

DOI: [10.38027/ICCAUA2021TR0033N6](https://doi.org/10.38027/ICCAUA2021TR0033N6)

## Comparison of the Performance of “Unit Area Cost Method” (UACM) and “Unit Price Method” (UPM) Used in Estimating the Costs of the Reinforced Concrete Multi-Storey Housing Buildings

Dr. Latif Onur Uğur<sup>1</sup>, MS Kadir Penbe<sup>2</sup>  
Düzce University, Faculty of Engineering, Düzce, Turkey<sup>1&2</sup>  
E-mail<sup>1</sup>: latifugur@duzce.edu.tr, E-mail<sup>2</sup>: kadirpenbe@hotmail.com

### Abstract

Unit Price Method (UPM) and Unit Area Cost Method (UACM) are widely used in the cost of reinforced concrete multi-storey housing buildings. In this study, it is aimed to determine the cost estimation method with high performance (its use will provide advantage to the estimator over the other) by comparing the cost estimates in the modeling by making “Regression Analysis” (RA), with the data of such structure. In the literature review, studies of equivalent and different structures were evaluated. In modeling; Number of rooms, floor area, total area, number of floors, floor height, facade area, facade void area, Bathroom/wc areas, balcony areas, building height are parameters. UPM and UACM based costs which were created with the data of 2020 of 41 similar structures (38 for modeling, 3 for tests) were used as independent variables, and cost models were created with linear regression analysis. The results were randomly selected and compared with test groups that were not used in these models, and the error rates and performances of the methods were tested. According to the comparison, in the UACM analysis, there was a high  $R^2$  value in 6 data and a low error rate in 8 predictions; In the UPM analysis, it was determined that an equally high  $R^2$  value and a low error rate occurred in 7 predictions. As a result, UACM reached a better performance in finding the estimated cost; It has been observed that using it in cost estimation gives better results. However, even if UACM performed better, the difference in error rates is very low, at 2.7%.

**Keywords:** Cost of the Building; Regression Analysis (RA); Unit Area Cost Method (UACM); Unit Price Method (UPM); Cost Estimating.

## Betonarme Çok Katlı Konut Yapılarının Yaklaşık Maliyetlerinin Tahmininde Kullanılan Birim Alan Maliyeti (BAMY) ve Birim Fiyat (BFY) Yöntemlerinin Performanslarının Karşılaştırılması

### Özet

Betonarme çok katlı konut yapılarının maliyetlerinin belirlenmesinde İnşaat Birim Fiyat Yöntemi (BFY) ve Birim Alan Maliyeti Yöntemi (BAMY) yaygın şekilde kullanılmaktadır. Bu çalışmada, bu tip yapılara ait verilerle “Regresyon Analizi” RA yapılarak modellemelerdeki maliyet tahminleri karşılaştırılarak, performansı yüksek olan (kullanılmasının diğerine göre tahminciye avantaj sağlayacak) maliyet tahmin yönteminin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Literatür taramasında eşdeğer nitelikte, farklı yapılara ait araştırmalar değerlendirilmiştir. Modellemelerde; oda sayısı, kat alanı, toplam alan, kat adedi, kat yüksekliği, cephe alanı, cephe boşluk alanı, ıslak mahal alanları, balkon alanları, yapı yüksekliği verileri birer parametredir. 41 adet (38 adet modelleme, 3 adet test için) benzer tipte yapının 2020 yılına ait verilerle oluşturulan BFY ve BAMY esaslı maliyetleri bağımlı, ilgili parametreler bağımsız değişken olarak kullanılmış, lineer regresyon analizi ile maliyet modelleri oluşturulmuştur. Sonuçlar rastgele seçilmiş ve bu modellemelerde kullanılmamış test grupları ile karşılaştırılarak yöntemlerin hata oranları, performansları test edilmiştir. Karşılaştırmaya göre BAMY analizlerinde 6 veride yüksek  $R^2$  değeri, 8 tahminde düşük hata oranı gerçekleştiği; BFY analizinde eşit sayıda yüksek  $R^2$  değeri, 7 tahminde düşük hata oranı gerçekleştiği belirlenmiştir. Sonuç olarak BAMY'nin tahmini maliyetin bulunmasında daha iyi performansa ulaştığı; maliyet tahmininde kullanılmasının daha iyi sonuç verdiği görülmüştür. Ancak BAMY daha iyi performans göstermiş olsa bile hata oranları farkı %2,7 gibi çok düşük bir değerdir.

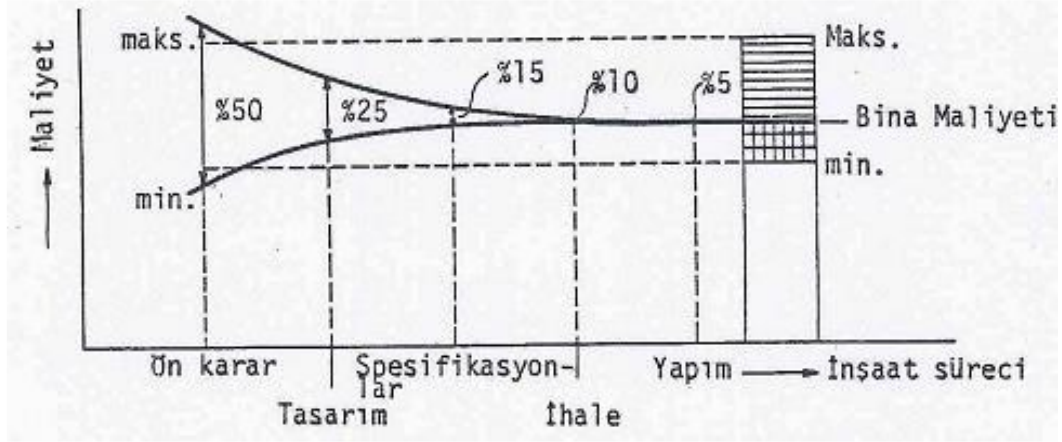
**Anahtar Kelimeler:** Yapı Maliyeti; Regresyon Analizi (RA); Birim Alan Maliyeti Yöntemi (BAMY); İnşaat Birim Fiyat Yöntemi (BFY); Tahmini Maliyet.

