

Yapım Maliyeti Tahmininde Birim Fiyat Yöntemi – Yapı Yaklaşık Maliyetleri Kıyaslaması

Savaş BAYRAM¹ *, M. Emin ÖCAL², Emel LAPTALI ORAL³, C. Duran ATIŞ¹

¹ Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 38039, KAYSERİ

² Korkut Ata Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 80000, OSMANIYE

³ Çukurova Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 01330, ADANA

(Geliş / Received : 01.07.2015 ; Kabul / Accepted : 09.09.2015)

ÖZ

İnşaat sektöründe artan rekabet ortamı, projelerde kar paylarının düşmesine yol açmaktadır. Buna bağlı olarak da hem işveren hem de yüklenici yönünden yapım maliyeti tahmini çalışmalarının önemi artmaktadır. Bu çalışmada, Türkiye’de yapım maliyeti tahmininde yaygın olarak kullanılan ve en önemli veri tabanları olarak kabul edilen “inşaat birim fiyat yöntemi” (BFY) ve “birim alan maliyeti yöntemi” (BAMY) yaklaşımlarının maliyet tahmini performanslarının belirlenmesi ve kıyaslanması amaçlanmıştır. Bu kapsamda, Çevre ve Şehircilik İl Müdürlükleri tarafından 4734 sayılı Kamu İhale Kanunu’na göre ihale edilerek 2003-2011 yılları arasında tamamlanmış olan 420 kamu yapım işine ait ihale dosyası incelenmiştir. Reel yapım maliyetleri ile tahmini yapım maliyetlerini karşılaştırma kriteri olarak; karekök ortalama karesel hata (KOKH), ortalama mutlak göreceli hata (OMGH) ve determinasyon katsayısı (R^2) kullanılmıştır. Sonuç olarak; BFY ile hesaplanan KOKH ve OMGH değerlerinin, BAMY ile hesaplanan değerlere göre sırasıyla %13,57’lik ve %1,73’lük sapma oranları ile daha düşük hesaplandıkları, dolayısıyla BFY’nin BAMY’ye göre daha yüksek performans gösterdiği ancak tatminkâr düzeyde olmadığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yapım Maliyeti Tahmini, Birim Fiyat Yöntemi, Birim Alan Maliyeti Yöntemi

Comparison of Unit Price Method and Unit Area Cost Method for Construction Cost Estimation

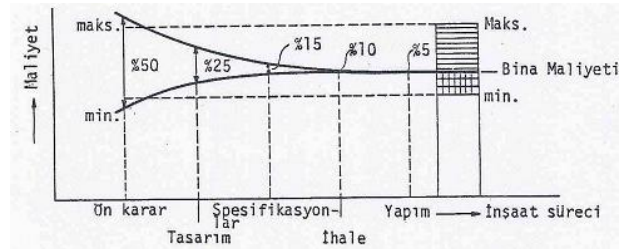
ABSTRACT

In the construction industry, increasing competition environment has led to decrease in the profit share of the projects. Accordingly, importance of construction cost estimation works has been increased for both the employer and the contractor. The purpose of this study has been to determine and compare the construction cost estimations obtained by widely used databases, “unit price method” (UPM) and “unit area cost method” (UACM) in Turkey. For this purpose, construction data from 420 projects, which were procured in accordance with the Public Tender Law no 4734 by the Turkish Ministry of Environment and Urbanism and completed between 2003 and 2011, were reviewed. Root mean square error (RMSE), mean absolute percentage error (MAPE) and coefficient of determination (R^2) were calculated for the comparison of actual and estimated cost values. Consequently, RMSE and MAPE values from UPM were underestimated with the ratio of 13.57% and 1.73% than UACM. Although UPM showed better performance than the UACM, it is not at a satisfactory level.

Keywords: Construction Cost Estimation, Unit Price Method, Unit Area Cost Method

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

İnşaat sektöründe artan rekabet ortamı, projelerde kar paylarının düşmesine yol açmaktadır [1]. Buna bağlı olarak da hem işveren yönünden hem de yüklenici yönünden yapım maliyeti tahmini çalışmalarının önemi artmaktadır [1]. Geçerli bir yapım maliyeti tahmini, proje yöneticisi açısından da kritik bir faktördür [2]. Çünkü yapım maliyeti tahmininin erken aşamalarda doğru olarak yapılabilmesi, proje yöneticisine yeterli alternatifler ve yanlış çözümlerden kaçınma olanağı sağlayacaktır [2]. Yapım evrelerine göre yapım maliyetinde meydana gelen değişimler, Şekil 1’de gösterilmiştir [3].



Şekil 1. Yapım Sürecinde Maliyetin Değişimi

Yapı ekonomisi açısından en kritik maliyet tahmininin ön karar (ön tasarım) evresinde ortaya çıktığı kabul edilmektedir [4]. Şekil 1’de de görüldüğü üzere, yapım maliyeti büyük oranda bu aşamada verilen kararlarla oluşmaktadır [4]. İnşaat sürecine doğru ilerledikçe, maliyetin değişim oranı azalmaktadır.

* Sorumlu Yazar (Corresponding Author)

e-posta: sbayram@erciyes.edu.tr

Digital Object Identifier (DOI) : 10.2339/2016.19.2 175-183

Maliyet tahmini için; inşaat ön keşifleri çoğunlukla genel kabullere dayalı olarak belirlenmekte ve bu nedenle de öngörülen maliyetlerin gerçekleşme düzeyleri oldukça düşük olmaktadır. Bu gibi yetersizlikler, inşaat sektöründe yapılan işlerin maliyetlerine ve sürelerine yönelik tahminlerde ciddi sapmalara neden olmaktadır [5]. Bu da öngörülen bütçenin aşılması başta olmak üzere, önemli kayıplara neden olmaktadır. Literatürde, projelerde meydana gelen maliyet sapması oranlarının %30 - %40 mertebesinde olduğu ve bu durumun normal kabul edildiği ifade edilmiştir [6].

Kamu inşaat sektörü, halkın ve devletin ihtiyaçlarına yanıt vermekle yükümlü kamu yapılarının üretimini esas almaktadır [7]. Bu nedenle, kamu yapıları inşaat sektöründe önemli yer tutmaktadır [7]. Bununla birlikte, merkezi yönetimden yapılan bütçe kısıtlamaları nedeniyle projelerin başlayamaması ya da devam eden projelerin tamamlanamaması gibi olumsuzlukların Türkiye’de sıklıkla görüldüğü de bilinen bir gerçektir [8]. Bu nedenle, bu çalışmada kullanılan toplam 420 yapım işi projesine ait veriler, Türkiye’de kamu inşaat sektörünün işverenleri arasında en önemlisi olan Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’ndan temin edilmiştir. Elde edilen proje verilerine ilişkin detaylı bilgiye bir sonraki bölümde yer verilmiştir.

