

BİM İLE YAPI YAKLAŞIK MALİYETİ HESAPLAMA ÖNERİSİ

M. Enes KARAGÖZ

Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Enformatik Bölümü

e-posta:eneskaragoz23@windowslive.com

ÖZET

Bu makalede BIM kullanımının metraj, maliyet ve yapının ön tasarım aşamasında, projenin yaklaşık maliyeti, bir diğer söylemle projenin yapılabirliği konusuna sağladığı kolaylıklar ve katkılar incelenmiştir. BIM'in proje sürecine sağladığı olumlu katkılar görülmektedir. Özellikle metraj ve maliyet konularında ise geleneksel yöntemlere göre doğruluk payının yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: BIM, Metraj, Maliyet, Yapı Yaklaşık Maliyeti

ABSTRACT

This article was investigated to use of BIM, the cost and the preliminary design stage of construction, the approximate cost of the project, providing convenience to the subject of the feasibility of the project and other additives were studied rhetoric. The positive contributions of BIM to the project process are seen. It has been observed that the quantity of accuracy is higher in terms of quantity and cost, especially compared to traditional methods.

Key Words: BIM, Scheduling, Cost, Cost Estimation

1. BİNA BİLGİ MODELLEMESİ (BİM)

İnşaat sektöründe iki boyutlu bilgi kaynağı olan CAD çizimleri sektör için yetersiz kalmaya başlamıştır. Sektör içerisindeki paydaşlar arasında oluşan iletişimsizlik, tasarım süreçlerindeki koordinasyonsuzluktan kaynaklanan süre ve maliyet kayıpları, yeni bir yapım sürecinin veya bir diğer söylemle yeni bir otomasyon sisteminin oluşmasını desteklemiştir. Bilişim teknolojilerinin sürekli geliştiği ve inşaat sektörünün bu gelişmelerden geride kaldığı bu süreç sonrasında, sektördeki firmaların yaşadıkları koordinasyon, paydaşlar arası iletişim sorunları, maliyet ve iş gücü kaybı yeni bir süreç yönetimine olan ihtiyacı kanıtlar nitelikte olmuştur. Ayrıca 90'lı yılların başından itibaren yapılan bilişim teknolojileri ve inşaat sektörü ilişkisini araştıran akademik çalışmalar da (Betts,1991) bu sorunların kanıtı niteliğindedir.

İnşaat sektörünün otomasyonu, bina teknolojisi veya bilgi yönetimi ile ilişkilidir. Belirtilen sorunlar(Betts,1991), Bina Bilgi Modellemesi ,bir diğer adıyla BIM, sürecinin oluşmasını sağlamıştır. BIM, adından da anlaşıldığı üzere projenin tüm hatlarıyla 3 boyutlu ve 2 boyutlu olarak modellenmesi, projede bulunan elemanların üzerine bilgilerin eklenmesi ve projenin genel bilgilerinin tanımlanması olarak ifade edilebilir (Eastman ve ark.,2004). Bu, tümleşik projenin (tüm hatlarıyla modellenmiş ve bilgilerin eklenmiş olduğu proje) oluşturulması ve projenin İnternet üzerinden bulut tabanlı yazılımlarla beraber tüm paydaşlara iletilmesi ve ortak olarak yönetilmesidir. Yapının hayat serüveni sürecine (tasarım, yapımı, işletmesi, yıkımı) proje paydaşlarına sanal ortamda bilgi aktarılması, yönetilmesi ve depo edilmesi gibi olanaklar sağlayan bir yöntemdir(Penttilä,2006).

“Bir bina bilgi modelinin temel faydası, bir binanın parçalarının bütünleşik bir veri ortamında, doğru geometrik temsilidir ”(CRC Construction Innovation ,2007). Şekil 1’de görüldüğü üzere CAD ve BIM arasındaki bilgi akışı ve anlatımı farklılıklar içermektedir.



