



PROJECT MANAGEMENT AND BIM (Building Information Modeling)

Kübra ÖZTÜRK* **Muhammet Enis BULAK****

*Yüksek Lisans Öğrencisi, Üsküdar Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, kubraoksuz@yahoo.com, ORCID:0009-0002-9476-8434

**Dr. Öğr. Üyesi, Üsküdar Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği, muhmmetenis.bulak@uskudar.edu.tr, ORCID: 0000-0003-3784

Received Date:13.02.2024 Accepted Date: 07.04.2024

Copyright © 2024 Kübra ÖZTÜRK, Muhammet Enis BULAK. This is an open access article distributed under the Eurasian Academy of Sciences License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT

In recent years, the efficiency of the construction industry has begun to show a declining trend globally. The main reasons for this include the increase in labor costs, rising material prices, and the challenges of managing complex projects. Additionally, the slow integration of technological innovations into the construction sector and the lack of digitalization have also contributed to the decline in efficiency. Consequently, issues such as project delays, budget overruns, and quality problems are frequently observed. To prevent this decline in efficiency, it is essential for the sector to adapt more quickly to new technologies and innovative methods and to optimize business processes. Building Information Modeling (BIM) provides numerous advantages in the planning, design, construction, and maintenance processes of projects by driving transformation in the construction industry. BIM enables all project stakeholders to work on the same digital model, improving information sharing and communication during the design and construction phases. Thus, coordination among architects, engineers, contractors, and other stakeholders is ensured, and potential errors are minimized. The aim of this study is to present the implementation status of BIM in different countries, conduct a SWOT analysis for Turkey, and evaluate the findings from field studies supported by survey results.

Keywords: Building Information Modelling, Transition to BIM, Projects using BIM

JEL Clasifications: C15, O39, Z19

PROJE YÖNETİMİ VE YBM (Yapı Bilgi Modellemesi)

ÖZET

Son yıllarda inşaat sektörünün verimliliği dünya genelinde azalma eğilimi göstermeye başlamıştır. Bu durumun başlıca nedenleri arasında iş gücü maliyetlerindeki artış, malzeme fiyatlarının yükselmesi ve karmaşık projelerin yönetimindeki zorluklar yer almaktadır. Ayrıca, teknolojik yeniliklerin inşaat sektörüne entegrasyonunun yavaş ilerlemesi ve sektördeki dijitalleşme eksikliği de verimlilik düşüşüne katkıda bulunmaktadır. Bu bağlamda, projelerin zamanında tamamlanamaması, bütçe aşımı ve kalite sorunları gibi olumsuz etkiler sıkça görülmektedir. Verimlilik kaybının önüne geçmek için sektörün, yeni teknolojilere ve yenilikçi yöntemlere daha hızlı adapte olmasının ve iş süreçlerini optimize etmesinin gerekliliği ortadadır. Yapı Bilgi Modellemesi (YBM), inşaat sektöründe dönüşüm sağlayarak, projelerin planlama, tasarım, inşaat ve bakım süreçlerinde birçok avantaj sunmaktadır. YBM, tüm proje paydaşlarının aynı dijital model üzerinde çalışmasına olanak tanıyan, tasarım ve inşaat sürecinde bilgi paylaşımı ve iletişimi iyileştiren tasarıma sahiptir. Böylece, mimarlar, mühendisler, müteahhitler ve diğer paydaşlar arasında uyum sağlanarak ve olası hatalar minimize edilecektir. Bu çalışmanın



amacı, YBM'nin farklı ülkelerde uygulanma durumlarını ortaya koymak, Türkiye için bir swot analizi yaparak, ayrıca saha çalışması ile destekleyici sonuçları anket çalışması bulguları ile ortaya koymak ve değerlendirme yapmaktır.

Anahtar Kelimeler: Yapı Bilgi Modellemesi, YBM'ye Geçiş, YBM kullanılan projeler

JEL Sınıflandırması: C15, O39, Z19

1.GİRİŞ

İnşaat sektörü çok eski dönemlerden beri insan hayatında yer alan önemli sektörlerden biridir. İlk dönemlerde projeler, planlar vb. yapıyı oluşturmaya yönelik destek bilgiler kağıt, cetvel gibi araçlarla oluşturulmakta iken, teknolojinin gelişimiyle hayatımıza giren bilgisayarlar sayesinde projeler, dokümanlar bilgisayar üzerinde geliştirilen çeşitli yazılımlarla kullanılmaya başlanmıştır.

Yapı Bilgi Modellemesi (YBM), inşaat projelerinin tüm yaşam döngüsü boyunca bilgi ve veri yönetimini sağlayan yenilikçi bir yaklaşımdır. YBM, yalnızca tasarım sürecini değil, aynı zamanda inşaat, işletme ve bakım aşamalarını da kapsar. Bu kapsamlı yaklaşım, proje paydaşlarının daha etkili ve işbirlikçi bir şekilde çalışmasına olanak tanır. YBM'nin sağladığı görselleştirme ve analiz yetenekleri, tasarım hatalarını erken aşamada tespit ederek maliyet ve zaman kayıplarını minimize eder. YBM'in sunduğu bir diğer önemli avantaj, maliyet ve zaman tasarrufudur. Geleneksel yöntemlerde sıkça karşılaşılan tasarım hataları ve revizyonlar, YBM sayesinde erken aşamada tespit edilip düzeltilebilir. Bu durum, proje maliyetlerini düşürür ve inşaat süresini kısaltır. YBM, aynı zamanda malzeme ve kaynak yönetimini de optimize eder, bu da israfı azaltır ve proje verimliliğini artırır. Özellikle, büyük ölçekli projelerde, YBM kullanımıyla sağlanan bu tasarruflar, projenin genel başarısını önemli ölçüde etkiler.

YBM, inşaat projelerinin daha sürdürülebilir ve verimli olmasına katkıda bulunur. Geleneksel yöntemlerde karşılaşılan veri kaybı ve iletişim kopuklukları, YBM sayesinde büyük ölçüde azaltılır. Böylece, enerji verimliliği analizleri, sürdürülebilir malzeme seçimleri ve çevresel etki değerlendirmeleri gibi konularda önemli faydalar sağlar. YBM kullanımı, enerji verimliliği analizleri ve sürdürülebilir malzeme seçimleri gibi çevresel faktörlerin daha etkin bir şekilde değerlendirilmesini sağlar. Bu da hem maliyetleri düşürür hem de çevresel etkileri azaltır. Bina yaşam döngüsü boyunca bakım ve işletme süreçlerini de kolaylaştırır, bina sahipleri için uzun vadeli ekonomik avantajlar sunar.

YBM'in en önemli avantajlarından biri de, proje yönetimi şeffaflığı ve izlenebilirliği artırmasıdır. YBM, tüm proje verilerini tek bir dijital modelde toplar ve bu veriler sürekli olarak güncellenir. Bu sayede, proje ilerleyişi her aşamada izlenebilir ve olası sorunlar anında tespit edilip çözülebilir. Diğer yandan, şeffaflık ve izlenebilirlik, projelerin daha başarılı ve zamanında tamamlanmasına büyük katkı sağlar. YBM, tüm proje paydaşlarının aynı dijital model üzerinde çalışmasına olanak tanır, bu da tasarım ve inşaat sürecinde bilgi paylaşımını ve iletişimi iyileştirir. Böylece, mimarlar, mühendisler, müteahhitler ve diğer paydaşlar arasında uyum sağlanır ve olası hatalar minimize edilir.

Bu çalışmanın amacı, YBM'nin farklı ülkelerde uygulanma durumlarını ortaya koymak, Türkiye için bir swot analizi yaparak, ayrıca saha çalışması ile destekleyici sonuçları anket çalışması bulguları ile ortaya koymaktır.

2.YAPI BİLGİ MODELLEMESİNİN ÜLKELER BAZINDA KULLANIMI

Uluslararası literatürde Building Information Modeling (BIM) olan Türkçeye Yapı Bilgi Modellemesi (YBM) olarak çevrilen sistemdir.

