

BIM'in Benimsenmesinin Önündeki Engelleri Aşmak için Stratejik Yol Haritası

***Makale Bilgisi / Article Info**

Alındı/Received: 11.11.2024

Kabul/Accepted: 20.02.2025

Yayınlandı/Published: 04.08.2025

Strategic Roadmap for Overcoming Barriers to BIM Adoption

Merve KILINÇ YİĞİT , Merve ANAÇ* 

Hasan Kalyoncu Üniversitesi, Güzel Sanatlar ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Gaziantep, Türkiye



© 2025 The Authors | Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 (CC BY-NC) International License

Öz

Yapı bilgi modelleme süreçlerini kapsayan BIM (Building Information Modeling) inşaat sektöründe birçok avantajı olduğu bilinmektedir. Ancak gelişmekte olan ülkelerin BIM süreçlerine geçişinde çeşitli dirençlerle karşılaşmaktadır. Gelişmiş ülkelerde BIM'in inşaat sektöründeki olumlu etkileri göz önünde bulundurulduğunda, Türkiye'de bu yöntemin benimsenmesine yönelik bir direnç algılanmakta ve bu direncin nedenleri araştırılmaktadır. Bu çalışma, Türkiye'de BIM'in yaygın olarak benimsenmesinin önündeki engelleri tespit etmeyi, tespit edilen engellerin önem düzeylerinin belirlenerek çözüm önerileri geliştirmeyi amaçlamaktadır. Çalışmada sistematik literatür taraması ile 112 adet makale incelenmiş ve literatürde BIM'e geçiş sürecindeki engeller tespit edilmiştir. Daha sonra Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemi ile bu faktörlerin göreceli önem dereceleri tespit edilmiştir. Ardından göreceli önem dereceleri göz önüne alınarak yol haritası stratejisi geliştirilmiştir. Bu stratejiye bağlı kalınarak dirençlerin ortadan kaldırılmasına yönelik yol haritası geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: BIM (Building Information Modeling), BIM Dirençleri, AHP (Analitik Hiyerarşi Süreci), Yol Haritası.

Abstract

BIM (Building Information Modeling), which covers building information modeling processes, is known to have many advantages in the construction sector. However, various barriers are encountered in the transition of developing countries to BIM processes. Considering the positive effects of BIM in the construction sector in developed countries, barriers to the adoption of this method in Turkey is perceived and the reasons for this resistance are investigated. This study aims to identify the barriers to the widespread adoption of BIM in Turkey, to determine the importance levels of the identified barriers and to propose solutions. In the study, 112 articles were analysed through a systematic literature review and the obstacles in the process of transition to BIM were identified in the literature. Then, the relative importance levels of these factors are determined by Analytic Hierarchy Process (AHP) method. Then, a road map strategy was developed by considering the importance levels. Based on this strategy, a road map was developed to eliminate the resistances.

Keywords: BIM (Building Information Modeling); BIM Resistances; AHP (Analytic Hierarchy Process); Road Mapping.

1. Giriş

İnşaat sektörü, bir ülkenin ekonomik durumunu, gelişmişliğini ve sosyokültürel durumunu yansıtan temel faktörlerden biridir. Son yıllarda gelişmiş ülkelerin yapım, tasarım ve uygulama süreçlerine bakıldığında BIM sistemlerinin kullanımında büyük bir eğilim olduğu görülür. BIM, yenilikçi bir dijital tasarım ve inşaat yönetimi sürecidir. BIM, projenin yaşam döngüsü boyunca bilgiyi entegre etmek, paylaşmak ve yönetmek için kullanılan kapsamlı bir yaklaşımı ifade etmektedir. BIM, bir yapının fiziksel ve fonksiyonel özelliklerinin dijital bir ikizidir. BIM, tasarım, inşaat ve yönetim aşamalarında görev alan tüm paydaşların ortak bir veri havuzundan faydalanmasını sağlayan disiplinler arası işbirliği ve yönetim sürecidir (Arayıcı vd., 2011). Ayrıca tasarım, inşaat, işletme ve bakım gibi bir inşaat projesinin farklı aşamaları arasındaki iletişimi ve işbirliğini geliştirmeyi amaçlamaktadır (Yang

vd., 2023). Proje planlama, tasarım, inşaat ve işletme aşamalarında kullanılan bu veri tabanı sayesinde yapının ana hatları, malzeme özellikleri, maliyet bilgileri, program süreleri, tesisat sistemleri ve diğer önemli veriler dijital ortamda saklanabilir ve yönetilebilir (Barqawi vd., 2023). BIM, projenin her aşamasında kullanıcılarına farklı bakış açıları sunar ve karar vermelerinde yardımcı olur (J. Xu vd., 2019). Kaynak verimliliğini artırma ve karmaşık süreçleri yönetme potansiyeli ile mimari, mühendislik ve inşaat endüstrisinde umut verici bir teknoloji olarak kabul edilmiştir (Ariono vd., 2022).

Gelişmiş ülkelerle karşılaştırıldığında Türkiye BIM'in kullanımında başlangıç aşamasında olduğu ifade edilebilir (Erdik vd., 2020). Bunun kök sebeplerinden biri Türkiye'de BIM kullanımına yönelik direnç olmasıdır (Namlı vd., 2019). BIM süreçlerinin avantajları dikkate alındığında, Türkiye'de BIM kullanımındaki dirençlerin, sektördeki

potansiyelin tam olarak değerlendirilmediğini ve verimlilik açısından önemli fırsatların kaçırıldığını işaret etmektedir. Bu bağlamda, Türkiye'de BIM kullanımının yaygınlaşmasını engelleyen faktörlerin tespit edilmesi ve çözüm önerilerinin sunulması büyük önem taşımaktadır. Var olan bu problemin çözümü için öncelikle hangi sıra ile çözülmesine karar verilmelidir. Bu bağlamda BIM'e geçiş sürecindeki engeller tespit edilecek, ardından tespit edilen engeller uzman görüşlerine sunulacak ve faktörlerin birbiri üzerindeki göreceli önem dereceleri tespit edilecektir. Son olarak göreceli önem dereceleri tespit edilen faktörlerin çözümüne yönelik en önemliden en az önemliye doğru çözüm stratejisi geliştirilerek bir yol haritası önerilecektir.

2. Materyal ve Metot

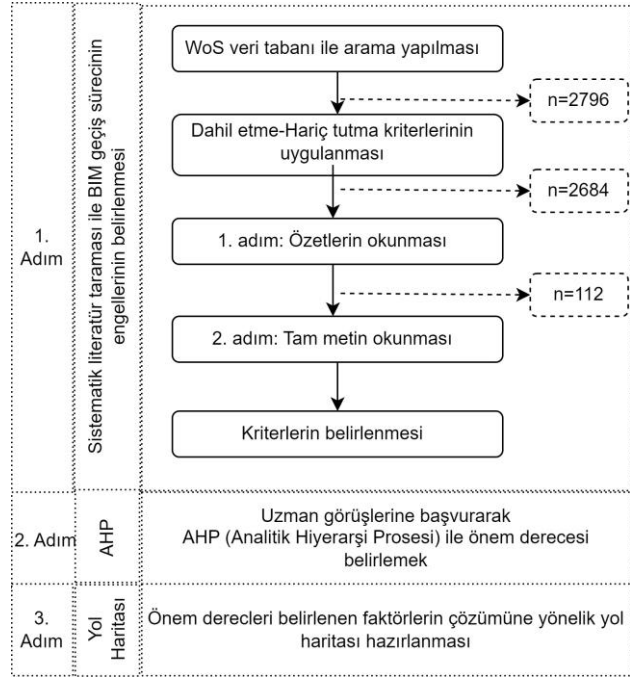
Çalışma kapsamında Şekil 1'de gösterilen iş akış süreçleri takip edilmiştir. Buna göre BIM geçiş süreçlerinde karşılaşılan problemlerin tespitine yönelik sistematik literatür taraması (SLR) yöntemi kullanılmıştır. SLR için etki faktörü yüksek ve uluslararası birçok makaleyi bünyesinde bulunduran Web of Science (WoS) veri tabanı kullanılmıştır. Çalışma kapsamında 12 Mayıs 2024 tarihinde yapılan WoS arama protokolü şu şekilde sıralanabilir;

- “BIM Implementation*” (tüm alanlar) veya “Building Information Modelling Implementation*” (tüm alanlar) ve “Barriers*” (tüm alanlar) veya “Challenge*” (tüm alanlar) ve “Success Factor*” (tüm alanlar) ve “health*” (tüm alanlar) dahil değil “Infrastructure*” (tüm alanlar) anahtar kelimeleri ile,
- WoS kategorileri olarak “Yönetim” veya “İnşaat Mühendisliği” veya “Eğitim Araştırmaları” veya “İnşaat Yapı Teknolojisi” veya “Bilgisayar Bilimleri Bilişim Sistemleri” veya “Elektrik Elektronik Mühendisliği” veya “Kamu Çevre İş Sağlığı” veya “Yeşil Sürdürülebilir Bilim Teknoloji” veya “Çevre Mühendisliği” veya “Üretim Mühendisliği” veya “Mimarlık” veya “Hukuk” kategorilerinde arama yapılmıştır.
- Belge türü “makale” veya “inceleme makalesi” veya “erken erişim makaleleri”,
- Zaman aralığı 2000 ila 2023 arası yıllar olarak sınırlandırılmıştır.