Şekil 1: CAD ve BIM Planları (URL-1)

1.1 Bina Bilgi Modellemesi Metraj Verimliliği

BİM, bir tasarım programı değildir; aksine tasarımın yapıldığı ve yönetildiği gerekli koordinasyonun ve verilerin bütünüdür. BİM yazılımları; tasarımın geliştirilmesinde, projenin görsel olarak modellenmesinde, proje bilgilerinin tanımlanmasında kullanılmaktadır. BİM tasarım yazılımlarından bazıları:

- Autodesk Revit
- Allplan
- Bentley
- ArchiCAD
- Vectorworks

Bu yazılımlar, BİM sürecinde projenin tasarımının, proje bilgilerinin oluşturulmasının ve bilgilerin projeye eklenmesinde kullanılan programlardır.

BIM yazılımların özelliklerinde biri de kullanıcılar tarafından da geliştirilebilmesidir. Yazılımları geliştirmek için BIM yazılımlarıyla beraber çalışan bazı ara yazılımlar da bulunmaktadır. Örnek olarak Autodesk ürünü olan BIM yazılımı Revit içerisinde parametrik bir modelleme programı olarak Dynamo yazılımı kullanılmaktadır. Bu ek yazılımlar parametrik obje tasarımının yanı sıra tekrarlanan işleri de kolaylaştırmaktadır. Örneğin, sadece kolon objelerinin üzerine eklenmesi gereken bir bilginin proje içerisinde bulunan birçok kolona yazılan kod ile eklenmesi mümkündür. Bir diğer örnek olarak yapı tasarımında da kullanılmaktadır. İnsan eliyle çizimi zor olan modellerin ve rutin tasarımların yerine farklı formlarda modellerin oluşturulması Dynamo kullanarak mümkündür. Şekil 2'den de anlaşıldığı gibi kod yazılarak çeşitli formlarda tasarımlar oluşturulabilmektedir ve bu oluşturulan tasarımları çeşitlendirmek mümkündür. Bu yazılımlar farklı formlarda ki tasarımların modellenmesini kolaylaştırmaktadır.



Şekil 2: Dynamo Parametrik Tasarım Modeli

Metraj, bir yapının içerisinde kullanılan malzemelerin ve işçiliğinin miktarı olarak özetlenebilir. Metraj, yapı yaklaşık maliyeti veya proje süreç planlaması gibi inşaat işletmesinin ana öğelerindedir (Lu ve ark.,2014). Ön tasarım aşamasından başlayarak projenin ihale süreci ardından projenin yapım süreci ve projenin bitimine kadar gerekli olan verilerdir (Monteiro ve ark., 2013). Bu veriler BIM yazılımlarıyla ve bu yazılımlarla beraber çalışan ara yazılımlarla elde edilebilmektedir. Metraj verilerini daha pratik şekilde elde etmek için kullanıcılar tarafından ara yazılımlarla kodlar da geliştirilebilmektedir.

Birçok firma metrajın belirlenmesinde geleneksel yöntemleri kullanmaktadır. Bu yöntemler CAD çizimlerinden alınan verilerin Microsoft Excel tablolarına işlenmesiyle yapılmaktadır. Dolayısıyla bu süreç hataya oldukça açıktır (Monteiro ve ark., 2013). Zaman içinde hata payını azaltmak için ve verimliliği artırmak adına 2B'li CAD çizimleri üzerinden otomatize edilmiş bazı ara yazılımlar ve/veya makrolarda geliştirilmiştir (Özdemir ve ark.,2011; Özdemir ve ark.,2012; Kunz ark.,2003).BIM, modelleme araçlarıyla ve geleneksel yöntemlerle elde edilen metrajlar arasındaki hesap farkını irdelemek için BIM araçları kullanılarak oluşturulan modellerde metraj verisini hızlı bir şekilde elde etmek mümkündür (Wu ve ark.,2014). BIM araçları, genel

