



İnşaat Sektöründe Teknoloji Adaptasyon Sorunlarının Araştırılması

Hülya BAHÇECİ

*Fırat Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Elâziğ, Türkiye.
hlya.bhcc@gmail.com*

Dr. Öğr. Üyesi Hasan POLAT

*Fırat Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Elâziğ, Türkiye.
hpolat@firat.edu.tr*

ÖZET

Son yıllarda bilgi teknolojilerinde yaşanan gelişmeler inşaat teknolojileri alanında da umut verici ilerlemelerin önünü açmıştır. Yapım ve yönetim teknolojilerinin kaydettiği gelişmeler sektöre yeni bir perspektif kazandırmıştır. Günümüzde inşaat sektörü paydaşlarını pek çok açıdan destekleyen teknolojiler mevcuttur ve her geçen gün bunlara yenileri eklenmektedir. Bu teknolojiler tasarımdan proje yönetimine; süre, maliyet ve enerji gibi analizlerden görselleştirmeye kadar pek çok alana yayılmıştır. Bunun yanı sıra modernleşme sonucu kullanıcıların üründen beklediği niteliklerin değişmesiyle birlikte büyük ölçekli, karmaşık süreçler barındıran projeler hız kazanmıştır. Kabuk değiştiren bu yapım anlayışı bilişim teknolojilerinin inşaat sektöründeki önemini de her geçen gün arttırmaktadır. Ancak günümüz inşaat sektörünün bu teknolojilere adaptasyon konusunda geri kaldığını görmekteyiz. Yavaş da olsa bu değişime ayak uydurmaya çalışan sektör bu noktada pek çok dirençle karşı karşıya kalmaktadır.

Bu çalışmanın amacı son yıllarda AEC endüstrisinde inovatif yaklaşımlar olarak hızla gelişme gösteren Yapı Bilgi Modelleme (BIM) ve lazer tarama teknolojilerinin sektöre entegre edilmesi sırasında karşılaşılan adaptasyon problemlerinin açıklanmasıdır. Araştırma literatür taraması sonucu elde edilen veriler ışığında hazırlanmış bir soru kâğıdı yardımıyla yürütülmüştür. Elde edilen bulgular istatistiksel olarak açıklanmış ve sektörün teknoloji adaptasyon sorunları ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: İnşaat sektörü, Teknoloji, Yapı Bilgi Modelleme (BIM), Lazer tarama teknolojisi

ABSTRACT

Developments in information technologies in recent years have led to promising progress in the field of construction technologies. The developments in construction and management technologies have brought a new perspective to the sector. Today, there are technologies that support the construction sector stakeholders in many respects and new ones are added every day. These technologies include design, project management; time, cost and energy analysis and visualization. In addition, as a result of modernization changes in the qualities that users expect from the product, projects with large-scale, complex processes have accelerated. This understanding of construction that changes the shell increases the importance of information technologies in the construction sector day by day. However, we see that today's construction sector lags behind in adapting to these technologies. The sector, which tries to keep up with this change, albeit slowly, faces many resistance at this point.

The aim of this study is to explain the adaptation problems encountered during the integration of Building Information Modeling (BIM) and laser scanning technologies in the AEC industry which have developed rapidly as innovative approaches in the recent years. The research was conducted with the help of a questionnaire prepared in the light of the

data obtained from the literature review. The findings were statistically explained and technology adaptation problems of the sector were revealed.

Keywords: Construction industry, Technology, Building Information Modeling (BIM), Laser scanning technology

1.GİRİŞ

İnşaat sektörü diğer imalat sektörlerinden farklı dinamikleri içerisinde barındırır. Her ürün farklı bir projeye bağlıdır ve her inşa süreci farklı koşullar altında gerçekleşir. Bu da yapı üretim sürecinde izlenecek yol, alınacak önlemler ve imalat yöntemleri gibi pek çok konunun her projede iyi irdelenmesini gerektirir. Yapım sürecinin bu karmaşık yapısı pek çok disiplinin iş birliği içerisinde çalışmasını zorunlu kılar. Mimar, mühendis, müteahhit, işveren gibi birçok sektör paydaşı bu süreçte farklı görevler üstlenir ve diğer disiplinlerle koordineli bir şekilde çalışmalarını yürütür. (Tanyer ve Pekerçli, 2008) İnşaat sektörünün bu parçalı ve dağınık yapısı, sektörün teknoloji ile desteklenmesinin ve teknolojinin yapım sürecine entegre edilmesinin arkasındaki itici güç olmaktadır. Bilgi teknolojileri yapım faaliyetlerini pek çok açıdan desteklemektedir. Bunlar bilgisayar destekli tasarım, proje yönetimi, görselleştirme maliyet, zaman ve strüktürel analiz ile tesis yönetimi gibi pek çok alana yayılmıştır. Ancak günümüz sektör yapısı incelendiğinde, sektörün teknolojiye adaptasyon konusunda diğer imalat sektörlerine kıyasla oldukça geri kaldığını görmekteyiz. (Tanyer ve Pekerçli, 2008)

1.1. İnşaat Sektöründe İnovatif Teknolojiler

Bilişim teknolojilerindeki son gelişmeler inşaat bilişiminin de ilerleme katetmesini ve inovatif sistemlerin sektöre hızla entegre olmasının önünü açmıştır. Işıkdag ve Kuroğlu, (2008) inşaat bilişimi kavramının en genel tanımıyla 'bilgisayarların hesap ve çizim gibi temel işlemlerin yanı sıra inşaat sektörüne sağladığı tüm hizmetleri inceleyen bir alan' olduğunu ifade eder. AEC endüstrisi için sayısız imkanlar sunan inşaat teknolojisinin son yıllarda sektöre kazandırdığı 2 önemli inovatif teknoloji öne çıkmaktadır. Bunlar Yapı Bilgi Modelleme (BIM) ve lazer tarama teknolojisidir. BIM bir yapıya ait tüm bilgileri ihtiyaç duyulması halinde kullanmak üzere saklayan bir veri deposudur. Günümüzde bir tesisin tasarımından itibaren işletme aşaması dahil bütün yaşam döngüsünü yöneten bir araç olarak işlev görmektedir. (Haijan ve Becerik-Gerber, 2009) Lazer tarama teknolojisi ise temelde ölçme mühendisliğinde kullanılmak üzere geliştirilmiş nispeten yeni bir teknolojidir. (Kim vd., 2015) 3D lazer tarayıcıların yetenekleri son yıllarda hızla gelişme göstermiş ve BIM ile birlikte kullanım alanları yaygınlaşmıştır. (Laing vd., 2015)

1.1.1. Yapı Bilgi Modelleme (BIM)

ABD Ulusal Yapı Bilgi Standart Komitesi (NBIMS) tarafından BIM 'bir tesisin fiziksel ve fonksiyonel özelliklerinin dijital bir temsili' olarak tanımlanmaktadır. (Cerde ve Marin, 2010). Azhar, (2011) AEC endüstrisinde son zamanlarda yoğun ilgi gören BIM'in sanal ortamda oluşturduğu n boyutlu (n-D) modellerle yapının planlama ve tasarım süreçleriyle yapım ve işletme aşamalarının simülasyonunu sunduğunu ifade etmiştir.