### 1. Giriş

Günümüzün küreselleşen ekonomik sisteminde her sektörde olduğu gibi inşaat sektöründe de kar marjları giderek daralmakta, çoğu zaman firmaların karlılığı sektör ortalaması altında kalabilmektedir. Mevcut ekonomik, mali koşullara

ayak uyduramayan işletmelerin sürdürülebilir olamayacağı, bu sebeple yapı maliyeti tahmininin şirketler ve müşterileri açısından ne denli önem arz ettiği açıktır (Bisen ve Dikmen, 2009).

Yapıların tasarım öncesi ve sonrasında oluşan maliyet değişim aşamaları ve işin sonunda oluşan gerçek maliyete uygunluk şekil.1'de gösterilmiştir (Göktürk, 2007).



Şekil 1. Yapım aşamalarında maliyet değişimi (Göktürk, 2007)

Şekil 1.'den de anlaşılacağı üzere ön karar aşamasında tahmin edilen maksimum ve minimum maliyetler arasındaki oran, gerçek maliyetin %150'sine kadar çıkabilmektedir. Yani tasarım aşamasından da önce henüz ön karar safhasında maliyetin doğruya en yakın şekilde tahmin edilmesi önemlidir. Böylelikle inşaat şirketlerine, müşterilerine, sektöre, doğrudan ve dolaylı yoldan ülkeye ek külfet getirilmeyecek, kaynaklar verimli şekilde kullanılarak imal edilecek yapıların oluşturulması sağlanabilecektir (Ashworth, 1999).

Bir başka gereklilik ise özellikle parasal kaynakların kısıtlı ve belirli bir parasal limitin olmasıdır. İstenilen kalitede imalatın sınırlı bir süre dahilinde yapılması koşulundaki en büyük kısıt maliyettir. Proje üçgeninde yer alan bu değişkenlerden maliyet yani para arzındaki bu kısıtlılık durumu en gerekli ve uygun projenin hayata geçirilmesini önemli kılmaktadır. Henüz düşünce aşamasında gerçeğe en yakın maliyet tahminine dayanarak alınacak kararların doğruluğu yüksek olacaktır (Çelik, Kanit ve Baykan, 2003).

Yapı maliyeti tahmini için kullanılan yöntemler kullanım amaçları, yöntemleri ve tarzlarına göre değişiklik göstermektedir. 2. Dünya Savaşı sonrası yıkıntı haline gelmiş olan Avrupa Kıtası'ndaki alt yapı ve üst yapı imalatları bedellerinin kolaylıkla hesaplanması için maliyet tahmin kavramı literatüre girmiştir. Sonraki senelerde yapılan araştırmalar, çalışmalar neticesinde farklı yaklaşımlar ve yöntemler ortaya çıkmıştır (Akinbingöl, 2005 ; Uğur, 2009). Genel hatlarıyla bakıldığında detaylı maliyet tahmini ve yaklaşık maliyet tahmini olmak üzere iki ana maliyet tahmin yöntemi bulunmaktadır. Bunlardan ilki kaynakların analizlerinin bir araya gelerek oluşturulan birim fiyatlar ile işe ait metrajların çarpılması sonucu bulunan maliyet (detaylı yaklaşık maliyet), diğeri ise maliyetin kolayca ve kısa sürede bulunmasına yarayan (örneğin birim alan maliyeti) yöntemlerdir (Akbiyıklı, 2012 ; Akinbingöl, 2005 ; Uğur, 2009).

Her iki yöntem de ülkemizde yaygın olarak kullanılmaktadır. Hesaplamalarda kullanılan veriler her sene Mart/Nisan ayında Resmi Gazetede ve ilgili bakanlığın anlaşmış olduğu internet sitesi, bilgisayar yazılımı, kitap vb. mecralarda yayımlanmaktadır.

Birim fiyat yöntemi (BFY) ile hesaplanması düşünülen yapının tasarımı belli bir aşamaya gelmiş ve buna bağlı olarak metrajlar ortaya çıkmış olmalıdır. Belirlenen metrajların ait oldukları birim fiyatlar ile çarpılması sonucu ortaya çıkan sonuçlar keşif bedeli olarak hesap edilmekte, maliyet bulunmaktadır. Birim fiyatlar malzeme, işçilik, makine, nakliye olmak üzere dört ana gruptadır. Bunların belli değerlere sahip oranlarda birleşimlerinden meydana gelen analizli pozlar ise tesisat, inşaat vb. pozları olarak ayrılmaktadır. Her resmi kurumun kendine ait analizleri, rayiçleri olabileceği gibi tahminci kendi poz ve analizlerini de oluşturabilir.

Birim alan maliyeti yöntemi (BAMY) ile hesaplanması düşünülen yapılar için herhangi bir tasarım şartı bulunmamaktadır. Bu yöntem daha çok yatırım bütçesi oluşturulması planlanan kamu yapıları ile yaklaşık maliyet tahmininin ivedi şekilde hesaplanması gereken hallerde kullanılır. İnşaat yapılacak yüzölçümü bilinen yapının toplam alanı ile açıklanan tablolarındaki uygun sınıfın birim alan bedeli çarpılarak yaklaşık bedel hesaplanabilir. Tabloda yer almayan yapılar için benzer yapı sınıfındaki inşaat imatları bedeli kullanılabilir. Her iki yöntemde de genel giderler ve yüklenici karları fiyatlara dahildir; bedellerde konuma göre çok fazla değişiklik gösteren arsa maliyetleri hesaba katılmamaktadır (Bayram, Öcal, Laptalı Oral ve Atış, 2016).

BFY ile hesap edilen yapılarda tasarım ve buna bağlı olarak metraj, girdiler, birim fiyatlar vb. gerçekçi tatbik edilse bile zemin verileri, iller arasındaki farklılık, piyasa şartları ve ekonomik koşullardaki değişimlerden kaynaklı söz konusu yöntemde temel bazı aksaklıkların olduğu bilinmektedir (Polat ve Çıralı, 2005).

