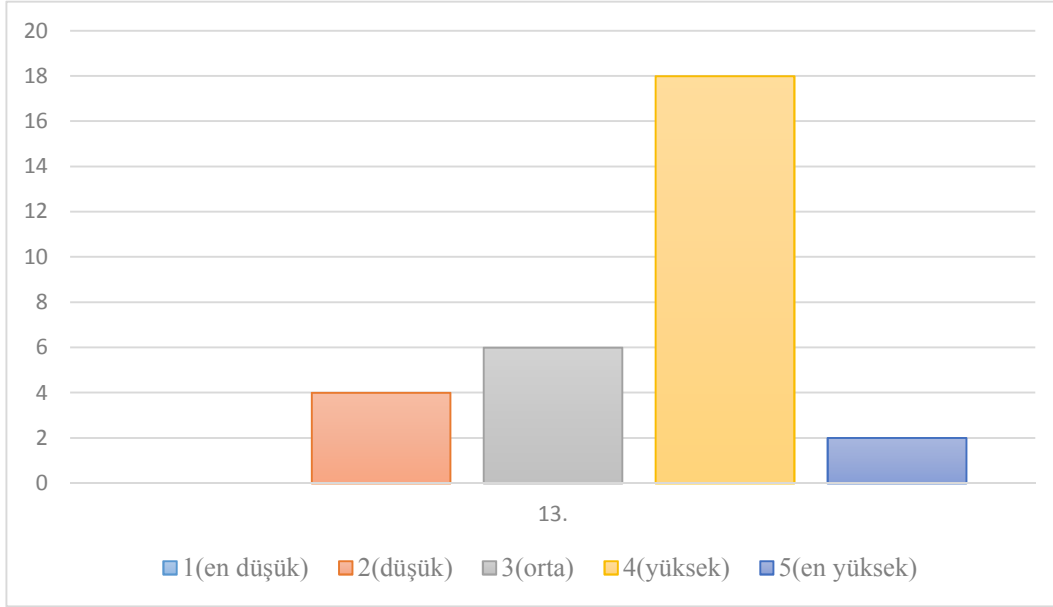
Şekil 5.11: TY’de YBM kullanımı maliyet tasarrufu değerlendirilmesi

YBM teknolojisini tesis yönetiminde kullanan uzmanların işbirliği ve iletişime etkisinin değerlendirme sonucu Şekil 5.12’de verilmektedir. Tüm uzmanlar geliştireceği konusunda değerlendirme yapmıştır.



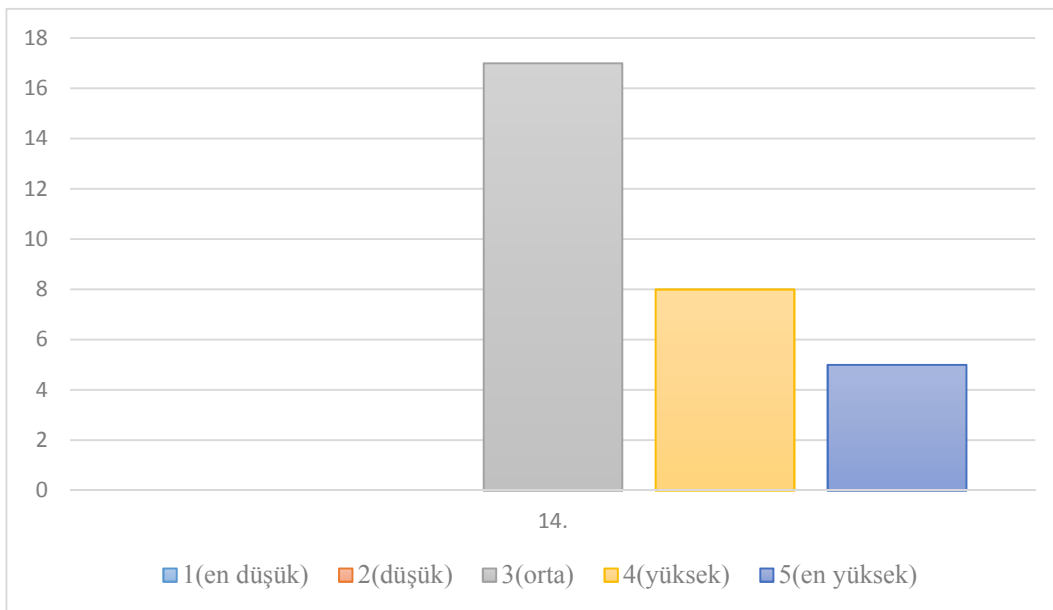
Şekil 5.12: TY’de YBM kullanımı işbirliği ve iletişime etkisi

Tesis yönetiminde YBM kullanan uzmanların kullanım sonucunda zorluk deneyimlerinin değerlendirilmesi Şekil 5.13’de görülmektedir, %87 oranında ağırlıklı uzman çok fazla zorluk çekmediğini belirtmiştir.



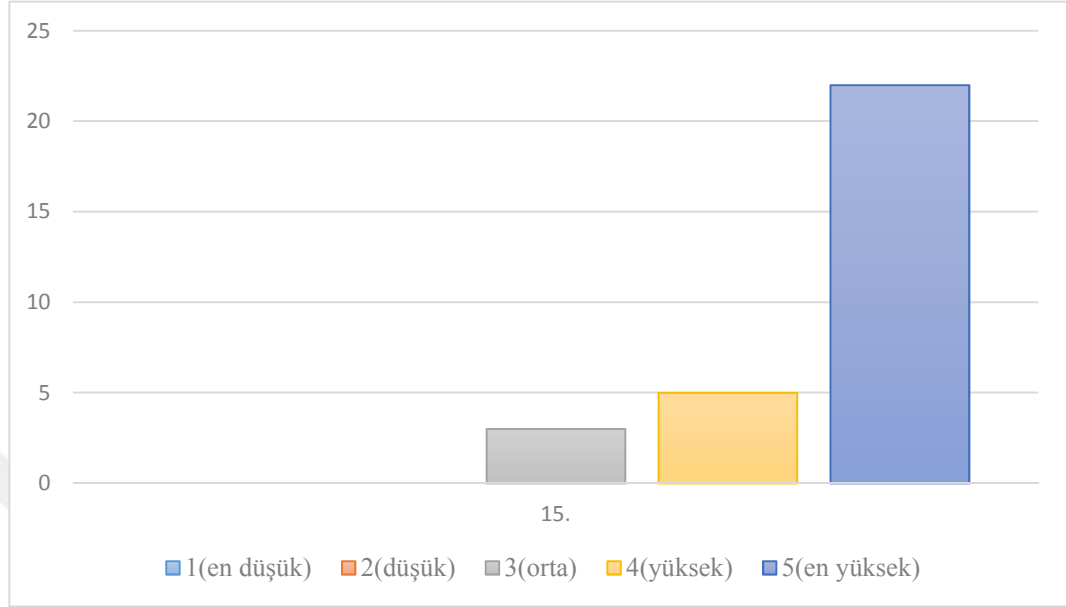
Şekil 5.13: TY’de YBM kullanımı zorlukları değerlendirilmesi

Tesis yönetiminde YBM kullanan uzmanların teknoloji kullanımı ile bina performansı ve bakım gereksinimleri hakkında daha iyi bilgiler sağlayabileceğine inançları Şekil 5.14’de verilmektedir. Uzmanların hepsi olumlu cevaplar verirken %57 oranında uzmanın inançları yüksek değildir.



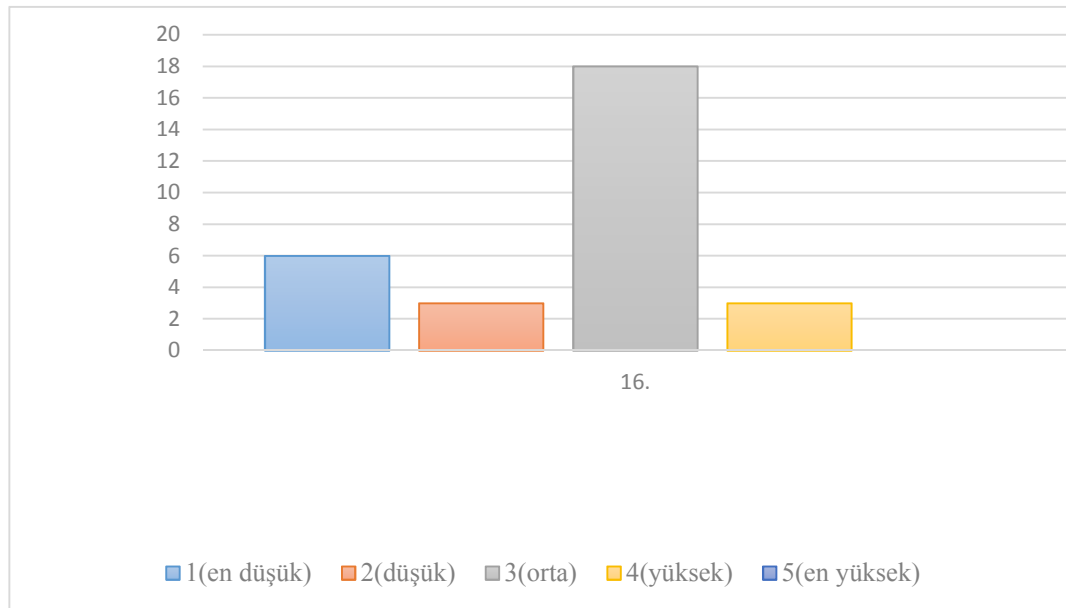
Şekil 5.14: TY’de YBM bina performansı ölçümü değerlendirilmesi

Tesis yönetiminde YBM kullanan uzmanların teknoloji hakkında diğer profesyonellere tavsiye eğiliminin ölçülmesi Şekil 5.15’de görülmektedir. Uzmanların %73’ü şiddetle tavsiye etmektedir.



Şekil 5.15: TY’de YBM kullanımı tavsiye ölçümleme

YBM entegre tesis yönetimi teknolojisini kullanan uzmanların olası zorlukları veya sınırlamaları konusunda endişelerinin değerlendirilme sonuçları Şekil 5.16’de verilmektedir. Uzmanların %90’ı düşük endişeye sahipken bu oranın %60 kısmı çekimser kalmıştır.

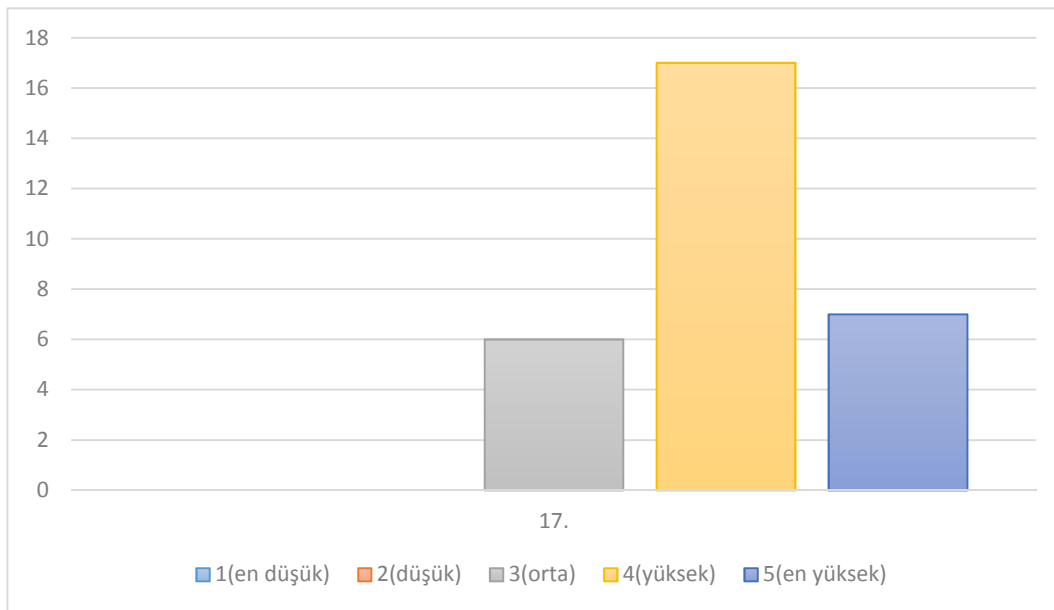


Şekil 5.16: TY’de YBM kullanımı zorluk endişesi değerlendirilmesi

### 5.1.3 Tesis yönetiminde SG kullanımı

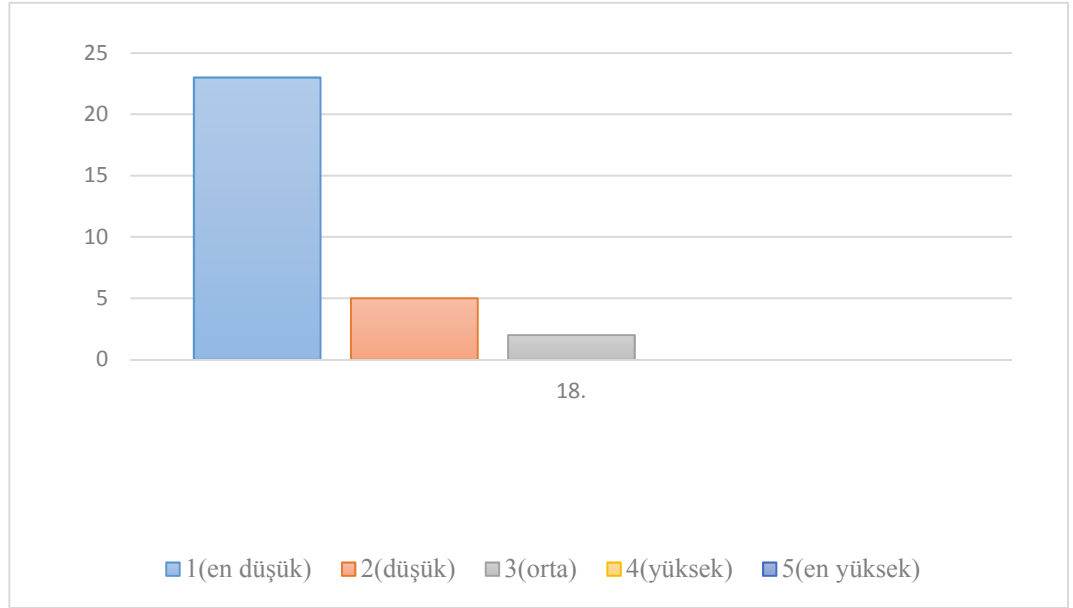
Anketin üçüncü kısmında ise, tesis yönetiminde Sanal Gerçeklik kullanılması ile ilişkin sorular mevcuttur. Bu anket bölümü 1 ile 5 arası derecelendirmeden oluşmaktadır. 1 en düşük; 2 düşük; 3 orta; 4 yüksek; 5 en yüksek olarak belirtilmiştir.

Tesis yönetiminde sanal gerçeklik kullanımı hakkında uzmanların bilgi sahipliği Şekil 5.17’de verilmektedir. Sonuçlar, uzmanların bu konuda bilgi sahibi olduğunu ve verilen cevapların tutarlı olduğu hakkında bilgi vermektedir.



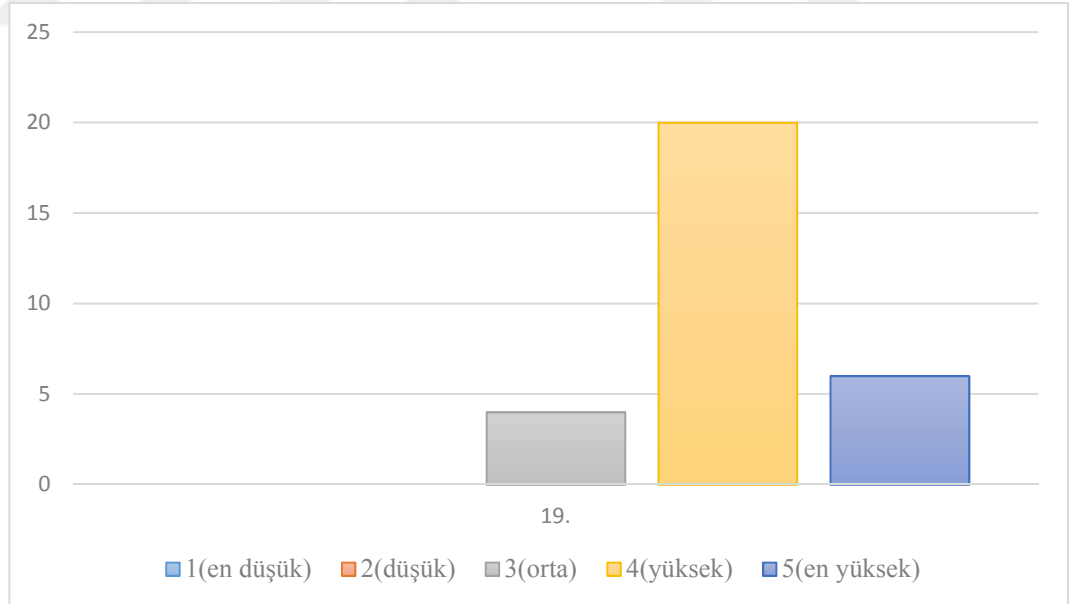
Şekil 5.17: TY’de SG bilinilirliği

Uzmanların güncel olarak tesis yönetiminde sanal gerçeklik teknolojisi kullanımı Şekil 5.18’de verilmektedir, %97’si mevcut işlerinde tesis yönetimi kullanmamaktadır.



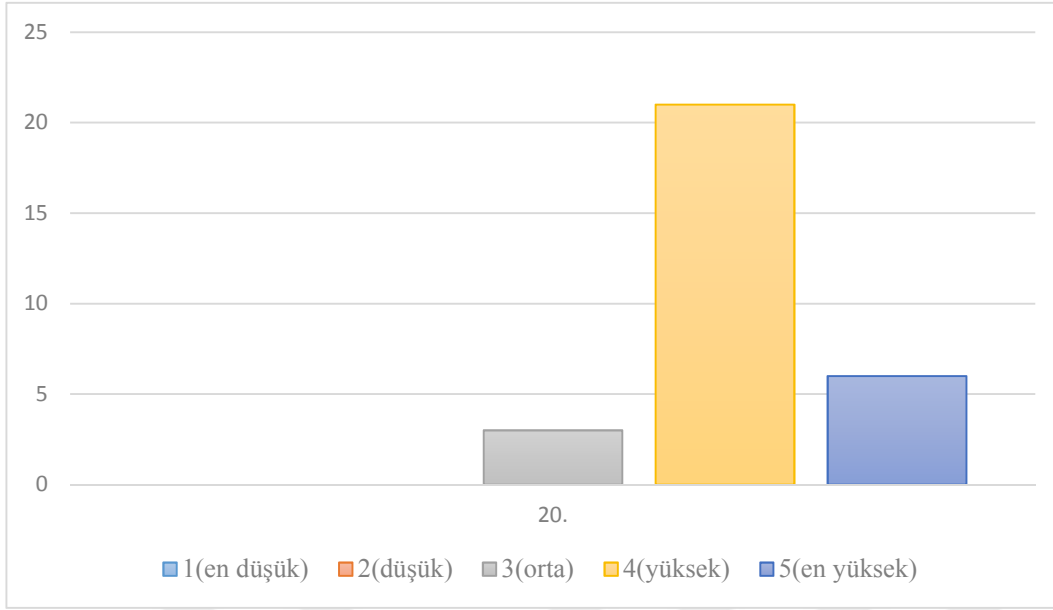
Şekil 5.18: TY’de SG kullanımı

Tesis yönetiminde sanal gerçeklik teknolojisi kullanmanın potansiyel faydalarının farkındalığı için ölçümleme sonuçları Şekil 5.19’da görülmektedir. Uzmanların tamamı potansiyel faydalarının farkında olduğunu belirtmiştir.