olarak yapı elemanlarının geometrik özelliklerini kullanarak hesaplamalar yapmak ve metin biçiminde alan ve hacim gibi uzamsal miktarları sağlamak için fonksiyonlar içerir. BIM temelli metraj verisinin; projenin daha basit daha ayrıntılı ve doğru maliyet tahminlerini sağladığı, zaman ve harcamaları azalttığı bildirilmiştir (Nour ve ark.,2008). Bunun yanında BIM modelleme araçlarının metraj konusunda gelişmesi ve otomatize edilmesinin gerekliliği vurgulanmıştır (Jun ve ark., 2011). Bu otomasyona örnek olarak Kim ve ark. 2009 yılında yaptıkları çalışmada BIM temelli metraj ve maliyet tahmin sürecinin verimliliğini önemli ölçüde artırabileceği bir sistemi vaka çalışmasında incelediler.

Farklı bir çalışma biçimi olarak BIM modelleme araçlarından birisi olan Allplan programı incelendiğinde metraj verisi için oluşturulmuş hazır formda bulunan rapor temaları da mevcuttur (Nemetschek Allplan,2015).

Kaba Metraj Cetveli Minhali						
Proje:						
Oluşturan:						
Tarih / Saat:						
Net:						
BU LİSTE SADECE KABA MALZEMELERİ HESAPLAR (ÇOĞU KOLONUNDAKI DEĞERLER BRÜT METRAJ DEĞERLERİDİR.)						
Kolon	1	0.50 m	1.42 m	3.50 m		3.5 m
Kolon	1	0.50 m	1.82 m	3.50 m		3.5 m
Kolon	2	0.60 m	1.82 m	3.50 m		7.0 m
Kolon	1	0.60 m	1.83 m	3.30 m		3.3 m
Kolon	2	0.50 m	1.83 m	3.50 m		7.0 m
Kolon	36	1.20 m	0.40 m	3.30 m		118.8 m
Kolon	8	1.40 m	0.60 m	3.30 m		26.4 m
Kolon	6	1.60 m	0.60 m	3.30 m		19.8 m
Concrete, Cast-in-Place gray : Birim: m³					Toplam: 1.166 m³	
Kiriş	1	0.25 m	2.57 m	0.60 m		0.386 m³
Kiriş	2	0.25 m	2.60 m	0.60 m		0.780 m³
002 - (146.00)Bodrum 2 Kotu						
Concrete, C30/37 : Birim: m³					Toplam: 1,086.63 m³	
Döşeme	1	3.60 m	4.43 m	0.20 m		15.94 m³
Döşeme	1	6.55 m	6.80 m	0.20 m		44.54 m³
Döşeme	1	6.60 m	9.66 m	0.27 m		63.75 m³
Döşeme	1	6.90 m	16.00 m	0.27 m		199.22 m³
Döşeme	1	6.90 m	25.90 m	0.20 m		176.12 m³

Şekil 3: Allplan Metraj Raporu

Şekil 3'de de görüldüğü gibi Allplan kendi içerisinde hazır bir metraj raporuna sahiptir. Bu rapor, içerisinde gerekli hesaplamaları ve gerekli bileşenleri içermektedir. Ek olarak kullanıcılar tarafından metraj raporlarının ara yazılımla geliştirilebilmekte mümkündür.

Şekil 4'de bir diğer Bina Bilgi Modellemesi yazılımı olan Revit programında kullanıcıların metraj alması mümkündür. Revit programında hazır formda bulunan metraj raporu sayfasının yerine, kullanıcının tanımladığı metraj sayfaları oluşturulur (Autodesk Revit,2017).