Aynı şekilde BAMY ile hesaplamada, tasarımı farklı olsa dahi inşaat alanı aynı olan iki binanın maliyeti benzer çıkmaktadır. Kat kabuğu boşluk oranları farklı olan, aynı inşaat alanına sahip fakat kat adedi farklı yapıların tahmini maliyet bedelleri BAMY kullanıldığında aynı çıkacak, bunun ise reel bir yaklaşım olmayacağı açıktır (Bayram vd., 2016).

Yapı maliyet tahmini, yatırım kararı alınmasından imalatın sonuna kadar hem yükleniciler hem de talep edenler açısından büyük önem arz etmekte olduğundan, yıllar içerisinde yurtiçinde ve yurtdışında farklı çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalardan derlenen literatür taraması ve araştırmaların bazıları aşağıdaki gibidir:

Uğur (2007) tez çalışmasında konut yapılarına ait veriler yardımıyla BFY ile maliyetler bulmuştur. Binalara ait kat alanı, kat yüksekliği, kat adedi vb. veriler ile RA ve yapay sinir ağları (ANN) modelleri oluşturulmuş. Modelleri tarif eden denklemler ile grafiğe dökülen veriler ışığında optimum büyüklük, yükseklik kat adedi gibi sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca ANN ile bulunan değerlerdeki hata oranının %4,79 ile RA yardımıyla bulunan %16,58 oranından daha düşük olduğu, yani ANN yöntemi ile daha doğru tahminde bulunulduğu sonucuna varılmıştır. Ülkemizde bu hususta yapılan ilk çalışmalardan olduğu için önem arz etmektedir.

Uğur ve Baykan (2009)'ın çalışmasında yapı maliyet tahmininin fonksiyonel elemanlar yöntemi ile yapılmasını amaçlanmıştır. Betonarme taşıyıcı sisteme sahip toplu konutların maliyet verileri ile regresyon analizi sonucu bulunan veriler karşılaştırılmıştır. Analiz sonucu bulunan (determinasyon katsayısı)  $R^2$  değeri 0,888'dir. Söz konusu değer 1'e ne kadar yakın olursa modellemenin doğruluğunun o kadar yüksek olduğunu ifade etmektedir.

Uğur vd. (2011)'nin araştırmasında yağma şeklinde inşa edilmiş tek katlı yapıların YSA kullanılarak maliyet tahmininin yapılmasını amaçlanmıştır. 21 adet projeden elde edilen veriler derlenerek model oluşturulmuş ve %5'lik hata payı ile tahmini maliyet değerleri elde edilmiştir.

Çelik vd. (2003)'da 1990-2002 seneleri arasında imal edilen kamuya ait binalardaki keşif bedelleri ile gerçekleşen toplam maliyetleri ve birim maliyetleri karşılaştırmıştır. Kaymakamlık binası, afet konutu gibi yapılarda elde edilen  $R^2$  değerleri 0,98'e kadar çıkmaktadır. Başlangıçta ön görülen maliyet ile sonuçta gerçekleşen maliyetlerin uyumlu, benzer olduğu sonucuna varılmıştır.

Bayram vd. (2016), 8 farklı ildeki 420 adet yapım işi ihalesini incelemiş, BYF ve BAMY kıyaslaması yapmıştır. Alınan sonuçlara göre BF yöntemi ile yapılan hesaplamaların BAMY'e göre daha iyi performans gösterdiği, ancak çok da anlamlı bir fark olmadığı tespit edilmiştir.

Özmeden ve Erdal (2020), çalışmaları ile konut yapıları için 6 farklı regresyon modellemesi, 4 makine öğrenmesi modeli ve 1 Bulanık Uzman Sistem Tasarımı olmak üzere toplamda 11 adet tahmin modeli oluşturulmuş ve performans analizi yapılmıştır. En yüksek doğruluk oranına En Küçük Kareler Yüzde Regresyonu (EKKYR) ile ulaşıldığı, bu yöntemin aynı zamanda uygulanması en kolay yöntem olduğu sonucuna varılmıştır.

Dandan vd. (2019), 5 tasarım aşamasının (büyüklük, detay tasarımı, kavramsal/şematik, imalat dokümanı, ihale aşaması) inşaat maliyeti üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Bunun için Ürdün'de faaliyet gösteren inşaat firmalarındaki proje yöneticisi, mimar, maliyet şefinden oluşan 138 adet inşaat profesyoneli ile değerlendirmeler yapılmıştır. Sonuç olarak müşteri ve çalışan deneyiminin maliyette en yüksek etkisi olduğu sonucuna varılmıştır.

Kim vd. (2004), Kore'de yaptıkları bu çalışmada 3 farklı yöntem (Vaka Bazlı Mukayese, Çoklu Regresyon Analizi, Sinir Ağları) ile yaklaşık maliyet tahmininde bulunmuştur. Bunun için 530 adet evvelce maliyeti hazırlanmış veriden yararlanılmıştır. Sonuçta Sinir Ağları ile yapılan tahminin daha iyi olduğu tespit edilmiş olsa da uzun dönemde Vaka Bazlı Mukayesenin daha yüksek performans gösterdiği tespit edilmiştir.

Kim vd. (2013), Kore ve Birleşik Krallık'ta yaptıkları çalışmada okul binaları için en uygun fiyat tahmin metodunun belirlenmesi amaçlanmıştır. 3 adet tahmin yöntemi (Regresyon Analizi, Sinir Ağları, Destek Vektör Makinesi Tekniği) karşılaştırılmıştır. Okul yapıları maliyet tahminine en uygun yöntemin Sinir Ağları olduğu sonucuna varılmıştır. Kore'nin Kyeonggi bölgesinde 2004-2007 yılları arasında yapılan 217 (197 adet modelleme 20 adet test için) okul yapısının bilgileri kullanılmıştır. Sinir Ağlarındaki ortalama hata oranı diğer 2 yöntemle göre daha düşük olan %5,27 değerine sahiptir.