1986 yılında ise Robert Aish tarafından "Building Modeling" kavramı kullanılmıştır. 1992 yılında ise Van Nederveen ve Tolman "Building Information Model" kavramını ilk kez



kullanmışlardır (Politi, 2018). Yapı Bilgi Modellemesi (YBM), üç boyutlu (3D) konsept tasarım ile başlayan yapım süreçlerinde koordinasyon, planlama, yönetim ve görsel düşüncüyü kolaylaştıran yapının inşası sonrası yönetimine de olanak sağlayan teknolojik bir süreçtir. YBM yapının yaşam döngüsü boyunca devam eden süreçtir. Bir yapının projelendirme aşamasında başlayıp planlama, tasarım, yapım (uygulama), bina yönetimi ve yıkılmasına kadar tüm süreçleri kapsamaktadır.

2.1. Birleşik Krallık’da YBM Kullanımı

YBM’nin Birleşik Krallıkta kullanılmaya başlanması 1980’li yıllarda başlamıştır. Heathrow Havalimanı yeniden inşası projesi Birleşik Krallıkta YBM’nin kullanıldığı ilk projelerdendir (Planradar, 2021). Birleşik Krallık Hükümeti Kamu Projelerinde İnşaat harcamalarının %20 azaltılması amacıyla 2016 yılı itibarıyla tüm kamu projelerinde YBM kullanımını zorunlu hale getirmiştir (Cabinet Office, 2011). 26 Şubat 2015 yılında Business, Innovation, and Skills (BIS) tarafından yayımlanan raporda 2010 yılında YBM ile 3 milyondan daha fazla kişi istihdam edilmiş ve Birleşik Krallık ekonomisine 107 milyar Sterlin sağlamıştır (HM Government, 2015).

National Building Specification (NBS)’nin Altıncı Ulusal BIM 2016 raporunda Birleşik Krallıkta YBM’nin benimsenme oranı 2015’de %48’den %54 yükseldiği görülmüştür. Ayrıca bu rapora göre 2014 ve 2015 yıllarında YBM’nin kullanımıyla 855 Milyon Sterlin tasarruf yapıldığı belirtilmiştir (Singh, 2017). Birleşik Krallık YBM kullanımında dünya ülkelerine öncülük etmiştir. Krallık, günümüzde geçerli olan ISO 19650’nin temelini oluşturan BS1192:2007 standardını 2007 yılında yayımlamıştır. 2016 yılında ise Kamu Projelerinde YBM’nin Seviye 2 olarak kullanılmasını zorunlu tutmuştur.

2.2. Amerika Birleşik Devletleri’inde YBM Kullanımı

YBM’nin Amerika Birleşik Devletlerinde kullanılmaya başlanması 1970’li yıllara dayanmaktadır. 2003 yılında beri Amerika Genel Hizmetler İdaresi (GSA -General Service Administration) YBM’nin benimsenmesi ve kullanılması için kılavuzlar geliştirmiştir. Bu kılavuzlar sayesinde YBM’nin kullanılması desteklenmektedir. ABD dünyadaki büyük inşaat pazarlarından biridir. 2017 yılında 1,1 milyar doları aşan harcamalar gerçekleşmiştir. Pazarın büyüklüğü uzman teknoloji kullanan şirketler için fırsat oluşturmaktadır (Paul, 2018). GSA 2003 yılında maliyetleri kontrol etmek, enerji verimliliği, uzun vadeli maliyetlerin düşürülmesi ve proje kalitesini arttırmak amacıyla Ulusal 3D-4D YBM programını oluşturmuştur. (McGraw Hill, 2014). GSA, 2007 yılı itibarıyla projelerinde YBM kullanılmasını zorunlu hale getirmiştir. ABD’nin Winsconsin eyaleti 2010 yılında kamu projelerinde 5 milyon dolardan daha fazla bütçeye sahip olanlar ve diğer projelerde 2,5 milyon dolarda fazla bütçeye sahip olanlar için YBM kullanımını zorunlu hale getiren ilk eyalettir (Singh, 2017).

2.3. Finlandiya’da YBM Kullanımı

Finlandiya Maliye Bakanlığına bağlı kuruluş olan Senato Mülkleri (Senatti) 1 Ekim 2007 yılında 1 Milyon Euro’nun üzerindeki projelerde YBM kullanılmasını zorunlu hale getirmiştir. 2013 yılında büyük bütçeli 46 proje asgari gerekli olan YBM kullanımını için şartları sağlamıştır. Finavia Airports Finlandiya’da 20’den fazla havalimanına sahiptir. Finavia Airports 2007 yılında Helsinki Uluslararası Havalimanı Terminali Projesinde YBM’nin kullanımını gerekli kılarak teşvik etmişlerdir. Finlandiya’da YBM kullanımı özel sektörde paydaşları tarafından da benimsenmiştir. Örneğin Granlund Bina Hizmetleri Tasarım Danışmanı 2000 yılı itibarıyla projelerinin %100’ünde YBM kullanılmaktadır (McGraw Hill, 2014). YBM Eğitimi için Building Information Ltd. tarafından 2016 yılında ilk Fince ders kitabı olan “Bir Şantiyede BIM” yayımlanmıştır (Banh, 2022). 2012 yılında BuildingSMART Finlandiya tarafından



“Ortak BIM Gereksinimleri” (COBIM2012) yayımlanmıştır. COBIM2012 ile Ulusal Standarda sahip olmak Finlandiya’da YBM kullanımını arttırmıştır (McGraw Hill,2014).

2.4. Norveç’de YBM Kullanımı

Norveç YBM kullanımına erken adım atan ülkelerden biridir. 2000 yılında Norveç Harita Otoritesi (Map Authority) ve İnşaat Otoritesi (Building Authority) taraflarınca dijital gönderiler üzerine iş birliği yapılmıştır. Norveç İnşaat Otoritesi bu birliktelik ile YBM’nin çizim bilgilerini sağlanmasında büyük etki sağladığını göstermiştir. 2005 yılında harita bilgileri ve bina bilgileri arasındaki bilgi alışverişini destekleyen IFC (Industry Foundation Classes)’nin uzantısı kullanılmaktadır. 2010 yılında Norveç Emlak ve Kamu İnşaatları Otoritesi Statsbygg, tüm yeni ve yenileme yapılacak projelerde YBM kullanımını zorunlu hale getirmiştir. 2012 yılında Orduya ait gayrimenkullerden sorumlu Norveç Savunma Ajansı (NDEA) yapıları yaşam döngüsü boyunca verimli kullanmak için YBM stratejisi oluşturmuştur (McGraw Hill, 2014).

2.5. Singapur’da YBM Kullanımı

Singapur 1997 yılı itibariyle yapı plan onayları ve yangın güvenliği sertifikaları gibi konularda YBM kullanımını teşvik etmektedir (Wong ve ark., 2009). 2012 yılı mayıs ayında Singapur YBM Kılavuzu Sürüm 1.0 “Singapore BIM Guide” yayımlamıştır. 2013 yılı ağustos ayında bu kılavuz revize edilerek YBM Kılavuzu Sürüm 2.0 olarak yayımlanmıştır. 2015 yılı ağustos ayında ise YBM Özel Koşulları 2.0 olarak güncellenip yayımlanmıştır. 2007/2008 yıllarında Singapur Yapı ve İnşaat Otoritesi (BCA) dünyanın ilk YBM elektronik sunumu olan e-submission girişimi başlatılmıştır. Bu adım 2011 yılında kurulmuş olan İnşaat ve Gayrimenkul Ağı (CORENET)’tir. CORENET, yapı ve yapı düzenleme kuruluşları tarafından yayımlanan bina kodları ve genelgelerin toplanmış olduğu genel bir sanal havuzdur (Edirisinghe, London, 2015). 2012 yılı mayıs ayında Singapur YBM Kılavuzu Sürüm 1.0 “Singapore BIM Guide” yayımlamıştır. 2013 yılı ağustos ayında bu kılavuz revize edilerek YBM Kılavuzu Sürüm 2.0 olarak yayımlanmıştır. 2015 yılı ağustos ayında ise YBM Özel Koşulları 2.0 olarak güncellenip yayımlanmıştır. 2014 yılı temmuz ayı itibariyle yeni yapılacak olan yapıların 20.000 m²’den büyük inşaat alanlarına sahip projelerin, mühendislik projelerini YBM tabanlı olarak (e-submission) teslimi zorunlu hale getirilmiştir. 2015 yılı temmuz ayı itibariyle yeni yapılacak olan yapıların 5.000 m²’den büyük inşaat alanlarına sahip tüm projelerin, mimarlık ve mühendislik projelerini YBM tabanlı olarak (e-submission) teslimi zorunlu hale getirilmiştir.