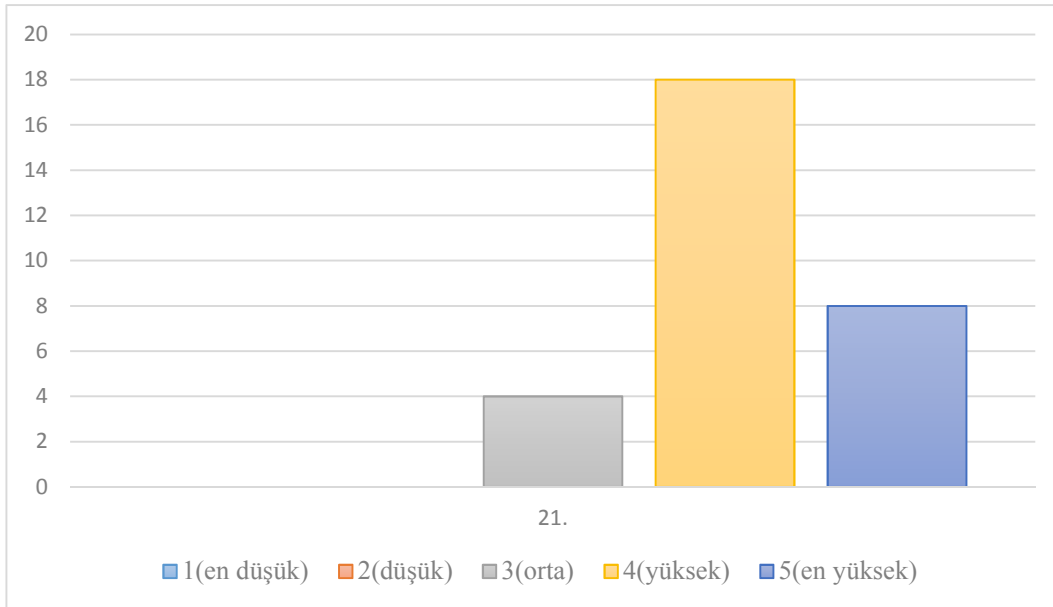
Şekil 5.19: TY’de SG kullanımı potansiyel faydaları

Tesis yönetiminde sanal gerçeklik teknolojisi kullanmanın bina düzenleri ve ekipmanlarının görselleştirilmesini ve anlaşılmasını iyileştirebileceğine karşı uzman tutumu Şekil 5.20’de görülmektedir. Uzmanların tamamı olumlu olarak bildirim yapmıştır.



Şekil 5.20: TY’de SG kullanımı iyileştirmeleri

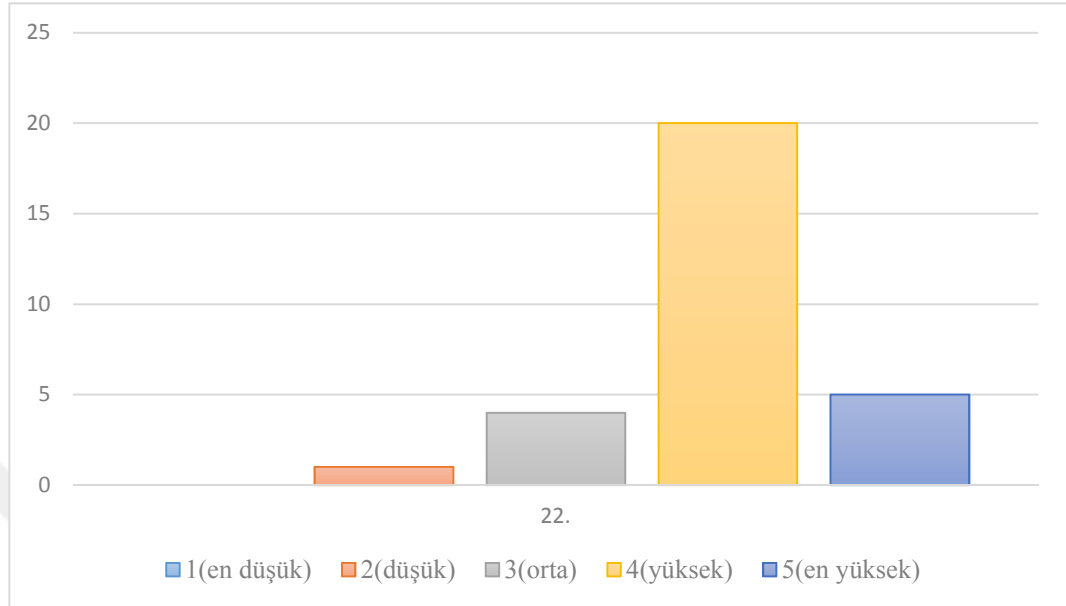
Bakım ve onarım faaliyetlerini daha etkin yönetmek için SG teknolojisinin kullanımı hakkında düşüncelerin ölçülmesi Şekil 5.21’de verilmektedir, uzmanların tamamı olumlu yönde bildirim yapmıştır.



Şekil 5.21: TY’de SG kullanım isteği

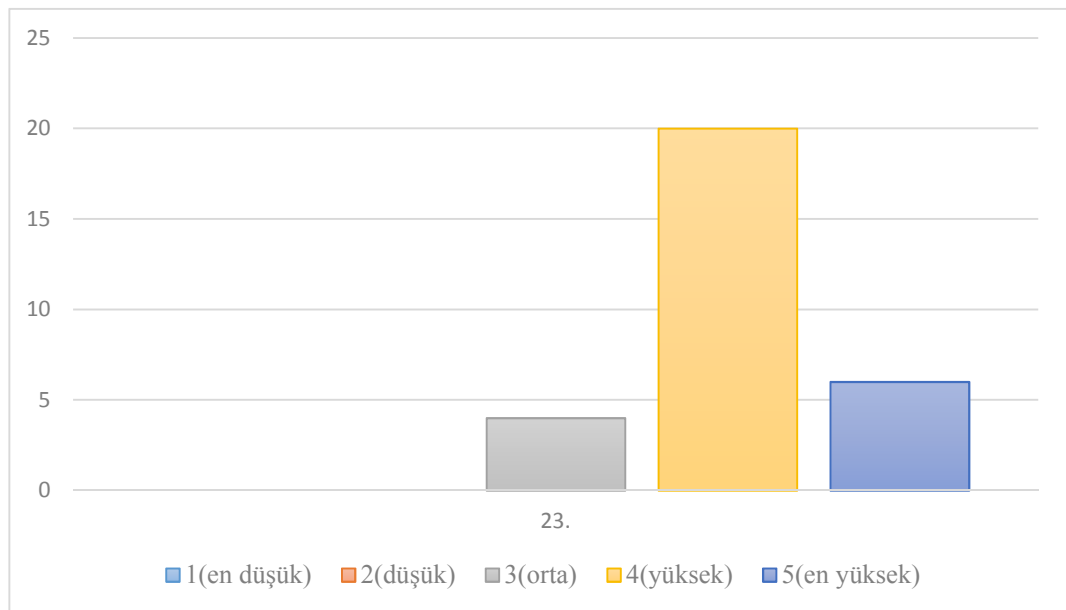
Tesis yönetiminde SG teknolojisi kullanmanın potansiyel maliyet tasarrufu avantajlarının farkındalığı ölçülmesi Şekil 5.22’de görülmektedir, %97

oranında uzman potansiyel maliyet tasarrufu avantajı hakkında bilgi sahibi olduğunu belirtmiştir.



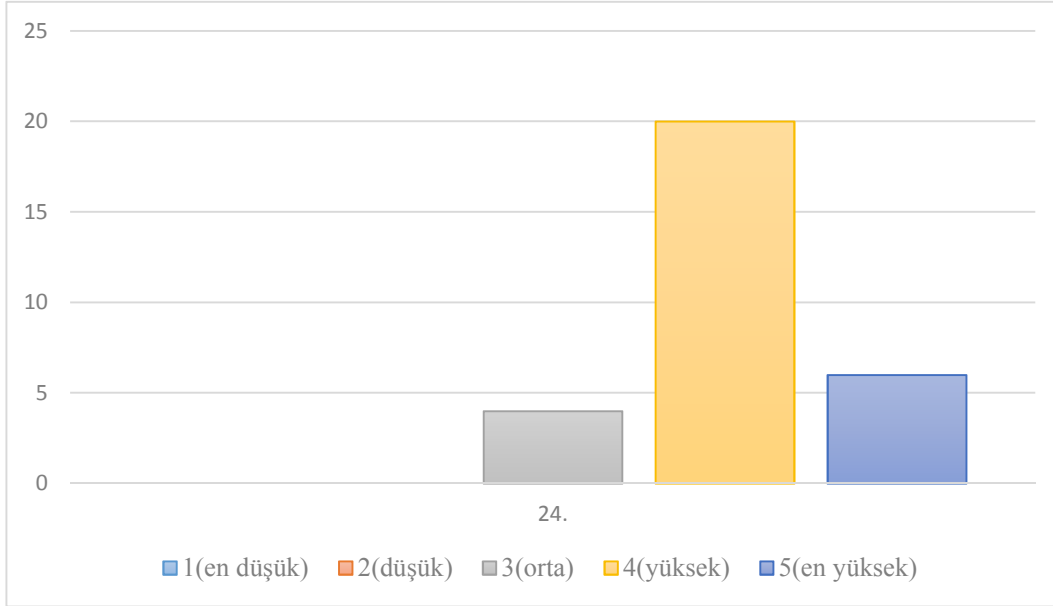
Şekil 5.22: TY’de SG kullanım potansiyel maliyet tasarrufu avantajları

Tesis yönetiminde SG teknolojisi kullanmanın tesis yönetimi ekipleri için eğitim ve simülasyonları geliştirebilirliğinin ölçülmesi Şekil 5.23’de verilmektedir, katılımların tamamı sanal gerçekliğin tesis yönetimi ekipleri tarafından eğitim ve simülasyonlar için kullanılmasının uygun olacağını düşünmektedir.



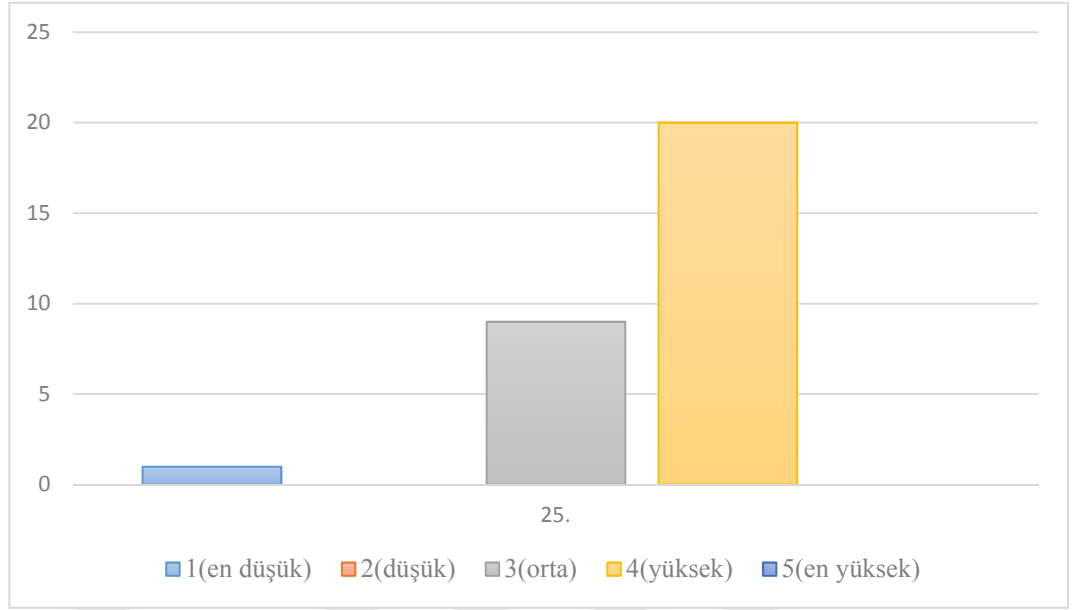
Şekil 5.23: TY’de SG kullanım eğitim ve simülasyonları geliştiriciliği

YBM'i SG ile entegre etmenin tesis yönetimi süreçlerini geliştirebileceği inancının ölçülmesi istenmiştir. Şekil 5.24'de görüldüğü gibi, katılımların tamamı sanal gerçeklik entegrasyonunun tesis yönetimi süreçlerinde gelişim alanı olduğuna inanmaktadır.



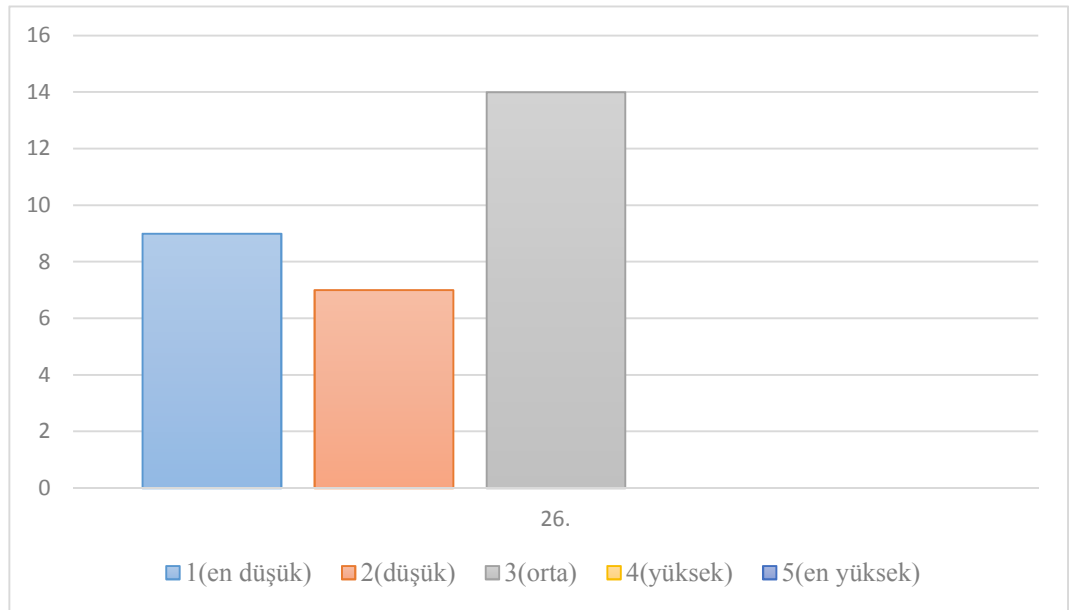
Şekil 5.24: TY'de SG kullanım süreç geliştiriciliği

Tesis yönetimi amaçları için SG teknolojisini benimsemedeki zorluklar ve güçlüklerin uzmanlar tarafından ölçülmesi Şekil 5.25'de verilmektedir, katılımların %97'si zorluk ve güçlükle karşılaşmadığını belirtirken geri kalan kısım ise en düşük derecede zorluk ve güçlükle karşılaştığını belirtmiştir.



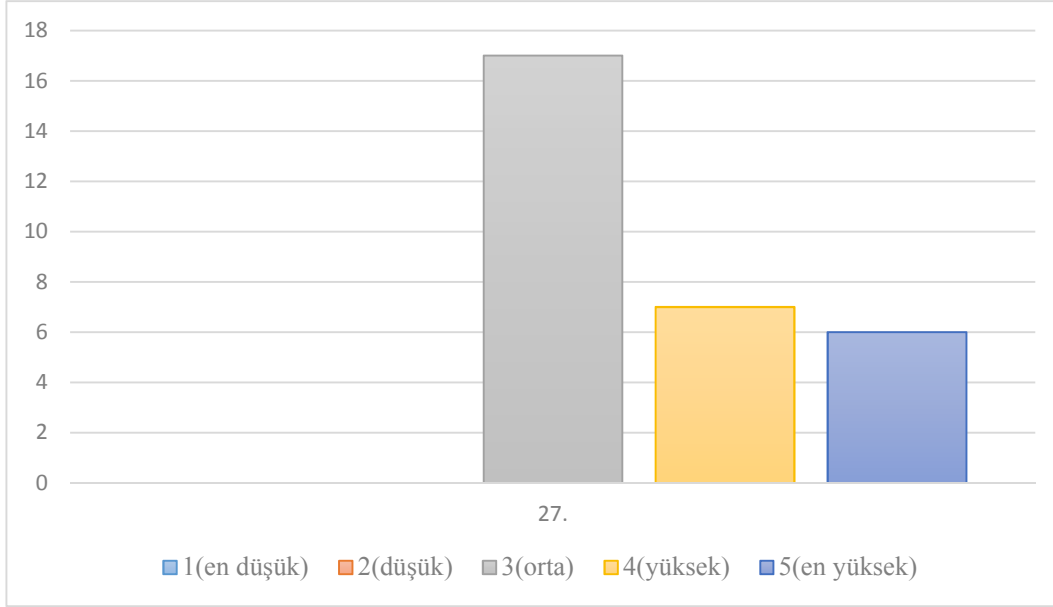
Şekil 5.25: TY’de SG kullanım zorluk ve engelleri ölçümleme

SG entegre YBM’nin olası zorlukları veya sınırlamaları konusunda endişelerin ölçülmesi Şekil 5.26’da görülmektedir. Oranlar birbirlerine çok yakın olduğu için uzmanların konu hakkında endişeleri olduğu ortaya çıkmaktadır.



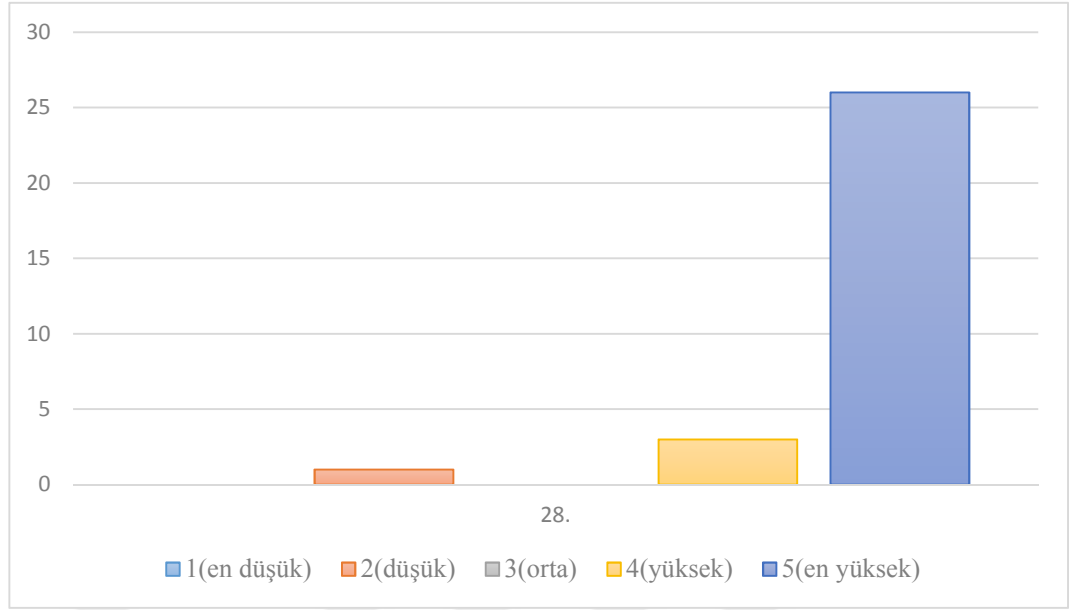
Şekil 5.26: TY’de SG kullanım endişeleri ölçümleme

SG'nin uzaktan tesis denetimlerini ve değerlendirmelerini etkili bir şekilde kolaylaştırabileceğine olan inanç ölçümlemesi Şekil 5.27'de görülmektedir. Uzmanların tamamı olumlu görüş bildirmiş olsada %57 oranında orta seviyede puan bulunmasından anlaşılabileceği üzerine kullanımın kolaylık sağladığı konusunda net bir kanıya varılamadığı ortaya çıkmaktadır.