Yapı üretim sürecinin her aşamasında maliyet tahmini ve denetimi için kullanılan yöntemler, kullanım amaçları doğrultusunda farklılaşabilmektedir [9, 10]. İlk kez 1950’li yıllarda, Avrupa’da kamu yapıları üzerinde basit bir planlama şeklinde ortaya çıkan tahmin kavramı, 1980’li yıllardan sonra yapılan araştırma ve geliştirme çalışmaları neticesinde sınıflandırılmaya başlanmıştır [9, 10]. Yapım maliyeti tahmini yöntemleri, genel olarak; yaklaşık maliyet tahmin yöntemleri ve detaylı maliyet tahmin yöntemleri olmak üzere iki ana gruba ayrılır [8]. Yaklaşık maliyet tahmin yöntemleri; kısa süre içerisinde hazırlanan ve maliyeti kabaca tahmin etmeye yarayan yöntemleri içerir. Detaylı maliyet tahmin yöntemleri ise işin yapılabilmesi için gerekli olan bütün bileşenlerin miktarlarının ve maliyetlerinin tespitine dayanır [8].

Türkiye’de yaklaşık yapım maliyeti tahmininde yaygın olarak kullanılan T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’na ait veri tabanları;

- İnşaat birim fiyat yöntemi (BFY),
- Yapı yaklaşık maliyetleri (birim alan maliyeti yöntemi, BAMY),

olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır [11, 12].

Bilindiği gibi, birim fiyatı oluşturan girdiler; işgücü, makine-teçhizat ve malzemedir [13]. İnşaat birim fiyat yöntemi (BFY) kapsamında; işgücü (düz işçi, duvar ustası, demir ustası vb.), makine-teçhizat (ekskavatör, buldozer, konkasör vb.) ve malzeme (tuğla, kum, çimento vb.) girdilerinin her biri için bir poz numarası belirlenerek o işin kısa bir tanımı yapılmış, işin birimi ve birim fiyatı tek tek belirlenip liste haline getirilmiştir.

Bu liste, her yıl güncellenmekte olan bir veritabanı olarak düşünülebilir. Bahsedilen BFY sistemi çerçevesinde; yapılacak iş için gerekli olan girdilerin miktarlarının hesaplanmasının (metraj) ardından, veritabanında yer alan birim fiyatlarla, hesaplanan miktarların çarpılması suretiyle girdilerin yaklaşık maliyetleri hesaplanabilmektedir. İhale öncesinde hesaplanan yaklaşık maliyet değeri üzerinden, isteklilerce yapılan tekliflerin uygun olup olmadığı (aşırı düşük teklif vb.) değerlendirilmektedir. Yapım işlerinin uygulama projesi evresine yönelik olarak hazırlanmış olan inşaat birim fiyat yönteminin; teknolojik yeniliklere açık olmaması, birim fiyatların imalatın yapılacağı yer vb. faktörler gözlemlenmeden hazırlanmış olması, bazı yapım işlerinin poz numarasının ilgili veritabanı kapsamında yer almaması ve güncelleme periyodunun ülkenin ekonomik koşullarına uygun olmaması gibi bazı temel problemlere sahip olduğu bilinmektedir [11].

Yine T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından düzenlenen yapı yaklaşık maliyetleri (birim alan maliyeti yöntemi, BAMY), hem kamu kesimine hem de özel kesime ait yapıların tasarım evresinde yapım maliyeti tahmini için yaygın olarak kullanılmaktadır. BAMY yönteminin temel misyonu; gerçekleştirilmesi planlanan yapım işlerinin, işverenlerin yatırım planında yer alması sürecinde hesaplama aracı olarak kullanılmasıdır. Bu yöntemde birim alan maliyeti olarak, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığınca oluşturulan birim alan ile ilgili istatistikler kullanılmaktadır. Yapımın işlevine göre gruplandırılmış olan bu maliyetler, her yıl enflasyona göre güncellenerek yayımlanmaktadır. İnşa edilecek yapının toplam inşaat alanı ile bakanlığın oluşturduğu birim alan maliyeti çarpılmak suretiyle yapının yaklaşık yapım maliyeti belirlenmektedir. Bu yöntem, pratik olması nedeniyle yaygın olarak kullanılmakla birlikte, sadece inşaat alanını dikkate alması nedeniyle tasarımları birbirinden tamamen farklı ancak inşaat alanları aynı olan iki yapım işi için aynı maliyet değerini verebilmektedir. Bu nedenle, BAMY ile hesaplanan yaklaşık yapım maliyeti ile reel yapım maliyeti arasında önemli farklılıkların olduğu bilinmektedir.

Yapım maliyetinin gerçeğe olabildiğince yakın olarak tahmin edilebilmesi, hem işveren hem de yüklenici için büyük önem arz ettiğinden dolayı, maliyet tahmininde daha gerçekçi sonuçlara ulaşmaya olanak sağlayacak yöntem geliştirme çabaları hep süregelmiştir. Literatürde konuya yönelik araştırmalardan birkaçını özetlemek gerekirse;

Karshenas (1984); projelerin başlangıç aşamasında maliyet tahmini için genellikle kullanılan birim alan metodunu ele almıştır. Çalışma kapsamında; maliyet, yükseklik ve kat alanı verileri arasında matematiksel ilişki elde edilmek amacıyla, tarihi yapıların proje karakteristikleri kullanılmıştır. Çalışmada, alışılmış metodun dışında, yapı maliyetinin tahmin edilebilmesi için yapı yüksekliği ve kat alanı verileri de birer parametre olarak kullanılmıştır. Çalışma, parametrik bir

maliyet tahmin metodu olarak, genellikle şartnamelerin ve detaylı çizimlerin olmadığı tasarım öncesindeki maliyet tahmininin önemini vurgulamıştır [14].

Turhan (2006); Türkiye’de yer alan Bayındırlık ve İskân Müdürlüklerince 2886 sayılı ve 4734 sayılı kanunlara göre ihale edilmiş ve sonuçlandırılmış olan toplam 1313 adet inşaat projesinin ihale dosyasını incelemiştir. Dosyalardan, söz konusu projelerin öngörülen ve gerçekleşen süre ve maliyet değerleri elde edilmiş ve bu değerler, 4734 sayılı kanunun beklentileri ne düzeyde karşıladığı bağlamında yorumlanmıştır. Sonuç olarak; 2886 sayılı kanuna göre gerçekleştirilen inşaat projelerinin, öngörülenin %218,97 üzerinde maliyetle tamamlandığı saptanmıştır. Buna karşın, 4734 sayılı kanuna göre gerçekleştirilen inşaat projelerinin %0,89’luk bir sapma ile tamamlandığı tespit edilmiştir [15].

Uğur (2007); betonarme taşıyıcı sistemli ve benzer nitelikteki çok katlı toplu konut projelerinin yapım maliyetlerini birim fiyat yöntemi (BFY) ile hesaplamıştır. Ek olarak, yapay sinir ağları (ANN) ve regresyon analizi (RA) ile yapım maliyeti tahmini yapılmış ve üç yöntem karşılaştırılarak performansları değerlendirilmiştir. Ortalama hata değeri, ANN yöntemi için % 4,79 ve regresyon analizi için % 16,58 olarak hesaplanmıştır. Böylece, ANN ile yapılan tahminlerin, RA ile yapılan tahminlere göre daha yüksek performans gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır [12].