2.6. Japonya’da YBM Kullanımı

Japonya devlet kurumu olan Arazi, Altyapı, Ulaştırma ve Turizm Bakanlığı (MLIT) 2010 yılında YBM kullanılan pilot projelerini duyurmuştur. 2014 yılı mart ayında MLIT, YBM Kılavuzu yayımlamıştır.

2012 yılı temmuz ayında Japonya Mimarlar Enstitüsü (JIA) YBM kılavuzu yayımlamıştır. JIA YBM kılavuzu, MLIT YBM kılavuzundan daha kapsamlı detaylara sahiptir (Paul, 2018). MLIT’e bağlı olan Hükümet Binaları Dairesi (GBD) 2014 yılı mart ayında “Kamu Bina Projelerinde YBM Uygulama Kılavuzu”nu yayımlamıştır. Kamu binaları projelerinin mimarları ve yüklenicileri için YBM konusunda ana kavramlardan bahsetmektedir. Japonya devletinin resmi olarak kabul ettiği tek kılavuzdur (Kaneta ve ark., 2017). Bu kılavuz ile YBM kullanımını genel projelerde zorunlu olmayıp sadece birkaç pilot zorunlu hale getirilmiştir. 2022 yılı mart ayında MLIT’e bağlı olan Mimari YBM Teşvik Konseyi “YBM Standart İş Akışları ve İnşaat Sektöründeki Uygulamaları için Yönergeler (Version 1)” yayımlamıştır. 2014 yılında yayımlanan YBM kılavuzu kamu onarım projelerinde uygulanmak amacıyla tasarlanmış olup yeni yayımlanan bu kılavuz daha geniş kapsama sahiptir (Izhizawa, 2021).



2.7. Malezya’da YBM Kullanımı

Malezya’da YBM, Bayındırlık İşleri Departmanı (PWD) tarafından 2007’de tanıtılmaya başlanmıştır. PWD, kullanımı için uygun YBM platformu belirleyebilmek için YBM komitesi kurulmuştur. PWD’de Bilgi Teknolojileri Departmanı çalışmalarıyla 2010 yılında Autodesk araçları kurulmuş ve 2011 yılında kullanımına ait eğitimler verilmiştir. 2012 yılında iki pilot proje belirlenip mimarlar, yapı mühendisler, makine ve elektrik mühendisleri ile birlikte Autodesk, Revit aileleri olan bir aile bileşeni oluşturmayı amaçlamışlardır.

2.8. Türkiye’de YBM Kullanımı

Geçtiğimiz birkaç yılda dünya üzerindeki ülkelerde görüldüğü gibi Türkiye’de de yapı sektöründe dijitalleşme ve YBM eğilimli çalışmalar artmaktadır.

Türkiye’de yakın geçmişe kadar kamu tarafından yayımlanmış herhangi bir standart veya kılavuz bulunmamaktaydı. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından 24 Şubat 2021 tarihinde “BIM Teknik Şartnamesi ve İhale Dokümanları” yayımlanmıştır. Bu belge 2 Eylül 2022 tarihinde revize edilip şuan kullanımda olan son hali yayımlanmıştır. Bu dokümanın oluşturulma amacı Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığına ait yapım işi ihalelerinde YBM süreçleriyle bütünleştirebilmektir. Şartname oluşturulurken uluslararası standartlardan ve bakanlığın daha önce uygulama yaptığı proje tecrübelerinden faydalanılmıştır. Ayrıca Türkiye’nin de yapı kültürü gereksinimlerine dikkat edilerek düzenlenmiştir. Belge iki bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm olan İhale Dokümanı Ekleme kısmında Sözleşme Tasarısı ve İdari Şartnameye eklenmesi gereken hususlardan bahsetmez. İkinci kısım da YBM Teknik Şartnamesine ait standartlaşmış ve proje tiplerine göre esnek formlar mevcuttur (Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2022). Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı dijitalleşme hedeflerine ulaşmak amacıyla yeni ihale ettiği işlerde proje yönetimi, YBM entegrasyonu, paydaşlar arasında kesintisiz bilgi paylaşımı, iş programlarını modern teknolojik yazılımları kullanarak ilerlemeyi önemsemektedir. Bu doğrultuda İş Programı Teknik Şartnamesi (Rev. No:1 22.06.2022), Danışmanlık Özel Teknik Şartnamesi (Rev. No:1 25.04.2022) ve Proje Yönetim Prosedürleri (Rev. No:2 29.03.2023) dokümanlarını yayımlamıştır.

3. YBM KULLANILAN PROJE ÖRNEKLERİ

3.1. Castro Valley, Sutter Tıp Merkezi Projesi

Kaliforniya Castro Valley’de bulunan mevcut tıp merkezinin yerine yapılan 130 yataklı hastane projesidir. İşveren Sutter Health, Yüklenici DPR Construction’dur. 2013 yılında başlayan proje 2013 yılına kadar devam etmiştir. Sutter Tıp Merkezi projesi 230.000 m2 alana ve 320 milyon dolarlık bütçeye sahiptir. Tıp merkezinin yenilenmesinin amacı Kaliforniya hastane güvenlik yasası SB1953’e göre hastanelerde deprem güvenlik gerekliliklerini sağlamak için son tarih 2013 yılıdır. Sahanın zor olması, tasarımın karmaşık şekli, zaman ve bütçe kısıtlamaları olması sebebiyle projede YBM kullanılması kaçınılmaz olarak görülmüştür. Projede YBM uygulamaları aktif bir şekilde kullanılmış olup mühendisler, alt yükleniciler programları izleyerek, maliyetlerin kontrol altında tutarak, hassas imalatlar için uygun modeller oluşturarak geleneksel yöntemlere göre %30 daha hızlı ve proje bütçesi içinde iş bitişini tamamlanmıştır. Geleneksel yöntemlerle teslim edilmiş projelerde yaklaşık 2.000 bilgi talebi (RFI) olması planlanırken bu projede 555 RFI’ya oluşmuş ve RFI’ların %55’i açıldıkları gün çözüme kavuşmuştur. Sutter Tıp Merkezi projesinde Kıdemli Proje Yöneticisi Digby Christian inşaat atıklarının çok az miktarda olduğunu, şantiye içerisinde neredeyse hiç kesim yapıldığı ve çok az kaynak yapıldığını belirtmiştir (McGraw Hill, 2012).



3.2. Facebook Clonee Veri Merkezi Projesi

İrlanda'nın Dublin kentinde bulunan County Meath'a bağlı bir kasaba olan Clonee'de 250.000 m² alan içerisinde yapılan Facebook Veri Merkezi Projesi inşaatı, 2016 yılında başlayıp 2018 yılında tamamlanmıştır. Proje içerisinde iki adet 25.000 m²'lik birbiriyle bağlantılı iki bina bulunmaktadır. İşveren Facebook, Yüklenicisi Mace Grup'tur.

Bu projede inşaat yönetimi için Autodesk'in YBM 360 bulut tabanlı platformu kullanılmıştır. Bulut tabanlı YBM çözümünde Naviswork ve YBM 360 ile sağlanmıştır. YBM 360 bulut tabanlı platform projenin tasarım, planlama, yapım, işletme ve bakım süreçlerinde kullanılmıştır. Tasarım aşamasında YBM 360 kullanılması projelerin çakıştırılmasında büyük avantaj sağlamıştır. Müteahhitlerin şantiyede karşılaşması muhtemel sorunları, proje modeller üzerinde simülasyonlarla fark edilip çözümü sağlanmıştır. Tasarım ekipleri bulut tabanlı sistem sayesinde Revit YBM modellerini toplama süreçlerini otomatikleştirerek modellerin yönetim zamanı 440 dakikadan 10 dakika gibi kısa bir zamana düşürülmüştür.

