

KAMU HİZMET BİNALARININ BAKIM VE ONARIM MALİYETLERİNİN REGRESYON YÖNTEMİ İLE ÖN TAHMİNİ

EARLY ESTIMATION OF MAINTENANCE AND REPAIR COSTS OF PUBLIC SERVICE BUILDINGS WITH REGRESSION METHOD

Tuğçe SARIKOÇ

Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı, ANKARA

ORCID ID: 0000-0002-0367-8461

Mürsel ERDAL

Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, ANKARA

ORCID ID: 0000-0002-9338-6162

ÖZET

Türkiye’de kamu yapı stoku gün geçtikçe yaşlanmakta ve mevcut binaların bakım ve onarımı için her geçen gün bütçeden önemli bir kaynak aktarılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Kısıtlı mali kaynaklar nedeniyle kamu hizmet binalarının bakım ve onarım maliyetlerinin doğru bir şekilde tahmin edilmesi gerekmektedir. Ancak, personelin iş yükü, bakım ve onarım işlerinin bünyesinde pek çok belirsizliği barındırması gibi nedenler sağlıklı bir şekilde maliyet tahmini yapılmasına imkân vermemektedir. Bu bağlamda kamu binalarının bakım ve onarım maliyetlerinin önceden doğru bir şekilde tahmin edilebilmesi hem gerçekçi bir bütçe oluşturulması için hem de işin planlama ve kontrolü için önem arz etmektedir. Bu, sadece kamu kurumunun bütçe planlamaları için değil aynı zamanda işi yapacak olan yüklenici firmaları için önemlidir. Bu çalışmada, regresyon analizi yöntemi ile kamu hizmet binalarının bakım ve onarım maliyetlerinin ön tahmini için modeller geliştirilmiştir. Modellerin geliştirilmesinde uzun yıllardır kullanımda olan 50 adet kamu hizmet binasına ait veriler kullanılmıştır. Kamu hizmet binalarının projeleri ve bina bilgi kartlarından yararlanılarak bina oturum alanı, kat sayısı, kullanım süresi, binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı ve gerçek maliyet verileri parametre olarak belirlenmiştir. Belirlenen bu parametreler kullanılarak doğrusal regresyon analizleri yapılmış ve sonuçta geliştirilen tahmin modellerinden korelasyon katsayısı $R^2 = 0,863$ olan ve seçilen tüm parametrelerin kullanıldığı model en başarılı sonucu vermiştir. Çalışma sonuçlarının, kamu hizmet binalarının bakım onarımı için planlanan ödeneklerin doğru bir şekilde ihale öncesinde belirlenmesine ve bu ödeneklerin daha etkin ve verimli bir şekilde kullanılabilmesine imkân vereceği değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Regresyon Analizi, Maliyet, Maliyet Tahmini

ABSTRACT

The public building stock in Turkey is getting older day by day and an important resource is needed from the budget for the maintenance and repair of existing buildings. Due to limited financial resources, the maintenance and repair costs of public service buildings need to be accurately estimated. However, reasons such as the workload of the personnel and the many uncertainties in the maintenance and repair works do not allow a reliable cost estimation. In this context, it is important to be able to accurately predict the maintenance and repair costs of public buildings both for the creation of a realistic budget and for the planning and control of the work. This is important not only for the budget planning of the public institution but also for the contractor companies that will do the work. In this study, models have been developed

for the preliminary estimation of maintenance and repair costs of public service buildings with the regression analysis method. Data belonging to 50 public service buildings, which have been in use for many years, were used in the development of the models. By using the projects of the public service buildings and the building information cards, the building area, the number of floors, the usage period, the annual average number of people using the building, and the actual cost data was determined as parameters. Linear regression analyzes were performed using these determined parameters, the model with correlation coefficient $R^2 = 0.863$ and using all selected parameters, among the estimation models developed, gave the most successful result. It has been evaluated that the results of the study will allow the appropriations planned for the maintenance and repair of public service buildings to be determined correctly before the tender and to use these appropriations more effectively and efficiently.