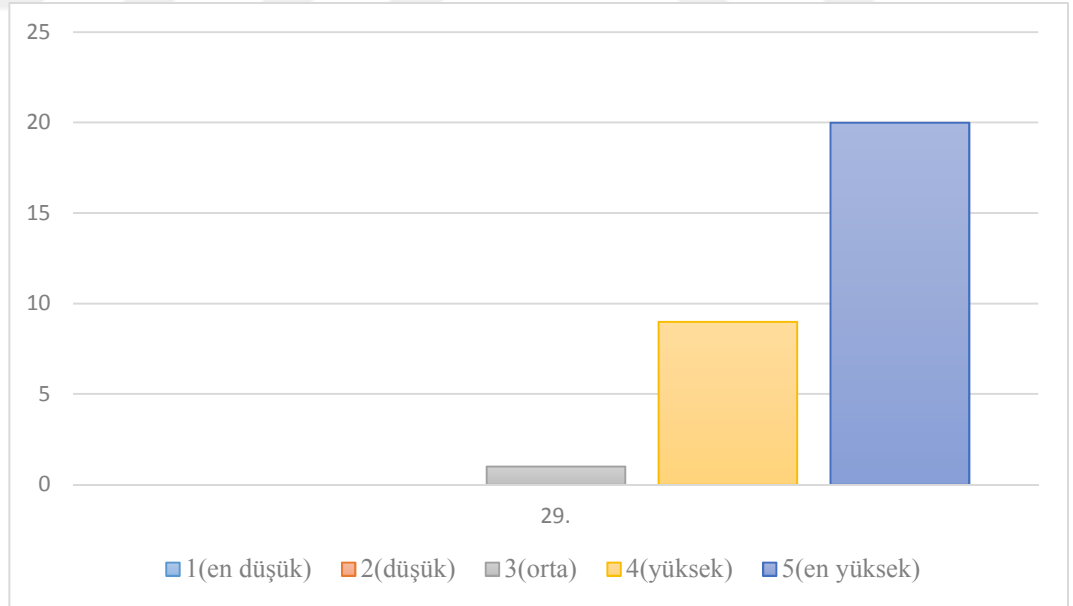
Şekil 5.27: TY'de SG kullanım süreç kolaylaştırıcılığı

Tesis yönetiminde YBM ve SG teknolojisi kullanımı için eğitim isteği ölçülmesi Şekil 5.28'de verilmektedir, uzmanların %97'si çok yüksek ve yüksek ölçümleme yapmıştır. %87 oranında en yüksek puan veren kısımdan anlaşılabileceği üzere YBM ve SG ile yakın temasta olan bu profesyonellerin eğitim isteğinin çok yüksek seviyelerde olduğu görülmektedir.



Şekil 5.28: TY’de SG kullanım eğitim isteği

Tesis yönetiminde SG kullanımının tavsiye edilebilirliğinin ölçülmesi Şekil 5.29’da görülmektedir, uzmanların tamamı olumlu yönde görüş bildirmiştir.

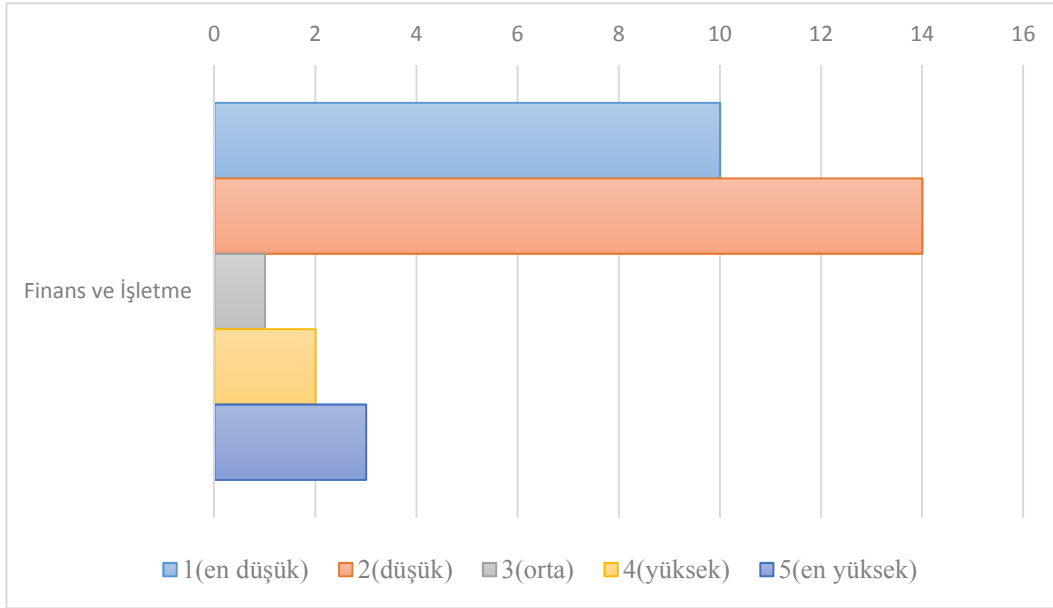


Şekil 5.29: TY’de SG tavsiye ölçümleme

#### 5.1.4 Tesis yönetiminde YBM ve SG Potansiyel Kullanım Alanları

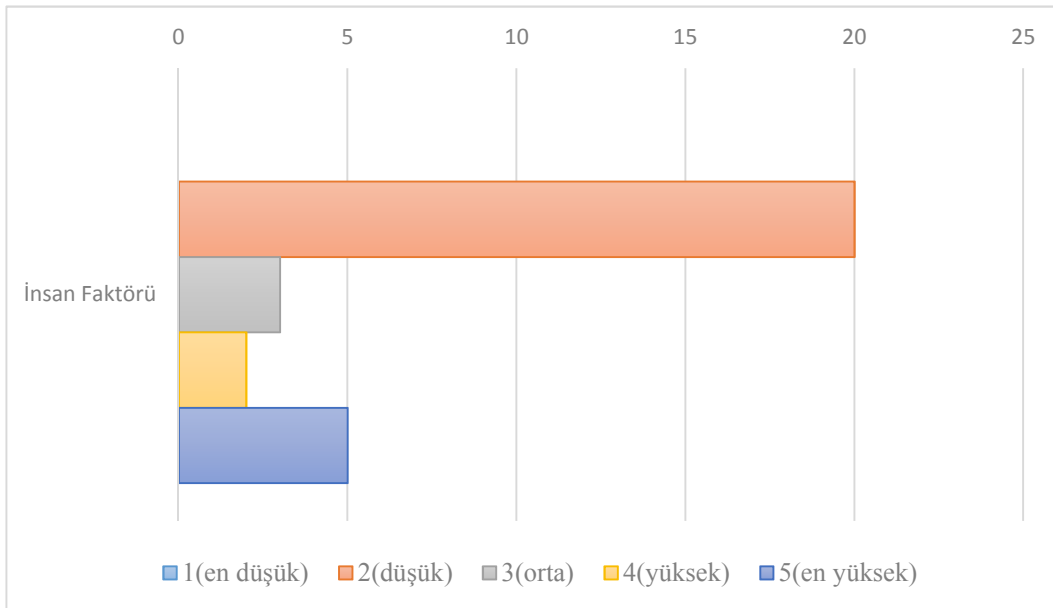
Anketin dördüncü kısmında ise, tesis yönetiminde YBM ve Sanal Gerçeklik kullanılan alanları görmek ve yaygın olan alanları bulmak için sorular mevcuttur.

Bu anket bölümü 1 ile 5 arası derecelendirmeden oluşmaktadır. 1 en düşük; 2 düşük; 3 orta; 4 yüksek; 5 en yüksek olarak belirtilmiştir.



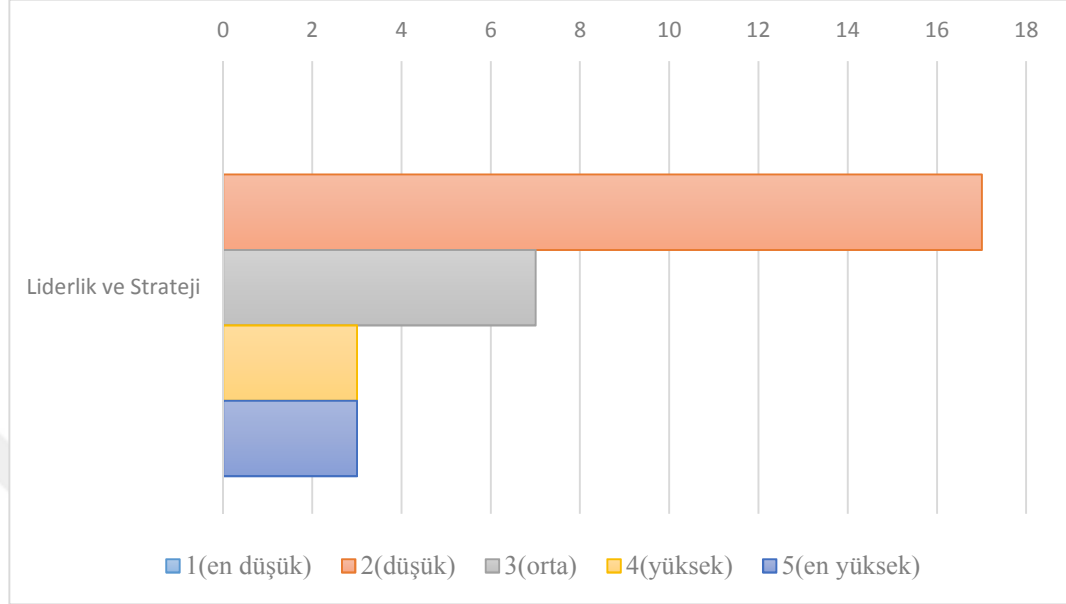
Şekil 5.30: Finans ve işletme alanında YBM/SG kullanımı

YBM/SG entegre tesis yönetiminin finans ve işletme alanındaki kullanım örnekleri verilerek kullanımının ölçülmesi analizi Şekil 5.30’da verilmektedir, uzmanların %80’i bu alanda kullanım seviyesini düşük bulmuştur.



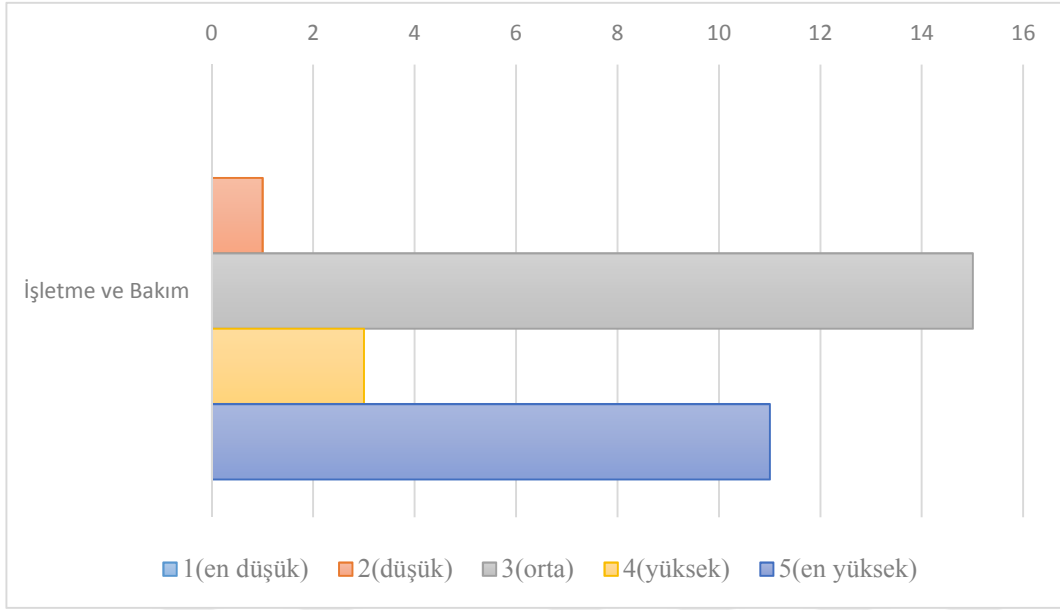
Şekil 5.31: İnsan faktörü alanında YBM/SG kullanımı

YBM/SG entegre tesis yönetiminin insan faktörü alanındaki kullanım örnekleri verilerek kullanımının ölçülmesi analizi Şekil 5.31’de görülmektedir. Uzmanların %67’si bu alanda kullanım seviyesini düşük bulmuştur.



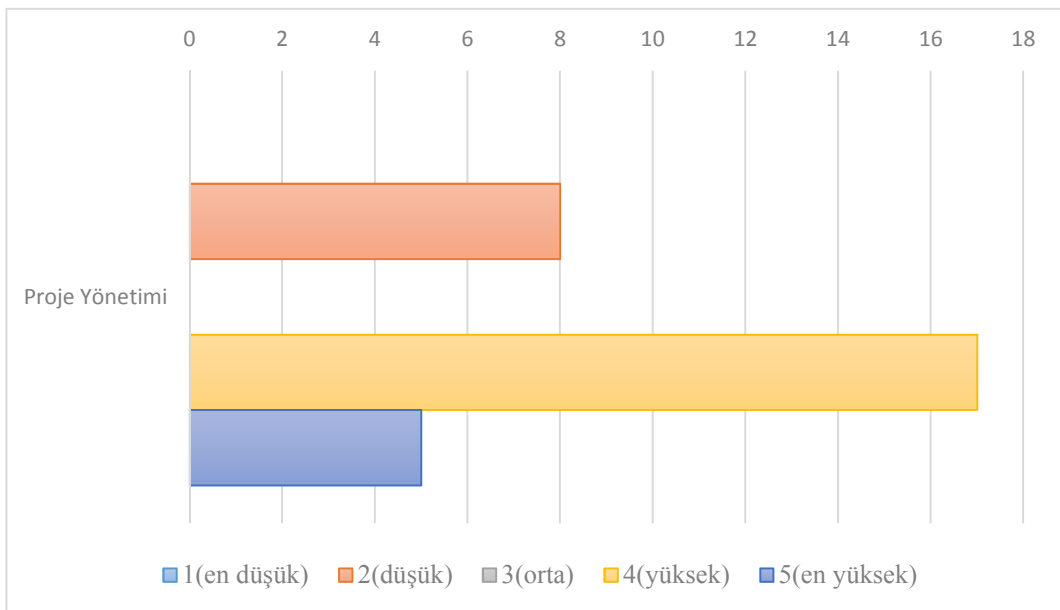
Şekil 5.32: Liderlik ve strateji alanında YBM/SG kullanımı

YBM/SG entegre tesis yönetiminin liderlik ve strateji alanındaki kullanım örnekleri verilerek kullanımının ölçülmesi analizi Şekil 5.32’de verilmektedir, uzmanların %57’si bu alanda kullanım seviyesini düşük bulmasına karşın %23lük bir kısım kararsız kalmıştır.



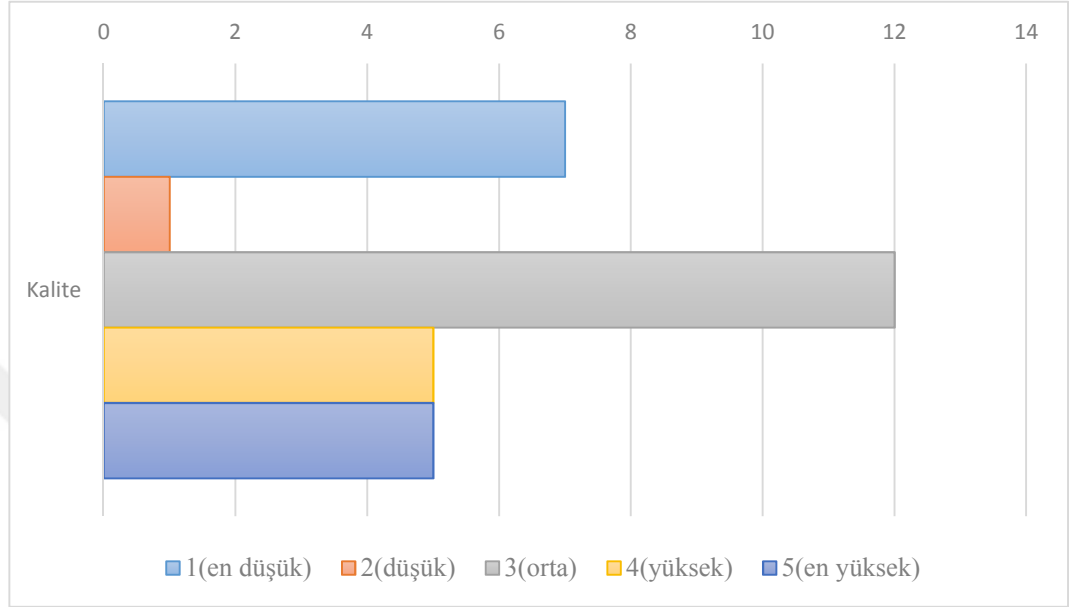
Şekil 5.33: İşletme ve bakım alanında YBM/SG kullanımı

YBM/SG entegre tesis yönetiminin işletme ve bakım alanındaki kullanım örnekleri verilerek kullanımının ölçülmesi analizi Şekil 5.33'de belirtilmektedir. Uzmanların %97'si bu alanda kullanım seviyesinin diğer alanlara göre yüksek olduğunu belirtmiştir. Bu kısım içerisinde %50 olan kısım ise ortalama bir kullanım olacağını belirtmiştir.