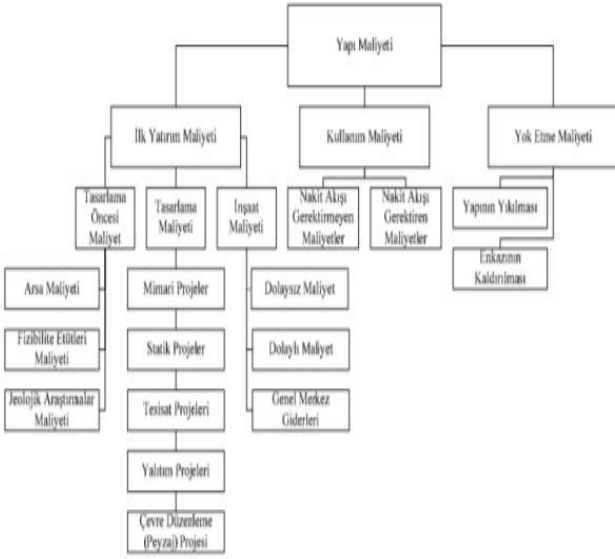
Structural Framing Schedule					
Type	Reference Level	Count	Length	Cut Length	Volume
BC14200	L_01	11	7000	4900	1.27 m³
BC14200	L_01	11	10000	7000	2.24 m³
BC14200	L_01	11	7000	4900	0.86 m³
BC14200	L_01	11	10000	7000	2.24 m³
BC14200	L_01	11	7000	4900	0.86 m³
BC14200	L_01	11	10000	7000	2.24 m³
BC14200	L_01	11	7000	4900	0.86 m³
BC14200	L_01	11	10000	7000	2.24 m³

Şekil 4: Revit Metraj Tablosu

2. YAPI YAKLAŞIK MALİYETİ

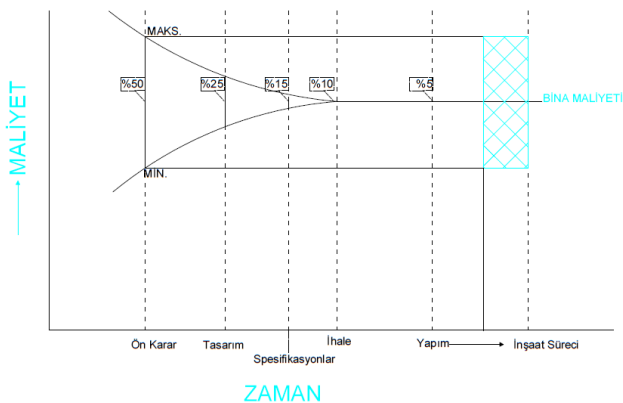
Maliyet, bir ürünü yapmak için verilen bir diğer söylemle harcanan para miktarı olarak tanımlanabilir. Diğer bir söylemle, ürünü elde etmek için üretim giderlerinin bütününe maliyet denir. Yapı maliyeti ise binanın üretim süreci için yapılan harcamalardır.

İnşaat projesi genel maliyetleri Şekil 5'teki gibi tanımlanabilir. Yapı maliyetinin Kuruoğlu ve ark. (2012) Şekil 5'te 3 ana başlıkta açıklamıştır. Bu başlıklar İlk Yatırım Maliyeti, Kullanım Maliyeti, Yok Etme Maliyeti.



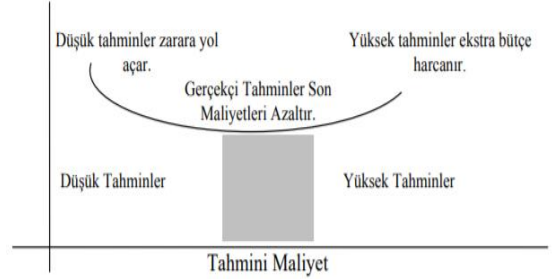
Şekil 5: İnşaat Sektöründeki Genel Maliyetleri (Kuruoğlu ve ark.,2012)

Yapı yaklaşık maliyeti, bir yapının yaklaşık olarak ne kadar bir maliyet gerektirdiğini tespit etme sürecinin genel adıdır; bir başka şekilde söylemek gerekirse projenin yapılabilirliği (Kanıt ve Başkan,2004). Yapı maliyet tahmininin en önemli adımının ön tasarım aşamasında ortaya çıktığı gözlenmektedir (Bayram ve ark.,2016). Şekil 6'te ön karar veya ön tasarım aşamasında, maliyetin %50 oranında bir yanılma payına sahip olduğu belirtilmiştir (Bayram ve ark.,2016).