Bu kriterlerle yapılan ilk arama sonuçlarında 2796 yayın elde edilmiştir. Türkçe ve İngilizce dışında dil kullanılan 112 yayın kapsam dışı tutulmuştur. İlk eleme kriteri sonrasında 2684 adet yayın için özetler taranmıştır. Konu ile ilişkisi olmayan, direnç ve engelleri içermeyen çalışmalar da hariç edilmiş ve 112 makale detaylı inceleme için seçilmiş ve tam metin okuması yapılmıştır. Tam metin değerlendirmeleri sonucunda ise, AHP yönteminde

kullanılacak kriterlerin belirlenmesi amacıyla 31 makale uygun bulunmuştur.

İncelenen makalelerde, BIM'e geçiş süreçlerine ilişkin toplam 32 engel belirlenmiştir. Bu engeller, literatürdeki mevcut sınıflandırmalar ve uzman görüşleri doğrultusunda değerlendirilerek 7 ana kategori altında gruplandırılmıştır. Her bir kategorinin altındaki faktörler kendi içerisinde AHP yöntemi ile göreceli önem derecelerine göre sıralanmıştır.



Şekil 1. Araştırma metodolojisi

AHP yönteminde kullanılan ikili karşılaştırmalı değerlendirmede sorularının uygulanacağı kişi sayısına yönelik herhangi bir hesaplama yöntemi yoktur (Xu vd., 2018). Yapılan literatür araştırmasına göre AHP yönteminde ikili karşılaştırmalı değerlendirmede katılımcı sayısının bir alt limiti veya üst limiti bulunmamaktadır. Bu yöntem için önemli olan tutarlı cevapların elde edilmesidir (Sari vd., 2017; Ansah vd., 2015; Despodov vd., 2011). Bu çalışma kapsamında en doğru sonuçlara ulaşabilmek için BIM ile çalışan mimar, inşaat mühendisi, BIM alanında çalışmaları bulunan akademisyenlerden oluşan on kişiye ikili karşılaştırmalı değerlendirme soruları uygulanmıştır. Katılımcıların eğitim düzeyleri lisans, yüksek lisans ve doktora derecesindedir ve tüm katılımcıların BIM uygulama tecrübesi vardır. BIM deneyim alanı olarak katılımcılar tasarım, çeşitli sayısal analizlerde ve uygulama süreçlerinde BIM kullanan katılımcılardan oluşmaktadır (Çizelge 1).

Uygulanan ikili karşılaştırmalı değerlendirme sonuçlarına göre üç adet tutarlı sonuç tespit edilmiş ve bu üç çalışmanın sonuçlarının ortalamasına göre faktörlerin göreceli önem sıralaması yapılmıştır.

Belirlenen önem sıralamasına göre literatür taraması, araştırmacı görüşleri ve uzman görüşlerine göre çözümüne yönelik bir yol haritası çıkarılmıştır. Kullanılan yol haritasında en önemli faktörün en önce, daha az önemli faktör ise daha sonraki aşamalarda çözülmesine yönelik bir stratejisi izlenerek hazırlanmıştır.

Çizelge 1. Katılımcı özellikleri

Meslek	Mimar (3 Kişi)	İnşaat Mühendisi (2 Kişi)	(Akademisyen) (5 Kişi)
Eğitim Düzeyi	Lisans (1 Kişi)	Yüksek Lisans (5 Kişi)	Doktora (4 Kişi)
BIM Tecrübe yılı	1-5 Yıl (7 Kişi)	5-10 Yıl (3 Kişi)	
BIM Tecrübe Alanı	Tasarım (4 Kişi)	Analiz (3 Kişi)	Uygulama (3 Kişi)

Uygulanan ikili karşılaştırmalı değerlendirme sonuçlarına göre üç adet tutarlı sonuç tespit edilmiş ve bu üç çalışmanın sonuçlarının ortalamasına göre faktörlerin göreceli önem sıralaması yapılmıştır. Belirlenen önem sıralamasına göre literatür taraması, araştırmacı görüşleri ve uzman görüşlerine göre çözümüne yönelik bir yol haritası çıkarılmıştır. Kullanılan yol haritasında en önemli faktörün en önce, daha az önemli faktör ise daha sonraki aşamalarda çözülmesine yönelik bir stratejisi izlenerek hazırlanmıştır.

2.1 BIM'e geçiş dirençlerinin belirlenmesi

Yapılan sistematik literatür taraması sonucunda 32 faktör belirlenmiştir. AHP yöntemiyle göreceli önem sıralaması yapılırken, benzer özelliklere sahip faktörlerin gruplandırılması ve bu gruplar içindeki faktörlerin kendi aralarındaki önem sıralarının belirlenmesi, analiz sürecinin doğruluğu ve tutarlılığı açısından kritik öneme sahiptir. Bu sebeple çalışmada literatürde yapılan sınıflandırmalar ve uzman görüşleri temel alınarak belirlenen 32 faktör 7 ana başlık altında gruplandırılmıştır. Bu faktörler Çizelge 2'de gösterildiği gibi "A: Alt yapı ve teknolojik bariyerler" (Van Roy ve Firdevs, 2020; Saka ve Chan, 2020; Hyarat vd., 2022; Waqar vd., 2023), "B: Kültür ve eğitim ile ilişkili bariyerler" (Van Roy ve Firdevs; Olanrewaju vd., 2022; Gharaibeh vd., 2022; Kineber vd., 2023), "C: Standartlar ve hukuki bariyerler" (Ma vd., 2022; Saka ve Chan, 2020; Zhou vd., 2019), "D: Süreç ve finansal bariyerler" (Hyarat vd., 2022; Erdik vd., 2020; Tabatabaee vd., 2021), "E: Veri kaybı ve güvenlik bariyerleri" (Waqar vd., 2023; Durdıyev vd., 2022; Tabatabaee vd., 2021), "F: Teşvik ve taleplere yönelik bariyerler" (Saka ve Chan, 2020; Erdik vd., 2020; Wu vd., 2021; Nasila ve Cloete, 2018), "G: Değişim isteksizliği bariyerleri" (Gharaibeh vd., 2022; Hyarat vd., 2022; Waqar vd., 2023; Erdik vd., 2020) olmak üzere 7 ana başlıkta toplanmıştır.

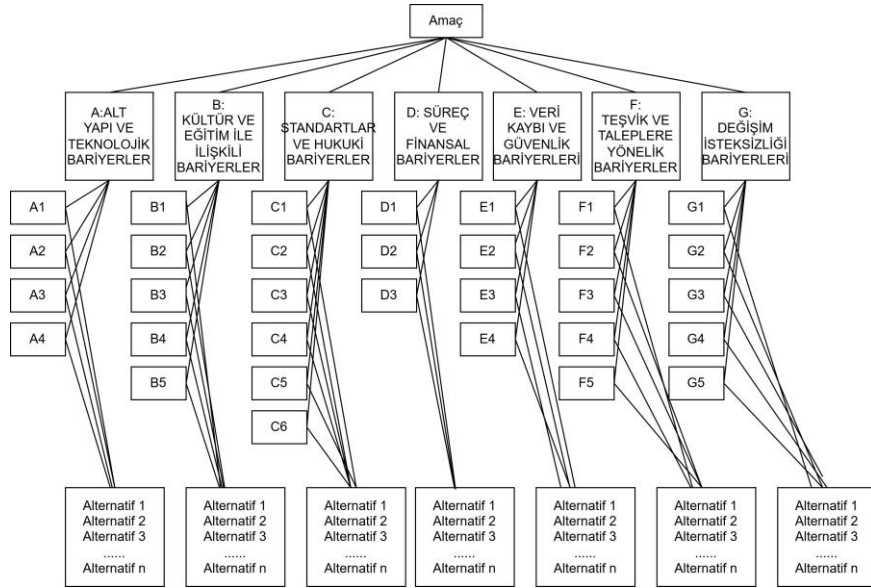
Çizelge 2. BIM'e geçiş sürecinde karşılaşılan dirençler