Keywords: Regression Analysis, Cost, Cost Estimation

1. GİRİŞ

Maliyet tahminin amacı; sınırlı kaynakları en etkin şekilde kullanarak, istenilen seviyede hizmet veya ürünün sağlanabilmesine olanak veren maliyetin tanımlanmasıdır. Maksimum üretkenlik sağlanarak işin tamamlanabilmesi, ancak maliyetlerin doğru tahmini ve kabul edilebilir sınırlar içinde etkin yönetilmesiyle mümkün olabilir. İyi hazırlanmış bir maliyet tahmini ile imalat için ihtiyaç duyulan malzeme, ekipman, işgücü ve diğer kaynaklara duyulan ihtiyaçlar kolaylıkla belirlenebilir. Tüm projeler, etkin planlama ve gerçekçi bütçe oluşturulabilmesi için mutlaka bir maliyet tahminine ihtiyaç duyarlar (Bostancıoğlu ve diğ.,2006; Topçu,1989; Uğur ve diğ., 2019; Yılmaz ve diğ.).

Türkiye’de kamu yapı stoğu gün geçtikçe yaşanmakta ve mevcut binaların bakım ve onarımı için her geçen gün bütçeden önemli bir kaynak aktarılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Kamu hizmet binalarının bakım ve onarımı için ihtiyaç duyulan bütçenin belirlenmesinde kullanılacak finansal modelin daha fikir aşamasındayken doğru bir şekilde kurulması, nakit akışından kaynaklanan sorunların giderilmesi ve milli servet kayıplarının önlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu ise tasarım öncesi evrede maliyet tahmininin doğru bir şekilde yapılmasıyla mümkün olabilmektedir (Kanit ve diğ., 2005;Özmaden ve Erdal, 2020; Polat ve Çıracı, 2005).

Bugüne kadar kamu kaynaklarının verimli bir şekilde kullanılabilmesi için maliyet tahminleri ile ilgili farklı çalışmalar yapılmıştır.

Uğur (2007), Türkiye Konut Yapı Kooperatifleri Birliği tarafından yaptırılan 58 adet yapının projelerinden yararlanarak yapı maliyetlerinin tahmini için Birim Fiyat, Regresyon Analizi (RA) ve Yapay sinir ağları (YSA) yöntemlerini kullanmıştır. Çalışmada; yapı yükseklikleri, tip kat alanları, toplam dış cephe alanı, cephe boşluğu alanları, kat sayısı ve kattaki daire sayıları ile inşaat maliyeti parametreleri veri olarak adlandırılmıştır. Sonuç olarak YSA ile yapılan maliyet tahminlerinin diğer iki yöntemle göre gerçeğe daha yakın sonuçlar verdiğini tespit etmiştir.

Demirel (2007), çok katlı yapıların maliyetlerini Birim Fiyat Yöntemi, RA ve YSA yöntemleri ile tahmin etmiş ve karşılaştırmıştır. Parametre olarak; tip kat alanları, toplam dış cephe alanları ve yapı yüksekliklerini kullanmıştır. Çok katmanlı, geri beslenmeli, danışmanlı öğrenme özelliğine sahip YSA yönteminin verdiği tahmini maliyetler diğer iki yöntemle göre daha başarılı sonuçlar vermiştir.

Gündüz vd., (2009) çalışmalarında, çok değişkenli RA ve YSA kullanarak Türkiye’de ön proje aşamasında bulunan hafif raylı ve metro projelerinin hat işleri için ön fiyat tahmin modelini geliştirmiştir. Her iki yaklaşım, tamamlanmış 16 projeye ait 17 parametreyi içeren veri setine uygulanmış ve her bir metodun sonuçlarına göre, YSA test örneklerinin ortalama hata yüzdesi sonucu (5,76), RA test örneklerinin ortalama hata yüzdesi sonucuna (2,32) göre bir miktar yüksek çıkmıştır. Çalışma neticesinde başarılı iki adet fiyat tahmin modeli geliştirilmiştir.