YBM bulut tabanlı sistemlerin kullanılarak yapının yönetiminin sağlanması ile ana yüklenici yöneticileri haftada 13 saatten fazla tasarruf ettiğini ve proje boyunca %35 daha verimli çalışma gerçekleştirdiklerini belirtmişlerdir. Genel YBM kullanıcıları belge kontrolünde haftada 12 saat tasarruf sağlamışlardır. Kalite güvence ile sorumlu birimler ise haftada 14 saat ve üzeri tasarruf sağlamışlardır. Şantiyede aktif olarak YBM 360 kullanan çalışanların %21 daha üretken olduğu sonucuna varılmıştır (Autodesk, 2018).

3.3. İstanbul Büyük Havalimanı Projesi

İstanbul Büyük Havalimanı Projesi (İstanbul Grand Airport) kısaltmasıyla İGA olarak bilinen projenin toplam inşaat alanı 76 milyon m²'dir. İstanbul Büyük Havalimanı Projesi Avrupa yakası ve Arnavutköy ilçesinde bulunup 4 fazdan oluşmaktadır. İlk fazı 3 pist, 700.000 m² büyüklüğünde otopark, yaklaşık 1.3 milyon m²'lik beş iskeleden oluşan terminali, 90 m yüksekliğinde ATC kulesi ve diğer yardımcı tesisleri kapsamaktadır. 4 fazının tamamlanmasıyla günde 3.500 kalkış ve iniş, yılda 200 milyon yolcu taşımayı hedefleyen dünyanın en büyük havalimanı projesi olma özelliğini taşımaktadır. Projenin ihalesi Yap İşlet Devret (YİD) usulüyle düzenlenip 25 yıllık işletme süresi bulunmaktadır. 19 Kasım 2013 tarihinde DHMI ve İGA arasında sözleşme imzalanmıştır. 2014 yılında başlayan proje 29 Ekim 2018'te açılmıştır.

Projede 4D boyutu olan zamanlama ve iş programları, 5D boyutu olan maliyet ve metraj tahminleri düzeyinde kullanım sağlanmıştır. Tüm paydaşların ortak incelemeleri sonucunda YBM modeli mobil uygulama ile saha ekipleriyle paylaşılmıştır. Böylece daha hızlı ve doğru uygulama yapılmasına destek verilmektedir. İGA'nın YBM ekibi günlük, haftalık olarak toplantılar yapmış olup iş akışları ve yürütme planlarını kontrolünü sağlamışlardır.

Projede 600.000'den fazla çakışma problemi sahaya ulaşmadan YBM sayesinde çözümlenerek zaman ve maliyet avantajı sağlamıştır. Normal sistemle ilerlendiğinde toplamda 601.918 çakışma olması düşünülürken YBM sistemiyle 238.635 çakışma gerçekleşmiştir. Birim bazda bakıldığında en çok kazanç sağlayan MEP ve MEP çakışmalarıdır. MEP ve MEP çakışmalarında klasik yöntemle 240.176 çakışma olması beklenirken YBM modelleriyle bu çakışmanın 79.258'e düştüğü görülmektedir. 0,33 oranında bir çakışma düşüşü görülmektedir. Bu çakışmaların giderilmesi için 21 gün 5 adamla çalışma yapıldığında ve günlükleri 35 sterlin üzerinden hesaplama yapılmış toplamda 291.273.150 sterlin tasarruf sağlandığı görülmüştür. Toplam değerlere adam saat ve gün üzerinden bakıldığında 835.389.260 Sterlin tasarruf yapıldığı sonucuna varılmaktadır (Köseoğlu ve ark., 2018).



4.YBM UYGULAMALARININ KAZANIMLARI

Amerika Birleşik Devletlerinde Georgia eyaletinde bulunan Savannah'da 2004 yılında Lott+Barber Mimarlık YBM sistemini kullanmıştır. Şirket YBM sistemi ile geleneksel CAD sisteminin karşılaştırması aşağıdaki Tablo 1'de yapmıştır. Kavramsal tasarım işlerini CAD ile 190 saatte yapabilirken YBM ile 90 saatte yapılarak 100 saat kazanç sağlandığını, tasarım geliştirmenin CAD ile 436 saatte yapılabilirken YBM ile 220 saate yapılarak 216 saat tasarruf edilebildiğini, projelerde en çok vakit kaybına sebep olan konulardan biri olan dokümantasyon için geleneksel CAD sistemiyle 1023 saatte yapılabilirken YBM ile 815 saatte yapılabildiğini, kontrol ve koordinasyon için CAD sisteminde 175 saat gerekirken YBM ile sadece 16 saatte yapılabildiğini görmekteyiz. Bu kazanımlara kümüle bakıldığında %37 kazanım sağlanmaktadır. Ortalama bir kişinin günlük çalışma süresini 8 saat üzerinden değerlendirip hesaplama yapılırsa yaklaşık bir çalışan için 85 gün zamandan tasarruf sağlanabileceği sonucuna varılmaktadır. Kontrol ve koordinasyonda %91 gibi zamandan kazanım oranı olması YBM'nin bu aşamadaki başarısına örnek olarak gösterilebilmektedir.

Tablo 1. Lott+ Barber Mimarlık Şirketi Kıyaslama Tablosu (Akkaya, 2012)

İş	CAD (Saat)	YBM (Saat)	Kazanılan Zaman (Saat)	Kazanım Oranı %
Kavramsal Tasarım	190	90	100	53%
Tasarım Geliştirme	436	220	216	50%
Dokümantasyon	1023	815	208	20%
Kontrol ve Koordinasyon	175	16	159	91%
Toplam	1824	1141	683	37%

Amerika Birleşik Devletleri Georgia Eyaletinde bulunan Atlanta şehrinde 2007 yılında yapılan Aquarium Hilton projesi YBM sistemi kullanmıştır. Yaklaşık projenin bütçesi 47 milyon dolardır. YBM sistemi F (Fizibilite Analizi), D (Tasarım), PC (İnşaat öncesi Hizmetler), CD (İnşaat Dokümantasyonu) aşamalarında kullanılmıştır. Projede YBM sistemi için toplamda 90 bin dolar bütçe harcanmıştır. YBM sistemiyle projede 590'da fazla çakışma proje başlamadan çözülmüştür. Ayrıca yine YBM sistemi sayesinde 1143 saat süreden tasarruf edilerek bütçeye kazanç sağlamıştır. Tablo 2'de görüleceği gibi toplamda YBM kullanılmasıyla elde edilen kazanç 710 bin dolardır. Proje bütçesiyle kıyaslandığında toplam proje bütçesinin %1.51'ine karşılık gelmiş olup projeye 710 bin dolar tasarruf sağlamıştır.