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

Çizelge 2. (devam) BIM'e geçiş sürecinde karşılaşılan dirençler

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

[1]: (Van Roy ve Firdevs, 2020), [2]: (Ma vd., 2022), [3]: (Olanrewaju vd., 2022), [4]: (Saka ve Chan, 2020), [5]: (Olanrewaju vd., 2020), [6]: (Gharaibeh vd., 2022), [7]: (Hyarat vd., 2022), [8]: (Tan vd., 2019), [9]: (Kineber vd., 2023), [10]: (Waqar vd., 2023), [11]: (Erdik vd., 2020), [12]: (Durdyev vd., 2022), [13]: (Alwisy vd., 2019), [14]: (Calitz ve Wium, 2022), [15]: (Tabatabaee vd., 2021), [16]: (Charlson ve Dimka, 2021), [17]: (Bosch-Sijtsema vd., 2017), [18]: (Jin vd., 2019), [19]: (Zhou vd., 2019), [20]: (Charef vd., 2019), [21]: (S. Tan ve Gumusburun Ayalp, 2022), [22]: (Wu vd., 2021), [23]: (Piroozfar vd., 2019), [24]: (Kim vd., 2020), [25]: (Akai vd., 2022), [26]: (Khurshid vd., 2023), [27]: (Kim vd., 2020), [28]: (Hussain vd., 2022), [29]: (Rokooei, 2015), [30]: (Nguyen ve Nguyen, 2021), [31]: (Stanley ve Thurnell, 2014), [32]: (Chen vd., 2023), [33]: (Mahmoud vd., 2022), [34]: (Azhar, 2011), [35]: (Nasila ve Cloete, 2018), [36]: (Z. Wu vd., 2022), [37]: (Aladag vd., 2016), [38]: (Munianday vd., 2023)

**Şekil 2. AHP kriterleri ve Alt kriterlerin Hiyerarşik yapısı**

2.2 AHP (Analitik Hiyerarşi Süreci)

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) çok kriterli bir karar verme sürecidir. Thomas L. Saaty tarafından 1971 yılında geliştirilmiş bir yöntemdir (Wind ve Saaty, 1980). Yüksek paydalara, değişkenlere sahip ve karmaşık karar verme durumlarına çözüm sağlayacak bir yöntemdir (Denizhan ve Yalçiner, 2017). AHP, ikili karşılaştırmalar yaparak hesaplamayı içerir ve öncelik ölçeklerini belirlemek için uzmanların görüşlerini kullanır (Saaty, 1990). Çok kriterli karar verme problemlerinin çözümünde önemli bir

yöntem olan AHP, tüm karar alternatiflerini önceliklendirerek birbiriyle karşılaştırmalı olarak değerlendirilir (Altan ve Işık, 2023).

AHP, hedefleri, seçenekleri ve özellikleri ayrıntılı bir hiyerarşik organizasyona bölerek, öncelik (baskınlık) durumlarına göre ikili bir karşılaştırma ölçeği sağlar ve karar vericilerin karmaşık problemleri çözmelerine yardımcı olur (Xu vd., 2018). Şekil 3'de, AHP yönteminde uygulanan ikili karşılaştırmalı değerlendirme sürecine ilişkin bir sorgulama örneği gösterilmektedir.

A: ALT YAPI VE TEKNOLOJİK BARIYERLER

En önemli	9	7	5	3	1	3	5	7	9	En önemli
(A1) YETERSİZ DONANIM VE ALT YAPI SORUNLARI	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	(A02) Teknik bilgi eksikliği
(A1) YETERSİZ DONANIM VE ALT YAPI SORUNLARI	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	(A03) Lisans Sorunu
(A1) YETERSİZ DONANIM VE ALT YAPI SORUNLARI	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	(A04) Geleneksel süreçlerden BIM süreçlerine geçişteki yazılımsal sorunlar
(A02) Teknik bilgi eksikliği	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐	(A03) Lisans Sorunu
(A02) Teknik bilgi eksikliği	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐	(A04) Geleneksel süreçlerden BIM süreçlerine geçişteki
(A03) Lisans Sorunu	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐	(A04) Geleneksel süreçlerden BIM süreçlerine geçişteki

Şekil 3. İkili karşılaştırmalı değerlendirmede soruları örneği

Hazırlanan ikili karşılaştırmalı değerlendirmede soruları Çizelge 3'de verilen rakamlar ile hiyerarşik yapısı oluşturulur. Buna göre katılımcıya ikili karşılaştırma yapılacak parametrenin diğer parametreye üstünlüğü 1, 3, 5, 7 ve 9 sayılar olarak değer alır. Bu değerlerden 1 eşit öneme sahip olduğunu 9 ise son derece önemli olduğunu yansıtır (Çizelge 3).

Çizelge 3. Önem derecelendirmesi

Standart Tercih Tablosu	
Önem Değerleri	Değer Tanımları
1	Eşit Önemde
3	Biraz Daha Önemli (Az Üstünlük)
5	Oldukça Önemli (Fazla Üstünlük)
7	Çok Önemli (Çok Üstünlük)
9	Son Derece Önemli (Kesin Üstünlük)
2,4,6,8	Ara Değer (Uzlaşma Değeri)

AHP hesaplamaları sırasında kriterler ve alt kriterler belirlenir ardından göreceli önem derecelerinin belirlenmesi için 1 numaralı denklemde gösterilen (nxn) karşılaştırma matrisi oluşturulur (Saaty, 1990: 12).

$$\begin{bmatrix} * & 1. \text{ kriter} & 2. \text{ kriter} & \dots & n. \text{ kriter} \\ 1. \text{ kriter} & 1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ 2. \text{ kriter} & w_2/w_1 & 1 & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & 1 & \dots \\ n. \text{ kriter} & w_n/w_1 & \dots & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Karşılaştırma matrislerinin oluşturulmasından sonraki adım özvektörün hesaplanmasıdır. (Supçiller ve Çapraz, 2011; Vural vd., 2020). Matrisin nxn boyutunda özvektörü 2. denklemde belirlenmektedir:

$$i=1,2,3,\dots,n \text{ ve } j=1,2,3,\dots,n \text{ olmak üzere;} \\ b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=0}^n a_{ij}} \quad w_i = \frac{\sum_{j=1}^n b_{ij}}{n} \quad (2)$$

Kriterlerin yüzde önem dağılımların $W = [w_i]_{n \times 1}$ şeklindeki sütun vektörlerinin hesaplanması ile oluşturulur. W sütun vektörü, 2 numaralı denklemde belirtilen bij değerlerinin meydana getirdiği matrisin satır elemanlarının aritmetik ortalaması alınarak elde edilir. Son olarak her ikili karşılaştırma matrisi için tutarlılık oranı (CR) hesaplanır ve bu oran için üst limitin 0,10 olması istenir. Bu oranın 0,10'un üstünde olması, karar vericinin cevaplarında tutarsızlık olduğunu gösterir ve çalışmaya dahil edilmez. Tutarlılık oranına ulaşmak için öncelikle A matrisinin en büyük özvektörünü (λ_{max}) hesaplamak gerekmektedir (Denklem 3).

$i=1,2,3,\dots,n$ ve $j=1,2,3,\dots,n$ olmak üzere,

$$D = [a_{ij}]_{n \times n} \times [w_i]_{n \times 1} = [d_{ij}]_{n \times 1}$$

$$\lambda_{max} = \frac{\sum_{i=0}^n \frac{d_i}{w_i}}{n} \quad (3)$$

Tutarlılık oranının hesaplanmasında Çizelge 4'de gösterilen rassallık endeksi (RI) kullanılmaktadır. RI sabit sayılardan meydana gelen ve n'e göre sabit değerler alır. Bu bilgiler doğrultusunda CR değerinin hesaplanması 4 numaralı denklemde verilmiştir.

$$CR = \frac{\lambda - n}{(n-1) \times RI} \quad (4)$$

Çizelge 4. Rassallık Endeksi Verileri

n	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45

Belirtilen denklemler kullanılarak on katılımcının cevaplarına ait tutarlılık indeksleri hesaplanmış ve Çizelge 5'te gösterildiği üzere, 7 ana başlık altında gruplandırılan ikili karşılaştırmalı değerlendirme sonuçlarının üç katılımcı için tutarlı olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 5. Katılımcı Tutarlılık değerleri

Katılımcı	Parametre	Tutarlılık değeri (CR)
1.Katılımcı	A	0,0681
	B	0,0916
	C	0,0787
	D	0,0121
	E	0,0289
	F	0,0916
	G	0,0916
2. Katılımcı	A	0,0578
	B	0,0421
	C	0,0727
	D	0,0281
	E	0,0773
	F	0,0895
	G	0,0919
3. katılımcı	A	0,0606
	B	0,0421
	C	0,0656
	D	0,0784
	E	0,0719
	F	0,0622
	G	0,0826

3. Bulgular

3.1. AHP sonuçlarına göre faktörlerin sıralaması

AHP yöntemi ile her bir engelin katılımcılar üzerindeki etkisi ve algısı dikkate alınmıştır. Verilen yanıtlar, her engelin sektördeki BIM uygulamalarını ne ölçüde etkilediğini anlamak için analiz edilmiştir. Bu analiz, birden fazla katılımcının görüşlerini ve sonuçların güvenilirliğini artırmaktadır. Engellerin sıralanması, karar vericilere hangi sorunların öncelikli olarak ele alınması gerektiği konusunda yön göstermektedir. Göreceli önem derecelerinin belirlenmesi, BIM'in benimsenmesini olumsuz etkileyen faktörlerin daha iyi anlaşılmasını sağlar. Bu bulgular, sektördeki paydaşların hangi alanlara yatırım yapmaları gerektiğini belirlemelerine yardımcı olmaktadır. Ayrıca, eğitim, teşvik ve destek mekanizmalarının hangi konularda güçlendirilmesi gerektiğine dair önemli bilgiler sunar. Her engelin ortalama göreceli önem derecesi, sektördeki mevcut durum ve gelecekteki gelişmelerle bağlantılı olarak değerlendirilmiştir. Bu bağlamda, katılımcıların perspektifleri, engellerin çözümüne yönelik stratejilerin oluşturulmasında kritik bir rol oynamaktadır. Ortalamalar üzerinden yapılan sıralama, en acil çözüm gerektiren sorunların önceliklendirilmesine olanak tanır.