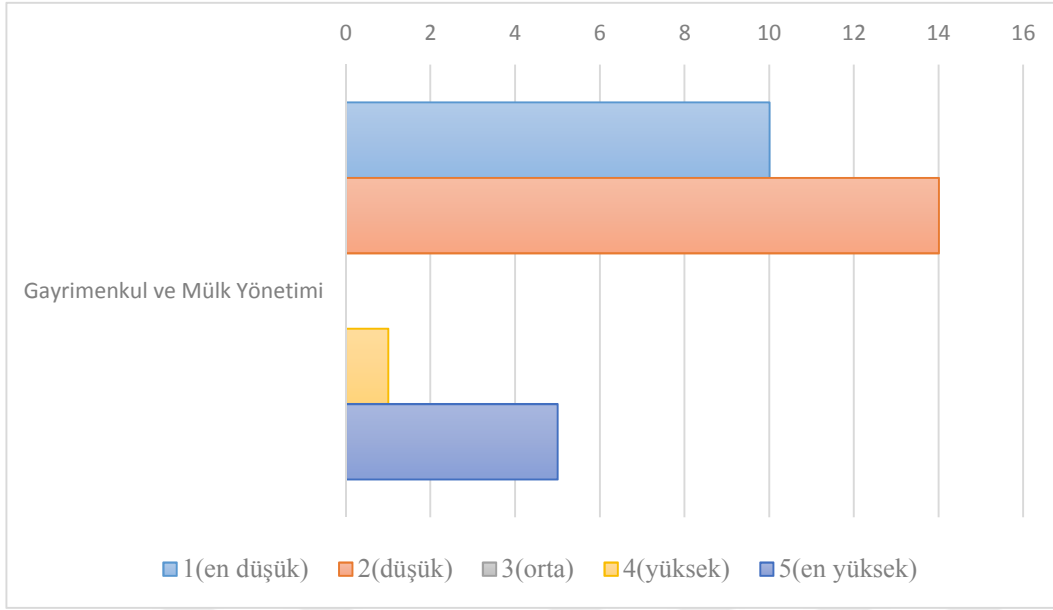
Şekil 5.34: Proje yönetimi alanında YBM/SG kullanımı

Şekil 5.34’de YBM/SG entegre tesis yönetiminin proje yönetimi alanındaki kullanım örnekleri verilerek kullanımının ölçümlemesi analizi verilmektedir, %73 oranında yanıt yüksek seviyede kullanıldığını göstermektedir.



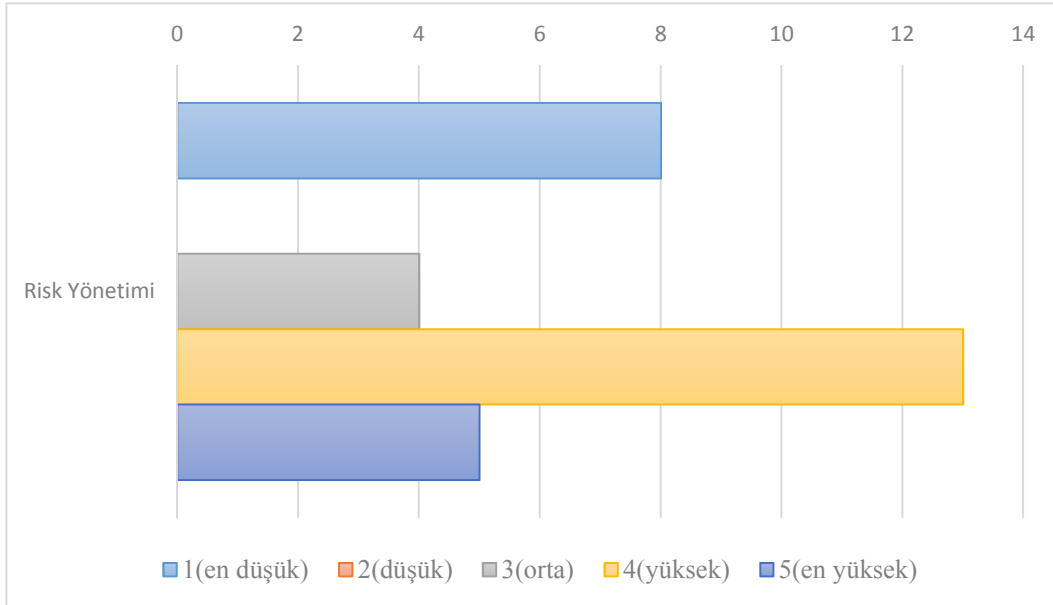
Şekil 5.35: Kalite alanında YBM/SG kullanımı

YBM/SG entegre tesis yönetiminin kalite alanındaki kullanım örnekleri verilerek kullanımının ölçümlemesi analizi Şekil 5.35’de görülmektedir, %40 oranında kısım çekimser olsada, %73 oranında kısım bu alanda da kullanımın varlığının kaydadeğer olduğunu göstermektedir.



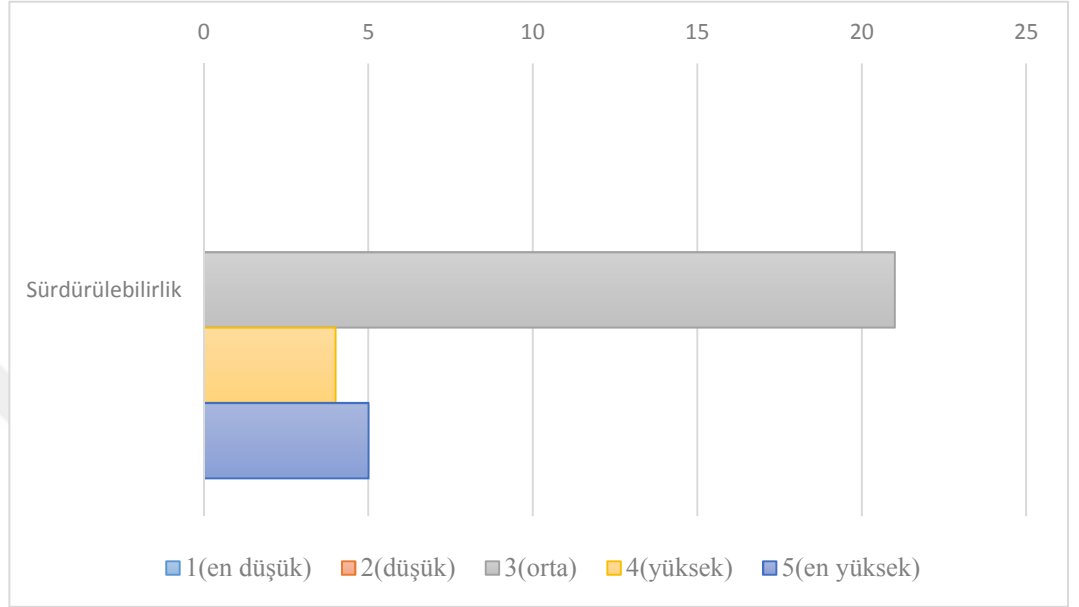
Şekil 5.36: Gayrimenkul ve mülk yönetimi alanında YBM/SG kullanımı

Şekil 5.36’da YBM/SG entegre tesis yönetiminin gayrimenkul ve mülk yönetimi alanındaki kullanım örnekleri verilerek kullanımının ölçümlenmesi analizi verilmektedir. Görüldüğü gibi, %80 oranında cevap kullanım alanının düşük olduğunu belirtmiştir.



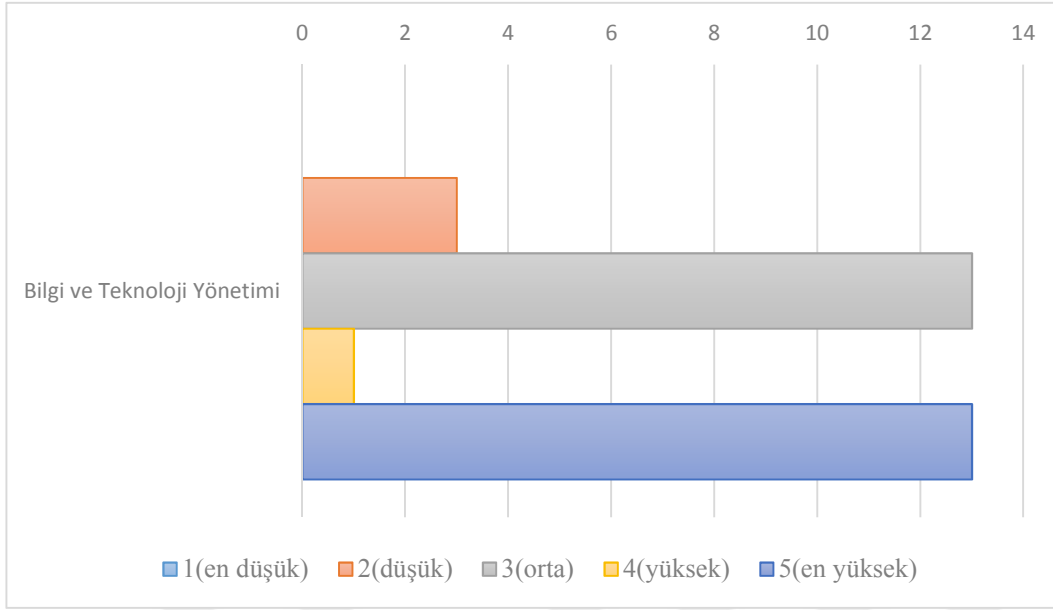
Şekil 5.37: Risk yönetimi alanında YBM/SG kullanımı

YBM/SG entegre tesis yönetiminin risk yönetimi alanındaki kullanım örnekleri verilerek kullanımının ölçümlemesi analizi Şekil 5.37’de gösterilmektedir, %73 oranında kullanımın yüksek olduğunu belirtmiştir.



Şekil 5.38: Sürdürülebilirlik alanında YBM/SG kullanımı

Şekil 5.38’de, YBM/SG entegre tesis yönetiminin sürdürülebilirlik alanındaki kullanım örnekleri verilerek kullanımının ölçümlemesi analizi verilmektedir. Görüldüğü gibi, katılımların tamamı bu alanda kullanım olduğundan hemfikirdir.



Şekil 5.39: Bilgi ve teknoloji yönetimi alanında YBM/SG kullanımı

YBM/SG entegre tesis yönetiminin bilgi ve teknoloji yönetimi alanında kullanım örnekleri verilerek kullanımının ölçümlenmesi analizi Şekil 5.39’da belirtilmiştir. Uzmanların her ne kadar %90’ı kullanım alanının kaydadeğer olduğunu belirtirken bu oran içinde %43lük kısım kullanım olsada yüksek olmadığını belirtmiştir.

## 5.2 Engellerin AHP VE Topsis Yöntemleri ile Derecelendirilmesi

Anketin beşinci kısmında ise, tesis yönetiminde YBM ve Sanal Gerçeklik kullanımının potansiyel engelleirni görmek ve sıralamak için AHP ve Topsis Yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemin verilerini elde etmek için anket soruları mevcuttur. Çalışma kapsamında teknolojik (*K1*), mali (*K2*) ve örgütsel (*K3*) ile düzenleyici ve yasal (*K4*) olmak üzere dört farklı kriter dikkate alınmıştır. Her bir kriterin ağırlıklarını elde etmek için AHP yöntemi kullanılmıştır. Hesaplamalar Microsoft Excel paket programı kullanılarak yapılmıştır. Ağırlıklar ve ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1:Kriter ağırlıkları ve ikili karşılaştırma matrisi

|    |                      | K1         | K2   | K3       | K4                   |                 |
|----|----------------------|------------|------|----------|----------------------|-----------------|
|    | KRİTERLER            | Teknolojik | Mali | Örgütsel | Düzenleyici ve Yasal | KRİTER AĞIRLIĞI |
| K1 | Teknolojik           | 1,00       | 3,00 | 3,00     | 7,00                 | <b>0,50</b>     |
| K2 | Mali                 | 0,33       | 1,00 | 3,00     | 7,00                 | <b>0,30</b>     |
| K3 | Örgütsel             | 0,33       | 0,33 | 1,00     | 4,00                 | <b>0,15</b>     |
| K4 | Düzenleyici ve Yasal | 0,14       | 0,14 | 0,25     | 1,00                 | <b>0,05</b>     |

İkili karşılaştırma matrisinin tutarlılık oranı 0,07 olarak bulunmuştur. Bu sonuç, tutarlılık oranı 0,1 üst eşliğini ( $CR < 0,1$ ) aşmadığından karşılaştırma matrisinin tutarlı olduğunu göstermektedir.

TOPSIS yönteminde öncelikle uzmanlardan alınan yanıtlara göre karar matrisi (Çizelge 5.2) oluşturulur. Sonra, karar matrisi 6. denklem kullanılarak normalleştirilir. Daha sonra, normalize edilmiş matrisin ölçüt ağırlıkları ile çarpılmasıyla ağırlıklı normalleştirilmiş matris elde edilir. TOPSIS uygulamasında AHP yöntemi ile elde edilen kriter ağırlıkları kullanılmıştır. TOPSIS yöntemi Microsoft Excel paket programı kullanılarak çözümlenmiştir.

Çizelge 5.2: TOPSIS yönteminin karar matrisi

|    |                               | K1         | K2   | K3       | K4                   |
|----|-------------------------------|------------|------|----------|----------------------|
|    | ENGELLER                      | Teknolojik | Mali | Örgütsel | Düzenleyici ve Yasal |
| E1 | Yazılım Karmaşıklığı          | 4,00       | 3,00 | 3,00     | 4,00                 |
| E2 | Donanım Gereksinimleri        | 5,00       | 3,00 | 3,00     | 3,00                 |
| E3 | Veri Entegrasyonu ve Yönetimi | 4,00       | 1,00 | 4,00     | 1,00                 |
| E4 | İşbirliği ve İletişim         | 2,00       | 5,00 | 2,00     | 2,00                 |
| E5 | Yatırım Getirisi Belirsizliği | 3,00       | 4,00 | 4,00     | 4,00                 |
| E6 | Sınırlı Bütçe ve Kaynaklar    | 5,00       | 5,00 | 3,00     | 3,00                 |

|     |                                      |             |             |             |             |
|-----|--------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| E7  | Değişiklik Yönetimi                  | 3,00        | 3,00        | 5,00        | 5,00        |
| E8  | YBM Uygulama Stratejisinin Eksikliği | 5,00        | 3,00        | 3,00        | 3,00        |
| E9  | İlk Yatırım                          | 4,00        | 4,00        | 5,00        | 3,00        |
| E10 | Uyumluluk ve Standartlar             | 2,00        | 2,00        | 4,00        | 5,00        |
| E11 | Sözleşmeden Doğan Kısıtlamalar       | 3,00        | 3,00        | 4,00        | 5,00        |
|     | <b>AĞIRLIK</b>                       | <b>0,50</b> | <b>0,30</b> | <b>0,15</b> | <b>0,05</b> |

Ağırlıklı normalleştirilmiş matris değerleri, Çizelge 5.3'de gösterilen pozitif ve negatif ideal çözüm kümelerini oluşturmak için kullanılır.

Çizelge 5.3: Pozitif ve negatif ideal çözümler kümesi

|       | <u><b>Teknolojik</b></u> | <u><b>Mali</b></u> | <u><b>Örgütsel</b></u> | <u><b>Düzenleyici ve Yasal</b></u> |
|-------|--------------------------|--------------------|------------------------|------------------------------------|
| $A^+$ | 0,199                    | 0,129              | 0,061                  | 0,020                              |
| $A^-$ | 0,080                    | 0,026              | 0,024                  | 0,004                              |

Öklid mesafeleri, her engel için tanımlanan pozitif ve negatif ideal çözüm kümelerinden hesaplanmaktadır. Her bir engelin pozitif ve negatif ideal çözümlere uzaklıkları ve pozitif ideal çözüme göreli yakınlıkları Çizelge 5.4'de gösterilmektedir.

Çizelge 5.4: Pozitif ve negatif ideal çözümlere uzaklık ve pozitif ideal çözüme göreli yakınlık

| Pozitif çözüm kümesinden<br>Öklid mesafeleri |        | Negatif çözüm kümesinden<br>Öklid uzaklıkları |        | Pozitif çözüm kümesine<br>göreceli yakınlık |        |
|----------------------------------------------|--------|-----------------------------------------------|--------|---------------------------------------------|--------|
| $S_1^+$                                      | 0,0699 | $S_1^-$                                       | 0,0960 | $C_1^*$                                     | 0,5786 |
| $S_2^+$                                      | 0,0578 | $S_2^-$                                       | 0,1312 | $C_2^*$                                     | 0,6940 |
| $S_3^+$                                      | 0,1128 | $S_3^-$                                       | 0,0850 | $C_3^*$                                     | 0,4297 |
| $S_4^+$                                      | 0,1257 | $S_4^-$                                       | 0,1043 | $C_4^*$                                     | 0,4534 |
| $S_5^+$                                      | 0,0848 | $S_5^-$                                       | 0,0908 | $C_5^*$                                     | 0,5169 |
| $S_6^+$                                      | 0,0258 | $S_6^-$                                       | 0,1589 | $C_6^*$                                     | 0,8604 |
| $S_7^+$                                      | 0,0951 | $S_6^-$                                       | 0,0750 | $C_6^*$                                     | 0,4408 |
| $S_8^+$                                      | 0,0578 | $S_6^-$                                       | 0,1312 | $C_6^*$                                     | 0,6940 |
| $S_9^+$                                      | 0,0482 | $S_6^-$                                       | 0,1175 | $C_6^*$                                     | 0,7090 |
| $S_{10}^+$                                   | 0,1432 | $S_6^-$                                       | 0,0356 | $C_6^*$                                     | 0,1992 |
| $S_{11}^+$                                   | 0,0959 | $S_6^-$                                       | 0,0698 | $C_6^*$                                     | 0,4213 |

Son olarak, engeller pozitif ideal çözüme görelî yakınlığa göre sıralanmaktadır. Engellerin sıralaması Çizelge 5.5’de sunulmaktadır.