1990'lı yıllarda nesne tabanlı sistemlerin geliştirilmesiyle BIM' e dayalı model üretme fikri ortaya çıkmıştır. (Ross, 1999). 2000'li yıllarda ise BIM. AEC endüstrisinde inovatif bir yaklaşım olarak hızla yükselmiştir. (Çuhadar, 2017)

BIM alışlagelmiş Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD) sistemleriyle temelde benzer özellikler taşımasına rağmen bir modelleme sistemi oluşu BIM'e farklılık kazandırmaktadır. Geleneksel yazılımlarda 2 boyutlu çizimler tamamlandıktan sonra bu çizimler referans alınarak 3D model üretilir. Ancak BIM'de tasarlanan 3 boyutlu modelden 2 boyutlu çizimler elde edilir. (Akkaya, 2012)

BIM'in temeli parametrik modelleme esasına dayanır. Parametrik modelleme nesnelere işleyişine dayanan bir tasarım sistemidir. Bu sistemde modeli oluşturan tüm nesnelere gerçek yapı elemanları ile ifade edilir ve bu nesnelere karakteristik pek çok özellik



yüklenebilir. Modelin herhangi bir noktasında yapılan değişiklik bu parametrik nesnelere arasındaki ilişkiyi koruyacak şekilde işler. (Akkoyunlu, 2015)

BIM’de projenin niteliği ve teknik parametrelere göre kullanıcının belirlediği şekilde programlanan BIM nesnelere kendilerini tanıyan akıllı nesnelere. Herhangi bir revizyon durumunda nasıl hareket etmeleri gerektiğini bilirler. Bu sayede ekstradan bir efor gerektirmeden hızlı değişim imkânı sağlarlar. (Çuhadar, 2017)

BIM’de tüm çizim faaliyetleri 3D model ile bağlantılı olarak sürdürülür ve projeye ait her şey bu modelin veritabanında depolanır. Proje ilerledikçe veritabanı büyür ve her bir parçası birbirleriyle tutarlı veriler sunar. Bu veritabanı yapım sürecine dahil olan tüm disiplinlerden gelen verilerle gelişir. Bu yönüyle BIM birimler arası koordinasyonu sağlayarak herhangi bir uyumsuzluk ve çelişkinin önüne geçmeyi sağlar. (Ofloğlu, 2009)

BIM inşaat sektörüne kattığı inovatif perspektifle birlikte sektöre pek çok yeni kavram kazandırmıştır. Bu kavramlar şu şekildedir: (Akkoyunlu, 2015)

- Birlikte Çalışabilirlik (İnteroperability)
- Çakışma Kontrolleri (Clash Detections)
- Çok Boyutlu (n-D boyutlu) Modelleme
- LOD Detay Seviyeleri (Levels of Development)
- Tümüleşik Proje Yönetimi (IPD-Integrated project delivery)
- Canlı Metraj Listeleri

BIM’in kullanım alanlarını Ofloğlu (2009) 4 sürece ayırarak açıklamaktadır:

- Tasarım sürecinde BIM; tesise ilişkin tasarım kararlarının diğer paydaşlarla paylaşarak iş birliği içerisinde değerlendirilmesini ve maliyet, süre, enerji analizleri ile fizibilite çalışmalarını gibi ön tasarım süreçlerinin etkin bir şekilde yürütülmesini sağlar.
- Yapısal ve çevresel analiz süreçlerinde BIM; yapının strüktürel analizi, mekanik sistemlerin ve akustik performansın değerlendirilmesi gibi konularda kolaylık sağlar.
- Bina yapım sürecinde BIM; şantiye mobilizasyonu, iş güvenliği, maliyet-süre-iş takibi ve malzeme yönetimi ile revizelerin uygulanması gibi pek çok konuyu barındırır.
- Bina işletim sürecinde BIM; yapının bakım-onarım, tadilat ve yıkım faaliyetleri ile mekân planlaması gibi tesis yönetimi konularını kapsar. Bu süreçte saha incelemesi yapmadan model üzerinden gerçekçi değerlendirmeler yapılabilir.

Işıkdağ, (2015) BIM modelinin nesne tabanlı oluşu, zengin veriler içeren modelin paylaşılabilirliği ve bu sayede disiplinler arası iş birliğine imkân vermesi, tüm proje süreçlerini yönetmeyi sağlayan işlevsel verileri depolaması ve aynı modelin farklı ara yüzlerde görüntülenebilmesi gibi pek çok avantaja sahip olduğunu belirtmiştir.

Eastman vd. (2011) ise BIM’in faydalarını; karar sürelerini kısaltarak hızlı ve konsept değişimlere imkân vermesi, ön tasarım süreçlerini kolaylaştırması, yapının gerçeğe uygun modelini vermesi, gerçeğe uygun maliyet, süre ve enerji analizleri ile hızlı dokümantasyon sağlaması, yapım sürecinde tasarımdan kaynaklı eksikliklerin giderilmesi ve tesis yönetiminin etkin bir şekilde sağlanması olarak sıralamıştır.

1.1.2. Lazer Tarama Teknolojisi

Son yıllarda arkeolojik ve tarihi tesislerin kayıt altına alınması, yapıların inşaa sürecinde denetimi, deformasyon ve risk ölçümleri ile coğrafi bilgi sistemi (CBS) çalışmaları önem kazanan konuların başında gelmektedir. Söz konusu alanların kilit noktası ise tam ve yüksek doğruluklu görsel veriye hızlı ve ucuz bir şekilde ulaşabilmektir. (Kern, 2001)

Bu alanlarda daha çok geleneksel ölçüm yöntemleri kullanılarak çalışmalar yürütülmüştür. Ancak bu klasik metotlar günümüzün doğru ve eksiksiz 3D görsel veriye ulaşabilme ile bu verilerin görselleştirilmesi ve sunumu gibi ihtiyaçlarına cevap verememiştir. Bu noktada klasik yöntemlerin doğruluğuna sahip yenilikçi bir teknik arayışı ortaya çıkmıştır. Yersel fotogrametri bu ihtiyaca cevap verebilen bir sistem olarak kullanılıyor olsa da son yıllarda



lazer tarayıcı sistemler yüksek doğruluklu inovatif bir yöntem olarak hızla gelişmekte ve kullanım alanları yaygınlaşmaktadır. (Özdemir, 2014)

Lazer tarayıcıların havadan lazer tarayıcılar (LIDAR), mobil lazer tarayıcılar ve yersel lazer tarayıcılar gibi çeşitleri vardır. Havadan lazer tarayıcılar ile rekonstrüksiyon ve bina/şehir/sokakların 3D modelleri üretilebilir ve bu işlem esnasında görüntü teknikleri ve harita verileri gibi yardımcı unsurlar da kullanılır. (Torun ve Düzgün, 2013). Temelde GPS navigasyon sisteminin belli sayıda lazer tarayıcıya entegrasyonu mantığına dayanan mobil lazer tarayıcılar, daha çok karayolu çalışmaları alanında kullanılmaktadır. Ancak günümüzde farklı alanlarda kullanılacak çeşitleri de oldukça yaygındır. (Çelik, 2011). Yersel lazer tarama ise Karasaka (2012) tarafından *'gerçek bir zamanda sistematik bir düzen içerisinde belirli bir bölgedeki bir obje yüzeyinin otomatik olarak 3 boyutlu koordinatlarını ölçen yer bazlı bir cihazın kullanımı'* şeklinde tanımlanmaktadır.