Sueri ve Erdal(2021), kanalizasyon hattı maliyetlerinin ön tahmini için regresyon analizi yöntemi ile modeller geliştirmişlerdir. Modellerin geliştirilmesinde 182 adet kanalizasyon hattı projesine ait veriler kullanılmıştır. Geliştirilen tahmin modelleri içerisinde en başarılı sonucu seçilen bütün parametrelerin kullanıldığı $R^2=0,911$ korelasyon katsayısına sahip model vermiştir. Sonuçta, kanalizasyon boru hattı maliyetlerinin ön tahmininde RA yöntemlerinin gerçek maliyete oldukça yakın sonuçlar verdiğini belirlemişlerdir.

Bu çalışmada kamuya ait hizmet binalarının bakım ve onarım maliyetlerinin ön tahmini için regresyon modelleri geliştirilmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Veri Setinin Hazırlanması

Modellerin geliştirilmesinde 50 adet kamu kurum ve kuruluşuna ait hizmet binalarına ait veriler kullanılmıştır. Kamu hizmet binalarının projeleri ve kimlik kartları üzerinden bina oturum alanı (m^2), kullanım süresi (yıl), kat sayısı (adet), yıllık ortalama binayı kullanan kişi sayısı (adet) ve gerçek maliyet (TL) parametrelerine ait veriler belirlenmiştir.

SPSS Statistics 25 yazılımından yararlanılarak parametreler arasındaki korelasyon ağırlıkları hesaplanmış ve Tablo 1’de gösterilmiştir. Bu parametreler kullanılarak oluşturulan veri setine ait bir örnek Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 1. Değişkenlere ait korelasyon değerleri

	Bina Oturum Alanı (m^2)	Kat Sayısı (adet)	Kullanım Süresi (yıl)	Yıllık Ortalama Binayı Kullanan Kişi Sayısı	Gerçek Maliyet (TL)
Bina Oturum Alanı (m^2)	1,000	0,026	0,921	-0,136	0,898
Kat Sayısı (adet)	0,026	1,000	0,155	-0,240	0,061
Kullanım süresi (yıl)	0,921	0,155	1,000	-0,199	0,918
Yıllık Ortalama Kullanan Kişi Sayısı (adet)	-0,136	-0,240	-0,199	1,000	-0,174
Gerçek Maliyet (TL)	0,898	0,061	0,918	-0,174	1,000

Tablo 2. Regresyon analizinde kullanılan veri seti

Değişken No	Gerçek Maliyet (TL)	Bina Oturma Alanı (m ²)	Kat Sayısı (adet)	Kullanım Süresi (yıl)	Yıllık Ortalama Binayı Kullanan Kişi Sayısı (adet)
	GM	A	K	Z	Y
1	175000,00	2197,00	4	22	98

2.2. Analiz Uygulamaları

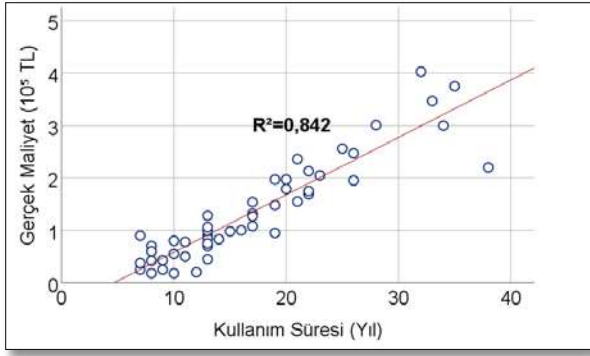
Kamu hizmet binalarının maliyetlerinin ön tahminini yapabilmek için, Tablo 2’de verilen veri setindeki 5 parametrenin 50 farklı kamu binasına ait verileri kullanılarak regresyon analizleri yapılmıştır. Regresyon analizleri sonucunda elde edilen regresyon denklemleri ve R² korelasyon katsayıları Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 3. Regresyon denklemleri ve R² değerleri