Bari ve ark. (2008); Malezya’da yapım projelerinin teklif öncesi maliyet hesaplama sürecinde benimsenen maliyet hesaplama modelinin çeşitleri üzerinden bilgi sağlamayı amaçlamışlardır. Çalışma sonuçları; maliyet hesaplama modellerinin geleneksel çeşitlerinin birçoğunun, organizasyonel büyüklüğe ve çeşide bakılmaksızın, halen yaygın şekilde kullanılmaya devam ettiğini ortaya çıkarmıştır. Değer mühendisliği ve kaynak temelli modeller ile gelişmekte olan yapay sinir ağları (ANN), bulanık mantık (FL) gibi "yeni dalga" modellerin, belli bir seviyeye ulaşmasının gerekli olduğu ifade edilmiştir [16].

Kuruoğlu ve ark. (2011); inşaat sektöründe kullanılan ön maliyet tahmin yöntemlerini, Türkiye’deki bilinirlikleri ve kullanım oranları açısından değerlendirmişlerdir. Ön maliyet tahmin ve hesaplama yöntemleri, Türkiye koşullarında kullanılmalari açısından değerlendirildiğinde, bu yöntemlerden en pratik olanının "ortalama birim maliyetlere dayalı maliyet tahmin yöntemleri" olduğu, en karmaşık olanının ise gelişmekte olan "yapay zekâ tekniklerine dayalı maliyet tahmin yöntemleri" olduğu sonucuna ulaşılmıştır [17].

Bayram ve ark. (2012); 2004-2010 yılları arasında İzmir’de tamamlanmış olan 198 kamu yapısının ihale dokümanlarını inceleyerek, yapım işlerine ait reel yapım maliyetlerinin, birim alan maliyeti yöntemi (BAMY) ile elde edilen yaklaşık maliyetlerle karşılaştırılmasını ve BAMY yaklaşımının gerçekçiliğinin belirlenmesini amaçlamışlardır. BAMY yaklaşımından elde edilen

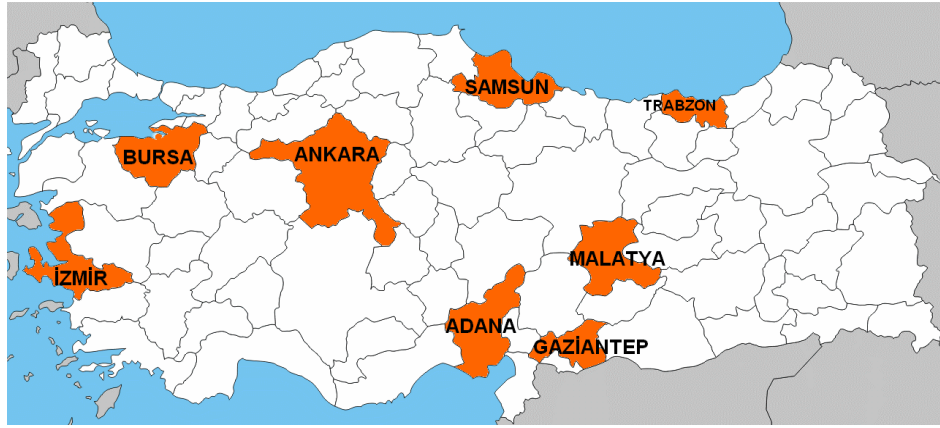
yaklaşık maliyetler toplamı, ihale dosyalarından elde edilen reel yapım maliyetleri toplamına göre %30,38’lik sapma oranı ile daha düşük hesaplanmış ve BAMY yaklaşımının gerçeği yansıtmadığı ifade edilmiştir [18].

Bayram (2013); kamu yapım projelerinin maliyetlerini tahmin edebilmek amacıyla, Türkiye’nin farklı coğrafi bölgelerinde tamamlanmış olan yapım işlerinin ihale dokümanlarını incelemiştir. Yapay sinir ağları (ANN), hibrit yapay zeka modelleri ve regresyon analizi (RA) kullanılarak maliyet tahmin modelleri oluşturulmuştur. Daha sonra, üç yöntem karşılaştırılarak performansları değerlendirilmiştir. Beş kombinezondan oluşan bir çok katmanlı algılayıcı ağının "karekök ortalama karesel hata" (KOKH) değeri 206.460,00 TL olarak hesaplanmıştır. Aynı hata değeri, hibrit yapay zeka yöntemi olarak kullanılan ağ bölüştürme algoritması ile 311.170,00 TL, regresyon analizi ile 300.654,56 TL olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak, ANN ile yapılan tahminlerin, diğer yöntemlere göre daha yüksek performans gösterdiği ifade edilmiştir [19].

Söz konusu araştırmalar, yapım maliyeti tahmini için; geleneksel yöntemlerin yanısıra yeni dalga modellerin de kullanım alanı bulduğunu göstermektedir. Ancak birim maliyetlere dayalı geleneksel maliyet tahmin modellerinin, eksiklikleri bilinmesinde rağmen hala kullanıldığı ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmanın farklılığı; Türkiye’nin yedi coğrafi bölgesinde tamamlanmış olan toplam 420 kamu yapım işi için en önemli veritabanları olan BFY ve BAMY yaklaşımlarının birlikte kullanılması ve elde edilen yaklaşık yapım maliyetlerinin, reel yapım maliyetleri ile kıyaslanarak, elde edilen sonuçlara göre BFY ve BAMY yaklaşımlarının gerçekçilik düzeyinin kıyaslamalı olarak belirlenmiş olmasıdır.

2. VERİ TEMİNİ (DATA COLLECTION)

Çalışmada kullanılan yapım işi projelerine ait veriler, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’na bağlı Çevre ve Şehircilik İl Müdürlükleri’nden temin edilmiştir. Bu kapsamda, Türkiye’nin yedi coğrafi bölgesinde yer alan; İzmir (Ege Bölgesi), Bursa (Marmara Bölgesi), Ankara (İç Anadolu Bölgesi), Gaziantep (Güneydoğu Anadolu Bölgesi), Malatya (Doğu Anadolu Bölgesi), Adana (Akdeniz Bölgesi), Trabzon ve Samsun (Karadeniz Bölgesi) şehirlerinde bulunan Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüklerinde, gerçekleştirilmiş olan yapım işlerine ait ihale dosyalarına yönelik arşiv çalışması yapılmıştır. Yapılan bütün arşiv çalışmalarında sadece yapım işlerinin ihale dosyaları incelenmiş olup, onarım-tadilat işlerinin ihaleleri çalışmanın kapsamı dışında bırakılmıştır. Bu kapsamda, 4734 sayılı mevcut kamu ihale kanununa göre ihale edilmiş ve 2003-2011 yılları arasında tamamlanmış olan toplam 420 yapım işinin ihale dosyası incelenmiştir. Çalışmaya konu olan Çevre ve Şehircilik İl Müdürlükleri’nin yer aldığı şehirler, Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 2. Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüklerinde Arşiv Çalışması Yapılan Şehirler

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) "Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi 2011 Nüfus Sayımı Sonuçları"na göre Türkiye'nin toplam nüfusu 74.724.269'dur [20]. Çalışmaya konu olan sekiz şehrin nüfusları toplamı 18.137.664'tür. Bu toplamın Türkiye'nin nüfusuna oranı; $(18.137.664 / 74.724.269) \times 100 = \%24,27$ seviyesindedir. TÜİK verilerine göre, Türkiye'nin toplam yüzölçümü 785.347 km²'dir [21]. Bahsi geçen şehirlerin yüzölçümleri toplamı 95.498 km²'dir. Bu toplamın Türkiye'nin yüzölçümüne oranı; $(95.498 / 785.347) \times 100 = \%12,16$ seviyesindedir. Çalışma kapsamında temin edilen veri grubunun; nüfus bakımından Türkiye genelinin %24,27'sini, yüzölçümü bakımından da Türkiye genelinin %12,16'sını oluşturduğu ifade edilebilir.