BIM e geçiş süreçlerinde karşılaşılan engellerin göreceli önem derecelerinin hesaplanmasında kullanılan AHP analiz sonuçlarına göre (Çizelge 6);

-“A: Altyapı ve Teknolojik bariyerler” ana başlığı için en önemli faktör olarak önem ortalaması 0,341 olan “A2:

Teknik bilgi Eksikliği” maddesi, en az önemli faktör ise önem ortalaması 0,173 olarak hesaplanan “A1: Yetersiz donanım ve alt yapı sorunları” olduğu,

-“B: Kültür ve eğitim ile ilişkili bariyerler” ana başlığı için en önemli faktör olarak göreceli önem derecesi ortalaması 0,309 olan ortalama ile “B3: Kültürel değişime karşı direnç” maddesi, en az önemli faktör ise önem ortalaması 0,071 olarak hesaplanan “B04: Nitelikli eğitmen eksikliği” olduğu,

- “C: Standartlar ve hukuki bariyerler” ana başlığı için en önemli engel önem ortalaması 0,283 olan “C2: Hükümet Düzenlemeleri, Standartlar ve BIM Yönetmeliğinin Eksikliği” maddesi, en az önemli faktör önem ortalaması 0,098 olarak hesaplanan “C6: BIM için geçerli sigorta hükümlerinin belirsiz oluşu” maddesi olduğu,

- “D: Süreç ve finansal bariyerler” ana başlığı için en önemli engel, önem ortalaması 0,609 olarak hesaplanan “D1: BIM Kullanımına Ekstra Yatırım Maliyetleri” maddesi, en az önemli faktörün önem ortalaması 0,148 olan “D3: Personel eğitim harcamalarının ek harcama ve zaman kaybı olarak değerlendirilmesi” maddesi olduğu,

- “E: Veri kaybı ve güvenlik bariyerleri” ana başlığı için en önemli engel, önem ortalaması 0,488 olarak hesaplanan “E3: Mühendislik Verilerinin, BIM Entegrasyonunda Karşılaşılabileceği Olası Sorunlar”, en az önemli faktörün ise 0,058 ortalama ile “E1: Veri Güvenliği fikir mülkiyeti kaygıları” maddesi olduğu,

- “F: Teşvik ve taleplere yönelik bariyerler” ana başlığı için en önemli engel olarak, önem ortalaması 0,226 olarak hesaplanan “F4: BIM Avantajlarının Somut Olarak Gözlemlenmemiş Olması” maddesi, en az önemli faktörün ise 0,178 ortalama ile “F5: Birlikte Çalışabilirlik bariyerleri” maddesi olduğu,

- “G: Eğitim isteksizliği bariyerleri” ana başlığı için en önemli engel olarak, önem 0,265 “G3: Yeni Teknolojilere Karşı Direnç ve Önyargı” maddesi en az önemli faktörün ise 0,073 ortalama ile “G2: Rekabetçi girişimler ve çalışan direnci” olduğu bulgusuna varılmıştır.

3.2 Yol Haritası

İnşaat sektöründe projelerin daha verimli, sürdürülebilir ve koordineli bir şekilde yönetilmesine olanak tanıyan BIM teknolojisi, küresel ölçekte giderek artan bir öneme sahip olmasına rağmen, Türkiye’de sınırlı bir kullanım alanına sahiptir. Bu sınırlı kullanımın temelinde, teknik bilgi eksikliği, maliyet sorunları, lisans problemleri, kültürel direnç ve politik destek eksikliği gibi çeşitli yapısal ve organizasyonel engeller yatmaktadır. Bu engellerin aşılabilmesi için sistematik bir planlama gereklidir. Türkiye’de BIM kullanımının yaygınlaşmasının önündeki engellerin tespit edilmesi ve bu engellerin aşılmasına

yönelik stratejik bir yol haritası oluşturulması bakımından öncelikle yol haritasına yönelik stratejilerinin belirlenmesi gerekir (Anaç vd., 2024).

Çizelge 6. Katılımcıların cevaplarına göre faktörlerin göreceli önem dereceleri

Faktörler		1.Katılcı (λ_{max})	2.Katılcı (λ_{max})	3.Katılcı (λ_{max})	(λ_{max}) Ortalama	Göreceli Önem derecesi
A	A1	0,083	0,291	0,145	0,173	4
	A2	0,593	0,384	0,048	0,341	1
	A3	0,044	0,097	0,431	0,190	3
	A4	0,280	0,228	0,377	0,295	2
B	B1	0,253	0,243	0,253	0,249	2
	B2	0,122	0,276	0,122	0,173	3
	B3	0,535	0,039	0,535	0,309	1
	B4	0,032	0,151	0,032	0,071	5
	B5	0,057	0,292	0,057	0,135	4
C	C1	0,046	0,223	0,214	0,161	3
	C2	0,426	0,198	0,227	0,283	1
	C3	0,087	0,156	0,158	0,133	4
	C4	0,150	0,131	0,109	0,13	5
	C5	0,266	0,156	0,158	0,193	2
	C6	0,025	0,136	0,134	0,098	6
D	D1	0,487	0,655	0,685	0,609	1
	D2	0,435	0,158	0,136	0,243	2
	D3	0,078	0,187	0,179	0,148	3
E	E1	0,051	0,066	0,059	0,058	4
	E2	0,256	0,124	0,118	0,166	3
	E3	0,576	0,449	0,440	0,448	1
	E4	0,117	0,361	0,383	0,287	2
F	F1	0,253	0,145	0,138	0,178	5
	F2	0,122	0,229	0,225	0,192	4
	F3	0,535	0,050	0,038	0,207	2
	F4	0,032	0,327	0,319	0,226	1
	F5	0,057	0,249	0,280	0,195	3
G	G1	0,253	0,161	0,165	0,193	4
	G2	0,122	0,047	0,051	0,073	5
	G3	0,535	0,122	0,139	0,265	1
	G4	0,032	0,313	0,311	0,218	3
	G5	0,057	0,357	0,335	0,249	2

Çalışma kapsamında belirlenen strateji alanında uzmanların öncelik sıralamasına göre çözüm geliştirmesine dayanır. Buna göre uzmanlar tarafından en fazla önemli görülen engel ilk olarak çözülebileceği daha az önemli görülen problemlerin ise daha sonraki aşamalarda çözülmesi şeklinde oluşturulmuştur.

AHP yönteminin kullanıldığı bu çalışmada, her bir grup altında yer alan faktörler kendi içerisinde karşılaştırılarak analiz edilmiştir. Bu kapsamda, ana parametreler için oluşturulan matrislerin boyutları şu şekildedir: A ana parametresi için 4x4, B için 5x5, C için 6x6, D için 3x3, E için 4x4, F için 5x5 ve G için 5x5. Şekil 4'te sunulan yol haritasına uygun olarak, AHP sonuçları dikkate alınmış ve çözüm önerileri en fazla 6 derecede değerlendirilmiştir. Çözüm önerilerinden bazıları yalnızca tek bir faktöre

yönelikken, bazıları birden fazla faktörü kapsayacak şekilde tasarlanmıştır. Bu öneriler, literatür taramaları, uzman görüşleri ve araştırmacının elde ettiği bulguların bütüncül bir yaklaşımla değerlendirilmesi sonucunda oluşturulmuştur.