Tablo 2. Aquarium Hilton Projesi YBM Kazanç Tablosu (Azhar, 2011)

Yıl	Bütçe (\$M)	Proje	YBM Kapsamı	YBM Bütçe (\$)	YBM Direkt Kazanç (\$)	Net YBM Kazanç (\$)	YBM Toplam Bütçe Kazanç Oranı
2007	47	Aquarium Hilton	F/D/PC/CD	90,000	800,000	710,000	1.51%

Amerika Birleşik Devleti Georgia eyaletinde yer alan Savannah State University projesi YBM sistemi kullanılan projeler arasındadır. 2007 yılında yapılmıştır ve proje bütçesi yaklaşık 14



milyon dolardır. Projede F (Fizibilite Analizi), D (Tasarım), PC (İnşaat öncesi Hizmetler), VA (Değer Analizi), CD (İnşaat Dokümantasyonu) aşamalarında YBM sistemi kullanılmıştır. YBM sisteminin projeye maliyeti 5 bin dolardır. Bu maliyet karşılığında YBM sistemiyle 2 milyon dolar kazanç elde edilmiştir. Toplam bütçeyle YBM sisteminin net kazancı oranlandığında %14.25'e karşılık gelen 1.994 milyon dolar tasarruf sağlanmıştır. 2007 yılının teknoloji ve birikimi düşünüldüğünde proje bütçesinin %14.25 oranında kazanç sağlaması büyük karlılık getirmiştir. (Tablo 3)

Tablo 3. Savannah State Projesi YBM Kazanç Tablosu (Azhar, 2011)

Yıl	Bütçe (\$M)	Proje	YBM Kapsamı	YBM Bütçe (\$)	YBM Direkt Kazanç (\$)	Net YBM Kazanç (\$)	YBM Toplam Bütçe Kazanç Oranı
2007	14	Savannah State	F/D/PC/VA/CD	5,000	2,000,000	1,995,000	14.25%

5. TÜRKİYE İÇİN YBM SİSTEMİ SWOT ANALİZİ

Türkiye'de GSYH'da inşaat sektörünün payının önemli oranlarda olması inşaat sektörüne olan ilgiyi arttırmakta ve sektörde ayakta kalabilmek için firmalara çeşitli yeni yöntemlere yönelimi zorunlu hale getirmektedir. Türkiye yurt içi ve yurt dışı inşaat sektörlerinde önemli rol oynamaktadır. ENR (Engineering News Record) dergisinin 2022 yılında yayımladığı Dünyanın en büyük 250 müteahhidi listesinde ilk 50'de 2 Türk Müteahhiti, ilk 100'de 8 Türk Müteahhiti girmiş olup toplam 250 Müteahhit arasında 42 Türk firması bulunmaktadır. Türkiye'de ve Dünyada ki firma rekabetinde başarılı olmak yeni teknolojilere, yeni sistemlere uyum sağlayabilmeyi zorunlu kılmıştır.

Bu çalışmayla Dünya ülkelerinde ve Türkiye'de YBM kullanımı, YBM kullanılan projeler, ülkelerin YBM için oluşturdukları standartlar, kılavuzlar, şartnameler incelenmiştir. Bu incelemeler sonucu elden edilen bilgiler, gerekli literatür taramaları ve genel sektör incelemeleri sonucu SWOT analizi yapılmıştır. SWOT analizi ile Türkiye'de YBM kullanımının Güçlü Yönler (Strengths), Zayıf Yönler (Weaknesses), Fırsatlar (Opportunities) ve Tehditler (Threats) olarak analizi yapılmıştır.

5.1. Güçlü Yönler (Strengths)

-Yapım sürecinde zaman ve maliyet tasarrufu sağlaması; Yapım süreci başlamadan projeler, simülasyonlar vb. uygulamalar üzerinde yapının detaylı kontrolleri yapılabilmesi sebebiyle yapım sürecinde oluşacak zaman ve maliyet kayıplarının önüne geçilmektedir.

-Güçlü Dokümantasyon; Bulut tabanlı dokümantasyon sistemleri ile zaman ve mekan kısıtlaması olmadan tüm paydaşlarla birlikte çalışmalar sağlanabilmektedir.

-İnşaat malzeme atıklarının azaltılması; İnşai süreç başlamadan çakışmaların yapılması, imalat iş programlarının oluşturulması, tedarik planlamalarının yapılması ile malzeme atıkları, yanlış veya hatalı imalat düzenlemelerinin azaltılması atık oranlarını azaltacaktır.

-Sürdürülebilir yapıların yapılması; Sürdürülebilir yapılarla malzeme ve kaynakların doğru kullanılması, gerekli iç mekan analiz ve simülasyonları ile ülke kaynakları ve doğaya zarar vermeyen yapılar oluşturulmaktadır.



5.2. Zayıf Yönler (Weaknesses)

- Eğitim Sisteminde YBM eksiklikleri; Ülkemizde birçok üniversite müfredatlarında YBM'ye ait dersler bulunmamaktadır.
- YBM sisteminde uzmanlaşmış personel eksikliği; Ülkemizde YBM sistemi kullanılan projelerin az olması ve bu projelerin yeni tarihli olması sebebiyle YBM'yi kullanan personel sayısı yeterli değildir.
- Ülkemizde YBM standart, kılavuz eksikliği; YBM kullanımını destekleyen kılavuz, standart geliştirmesi gerekmektedir.

5.3. Fırsatlar (Opportunities)

- Firmaların dünya inşaat sektörlerinde aktif rol oynaması; Türkiye Müteahhitlerinin 2022 ENR dergisinin Dünyanın 250 Müteahhidi listesinde de görebileceğimiz gibi 42 firmayla uluslararası düzeyde başarılı çalışmalar yapmaktadır. YBM kullanımı ile uluslararası firmalar arasında rekabet şansını arttırmaktadır.
- Dünya ülkelerinde YBM kullanımının artması; YBM kullanımına eğilimin artması ve projelerden YBM kullanımının istenmesi.
- YBM kullanan personelin artması; YBM konusunda uzmanlaşmış personellerin yetiştirilmesi, personellerin yabancı firmalarda da çalışma olanağını artırıp istihdama destek sağlanabilecektir.

5.4. Tehditler (Threats)

- İnşai süreç öncesi yüksek yatırım maliyeti; İnşai süreç başlamadan projelerin detaylı hazırlanması, ön aşamalarda personel sayısının fazlalığı, yazılım maliyetleri gibi hususlar klasik proje yönetimi içeren projelere göre daha fazla ön maliyet içermektedir.
- Geleneksel yapım süreçlerinin benimsenmesi; Bilinen, süregelen proje yönetimi ile devam edilmek istenmesi.
- İnşaat Sözleşmelerinde değişiklikler; YBM kullanımına uygun, YBM kullanımını detaylandıran sözleşmeler üzerinde çalışılmalı ve düzenlenmelidir.

6. ANKET ÇALIŞMASI VE PLS-SEM İLE DEĞERLENDİRME

Çalışmanın bu aşamasında, inşaat sektörü çalışanlarına (mühendisler, mimar, vb.) yönelik uygulanan anketin sonuçları değerlendirilmiştir. Anket sonuçları ve oluşturulan hipotezlerin değerlendirilmesinde yapısal eşitlik modellemesi (YEM, Structural Equation Modeling, SEM) kullanılacaktır. YEM için iki farklı yaklaşım vardır. İlk yaklaşım AMOS, EQS, LISREL yazılımları kullanılan Kovaryans tabanlı SEM (CB-SEM)'dir. İkinci olan yaklaşım ise Kısmi En Küçük Kareler (PLS)'dir. PLS-Graph, VisualPLS, SmartPLS ve WarpPLS yazılımları kullanılır (Kwong ve Wong, 2013). Smart PLS programı normal dağılım göstermeyen dataları analiz eden ve küçük örneklem gruplarında kullanılmaktadır (Dülgeroğlu ve Başol, 2017). Bu sebeplerle bu çalışma Smart PLS 4 programı ile değerlendirilmiştir.

Bu anket çalışması 2023 yılı aralık ayı içerisinde gerçekleştirilmiştir. Öncelikle anketin giriş kısmında anketin hangi amaçla yapıldığı ve nerede kullanılacağına dair bilgi verilmiş olup anketin ne kadar vakitlerini alacağına dair ön bilgi verilmiştir. Sonrasında anket sorularına geçilecektir.

Genel bilgiler 7 soru, YBM bilgisi 3 soru ve YBM değerlendirme aşamaları 17 soru olarak üç ana gruptan oluşan sorular düzenlenmiştir. Google Forms üzerinden anket çalışması



düzenlenmiştir. İnşaat sektörü çalışanlarına mail vb. yollar ile anket çalışması iletilip katılımlar elektronik ortamda sağlanmıştır.