Çalışma kapsamında incelenen toplam 420 yapım işi projesinin şehirlere göre dağılımı Tablo 1'de, yıllara göre dağılımı ise Tablo 2'de verilmiştir.

Çizelge 1- Proje Sayılarının Şehirlere Göre Dağılımı

| Sıra No | Projenin Yer Aldığı Coğrafi Bölge ve Şehir | Proje Sayısı | Proje Oranı (%) |
|---------|--------------------------------------------|--------------|-----------------|
| 1 | Ege- İzmir | 64 | 15,24 |
| 2 | Marmara- Bursa | 24 | 5,71 |
| 3 | İç Anadolu- Ankara | 61 | 14,52 |
| 4 | Güneydoğu Anadolu- Gaziantep | 141 | 33,57 |
| 5 | Doğu Anadolu- Malatya | 21 | 5,00 |
| 6 | Akdeniz- Adana | 45 | 10,71 |
| 7 | Karadeniz- Trabzon ve Samsun | 64 | 15,24 |
| 8 | TÜRKİYE GENELİ | 420 | 100,00 |

Tablo 1'e göre, incelenen proje sayısı en fazla olan şehir 141 (%33,57) ile Gaziantep iken, en az olan şehir 21 (%5,00) ile Malatya olarak belirlenmiştir.

Çizelge 2- Proje Sayılarının Yıllara Göre Dağılımı

| Yıl | Proje Sayısı | Proje Oranı (%) |
|---------------|--------------|-----------------|
| 2003 | 20 | 4,76 |
| 2004 | 46 | 10,95 |
| 2005 | 68 | 16,19 |
| 2006 | 104 | 24,76 |
| 2007 | 104 | 24,76 |
| 2008 | 57 | 13,57 |
| 2009 | 12 | 2,86 |
| 2010 | 06 | 1,43 |
| 2011 | 03 | 0,71 |
| TOPLAM | 420 | 100,00 |

Tablo 2'ye göre, incelenen proje sayısı en fazla olan yıllar 104 (%24,76) ile 2006 ve 2007 iken, en az olan yıl 03 (%0,71) ile 2011 olarak belirlenmiştir. Yıllara göre proje sayılarının, Gauss tipi dağılıma sahip olduğu söylenebilir. Bunun yanısıra, incelenen 420 yapım işi projesinin ortalama inşaat alanı 2603 m² olarak hesaplanmıştır.

3. YÖNTEM (METHOD)

Bir yapım işi kapsamında yapılması planlanan imalatların maliyetlerinin ileriye dönük olarak hesaplanmasıyla, yapım maliyetinin ileriye dönük olarak hesaplanması mümkün olabilir [10]. Ancak inşaat sektöründe yer alan projelerin; kullanım amaçlarının (eğitim, sağlık vb.) ve tasarımlarının birbirinden farklı olması, yapım sürelerinin uzun olması, proje girdilerinin (işveren, yüklenici, kullanılan malzeme-ekipman vb.) farklı olması ve başlangıçta belirlenen isteklerin yapım süresince değiştirilebilmesi gibi sebeplerden dolayı, yapım maliyetlerinin önceden belirlenmesi zordur [4, 22]. Türkiye'de istatistiksel

verilerin kapsamının darlığı, dalgalanmalı enflasyon oranlarından kaynaklı fiyat değişiklikleri vb. nedenler de eklenince, yapım maliyeti tahminleri gerçekleşme maliyetini yakalayamamaktadır [4].

Bu çalışmada; öncelikle her bir yapım işinin ihale dosyasından, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığınca her yıl güncellenerek yayımlanan inşaat birim fiyat yöntemi (BFY) kapsamında hesaplanmış olan ihale öncesi yaklaşık maliyet tutarları temin edilmiştir. Daha sonra, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığınca "Mimarlık ve Mühendislik Hizmet Bedellerinin Hesabında Kullanılacak Yapı Yaklaşık Birim Maliyetleri Hakkında Tebliğ" adı altında her yıl güncellenerek yayımlanan ve birim alan maliyeti yöntemi (BAMY) olarak bilinen yöntem kullanılarak yaklaşık yapım maliyeti tutarları hesaplanmıştır. İncelenen projelerin büyük çoğunluğunun tamamlanması bir takvim yılını aştığından, bir başka ifadeyle bu projeler yıllara sari olduğundan dolayı, bu projeler için sadece başlangıç yılına ya da bitiş yılına ait tebliğin kullanılmasının gerçekçi bir yaklaşım olmayacağı göz önüne alınmıştır. Bu nedenle birim alan maliyetleri belirlenirken, projelerin başlangıç ve bitiş yıllarına ait tebliğlerdeki birim alan maliyetlerinin ortalaması alınmıştır. Son olarak da; kıyaslamada esas alınmak üzere, her bir yapım işinin ihale dosyasından reel yapım maliyetleri (kesin hesap tutarları) temin edilmiştir.

Çalışma kapsamında kullanılan yaklaşık maliyet ve reel yapım maliyeti verileri, bir önceki bölümde de belirtildiği üzere 4734 sayılı mevcut kamu ihale kanununa göre ihale edilmiş ve 2003-2011 yılları arasında tamamlanmış olan toplam 420 kamu yapım işine ait ihale dosyasından elde edilmiştir [23]. BFY ve BAMY için; reel yapım maliyeti değerleri ile tahmini yapım maliyeti değerlerini karşılaştırma kriteri olarak; "karekök ortalama karesel hata" (KOKH), "ortalama mutlak göreceli hata" (OMGH) ve "determinasyon katsayısı" (R^2) göz önüne alınmıştır. KOKH; reel değerler ile model tahminleri arasındaki hata oranını belirlemek amacıyla kullanılmaktadır ve KOKH değerinin sıfıra yaklaşması, modelin tahmin kabiliyetinin artması anlamına gelmektedir [24]. KOKH, formül (1) ile hesaplanmaktadır [25];

$$KOKH = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_{model,i} - y_{real,i})^2}{n}} \quad (1)$$

Burada $y_{model,i}$ ve $y_{real,i}$ sırasıyla model tahminlerini ve reel değerleri, n ise veri sayısını göstermektedir.