Tüm bunlar göz önüne alındığında "A: Altyapı ve teknolojik bariyerler" ana başlığı altında uzmanlar tarafından en önemli bulunan "A2: Teknik bilgi eksikliği" faktörü için "eğitim programları ve sertifikasyon kurslarının düzenlenmesi" ve "seminer ve atölye çalışmalarının düzenlenmesi" gibi bir öneri sunulmuştur. Diğer tüm alt başlıklar için ise "yazılım sağlayıcıları, geleneksel süreçlerle uyumlu geçiş araçları geliştirmeli, yazılımlar arası birlikte çalışabilirliği arttırmalı", "bulut tabanlı çözümlerin kullanılması" ve "gerekli yazılım ve donanım altyapısının sağlanması amacıyla devlet destekli teşvik programları oluşturulması" önerilmiştir.

"B: kültür ve eğitim ile ilişkili bariyerler" ana başlığı altında uzmanlar tarafından en önemli bulunan "B3: kültürel değişime karşı direnç" ve ikinci derecede öneme sahip "B1: BIM eğitiminin eksik ve yetersiz olduğu düşüncesi" parametrelerinin çözümüne yönelik "BIM avantajlarının açıklanmasına yönelik atölyelerin düzenlenmesi", "kültürel değişime öncülük edecek liderlerin belirlenmesi", "yükseköğretim kurumlarının müfredatlarına BIM derslerinin eklenmesi" ve son olarak "sürekli güncel eğitimi programlarının oluşturulması" önerilmiştir. Diğer tüm parametrelerin çözümüne yönelik ise "staj veya deneme projeleri ile pratik deneyim kazanılmasının desteklenmesi", "BIM uzmanlarından danışmanlık hizmeti alınması", "BIM yapısını sadeleştirerek anlatan materyallerin oluşturulması" ve "sertifikasyonlar ile teşviklerin yapılması" önerilmiştir.

"C: standartlar ve hukuki bariyerler" başlığı altında en önemli faktör olarak tespit edilen "C2: hükümet düzenlemeleri, standartlar ve BIM yönetmeliğinin eksikliği" ve ikinci derecede öneme sahip "C5: BIM çalışma prosedürlerinin geleneksel prosedürler ile uyumsuzluğu" parametreleri için "hükümet ve sektördeki paydaşlar işbirliği ile BIM standartları ve yönetmeliklerini oluşturulması" ve "BIM entegrasyonunun sağlanması için şirketlerin iş akışlarının yeniden yapılandırılması ve BIM prosedürlerinin geliştirilmesi" önerilmiştir. Bu ana başlık altındaki diğer tüm parametreler için "BIM projelerinde kullanılmak üzere detaylı ve standardize edilmiş sözleşme şablonlarının hazırlanması", "BIM verilerinin mülkiyetini ve fikri haklarının korunmasına yönelik özel yasaların düzenlenmesi" ve "BIM projelerine özel sigorta hükümlerinin geliştirilmesi" önerilmektedir.

Faktör	1.Derece	2.Derece	3.Derece	4.Derece	5.Derece	6.Derece
A	A2: Teknik Bilgi Eksikliği *Eğitim programları ve sertifikasyon kursları *Seminerler ve atolye çalışmaları	A4: BIM süreçlerine geçişteki Yazılımsal Sorunlar *Yazılım sağlayıcıları, geleneksel süreçlerle uyumlu geçiş araçları geliştirmeli, yazılımlar arası birlikte çalışabilirliği arttırmalı *Bulut Tabanlı çözümler kullanmalı *Gerekli yazılım ve donanım alt yapısının sağlanması amacıyla devlet destekli teşvik programları oluşturulmalı	A3: Lisans Sorunu	A1: Yetersiz Donanım ve alt yapı sorunları		
B	B3: Kültürel Değişime Karşı Direnç *BIM'in Faydalarını açık bir şekilde anlatan farkındalık atölyeleri düzenlenmeli ve avantajları vurgulanmalı *Kültürel değişime öncülük edecek lider kadrolar oluşturulmalı *Yüksek Öğretim Kurumlarının müfredatlarında yer verilmeli *Güncel Uygulamalar ile ilgili sürekli güncel eğitim programları oluşturulmalı	B1: BIM eğitiminin Eksik ve Yetersiz Olduğu Düşüncesi	B2: BIM Uygulamasına Yönelik Deneyim Eksikliği	B5: BIM 'in Kişiler Tarafından Karmaşık/zor Algılanması	B4: Nitelikli Eğitim Eksikliği	
C	C2: Hükümet Düzenlemeleri Standartlar ve BIM Yönetmeliğinin Eksikliği *Hükümet, sektöründeki paydaşların fikir ve görüşlerini alarak BIM standartları ve yönetmeliklerini oluşturmalı *Entegrasyonun sağlanması için şirketler iş akışları yeniden yapılandırılmalı ve BIM'e uygun prosedürler geliştirilmeli	C5: BIM Çalışma Prosedürlerinin Geleneksel Prosedürler ile Uyumsuzluğu	C1: BIM süreçlerine yönelik sözleşme belirsizliklerinden doğan riskler *BIM projelerinde kullanılmak üzere detaylı ve standardize edilmiş sözleşme şablonları hazırlanmalı. Bu şablonların sorumlulukları ve risk paylaşımı açıkça belirlenmeli *BIM verisinin mülkiyetini ve fikri haklarını koruyacak özel yasalar ve düzenlemeler hazırlanmalı *Sigorta şirketleri, BIM projelerine özel sigorta hülûmleri geliştirmeli	C3: Çizim, Modelleme ve kalite kontrol standartları eksikliği	C4: BIM veri mülkiyetinin korunmasına yönelik yasal hüküm Eksikliği	C6: BIM için geçerli sigorta hükümlerinin belirsiz oluşu
D	D1: BIM Kullanıma Ekstra Yatırım Maliyetleri *BIM'e yapılan yatırımların uzun vadede sağladığı maliyet tasarrufları ve karlar vurgulanmalı *Devlet teşvikleri yapılandırılmalı *BIM yazılım lisanslarına yönelik indirim programları ve kiralama modelleri geliştirilmeli	D2: BIM'in İlk Yatırım Maliyetlerinin Yüksek Oluşu	D3: Personel Eğitim Harcamalarının ek maliyet ve zaman kaybı olarak değerlendirilmesi *BIM eğitimi uzun vadeli bir yatırım olarak sunulmalı			
E	E3: Mühendislik verilerinin, BIM Entegrasyonunda Karşılaşılabileceği olası sorunlar *Yazılımlar arası uyumlu formatlar kullanılmalı *Yazılım güncellemeleri ve veri uyumluluk testleri düzenli olarak yapılmalı *Veri kontrol protokolleri oluşturulmalı *Veri bütünlüğünü sağlayacak kontrol mekanizmaları geliştirilmeli	E4: Dosya aktarımı sırasında veri kaybı korkusu/riski	E2: BIM bilgi alışverişindeki Kısıtlamalar	E1: Veri Güvenliği Fikir Mülkiyeti Kayguları		
F	F4: BIM Avantajlarının Somut Olarak Gözlemlenmemiş olması Başarılı projelerin sonuçları detaylı olarak raporlanmalı ve sektöre sunulmalı	F3: Politikacılardan destek eksikliği *Sektör temsilcileri hükümet yetkilileri ile işbirliği yaparak BIM'in ulusal stratejilere dahil edilmesini sağlamalı *Politikacılar BIM'in inşaat sektöründe sağlayacağı sürdürülebilirlik ve verimlilik artışları konusunda bilgilendirilmeli *Uyumluluk sağlamak için uluslararası standartlar (IFC vb.) kullanılmalı *Müşterilere BIM'in sağlayacağı faydalar anlatılmalı	F5: Birlikte çalışabilirlik Bariyerleri	F2: Yetersiz Dış Motivasyon	F1: Üst Yönetim teşvik ve destek eksikliği	
G	G3: Yeni Teknolojilere Karşı Direnç ve Önyargı *BIM teknolojisinin kullanımının kolaylığına yönelik uygulamalı eğitimler düzenlenmeli	G5: Rekabetçi İnşaat Ortamında Bulunmama, Değişime gerek Görmemek *Sektördeki rekabetçi koşulların değiştiği ve teknolojiye uyum sağlayamayan firmaların geri kalacağı vurgulanmalı	G4: BIM Teknolojisinin Yeterince anlaşılmaması	G1: Düşünme Şekli Değişmesine Yönelik Direnç	G2: Rekabetçi girişimler ve çalışan direnci	

Şekil 4. BIM geçiş sürecindeki engellerin çözümüne yönelik yol Haritası

"D: süreç ve finansal bariyerler" ana başlığı altında bulunan "D1: BIM kullanımına ekstra yatırım maliyetleri" ve ardından "D2: BIM' in ilk yatırım maliyetlerinin yüksek oluşu" parametreleri önemli parametreler olduğu için ilk olarak bunların çözülmesi önerilmiştir. Bu parametrelerin

çözümü için "BIM' e yapılan yatırımların uzun vadede sağladığı maliyet tasarrufları ve karların vurgulanması", "devlet teşviklerinin yapılandırılması" ve son olarak "BIM yazılım lisanslarına yönelik indirim programları ve kiralama modellerinin geliştirilmesi" önerilmiştir. "D3:

Personel Eğitim harcamalarının ek maliyet ve zaman kaybı olarak değerlendirilmesi” parametresine karşı ise “BIM eğitimi uzun vadeli bir yatırım olarak sunulması” önerisi sunulmuştur.