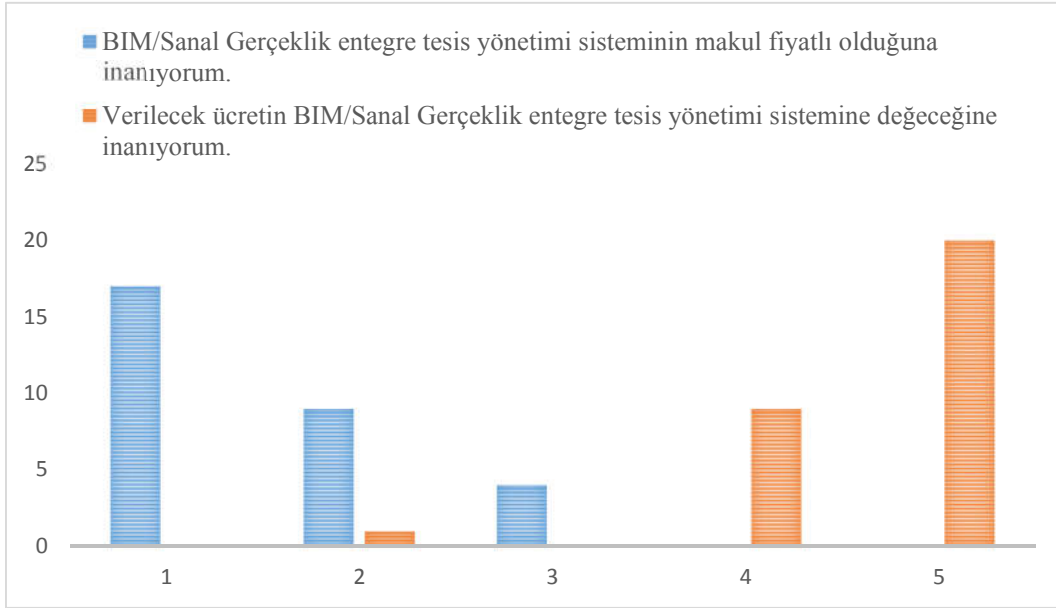
Çizelge 5.5: Engellerin sıralanması

| <b><u>Engeller</u></b> | <b><u>Göreceli Yakınlık (C*)</u></b> | <b><u>Sıralama</u></b> |
|------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| E1                     | 0,5786                               | 5.                     |
| E2                     | 0,6940                               | 3.                     |
| E3                     | 0,4297                               | 9.                     |
| E4                     | 0,4534                               | 7.                     |
| E5                     | 0,5169                               | 6.                     |
| E6                     | 0,8604                               | 1.                     |
| E7                     | 0,4408                               | 8.                     |
| E8                     | 0,6940                               | 3.                     |
| E9                     | 0,7090                               | 2.                     |
| E10                    | 0,1992                               | 11.                    |
| E11                    | 0,4213                               | 10.                    |

### 5.3 Tesis Yönetiminde YBM ve SG Kullanıcı Algısı Analizi

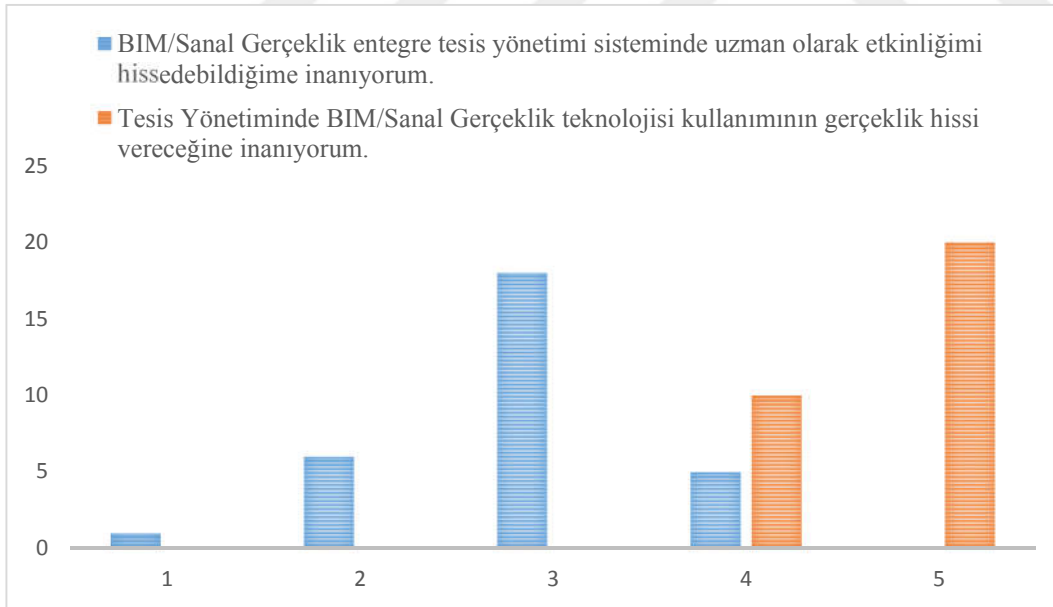
Anketin son kısmında ise, tesis yönetiminde YBM ve SG kullanıcılarının algısını belirlemek ve analiz edebilmek için sorular mevcuttur. Bu anket kısmı 1 ile 5 arası derecelendirmeden oluşmaktadır. 1 en düşük; 2 düşük; 3 orta; 4 yüksek; 5 en yüksek olarak belirlenmiştir.

Şekil 5.40’da uzmanların verdiği cevaplar gözönüne alındığında uygulamanın fiyatının %87 oranında uygun olmadığı algısı anlaşılırken, uzmanların %97’si yüksek fiyatına kıyasla yaratacağı değerin daha yüksek olduğuna inanmaktadır.



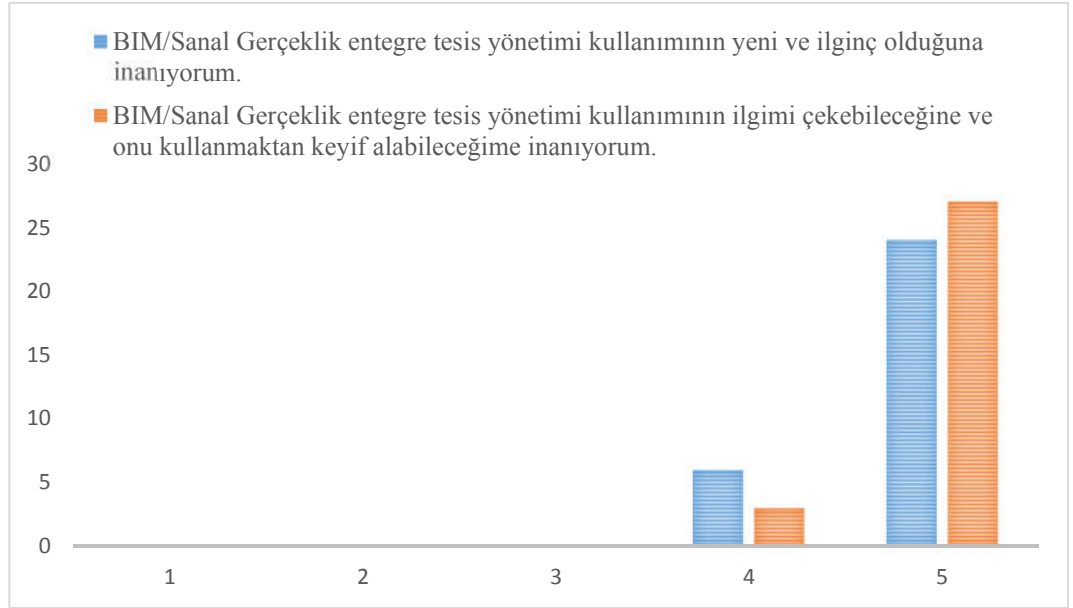
Şekil 5.40: Algılanan fiyat değeri

Şekil 5.41’de, özyeterlilik konusunda uzmanlar YBM ve SG teknolojilerinin gerçeğe yakın bir his uyandırdığına ve tesis yönetiminin ihtiyaçlarını karşılayacağına inancını belirtmiştir.



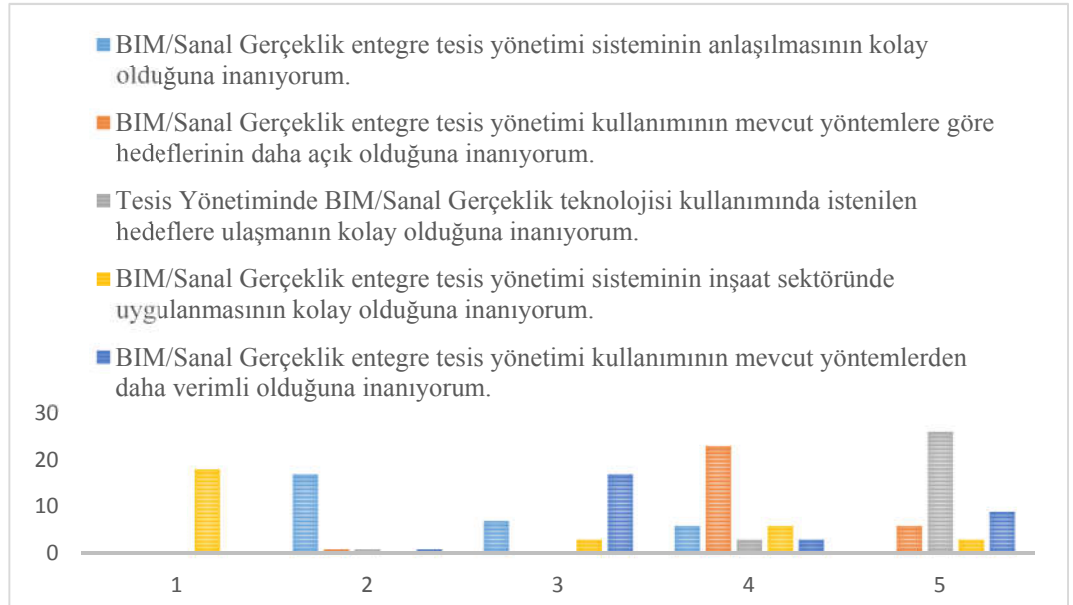
Şekil 5.41: Algılanan özyeterlilik

Şekil 5.42’de sonuçlara bakıldığında, uzmanlar bu teknolojinin tesis yönetiminde inovatif olduğunu ve kullanıcılarının uygulamadan keyif alabileceğine inandıklarını belirtmiştir.



Şekil 5.42: Algılanan ilgi çekicilik

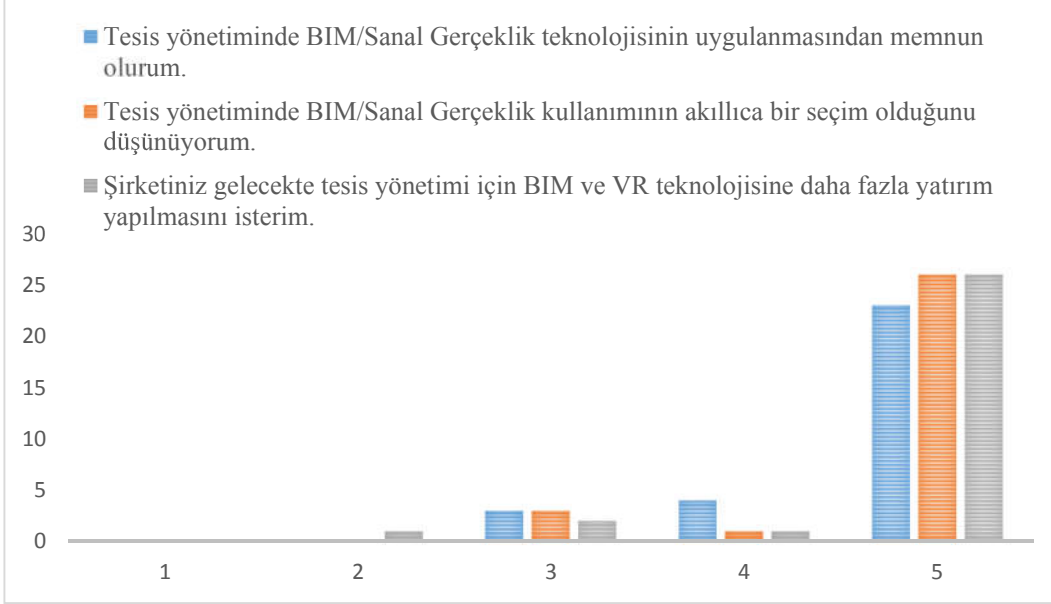
Şekil 5.43’de, sistemin anlaşılabilirliğinin ve tesis yönetiminde uygulanmasının kolay olduğuna inanılmadığını ancak anlık olarak kullanılan yöntemlerden daha verimli olduğunu; geleceğinin önü açık olduğunu; ileri dönemlerde tesis yönetiminin alacağı şekle ulaşmasında kolaylık sağlayacağına olan inanın yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 5.43: Algılanan kullanılabilirlik

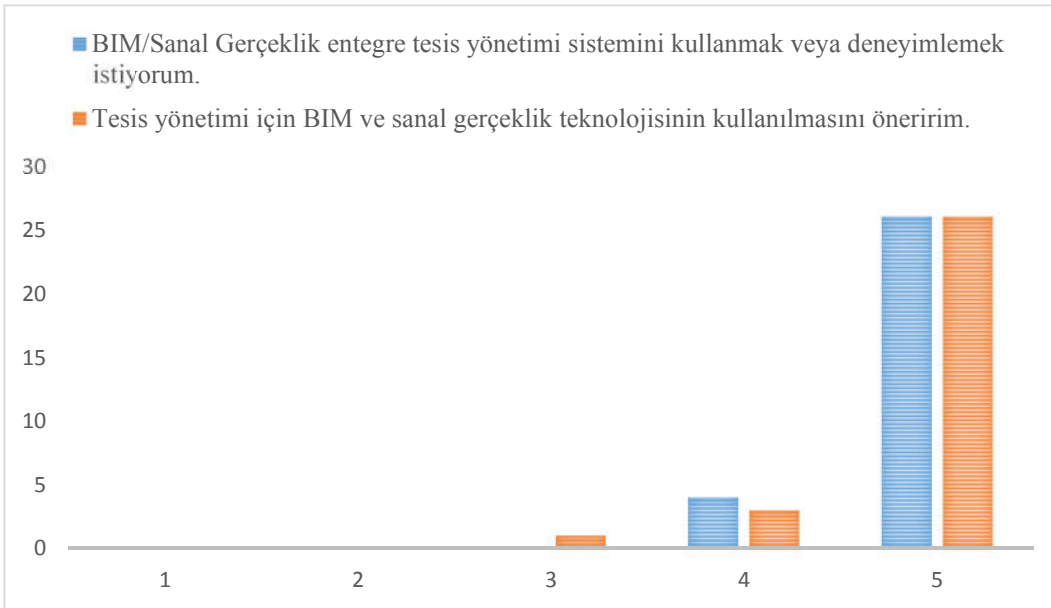
Şekil 5.44’de verilen yanıtlara göre, uzmanların bağlı oldukları firmalarda YBM ve SG entegre sisteminin tesis yönetiminde kullanımının değer

yaratacağına inançları bulunduğunu ve bu alanda yatırım yapılmasına yönelik tutumlarının çok olumlu olduğu görülmektedir.



Şekil 5.44: YBM ve SG entegre sistemin TY’de kullanımına karşı tutum

Şekil 5.45’de, YBM ve SG entegre tesis yönetimi uygulamaları için deneyimleme isteğinin çok yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 5.45: Kullanma niyeti

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tesis yönetimi, binaların ve altyapının sorunsuz işleyişini ve bakımını düzenlediği ve kuruluşların genel performansını ve başarısını etkilediği için büyük bir öneme sahiptir. Bina sakinleri için elverişli bir ortam yaratmak ve üretkenliği arttırmak iyi yönetilen tesisler ile sağlanmaktadır. Ayrıca, verimli tesis yönetimi, işletme maliyetlerini düşürmekte, arıza süresini en aza indirmekte ve kaynak kullanımını optimize ederek kuruluş için önemli tasarruf sağlamaktadır. Tesis yönetiminde YBM ve SG teknolojilerinden yararlanmak, kuruluşların veriye dayalı kararlar almasına, operasyonları optimize etmesine ve sürdürülebilir, bakımlı inşa edilmiş yapılar oluşturmaya olanak tanımaktadır. Bu teknolojiler işbirliğini teşvik etmekte, bakım süreçlerini kolaylaştırmakta ve maliyet tasarrufu sağlamakta, tesislerin en iyi şekilde çalışmasını ve bina sakinleri için güvenli, üretken ve konforlu bir ortam sağlamaktadır. Bununla birlikte, başarılı bir entegrasyon sağlamak ve olumlu sonuçlar elde etmek için proaktif bir yaklaşımı zorunlu kılan, yaygın olarak benimsenmelerini engelleyen zorluklar devam etmektedir.

Bu çalışmada, tesis yönetiminde YBM ve SG kullanımının önündeki engelleri tespit etmek ve teknoloji kullanıcılarının algılarını belirlemeye yönelik bir anket çalışması yapılmıştır. Anket, sektörde deneyimli 20 inşaat mühendisi, 9 mimar ve 1 çevre mühendisi olmak üzere toplam 30 uzmana uygulanmıştır. Anket uzmanlarının %90'ı büyük şirketlerde çalışma deneyimi olan ve tesis yönetiminde YBM ve SG kullanımı konusunda bilgili insanlardan oluşmaktadır. Ayrıca, çalışma kapsamında tesis yönetiminde YBM ve sanal gerçeklik kullanımının önündeki potansiyel engelleri önceliklendirmek için AHP ve TOPSIS olmak üzere iki farklı çok kriterli karar verme yöntemi kullanılmıştır. Literatür taraması yoluyla on bir engel ve dört kriter belirlenmiştir. Her bir kriterin ağırlıklarını elde etmek için AHP yöntemi uygulanmıştır. Kriterlerin ağırlıkları, ankete verilen yanıtlara göre hesaplanmıştır. Daha sonra engellerin sıralamasını elde etmek için TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Son olarak kullanıcı algılarının analizi için ankette bir bölüm ayrılmıştır.

Anket sonuçlarına göre, tesis yönetiminde YBM ve SG teknolojilerinin sektörde kullanıldığı alanlar çok azdır. En yaygın proje yönetimi alanı olmak üzere, YBM ve SG teknolojilerinin tesis yönetiminde çoğunlukla risk yönetimi, sürdürülebilirlik ve bilgi teknolojisi yönetimi alanlarında kullanıldığı sonucuna

ulaşılmıştır. Proje yönetimi alanı tesislerin eşzamanlı olarak uzmanlar tarafından denetlendiği ve günümüzde en çok önem verilen süreç olması sebebiyle en yüksek oranı almış olduğu söylenebilir. Ancak, potansiyel faydalarına rağmen, tesis yönetiminde YBM ve SG kullanımı, inşaat endüstrisinde yaygın kabul görme konusunda bir çok zorlukla karşılaşmaktadır. Yapılan çalışmada YBM yazılımı, donanımı ve SG ekipmanının benimsenmesinin önündeki en büyük engelin yüksek yatırım maliyeti olduğu tespit edilmiştir. Sınırlı bütçe ve kaynağa sahip olan daha küçük inşaat şirketleri ve tesis yönetimi ekipleri, geleneksel iş akışlarının kesintiye uğramasından korktukları için bu tür teknolojik araçlara yatırım yapmayı göz korkutucu ve yüksek maliyetli bulabilmektedir. Bu sebeple daha büyük firmalarda YBM ve SG entegre sistemi daha yaygındır. Anket sonuçlarına göre sınırlı bütçe ve kaynaklar ile ilk yatırım engelinden sonra, YBM uygulama stratejisinin eksikliği sıralamayı takip etmektedir. Endüstrinin geleneksel zihniyeti ve değişime karşı direnci yaygın olarak kabul görmemesinde önemli bir rol oynamaktadır. Tesis yöneticileri de dahil olmak üzere birçok uzman, bu teknolojilerin potansiyeli hakkında farkındalık sahibi olmadıkları için, kullanılması konusunda şüpheci ve isteksiz yaklaşmaktadır. Donanım gereksinimleri, yazılımın karmaşıklığı engelleri ise kullanımı konusunda isteksiz olunmasının başka bir nedenidir. Kullanımın zor ve karmaşık gelmesinden dolayı iş birliği ve iletişim bozuklukları da birimler arasında meydana gelebilmekte ve bu durumda engel oluşturabilmektedir. Bunun yanında, YBM'i mevcut sistemlerle entegre etme ve sorunsuz veri birlikte çalışabilirliğini sağlama konusundaki karmaşıklıklar, bazı kuruluşlar için yıldırıcı olup bu teknolojilerin benimsenmesini engelleyebilmektedir. Başka bir taraftan, bu teknolojilerinin çok yaygın olarak sektörde bulunmamasından kaynaklı olarak mevcut sözleşmelerin YBM uygulaması ve veri paylaşımı için hükümler içermemesi ve paydaşlarca bölgeler arasında değişen YBM standartları ile uyumluluk gereksinimleri de çalışma sonucunda belirlenen engellerdir.