Şekil 6: Yapı Maliyeti ve İnşaat Süreci (Bayram ve ark.,2016)

Şekil 7'te de görüldüğü üzere yapı maliyeti, yapının ön tasarım aşamasında hata payının en yüksek olduğu aşamadır. Geleneksel yöntemlerle yapılan maliyet tahminlerinde tahminin belirsiz kalmasına ve yapılan tahmine göre sonucun tahminden az yada fazla olmasına sebep olmaktadır (Abanda ve ark.,2015). Bu sebeple maliyetin ön tasarım aşamasında doğru veya doğruya yakın şekilde hesaplanması milli servetin heba olmasının önüne geçilmesini sağlayacaktır.



Şekil 7: Maliyet Tahmini (Phaobunjong, 2002)

Şekilde görüldüğü gibi düşük tahmin veya yüksek yapılan tahminler, projelerde para kayıplarına sebep olmaktadır. Yapılan gerçekçi tahminler ise bu kayıpları engellemektedir (Kuruoğlu ve ark.,2012).

Günümüzde inşaat sektöründe yaklaşık maliyet hesapları diğer bir söylemle fizibilite çalışmalarını ve/veya bütçe çalışmalarını (Çelik 2005) araştırmasında 3 ana kategoriye bölmüştür. Bu kategoriler şu şekilde sıralanmıştır:

- İstatistik-Olasılık Analizleri
Kat alanları veya hacim baz alınarak ortalama bir katsayıyla çarpılıp tahmin yapılmaktadır.
- Benzer Projeler ile Karşılaştırma
Benzer projelerle karşılaştırarak. Örnek olarak A konut projesinde kullanılan metrajı B konut projesinde de oluşacağını düşünmek.
- Yapay Zekâ Teknikleri
Uzman sistemler ile tahmin yöntemleri ve Yapay sinir ağları yöntemiyle tahmini maliyetlere ulaşmak.

Bu kategoriler geleneksel maliyet bulma yöntemlerini açıklamaktadır.

	İMALAT CİNSİ	YIĞMA		BETONARME KARKAS	
1	Betonarme Betonu	0,250	m ³ /m ²	0,380	m ³ /m ²
2	Betonarme Demiri	22	kg/m ²	34	kg/m ²
3	Kalıp	1,75	m ³ /m ²	2,60	m ³ /m ²
4	Kalıp İskelesi	1,90	m ³ /m ²	2,80	m ³ /m ²
5	İş İskelesi	1,43	m ² /m ²	1,43	m ² /m ²
6	Tuğla Duvar	0,200	m ³ /m ²	0,150	m ³ /m ²
7	İç Sıva	2,40	m ² /m ²	2,40	m ² /m ²
8	Dış Sıva	1,30	m ² /m ²	1,30	m ² /m ²
9	Tavan Sıvası	0,90	m ² /m ²	0,90	m ² /m ²
10	Badana (İç)	3,00	m ² /m ²	3,00	m ² /m ²
11	Fayans-Seramik	0,30	m ² /m ²	0,30	m ² /m ²
12	Ahşap Yapı + Karkas	0,15	m ² /m ²	0,15	m ² /m ²
13	Ahşap Pencere	0,12	m ² /m ²	0,12	m ² /m ²
14	Yağlı Boya	0,42	m ² /m ²	0,42	m ² /m ²
15	Ahşap Çatı, Kiremit Örtü (Toplam İnşaat Alanı Üzerinden)				
	Tek kat	1,25	m ² /m ²	1,25	m ² /m ²
	İki kat	0,63	m ² /m ²	0,63	m ² /m ²
	Üç kat	0,42	m ² /m ²	0,42	m ² /m ²
	Dört kat	0,33	m ² /m ²	0,33	m ² /m ²
	Beş kat	0,25	m ² /m ²	0,25	m ² /m ²
16	Metal örtü (Toplam İnşaat Alanı Üzerinden)				
	Tek kat	1,33	m ² /m ²	1,33	m ² /m ²
	İki kat	0,67	m ² /m ²	0,67	m ² /m ²
	Üç kat	0,44	m ² /m ²	0,44	m ² /m ²
	Dört kat	0,34	m ² /m ²	0,34	m ² /m ²
	Beş kat	0,24	m ² /m ²	0,27	m ² /m ²
17	Mozaik Döşeme Kaplaması	0,90	m ² /m ²	0,90	m ² /m ²
18	Cam	0,10	m ² /m ²	0,10	m ² /m ²