## 2. Materyal ve Metot

Bu çalışma ile BFY ve BAMY için ayrı ayrı elde edilen verilerle; bu yöntemlerin maliyet tahminindeki hata oranları bulunarak performanslarının karşılaştırılması hedeflenmiştir. Bunun için SPSS programı kullanılarak regresyon analizleri yapılmıştır. Hesaplamalar sırasıyla binanın toplam oda sayısı, kat alanı, bina toplam alanı, bina kat adedi, kat yüksekliği, toplam dış cephe alanı, toplam dış cephe boşluk alanı, toplam ıslak mahal alanı, toplam balkon alanı, tüm yapı yüksekliği esas alınarak yapılmıştır. Her girdi vektörü ile Maliyet arasında ayrı ayrı tekli lineer regresyon analizi yapılmasının yanı sıra; tüm veriler ile maliyet arasında çoklu lineer regresyon analizi oluşturulmuştur. Maliyet bağımlı, diğer tüm girdiler bağımsız değişkendir.

Ülkemiz inşaat sektörünün %75 gibi büyük bir oranını konut inşaatları, imalatın büyük çoğunluğunu ise betonarme yapılar oluşturmaktadır (Uğur, 2009). Bunun için çalışmada ülkemizin Marmara Bölgesi başta olmak üzere farklı kısımlarında yer alan 41 adet çok katlı, betonarme konut yapısı verileri kullanılmıştır. Bu verilerden 38 adedi analiz ve model oluşturma, 3 adedi test için kullanılmıştır. Analizlerde kullanılan veri seti aşağıda Tablo 1.'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Analizlerde Kullanılan Veri Seti**Çok Katlı Konut Yapıları**

Sıra no	Toplam oda sayısı:	Tip Kat alanı:	Toplam Alan:	Kat sayısı:	Kat Yüksekliği:	Dış cephe alanı:	Dış cephe boşluk alanı	Islak Mahal Alanları toplamı:	Balkon alanları toplamı:	Yapı yüksekliği:	Birim Fiyat Yöntemine Göre Maliyet (Metraj ve Keşif) ÇŞB 2020 yılı maliyeti:	Birim Alan Maliyeti Yöntemi ile Maliyet
1	7,00	76,84	242,47	3,00	2,80	370,74	76,90	24,29	18,38	11,62	378.659,76	351.581,50
2	8,00	91,00	372,00	4,00	2,88	392,70	95,00	45,80	14,90	12,54	395.000,00	539.400,00
3	9,00	156,00	442,00	3,00	2,70	221,00	10,54	77,55	20,00	8,50	683.155,20	640.900,00
4	12,00	110,00	440,00	4,00	2,50	620,00	255,00	32,00	48,00	10,50	800.000,00	638.000,00
5	12,00	164,00	410,00	3,00	3,00	450,00	77,30	78,27	46,00	12,65	397.456,00	594.500,00
6	12,00	169,33	508,00	3,00	2,90	1.475,00	92,00	85,00	21,00	9,40	636.000,00	736.600,00
7	14,00	90,00	630,00	7,00	3,50	1.119,00	46,00	175,00	21,00	24,50	1.120.680,00	976.500,00
8	15,00	135,00	405,00	3,00	2,80	342,00	70,94	64,94	33,99	9,00	373.227,00	587.250,00
9	15,00	102,37	467,61	5,00	2,80	475,32	57,09	64,05	50,25	15,78	304.702,96	678.034,50
10	18,00	253,00	738,00	3,00	2,80	580,00	108,00	118,00	46,00	12,64	707.726,33	1.070.100,00
11	20,00	257,96	1.547,76	6,00	2,80	900,80	98,00	151,00	214,30	16,00	1.660.945,59	2.244.252,00
12	21,00	232,82	698,46	3,00	2,80	941,64	68,88	87,68	24,32	8,40	897.485,71	1.012.767,00
13	21,00	140,50	492,60	4,00	2,80	189,98	11,09	29,40	16,00	13,60	600.468,00	714.270,00
14	23,00	175,95	687,85	4,00	3,75	624,00	99,00	26,70	0,00	15,75	1.173.554,57	997.382,50
15	24,00	429,24	1.287,71	3,00	2,80	450,70	287,40	185,22	104,58	9,95	698.031,34	1.867.179,50
16	24,00	165,44	680,24	5,00	2,80	575,68	130,92	89,39	96,80	14,00	827.303,29	986.348,00
17	25,00	255,00	1.750,00	4,00	7,00	430,12	250,55	229,30	195,32	11,60	1.445.656,00	2.537.500,00
18	30,00	340,00	1.700,00	5,00	2,70	978,21	216,20	320,00	245,52	13,50	1.505.145,98	2.465.000,00
19	31,00	522,00	647,00	4,00	3,10	663,15	73,64	108,95	31,22	12,40	938.150,00	938.150,00
20	33,00	174,95	1.510,23	6,00	2,90	856,05	26,24	132,00	18,15	25,13	2.019.000,00	2.340.856,50
21	40,00	330,00	1.942,00	6,00	2,90	506,71	241,35	301,80	229,70	18,60	2.445.656,00	2.815.900,00
22	40,00	268,00	445,50	5,00	2,80	563,45	160,48	105,60	98,46	15,60	1.412.678,50	645.975,00
23	42,00	132,00	993,00	6,00	2,90	1.022,60	132,50	141,00	58,20	18,60	597.932,54	1.439.850,00
24	45,00	425,00	3.400,00	8,00	9,00	629,71	291,35	260,80	289,70	23,20	2.845.656,00	5.270.000,00
25	46,00	145,00	1.015,00	7,00	2,90	1.122,40	143,50	156,00	69,60	22,40	661.392,40	1.573.250,00
26	48,00	508,00	2.107,00	3,00	2,80	4.032,00	148,88	96,00	84,00	11,30	2.750.962,41	3.055.150,00
27	48,00	274,00	458,45	6,00	2,80	653,74	183,29	130,25	120,25	18,28	1.615.582,74	664.752,50
28	57,00	413,31	2.613,47	5,00	2,70	1.514,50	389,09	338,43	160,94	20,37	4.380.175,72	3.789.531,50
29	63,00	765,73	3.610,63	5,00	3,00	2.981,75	616,54	1.093,98	107,88	19,40	4.623.009,46	5.235.413,50
30	64,00	495,00	2.475,00	5,00	2,80	5.040,00	186,10	120,00	105,00	14,10	3.439.705,01	3.588.750,00
31	64,00	567,00	2.268,00	4,00	2,88	1.633,00	361,64	335,00	121,28	12,38	3.194.188,00	3.288.600,00
32	64,00	559,00	2.236,00	4,00	2,88	287,14	332,96	295,52	46,32	11,52	3.000.047,00	3.242.200,00
33	65,00	381,00	1.980,00	5,00	3,00	402,55	61,00	81,00	33,00	16,20	1.170.000,00	2.871.000,00
34	76,00	550,53	2.202,12	4,00	3,00	1.446,48	399,36	467,68	119,52	16,25	2.184.607,64	3.193.074,00
35	76,00	957,17	4.515,83	6,00	3,00	2.838,27	770,65	1.311,60	143,84	16,60	5.547.719,00	6.547.953,50
36	95,00	1.276,21	6.017,71	7,00	3,00	3.311,30	863,15	1.531,57	151,03	22,00	6.472.338,60	9.327.450,50
37	96,00	789,29	3.610,63	3,00	3,00	2.204,74	578,40	170,37	107,88	17,00	3.618.520,66	5.235.413,50
38	98,00	1.116,70	5.268,47	7,00	3,00	3.546,32	899,09	1.620,20	168,45	22,60	6.472.338,83	8.166.128,50