“E: veri kaybı ve güvenlik bariyerleri” başlığı altında en önemli faktör olarak tespit edilen “E3: mühendislik verilerinin, BIM entegrasyonunda karşılaşılabileceği olası sorunlar” ve ardından önemli olarak tespit edilen “E4: Dosya aktarımı sırasında veri kaybı korkusu/riski” parametrelerinin çözümüne yönelik öneriler; “yazılımlar arası uygun formatların kullanılması”, “yazılım güncellemeleri ve “veri uyumluluk testlerinin düzenli olarak yapılması”, “veri kontrol protokollerinin geliştirilmesi”, ve “veri bütünlüğünü sağlayacak kontrol mekanizmalarının geliştirilmesi” olarak sıralanabilir. Diğer tüm parametreler için “BIM projeleri için ortak veri ortamının kullanılması”, “ISO 19650 vb. BIM veri standartlarının kullanılması” ve “fikri mülkiyetler için tüm paydaşların veri erişimlerinin net bir şekilde tanımlanması” önerilmiştir.

“F: Teşvik ve taleplere yönelik bariyerler” ana başlığı altında en önemli faktör olarak tespit edilen “F4: BIM avantajlarının Somut olarak gözlemlenmemiş olması” parametresi için “BIM ile tamamlanan başarılı projelerin

detaylı olarak raporlanması ve sektöre sunulması önerilmiştir”. Diğer tüm parametrelerin çözümüne yönelik “Sektör temsilcileri ve hükümet yetkililerinin iş birliği ile BIM ulusal stratejilerinin geliştirilmesi”, “paydaşlar arası uyumluluk sağlanması için uluslararası IFC gibi standartların kullanılması” ve “müşterilere BIM’ in sağlayacağı faydaların anlatılması” önerilmiştir.

“G: Değişim isteksizliği bariyerleri” ana başlığı altında en önemli faktör olarak tespit edilen “G3: yeni teknolojilere karşı direnç ve önyargı” parametresinin çözümüne yönelik “BIM teknolojisinin kullanımının kolaylığına yönelik uygulamalı eğitimlerin” düzenlenmesi önerilmiştir. Ardından ikinci derecede önemli olan “G5: Rekabetçi inşaat ortamında bulunmamak, değişime gerek görmemek” parametresine yönelik “sektördeki rekabetçi koşulların değiştiği ve teknolojiye uyum sağlayamayan firmaların geri kalacağını vurgulanması” çözüm önerisi sunulmuştur. Geri kalan tüm parametreler için “çalışanların ve yöneticilerin değişen iş süreçlerine uyum sağlaması için farkındalık eğitimlerinin düzenlenmesi”, “BIM’ in sağladığı rekabet avantajlarının anlatılması”, “BIM’ in sektörde hangi sorunlara çözüm getirdiği eğitimlerle net bir şekilde anlatılması” gibi öneriler sunulmuştur.

BIM’e geçişin önündeki finansal bir engel oluşturmaktadır (Jang ve Collinge, 2020). Firmalar, bu maliyetleri karşılamakta zorluk çekerken, yatırım yapma konusunda tereddüt yaşamaktadır. Üst yönetimin BIM’e olan ilgisinin düşük olması, projelerde BIM teknolojisinin kullanılmasını desteklemeyen bir diğer önemli faktördür. Yönetim kademesinde BIM’in uzun vadeli faydalarının yeterince anlaşılmaması, bu teknolojiye yatırım yapma kararlarını olumsuz etkilemektedir. Sonuç olarak, BIM’in sektörde yaygınlaşmasını sağlamak için altyapı yatırımlarının artırılması, personel eğitimlerinin yaygınlaştırılması ve finansal teşvik mekanizmalarının geliştirilmesi gerekmektedir. BIM’in sektörde yaygınlaşması için ayrıca hükümet düzenlemeleri ve standartlar konusunda ciddi adımlar atılması gerektiği ortaya çıkmıştır. Çalışmada elde edilen bulgular, BIM ile ilgili yeterli yasal düzenleme ve standartların olmayışının, sektörde bu teknolojinin benimsenmesini engelleyen önemli bir faktör olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar Kisel ve Mishlanova (2022) çalışması ile örtüşmektedir. Hükümet tarafından belirlenmiş standartların olmaması, projelerde uyumsuzluklara ve BIM’in uygulanabilirliğinin azalmasına neden olmaktadır. Bu bağlamda, ulusal ve uluslararası standartlar belirlenmeli ve BIM’in zorunlu kılındığı projelerde bu standartlar dikkate alınmalıdır. Ayrıca, katılımcıların verdiği cevaplar doğrultusunda BIM kullanımının önündeki kültürel ve kurumsal dirençlerin de

4. Sonuçlar ve Tartışma

Bu çalışmada elde edilen veriler, Türkiye’de BIM kullanımının yaygınlaşmasının önündeki temel engelleri kapsamlı bir şekilde analiz ederek, bu engellerin her biri için katılımcıların verdiği göreceli önem derecelerine dayalı bir sıralama oluşturmıştır. Sonuçlar, BIM’in sektörde tam anlamıyla benimsenmesini zorlaştıran en büyük engellerin başında teknik bilgi eksikliği, altyapı ve donanım yetersizliği, yüksek lisans maliyetleri ve hükümet düzenlemelerinin eksikliği gibi faktörlerin yer aldığını göstermektedir. Katılımcıların değerlendirmeleri, bu engellerin sektördeki profesyoneller ve firmalar üzerinde farklı ağırlıklara sahip olduğunu ortaya koymuştur. Özellikle teknik bilgi eksikliği, BIM süreçlerine hakim olamayan çalışanların verimsiz çalışmasına ve projelerde hataların artmasına neden olabilmektedir. Ayrıca, firmaların BIM yazılımı için gerekli altyapıya ve donanıma sahip olmaması, bu sürecin verimli bir şekilde uygulanmasını engelleyen önemli bir bariyer olarak öne çıkmaktadır. Jang ve Collinge’nin yapmış olduğu çalışmada gelişmiş yazılım birlikte çalışabilirliğine ve daha iyi bilgi alışverişi protokollerine duyulan ihtiyacı vurgulamaktadır. Çalışma sonuçları bu çalışmayı destekler niteliktedir. Bununla birlikte, programların lisans maliyetleri de özellikle küçük ve orta ölçekli firmalar için

dikkate alınması gerektiği görülmüştür. Yeni teknolojilere karşı olan önyargılar, BIM'in avantajlarının yeterince anlaşılmamasına ve bu teknolojinin sektörde yaygın bir şekilde benimsenmemesine neden olmaktadır. Özellikle geleneksel yöntemlere bağlılık, BIM süreçlerine geçişte önemli bir engel teşkil etmektedir. BIM'in sağladığı verimlilik, maliyet tasarrufu ve kalite artışı gibi faydaların sektörde daha iyi tanıtılması, bu direncin aşılmasına katkı sağlayabilir. Sonuç olarak, BIM'in Türkiye'de daha geniş bir alanda kullanılabilmesi için hem eğitim düzeyinin artırılması hem de hükümet tarafından bu teknolojinin kullanımını teşvik eden düzenlemelerin hayata geçirilmesi kritik öneme sahiptir. Bu kapsamda, sektördeki tüm paydaşların iş birliği yaparak BIM'e yönelik stratejik adımlar atması, Türkiye'nin inşaat sektöründe dijital dönüşüm sürecini hızlandıracaktır.

5. Sonuç

Bu çalışmada, Türkiye'de BIM teknolojisinin kullanımının yaygınlaşmasının önündeki engeller kapsamlı bir şekilde analiz edilerek, bu engellerin aşılması için stratejik bir yol haritası sunulmuştur. Araştırma bulguları, Türkiye'de BIM kullanımını sınırlayan başlıca engellerin teknik bilgi eksikliği, altyapı yetersizliği, maliyet yüksekliği, kültürel direnç ve hukuki düzenlemelerin eksikliği gibi faktörlerden kaynaklandığını ortaya koymuştur.

Teknik bilgi eksikliği, çalışanların BIM süreçlerine hakim olmamalarına ve projelerde verimsizliklere yol açmasına neden olmaktadır. Ayrıca, BIM yazılımlarına ve bu yazılımların etkili kullanımı için gerekli altyapıya sahip olmamak da önemli bir engel olarak öne çıkmaktadır. Kültürel direnç ve geleneksel yöntemlere bağlılık, BIM'in sektörde geniş bir kabul görmesini engellemektedir. Bu bağlamda, BIM'in avantajlarının sektörde daha etkin bir şekilde tanıtılması, bu dirençlerin aşılmasında kritik rol oynamaktadır.