Reshetyuk (2009) yersel lazer tarayıcıların geleneksel ölçüm yöntemlerine göre avantajlarını şu şekilde açıklamıştır:

- Nesnenin 3D verisinin doğru ve hızlı bir şekilde elde edilebilmesi,
- Maliyet iyileştirme çalışmaları ve inşa sürecinin hızlandırılması konularında avantaj sağlaması,
- Geleneksel metotların yetersiz kaldığı heyelan bölgesi veya ulaşılmaz, karışık alanların uzaktan görüntülenebilmesi,
- Yersel lazer tarayıcıların ışığa ihtiyaç duymadan çalışabilmesi,
- Taramadan elde edilen verilerin kapsamlı, detaylı ve bütüncül olması; ekstradan gereken bir veri için tekrardan saha çalışmasına gereksinim duyulmaması,
- Tarama verilerinin depolanıp ilerde gerektiği durumlarda tekrar kullanılabilmesi.

Yersel lazer tarayıcıların farklı çalışma prensibine sahip çeşitleri bulunmaktadır. Bunlar; *'uçuş zamanlı lazer tarayıcılar'*, *'faz karşılaştırma metoduyla işlem yapan tarayıcılar'* ve *'triangulasyon metoduyla işlem yapan tarayıcılar'* dir. Faz karşılaştırma metoduyla çalışan lazer tarayıcılar uçuş zamanlı tarayıcılardan yaklaşık 10 kat daha hızlı olduğundan daha kısa sürede daha çok görsel veriye ulaşabilir. Buna karşın uçuş zamanlı tarayıcılar faz karşılaştırmalı tarayıcılara kıyasla daha uzak mesafelerde ölçme işlemi gerçekleştirebilir. Bu nedenle uçuş zamanlı tarayıcılar genellikle topografik dış mekân çalışmalarında kullanılmaktadır. (Kula ve Ergen, 2017)

Lazer tarayıcı verilerinden 3D model oluşturmak için *'yüzey açığı modelleme'* ve *'geometrik temelli modelleme'* olmak üzere 2 farklı teknik bulunmaktadır. Bu teknikler nesne geometrisine bağlı olarak seçilir. Yüzey açığı modelleme yöntemi biçimsel açıdan karmaşık olan yüzeylerin modellenmesinde kullanılırken; geometrik temelli modelleme düzgün geometrik yüzeylere sahip olan nesnelerin modellenmesinde tercih edilir.

Lazer tarayıcıların kullanım alanları ise şu şekilde sıralanabilir:

- Tarihi yapılarda deformasyon ve mevcut durum analizlerinin yapılması ve bu yapıların gerekli durumlarda restore edilmek üzere belgelenmesi. (Reshetyuk, 2006)
- Yapılarda bakım-onarım ve güçlendirme faaliyetleri için risk keşifleri, çürüme kontrolleri ve yapısal analizleri içeren BIM modellerinin oluşturulması. (Wunderlich, 2003)
- Yapılarda sanal planlama ve yapı-arazi ilişkisini belirlemeye yönelik durum analizlerinin yapılması. (Gümüş ve Erkaya, 2007)
- Endüstriyel yapılarda tesisin 3D modelinin üretilerek sanal planlama yapılması ve revizyonların değerlendirilmesi. (Gümüş ve Erkaya, 2007)
- Alt yapının 3D model ile belgelenmesi ve enerji hatları, köprü ve tünel gibi yapılarda meydana gelen hasarların tespiti. (Gümüş ve Erkaya, 2007)
- Yapı üretim sürecinde yapılan imalatların projesine uygunluğunun kontrolü, yapı ilerlemesinin izlenmesi ve kalite kontrolün etkin şekilde yapılması. (Gümüş ve Erkaya, 2007)

1.2. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı Türk inşaat sektöründe faaliyet gösteren yüklenici firmaların Yapı Bilgi Modelleme (BIM) ve lazer tarama teknolojilerinin sektöre entegre edilmesi sırasında karşılaştıkları adaptasyon problemlerinin açıklanmasıdır.

1.3. Kapsam ve Araştırma Yöntemi

Bu çalışma kapsamında Türk inşaat sektöründe faaliyet gösteren inşaat firmalarının ve sektör paydaşlarının Yapı Bilgi Modelleme (BIM), lazer tarama teknolojisi ve bu iki inovatif teknolojinin entegrasyonu konusundaki farkındalık ve kullanım yoğunluğunu belirlemeye yönelik bir alan araştırması düzenlenmiştir. Ancak bu makale kapsamında yalnızca bu iki teknolojiye geçiş ve adaptasyon sırasında karşılaşılan problemler ile bu teknolojilerin gelişimi önündeki engellere değinilecektir. Araştırma yüklenicilik alanında faaliyet gösteren büyük, orta ve küçük ölçekli firmaları kapsamaktadır. Elde edilen sonuçlar istatistiki olarak değerlendirilmiştir.

2. İnşaat Sektöründe Teknoloji Adaptasyon Sorunlarının Araştırılması Üzerine Bir Alan Çalışması

2.1. Araştırma Tasarımı

Alan çalışması literatür araştırması sonucu elde edilen veriler referans alınarak oluşturulmuş bir anket yardımıyla yapılmıştır. Tek yanıt ve çok yanıt çoktan seçmeli ile açık uçlu sorulardan oluşan anket 4 bölüm ve 33 soru içermektedir. Sorular mümkün oldukça bu teknolojilerin gerçek uygulamalarını ortaya koyacak şekilde hazırlanmıştır. İlk bölüm 13 sorudan oluşmakta olup; ilk 6 soru firmayı ve sonraki 7 soru ise katılımcıyı tanımaya yönelik sorulmuş sorulardır. İkinci bölümde Yapı Bilgi Modelleme (BIM); üçüncü bölümde lazer tarama teknolojisi ve dördüncü bölümde ise BIM-lazer entegrasyonu sisteminin farkındalık ve kullanım yoğunluğunu ile avantaj ve zorluklarını belirlemeye yönelik sorular sorulmuştur.

2.2. Veri Toplama

Ocak 2019-Nisan 2019 tarihleri arasında yürütülen alan çalışması, Microsoft Word ile hazırlanmış bir anket formu ile yapılmıştır. Anket öncelikle seçilen önemli yüklenici inşaat firmalarından yüzlerce kişiye e-posta ile ulaştırılmıştır. Ancak e-postalardan yeterli dönüş alınamayınca, İstanbul ve Ankara illerinde merkezleri bulunan inşaat firmaları ziyaret edilerek çalışanları ile yüz yüze görüşülerek anketler tamamlanmıştır. 60 farklı inşaat firmasından toplamda 123 kişi ile anket yapılmış ve yüklenici tanımına uymayan 8 firma analiz dışı bırakılmıştır.