**Test Grubu**

39	57,00	765,73	3.610,63	5,00	3,00	2.365,22	616,54	1.093,98	107,88	19,80	4.623.009,00	5.235.413,50
40	24,00	230,00	920,00	4,00	2,80	204,40	126,00	139,86	85,74	12,40	1.005.140,82	1.334.000,00
41	30,00	305,00	1.220,00	4,00	3,20	404,71	241,35	220,80	189,70	11,60	1.445.656,00	1.769.000,00

İlk 38 adet veri toplam oda sayısı verilerine göre sıralanmış, test grubundaki sıra ise karışıktır. Toplam oda sayıları 7-98, inşaat alanları 242,47 m<sup>2</sup> – 6.017,71 m<sup>2</sup>, toplam yapı yüksekliği 8,40 – 25,13 m arasında değişiklik göstermektedir. Görüleceği üzere her nitelikte yapıya ait veriler tablolara dahil edilmiş, bunlardan yaklaşık %7,50'sine denk gelen 3 adedi rastgele seçilerek test grubu oluşturulmuştur.

### 3. Uygulama ve Bulgular

Tablo-1’de yer alan veriler yardımıyla oluşturulan regresyon analizi modellerinden toplam oda sayısı, bina toplam alanı, kat yüksekliği, ıslak mahal toplam alanı, tüm girdiler ile maliyet ilişkisine dair tekli regresyon modellemeleri ve bu modellere ilişkin istatistik veriler aşağıda sunulmuştur.

#### 3.1. Toplam Oda Sayısı – Maliyet İlişkisi

Bu iki değer arasında matematiksel bir model oluşturmak için yapılan regresyon analizine ait istatistik veriler aşağıdaki gibidir:

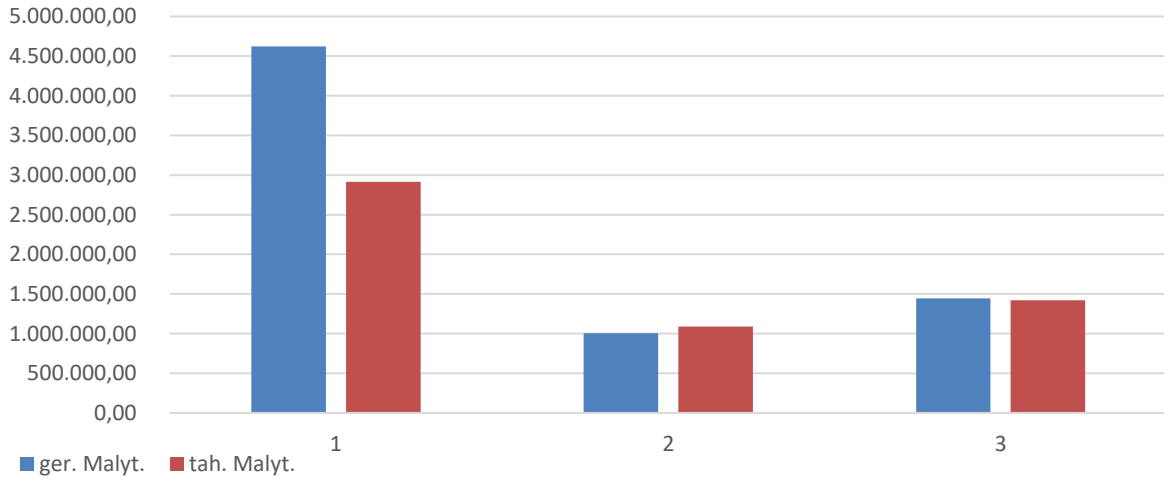
SPSS programında gerçekleştirilen lineer regresyon analizi ile oluşturulan model özeti tablo 2.’de sunulmuş olup denklemde kullanılacak veriler ilgili satır ve sütunlardadır. Test grubundaki verilere bağlı oluşturulan maliyetlerin karşılaştırılması Şekil 2.’dedir.