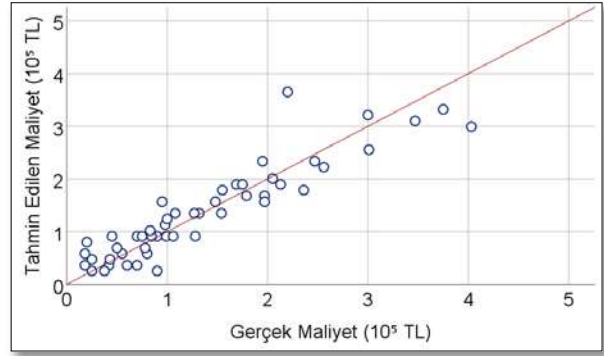
Sıra No	Denklem	Açıklama	R ²
Tek Değişkenli Denklemler			
1	$TM = 27539,078 - 47,992 \times A$	A[m ²]	0,807
2	$TM = 124607,670 - 2799,842 \times K$	K[adet]	0,004
3	$TM = -51367,387 + 10959,533 \times Z$	Z[yıl]	0,842
4	$TM = 186673,191 - 545,470 \times Y$	Y[adet]	0,03
İki Değişkenli Denklemler			
5	$TM = 20269,320 - 47,940 \times A - 1742,326 \times K$	A[m ²], K[adet]	0,808
6	$TM = -27893,629 + 18,667 \times A + 7117,867 \times Z$	A[m ²], Z[yıl]	0,861
7	$TM = 43636,966 + 47,607 \times A + 165,435 \times Y$	A[m ²], Y[adet]	0,810
8	$TM = -37769,335 - 3829,393 \times K + 11113,775 \times Z$	K[adet], Z[yıl]	0,849

9	$TM = 181356,735 + 925,592 \times K - 530,344 \times Y$	K[adet], Y[adet]	0,031
10	$TM = - 54197,428 - 10980,002 \times Z + 26,942 \times Y$	Z[yıl], Y[adet]	0,842
Üç Değişkenli Denklemler			
11	$TM = 22803,760 + 16,794 \times A - 2096,654 \times K + 7587,614 \times Z$	A[m ²], K[adet], Z[yıl]	0,863
12	$TM = 36503,227 + 47,617 \times A + 1236,510 \times K - 145,143 \times Y$	A[m ²], K[adet], Y[adet]	0,810
13	$TM = - 34126,972 - 3928,293 \times K + 11093,646 \times Z - 31,332 \times Y$	K[adet], Z[yıl], Y[adet]	0,849
14	$TM = - 24896,578 + 18,808 \times A + 7068,378 \times Z - 26,839 \times Y$	A[m ²], Z[yıl], Y[adet]	0,861
Dört Değişkenli Denklem			
15	$TM = - 16283,487 + 16,942 \times A - 2254,822 \times K + 7521,724 \times Z - 54,952 \times Y$	A[m ²], K[adet], Z[yıl], Y[adet]	0,863
TM = Tahmin Edilen Maliyet (TL), A = Bina Oturum Alanı (metrekare), K = Kat Sayı (adet), Z = Kullanım Süresi (yıl), Y = Yıllık Ortalama Kullanan Kişi Sayısı(adet)			

Tek değişkenli lineer regresyon analizleri neticesinde en iyi sonucu $R^2=0,842$ korelasyon katsayısına sahip olan kullanım süresi parametresi vermiştir (Şekil 1-a). Kullanım süresi parametresi kullanılarak belirlenmiş denklem yardımıyla tahmin edilen bakım ve onarım maliyeti değerleri ile gerçek maliyet değerleri karşılaştırılmış ve Şekil 1-b’de verilmiştir.



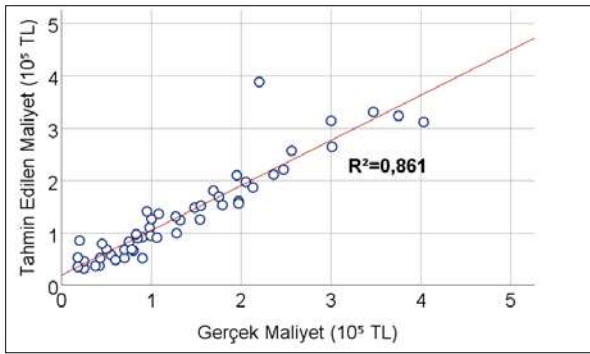
(a)