2.3. Araştırma Bulguları

- Katılımcıların demografik özelliklerine ilişkin elde edilen bulgular tablo 4'te sunulmuştur.

Tablo 1. Katılımcıların demografik özellikleri

Demografik Özellikler		Küçük Ölçekli		Orta Ölçekli		Büyük Ölçekli	
		Frekans	Yüzde	Frekans	Yüzde	Frekans	Yüzde
Cinsiyet	Kadın	2	11,1%	22	40,7%	17	39,6%
	Erkek	16	88,9%	32	59,3%	26	60,4%
Yaş	22-30	8	44,4%	14	25,9%	12	27,9%
	31-35	2	11,1%	22	40,7%	20	46,6%
	36-40	4	22,2%	8	14,8%	10	23,2%
	41-45	2	11,1%	6	11,1%	1	2,3%
	46-50	1	5,6%	1	1,9%	0	0,0%
	51 üzeri	1	5,6%	3	5,6%	0	0,0%



Meslek	Mimar	8	44,5%	17	31,6%	12	28,0%
	İnşaat Mühendisi	8	44,5%	23	42,6%	17	39,6%
	Elektrik Mühendisi	0	0,0%	7	13,0%	9	20,9%
	Harita Mühendisi	1	5,5%	1	1,8%	0	0,0%
	Çevre Mühendisi	0	0,0%	2	3,7%	0	0,0%
	Makine Mühendisi	1	5,5%	0	0,0%	0	0,0%
	Jeoloji Mühendisi	0	0,0%	0	0,0%	1	2,3%
	Yapı Öğretmeni	0	0,0%	1	1,8%	0	0,0%
	İnşaat Teknikeri	0	0,0%	2	3,7%	3	6,9%
	İç Mimar	0	0,0%	1	1,8%	1	2,3%
Eğitim durumu	Ön lisans	2	11,1%	4	7,4%	7	16,3%
	Lisans	11	61,1%	34	63,0%	26	60,5%
	Yüksek lisans	3	16,7%	15	27,7%	9	20,9%
	Doktora	1	5,6%	1	1,9%	0	0,0%
	Diğer	1	5,6%	0	0,0%	1	2,3%
Firmadaki pozisyonu	Yönetim K. başkan /üye	9	50,0%	2	3,7%	0	0,0%
	Genel müdür/G. M. Yrd.	2	11,1%	2	3,7%	0	0,0%
	Genel koordinatör/ Yrd.	1	5,55%	4	7,4%	1	2,3%
	Şantiye şefi	0	0,0%	6	11,1%	3	7,0%
	Proje yöneticisi	5	27,8%	10	18,5%	3	7,0%
	Kalite kontrol personeli	1	5,55%	2	3,7%	15	34,9%
	Teknik ofis personeli	0	0,0%	17	31,5%	9	20,9%
	Saha mühendisi	0	0,0%	5	9,3%	4	9,3%
	Diğer	0	0,0%	6	11,1%	8	18,6%
	Mesleki hizmet süresi	1-5	3	16,7%	9	16,7%	10
6-10		8	44,4%	20	37,0%	12	27,9%
11-15		2	11,1%	15	27,8%	18	41,9%
16-20		3	16,7%	6	11,1%	3	7,0%
21 üzeri		2	11,1%	4	7,4%	0	0,0%
Çalıştığı kurumdaki hizmet süresi	1-5	10	55,6%	28	51,9%	29	67,4%
	6-10	3	16,7%	22	40,7%	11	25,6%
	11-15	3	16,7%	3	5,6%	3	7,0%
	16-20	1	5,6%	1	1,9%	0	0,0%
	21 üzeri	1	5,6%	0	0,0%	0	0,0%

- Firmalar ilk olarak sürekli olarak istihdam ettikleri çalışan sayısına göre gruplandırılmıştır.

Tablo 2. Firmada sürekli olarak istihdam edilen çalışan sayısı

	Küçük Ölçekli		Orta Ölçekli		Büyük Ölçekli		
	Frekans	Yüzde	Frekans	Yüzde	Frekans	Yüzde	
Çalışan Sayısı	1-9	5	27,8%	0	0,0%	0	0,0%
	10-49	13	72,2%	0	0,0%	0	0,0%
	50-249	0	0,0%	54	100,0%	0	0,0%
	250 ve üzeri	0	0,0%	0	0,0%	43	100,0%

Bu tabloya göre; 5 katılımcı firmalarındaki personel sayısının 1-9 kişi ve 13 katılımcı ise çalışan sayısının 10-49 kişi olduğunu belirtmiştir. 54 kişi çalıştıkları firmadaki çalışan sayısının 50-249 kişi olduğunu ve 43 kişi ise firmalarının 250+ personel sayısına sahip olduğunu ifade etmiştir. Toplamda 18'i küçük ölçekli, 19'u orta ölçekli ve 16'sı büyük ölçekli olmak üzere 52 farklı firma anket kapsamına dâhil edilmiştir.

Tablo 3. Firmaların sektörde verdiği hizmetler

	Küçük Ölçekli		Orta Ölçekli		Büyük Ölçekli	
	Frekans	Yüzde	Frekans	Yüzde	Frekans	Yüzde
Mühendislik ve tasarım	15	83,3%	26	48,1%	32	74,4%
İnşaat ve taahhüt	18	100,0%	54	100,0%	43	100,0%
Proje yönetimi	15	83,3%	21	38,9%	26	60,4%
Danışmanlık	10	55,6%	21	38,9%	2	4,7%
İş /gayrimenkul geliştirme	1	5,6%	7	13,0%	8	18,6%
Restorasyon/Rekonstrüksiyon	2	11,1%	6	11,1%	2	4,7%
Müşavirlik	3	16,7%	19	35,2%	6	14,0%
Diğer	0	0,0%	5	9,3%	0	0,0%

Katılımcılara çalıştıkları firmaların sektörde verdiği hizmetler sorulmuştur. Buna göre; ankete katılan tüm firmalar inşaat ve taahhüt hizmeti vermekte olup, küçük ölçekli

firmalarda mühendislik tasarım, proje yönetimi ve danışmanlık; orta ölçekli firmalarda mühendislik tasarım, proje yönetimi, danışmanlık ve müşavirlik; büyük ölçekli firmalarda ise mühendislik tasarım ve proje yönetimi hizmet alanlarında yoğunlaşmıştır.