**Tablo 2.** Toplam Oda Sayısı – Maliyet İlişkisi Modeli istatistik verileri

Model Özeti

Model	R	R <sup>2</sup>	Düzeltilmiş R <sup>2</sup>	Tahminin std. Hatası	İstatistikler				
					R <sup>2</sup> Değişimi	F Değişimi	df1	df2	Sig. F Değişimi
1	0,852	<b>0,727</b>	0,719	906094,72044	0,727	95,659	1	36	0,000

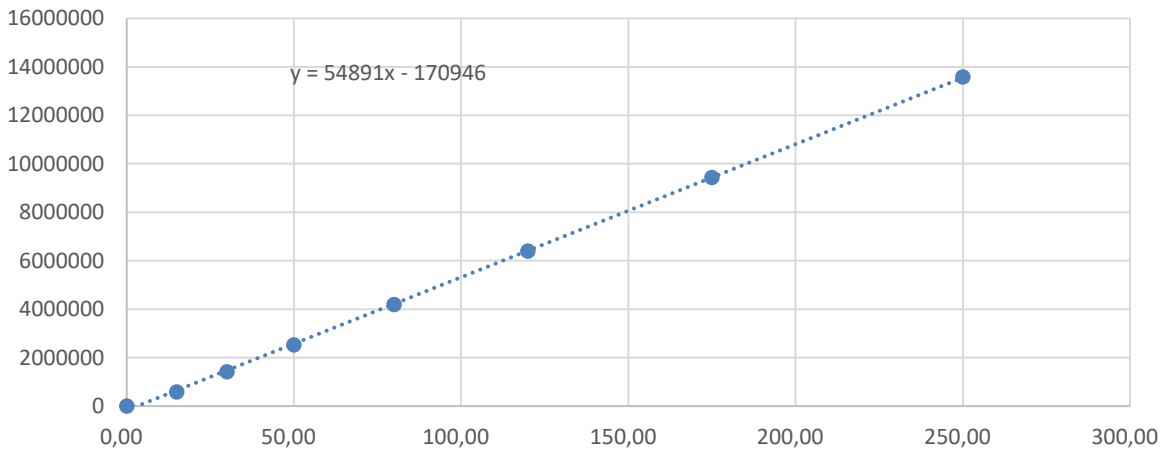
Denklem:  $y = -236949,838 + 55295,771 x a$



**Şekil 2.** BFY ile bulunan maliyet ve oda sayısı verileri ile yapılan modelleme karşılaştırması

BFY yardımıyla bulunan maliyetler ve regresyon modeline göre yapılan maliyet tahminlerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir. Test grubundan elde edilen sonuçlara göre en düşük hata oranı %1,64, en yüksek hata oranı %36,95 ve ortalama hata oranı ise %15,68’dir.

Şekil 3.’de kurulan modelleme ile yapılan oda sayısı – maliyet ilişkisi mevcuttur. Oluşturulan modelin R<sup>2</sup> değeri 0,727’dir. Kurulan modelin tahmini maliyeti açıklamadaki anlamlılık oranının yüksek olduğu söylenebilir.



**Şekil 3.** Oda sayısına göre maliyet tahmini değişimi (BFY bağımlı değişken)

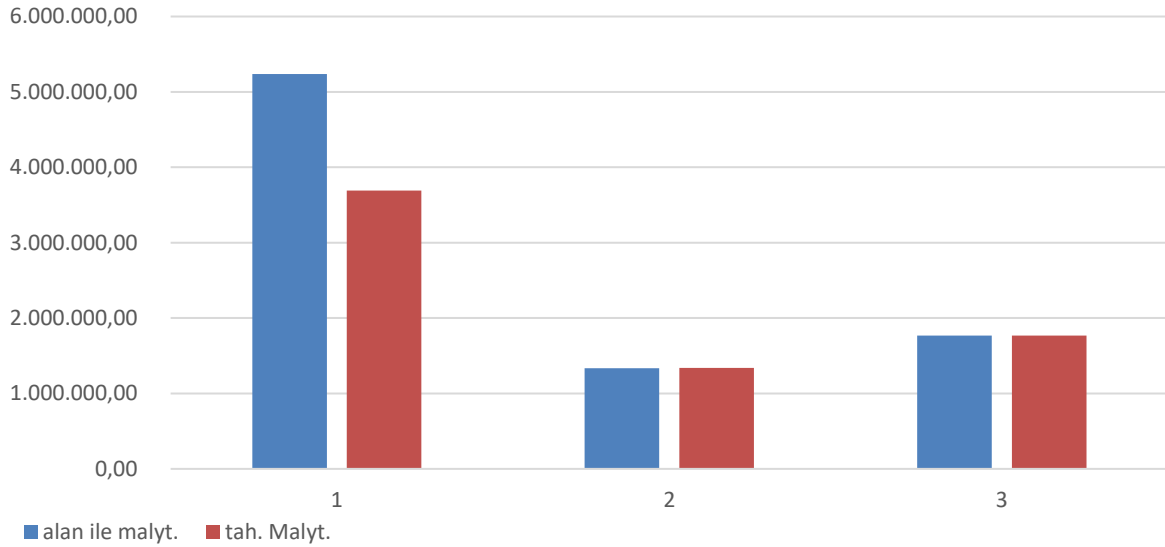
SPSS programında gerçekleştirilen lineer regresyon analizi ile oluşturulan model özeti tablo 3.'de sunulmuş olup denklemden kullanılacak veriler ilgili satır ve sütunlardadır. Test grubundaki verilere bağlı oluşturulan maliyetlerin karşılaştırılması Şekil 4.'dedir.

**Tablo 3.** Toplam Oda Sayısı – Maliyet İlişkisi Modeli istatistikleri verileri

Model Özeti

Model	R	R <sup>2</sup>	Düzeltilmiş R <sup>2</sup>	Tahminin std. Hatası	İstatistikler				
					R <sup>2</sup> Değişimi	F Değişimi	df1	df2	Sig. F Değişimi
1	0,858	<b>0,735</b>	0,728	1143359,58538	0,735	100,015	1	36	0,000