OMGH, reel değerler ile model tahminleri arasındaki mutlak hatayı oransal olarak belirlemek amacıyla kullanılmaktadır. OMGH değeri sıfıra ne kadar yakın olursa modelinin tahmin yeteneği de o kadar iyi demektir. OMGH, formül (2) ile hesaplanmaktadır [26];

$$OMGH (\%) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\left| \frac{y_{real,i} - y_{model,i}}{y_{real,i}} \right| \times 100 \right) \quad (2)$$

R^2 , reel değerler ile model tahminleri arasındaki nümerik ilişkinin belirlenmesinde kullanılan istatistiksel bir ifade olup, x_1 ve x_2 değişkenleri arasındaki R^2 ifadesi, formül (3) ile hesaplanmaktadır;

$$R^2 = \frac{\sum (x_1 \cdot x_2)^2}{\sum (x_1)^2 \cdot \sum (x_2)^2}, \quad 0 \leq R^2 \leq 1 \quad (3)$$

R^2 ; korelasyon katsayısının karesi olarak ifade edilir ve 0 ile 1 aralığında bir değer alır. Örneğin; $R^2=1$ ifadesi, reel değerler ile model tahminleri arasındaki nümerik ilişkinin çok kuvvetli olduğu anlamına gelmektedir.

4. UYGULAMA (APPLICATION)

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığınca her yıl güncellenerek yayımlanan inşaat birim fiyat yöntemi (BFY) kapsamında hesaplanmış olan ihale öncesi yaklaşık maliyet tutarları ve reel yapım maliyetleri, her bir yapım işinin ihale dosyasından temin edilmiştir. Yaklaşık maliyet ve reel yapım maliyeti tutarlarına inşaat genel giderleri ve yüklenici kârı dâhildir. Birim alan maliyeti yöntemi (BAMY) uygulamasında ise öncelikle T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığınca her yıl güncellenerek yayımlanan "Mimarlık ve Mühendislik Hizmet Bedellerinin Hesabında Kullanılacak Yapı Yaklaşık Birim Maliyetleri Hakkında Tebliğ"de yer alan sınıflandırmalara göre, her bir yapının mimarlık hizmetlerine esas olan sınıfı belirlenmiştir. 2003-2011 yılları arasında yayımlanmış olan tebliğler incelenmiş ve yapı sınıfları temel alınarak her bir yapının birim alan maliyeti tespit edilmiştir [27]. Daha sonra da Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüklerinde gerçekleştirilen arşiv çalışmalarından elde edilen toplam inşaat alanları ile birim alan maliyetleri çarpılarak her bir yapının yaklaşık yapım maliyeti hesaplanmıştır. Elde edilen yaklaşık yapım maliyeti tutarlarına, inşaat genel giderleri ve yüklenici kârı dâhildir.

Yapım işlerinin reel yapım maliyetleri ile BFY ve BAMY ile hesaplanan yaklaşık maliyetleri arasındaki ilişkiler, yıllara göre Tablo 3'de, coğrafi bölge/şehir bazında Tablo 4'de verilmiştir.

İncelenen 420 yapım işi için; BFY ile hesaplanan yaklaşık maliyetler toplamı, reel yapım maliyetleri toplamına göre %32,32'lik sapma oranı ile daha yüksek hesaplanmıştır. BAMY ile hesaplanan yaklaşık maliyetler toplamı ise reel yapım maliyetleri toplamına göre %8,08'lik sapma oranı ile daha yüksek hesaplanmıştır. Bu durumda, dokuz yıllık süreçte bütün projelerin maliyet değerleri toplamı için BAMY yaklaşımının BFY yaklaşımına göre daha gerçekçi olduğu söylenebilir. Ancak burada, bütün projelerin bir toplam olarak bir arada değerlendirildiği unutulmamalıdır. Yıl bazında, reel yapım maliyetleri toplamına göre sapma oranının ise 2004 yılında BFY için %91,13'e ve BAMY için %88,25'e ulaştığı gözde çarpmaktadır. BFY için 2006, 2007 ve 2010 yıllarında gerçekleştirilen projelerin sapma oranı genel oranın (%32,32) altında iken BAMY için 2006 ve 2007

Çizelge 3- Yıllık Bazda Reel Yapım Maliyetlerinin BFY ve BAMY ile İlişkisi

| Yıl | Proje Sayısı | BFY (TL) (a) | BAMY (TL) (b) | Reel Yapım Maliyeti (TL) (c) | (a-c)/c (%) | (b-c)/c (%) |
|---------------|--------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------------|----------------|----------------|
| 2003 | 20 | 20.334.993,80 | 25.262.812,00 | 13.677.462,77 | 48,68 | 84,70 |
| 2004 | 46 | 26.507.625,00 | 26.108.128,00 | 13.868.913,00 | 91,13 | 88,25 |
| 2005 | 68 | 72.938.529,61 | 63.837.427,60 | 47.224.046,16 | 54,45 | 35,18 |
| 2006 | 104 | 125.155.297,00 | 100.966.115,00 | 99.523.763,00 | 25,75 | 1,45 |
| 2007 | 104 | 219.956.244,00 | 174.661.317,00 | 182.038.593,00 | 20,83 | -4,05 |
| 2008 | 57 | 75.953.186,01 | 47.481.648,00 | 53.319.573,00 | 42,45 | -10,95 |
| 2009 | 12 | 23.316.466,00 | 18.869.012,00 | 15.663.312,00 | 48,86 | 20,47 |
| 2010 | 06 | 31.941.514,00 | 30.253.049,00 | 25.213.184,00 | 26,69 | 19,99 |
| 2011 | 03 | 1.752.112,00 | 902.929,00 | 1.304.869,00 | 34,27 | -30,80 |
| TOPLAM | 420 | 597.855.967,42 | 488.342.437,60 | 451.833.715,93 | 32,32 | 8,08 |

yıllarında gerçekleştirilen projelerin sapma oranı genel oranın (%8,08) altında seyretmektedir.

İncelenen 420 yapım işinin maliyet verilerine ait istatistiksel özellikler, Tablo 5’de verilmiştir.