Tablo 4. Firmaların inşaat sektöründeki faaliyet alanları

	Küçük Ölçekli		Orta Ölçekli		Büyük Ölçekli	
	Frekans	Yüzde	Frekans	Yüzde	Frekans	Yüzde
Konut	13	72,2%	38	70,4%	19	46,3%
Kamu binaları	10	55,6%	33	61,1%	33	80,5%
Ticari yapılar	14	77,8%	38	70,4%	31	75,6%
Endüstriyel yapılar	7	38,9%	27	50,0%	32	78,0%
Ulaşım ve mühendislik	3	16,7%	27	50,0%	37	90,2%
Karma yapılar	6	33,3%	23	42,6%	17	41,5%
Alt yapı projeleri	3	16,7%	24	44,4%	20	48,8%
Diğer	2	11,1%	6	11,1%	2	4,9%

Anket katılımcılarına firmalarının inşaat sektöründeki faaliyet alanları sorulmuştur. Buna göre; küçük ölçekli yüklenicilerin sırasıyla ticari yapılar, konut ve kamu binaları alanlarında hizmet verdiği; orta ölçekli yüklenicilerin en fazla konut ve ticari yapılar olmak üzere tüm alanlara yayıldığı ve yine büyük ölçekli firmaların da başta ulaşım mühendislik olmak üzere tüm alanlarda yoğunluklu olarak faaliyet gösterdiği belirlenmiştir.

Tablo 5. Katılımcıların Yapı Bilgi Modelleme BIM hakkındaki bilgi düzeyi

	Küçük Ölçekli		Orta Ölçekli		Büyük Ölçekli	
	Frekans	Yüzde	Frekans	Yüzde	Frekans	Yüzde
Uzman düzeyde bilgi sahibi	8	44,4%	12	22,2%	11	25,5%
Orta düzeyde bilgi sahibi	3	16,7%	21	38,9%	20	46,6%
Bir miktar bilgi sahibi	7	38,9%	16	29,6%	9	20,9%
Bilgi sahibi değilim	0	0,0%	5	9,3%	3	7,0%

Tablo 6. Katılımcıların BIM kullanım düzeyi

	Küçük Ölçekli		Orta Ölçekli		Büyük Ölçekli	
	Frekans	Yüzde	Frekans	Yüzde	Frekans	Yüzde
Aktif olarak kullanıyorum	10	55,6%	11	20,4%	13	30,2%
Bazen kullanıyorum	3	16,7%	15	27,8%	13	30,2%
Kullanmıyorum	5	27,8%	28	51,8%	17	39,6%

Tablo 7. Firmaların BIM kullanım düzeyi

	Küçük Ölçekli		Orta Ölçekli		Büyük Ölçekli	
	Frekans	Yüzde	Frekans	Yüzde	Frekans	Yüzde
Aktif olarak kullanıyor	8	44,4%	10	18,5%	25	58,1%
Bazen kullanıyor	3	16,7%	16	29,6%	13	30,2%
Kullanmıyor	7	38,9%	28	51,9%	5	11,7%

Tablo 5, 6 ve 7'nin birlikte değerlendirilmesiyle elde edilen bazı sonuçlar şöyledir:

- Küçük ölçekli firma çalışanlarının BIM bilgi düzeyi ve kullanım yoğunluğu ile firmaların BIM kullanım düzeyi paralellik göstermektedir.
- Orta ölçekli firmalarda çalışanların BIM bilgi düzeyi iyi ancak kullanım yoğunluğu oldukça düşüktür. BIM'i kullandıklarını ifade edenlerin oranı ile firmaların BIM kullanım yoğunluğu benzer seviyelerdedir. Buna göre orta ölçekli yüklenicilerde çalışanlar BIM hakkında bilgi sahibi olmalarına rağmen herhangi bir talep olmadığı için kullanmadıkları söylenebilir.
- Büyük ölçekli firma katılımcılarının BIM bilgi seviyesi iyi; bu firmaların BIM kullanım düzeyi yüksek buna karşın BIM'i kullananların oranı nispeten düşüktür. Bunun nedeni büyük ölçekli firmaların kendi bünyelerinde BIM konusunda uzman kişilerin yer aldığı BIM proje grupları kurmasıdır. Bu kişiler BIM sürecini yönetmekte ve diğer birim çalışanları gerekli durumlarda BIM sürecine dâhil olmaktadır.

Tablo 8. BIM 'e geçiş ve adaptasyon sürecinde ortaya çıkan zorluklar

	Küçük Ölçekli		Orta Ölçekli		Büyük Ölçekli	
	Frekans	Yüzde	Frekans	Yüzde	Frekans	Yüzde
Arayüz kullanımı zordur	2	13,3%	9	22,5%	13	35,1%
Program mantığı farklıdır	5	33,3%	19	47,5%	18	48,6%
Farklı disiplinlerle çalışmak zordur	5	33,3%	23	57,5%	20	54,1%
Yetkin personel bulmak zordur	12	80,0%	32	80,0%	29	78,4%
BIM'in kullanılması için gereken alt yapı oluşturulamamaktadır	9	60,0%	21	52,5%	23	62,2%
Alışkanlıkları değiştirir	8	53,3%	26	65,0%	23	62,2%
Test edilmemiş ve denenmemiş sorumluluklar getirir	4	26,7%	29	72,5%	16	43,2%
Lisans alma ve güvenlik sorunları ortaya çıkarmaktadır	5	33,3%	9	22,5%	10	27,0%
Disiplinler arası BIM ortak dili oluşturulamamaktadır	6	40,0%	19	47,5%	19	51,4%
Diğer	0	0,0%	1	2,5%	2	5,4%

Küçük ölçekli firma katılımcıları %80'lik bir oranla BIM için yetkin personel bulmanın zor olduğunu belirtmiş bunu %60'lık bir oranla BIM kullanımı için gereken alt yapının oluşturulamaması ve %53,3 ile de BIM'in alışkanlıkları değiştirmesi seçenekleri takip etmiştir.

Orta ölçekli firmalarda yine %80'lik oranla BIM için yetkin personel bulmanın zorluğu; %72,5'lik bir oranla BIM'in test edilmemiş ve denenmemiş sorumluluklar getirmesi ve %65,0'lık bir oranla da BIM'in alışkanlıkları değiştirdiği seçenekleri seçilmiştir.

Büyük ölçekli firmalarda ise %78,4'lük bir oranla BIM için yetkin personel bulmanın zor olduğu ve bunu takiben %62,2'lik eşit oranlarla BIM kullanımı için gereken alt yapının oluşturulamadığı ve BIM'in alışkanlıkları değiştirdiği ifade edilmiştir.

Bu tabloya göre; BIM' geçiş ve adaptasyon sürecinde en sık karşılaşılan problemlerin yetkin personel bulmanın zorluğu, BIM kullanımı için gerekli alt yapının oluşturulamaması, BIM'in alışkanlıkları değiştirmesi ve test edilmemiş, denenmemiş sorumluluklar getirmesidir.

Tablo 9. BIM kullanımının dezavantajları

	Küçük Ölçekli		Orta Ölçekli		Büyük Ölçekli	
	Frekans	Yüzde	Frekans	Yüzde	Frekans	Yüzde
BIM ilk yatırım maliyeti yüksektir	7	43,8%	15	35,7%	11	29,7%
BIM' e geçiş sürecinde üretkenlik zarar görür	5	31,2%	26	61,9%	25	67,6%
İş akışlarındaki değişim nedeniyle koordinasyon problemlerinin yaşanır	6	37,5%	33	78,6%	23	62,2%
BIM ile yürütülecek ilk projede uygulama hatalarından dolayı zaman ve maliyet kayıpları yaşanır	4	25,0%	16	38,1%	16	43,2%
İnşaat sektörünün BIM'e uyum sürecinin yavaştır	10	62,5%	33	78,6%	32	86,5%
Farklı disiplinlerin BIM yetkinlik düzeylerinin farklıdır	11	68,8%	32	76,2%	27	73,0%
Diğer	0	0,0%	1	2,4%	4	10,8%

Küçük ölçekli firma çalışanları %68,8'lik bir oranla farklı disiplinlerin BIM yetkinlik düzeylerinin farklı olmasını dezavantaj olarak değerlendirmekte ve bunu %62,5'lik bir oranla inşaat sektörünün BIM'e uyum sürecinin yavaş ilerlemesi takip etmektedir.