Araştırma sonuçları, hükümetin BIM kullanımını destekleyen yasal düzenlemeler yapması ve sektöre yönelik teşvik programları geliştirmesinin önemini vurgulamaktadır. Bu tür düzenlemeler, BIM'in yaygınlaştırılmasına katkı sağlarken, sektördeki paydaşların da bu dönüşümü daha kolay benimsemelerini sağlayacaktır. Ayrıca, BIM eğitimlerinin yaygınlaştırılması, sektördeki profesyonellerin teknolojiye daha kolay adapte olmalarını sağlayacak ve bu süreçteki verimlilik artışı gözlemlenecektir.

Çalışma, BIM'in başarılı bir şekilde Türkiye inşaat sektöründe uygulanabilmesi için gerekli olan stratejilerin belirlenmesi açısından önemli bir rehber sunmaktadır. Bu stratejilerin uygulanması, sektördeki dijital dönüşümü

hızlandıracak, verimliliği artıracak ve maliyetleri düşürecektir. BIM'in tam anlamıyla uygulanabilmesi için tüm paydaşların işbirliği yaparak teknolojiyi benimsemeleri ve gerekli altyapıyı sağlamaları kritik bir öneme sahiptir.

Sonuç olarak, Türkiye'de BIM kullanımının yaygınlaşması, sektördeki dijital dönüşümü tetikleyerek, uluslararası standartlarla uyumlu projelerin hayata geçirilmesine olanak tanıyacaktır. Bu doğrultuda, ilgili paydaşlar tarafından eğitim, altyapı yatırımları ve yasal düzenlemeler gibi stratejik adımlar atılmalı, sektördeki dirençler aşılmalıdır. BIM'in etkin kullanımı, inşaat sektöründe sürdürülebilir büyüme ve gelişme için önemli bir araç olacaktır.

Etik Standartlar Bildirgesi

Yazarlar tüm etik standartlara uyduklarını beyan ederler.

Bu çalışma Dr. Öğr. Üyesi Merve ANAÇ danışmanlığında tamamlanmış olan 'Türkiye'de BIM kullanımının yaygınlaşmasının önündeki engellerin tespiti, önem derecesi ve yol haritası önerisi' başlıklı Yüksek Lisans (Tez no: 911210) tezinden türetilmiştir.

Bu çalışma, Hasan Kalyoncu Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu tarafından onaylanmıştır (onay numarası: 57871).

Yazarlık Katkı Beyanı

Yazar 1: Kaynaklar, Araştırma, Metodoloji, Yazma, Görselleştirme, Analiz

Yazar 2: Araştırma, Metodoloji, Yazma, Görselleştirme, Analiz, Doğrulama

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarların bu makalenin içeriğiyle ilgili olarak beyan edecekleri hiçbir çıkar çatışması yoktur.

Verilerin Kullanılabilirliği

Bu çalışma sırasında oluşturulan veya analiz edilen tüm veriler, yayınlanan bu makaleye dahil edilmiştir.

6. Kaynaklar

- Akal, A. Y., Kineber, A. F., ve Mohandes, S. R., 2022. A Phase-Based Roadmap for Proliferating BIM within the Construction Sector Using DEMATEL Technique: Perspectives from Egyptian Practitioners. *Buildings*, **12(11)**, 1805. <https://doi.org/10.3390/buildings12111805>
- Aladag, H., Demirdögen, G., ve Isik, Z., 2016. Building Information Modeling (BIM) Use in Turkish Construction Industry. *Procedia Engineering*, **161**, 174-179. <https://doi.org/10.1016/J.PROENG.2016.08.520>
- Altan, E., ve Işık, Z., 2024. Digital twins in lean construction: a neutrosophic AHP–BOCR analysis approach. *Engineering, Construction and Architectural Management*, **31(12)**, 5029-5056.
- Alwisy, A., Hamdan, S., Barkokebas, B., Bouferguene, A., ve Al-Hussein, M., 2019. A BIM-Based Automation of Design and Drafting for Manufacturing of Wood

- Panels for Modular Residential Buildings. *International Journal of Construction Management*, **19(3)**, 187-205.
<https://doi.org/10.1080/15623599.2017.1411458>
- Anaç, M., Gumusburun Ayalp, G., ve Karabeyeser Bakan, M., 2024. A Roadmap for Reducing Construction Waste for Developing Countries. *Sustainability*, **16(12)**, 5057.
<https://doi.org/10.3390/su16125057>
- Ansah, R. H., Sorooshian, S., ve Bin Mustafa, S., 2015. Analytic hierarchy process decision making algorithm. *Global journal of pure and applied mathematics*, **11(4)**, 2403-2410.
- Arayıcı, Y., Coates, P., Koskela, L., Kagioglou, M., Usher, C., ve O'Reilly, K., 2011. BIM Adoption and Implementation for Architectural Practices. *Structural Survey*, **29(1)**, 7-25.
<https://doi.org/10.1108/02630801111118377>
- Ariono, B., Wasesa, M., ve Dhewanto, W., 2022. The Drivers, Barriers, and Enablers of Building Information Modeling (BIM) Innovation in Developing Countries: Insights from Systematic Literature Review and Comparative Analysis. *Buildings*, **12(11)**, 1912.
<https://doi.org/10.3390/buildings12111912>
- Azhar, S., 2011. Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges. for the AEC Industry. *Leadership and Management in Engineering*, **11(3)**, 241-252.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)LM.1943-5630.0000127](https://doi.org/10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.0000127)
- Barqawi, M., Chong, H. Y., ve Lopez, R., 2023. Effects of Critical Success Factors, BIM Implementation Strategies, and Barriers on Employer-Initiated Delays. *International Journal of Construction Management*, **23(16)**, 2788-2803.
<https://doi.org/10.1080/15623599.2022.2097041>
- Bosch-Sijtsema, P., Isaksson, A., Lennartsson, M., ve Linderöth, H. C. J., 2017. Barriers. and facilitators for BIM use among Swedish medium-sized contractors - "We wait until someone tells us to use it". *Visualization in Engineering*, **5(1)**, 1-12.
<https://doi.org/10.1186/S40327-017-0040-7>
- Calitz, S., ve Wium, J. A., 2022. A Proposal to Facilitate BIM Implementation Across the South African Construction Industry. *Journal of the South African Institution of Civil Engineering*, **64(4)**, 1-9.
<https://doi.org/10.17159/2309-8775/2022/v64n4a3>
- Charef, R., Emmitt, S., Alaka, H., ve Fouchal, F., 2019. Building Information Modelling Adoption in the European Union: An Overview. *Journal of Building Engineering*, **25**, 100777.
<https://doi.org/10.1016/J.JOBE.2019.100777>
- Charlson, J., ve Dimka, N., 2021. Design, Manufacture and Construct Procurement Model for Volumetric Offsite Manufacturing in the UK Housing Sector. *Construction Innovation*, **21(4)**, 800-817.
<https://doi.org/10.1108/CI-10-2019-0108/FULL/XML>
- Chen, Y., Cai, X., Li, J., Lin, P., Song, H., Liu, G., Cao, D., ve Ma, X., 2023. The Values and Barriers of BIM Implementation Combination Evaluation Based on, Stakeholder Theory: a Study in China. *Engineering, Construction and Architectural Management*, **30(7)**, 2814-2836.
<https://doi.org/10.1108/ECAM-08-2020-0607>
- Denizhan, B., ve Yalçiner, A. Y., 2017. Analitik Hiyerarşi Proses ve Bulanık Analitik Hiyerarşi Proses Yöntemleri Kullanılarak Yeşil Tedarikçi Seçimi Uygulaması. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, **6(1)**, 63-78.
<https://doi.org/10.17100/NEVBILTEK.288003>
- Despodov, Z., Mitić, S., & Peltečki, D., 2011. Application of the AHP method for selection of a transportation system in mine planning. *Podzemni radovi*, **19**, 93-99.
- 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*, **46**, 103736.
<https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103736>
- Erdik, M., ve Gökuç, Y. T., 2020. Türk yapı sektöründe yapı bilgi modellemesinin adaptasyonu. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, **22(1)**, 159-171.
- Gharaibeh, L., Matarneh, S. T., Eriksson, K., ve Lantz, B., 2022. An Empirical Analysis of Barriers to Building Information Modelling (BIM) Implementation in Wood Construction Projects: Evidence from the Swedish Context. *Buildings*, **12(8)**, 1067.
<https://doi.org/10.3390/BUILDINGS12081067>
- Hussain, M., Memon, A. H., ve Bachayo, A., 2022. Building Information Modeling in Construction Industry of Pakistan: Merits, Demerits and Barriers. *Journal of Applied Engineering Sciences*, **12(1)**, 43-46.
<https://doi.org/10.2478/jaes-2022-0007>
- Hyarat, E., Hyarat, T., ve Al Kuisi, M., 2022. Barriers to the Implementation of Building Information Modeling among Jordanian AEC Companies. *Buildings*, **12(2)**, 150-150.
<https://doi.org/10.3390/BUILDINGS12020150>
- Jang, R., ve Collinge, W., 2020. Improving BIM Asset and Facilities Management Processes: A Mechanical and Electrical (M&E) Contractor Perspective. *Journal of Building Engineering*, **32**, 101540.
- Khurshid, K., Danish, A., Salim, M. U., Bayram, M., Ozbakkaloglu, T., ve Mosaberpanah, M. A., 2023. An In-Depth Survey Demystifying the Internet of Things (IoT). in the Construction Industry: Unfolding New Dimensions. *Sustainability*, **15(2)**, 1275.
<https://doi.org/10.3390/su15021275>