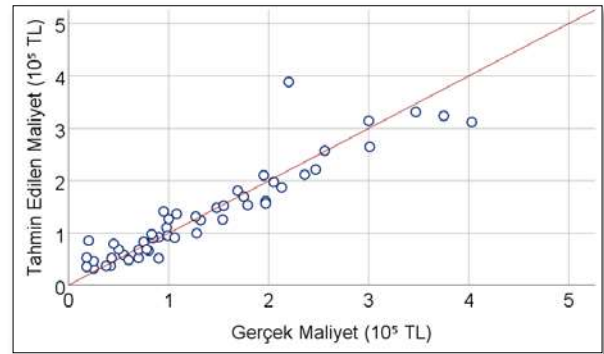
(b)

Şekil 1.(a) Kullanım süresi ile gerçek maliyet regresyon grafiği, **(b)** Gerçek maliyet ile tahmin edilen maliyet değerlerinin karşılaştırılması

İki değişkenli lineer regresyonlarında bina oturum alanı ve kullanım süresi değişkenleri ile gerçek maliyet arasında gerçekleşen regresyon analizi $R^2=0,861$ korelasyon katsayısı ile en iyi sonucu vermiştir (Şekil 2-a). Belirlenen regresyon denklemi yardımıyla tahmin edilen bakım ve onarım maliyeti değerleri ile gerçek maliyet değerleri karşılaştırılmış ve Şekil 2-b'de verilmiştir.



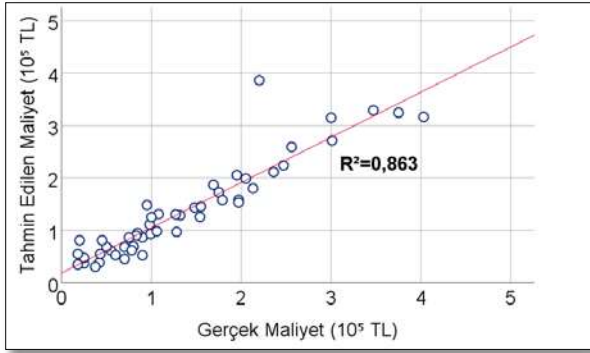
(a)



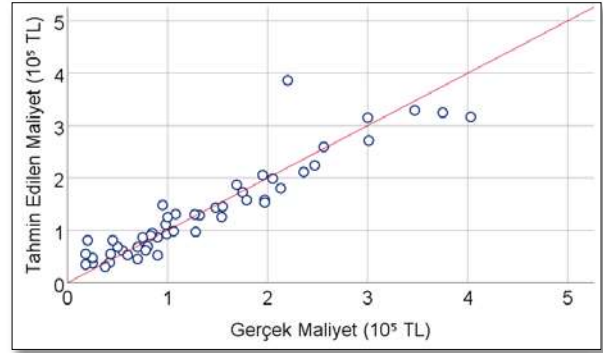
(b)

Şekil 2.(a) Bina oturum alanı ve kullanım süresi ile gerçek maliyet regresyon grafiği, **(b)** Gerçek maliyet ile tahmin edilen maliyet değerlerinin karşılaştırılması

Üç değişkenli lineer regresyonlarda bina oturum alanı, kullanım süresi ve kat sayısı değişkenleri ile gerçek maliyet arasında yapılan regresyon analizi $R^2=0,863$ katsayısı ile en iyi sonucu vermiştir (Şekil 3-a). Belirlenen regresyon denklemi yardımıyla tahmin edilen bakım ve onarım maliyeti değerleri ile gerçek maliyet değerleri karşılaştırılmış ve Şekil 3-b'de verilmiştir.