Tablo 1: Yapı Birim Alanına Yaklaşık Metraj Sabitleri (Uğur,2007)

Karkas ve yığma yapılar için tahmini metraj hesaplanmasına yönelik olan kat sayılar Tablo 1 de tanımlanmıştır (Uğur,2007). Bu kat sayılar sektörde içerisinde bulunan kişilerden ortalama değerler alınarak oluşturulmuştur.

Örnek olarak toplam alanı 2300 m² olan karkas bir binanın yaklaşık metrajları şu şekilde hesaplanabilir:

Betonarme Betonu : 2300*0,380= 874m³
 Betonarme Demiri: 2300*34=78,2 ton

Bu sonuçlar kabullere göre yapılmıştır. Net ve doğru bilgi içermediği için tahmini metrajlardır. Bu tahmini metrajlar, birim fiyatlarla çarpıldıktan sonra yapı yaklaşık maliyetini ortaya çıkarmaktadır. Yapılan tahmini maliyet hesaplamaları metraj verileri doğru olmadığı için yanılma payı yüksektir.

Bina yaklaşık maliyetini doğru şekilde hesaplayabilmek akademik çalışmalara da konu olmuştur. Bu çalışmalarda birçok ara yazılım üretilmiştir. Üretilen ara yazılımlar CAD çizimlerinden metraj ve maliyet oluşturmaktadır. Bu yazılımlara örnek olarak bazı akademik çalışmalar aşağıda sunulmuştur:

- KYTE ve ark.(2004) yapmış olduğu çalışmada altyapı projeleri (yol, tünel, köprü vb.) için internet ağı üzerinden açık kaynaklı bir yazılımla yaklaşık maliyeti hesaplanmaya çalışılmıştır.
- Özdemir ve ark. (2011) yaptığı çalışmayla CAD çizimini kullanarak metraj hesaplanmasını ve Özdemir ve ark. (2012) yaptığı çalışmayla yaklaşık maliyet hesaplayan sunucu tabanlı çalışan ara yazılım oluşturmuşlardır.

Yukarıdaki akademik çalışmaların yanında ek olarak bazı yaklaşık maliyet ve metraj hesaplamaları için özel yazılımlarda bulunmaktadır. OSKA e-Hakediş, AMP Hakediş ülkemizde yaygın olarak kullanılan bazı özel yazılımlardan birkaçıdır. Bluebeam Revu, Construction Online vb. yazılımlarda dünya genelinde yaygın olarak kullanılan bazı metraj ve maliyet programlarıdır.

Yapı yaklaşık maliyeti ve maliyet hesapları günümüzde daha çok Çelik (2005) çalışmasında da belirtildiği gibi benzer projelerle karşılaştırma, döşeme elemanına dayalı fiyat analizi, alan ve hacime dayalı fiyat analizleri kullanılarak yapılmaktadır. Yapı projelendirildikten sonra elde net veriler ve metrajlar bulunmadan yapı yaklaşık maliyetleri hesaplanmaktadır. Uğur,(2007)'ün çalışmasında da aynı konu üzerinde durulmuştur. Benzer şekilde net olmayan kabullerle metraj ve

dolaylı olarak maliyet analizleri yapılmaktadır. Bu süreçlerle yapılan fizibilite çalışmalarının doğru ve net sonuçlar getirmeyeceği aşikârdır.