Çizelge 4- Şehir Bazında Reel Yapım Maliyetlerinin BFY ve BAMY ile İlişkisi

| Coğrafi Bölge ve Şehir | Proje Sayısı | BFY (TL) (a) | BAMY (TL) (b) | Reel Yapım Maliyeti (TL) (c) | (a-c)/c (%) | (b-c)/c (%) |
|------------------------------|--------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------------|----------------|----------------|
| Ege- İzmir | 64 | 84.436.361,01 | 65.917.907,00 | 89.479.398,00 | -5,64 | -26,33 |
| Marmara- Bursa | 24 | 26.906.151,00 | 22.244.896,60 | 18.938.566,00 | 42,07 | 17,46 |
| İç Anadolu- Ankara | 61 | 94.305.859,00 | 79.501.252,00 | 61.354.897,00 | 53,71 | 29,58 |
| Güneydoğu Anadolu- Gaziantep | 141 | 125.395.146,00 | 107.585.163,00 | 82.659.298,00 | 51,70 | 30,15 |
| Doğu Anadolu- Malatya | 21 | 39.753.700,00 | 23.661.010,00 | 24.158.773,00 | 64,55 | -2,06 |
| Akdeniz- Adana | 45 | 68.567.660,41 | 45.054.427,00 | 47.022.665,93 | 45,82 | -4,19 |
| Karadeniz- Trabzon ve Samsun | 64 | 158.491.090,00 | 144.377.782,00 | 128.220.118,00 | 23,61 | 12,60 |
| TÜRKİYE GENELİ | 420 | 597.855.967,42 | 488.342.437,60 | 451.833.715,93 | 32,32 | 8,08 |

Şehir bazında, Malatya şehrindeki projelerde reel yapım maliyetleri toplamına göre sapma oranının BFY için %64,55’e ulaştığı ancak BAMY için %-2,06 ile en gerçekçi değere sahip olduğu göze çarpmaktadır. Gaziantep şehrindeki projelerde ise sapma oranının BAMY için %30,15’e ulaştığı, BFY için de %51,70 mertebesinde olduğu görülmektedir. BFY için İzmir ile Samsun ve Trabzon şehirlerinde gerçekleştirilen projelerin sapma oranı, genel oranın (%32,32) altında iken BAMY için Malatya ve Adana şehirlerinde gerçekleştirilen projelerin sapma oranı, genel oranın (%8,08) altında seyretmektedir.

Tablo 5’e göre; BFY ile hesaplanan yaklaşık maliyet 42.163,00 ile 43.055.298,00 TL aralığında, BAMY ile hesaplanan yaklaşık maliyet 13.785,60 ile 30.761.600,00 TL aralığında ve reel yapım maliyeti 31.000,00 ile 37.887.859,00 TL aralığında değişmektedir. Reel yapım maliyetinin değişim katsayısının, BFY ile ve BAMY ile hesaplanan yaklaşık maliyetlere göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Buradan da reel yapım maliyetlerinin BFY ve BAMY ile hesaplanan yaklaşık maliyetlere göre daha az homojenliğe sahip olduğu söylenebilir. Dağılımın

Çizelge 5- Maliyet Verilerinin İstatistiksel Özellikleri

| İstatistiksel Tanım | BFY ile Hesaplanan Yaklaşık Maliyet (TL) | BAMY ile Hesaplanan Yaklaşık Maliyet (TL) | Reel Yapım Maliyeti (TL) |
|-----------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------|
| Minimum Değer | 42.163,00 | 13.785,60 | 31.000,00 |
| Maksimum Değer | 43.055.298,00 | 30.761.600,00 | 37.887.859,00 |
| Aritmetik Ortalama | 1.423.466,59 | 1.162.720,09 | 1.075.794,56 |
| Standart Sapma | 2.844.906,95 | 2.323.254,97 | 2.513.874,39 |
| Değişim Katsayısı (%) | 199,86 | 199,81 | 233,68 |

aritmetik ortalama etrafında en yoğun olduğu veriler ise BAMY ile hesaplanan yaklaşık maliyet verileridir.

5. BULGULAR VE TARTIŞMA (FINDINGS AND DISCUSSION)

Türkiye'nin farklı coğrafi bölgelerinde incelenen 420 ihale dosyasından elde edilen reel yapım maliyetlerinin; BFY ile hesaplanan yaklaşık yapım maliyetleri ve BAMY ile hesaplanan yaklaşık yapım maliyetleri ile karşılaştırılması sonucunda elde edilen KOKH, OMGH ve R^2 değerleri, Tablo 6'da sıralanmıştır.

Çizelge 6- BFY ve BAMY Sonuçlarının Kıyaslanması

| YÖNTEM | VERİ SAYISI | KIYASLAMA PARAMETRELERİ | | |
|--------|-------------|-------------------------|----------|--------|
| | | KOKH (TL) | OMGH (%) | R^2 |
| BFY | 420 | 737.781,66 | 52,32 | 0,9565 |
| BAMY | 420 | 853.671,65 | 53,24 | 0,8859 |

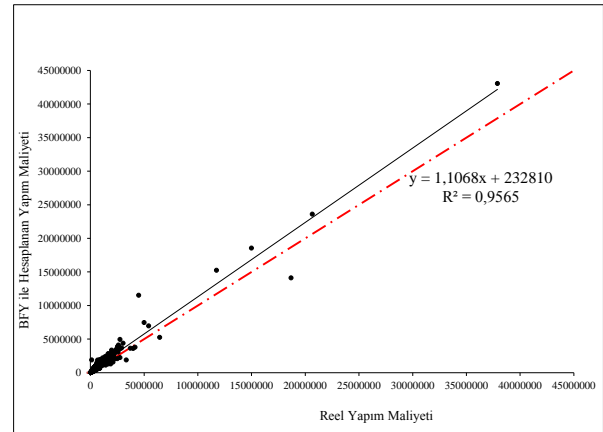
Tablo 6'da, BFY ile hesaplanan KOKH ve OMGH değerlerinin, BAMY ile hesaplanan KOKH ve OMGH değerlerine göre daha küçük oldukları görülmektedir. Oransal olarak ifade etmek gerekirse, BFY ile hesaplanan KOKH ve OMGH değerleri, BAMY ile hesaplanan KOKH ve OMGH değerlerine göre sırasıyla;

$$FARK_{KOKH}(\%) = \frac{853.671,65 - 737.781,66}{853.671,65} \times 100 = \%13,57 \quad (4)$$

$$FARK_{OMGH}(\%) = \frac{53,24 - 52,32}{53,24} \times 100 = \%1,73 \quad (5)$$

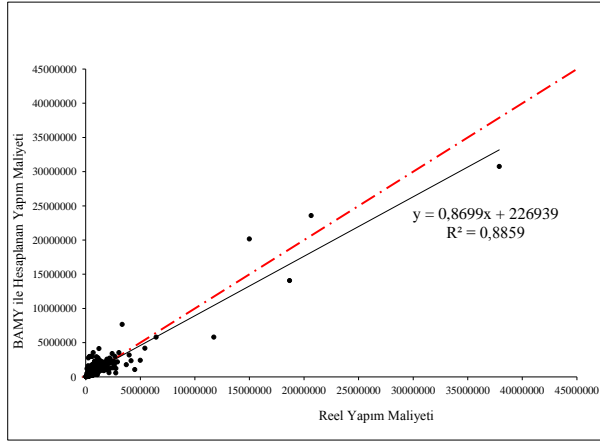
sapma oranları ile daha küçük hesaplanmışlardır. Bu durumda gerek hata parametrelerinin daha küçük değerlere sahip olması, gerekse $R^2 = 0,9565$ değerinin daha büyük olması, yapım maliyeti tahmininde BFY yaklaşımının BAMY yaklaşımına göre daha gerçekçi olduğunu ortaya koymaktadır. Tablo 3'e göre, her ne kadar incelenen 420 projenin maliyet değerleri toplamı dikkate alındığında BAMY yaklaşımının BFY yaklaşımına göre daha gerçekçi olduğu kanısına varılmış olsa da, Tablo 6'da maliyet değerlerinin toplamı gibi tek bir parametrenin oransallığından ziyade üç

farklı karşılaştırma parametresi kullanıldığından dolayı, buradan elde edilen sonuçların da daha güvenilir olduğu açıktır. Elde edilen sonuçların görsel olarak da değerlendirilebilmesi adına; yapım işlerinin ihale dosyalarından elde edilen reel yapım maliyetleri ile aynı işlerin BFY ile hesaplanan yaklaşık yapım maliyetlerine ait saçılma diyagramı Şekil 3'de, BAMY ile hesaplanan tahmini yapım maliyetlerine ait saçılma diyagramı Şekil 4'de verilmiştir.