Birinci grup genel bilgilerde cinsiyet, eğitim seviyeleri, meslekleri, çalışılan kurum, çalışılan ya da yaşanılan il, hangi tür projelerde çalışıldığı ve çalışma yıllarına ait sorular sorulmuştur. Toplamda ankete 111 kişi katılmıştır. Katılımcıların %63'ü Erkek, %37'si ise kadın olarak belirlenmiştir. Eğitim seviyeleri %68 lisans, %29 yüksek lisans, %1 doktora ve %2 diğer inşaat sektörü çalışanlarıdır. Meslekleri %45 inşaat mühendisi, %23 mimar, %8 makine mühendisi, %7 elektrik, elektronik mühendisi, %4 harita mühendisi ve %13'si diğer meslek gruplarını içermektedir. %78'i özel sektör, %15'i kamu kuruluşu, %7'si de şuan çalışmıyormuş. Yaşanılan il olarak %38 Ankara, %27 İstanbul, %6'si yurtdışı, %5 Erzincan, %4 Samsun ve diğer iller belirtilmiştir.

Katılımcıların çalıştıkları projeler %24 konut, %22 ulaştırma, %18 ticari, %14 endüstriyel projeler, %22'si diğer projeler olarak belirlenmiştir. Katılımcıların çalışma yılları %15'nin 0-3, %17'si 4-6, %17'si 7-10, %21'i 11-14, %30'u 15+'dır.

İkinci grup sorularda katılımcıların YBM hakkında bilgi sahibi olup olunmadığı ile ilgili sorular yönetilmiştir. Katılımcıların %80'i YBM ile ilgili eğitim almadıklarını, %11'i YBM ile ilgili eğitim aldıklarını, %9'u ise YBM ile ilgili eğitim almayı planladıklarını belirtmiştir. YBM'yi tanımlayan 5 seçenekli soru yöneltildiğinde katılımcıların %62'si "YBM'nin tasarım aşamasıyla başlayıp yapının yıkımına kadar olan tüm süreçleri içeren bütünüdür." olarak cevap vermişlerdir. Diğer en yakın cevap ise %12 ile "YBM yazılımları içeren proje tasarım aşamasında kullanılan programdır" olarak verilmiştir.

Üçüncü grupta YBM ile ilgili değerlendirmeler yapılmış olup 5'li Likert tipi ölçek kullanılmıştır. Bu ölçekte 1=Etkisiz, 2=Az Etkili, 3= Normal Etkili, 4=Etkili, 5=Çok etkili olarak belirtilmiştir. Toplamda 111 katılımcı cevap verdiği anket çalışmasının bu bölümünde değerlendirmeye 100 kişi alınmıştır. SmartPLS4 öğrenci sürümü programıyla değerlendirmeleri yapılmıştır.

6.1. Araştırma Hipotezleri

Bu araştırma ile YBM kullanımında yönetsel süreçlerin, tasarım ve uygulama aşamalarının, YBM'nin yaygınlaştırılması ve YBM'ye geçiş motivasyonunun birbirleri arasındaki ilişkileri değerlendirilmiştir.

Yapı sektörünün ülkemizde ve diğer ülkelerde rekabete devam edebilmesi için gelişen teknolojilere ve sistemlere yönelmesi gerekmektedir. Etkin proje yönetimi yapılması ve kaynakların verimli kullanılması gerekmektedir (Atabay ve Öztürk, 2019). Mckinsey yayımlanmış olduğu raporda YBM kullanan firmaların %75 oranında projelerin tasarlanma sürecinin kısaldığı ve çıktı maliyetlerinde azalış olduğunu belirtmişlerdir (Alat, 2019). Yapı işçilik maliyetleri, malzeme maliyetlerinin yüksek olması sebebiyle YBM'nin 4D (Zamanlama) ve 5D (Maliyet) olarak tanımlanan boyutlarının doğru ve faydalı şekillerde kullanılmasıyla tasarruf oranları arttırabilecektir.

YBM dünya çapında tasarım ve yapım yöntemlerindeki yeniliklerle önem arz etmektedir. Çeşitli ülkelerde inşaat sektörü çalışanları arasında YBM işbirliği platformları öne çıkmıştır. Bu sebeplerle YBM'ye geçişin desteklendiği görülmektedir. Fakat ülkemizde hala YBM tabanlı tasarım ve yönetim çalışmalarında istenilen aşamalara gelinememiştir (Sakin, 2019). Ülkemizde inşaat sektöründe YBM uygulamalarına yönelik henüz standartlar geliştirilmemiştir. YBM kullanımının yaygınlaştırılması kullanıma teşviki için çeşitli çalışmalara ihtiyaç devam etmektedir.



Bu açıklamalar ışığında aşağıda belirtilen hipotezler belirlenmiş ve değerlendirilmeleri yapılmıştır.

H₁: İnşaat sektöründe YBM kullanımını yönetimsel süreçleri pozitif etkiler

H₂: YBM kullanımının yaygınlaşmasıyla projelerin tasarım ve uygulama aşamaları pozitif etkilenir.

H₃: YBM kullanımının yaygınlaşması yönetimsel süreçleri pozitif etkiler.

H₄: YBM'ye geçişteki motivasyon düşüklüğü YBM'nin yaygınlaşmasını etkiler

H₅: YBM'ye geçişteki motivasyon düşüklüğü yönetimsel süreçleri pozitif etkiler

6.2. Araştırma Modeline İlişkin Geçerlilik ve Güvenilirlik

Öncelikle birleşme geçerliliği kontrol edilmiştir. Tablo 4'de SmartPLS'den alınmış faktör yükleri belirtilmiştir. Tüm faktör yükleri 0,7'den büyüktür (Aybek ve Karakaş, 2023).

Tablo 4. Ölçüm Modeli Faktör Yükleri

Maddeler	GM	TU	YY	YS
GM01	0.709			
GM02	0.869			
GM03	0.823			
GM04	0.867			
GM05	0.833			
TU01		0.875		
TU02		0.852		
TU03		0.911		
TU04		0.876		
YS01				0.887
YS02				0.878
YS03				0.820
YS04				0.848
YS05				0.828
YY01			0.911	
YY02			0.944	
YY03			0.879	

Tablo 5'de birleşik güvenilirlik (CR) ve ortalama açık varyans (AVE) değerlerine bakıldığında CR değerlerinin 0,7'den büyük olduğu, AVE değerinin ise 0,5'ten büyük olduğu görülmektedir. (Aybek ve Karakaş, 2023) Bu değerlere göre iç tutarlılık güvenilirliği ve birleşme geçerliliği olduğu belirlenmiştir.

**Tablo 5. Ölçüm Modeli CR ve AVE Değerleri**

Maddeler	CR	AVE
YBM'ye Geçiş Motivasyonu	0.886	0.676
YBM, Tasarım ve Uygulama	0.905	0.772
YBM'nin Yaygınlaşması	0.902	0.832
Yönetimsel Süreçler	0.91	0.727

Tablo 6'da ayrışma geçerliliği için Fornell- Larcker kriteri değerlendirilmiştir. AVE karekök değerlerinin diğer yapılarla korelasyonlarından büyük olduğu tespit edilmiştir Bu tabloya göre ayrışma geçerliliği olduğu söylenebilmektedir.