2.1 Bina Bilgi Modellemesinin Yapı Yaklaşık Maliyetinin Bulmasına Katkısı

BIM araçlarıyla doğru ve net metrajların projenin ön karar aşamasında elde etmek mümkündür. Bu veriler ışığında daha hızlı sonuçlar elde etmek mümkündür. Verilerin doğruluğu doğru fizibilite çalışmasını destekleyecektir. Doğru metrajla doğru maliyet tahminleri oluşacaktır. Bayram ve ark. (2016) da elde ettikleri maliyet kayıplarının ön karar aşamasında %50 olduğu yönündedir. Bu yüzdelik ön karar aşamasında doğru metrajın doğru maliyetin önemini vurgulamaktadır. Örnek olarak Kurul ve arkadaşlarının (2012) yaptığı çalışmada Google SketchUp programını kullanarak ön tasarım aşamasında oluşturulan geometrik model üzerinden maliyet verileri, bina performansı ve yapının işlevselliği gibi bir çok konu ara yazılım veya bir diğer söylemlerle eklenti kullanılarak elde edilmiştir. Eş zamanlı elde edilen bu veriler karar verme konusunda da tasarımcıları desteklemektedir.

Bir diğer çalışmada da BIM'in, metraj ve maliyet tahmini için verileri ve maliyet bilgilerini dijital bina modeline bağlayabilme ve tasarım değişikliklerini eş zamanlı olarak güncelleyebilme becerisi ile daha verimli bir operasyonel çözüm sunduğu belirtilmiştir (Wu ve ark., 2015).

Yapılan bu çalışmalardan BIM yazılımlarının da makalelerde olduğu gibi kullanıcılar tarafından geliştirilebileceğini ifade etmek mümkündür.

3.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

İnşaat sektörü öngörülemez maliyet kayıpları ve metraj hataları nedeniyle net ve sağlam bir proje bütçesi oluşturamamaktadır. Yapılan çalışmalarda ve incelemelerde aşağıda belirtilen maddeleri çıkarmak mümkündür:

- Ön tasarım aşamasında proje bütçesinin doğru öngörüyle oluşturulması doğru tahmin edilmesi oldukça önem arz etmektedir.
- Ülkemizde proje maliyet tahminleri sağlam verilerle yapılmamaktadır.
- BIM araçlarının kullanılmasının metraj hatalarını azalttığı ve bunda dolaylı olarak da maliyette doğru sonuçlara götüreceği anlaşılmıştır.
- BIM araçlarının gelişim sürecinin devam etmekte olduğu da anlaşılmaktadır.

Bu sonuçlara göre BIM araçlarının hala gelişmekte olan bir süreç olduğunu söylemek mümkündür.

Buna ek olarak maliyet kaybı sorununun CAD sistemiyle çözülmediği aşıkardır. BIM kullanımının yaygınlaşması, benimsenmesi ve kullanıcıların BIM araçlarına sağladıkları ve sağlayacakları kod ile yapılan geliştirmeler kayıpların önüne geçecektir. Bu nedenle BIM kullanımı ülkemizde yaygınlaşmalı ve sistematik olarak BIM süreçlerine geçiş desteklenmelidir.

4.KAYNAKÇA

Abanda, F. H., B. Kamsu-Foguem, and J. H. M. Tah. "Towards an intelligent ontology construction cost estimation system: using BIM and new rules of measurement techniques." *World Acad. Sci. Eng. Technol. Int. J. Comput. Electr. Autom. Control Inf. Eng9* (2015): 294-299.

Asl, Mohammad Rahmani, et al. "BIM-based parametric building energy performance multi-objective optimization." (2014).

AYTEKİN, Osman, et al. "İNŞAAT YÖNETİMİ ALANINDA YAPI MALİYETİ HESAPLARI İÇİN SUNUCU TABANLI UYGULAMALAR." *Engineering Sciences* 7.1: 273-281.

BAYRAM, Savaş, et al. "Yapım Maliyeti Tahmininde Birim Fiyat Yöntemi-Yapı Yaklaşık Maliyetleri Kıyaslaması." *Politeknik Dergisi* 19.2 (2016): 175-183.

Betts, Martin, et al. "Strategies for the construction sector in the information technology era." *Construction Management and Economics* 9.6 (1991): 509-528.