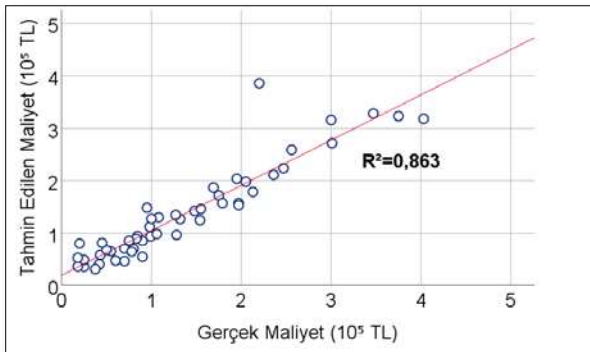
(a)



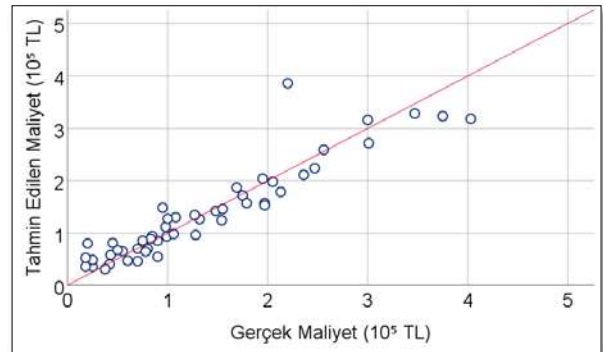
(b)

Şekil 3. (a) Bina oturum alanı, kullanım süresi ve kat sayısı ile gerçek maliyet regresyon grafiği, **(b)** Gerçek maliyet ile tahmin edilen maliyet değerlerinin karşılaştırılması

Bina oturum alanı, kullanım süresi, kat sayısı ve yıllık ortalama binayı kullanan kişi sayısı ile gerçek maliyet arasında yapılan regresyon analizi sonucunda korelasyon katsayısı $R^2=0,863$ olarak hesaplanmıştır (Şekil 4-a). Belirlenen regresyon denklemi yardımıyla tahmin edilen bakım ve onarım maliyeti değerleri ile gerçek maliyet değerleri karşılaştırılmış ve Şekil 4-b’de verilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 4. (a) Bina oturum alanı, kullanım süresi ve kat sayısı ve yıllık ortalama kullan kişi sayısı ile gerçek maliyet regresyon grafiği, **(b)** Gerçek maliyet ile tahmin edilen maliyet değerlerinin karşılaştırılması

2.3. Bulgular ve Değerlendirme

Regresyon analizleri sonucunda $R^2=0,863$ katsayısına sahip olan denklem en başarılı sonucu vermiştir. Bu denklem yardımıyla rastgele seçilen 2 adet kamu hizmet binasına ait veriler kullanılarak bakım ve onarım maliyeti tahmini yapılmış (Eş.1) ve kullanılan parametreler ile bulunan bakım ve onarım maliyeti sonuçlara ilişkin değerler Tablo 4’te verilmiştir.

$$TM = -16283,487 + 16,942 \times A - 2254,822 \times K + 7521,724 \times Z - 54,952 \times Y$$

(1)

Örnek 1.

$$TM = -16283,487 + 16,942 \times 2100 - 2254,822 \times 3 + 7521,724 \times 20 - 54,952 \times 100 = 157469,53$$

Örnek 2.

$$TM = -16283,487 + 16,942 \times 1650 - 2254,822 \times 9 + 7521,724 \times 21 - 54,952 \times 56 = 146256,31$$

Tablo 4. Veriler ve sonuçları

Değişkenler		Örnek 1	Örnek 2
Gerçek Maliyet (TL)	GM	179000	155000
Bina Oturum Alanı (m ²)	A	2100	1650
Kat Sayısı(adet)	K	3	9
Kullanım Süresi (yıl)	Z	20	21
Yıllık Ortalama Binayı Kullanan Kişi Sayısı (adet)	Y	100	56
Tahmini Maliyet(TL)	TM	157469,53	146256,31

Örnek 1 incelendiğinde; bakım ve onarım gerçek maliyeti 179000 TL olan bir binanın regresyon denklemi yardımıyla bulunan tahmini bakım ve onarım maliyeti 157469,53 TL olarak hesaplanmıştır. Benzer şekilde Örnek 2 incelendiğinde, bakım ve onarım gerçek maliyeti 155000 TL olan bir binanın regresyon denklemi yardımıyla bulunan tahmini bakım ve onarım maliyeti 146256,31TL olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak önerilen regresyon denklemi Örnek 1’de %87,97, Örnek 2’de ise %94,36 doğrulukta kamu binalarının bakım ve onarım maliyetlerini tahmin etmiştir.