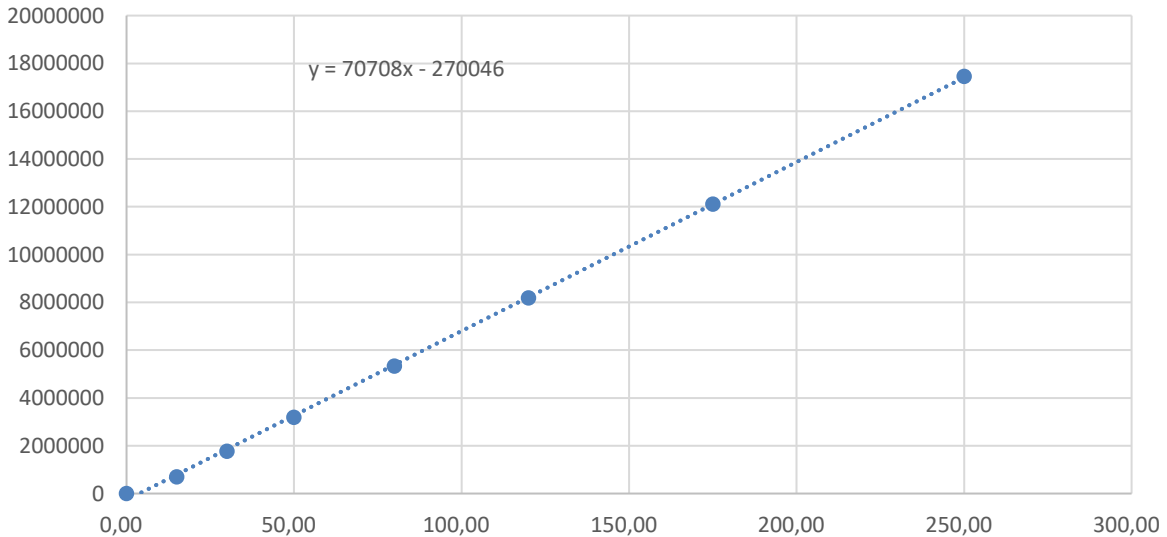
Denklemler:  $y = -374313,072 + 71346,343 x$



**Şekil 4.** BAMY ile bulunan maliyet ve oda sayısı verileri ile yapılan modelleme karşılaştırması

BAMY yardımıyla bulunan maliyetler ve regresyon modeline göre yapılan maliyet tahminlerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir. Test grubundan elde edilen sonuçlara göre en düşük hata oranı %0,17, en yüksek hata oranı %29,47 ve ortalama hata oranı ise **%9,98**'dir.

Şekil 5.'de kurulan modelleme ile yapılan oda – maliyet ilişkisi mevcuttur. Oluşturulan modelin R<sup>2</sup> değeri 0,735'dir. Kurulan modelin tahmini maliyeti açıklamadaki anlamlılık oranının yüksek olduğu söylenebilir.



**Şekil 5.** Oda sayısına göre maliyet değişimi (BAMY bağımlı değişken)

Toplam oda sayısı ve tahmini maliyet arasında gerçekleştirilen lineer regresyon analizinde BAMY kullanılması daha doğru sonuç vereceği görülmektedir. BFY ile bulunan maliyetler ve tahmini maliyet ortalama hata oranı %15,68, R<sup>2</sup> değeri 0,727 bulunmuş; BAMY ile bulunan maliyetler ve tahmini maliyet ortalama hata oranı diğer yöntemle azalarak %9,98 gerçekleşmiş, R<sup>2</sup> değeri ise 0,735 olarak bulunmuştur.

Kurulan modele göre oluşturulan oda sayısı – maliyet ilişkisi grafiklerine bakıldığında denklemin 1. dereceden lineer, eğimin tüm doğru boyunca eşit, oda sayısı artışının maliyeti doğrusal şekilde etkilemiş olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Grafiğin herhangi bir noktasında farklı bir eğim, kırılma yoktur.

### 3.2. Bina Toplam Alanı – Maliyet İlişkisi

Bu iki değer arasında matematiksel bir model oluşturmak için yapılan regresyon analizine ait istatistik veriler aşağıdaki gibidir:

SPSS programında gerçekleştirilen lineer regresyon analizi ile oluşturulan model özetinde denkleminde kullanılacak veriler ilgili satır ve sütunlardadır. Test grubundaki verilere bağlı oluşturulan maliyetler karşılaştırılacaktır.

BFY yardımıyla bulunan maliyetler ve regresyon modeline göre yapılan maliyet tahminlerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir. Test grubundan elde edilen sonuçlara göre en düşük hata oranı %1,07, en yüksek hata oranı %11,87 ve ortalama hata oranı ise **%7,76**'dır. Oluşturulan modelin  $R^2$  değeri 0,902'dir. Kurulan modelin tahmini maliyeti açıklamadaki anlamlılık oranının gayet yüksek olduğu söylenebilir.

BAMY yardımıyla bulunan maliyetler ve regresyon modeline göre yapılan maliyet tahminlerinin birbirine çok yakın olduğu söylenebilir. Test grubundan elde edilen sonuçlara göre en düşük hata oranı %0,01, en yüksek hata oranı %3,30 ve ortalama hata oranı ise **%1,46**'dır. Oluşturulan modelin  $R^2$  değeri 0,998'dir. Kurulan modelin tahmini maliyeti açıklamadaki anlamlılık oranının gayet yüksek olduğu söylenebilir.

Toplam inşaat alanı ve tahmini maliyet arasında gerçekleştirilen lineer regresyon analizinde BAMY kullanılmasının daha doğru sonuç vereceği görülmektedir. BFY ile bulunan maliyetler ve tahmini maliyet ortalama hata oranı %7,76 ve  $R^2$  değeri 0,902 bulunmuş; BAMY ile bulunan maliyetler ve tahmini maliyet ortalama hata oranı diğer yöntemle azalarak %1,46 gerçekleşmiş,  $R^2$  değeri ise 0,998 olarak bulunmuştur.

Kurulan modele göre oluşturulan toplam yapı alanı – maliyet ilişkisi grafiklerine bakıldığında denklemin 1. dereceden lineer, eğimin tüm doğru boyunca eşit, alan artışının maliyeti doğrusal şekilde etkilemiş olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Grafiğin herhangi bir noktasında farklı bir eğim, kırılma yoktur.

### 3.3. Kat Yüksekliği – Maliyet İlişkisi

Bu iki değer arasında matematiksel bir model oluşturmak için yapılan regresyon analizine ait istatistik veriler aşağıdaki gibidir:

SPSS programında gerçekleştirilen lineer regresyon analizi ile oluşturulan model özetinde, denkleminde kullanılacak veriler ilgili satır ve sütunlarda yer almaktadır. Test grubundaki verilere bağlı oluşturulan maliyetler karşılaştırılmıştır.