CRC Construction Innovation. (2007). *Adopting BIM for facilities management: Solutions for managing the Sydney Opera House*, Cooperative Research Center for Construction Innovation, Brisbane, Australia.

Cheung, Franco KT, et al. "Early stage multi-level cost estimation for schematic BIM models." *Automation in Construction* 27 (2012): 67-77.

Çelik, L. Y., (2005), Türkiye’de İnşaat Sektöründe Maliyet Tahmin Yöntemleri, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen bilimleri Enstitüsü, İstanbul

KANIT, Recep, and Umut Naci BAYKAN. "Bina Yaklaşık Maliyetinin Çoklu Doğrusal Regresyon ile Belirlenmesi." *Politeknik dergisi* 7.4 (2004): 359-369.

Kaya, Osman Murat, et al. "Yapı Yaklaşık Maliyeti ve Hakediş Hesaplamalarında Sunucu Tabanlı

Uygulamalar: e-Metraj Yazılımı." *Akademik Bilişim* (2010): 105.

Khaja, M., J. D. Seo, and J. J. McArthur. "Optimizing BIM metadata manipulation using parametric tools." *Procedia Engineering* 145 (2016): 259-266.

KENSEK, K. M. Integration of Environmental Sensors with BIM: case studies using Arduino, Dynamo, and the Revit API. 2014.

Kim S.A., Chin S., Yoon S.W., Shin T.H., Kim Y.H., and Choi C. Automated building information modeling system for building interior to improve productivity of BIM-based quantity take-off. In *Proceedings of the 26th International Symposium on Automation and Robotics in Construction*, Austin, TX, USA, 2009.

Kuruoğlu, M., Topkaya, E., Çelik, L. Y., & Yöñez, E. (2012). İnşaat Sektöründe Kullanılan Ön Maliyet Tahmin Yöntemlerinin Karşılaştırılması. *Journal of New World Sciences Academy*, 1A0298, 7,(1), 263, 272.

Kyte, Cheryl A. *Developing and validating a highway construction project cost estimation tool*. No. VTRC 05-R1. Virginia Transportation Research Council, 2004.

Monteiro A. and Martins J. P. A survey on modeling guidelines for quantity takeoff-oriented BIM-based design. *Automation in Construction*, 35: 238-253, 2013.

Penttilä, Hannu. "Describing the changes in architectural information technology to understand design complexity and free-form architectural expression." *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)* 11.29 (2006): 395-408.

Phaobunjong, K. (2002) *Parametric Cost Estimating Model for Conceptual Estimating of Building Construction Projects*, Faculty of Graduate School of Texas at Austin, USA.

R. Sacks, C.M. Eastman, G. Lee, Parametric 3D modeling in building construction with examples from precast concrete, *Automation in Construction* 13 (3) (2004) 291-312.

Staub-French S., Fischer M., Kunz J., Ishii K. and Paulson B. A feature ontology to support construction cost estimating. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*, 17(2): 133-154, 2003.

Uğur, L.O., "Yapı maliyetinin yapay sinir ağı ile analizi", Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, (2007)

URL-1: <http://codbimservices.com/en/cual-es-el-mejor-programa-bim/> (Son erişim Tarihi: 06.02.2019)

J. Tulke, M. Nour, K. Beucke, A Dynamic Framework for Construction Scheduling based on BIM using IFC, (2008).

Jun, Ki-Hyun, and Seok-Heon Yun. "The case study of BIM-based quantity take-off for concrete and formwork." *Journal of KIBIM* 1.1 (2011): 13-17.

Liu, Hexu, Ming Lu, and Mohamed Al-Hussein. "BIM-based integrated framework for detailed cost estimation and schedule planning of construction projects." *ISARC. Proceedings of the International Symposium on Automation and Robotics in Construction*. Vol. 31. Vilnius Gediminas Technical University, Department of Construction Economics & Property, 2014.

Wu, Song, et al. "A technical review of BIM based cost estimating in UK quantity surveying practice, standards and tools." *Journal of Information Technology in Construction (ITCon)*19 (2014): 534-562.