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, kamu hizmet binalarının bakım ve onarım maliyetlerinin ön tahmini için RA yapılmıştır. Bu amaç için 50 adet kamu hizmet binasına ait veriler kullanılmıştır. Kamu hizmet binalarının projeleri ve bina bilgi kartlarından yararlanılarak bina oturum alanı, kat sayısı, kullanım süresi, binayı kullanan yıllık ortalama kişi sayısı ve gerçek maliyet verileri parametre olarak belirlenmiştir.

Tek değişkenli RA sonucunda, $R^2=0,842$ katsayısı ile en yüksek ilişki düzeyine sahip analiz kullanım süresi ile gerçek maliyet arasında gerçekleşmiştir. Yapılan iki değişkenli RA içerisinde en yüksek ilişki düzeyine sahip analiz $R^2=0,861$ katsayısı bina oturum alanı ve kullanım yılı ile gerçek maliyet arasında olmuştur. Yapılan üç değişkenli RA içerisinde $R^2=0,863$ katsayısı ile en yüksek ilişki düzeyine sahip analiz bina oturum alanı, kat sayısı ve kullanım süresi ile gerçek maliyet arasında yapılan RA sonucunda bulunmuştur. Benzer şekilde tüm parametrelerin kullanılarak yapıldığı RA neticesinde de $R^2=0,863$ olarak belirlenmiştir.

Sonuçta, kamu hizmet binalarının bakım ve onarım maliyetlerinin ön tahmininde RA yöntemlerinin gerçek maliyete oldukça yakın sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Bu bağlamda özellikle işin başında veya tasarım aşamasında kamu hizmet binalarının bakım ve onarım maliyetlerinin belirlenmesinde önerilen yöntemin güvenli bir şekilde kullanılabileceği kanaatine varılmıştır.

KAYNAKLAR

- Bostancıoğlu E., 2006. Konut binalarının ön tasarımında bir maliyet tahmin modeli. DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi. 8(3), 27-49.
- Demirel Y., 2007. Toplu konut inşaat maliyetlerinin yapay sinir ağları ile tahmini. S.Ü. Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi. 22(4), 53-60.
- Gündüz M, Uğur LO, Öztürk E., 2011. Parametric cost estimation system for light rail transit and metro trackworks. Expert Systems with Applications. 38(3), 2873-2877.
- Kanıt R, Baykan UN, Erdal M., 2005. Kısıtlı kaynak koşullarının yapı maliyetine etkisinin incelenmesi. Politeknik Dergisi. 8(2), 209-221.
- Özmaden MŞ, Erdal M., 2020. Konut yapılarının maliyet tahmininde kullanılan yöntemlerin performans analizi. Konya Mühendislik Bilimleri Dergisi. 8(4), 970-985.
- Polat DA, ve Çıracı M., 2010. Türkiye'de tasarım öncesinde maliyet tahmini için veri tabanı modeli. İTÜDergisi/a. 4(2), 59-69.
- Sueri M, Erdal, M., 2021. Early estimation of sewerage line with regression analysis. Gazi University Journal of Science. 1(1), 1-1. Doi: <https://dx.doi.org/10.35378/gujs.949726>.
- Topçu G., 1989. Yapı üretim sürecinde maliyete ilişkin işlemler: Tahmin, planlama, kontrol, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Uğur LO., 2007. Yapı maliyetinin yapay sinir ağı ile analizi. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Uğur LO, Kanıt R, Erdal H, Namlı E, Erdal Hİ, Baykan UN, Erdal M., 2019. Enhanced predictive models for construction costs: A case study of Turkish mass housing sector. Computational Economics. 53(4), 3336-3344.
- Yılmaz M, Kanıt R, Erdal M, Yıldız S, Bakış A., 2016. Bina bakım onarım ödeneklerinin etkin kullanımı maksadıyla İhale bedelini etkileyen faktörlerin yapay sinir ağları ve lineer regresyon yöntemleri ile belirlenmesi. Politeknik Dergisi, 19(4), 461-470.