Orta ölçekli firma katılımcıları eşit frekanslarla (%78,6) en çok iş akışlarındaki değişim nedeniyle koordinasyon problemlerinin yaşandığını ve inşaat sektörünün BIM'e uyum sürecinin yavaş ilerlediğini belirtmiş ve bunu %76,2'lik bir oranla farklı disiplinlerin BIM

yetkinlik düzeylerinin farklı olması ile %61,9'luk oranla da BIM' e geçiş sürecinde üretkenliğin zarar görmesi takip etmiştir.

Büyük ölçekli firmalarda ise %86,5'lik bir oranla inşaat sektörünün BIM'e uyum sürecinin yavaş ilerlediği; %73,0'lık bir oranla farklı disiplinlerin BIM yetkinlik düzeylerinin farklı olduğu; 67,6'lık oranla BIM' e geçiş sürecinde üretkenliğin zarar gördüğü ve %62,2 iş akışlarındaki değişim nedeniyle koordinasyon problemlerinin yaşandığı ifade edilmiştir.

Tablo 10. BIM' in yaygınlaşmasını engelleyen faktörler

	Küçük Ölçekli		Orta Ölçekli		Büyük Ölçekli	
	Frekans	Yüzde	Frekans	Yüzde	Frekans	Yüzde
BIM'in ilk yatırım maliyeti yüksektir	9	56,2%	21	50,0%	15	41,7%
Süreçleri yönetmek için referans alınacak kılavuz veya standartlar eksiktir	4	25,0%	18	42,9%	22	61,1%
Firmalar BIM' e geçişe kapalıdır	10	62,5%	36	85,7%	27	75,0%
BIM geliştirme süreci zaman kaybı olarak görülmektedir	7	43,8%	25	59,5%	27	75,0%
Piyasada geleneksel proje süreci hâkimdir	11	68,8%	39	92,9%	31	86,1%
Sektör çalışanları BIM'e karşı şüphelidir, BIM 'e henüz hazır olunmadığı inancı yaygındır	7	43,8%	27	64,3%	24	66,7%

Tablo 10'un devamı

Taraflar arasındaki sözleşmede doğrudan BIM modeli referans olarak gösterilememektedir	2	12,5%	19	45,2%	13	36,1%
Diğer	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%

Küçük ölçekli firma katılımcıları %68,6'lık bir oranla piyasada geleneksel proje sürecinin hâkim olduğunu ve %62,5'lik bir oranla da firmaların BIM'e geçişe kapalı olduğunu belirtmişlerdir.

Orta ölçekli firma çalışanları %92,9'luk bir oranla yine piyasada geleneksel proje sürecinin hâkim olduğunu belirtmiş ve bunu çeşitli oranlarla firmaların BIM' e geçişe kapalı olması, sektör çalışanlarının BIM' şüpheli yaklaşması ve BIM geliştirme sürecinin zaman kaybı olarak değerlendirilmesi seçenekleri izlemiştir.

Büyük ölçekli firmalarda yine yüksek oranlarla piyasada geleneksel proje sürecinin hâkim olması, firmaların BIM' e geçişe kapalı olması, BIM geliştirme sürecinin zaman kaybı olarak görülmesi ve sektör çalışanlarının BIM'e şüpheli yaklaşması seçenekleri BIM önündeki en büyük engeller olarak görülmektedir.

Tablo 11. Katılımcıların lazer tarama teknolojisi hakkındaki bilgi düzeyi

	Küçük Ölçekli		Orta Ölçekli		Büyük Ölçekli	
	Frekans	Yüzde	Frekans	Yüzde	Frekans	Yüzde
Uzman düzeyde bilgi sahibi	0	0,0%	2	3,7%	0	0,0%
Orta düzeyde bilgi sahibi	4	22,2%	9	16,7%	10	23,2%
Bir miktar bilgi sahibi	7	38,9%	17	31,5%	15	34,9%
Bilgi sahibi değilim	7	38,9%	26	48,1%	18	41,9%

Küçük ölçekli firmalarda %38,9'luk bir kısım katılımcının bir miktar ve %22,2'lik kısmının ise orta düzeyde bilgi sahibi olduğu; %38,9'luk kısmının ise bilgi sahibi olmadığı belirlenmiştir.

Orta ölçekli firma katılımcılarının %48,1'lik kısmı bilgi sahibi olmadığını; %31,5'lik bir kısım katılımcı bir miktar, %16,7'lik bir kısmı orta düzeyde ve %3,7 gibi küçük bir kısım katılımcı ise uzman düzeyde bilgi sahibi olduğu belirtmiştir.

Büyük ölçekli firma çalışanlarından %41,9'luk bir kısım katılımcı bilgi sahibi olmadığını; %34,9'luk bir kısım katılımcı bir miktar ve %23,2'lik bir kısım ise orta düzeyde bilgi sahibi olduğu ifade etmiştir.

Tablo 12. Firmaların lazer tarama teknolojisi kullanım düzeyi

	Küçük Ölçekli		Orta Ölçekli		Büyük Ölçekli	
	Frekans	Yüzde	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde
Aktif olarak kullanıyor	0	0,0%	2	3,7%	7	16,3%
Bazen kullanıyor	4	22,2%	12	22,2%	7	16,3%
Kullanmıyor	14	77,8%	40	74,1%	29	67,4%

Küçük ölçekli yüklenicilerin %77,8'inin lazer tarama teknolojisini kullanmadığı ve %22,2'lik bir kısım firmanın ise bazen kullandığı; orta ölçekli firmaların %74,1'inin bu teknolojiyi kullanmadığı, %22,2'sinin bazen ve %3,7'sinin ise aktif olarak kullandığı; büyük ölçekli firmaların %67,4'ünün lazer taramayı kullanmadığı, %16,3'lük bir kısmının bazen ve yine %16,3'lük kısmının ise aktif olarak kullandığı belirlenmiştir.