Tablo 6. Fornell Larcker kriteri değerleri

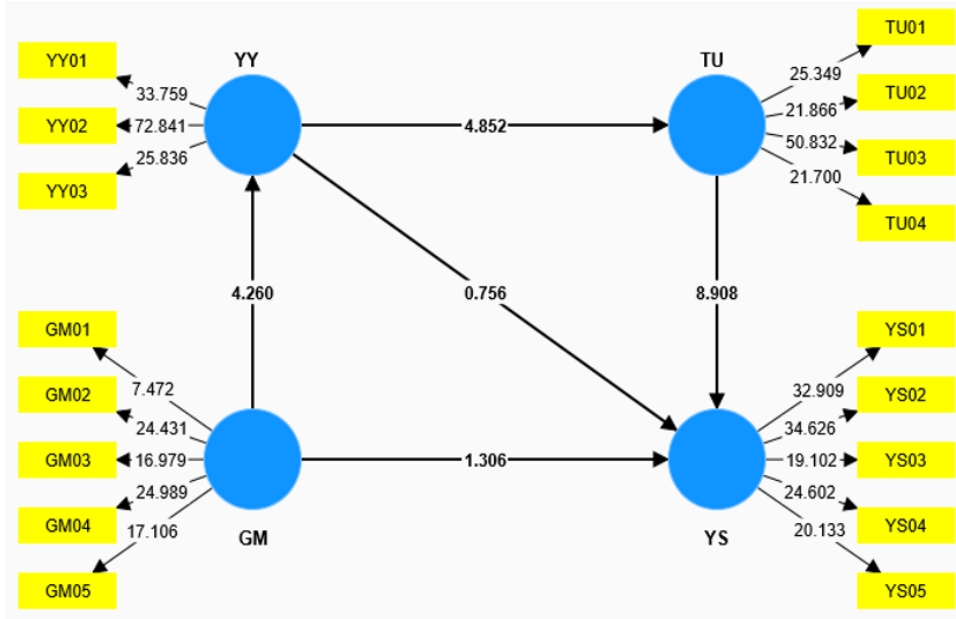
	YBM'ye Geçiş Motivasyonu	YBM, Tasarım ve Uygulama	YBM'nin Yaygınlaşması	Yönetimsel Süreçler
YBM'ye Geçiş Motivasyonu	0.822			
YBM, Tasarım ve Uygulama	0.525	0.879		
YBM'nin Yaygınlaşması	0.508	0.457	0.912	
Yönetimsel Süreçler	0.474	0.756	0.332	0.853

Ayrışma geçerliliğini belirlemede Henseler tarafından HTMT yani Heterotrait-monotrait değerinde kontrol edilmesi önerilmektedir. (Aybek ve Karakaş, 2023) Tüm değerler 0,85'ten küçüktür ve uygundur. Tüm değerlendirmelerin uygun bulunması sebebiyle çıkartılan herhangi bir madde bulunmamaktadır.

6.3. Yapısal Model

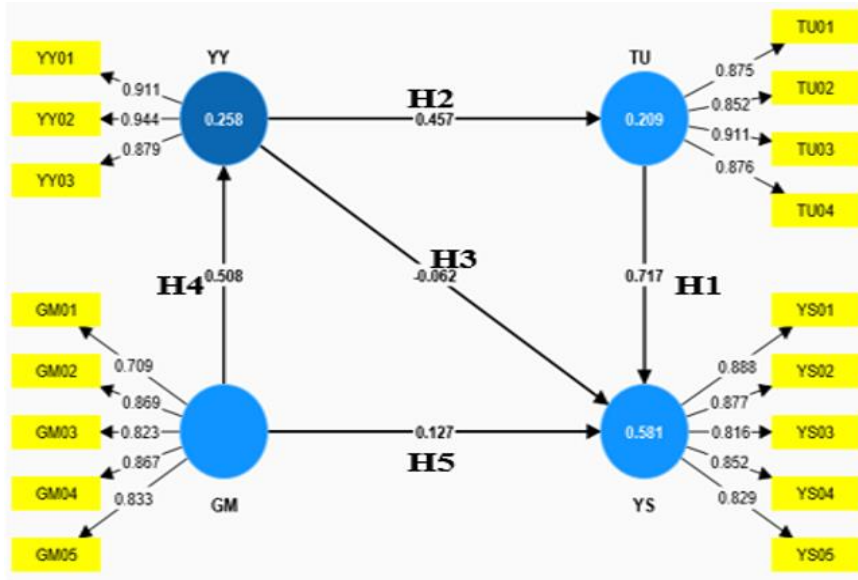
Yapısal model de doğrusallık düzeyinin kontrolü için VIF değerleri kontrol edilmiştir. VIF değerlerinin 5'ten küçük olması gerekmektedir (Gök ve ark, 2020). İç Model (Inner VIF) eşik değerleri 5'ten küçük olduğu ve literatürde kabul edilen aralıkta olduğu belirlenmiştir. Araştırma modeli üzerinde Bootstrapping (ön yükleme) analizi yapılmıştır. Bu analizde 5000 kez yeniden örneklem ve %5 hata payı oranıyla test edilmiştir.

Şekil 2'te modele ait t değerleri gösterilmiştir. Değişkenler arasındaki yolun anlamlı olarak değerlendirilmesi için t değerinin 1,96'dan büyük olması gerekmektedir (Dülgeroğlu ve Başol,2017). Bu bakış açısıyla modeli incelediğimizde YBM'nin yaygınlaşması (YY) ile YBM Tasarım ve Uygulama (TU) arasında (Hipotez 2) $t=4,852$, YBM'ye Geçiş Motivasyonu (GM) ile YBM'nin Yaygınlaşması (YY) arasında (Hipotez 4) $t=4,260$, YBM Tasarım ve Uygulama (TU) ile Yönetimsel Süreçler (YS) arasında (Hipotez 1) $t=8,908$ olduğundan anlamlı bir ilişki olduğu söylenebilmektedir. YBM'nin Yaygınlaşması (YY) ile Yönetimsel Süreçler (YS) arasında (Hipotez 3) $t=0,756$ ve YBM'ye Geçiş Motivasyonu (GM) ile Yönetimsel Süreçler (YS) arasında (Hipotez 5) $t=1,306$ olduğu görülmektedir bu sebeple aralarında anlamlı ilişki bulunmadığı tespit edilmiştir.



Şekil 2. Modele İlişkin "t" Değerleri

Şekil 2'teki verilerin sonuçlarına göre Hipotez 5 ve Hipotez 3'ün redd edildiği görülmüştür.



Şekil 3. Modele İlişkin Katsayı Değerleri

Şekil 3'te Modele ilişkin yol katsayılarına göre değişkenler arasındaki ilişki değerlendirilecektir. YBM Tasarım ve Uygulama (TU) ile Yönetimsel Süreçler (YS) arasında (Hipotez 1) $r=0,717$ 'dir. Aralarında pozitif ilişki bulunmaktadır. YBM'nin tasarım ve uygulama süreçlerinde kullanılması yönetimsel süreçleri pozitif etkilemektedir. YBM'nin yaygınlaşması (YY) ile YBM Tasarım ve Uygulama (TU) arasında (Hipotez 2) $r=0,457$ 'dir. Aralarında pozitif ilişki vardır. YBM kullanımının yaygınlaşması Tasarım ve uygulama süreçlerini pozitif etkilemektedir. Geçiş Motivasyonu (GM) ile YBM'nin Yaygınlaşması (YY) arasında (Hipotez 4) $r=0,508$ 'dir. Aralarında pozitif ilişki vardır. YBM'ye geçişteki motivasyon, YBM'nin yaygınlaşmasını etkilemektedir.



6.4. Değerlendirme

İnşaat sektöründe YBM kullanımı tasarım ve uygulama süreçlerinde maliyet ve zamanlama açısından tasarruf edilmesine olanak sağlamaktadır. Bu çalışma ile YBM'nin tasarım ve uygulama aşamalarında kullanılması yönetsel süreçler olan zaman yönetimi, maliyet yönetimi, kalite yönetimi, insan kaynakları yönetimi, iletişim yönetimi gibi süreçlerde pozitif ilişkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Ülkemizde YBM kullanımının yaygınlaşması gerek devlet zorunluluğu, düzenlenmiş standartlar veya inşaat sektörü çalışanlara eğitimlerle destek olunabilmektedir. YBM kullanımının yaygınlaşması, projelerin tasarım ve uygulama aşamalarında kullanımına pozitif etki oluşturacağı sonucuna varılmıştır.