Tesis tönetiminde YBM ve SG kullanımına yönelik algılar analiz edildiğinde, engel olarak en başta sıralanan sınırlı bütçe ve kaynak ve ilk masrafların çok yüksek olmasına rağmen uzmanlar bu teknolojilerin tesis yönetiminde kullanılmasına karşı olumlu tutumlar sergilemektedir. Projelere ve operasyonlara getirdikleri çok sayıda fayda nedeniyle bu teknolojilere yapılan yatırımların buna değer olduğunun farkında oldukları görülmektedir. YBM ve SG entegre tesis yönetiminde gelişmiş görselleştirme yetenekleri, kullanıcıların tesisin

tasarımı ve sistemleri hakkında kapsamlı bilgiler edinmesine, karar vermeyi optimize etmesine ve hataları en aza indirmesine olanak tanımaktadır. Ayrıca, bu kullanım ekipler arasındaki kesintisiz işbirliği, iletişim ile koordinasyonu geliştirmekte verimliliğin artmasına ve proje sürelerinin kısalmasına yol açmaktadır. Ön maliyetler önemli görünse de, kullanıcılar YBM ve SG'yi işlemleri kolaylaştıran, bakım uygulamalarını optimize eden ve uzun vadeli maliyet tasarruflarına katkıda bulunan araçlar olarak gördüğü kanısı da ortaya çıkabilmektedir.

Kullanıcılara daha yüksek kaliteli projeler sunabilecek ortamlar sağlanması, müşteri memnuniyetinin artması, inovasyon ve sürdürülebilirlik alanlarında sektörde varlık gösterilebilmesi için bu teknolojilerin benimsenmesi önemlidir. Bu teknolojilerin kabul edilmesi, inşaat sektöründe rekabet avantajı sağlayacaktır. İnşaat sektöründeki mevcut algı durumu, bu teknolojilerin getirdiği avantajlar konusunda artan bir farkındalığı yansıtmaktadır, ancak, bilgi sahibi olmama veya değişim korkusu nedeniyle hala direnç devam etmektedir. Tesis yönetiminde YBM ve SG kullanımı önündeki zorlukların üstesinden gelmek için, bilinçlendirme çalışmaları hedeflenmeli, eğitimler verilmeli, endüstri paydaşları arasındaki işbirlikçi çabalar oluşmalıdır. Eğitim, yanlış anlamaların giderilmesinde, endişelerin azalmasında ve kullanıcıların YBM ve SG'nin tüm avantajlarından yararlanmak için gereken bilgi ve becerilerle güçlendirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Şirketler, olumlu tutumları teşvik ederek ve kapsamlı eğitim sağlayarak bu zorlukların üstesinden gelebilir ve tesis yönetiminde YBM ve SG'nin daha geniş kabul görmesini sağlayarak sonuçta daha verimli, sürdürülebilir ve yenilikçi uygulamaların önünü açabilirler. Bu şekilde tesis yönetiminde YBM ve SG'nin potansiyelinin farkında olunmalıdır. Engeller ortadan kalktıktan sonra, bu teknolojiler, varlıkların ilk tasarım ve inşaat aşamalarından bakım ve operasyonlarına kadar daha akıcı ve verimli bir süreç vaat etmektedir. YBM ve SG'yi tesis yönetimine entegre ederek tesis yöneticilerinin varlıklarını planlama, sürdürme ve optimize etme, kullanıcı deneyimlerini geliştirme, maliyetleri düşürme yöntemlerinde fark yaratabilecektir.

## KAYNAKLAR DİZİNİ

- Aladağ, H.**, 2022, Türk İnşaat Sektöründe Dijital Dönüşüm Uygulamaları Üzerine Bir Araştırma, *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 10(3), 973-986 s.
- Alath, L.**, 2019, Bilinmeyen Yönleri ile Tesis Yönetim Sektörü & TFMRA, *Tesisat Dergisi*, 286:16-18 s.
- Ashworth, S., Tucker, M. and Druhmnn C.**, 2019, C.K. Critical success factors for facility management employer's information requirements (EIR) for BIM Facilities 2019: 37, 103-118 p.
- Atakul, B.** “Sanal Gerçeklik Nedir? Kullanım Alanları Nelerdir?”, <http://www.teknolo.com/sanal-gerceklik-nedir/> (Erişim tarihi:14.01.2021)
- Avila, L., and Bailey, M.**, 2014, Virtual reality for the masses. *IEEE computer graphics and applications*, 34(5), 103-104 p.
- Aziz, N. D., Nawawi, A. H. and Ariff, N. R. M.**,2016, Building Information Modelling (BIM) in Facilities Management: Opportunities to be Considered by Facility, 234:353-362 p.
- Azuma, R., Bailiot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S. and MacIntyre, B.** ,2001, *Recent advances in augmented reality. IEEE Computer Graphics and Applications*, 21 (6), 34- 47 p.
- Bahçeci, H. Ve Polat,H.**, 2020, İnşaat Sektöründe Teknoloji Adaptasyon Sorunlarının Araştırılması 8(1).

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

**Bernstein, H. M., Jones, S. A. and Russo, M. A.,**2012, The business value of BIM in North America: Multi-year trend analysis and user rating (2007–2012), McGraw Hill Construction, Bedford, MA,1-72p.

**Billinghurst, M., Poupyrev, I., Kato, H. and May, R.,** 2000, *Mixing realities in shared space: An augmented reality interface for collaborative computing. In Proc. of IEEE International Conf. on Multimedia and Expo (ICME 2000)*, 1641-1644 p.

**BIMYBM Dictionary II, III,** 2020. *b.kitap*, 1. Baskı

**BIM Benefits, Autodesk,** “Why Use BIM?”,  
<https://www.autodesk.com/solutions/bim/benefits-of-bim> (Erişim  
 tarihi:14.07.2021)

**Borrmann, A., König, M., Koch, C. and Beetz, J.,**2018, Building Information Modeling: Technology Foundations and Industry Practice (Softcover reprint of the original 1st ed. 2018 ed.), Springer,609 p.

**Bowman, D. A., and McMahan, R. P.,** 2007, Virtual reality: how much immersion is enough?. *Computer*, 40(7), 36-43 p.

**Cachero-Martínez, S. and Vázquez-Casielles, R.,** 2018, Developing the marketing experience to increase shopping time: The moderating effect of visit frequency.*Administrative Sciences*, 8 (4).

**Carreira, P., Castelo, T., Gomes, C., Ferreira, A., Ribeiro, C. and Costa, A.,** 2018, "Virtual reality as integration environments for facilities management: Application and users perception", *Engineering, Construction and Architectural Management*,25(1): 90-112 p.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Chan, C.**,2018, Barriers of implementing BIM in construction industry from the designers perspective A Hong Kong, Journal of System and Management Sciences, 4, 24-40 p.
- Chang, K.M., Dzeng, R.J. and Wu, Y.J.**,2018, An Automated IoT Visualization BIM Platform for Decision Support in Facilities Management. Appl. Sci., 8, 1086 p.
- Chaudhari, P. G., Patel, P. B. and Patel, J. D.**,2018,Evaluation of MIG welding process parameter using Activated Flux on SS316L by AHP-MOORA method. *Materials Today: Proceedings*, 5(2), 5208–5220 p.
- Cheng, J.C.P., Chen, W., Chen, K. and Wang, Q.**,2020, Data-driven predictive maintenance planning framework for MEP components based on BIM and IoT using machine learning algorithms. Autom. Constr., 112, 103087 p.
- Cheng, J.C.P., Chen, K., Wong, P.K.-Y., Chen, W. and Li, C.T.**,2021, Graph-based network generation and CCTV processing techniques for fire evacuation. Build. Res. Inf., 49, 179–196 p.
- Chong, H.Y. and Diamantopoulos, A.**,2020 Integrating advanced technologies to uphold security of payment: Data flow diagram, 114, 103158 p.
- Chou, J.S., Cheng, M.Y., Hsieh, Y.M., Yang, I.T. and Hsu, H.T.**,2019, Optimal path planning in real time for dynamic building fire rescue operations using wireless sensors and visual guidance. Autom. Constr., 99, 1–17 p.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Chung, S.W., Kwon, S.W., Moon, D.Y. and Ko, T.K.,** 2018, Smart facility management systems utilising open BIM and augmented/virtual reality. In Proceedings of the 35th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC2018), Berlin, Germany.
- Codinhoto, R., Kiviniemi, A., Kemmer, S., Essiet, U.M., Donato, V. and Tonso L.G.,** 2013, BIM-FM implementation: An exploratory investigation, *Int. J. 3-D Inform. Model.* 2, 1–15 p.
- Costin, A.M., Teizer, J. and Schoner B.,**2015, B. RFID and bim-enabled worker location tracking to support real-time building protocol control and datavisualisation.*J. Inf. Technol. Constr.*, 20, 495–517 p.
- de Lima Silva, D. F., Ferreira, L. and de Almeida-Filho, A. T.,**2020,A new preference disaggregation TOPSIS approach applied to sort corporate bonds based on financial statements and expert’s assessment. *Expert Systems with Applications*, 152, 113369 p.
- De Sousa Jabbour, A.B.L., Jabbour, C.J.C., Filho, M.G. and Roubaud.,**2018, D. Industry 4.0 and the circular economy: A proposed research agenda and original roadmap for sustainable operations. *Ann. Oper. Res.* 2018, 270, 273–286 p.
- Ding, Z., Zuo, J., Wu, J. and Wang, J. Y.,** 2015, *Key factors for the BIM adoption by architects: A China study. Engineering, Construction and Architectural Management*, 22 (6), 732-748 p.
- Dortek,** “The Top 10 Benefits of Using YBM”, <http://www.dortek.com> (Erişim Tarihi: 22.02.2021)

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

**Durdyev, S., Ashour, M., Connelly S. Ve Mahdiyar,A.,** 2022, Barriers to the implementation of Building Information Modelling (BIM) for facility management, *Journal of Building Engineering* 45, 103736 s.

**Durmaz C., Bulut Y. ve Tankuş E.,** 2018, Sanal Gerçekliğin Turizme Entegrasyonu: Samsun'daki 5 Yıldızlı Otellerde Uygulama, *TJM*, (2018), 3(1): 32-49 s.

**El Ammari, K. and Hammad, A.,**2019, Remote interactive collaboration in facilities management using BIM-based mixed reality. *Autom. Constr.*, 107, 102940 p.

**Erentürk, M.K.,**2018, Temel Kavram ve Uygulamaları ile Tesis Yönetimi. İstanbul, Beta Yayıncılık.

**Fatkurohman, D. And Insanita, R.,** 2023, Building Information Modeling (BIM) Implementation Strategy in Construction Service Companies. *Quantitative Economics and Management Studies*, 4(4).

**Fernandes, K. J., Raja, V., White, A. and Tsinopoulos, C. D.,** 2006, *Adoption of virtual reality within construction processes: A factor analysis approach. Technovation*, 26 (1), 111-120 p.

**Fitz, T., Theiler, M. and Smarsly, K.,**2019,A metamodel for cyber-physical systems. *Adv.Eng. Inform.*,41,100930 p.

**Genç, M.,**2019, Sanal Gerçeklik Teknolojilerinin İnşaat Endüstrisinde ve İnşaat Mühendisliğinde Kullanılabilirliği, Eskişehir Anadolu Üniversitesi, Fen bilimleri,121 s.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Getuli, V., Capone, P., Bruttini, A. and Isaac, S., 2020**, BIM-based immersive Virtual Reality for construction workspace planning: A safety-oriented approach, 114, 103160 p.
- Ghoneim, A.** 2021, The Integration of BIM in Facility Management using AR/VR, Master's Thesis, Construction Management and Real Estate Development (ConREM) Joint Study Programme of Metropolia UAS and HTW Berlin, 105s.
- Habibi, S., 2016**, Smart innovation systems for indoor environmental quality (IEQ). J. Build. Eng., 8, 1–13 p.
- Hassanain, M.A., Akbar, A.E., Sanni-Anibire, M.O. and Alshibani, A., 2023**, Challenges of utilizing BIM in facilities management in Saudi Arabia, *Facilities*, 4(5).
- Hamooni, M., Maghrebi, M., Sardroud, J.M. and Kim, S., 2020**, Extending BIM Interoperability for Real-Time Concrete Formwork Process Monitoring. Appl. Sci., 10, 1085 p.
- Hernández, J.L., Lerones, P.M., Bonsma, P. and van Delft, A.; Deighton, R.; Braun, J.D., 2018**, An IFC interoperability framework for self-inspection process in buildings, 8, 32 p.
- Hodge, G.**, “Perspectives on the FM market development”,  
[http://www.publications.issworld.com/ISS/External/issworld/White\\_papers/Perspectives\\_on\\_the\\_FM\\_market\\_development/](http://www.publications.issworld.com/ISS/External/issworld/White_papers/Perspectives_on_the_FM_market_development/) (Erişim Tarihi: 15.12.2021)
- Holden M.K., 2005**, Virtual Environments for Motor Rehabilitation: Review, *Cyberpsychology & Behavior*, 8(3), 187-211 p.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

**Hwang, C. L. and Yoon, K. P.**, 1981, Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications. Springer-Verlag, New York.

**IFMA**, “What is Facility Management?”,  
<https://www.ifma.org/about/about-ifma/history/> (Erişim Tarihi: 10.022023)

**IFMA**, “Certified Facility Manager®(CFM®)—Competency Guide”,  
<https://www.ifma.org/about/what-is-facility-management> (Erişim Tarihi: 10.02.2023)

**Ikediashi, D.I., Ansa, O.A., Ujene, A.O. and Akoh, S.R.**, 2022, Barriers to BIM for facilities management adoption in Nigeria: a multivariate analysis, *International Journal of Building Pathology and Adaptation*, 10, 55p.

**ISO 41011:2017**. International Standard Facility Management—Vocabulary; ISO: Geneva, Switzerland, 2017.

**Jeffrey R. Yost**, 2017, “Managing Facilities: Electronic Data Systems,1962-1984”, in Making IIT Work: A History of the Services Industry, 135-151 p.

**Kayabaşı, Y.**, 2005, Sanal gerçeklik ve eğitim amaçlı kullanılması. The TurkishOnline Journal of Educational Technology, 4, 151-158 s.

**Kazado, D., Kavgic, M. and Eskicioglu, R.**,2019, Integrating Building Information Modeling (Bim) And Sensor Technology For Facility Management. J. Inf. Technol. Constr., 24, 441 p.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Kekana, T.G., Aigbavboa C.O. and Thwala W.D.**,2014, Building information modelling (BIM) barriers in adoption and implementation strategies in the South Africa construction industry, International Conference on Emerging Trends in Computer and Image Processing, 15-16.
- Kim M.J., Wang X., Love P.E. and Li H., Kang S.-C.**,2013, Virtual reality for the built environment: a critical review of recent advances, Journal of Information Technology in Construction 18,279–305.
- Kömürlü, R. ve Üçel, Ç.**, 2022, *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*,133, 8-25 s.
- Ma, G., Liu, Y. and Shang, S.**,2019, A building information model (BIM) and artificial neural network (ANN) based system for personal thermal comfort evaluation and energy efficient design of interior space. Sustainability 2019, 11, 4972.
- Mannino, A., Moretti, N., Dejacco, M.C., Baresi, L. and Cecconi, F.R.**,2019, Office building occupancy monitoring through image recognition sensors. Int. J. Saf. Secur.Eng.,9,371–380 p.
- Mannino, A., Dejacco, M.C. and Re Cecconi, F.**,2021, Building Information Modelling and Internet of Things Integration for Facility Management—Literature Review and Future Needs. Appl. Sci., 11, 3062 p.
- Marzouk, M. and Abdelaty A.**,2014, BIM-based framework for managing performance of subway stations, 41, 70–77 p.
- Marzouk, M. and Abdelaty, A.**,2014 Monitoring thermal comfort in subways using building information modelling. Energy Build. 84, 252–257 p.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- McGlinn, K., Yuce, B., Wicaksono, H., Howell, S. and Rezgui, Y.,**2017, Usability evaluation of a web-based tool for supporting holistic building energy management. *Autom. Constr.*, 84, 154–165 p.
- McGraw-Hill Construction Report,**2010, The business value of BIM in Europe, Gettingbuilding information modeling to the bottom line in the United Kingdom, France and Germany, SmartMarket Report, Bedford, MA: McGrawHill Construction, 1–52 p.
- Merchant, Z., Goetz, E. T., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W. and Davis, T. J.,** 2014, Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis. *Computers & Education*, 70, 29-40 p.
- Moretti, N., Cadena, J.D.B., Mannino, A., Poli, T. and Cecconi, F.R.,** 2021, Maintenance service optimisation in smart buildings through ultrasonicsensors network, *Intell.Build., Int.*,13,4–16 p.
- Moretti, N., Xie, X., Merino, J., Brazauskas, J. and Parlikad, A.K.,** 2020, An openbim approach to iot integration with incomplete as-built data. *Appl. Sci.*,10,8287 p.
- M.S. Mostafa, A.M. and M. M. Alaqeeli, A.Y.,** 2022, Benefits and Challenges of Integrating IoT, VR & AR in the BIM-based Facility Management Process:Literature and Case-based Analysis, *Journal of Engineering Research (ERJ)*, 6(4), 25-40 s.
- Naghshbandi, N.,** 2016, BIM for Facility Management: Challenges and Research Gaps, *Civil Engineering Journal* 2(12):679-684 s.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Natephra, W., Motamedi, A., Yabuki, N. and Fukuda, T.,**2017, Integrating 4D thermal information with BIM for building envelope thermal performance analysis and thermal comfort evaluation in naturally ventilated environments. Build. Environ.,124,194–208 p.
- National BIM Standard - United States.,**National Institute of BuildingSciences.,  
<https://www.nationalbimstandard.org/faqs#faq1> (Erişim Tarihi: 15.03.2023)
- Pamucar, D., Stević, Ž. and Zavadskas, E. K.,**2018,Integration of interval rough AHP and interval rough MABAC methods for evaluating university web pages. Applied Soft Computing Journal, 67, 141–163 p.
- Saaty, T. L. and Özdemir, M. S.,**2003, Why the magic number seven plus or minus two. Mathematical and Computer Modelling, 38, 243 p.
- Saaty, T. L.,**2008,Decision making with the analytic hierarchy process. Omega, 1(1), 83–98 p.
- Sardroud, J.M., Mehdizadehtavasani, M., Khorramabadi, A. and Alireza Ranjbardar,** 2018, Barriers Analysis to Effective Implementation of BIM in the Construction Industry,35th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC), Berlin, Germany.
- Niu, Y., Lu, W., Chen, K., Huang, G.G. and Anumba,**2016, C. Smart construction objects. J. Comput. Civ. Eng., 30 p.
- Nor, M. and Azman, N.,** 2014, Facility management history and evolution, Internetal Journal of Facility Management,5(1).