Tablo 13. Lazer tarama teknolojisine geçiş ve adaptasyon sürecinde yaşanan zorluklar

	Küçük Ölçekli		Orta Ölçekli		Büyük Ölçekli	
	Frekans	Yüzde	Frekans	Yüzde	Frekans	Yüzde
Nokta bulutları arasında gezinmek ve belirli noktayı seçmek zordur	2	66,7%	5	27,8%	4	30,8%
Bazı çalışmalarda nokta bulutları birbirini algılamamakta ve birleşmemektedir	1	33,3%	14	77,8%	8	61,5%

Tablo 13'ün devamı

Taranan verilerin BIM ortamına aktarılması manuel bir işlem olduğundan problemler yaşanmaktadır	1	33,3%	3	16,7%	4	30,8%
BIM ortamında verilerin kullanımı problem olmaktadır	1	33,3%	4	22,2%	4	30,8%
Tarama verilerinin katı modele dönüştürülmesi problem oluşturmaktadır	1	33,3%	13	72,2%	9	69,2%
Tarama verilerinden 2d ve 3d farklı uzantılarla export oluşturmak problem oluşturmaktadır	3	100,0%	7	38,9%	11	84,6%
Diğer	0	0,0%	1	5,6%	0	0,0%

Lazer tarama teknolojisi bilgi düzeyi düşük olduğu için bu sorunun cevaplanma yüzdesi oldukça düşük seviyelerde kalmıştır. Tablo genel hatları ile değerlendirilecek olursa, sunulan seçeneklerin hepsinin çeşitli oranlarda bu teknolojiye geçiş ve adaptasyon süreci zorluğu olarak değerlendirildiği ancak; çoğunlukla nokta bulutlarının birbirini algılamaması, nokta bulutları arasında gezinmenin zorluğu, tarama verilerinin katı modele dönüştürülmesi ve 2-3D gibi farklı uzantılarla senkronize edilmesi sırasında problemler yaşanması lazer teknolojisi adaptasyon süreci zorluğu olarak görülmektedir.

Tablo 14. Lazer tarama teknolojisinin dezavantajları

	Küçük Ölçekli		Orta Ölçekli		Büyük Ölçekli	
	Frekans	Yüzde	Frekans	Yüzde	Frekans	Yüzde
Lazer tarama cihazları donanım olarak pahalı ve ağırdır	9	100,0%	21	84,0%	13	100,0%
Verilerin işlenebilmesi için yüksek düzeyde bilgisayar gereklidir	7	77,8%	22	88,0%	12	92,3%
Nokta bulutu verisi, veri tabanında oldukça büyük	3	33,3%	16	64,0%	11	84,6%

yer kaplamaktadır						
Hava koşulları uygunsuz olduğunda yeterli veri alınamamaktadır	1	11,1%	7	28,0%	5	38,5%
Geniş ve karışık yüzeylerde tek seferde obje geometrisi yakalamamaktadır	0	0,0%	11	44,0%	9	69,2%
Obje yüzeylerinin yansıtıcılığı, rengi ve parlaklığı gibi özellikler veri kalitesini etkilemektedir	1	11,1%	4	16,0%	2	15,4%
Lazer tarama aletleri çalışma sıcaklığı belirlenen aralığı aştığında otomatik olarak kapanmaktadır	1	11,1%	0	0,0%	0	0,0%
Diğer	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%

Tablo genel hatları ile değerlendirildiğinde; üç firma ölçeğinde de katılımcılar en büyük dezavantajlarının lazer tarama cihazlarının donanım olarak pahalı ve ağır olması ile verilerin işlenebilmesi için yüksek düzeyde bilgisayar gerektirmesi olduğunu belirtmiştir. Bunu çeşitli oranlarla nokta bulutunun veri tabanında büyük yer kaplaması ve geniş ve karışık yüzeylerde tek seferde obje geometrisi yakalanamaması takip etmektedir.

Tablo 15. Katılımcıların BIM- lazer tarama teknolojisi entegrasyonu hakkındaki bilgi düzeyi

	Küçük Ölçekli		Orta Ölçekli		Büyük Ölçekli	
	Frekans	Yüzde	Frekans	Yüzde	Frekans	Yüzde
Uzman düzeyde bilgi sahibi	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Orta düzeyde bilgi sahibi	2	11,1%	5	9,3%	0	0,0%
<i>Tablo 15'in devamı</i>						
Bir miktar bilgi sahibi	9	50,0%	6	11,1%	18	41,7%
Bilgi sahibi değilim	7	38,9%	43	79,6%	25	58,3%

Tablo 16. BIM ve lazer tarama entegrasyonu sisteminin yapım sürecindeki kalite kontrol faaliyetlerinde kullanım düzeyi

	Küçük Ölçekli		Orta Ölçekli		Büyük Ölçekli	
	Frekans	Yüzde	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde
Aktif olarak kullanıyor	0	0,0%	0	0,00%	0,0%	0
Bazen kullanıyor	0	0,0%	0	0,00%	0,0%	0
Kullanmıyor	18	100,0%	54	100,0%	100,0%	43

Tablo 15 ve 16 ya göre; BIM ve lazer entegrasyonu hakkında bilgi sahibi olanların düzeyi üç firma ölçeğinde de oldukça düşüktür. Ayrıca ankete katılan firmaların hiçbirinin bu sistemi kalite kontrol faaliyetlerinde kullanmadığı da belirlenmiştir.

Tablo 17. BIM ve lazer tarama entegrasyonu sisteminin yapım sürecindeki kalite kontrol faaliyetlerinde kullanılmasının zorlukları

	Küçük Ölçekli		Orta Ölçekli		Büyük Ölçekli	
	Frekans	Yüzde	Frekans	Yüzde	Frekans	Yüzde
İlk yatırım maliyeti yüksektir	3	75,0%	5	62,5%	1	12,5%
Tarama zaman alan bir işlemdir	2	50,0%	3	37,5%	6	75,0%
Tarama esnasında hedef bulma ve etiketleme zaman alan manuel işlemler içerir	1	25,0%	4	50,0%	0	0,0%
Piyasadaki BIM araçları nokta bulutlarını içeri aktaramadığından ilk önce CAD'de modelleme yapmak gereklidir	0	0,0%	1	12,5%	2	25,0%
3D modelleme manuel olduğundan insan hatasına maruz kalmaktadır	0	0,0%	4	50,0%	6	75,0%

3D modelleme zaman alan bir işlemdir	1	25,0%	6	75,0%	7	87,5%
Bu sistemin kullanımını içeren kılavuzlar bulunmamaktadır	0	0,0%	7	87,5%	5	62,5%
Diğer	0	0,0%	0	0,0%	1	12,5%

BIM-lazer entegrasyonu bilgi düzeyi düşük olduğundan bu sorunun yanıtlanma yüzdesi de düşük seviyelerde kalmıştır. Tablo incelendiğinde seçenekler firma ölçeğine göre değişmekle birlikte, çoğunlukla 3D modellemenin zaman alan bir işlem olması, bu sistemin kullanımını içeren kılavuzların bulunmaması, taramanın zaman alan bir işlem olması, 3D modellemenin manuel olması sebebiyle insan hatasına maruz kalması ve ilk yatırım maliyetinin yüksek olması seçenekleri bu sistemin zorlukları olarak değerlendirilmektedir.

3. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

İnşaat sektörünün parçalı ve dinamik yapısı inovatif tekniklerin sektöre entegrasyonunu zorunlu kılmaktadır. Bu inovatif yaklaşımlar geleneksel yöntemlerin çok ötesinde ve sektörü pek açıdan destekleyecek niteliktedirler. Bu teknikleri kullanmayan sektör paydaşları da sunacağı faydaların farkındadırlar. Ancak sektörün geleneksele sıkı sıkıya bağlı olması bu noktada pek çok adaptasyon sorununu beraberinde getirmektedir.