- Kim, K. P., Freda, R., ve Nguyen, T. H. D., 2020. Building Information Modelling Feasibility Study for Building Surveying. *Sustainability*, **12(11)**, 4791. <https://doi.org/10.3390/su12114791>
- Kineber, A. F., Massoud, M. M., Hamed, M. M., Alhammadi, Y., ve Al-Mhdawi, M. K. S., 2023. Impact of Overcoming BIM Implementation Barriers on Sustainable Building Project Success: A PLS-SEM Approach. *Buildings*, **13(1)**, 178. <https://doi.org/10.3390/BUILDINGS13010178>
- Mahmoud, B. Ben, Lehoux, N., Blanchet, P., ve Cloutier, C., 2022. Barriers, Strategies, and Best Practices for BIM Adoption in Quebec Prefabrication Small and Medium-Sized Enterprises (SMEs). *Buildings*, **12(4)**, 390. <https://doi.org/10.3390/buildings12040390>
- Ma, X., Darko, A., Chan, A. P. C., Wang, R., ve Zhang, B., 2022. An Empirical Analysis of Barriers to Building Information Modelling (BIM) Implementation in Construction Projects: Evidence from the Chinese context. *International Journal of Construction Management*, **22(16)**, 3119-3127. <https://doi.org/10.1080/15623599.2020.1842961>
- Munianday, P., A. Rahman, R., ve Esa, M., 2023. Case Study on Barriers to Building Information Modelling Implementation in Malaysia. *Journal of Facilities Management*, **21(4)**, 511-534. <https://doi.org/10.1108/JFM-10-2021-0132>
- Kisel, T., ve Mishlanova, M. 2022. Research of the Problems of BIM Technologies Implementation in the Investment-and-Construction Projects of the Russian Companies. In E3S Web of Conferences, Vol. 363, 02044, EDP Sciences.
- Namlı, E., Işıkdag, Ü., ve Kocakaya, M. N., 2019. Building Information Management (BIM), A New Approach to Project Management. *Journal of Sustainable Construction Materials and Technologies*, **4(1)**, 323-332. <https://doi.org/10.29187/jscmt.2019.36>
- Nasila, M., ve Cloete, C., 2018. Adoption of Building Information Modelling in the Construction Industry in Kenya. *Acta Structilia*, **25(2)**, 1-38. <https://doi.org/10.18820/24150487/as25i2.1>
- Nguyen, T.Q., ve Nguyen, D.P., 2021. Barriers in BIM Adoption and the Legal Considerations in Vietnam. *International Journal of Sustainable Construction Engineering and Technology*, **12(1)**, 283-295. <https://doi.org/10.30880/ijscet.2021.12.01.027>
- Olanrewaju, O. I., Chileshe, N., Babarinde, S. A., ve Sandanayake, M., 2020. Investigating the Barriers to Building Information Modeling (BIM) Implementation within the Nigerian Construction Industry. *Engineering, Construction and Architectural Management*, **27(10)**, 2931-2958. <https://doi.org/10.1108/ECAM-01-2020-0042>
- Piroozfar, P., Farr, E. R. P., Zadeh, A. H. M., Timoteo Inacio, S., Kilgallon, S., ve Jin, R., 2019. Facilitating Building Information Modelling (BIM) using Integrated Project Delivery (IPD): A UK perspective. *Journal of Building Engineering*, **26**, 100907. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2019.100907>
- Rokooei, S., 2015. Building Information Modeling in Project Management: Necessities, Challenges and Outcomes. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, **210**, 87-95. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.11.332>
- Saaty, T. L., 1990. An Exposition of the AHP in Reply to the Paper "Remarks on the Analytic Hierarchy Process". *Management Science*, **36(3)**, 259-268. <https://doi.org/10.1287/mnsc.36.3.259>
- Saka, A. B., ve Chan, D. W. M., 2020. Profound Barriers to Building Information Modelling (BIM) Adoption in Construction Small and Medium-Sized Enterprises (SMEs): An Interpretive Structural Modelling Approach. *Construction Innovation*, **20(2)**, 261-284. <https://doi.org/10.1108/CI-09-2019-0087>
- Sari, R. E., Meizar, A., Tanjung, D. H., ve Nugroho, A. Y., 2017. Decision making with AHP for selection of employee. In 2017 5th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM) 1-5. IEEE.
- Stanley, R., ve Thurnell, D. P., 2014. The Benefits and Barriers to, Implementation of 5D BIM for Quantity Surveying in New Zealand. *Construction Economics and Building*, **14(1)**, 105-117. <https://doi.org/10.5130/AJCEB.v14i1.3786>
- Supçiller, A. A., ve Çapraz, O., 2011. AHP-TOPSIS Yöntemlerine Dayalı Tedarikçi Seçimi Uygulaması. *İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Ekonometri ve İstatistik Dergisi*, **13**, 1-22.
- Tabatabaee, S., Mahdiyar, A., ve Ismail, S., 2021. Towards the success of Building Information Modelling implementation: A Fuzzy-Based MCDM Risk Assessment Tool. *Journal of Building Engineering*, **43**, 103117. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103117>
- Tan, S., ve Gumusburun Ayalp, G., 2022. Root Factors Limiting BIM Implementation in Developing Countries: Sampling the Turkish AEC Industry. *Open House International*, **47(4)**, 732-762. <https://doi.org/10.1108/OHI-12-2021-0273>
- Tan, T., Chen, K., Xue, F., ve Lu, W., 2019. Barriers to Building Information Modeling (BIM) Implementation in China's Prefabricated Construction: An Interpretive Structural Modeling (ISM) Approach. *Journal of Cleaner Production*, **219**, 949-959. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.141>
- Van Roy, A. F., ve Firdaus, A., 2020. Building Information Modelling in Indonesia: Knowledge, Implementation

- and Barriers. *Journal of Construction in Developing Countries*, **25 (2)**, 199-217.
- Vural, D., Köse, E., ve Bayam, B., 2020. AHP ve VIKOR yöntemleri ile personel seçimi. *Yalova Sosyal Bilimler Dergisi*, **10(21)**, 70-89.
- Waqar, A., Qureshi, A. H., ve Alaloul, W. S., 2023. Barriers to Building Information Modeling (BIM) Deployment in Small Construction Projects: Malaysian Construction Industry. *Sustainability*, **15(3)**, 2477. <https://doi.org/10.3390/su15032477>
- Wind Y. ve Satty T., 1980. Marketing Applications of the Analytic Hierarchy Process. *Management Science*, **26(1)**, 641-655.
- Wu, Z., Lu, Y., He, Q., Hong, Q., Chen, C., ve Antwi-Afari, M. F., 2022. Investigating the Key Hindering Factors and Mechanism of BIM Applications Based on Social Network Analysis. *Buildings*, **12(8)**, 1270. <https://doi.org/10.3390/buildings12081270>
- Xu, J., Hunter, G. W., Lekki, J. D., Gao, X., Wu, Y., ve Li, Y., 2019. Research on Information Integration of Construction Project Management Based on BIM. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, **267(3)**, 032069. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/267/3/032069>
- Xu, X., Liu, J., Xu, N., Wang, W., ve Yang, H., 2018. Quantitative Study on the Evolution Trend and Driving Factors of Typical Rural Spatial Morphology in Southern Jiangsu Province, China. *Sustainability (Switzerland)*, **10(7)**, 2392. <https://doi.org/10.3390/su10072392>
- Yang, M., Ge, C., Zhao, X., ve Kou, H., 2023. FSPLO: A Fast Sensor Placement Location Optimization Method for Cloud-Aided Inspection of Smart Buildings. *Journal of Cloud Computing*, **12(1)**, 31. <https://doi.org/10.1186/S13677-023-00410-0>
- Zhou, Y., Yang, Y., ve Yang, J.B., 2019. Barriers to BIM Implementation Strategies in China. *Engineering, Construction and Architectural Management*, **26(3)**, 554-574. <https://doi.org/10.1108/ECAM-04-2018-0158>