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Ogwueleka, A.C.**, 2014, Upgrading from the use of 2D CAD systems to BIM technologies in the construction industry consequences and merits, International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT), 28, 403-411 p.
- Okwe, E.I., Olanrewaju, O.I., Heckman, M. and Chileshe, N.**, 2022, Barriers to building information modelling and facility management practices integration in Nigeria, *Journal of Facilities Management*, 65, 240-259 p.
- Orhan Ö., Sevil K., M. Kemal**, “Eğitimde Gerçekliğe Yeni Bir Bakış: Harmanlanmış ve Genişletilmiş Gerçeklik”, <http://inettr.org.tr/inetconf16/bildiri/76.pdf> (Erişim Tarihi: 15.03.2021)
- Öktem S. ve Ergen E.**, 2014, BIM’e geçiş sürecinin operasyonel çerçevesi, 4.Uluslararası Katılımlı 7. İnşaat Yönetimi Kongresi, Samsun, Türkiye, 627-635 s.
- Özorhon, B.**, 2016, Karahan, U., Critical success factors of building information modeling (BIM) implementation, *ASCE Journal of Management in Engineering*, 33 (3), 256-263 p.
- Özorhon, B.**, 2018, Yapı bilgi modellemesi, İBB İstanbul Anadolu Yakası Raylı Sistem Projeleri, Abaküs Yayıncılık, 1-152 p.
- Rajput, S. and Singh, S.P.**, 2019, Industry 4.0—Challenges to implement circular economy.
- Riener R. and Harders M.**, 2012, Virtual Reality for Rehabilitation, Virtual Reality in Medicine, Springer, Zurich, 161-180 p.
- Rio, J., Ferreira, B. and Poças-Martins**, 2013, J. Expansion of IFC model with structural sensors. *Inf. La Constr.*, 65, 219–228 p.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

**Roper, K. and Payant, R.,** 2014, The facility management handbook: Amacom

**Şahin, S.,** 2022, Tesis Yönetimin Tarihi ve Geleceği, İnşaat Tedarik Dergisi.

**Park, J.W., Chen, J. and Cho, Y.K.,**2017, Self-corrective knowledge-based hybrid tracking system using BIM and multimodal sensors. Adv. Eng. Inform., 32, 126–138 p.

**Park, J., Kim, K. and Cho, Y.K.,**2017, Framework of Automated Construction-Safety Monitoring Using Cloud-Enabled BIM and BLE Mobile Tracking Sensors. J. Constr. Eng. Manag., 143 p.

**Pehlevan, E. E. ve Kazado, D.,** 2018, YBM Uzmanı Sertifika Programı 1. Modül: YBM Süreçleri Eğitimi. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

**Sherman, W. R. And Craig, A. B. ,**2003, Understanding virtual reality. San Francisco, CA: Morgan Kauffman.

**Sözer, N. ve Satıcı, B.,** 2022, Artırılmış Gerçeklik Teknolojisinin Mimarlık Sektörüne Katkıları. Journal of Technology and Applied Sciences 4(2), 109-119 s.

**Şen, G.E.,**2022, AR/VR Destekli BIM Teknolojileri ile Tesis Yönetimi,03,01.

**Tanrıvermiş, H.,** “Ders Notu 6. GGY 307 TESİS VE KAYNAK YÖNETİMİNE GİRİŞ”, <https://acikders.ankara.edu.tr/course/view.php?id=5745> (Erişim Tarihi: 29.10.2022)

**The RIBA Plan of Work.,** <https://www.ribaplanofwork.com/About/Concept.aspx> (Erişim Tarihi: 17.11.2022).

**TRFMA,** 2023, <http://tr-fma.org/en/definitions> (Erişim Tarihi: 03.08.2023)

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

**UNITED-BIM INC.**, “Blog - BIM, MEP Coordination Modeling Services USA. United-BIM | BIM Services - Architectural, Structural, MEP FP & 3D Rendering”, <https://www.united-bim.com/blogs/> (Erişim Tarihi: 30.12.2021)

**Üstünel H.**, 2014, Üstün Yetenekli Öğrencilerin Kullanımı için Sanal Gerçeklik Ortamında Kuvvet Geribeslemeli Haptik Uygulamaların Geliştirilmesi, Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.

**Valinejadshoubi, M., Bagchi, A. and Moselhi, O.**, 2019, Development of a BIM Based Data Management System for Structural Health Monitoring with Application to Modular Buildings: Case Study. *J. Comput. Civ. Eng.*, 33, 1 16 p.

**Wang, X., Love, P.E.D., Kim, M.J., Park, C.S., Sing, C.P. and Hou, L.**, 2013, A conceptual framework for integrating building information modeling with augmented reality. *Autom. Constr.*, 34, 37–44 p.

**Wiggins, J.**, 2010, History of Facilities Management.

**Wolnowska, A. E. and Konicki, W.**, 2019, Multi-criterial analysis of oversize cargo transport through the city, using the AHP method. *Transportation Research Procedia*, 39(2018), 614–623 p.

**Xie, X., Lu, Q., Rodenas-Herraiz, D., Parlikad, A.K. and Schooling, J.M.**, 2020, Visualised inspection system for monitoring environmental anomalies during daily operation and maintenance. *Eng. Constr. Archit. Manag.* 2020, 27, 1835 1852 p.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

**Ye, X., Kang, Y., Yan, Z., Chen, B., & Zhong, K.,**2020,Optimization study of return vent height for an impinging jet ventilation system with exhaust/return-split configuration by TOPSIS method. Building and Environment, 177,106858 p.

**Zhang, Y. and Bai, L.,**2015, Rapid structural condition assessment using radio frequency identification (RFID) based wireless strain sensor. Autom. Constr.,54, 1–11 p.

**Zhong, B., Gan, C., Luo, H. and Xing, X.,** 2018, Ontology-based framework for building environmental monitoring and compliance checking under BIM environment. Build. Environment, 141, 127–142 p.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma sürecinde hoşgörüsünü ve nazikliğini bir an olsun benden esirgemeyen, her daim yardımlarıyla yanımda olan değerli danışmanım Doç. Dr. Gülben ÇALIŞ'a; değerli fikirlerinden ve bilgilerinden yararlandığım için teşekkürü bir borç bilirim. Yoğun çalışmalarım sırasında tüm eğitim hayatımda olduğu gibi bana sabır gösteren, desteklerini ve sevgilerini esirgemeyen annem Hanım KAYA, babam Hasan Ali KAYA ve kardeşim Baran KAYA'ya; bilgi birikimini ve desteklerini bir an olsun esirgemeyen çalışma arkadaşım Berk AKŞİT'e teşekkür ederim.

08 / 08 / 2023

İmzası

Beritan KAYA

## ÖZGEÇMİŞ





# EK

| ANKET SORULARI                                                                            |                                                                                                                                                   |   |   |   |   |   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|
| <b>PART 1: KİŞİSEL BİLGİLER</b>                                                           |                                                                                                                                                   |   |   |   |   |   |
| 1.                                                                                        | Kaç Yaşındasınız?                                                                                                                                 |   |   |   |   |   |
| 2.                                                                                        | Öğrenim dereceniz nedir?                                                                                                                          |   |   |   |   |   |
| 3.                                                                                        | Mesleğiniz nedir?                                                                                                                                 |   |   |   |   |   |
| 4.                                                                                        | İnşaat sektörünün hangi alanında çalışıyorsunuz?                                                                                                  |   |   |   |   |   |
| 5.                                                                                        | Mesleğinizde kaç yıllık tecrübeye sahipsiniz?                                                                                                     |   |   |   |   |   |
| 6.                                                                                        | Çalıştığınız firmanın büyüklüğü/ kaç kişi çalışmaktadır?                                                                                          |   |   |   |   |   |
| <b>PART 2: TESİS YÖNETİMİNDE BIM KULLANIMI</b>                                            |                                                                                                                                                   |   |   |   |   |   |
| Aşağıdaki soruları 1'den 5'e kadar puanlayınız. 1 en düşük 5 en yüksek puanı temsil eder. |                                                                                                                                                   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 7.                                                                                        | Bina Bilgi Modellemesi (BIM) teknolojisine aşina mısınız?                                                                                         |   |   |   |   |   |
| 8.                                                                                        | BIM yazılımını daha önce tesis yönetimi alanında kullandınız mı?                                                                                  |   |   |   |   |   |
| 9.                                                                                        | BIM'in tesis yönetimi süreçlerinin genel verimliliğini iyileştirebileceğine inanıyor musunuz?                                                     |   |   |   |   |   |
| 10.                                                                                       | BIM'in uygulanması yoluyla tesis bakım ve operasyonlarında olumlu sonuçlar elde ettiniz mi?                                                       |   |   |   |   |   |
| 11.                                                                                       | Tesis yönetimi için BIM kullanmayla ilişkili maliyet tasarrufu potansiyelinin farkında mısınız?                                                   |   |   |   |   |   |
| 12.                                                                                       | BIM'in tesis yönetimi ekipleri arasındaki işbirliğini ve iletişimi geliştirebileceğini düşünüyor musunuz?                                         |   |   |   |   |   |
| 13.                                                                                       | Tesis yönetimi amaçları için BIM'i benimsemede herhangi bir zorluk veya güçlük karşıladınız mı?                                                   |   |   |   |   |   |
| 14.                                                                                       | BIM'in bina performansı ve bakım gereksinimleri hakkında daha iyi bilgiler sağlayabileceğine inanıyor musunuz?                                    |   |   |   |   |   |
| 15.                                                                                       | BIM'in tesis yönetiminde kullanılmasını sektörünüzdeki diğer profesyonellere tavsiye eder misiniz?                                                |   |   |   |   |   |
| 16.                                                                                       | Tesis yönetiminde BIM ve VR gözlüklerini uygulamanın olası zorlukları veya sınırlamaları konusunda endişeleriniz mi var?                          |   |   |   |   |   |
| <b>PART 3: TESİS YÖNETİMİNDE SANAL GERÇEKLİK (VR) KULLANIMI</b>                           |                                                                                                                                                   |   |   |   |   |   |
| Aşağıdaki soruları 1'den 5'e kadar puanlayınız. 1 en düşük 5 en yüksek puanı temsil eder. |                                                                                                                                                   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 17.                                                                                       | Bu ankete katılmadan önce tesis yönetiminde Sanal Gerçeklik (VR) teknolojisini kullandığınızı duydunuz mu?                                        |   |   |   |   |   |
| 18.                                                                                       | Şu anda herhangi bir tesis yönetimi görevi için VR teknolojisini kullanıyor musunuz?                                                              |   |   |   |   |   |
| 19.                                                                                       | Tesis yönetiminde Sanal Gerçeklik (VR) gözlük kullanmanın potansiyel faydalarının farkında mısınız?                                               |   |   |   |   |   |
| 20.                                                                                       | VR gözlüklerinin tesis yönetiminde bina düzenleri ve ekipmanlarının görselleştirilmesini ve anlaşılmasını iyileştirebileceğini düşünüyor musunuz? |   |   |   |   |   |
| 21.                                                                                       | Bakım ve onarım faaliyetlerini daha etkin yönetmek için BIM teknolojisini kullanmayı düşünür müsünüz?                                             |   |   |   |   |   |
| 22.                                                                                       | Tesis yönetimi için VR kullanmanın potansiyel maliyet tasarrufu avantajlarının farkında mısınız?                                                  |   |   |   |   |   |
| 23.                                                                                       | VR'nin tesis yönetimi ekipleri için eğitim ve simülasyonları geliştirebileceğini düşünüyor musunuz?                                               |   |   |   |   |   |
| 24.                                                                                       | BIM'i VR gözlükleriyle entegre etmenin tesis yönetimi süreçlerini daha da geliştirebileceğine inanıyor musunuz?                                   |   |   |   |   |   |
| 25.                                                                                       | Tesis yönetimi amaçları için VR teknolojisini benimsemede herhangi bir zorluk veya güçlük karşıladınız mı?                                        |   |   |   |   |   |
| 26.                                                                                       | Tesis yönetiminde BIM ve VR gözlüklerini uygulamanın olası zorlukları veya sınırlamaları konusunda endişeleriniz mi var?                          |   |   |   |   |   |

|                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |          |          |          |          |          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 27.                                                                                                                                                                            | VR'nin uzaktan tesis denetimlerini ve değerlendirmelerini etkili bir şekilde kolaylaştırabileceğine inanıyor musunuz?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |          |          |          |          |
| 28.                                                                                                                                                                            | Tesis yönetimi görevleri için BIM ve VR gözlüklerini etkin bir şekilde kullanmak üzere eğitim almak ister misiniz?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |          |          |          |          |          |
| 29.                                                                                                                                                                            | Tesis yönetiminde VR kullanımını sektörünüzdeki diğer profesyonellere tavsiye eder misiniz?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |          |          |          |          |
| <b>PART4: TESİS YÖNETİMİNDE SANAL GERÇEKLİK VE BIM KULLANIMI ALANLARI</b>                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>1</b> | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>4</b> | <b>5</b> |
| <u>BIM/Sanal Gerçeklik teknolojilerinin tesis Yönetiminde en çok kullandığınız yetkinlik alanlarını 1'den 5'e kadar puanlayınız. 1 en düşük 5 en yüksek puanı temsil eder.</u> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |          |          |          |          |          |
| 30.                                                                                                                                                                            | Finans ve İşletme (Açıklama: Tesis yönetiminde, tedarik zinciri boyunca akıllı sensörler kullanılmaktadır. Kritik noktalarda bulunan akıllı sensörler ile, canlı konum ve durum bilgileri otomatik olarak bir BIM modeline aktarılabilmektedir. Ayrıca, akıllı sensör verileri de blockchain ağında depolanarak, yerine getirilen sözleşme yükümlülüklerinin otomatik olarak ödenmesine izin vermektedir. BIM/Sanal Gerçeklik Kullanımı ile yapılan akıllı sözleşmeler ve blockchain teknoloji kullanımına dayanmaktadır. İşin tamamlanmasının ardından otomatik ödeme sağlanması, fon eksikliği durumunda negatif durum yaratacağıdır. Müşteri, işlem sırasında geçici olarak para sıkıntısı yaşıyorsa, otomatik ödeme bloke edilecek ve tüm süreç kesintiye uğrayacaktır.) |          |          |          |          |          |
| 31.                                                                                                                                                                            | İnsan Faktörü(Açıklama:Bu alanda kullanım, çevreyi ve tesisi kullanan insanları korumaya, riskleri ve yükümlülükleri en aza indirmeye ve tüm paydaşları olumlu yönde etkilemeye odaklanmaktadır. Hava kalitesinin izlenmesi, ısı konfor vb. iç mekan çevre izleme ile ilgili her konu bu alanı kapsamaktadır. Gerçek zamanlı sensör verileri BIM modelinde görselleştirilir.)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |          |          |          |          |
| 32.                                                                                                                                                                            | Liderlik ve Strateji(Açıklama:Genellikle kullanım alanları "karar verme" konusunu ele almaktadır. İnsanların karar vermedeki yetersizliklerini hafifletmek için akıllı inşaat nesnelerini ve bunların artırılmış algılama, işleme, hesaplama, ağ oluşturma ve tepki verme yeteneklerini kullanma hakkında birkaç senaryo üzerinde kullanım değerlendirilmektedir.Yenilikçi özellikleriyle akıllı inşaat nesneleri, veri toplama ve bilgi işlemeye katkıda bulunarak otonom kararlar alabilmekte, süreçteki insan hatalarını azaltmakta ve zamandan tasarruf sağlamaktadır. )                                                                                                                                                                                                 |          |          |          |          |          |
| 33.                                                                                                                                                                            | İşletme ve Bakım(Açıklama:Bu alanda, yalnızca tek bir aşamada değil, tesisin tüm yaşam döngüsü boyunca elde edilen verileri yönetmek ve görselleştirmek ve ortaya çıkan zorluklarla yüzleşmeye odaklanmak çok önemlidir. Bu durum için zengin BIM modelleri kullanılmaktadır.)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |          |          |          |          |          |
| 34.                                                                                                                                                                            | Proje Yönetimi(Açıklama:Farklı kapsam, karmaşıklık, süre ve finansal riske sahip projelerin yönetilmesini içermektedir. Planlama ve tasarım, uygulama ve teslimat ile değerlendirmeyi kapsamaktadır. Bu alanda, güvenliği, emniyeti, lojistiği ve üretkenliği izlemeyi geliştirmek için personel, malzeme ve ekipmanın gerçek zamanlı takibi kilit noktalardan biridir.)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |          |          |          |          |          |

|                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                               |  |  |  |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|--|--|--|--|
| 35.                                                                                      | Kalite(Açıklama:Odak noktası, tesis organizasyonlarının ve hizmet sağlayıcıların performansını iyileştirmek amacıyla, tesis ve hizmetleriyle ilgili ihtiyaç ve beklentileri karşılamaktır.Kalitenin amacı, yapı bileşenlerinin ve inşaat işinin gerekli spesifikasyonları ve standartları karşılamasını sağlamaktır. Bilgileri dijitalleştirerek ve Bina Bilgi Modellemesi doğrulaması gibi araçları kullanarak, tasarım hatalarını tespit etmek veya performansın eksik olabileceği alanları belirlemek TY'de BIM kullanımı ile mümkün hale gelmektedir. VR uygulamalarında kullanılan BIM modellerinin doğru ve güncel olmasını sağlamak bu hususta çok önemlidir.)                                                                                                                                        |                               |  |  |  |  |
| 36.                                                                                      | Gayrimenkul ve Mülk Yönetimi(Açıklama:Kullanıcı deneyimlerini geliştirmek, varlık sahiplerinin stratejik hedefleriyle uyumlu hale getirmek ve gayrimenkulün değerini optimize etmek için fiziksel varlıkları etkili bir şekilde yönetmek önemlidir.Özellikle birden çok kişiye ait binalarda IoT verilerinin toplanmasını ve kullanılmasını yöneten özel düzenlemelerin veya yasaların eksikliği de dikkate alınmalıdır. BIM ortamı, bu tür bağlamlarda IoT verilerinin kullanımına ilişkin hakların, kısıtlamaların ve sorumlulukların daha iyi tanımlanması için potansiyel bir çözüm sunmaktadır )                                                                                                                                                                                                        |                               |  |  |  |  |
| 37.                                                                                      | Risk Yönetimi(Açıklama:Risk yönetimi alanında çeşitli konular incelenmektedir. Bunlardan biri verilerin güvenliğidir. Veri güvenliğinin, gizliliğin korunmasının ve ilgili düzenlemelere uygunluğun sağlanması zor olabilmektedir. Hassas verileri yetkisiz erişim veya ihallerden korumak için teknoloji kullanılabilir.Ayrıca en çok kullanılan bir başka alan ise yangın riski ve işyeri güvenliğidir. Erken yangın tespiti, tahliye planlaması, yangın olaylarının dinamik 3D görselleştirilmesi, tahliye ve kurtarma çabalarını optimize etmek ve çift yönlü insan-makine etkileşimleri için Bluetooth sensör ağlarını kullanan sistemler geliştirmek önemlidir. İşçilerin ve bina kullanıcılarının sağlığı ve güvenliği ile ilgili olarak, BIM'in kablosuz sensörlerle entegrasyonu kullanılmaktadır.) |                               |  |  |  |  |
| 38.                                                                                      | Sürdürülebilirlik(Açıklama:Çevreyi korumayı, bina sakinlerinin refahını sağlamayı, kurumsal etkinliği desteklemeyi ve riskleri ve yükümlülükleri en aza indirmeyi kapsamaktadır. Enerji yönetimi, su yönetimi, malzeme ve sarf malzemeleri yönetimi, atık yönetimi, işyeri ve saha yönetimi gibi çeşitli alt yetkinlikleri içermektedir.)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                               |  |  |  |  |
| 39.                                                                                      | Bilgi ve Teknoloji Yönetimi(Açıklama:Teknolojik ihtiyaçların değerlendirilmesi ve uygulanması, teknolojik sistemlerinin bakımı ve yükseltilmesi, koruma ve siber güvenlik dahil olmak üzere birçok alanda kullanılmaktadır. Gerçek zamanlı operasyonel performans bilgi yönetimi ve proaktif karar vermeyi mümkün kılacak için saha AR ve ofis Sürükleyici Artırılmış Sanallık modüllerini içeren bir Karma Gerçeklik çerçevesi geliştirilmekte ve kullanılmaktadır.)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                               |  |  |  |  |
| <b>PART5: TESİS YÖNETİMİNDE SANAL GERÇEKLİK VE BIM KULLANIMI ZORLUKLARI VE ENGELLERİ</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                               |  |  |  |  |
| 40.                                                                                      | Tesis Yönetiminde BIM/Sanal Gerçeklik kullanımı ile ilgili aşağıdaki ana engelleri ikili olarak                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                               |  |  |  |  |
|                                                                                          | Teknolojik Engeller                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Organizasyonel Engeller       |  |  |  |  |
|                                                                                          | Teknolojik Engeller                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Düzenleyici ve Yasal Engeller |  |  |  |  |
|                                                                                          | Mali Engeller                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Organizasyonel Engeller       |  |  |  |  |
|                                                                                          | Mali Engeller                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Düzenleyici ve Yasal Engeller |  |  |  |  |
|                                                                                          | Teknolojik Engeller                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Mali Engeller                 |  |  |  |  |
|                                                                                          | Organizasyonel Engeller                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Düzenleyici ve Yasal Engeller |  |  |  |  |