Şekil 3. Reel Yapım Maliyeti-BFY İlişkisi

Şekil 3'de görülen eğilim çizgisi, reel değerler ile tahmini değerlerin eşit olduğunu ifade eden kesikli $y=x$ doğrusunun sol tarafında seyretmekte olup, eğilim çizgisinin y eksenine doğru kaydığı ifade edilebilir. Saçılma diyagramından; yapım maliyeti 500.000 TL'ye kadar olan verilerin çoğunlukla $y=x$ doğrusu üzerinde seyrettikleri ancak özellikle yapım maliyeti 500.000 TL'den büyük olan verilerin, eğilim çizgisinin etrafında dağınık görünüme sahip oldukları söylenebilir. Buna rağmen, $R^2 > 0,80$ durumunda reel ve tahmini değerler arasında güçlü bir korelasyon olduğu düşünüldüğünde, $R^2 = 0,9565 > 0,80$ ifadesi çok güçlü korelasyona işaret etmektedir [28].



Şekil 4. Reel Yapım Maliyeti-BAMY İlişkisi

Şekil 4'de görülen eğilim çizgisi, reel değerler ile tahmini değerlerin eşit olduğunu ifade eden kesikli $y=x$ doğrusunun sağ tarafında seyretmekte olup, eğilim çizgisinin x eksenine doğru kaydığı ifade edilebilir. Şekil 3'de yer alan saçılma diyagramı göz önüne alındığında, Şekil 4'de yer alan saçılma diyagramında, verilerin eğilim çizgisinin etrafında daha dağınık bir görünüme sahip oldukları söylenebilir. $R^2 > 0,80$ durumunda reel ve tahmini değerler arasında güçlü bir korelasyon olduğu düşünüldüğünde, $R^2 = 0,8859 > 0,80$ ifadesi geçerli bir korelasyon değerine işaret etse de BFY ile hesaplanan tahmini yapım maliyetlerinin reel yapım maliyetlerine BAMY yöntemine göre daha yakın oldukları ve BFY ile yapılan maliyet tahmininin daha başarılı olduğu ifade edilebilir. Formül (4) ve Formül (5)'den, BFY ile hesaplanan KOKH değerinin BAMY ile hesaplanana göre %13,57 ve OMGH değerinin de %1,73 oranında daha küçük hesaplanmış olması, bu bulguyu doğrulamaktadır. Ancak elde edilen KOKH (737.781,66 TL) ve OMGH (%52,32) değerlerinin büyüklükleri göz önüne alındığında, yapım maliyeti tahmini için BFY yaklaşımının da tatminkâr düzeyde olmadığı ifade edilebilir.

6. SONUÇ (CONCLUSION)

Bu çalışmada, Türkiye'nin büyükşehirlerinden olan ve farklı coğrafi bölgelerde bulunan; İzmir, Bursa, Ankara, Gaziantep, Malatya, Adana, Trabzon ve Samsun şehirlerinde yer alan Çevre ve Şehircilik İl Müdürlükleri tarafından 4734 sayılı kamu ihale kanununa göre 2003-2011 yılları arasında tamamlanmış olan toplam 420 kamu yapım işine ait ihale dosyası incelenmiştir. Uygulamada, Türkiye'de yaklaşık yapım maliyeti tahmininde yaygın olarak kullanılan T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na ait veri tabanlarından; inşaat birim fiyat yöntemi (BFY) ve birim alan maliyeti yöntemi (BAMY) yaklaşımlarının yapım maliyeti tahmin performansları ele alınmıştır. Öncelikle, her bir yapım işinin ihale dosyasından, BFY kapsamında hesaplanmış olan ihale öncesi yaklaşık maliyet tutarları temin edilmiştir. Daha sonra, "Mimarlık ve Mühendislik Hizmet Bedellerinin Hesabında Kullanılacak Yapı Yaklaşık Birim Maliyetleri Hakkında Tebliğ" adı

altında her yıl güncellenerek yayımlanan ve BAMY olarak bilinen yöntem kullanılarak yaklaşık yapım maliyeti tutarları hesaplanmıştır. Son olarak da; kıyaslamada esas alınmak üzere, her bir yapım işinin ihale dosyasından reel yapım maliyetleri temin edilmiştir. Reel yapım maliyetleri ile tahmini yapım maliyetlerini karşılaştırma kriteri olarak; karekök ortalama karesel hata (KOKH), ortalama mutlak göreceli hata (OMGH) ve determinasyon katsayısı (R^2) göz önüne alınmıştır.

Sonuç olarak, BFY ile hesaplanan KOKH ve OMGH değerlerinin, BAMY ile hesaplanan KOKH ve OMGH değerlerine göre sırasıyla %13,57'lik ve %1,73'lük sapma oranları ile daha düşük hesaplandıkları tespit edilmiştir. Dolayısıyla BFY yaklaşımının BAMY yaklaşımına göre daha yüksek performans gösterdiği, hesaplanan R^2 değerlerinin ($0,9565 > 0,8859$) de bu bulguyu desteklediği ifade edilmiştir. Her ne kadar BFY'nin tasarım sonrası evrede kullanılması ve tasarım öncesi evrede kullanılabilen BAMY'ye göre daha gerçekçi olması normal karşılanırsa da, BFY'den elde edilen KOKH=737.781,66 TL ve OMGH=%52,32 değerlerinin büyüklükleri göz önüne alındığında BFY yaklaşımının da tatminkâr düzeyde olmadığı ifade edilmiştir. Bu nedenle, Türkiye'de yaklaşık yapım maliyeti tahmininde yaygın olarak kullanılan T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na ait veri tabanlarından BFY ve BAMY yaklaşımlarının geçerliliklerinin tekrar gözden geçirilerek, gerçekçi yapım maliyeti hesabı adına alternatif yaklaşımlar üzerinde çalışılmasının zorunlu hale geldiği düşünülmektedir.