Bu bağlamda çalışmamız BIM ve lazer tarama teknolojisine adaptasyon sürecinde yaşanan problemler ve zorluklar ile bu teknolojilerin gelişiminin önündeki engelleri ele almaktadır. Alan çalışması sonucu bu teknolojilerin farkındalık ve kullanımının olması gereken düzeyin altında olduğu belirlenmiştir. Bunun başlıca nedenleri inşaat sektörünün bu teknolojilere uyum sürecinin yavaş olması, piyasada geleneksel proje sürecinin hâkim olması, sektör paydaşlarının şüpheli yaklaşımları ve firmaların yenilikçi tekniklere kapalı olması sayılabilir. Ayrıca bu teknikler hakkındaki bilgi düzeyi yeterli seviyelerde olmadığından alanında yetkin personel bulmak büyük bir sorun teşkil etmekte ve değişen alışkanlıklar ile farklı sorumluluklar getirmesi problemlere neden olmaktadır. Ayrıca bu sistemlerin ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olması, sağlam bir alt yapı geliştirme ve nitelikli personel yetiştirme süreci gerektirmesi firmalar üzerinde büyük bir yük olmaktadır. Tüm bu sebeplerden ötürü firmalar bu teknolojilere temkinli yaklaşmaktadırlar. Ancak bu teknolojilerin AEC endüstrisindeki hızlı gelişimi göz önünde bulundurulduğunda bu adaptasyon problemlerinin bir an önce aşılması gerektiği açıktır.

Özellikle Türk inşaat sektörünün yeniliklere karşı dirençli yapısı, sektördeki firmaların uluslararası piyasaya açılmasına engel olmaktadır. Teknoloji ile entegre olmuş bir şirket profili ilerleyen yıllarda sektördeki rekabet ortamında öne çıkmanın temel koşullarından biri olacaktır. Bu nedenle teknolojiye geçiş ve adaptasyon sürecinde firmaların karşılaştığı yüklerin hafifletilmesi ve bu teknolojilerin kullanımı için gerekli yönetmelik ve standart gibi düzenleyici kılavuzların eksikliğinin giderilmesi gerekmektedir.

4. KAYNAKLAR

- Akkaya, D., 2012. İnşaat sektöründe yapı bilgi modellemesi hakkında inceleme, *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Akkoyunlu, T., 2015. Kentsel dönüşüm projeleri için BIM uygulama planı önerisi, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- 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.
- Cerda, W., and Marin, C., 2010. Building Information Modeling.
- Çelik, H., 2011. Karayolları etüt ve proje çalışmalarında mobil haritalama sistemlerinin kullanılabilirliği, *Yüksek Lisans Tezi*, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya



- Çuhadar, F. G., 2017. Mimarlık hizmeti kapsamında bina bilgi modelleme: "G Villa" konut projesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Kültür Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., and Liston, K., 2011. BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors. John Wiley & Sons, New Jersey.
- Gümüş, K., ve Erkaya, H., 2007. Mühendislik uygulamalarında kullanılan yersel lazer tarayıcı sistemler, *11. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara, 2-6 Nisan.
- Hajian, H., and Becerik-Gerber, B., 2009. A research outlook for real-time project information management by integrating advanced field data acquisition systems and building information modeling. *Computing in civil engineering*, 83-94.
- Işıkdag, Ü., 2015. *Enhanced Building Information Models: Using IoT Services and Integration Patterns*. 13-24.
- Işıkdag, Ü. ve Kuruoğlu, M., 2008. İnşaat Bilişimi: Tanım ve Kapsam, *Türkiye Mühendislik Haberleri*, 451.
- Karasaka, L., 2012. Mobil yersel lazer tarama sistemlerinin fotogrametrik rölöve projelerinde kullanılabilirliği üzerine bir çalışma, *Doktora Tezi*, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Kern, F., 2001. Supplementing Laserscanner Geometric Data With Photogrammetric Images Formodelling. *In Proceedings of 18th International Symposium CIPA 2001*. Potsdam, Germany, September 18 – 21, pp. 454 – 461.
- Kim, M. K., Cheng, J. C., Sohn, H., and Chang, C. C., 2015. A framework for dimensional and surface quality assessment of precast concrete elements using BIM and 3D laser scanning. *Automation in Construction*, 49, 225-238.
- Kula, B., ve Ergen, E., 2017. Lazer tarayıcı teknolojisinin yapım yönetiminde kullanım alanları, *Uluslararası Katılımlı 7. İnşaat Yönetimi Kongresi*, Samsun, 6-7 Ekim 2017
- Laing, R., Leon, M., Isaacs, J., and Georgiev, D., 2015. Scan to BIM: the development of a clear workflow for the incorporation of point clouds within a BIM environment. *WIT Transactions on The Built Environment*, 149, 279-288.
- Ofluoğlu, S., 2009. Yapı bilgi modelleme: yeni nesil mimari yazılımlar. *Mimar Sinan Üniversitesi, Enformatik Bölümü*. <http://www.sayisalmimar.com/yayin/ybm.pdf>, 25 Nisan 2019.
- Özdemir, S., 2014. Yersel lazer tarama ve yersel fotogrametri ile elde edilen yüksek çözünürlüklü verilerden üretilmiş üç boyutlu modellerin karşılaştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gümüşhane
- Reshetyuk Y., 2006. Investigation and calibration of pulsed time-of-flight terrestrial laser scanners, *Phd thesis, in Geodesy*, Royal Institute of Technology (KTH) Department of Transport and Economics Division of Geodesy, Stockholm, Sweden.
- Reshetyuk, Y., 2009. Self-calibration and direct georeferencing in terrestrial laser scanning, *Doctoral thesis in Infrastructure, Geodesy*, Royal Institute of Technology (KTH) Department of Transport and Economics Division of Geodesy, Stockholm, Sweden.
- Tanyer, A. M., & Pekerçli, M. K. 2008. İnşaat sektörü için bilgi teknolojilerindeki son gelişmeler, *Türkiye Mühendislik Haberleri*, 451.
- Torun, A. ve Düzgün, Ş., 2013. Lidar nokta bulutundan veri yönelimli teknikle bina çatılarının yatay yüzeylerinin çıkarılması, *Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği VII. Teknik Sempozyumu*, KTÜ, Trabzon, 23-25 Mayıs 2013.
- Wunderlich, T., 2003. Terrestrial laser scanning-an important step towards construction. *In Information FIG Working Week*, Paris, France, April 13-17.

NOT: Bu çalışma Hasan POLAT danışmanlığı ile Hülya BAHÇECİ tarafından yazılan "Bina Yapım Sürecinde İnovatif Kalite Kontrol Tekniklerinin Firma Ölçeğine Göre Farkındalık Analizi" adlı yüksek lisans tezinden üretilmiştir. Bu tez çalışmasını MİF.19.01 no'lu proje kapsamında destekleyen Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (FÜBAP) birimine katkılarından dolayı teşekkür ederiz.