Uluslararası ülkeler incelendiğinde YBM kullanımının artışlar gözlenmektedir. Ülkemizde YBM kullanımına bakıldığında hala motivasyon düşüklüğü olduğu söylenebilmektedir. Bu motivasyon düşüklüğü devlet zorunluluklarının olmaması, inşaat sektöründe YBM farkındalığının olmaması, eğitim sistemleri müfredatında YBM eksikliğinin olması, YBM sisteminin yüksek maliyetler içermesi, YBM sistemine hakim personel azlığı gibi sebepler içermektedir. Bu sebepler YBM'nin ülkemizdeki yaygınlaşmasını etkilediği sonucuna ulaşılmıştır.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapıların günümüzde yüksek katlar, büyük ebatlar içermesi geleneksel proje yönetimiyle projelerin yönetilmesi güçleşmiştir. Teknolojinin de gelişimiyle karşımıza YBM sistemi çıkmaktadır. YBM sistemiyle yapının tasarım süreciyle başlayan serüven, uygulama, işletme ve yıkım süreçlerine kadar devam etmektedir. Modellemeler sayesinde elektrik, mekanik, mimari ve statik projeler tasarım evresindeyken çakıştırılıp birçok hata, çakışma gözlemlenebilir ve uygulamaya geçilmeden çözüme kavuşturulur. Geleneksel yöntemle yönetilen projelerde bu çakışmalar öngörülemediğinden uygulama aşamasında fark edilmesi sebebiyle zaman ve maliyet kaybına sebep olmaktadır. İnşaat sektörü gibi yüksek maliyetli bir sektörde zamandan, işçilikten, malzemedan olan kayıplar proje bütçesine zarar vermektedir. YBM sistemi ile bu zaman ve maliyet kayıplarına engel olunabilmektedir.

YBM sisteminde bulunan bulut sistemleri dokümantasyon ve birlikte çalışabilirlik için kolaylık sağlamaktadır. Küreselleşen dünyada ekipler farklı şehirlerde ya da farklı ülkelerde olabilmektedir. YBM sistemi farklı yerlerde bulunan ekiplerin aynı dosyalar üzerinde çalışıp bilgi paylaşımını kolaylaştırmaktadır. Böylece proje verimliliği de artmış olmaktadır.

Dünyada enerji kaynaklarının azalması ve enerji kaynaklarına olan ihtiyacın artması enerji tasarruflu yapıların önemi arttırmıştır. Enerjinin verimli kullanılması gelecek nesiller için yapılabilecek en faydalı işlerdendir. YBM sistemini ileri seviyelerde kullanıldığında gün ışığı, iç mekan aydınlatma analizleri vb. simülasyonlarla enerji verimliliği artırılıp sürdürülebilir yapıları oluşturulabilmektedir.

Türkiye'de ve dünyada inşaat sektörü büyük değer gören ve rekabet içerisinde olan bir sektördür. Firmaların iç ve dış pazarda rekabet içerisinde kalabilmeleri için zaman ve maliyetten tasarruf etmesi gerekmektedir. Türkiye firmalarının da bu rekabet içinde kalmaları ve teknolojik yöntemlere önem vermesi gerekmektedir.

Birleşik Krallıkta kamu projelerinde YBM kullanımı zorunlu tutulmuştur. İdareler tarafından projelerde zorunluluk getirilmesi YBM sisteminin kullanımını ve firmaların YBM sistemine karşı verdikleri arttırmış olacağı düşünülmektedir. Ülkemizde de zorunlulukların getirilmesi, ihalelerde şart koşulması YBM sisteminin önemini arttıracığı öngörülmektedir.



İnşaat sektörü ülke ekonomilerini oluşturan sektörlerin içerisinde önemli sektörlerden biridir. Günümüzde dünyada ve ülkemizde yaşanan ekonomik sıkıntılar göz önüne alındığında elde edilebilecek tüm tasarruflar büyük önem taşımaktadır. Ülkemizde de inşaat sektöründe olan verimliliği arttırmak için gelecek zaman diliminde YBM sistemini daha aktif kullanılacağı öngörülmektedir.

REFERENCES

- AKKAYA, D., (2012). İnşaat Sektöründe Yapı Bilgi Modellemesi Hakkında İnceleme. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- ALAT, H. (2019). Konut Projelerinde Yapı Bilgi Modellemesi Kullanımı: Örnek Vaka Çalışması. Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Anadolu Üniversitesi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü.
- ATABAY, Ş, Öztürk, M. (2019). Yapı Bilgi Modellemesi (YBM) Uygulama Planı Üzerine İnceleme. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi 7(2), 418 – 430.
- AUTODESK. (2018). AEC Mükemmellik Ödülleri 2018. Erişim Adresi <https://www.autodesk.com/industry/aec/aec-excellence-awards/2018/construction/facebook-clonee-data-centre>
- AYBEK,G, Karakaş,H. (2023). Sosyal Bilimlerde PLS-YEM Kullanım Rehberi: Hiyerarşik Yapı Modellemesi ile Bir Uygulama. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi Kasım 2023(3), 656-674
- AZHAR, S. (2011). Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry, 11(3),241-252
- BANH, T. (2022). NATSPEC BIM Education, Global, 2022 Update Report.
- CABBINETOFFICE. (2011). Government Construction Strategy.
- DÜLGEROĞLU, İ, Başol, O. (2017). İş Stresi ve Çalışma Yaşamı Kalitesi Algısının Yansımaları: Satış Temsilcileri Üzerine Bir Araştırma. Business and Economics Research Journal.8(2), 293-304.
- EDIRISINGHE, R, London, K. (2015). Comparative Analysis of International and National Level BIM Standardization Efforts and BIM Adoption.
- GÖK,T, İsakova,D, İnce,C. (2020). Aile Yemekleri, Yeme Davranışları ve Fast-Food Tüketim Sıklığı İlişkisi: KTMU Örneği. Journal of Hospitality and Tourism Issues, 2(2), 216-232.
- HM GOVERNMENT, (2015). Digital Built Britain Level 3 Building Information Modelling - Strategic Plan.
- SINGH, I. (2017). BIM'in dünya çapında benimsenmesi ve uygulanması: Büyük ulusların girişimleri. Erişim Adresi <https://www.geospatialworld.net/blogs/bim-adoption-around-the-world/> Erişim Tarihi: 11.04.2023
- ISHIZAWA, T. (2021). BIM Steering Force.
- KANETA, T, Furusaka, S, Deng, N. (2017). Overview and problems of BIM implementation in Japan. DOI 10.15302/J-FEM-2017007
- KÖSEOĞLU, O, Sakin, M, Arayıcı, Y. (2018). Exploring The BIM And Lean Synergies In The Istanbul Grand Airport Construction Project.
- KWONG, K, Wong, K. (2013). Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM) Techniques Using SmartPLS.



- MCGRAW Hill Construction, (2012). The Business Value of BIM for Construction in North America, SmartMarket Report.
- MCGRAW Hill Construction, (2014). The Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets: How Contractors Around the World Are Driving Innovation With Building Information. The Business Value of BIM for Owners, SmartMarket Report.
- MCGRAW Hill Construction, (2014). The Business Value of BIM for Owners, SmartMarket Report.
- MCGRAW Hill Construction, (2014). The Business Value of BIM in Australia and New Zealand, SmartMarket Report.
- PAUL, Ş. (2018). BIM'in dünya çapında benimsenmesi: ne kadar iyiyiz?. Erişim Adresi <https://www.geospatialworld.net/article/bim-adoption-around-the-world-how-good-are-we/#:~:text=As%20the%20mandate%20has%20come,on%2Dyear%20growth%20since%202014>. Erişim Tarihi 15.01.2023
- PLANRADAR. (2021). Avrupa'da BIM'in benimsenmesi: 7 ülke karşılaştırıldı. Erişim adresi <https://www.planradar.com/gb/bim-adoption-in-europe/>. Erişim Tarihi: 15.03.2023
- POLITI, R. (2018). Project Planning and Management Using Building Information Modeling (BIM).
- SAKIN, M. (2019). Development of BIM Implementation Framework For Digital Construction in Turkey.
- TOKLU, S, Mayuk, S. (2020). The Implementation of Building Information Modelling (BIM) in Turkey. 13-15.01.2020
- ULAŞTIRMA ve Altyapı Bakanlığı, BIM Teknik Şartnamesi ve İhale Dokümanları. (2022).
- WONG, A, Wong, F, Nadeem, A. (2009). Comparative Roles Of Major Stakeholders For The Implementation Of BIM In Various Countries.