SİMGELER ve KISALTMALAR (SYMBOLS and ABBREVIATIONS)

| | |
|-------|-----------------------------------------------------------|
| ANN | : Yapay sinir ağları |
| BAMY | : Birim alan maliyeti yöntemi (Yapı yaklaşık maliyetleri) |
| BFY | : İnşaat birim fiyat yöntemi |
| FL | : Bulanık mantık |
| KOKH | : Karekök ortalama karesel hata |
| OMGH | : Ortalama mutlak göreceli hata |
| R^2 | : Determinasyon katsayısı |
| RA | : Regresyon analizi |
| TUIK | : Türkiye istatistik kurumu |

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu çalışma, Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Birimi tarafından desteklenmiştir (Proje No: FBD-11-3566).

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Bisen, Ö., ve Dikmen, S.Ü., "Üst yapı inşaat projelerinde öngörülemeyen maliyetlerin belirlenmesine yönelik bir karar destek modeli", 5. Yapı İşletmesi/Yapım Yönetimi Kongresi, Eskişehir, (2009)

- [2] Arafa, M., and Alqedra, M., "Early stage cost estimation of buildings construction projects using artificial neural networks", *Journal of Artificial Intelligence*, 4(1): 63-75, (2011)
- [3] Seyyar, B., "Bina tasarım sürecinde bilgisayar destekli maliyet tahmin modelleri", *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, (2000)
- [4] Göktürk, İ., "İnşaat sektöründe fizibilite aşamasında maliyet tahmini yapmakta karşılaşılan zorluklar ve çözüm önerileri üzerine bir değerlendirme", *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, (2007)
- [5] Öcal, M.E., ve Kadirhan, F., "İnşaat sektöründe genel gider kavramı ve yapı maliyetine yansıtılma düzeyi", *5. Yapı İşletmesi/Yapım Yönetimi Kongresi*, Eskişehir, (2009)
- [6] Finnie, G.R., Wittig, G.E., and Desharnais, J.M., "A comparison of software effort estimation techniques: Using function points with neural networks, case-based reasoning and regression models", *Journal of Systems Software*, 39(3): 281-289, (1997)
- [7] Tokalakoğlu, D., ve Taş, E., "Kamu inşaat sektöründe yaklaşık maliyet hesabı şartnamesi oluşturulmasına yönelik bir çalışma", *1. Proje ve Yapım Yönetimi Kongresi*, Ankara, (2010)
- [8] Akbıyıklı, R., "İnşaat yönetimi, metraj ve maliyet hesapları", *Birsen Yayınevi*, İkinci Baskı, İstanbul, (2012)
- [9] Akınbingöl, M., ve Gültekin, A.T., "Bina üretimi yapım evresinde maliyet planlama ve denetimine yönelik bir maliyet yönetim modeli önerisi", *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 20(4): 499-505, (2005)
- [10] Uğur, L.O., "Yapı maliyeti çalışmaları", *Alter Yayıncılık*, 1. Baskı, Ankara, (2009)
- [11] Polat, D.A., ve Çıracı, M., "Türkiye'de tasarım öncesinde maliyet tahmini için veri tabanı modeli", *İTÜ Mühendislik Dergisi*, 4(2): 59-69, (2005)
- [12] Uğur, L.O., "Yapı maliyetinin yapay sinir ağı ile analizi", *Doktora Tezi*, Gazi Üniversitesi, (2007)
- [13] Uğur, L.O., "İnşaat sektöründe riskler ve risk yönetimi", *Türkiye Müteahhitler Birliği*, Seminer notları, Ankara, (2006)
- [14] Karshenas, S., "Predesign cost estimating method for multistory buildings", *Journal of Construction Engineering and Management*, 110(1): 79-86, (1984)
- [15] Turhan, N., "Kamu ihale sistemindeki değişikliğin inşaat yatırımlarının süre ve maliyetlerine yansımaları", *Yüksek Lisans Tezi*, Çukurova Üniversitesi, (2006)
- [16] Ahmad Bari, N.A., Abdul Kadir, M.R., Ismail, N., and Yusuf, R.M., "Exploring the types of construction cost modelling for industrialised building system (IBS) projects in Malaysia", *The 1st International Conference on Industrialised, Integrated, Intelligent Construction (I3CON)*, Loughborough, United Kingdom, (2008)
- [17] Kuruoğlu, M., Çelik, L.Y., Topkaya, E., ve Yönez, E., "İnşaat sektöründe kullanılan ön maliyet tahmin yöntemlerinin karşılaştırılması", *6. İnşaat Yönetimi Kongresi*, Bursa, (2011)
- [18] Bayram S., Ocal M.E., and Laptali Oral, E., "Analysis of cost and schedule variances in construction works with artificial intelligence approaches: The case of Turkey", *International Students' Conference of Civil Engineering (ISCCE 2012)*, Tirana, Albania, (2012)
- [19] Bayram S., "Türkiye kamu inşaat projelerindeki maliyet ve süre sapmalarının yapay zekâ yöntemleri ile kıyaslamalı analizi", *Doktora Tezi*, Erciyes Üniversitesi, (2013)
- [20] Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi (ADNKS) Sonuçları, 2012. [Çevrimiçi]. url: <http://tuikapp.tuik.gov.tr/adnksdagitapp/adnks.zul> [08 Mart 2012 tarihinde erişilmiştir].
- [21] Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), Türkiye İstatistik Yıllığı, 2009. [Çevrimiçi]. url: http://www.turkstat.gov.tr/yillik/stat_yearbook.pdf [08 Mart 2012 tarihinde erişilmiştir].
- [22] Kolaylıoğlu, Ö., "İnşaat sektöründe proje yönetimi ve proje yöneticisi", *Yüksek Lisans Tezi*, Dokuz Eylül Üniversitesi, (2006)
- [23] T.C. Bakanlar Kurulu, 4734 Sayılı Kamu İhale Kanunu, 2002. [Çevrimiçi]. url: http://www.ihale.gov.tr/mevzuat/kanun/4734_271075_rg_doc [08 Mart 2012 tarihinde erişilmiştir].
- [24] Eren, B., ve Eyüpoğlu, V., "Yapay sinir ağları ile Ni(II) iyonu geri kazanım veriminin modellenmesi", *6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11)*, Elazığ, (2011)
- [25] Singh, K.P., Basant, A., Malik, A., and Jain, G., "Artificial neural network modeling of the river water quality - A case study", *Ecological Modelling*, 220(6): 888-895, (2009)
- [26] Seçkin, N., Güven, A., ve Yurtal, R., "Taşkın debilerinin yapay sinir ağları ile modellenmesi: Batı Karadeniz havzası örneği", *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 25(1-2): 45-57, (2010)
- [27] T.C. Resmi Gazete, Mimarlık ve Mühendislik Hizmet Bedellerinin Hesabında Kullanılacak Yapı Yaklaşık Birim Maliyetleri Hakkında Tebliğ, 2011. [Çevrimiçi]. url: <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/04/20110428-42.htm> [14 Ağustos 2015 tarihinde erişilmiştir].
- [28] Kayadelen, C., Taşkıran, T., Günaydın, O., and Fener, M., "adaptive neuro-fuzzy modeling for the swelling potential of compacted soils", *Environmental Earth Sciences*, 59(1): 109-115, (2009)