|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |          |   |   |   |   |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|---|---|---|---|
| 41.  | <p>Tesis yönetiminde BIM/Sanal Gerçeklik kullanımı ile ilgili engellerin ikili karşılaştırılmasını aşağıdaki puanlama sistemine göre belirtiniz.</p> <p>1: Eşit derece önemli: Her iki engel karşılaştırıldığında üstünlük yoktur, eşit derece önemlidir.</p> <p>3: Orta derece önemli: Her iki engel karşılaştırıldığında biri diğerine göre az farkla önemlidir.</p> <p>5: Kuvvetli önemli: Her iki engel karşılaştırıldığında biri diğerine göre önemlidir.</p> <p>7: Çok kuvvetli önemli: Her iki engel karşılaştırıldığında biri diğerine göre daha çok önemlidir.</p> <p>9: Mutlak derecede önemli: Her iki engel karşılaştırıldığında biri diğerine göre mutlak derecede çok önemlidir.</p> <p>2,4,6,8: Ara değerler: Her iki engel karşılaştırıldığında birinin diğerine göre küçük farklar olması durumudur. (Örneğin 2 için eşit ve orta arası; 4 için orta ve kuvvetli arası; 6 için kuvvetli ve çok kuvvetli arası; 8 için çok kuvvetli ve mutlak kuvvetli arası)</p> | PUANLAMA |   |   |   |   |
| 41.1 | Teknolojik Engeller x Örgütsel Engeller                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |          |   |   |   |   |
| 41.2 | Teknolojik Engeller x Düzenleyici ve Yasal Engeller                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |          |   |   |   |   |
| 41.3 | Mali Engeller x Örgütsel Engeller                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |          |   |   |   |   |
| 41.4 | Mali Engeller x Düzenleyici ve Yasal Engeller                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |          |   |   |   |   |
| 41.5 | Teknolojik Engeller x Mali Engeller                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |          |   |   |   |   |
| 41.6 | Örgütsel Engeller x Düzenleyici ve Yasal Engeller                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |          |   |   |   |   |
| 41.7 | BIM/Sanal Gerçeklik kullandığınız yetkinlik alanları için engelleri puanlayınız. 1'den 5'e kadar puanlayınız. 1 en düşük 5 en yüksek puanı temsil eder.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 1        | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 42.  | <p><b>Yazılım Karmaşıklığı</b></p> <p>- Öğrenme: Kullanıcılar, BIM yazılımını öğrenmeyi ve ustalaşmayı zor bulabilir.</p> <p>- Birlikte Çalışabilirlik Sorunları: Farklı BIM yazılım platformları arasındaki uyumluluk sorunları, veri alışverişini engelleyebilir.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |          |   |   |   |   |
| 42.1 | Yazılım Karmaşıklığı engelini teknolojik bir engel olarak değerlendiriniz.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |   |   |   |   |
| 42.2 | Yazılım Karmaşıklığı engelini düzenleyici ve yasal bir engel olarak değerlendiriniz.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |          |   |   |   |   |
| 42.3 | Yazılım Karmaşıklığı engelini örgütsel bir engel olarak değerlendiriniz.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |          |   |   |   |   |
| 42.4 | Yazılım Karmaşıklığı engelini mali bir engel olarak değerlendiriniz.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |          |   |   |   |   |
| 43.  | <p><b>Donanım Gereksinimleri</b></p> <p>- Yüksek İşlem Gücü: BIM yazılımı, bazı kuruluşlar için pahalı olabilen güçlü bilgisayarlar gerektirebilir.</p> <p>- Sınırlı Hareketlilik: BIM modellerine mobil erişim, donanım kısıtlamaları nedeniyle sınırlı olabilir.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |          |   |   |   |   |
| 43.1 | Donanım Gereksinimleri engelini teknolojik bir engel olarak değerlendiriniz.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |   |   |   |   |
| 43.2 | Donanım Gereksinimleri engelini düzenleyici ve yasal bir engel olarak değerlendiriniz.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |          |   |   |   |   |
| 43.3 | Donanım Gereksinimleri engelini örgütsel bir engel olarak değerlendiriniz.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |   |   |   |   |
| 43.4 | Donanım Gereksinimleri engelini mali bir engel olarak değerlendiriniz.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |          |   |   |   |   |
| 44.  | <p><b>Veri Entegrasyonu ve Yönetimi</b></p> <p>- Veri Siloları: Çeşitli sistemlerde saklanan bilgiler, BIM platformlarına kolayca entegre edilemeyebilir.</p> <p>- Veri Doğruluğu: Tüm verilerin doğru ve güncel olmasını sağlamak, özellikle eski tesislerde zor olabilir.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |          |   |   |   |   |
| 44.1 | Veri Entegrasyonu ve Yönetimi teknolojik bir engel olarak değerlendiriniz.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |   |   |   |   |

|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  |  |  |  |  |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|
| 44.2 | Veri Entegrasyonu ve Yönetimi engelini düzenleyici ve yasal bir engel olarak değerlendiriniz.                                                                                                                                                                                                                               |  |  |  |  |  |
| 44.3 | Veri Entegrasyonu ve Yönetimi engelini örgütsel bir engel olarak değerlendiriniz.                                                                                                                                                                                                                                           |  |  |  |  |  |
| 44.4 | Veri Entegrasyonu ve Yönetimi engelini mali bir engel olarak değerlendiriniz.                                                                                                                                                                                                                                               |  |  |  |  |  |
| 45.  | İşbirliği ve İletişim<br>- Silolanmış İş Akışları: Farklı ekipler arasında işbirliği eksikliği, tesis yaşam döngüsü boyunca BIM verilerinin akışını bozabilir.<br>- İletişim Boşlukları: Paydaşlar arasındaki yanlış iletişim, BIM uygulamasında hatalara yol açabilir.                                                     |  |  |  |  |  |
| 45.1 | İşbirliği ve İletişim engelini teknolojik bir engel olarak değerlendiriniz.                                                                                                                                                                                                                                                 |  |  |  |  |  |
| 45.2 | İşbirliği ve İletişim engelini düzenleyici ve yasal bir engel olarak değerlendiriniz.                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |  |  |  |
| 45.3 | İşbirliği ve İletişim engelini örgütsel bir engel olarak değerlendiriniz.                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |  |  |  |
| 45.4 | İşbirliği ve İletişim engelini mali bir engel olarak değerlendiriniz.                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |  |  |  |
| 46.  | Yatırım Getirisi Belirsizliği<br>- Faydaları Ölçmede Zorluk: Tesis yönetiminde BIM'i uygulamanın yatırım getirisini tam olarak ölçmek karmaşık olabilir.<br>- Uzun Vadeli Yatırım Getirisi ve Kısa Vadeli Maliyetler: Kuruluşlar, potansiyel uzun vadeli kazançlara karşı ilk harcamaları haklı çıkarmakta zorlanabilirler. |  |  |  |  |  |
| 46.1 | Yatırım Getirisi Belirsizliği engelini teknolojik bir engel olarak değerlendiriniz.                                                                                                                                                                                                                                         |  |  |  |  |  |
| 46.2 | Yatırım Getirisi Belirsizliği engelini düzenleyici ve yasal bir engel olarak değerlendiriniz.                                                                                                                                                                                                                               |  |  |  |  |  |
| 46.3 | Yatırım Getirisi Belirsizliği engelini örgütsel bir engel olarak değerlendiriniz.                                                                                                                                                                                                                                           |  |  |  |  |  |
| 46.4 | Yatırım Getirisi Belirsizliği engelini mali bir engel olarak değerlendiriniz.                                                                                                                                                                                                                                               |  |  |  |  |  |
| 47.  | Sınırlı Bütçe ve Kaynaklar<br>- Mali Kısıtlamalar: Daha küçük kuruluşlar veya sınırlı bütçeleri olanlar, BIM'in benimsenmesi için fon ayırmayı zor bulabilir.<br>- Personel Alma ve Eğitim: BIM uygulamalarında yetkin personeli işe almak ve eğitmek, mevcut kaynakları zorlayabilir.                                      |  |  |  |  |  |
| 47.1 | Sınırlı Bütçe ve Kaynaklar engelini mali bir engel olarak değerlendiriniz.                                                                                                                                                                                                                                                  |  |  |  |  |  |
| 47.2 | Sınırlı Bütçe ve Kaynaklar engelini düzenleyici ve yasal bir engel olarak değerlendiriniz.                                                                                                                                                                                                                                  |  |  |  |  |  |
| 47.3 | Sınırlı Bütçe ve Kaynaklar engelini örgütsel bir engel olarak değerlendiriniz.                                                                                                                                                                                                                                              |  |  |  |  |  |
| 47.4 | Sınırlı Bütçe ve Kaynaklar engelini mali bir engel olarak değerlendiriniz.                                                                                                                                                                                                                                                  |  |  |  |  |  |
| 48.  | Değişiklik Yönetimi<br>- Değişime Karşı Direnç: Çalışanlar yeni teknolojileri ve iş akışlarını benimsemeye karşı dirençli olabilir.<br>- Farkındalık Eksikliği: Bazı paydaşlar BIM'in faydalarını tam olarak kavrayamayabilir ve bu da dirence yol açabilir.                                                                |  |  |  |  |  |
| 48.1 | Değişiklik Yönetimi engelini teknolojik bir engel olarak değerlendiriniz.                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |  |  |  |
| 48.2 | Değişiklik Yönetimi engelini düzenleyici ve yasal bir engel olarak değerlendiriniz.                                                                                                                                                                                                                                         |  |  |  |  |  |
| 48.3 | Değişiklik Yönetimi engelini örgütsel bir engel olarak değerlendiriniz.                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |
| 48.4 | Değişiklik Yönetimi engelini mali bir engel olarak değerlendiriniz.                                                                                                                                                                                                                                                         |  |  |  |  |  |

|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |  |  |  |  |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|
| 49-  | BIM Uygulama Stratejisinin Eksikliği<br>- Net Yol Haritasının Olmaması: BIM'in benimsenmesi ve tesis yönetimine entegrasyonu için iyi tanımlanmış bir plan eksik olabilir.<br>- Yetersiz Destek: Üst yönetimin yetersiz desteği, başarılı uygulamayı engelleyebilir.                  |  |  |  |  |  |  |
| 49.1 | BIM Uygulama Stratejisinin Eksikliği engelini teknolojik bir engel olarak değerlendiriniz.                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |  |  |
| 49.2 | BIM Uygulama Stratejisinin Eksikliği engelini düzenleyici ve yasal bir engel olarak değerlendiriniz.                                                                                                                                                                                  |  |  |  |  |  |  |
| 49.3 | BIM Uygulama Stratejisinin Eksikliği engelini örgütsel bir engel olarak değerlendiriniz.                                                                                                                                                                                              |  |  |  |  |  |  |
| 49.4 | BIM Uygulama Stratejisinin Eksikliği engelini mali bir engel olarak değerlendiriniz.                                                                                                                                                                                                  |  |  |  |  |  |  |
| 50-  | İlk Yatırım<br>- Yazılım ve Eğitim Maliyetleri: BIM yazılım lisansları satın almak ve personele eğitim sağlamak maliyetli olabilir.<br>- Donanım Yükseltmeler: Bilgisayar sistemlerini BIM yazılım gereksinimlerini karşılayacak şekilde yükseltmek önemli masraflara neden olabilir. |  |  |  |  |  |  |
| 50.1 | İlk Yatırım engelini teknolojik bir engel olarak değerlendiriniz.                                                                                                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |
| 50.2 | İlk Yatırım engelini düzenleyici ve yasal bir engel olarak değerlendiriniz.                                                                                                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |
| 50.3 | İlk Yatırım engelini örgütsel bir engel olarak değerlendiriniz.                                                                                                                                                                                                                       |  |  |  |  |  |  |
| 50.4 | İlk Yatırım engelini mali bir engel olarak değerlendiriniz.                                                                                                                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |
| 51-  | Uyumluluk ve Standartlar<br>- Standardizasyon Eksikliği: Bölgeler arasında değişen BIM standartları ve uyumluluk gereksinimleri zorluklar doğurabilir.<br>- Yasal Çıkarımlar: BIM verilerinin mülkiyeti ve sorumluluğuna ilişkin belirsizlikler, benimsemeyi engelleyebilir.          |  |  |  |  |  |  |
| 51.1 | Uyumluluk ve Standartlar engelini teknolojik bir engel olarak değerlendiriniz.                                                                                                                                                                                                        |  |  |  |  |  |  |
| 51.2 | Uyumluluk ve Standartlar engelini düzenleyici ve yasal bir engel olarak değerlendiriniz.                                                                                                                                                                                              |  |  |  |  |  |  |
| 51.3 | Uyumluluk ve Standartlar engelini örgütsel bir engel olarak değerlendiriniz.                                                                                                                                                                                                          |  |  |  |  |  |  |
| 51.4 | Uyumluluk ve Standartlar engelini mali bir engel olarak değerlendiriniz.                                                                                                                                                                                                              |  |  |  |  |  |  |
| 52-  | Sözleşmeden Doğan Kısıtlamalar<br>- BIM Dostu Olmayan Sözleşmeler: Mevcut sözleşmeler, BIM uygulaması ve veri paylaşımı için hükümler içermeyebilir.<br>- Fikri Mülkiyet Endişeleri: BIM verilerinin harici taraflarla paylaşılması fikri mülkiyet sorunlarına yol açabilir.          |  |  |  |  |  |  |
| 52.1 | Sözleşmeden Doğan Kısıtlamalar engelini teknolojik bir engel olarak değerlendiriniz.                                                                                                                                                                                                  |  |  |  |  |  |  |
| 52.2 | Sözleşmeden Doğan Kısıtlamalar engelini düzenleyici ve yasal bir engel olarak değerlendiriniz.                                                                                                                                                                                        |  |  |  |  |  |  |
| 52.3 | Sözleşmeden Doğan Kısıtlamalar engelini örgütsel bir engel olarak değerlendiriniz.                                                                                                                                                                                                    |  |  |  |  |  |  |
| 52.4 | Sözleşmeden Doğan Kısıtlamalar engelini mali bir engel olarak değerlendiriniz.                                                                                                                                                                                                        |  |  |  |  |  |  |

| PART:6.TESİS YÖNETİMİNDE BIM/SANAL GERÇEKLİK KULLANICI ALGISI                                           |                                                                                                                                   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|
| Aşağıdaki cümlelerdeki yargıları 1'den 5'e kadar puanlayınız. 1 en düşük 5 en yüksek puanı temsil eder. |                                                                                                                                   |   |   |   |   |   |
| Algılanan fiyat değeri-1                                                                                | BIM/Sanal Gerçeklik entegre tesis yönetimi sisteminin makul fiyatlı olduğuna inanıyorum.                                          |   |   |   |   |   |
| Algılanan fiyat değeri-2                                                                                | Verilecek ücretin BIM/Sanal Gerçeklik entegre tesis yönetimi sistemine değeceğine inanıyorum.                                     |   |   |   |   |   |
| Öz yeterlilik-1                                                                                         | BIM/Sanal Gerçeklik entegre tesis yönetimi sisteminde uzman olarak etkinliğimi hissedebildiğime inanıyorum.                       |   |   |   |   |   |
| Öz yeterlilik-2                                                                                         | Tesis Yönetiminde BIM/Sanal Gerçeklik teknolojisi kullanımının gerçeklik hissi vereceğine inanıyorum.                             |   |   |   |   |   |
| Algılanan ilgi çekicilik-1                                                                              | BIM/Sanal Gerçeklik entegre tesis yönetimi kullanımının yeni ve ilginç olduğuna inanıyorum.                                       |   |   |   |   |   |
| Algılanan ilgi çekicilik-2                                                                              | BIM/Sanal Gerçeklik entegre tesis yönetimi kullanımının ilgimi çekebileceğine ve onu kullanmaktan keyif alabileceğime inanıyorum. |   |   |   |   |   |
| Algılanan kullanılabilirlik-1                                                                           | BIM/Sanal Gerçeklik entegre tesis yönetimi sisteminin anlaşılmasının kolay olduğuna inanıyorum.                                   |   |   |   |   |   |
| Algılanan kullanılabilirlik-2                                                                           | BIM/Sanal Gerçeklik entegre tesis yönetimi kullanımının mevcut yöntemlere göre hedeflerinin daha açık olduğuna inanıyorum.        |   |   |   |   |   |
| Algılanan kullanılabilirlik-3                                                                           | Tesis Yönetiminde BIM/Sanal Gerçeklik teknolojisi kullanımında istenilen hedeflere ulaşmanın kolay olduğuna inanıyorum.           |   |   |   |   |   |
| Algılanan kullanılabilirlik-4                                                                           | BIM/Sanal Gerçeklik entegre tesis yönetimi sisteminin inşaat sektöründe uygulanmasının kolay olduğuna inanıyorum.                 |   |   |   |   |   |
| Algılanan kullanılabilirlik-5                                                                           | BIM/Sanal Gerçeklik entegre tesis yönetimi kullanımının mevcut yöntemlerden daha verimli olduğuna inanıyorum.                     |   |   |   |   |   |
| Tutum-1                                                                                                 | Tesis yönetiminde BIM/Sanal Gerçeklik teknolojisinin uygulanmasından memnun olurum.                                               |   |   |   |   |   |
| Tutum-2                                                                                                 | Tesis yönetiminde BIM/Sanal Gerçeklik kullanımının akıllıca bir seçim olduğunu düşünüyorum.                                       |   |   |   |   |   |
| Tutum-3                                                                                                 | Şirketiniz gelecekte tesis yönetimi için BIM ve VR teknolojisine daha fazla yatırım yapılmasını isterim.                          |   |   |   |   |   |
| Kullanma niyeti-1                                                                                       | BIM/Sanal Gerçeklik entegre tesis yönetimi sistemini kullanmak veya deneyimlemek istiyorum.                                       |   |   |   |   |   |
| Kullanma niyeti-2                                                                                       | Tesis yönetimi için BIM ve sanal gerçeklik teknolojisinin kullanılmasını öneririm.                                                |   |   |   |   |   |