BFY yardımıyla elde edilen maliyetler ve regresyon modeline göre yapılan maliyet tahminlerinin birbirine yakın olmadığı, arada yüksek farkların bulunduğu görülmektedir. Test grubundan elde edilen sonuçlara göre en düşük hata oranı %34,88, en yüksek hata oranı %90,36 ve ortalama hata oranı ise **%61,15**'tir. Oluşturulan modelin  $R^2$  değeri 0,004'tür. Kurulan modelin tahmini maliyeti açıklamadaki anlamlılık oranının gayet düşük olduğu söylenebilir.

BAMY yardımıyla elde edilen maliyetler ve regresyon modeline göre yapılan maliyet tahminlerinin birbirine yakın olmadığı, arada yüksek farkların bulunduğu görülmektedir. Test grubundan elde edilen sonuçlara göre en düşük hata oranı %38,76, en yüksek hata oranı %72,88 ve ortalama hata oranı ise **%55,39**'dur. Oluşturulan modelin  $R^2$  değeri 0,041'dir. Kurulan modelin tahmini maliyeti açıklamadaki anlamlılık oranının gayet düşük olduğu söylenebilir.

Kat yüksekliği ve tahmini maliyet arasında gerçekleştirilen lineer regresyon analizinde BAMY kullanılmasının daha doğru sonuç vereceği görülmektedir. BFY ile bulunan maliyetler ve tahmini maliyet ortalama hata oranı %61,15 ve  $R^2$  değeri 0,004 bulunmuş; BAMY ile bulunan maliyetler ve tahmini maliyet ortalama hata oranı diğer yöntemle azalarak %55,39 gerçekleşmiş,  $R^2$  değeri ise 0,041 olarak bulunmuştur. Her iki regresyon analizinde de modellemenin tahminin maliyeti açıklamadaki anlamlılık oranı çok düşüktür.

Kurulan modele göre oluşturulan kat yüksekliği – maliyet ilişkisi grafiklerine bakıldığında denklemin 4. dereceden polinom şeklinde olduğu görülmektedir. Polinom farklılık gösteren 2 bölümden meydana gelmektedir. İlk kısım 0-2,50 metre, ikinci kısım ise 2,50-8,00 arasındadır. Eğim ilk kısımda azalarak değişmekte, ikinci kısım olan 2,50 metre sonrasında ise eğimin azaldığı ve sabit olduğu görülecektir. Kat yüksekliği artışının maliyeti belli noktaya kadar polinom şeklinde, belli noktadan sonra lineer değişken şekilde etkilemiş olduğu açıktır. Genel olarak bakıldığında 2,50 metre kat yüksekliğinden sonra her 1,00 metrelik kat yüksekliği artışı tahmini maliyette kabaca 330.000,00 TL bedel artışına sebep olmaktadır. Regresyon analizi sonucu oluşturulan modellemenin maliyeti tahmin kabiliyeti yok denecek kadar azdır, anlamlılık düzeyi çok düşüktür, tahmin gücü güvenilir boyutta değildir.

### 3.4. Islak Mahal Alanı Toplamı – Maliyet İlişkisi

Bu iki değer arasında matematiksel bir model oluşturmak için yapılan regresyon analizine ait istatistik veriler aşağıdaki gibidir:

SPSS programında gerçekleştirilen lineer regresyon analizi ile oluşturulan model özetinde, denkleminde kullanılacak veriler ilgili satır ve sütunlarda yer almaktadır. Test grubundaki verilere bağlı oluşturulan maliyetler karşılaştırılmıştır.

BFY yardımıyla elde edilen maliyetler ve regresyon modeline göre yapılan maliyet tahminlerinin birbirine kısmen yakın olduğu görülmektedir. Test grubundan elde edilen sonuçlara göre en düşük hata oranı %6,38, en yüksek hata oranı %42,37 ve ortalama hata oranı ise %22,74'tür. Oluşturulan modelin R<sup>2</sup> değeri 0,747'dir. Kurulan modelin tahmini maliyeti açıklamadaki anlamlılık oranının kısmen yüksek olduğu söylenebilir.

BAMY yardımıyla elde edilen maliyetler ve regresyon modeline göre yapılan maliyet tahminlerinin birbirine kısmen yakın olduğu görülmektedir. Test grubundan elde edilen sonuçlara göre en düşük hata oranı %19,96, en yüksek hata oranı %33,23 ve ortalama hata oranı ise %25,09'dur. Oluşturulan modelin R<sup>2</sup> değeri 0,757'dir. Kurulan modelin tahmini maliyeti açıklamadaki anlamlılık oranının kısmen yüksek olduğu söylenebilir.

Toplam ıslak mahal alanı ve tahmini maliyet arasında gerçekleştirilen lineer regresyon analizinde BFY kullanılmasının daha doğru sonuç vereceği görülmektedir. BAMY ile bulunan maliyetler ve tahmini maliyet ortalama hata oranı %25,09 ve R<sup>2</sup> değeri 0,757 bulunmuş; BFY ile bulunan maliyetler ve tahmini maliyet ortalama hata oranı diğer yöntemle azalarak %22,74 gerçekleşmiş, R<sup>2</sup> değeri ise 0,747 olarak bulunmuştur. Her iki regresyon analizinde de anlamlılık oranı kısmen yüksektir. Modellemede R<sup>2</sup> değeri daha düşük olan BFY'nin BAMY'ne göre daha az ortalama hata oranına sahip olduğu görülmektedir.

Kurulan modele göre oluşturulan toplam ıslak mahal alanı – maliyet ilişkisi grafiklerine bakıldığında denklemin 5. dereceden polinom şeklinde olduğu görülmektedir. Grafiklerdeki herhangi bir nokta ile diğer noktaların eğimi aynı değildir. Islak mahallerdeki toplam alan değişiminin maliyete lineer olmayan şekilde etki ettiği görülebilir.

### 3.5. Tüm Girdiler – Maliyet İlişkisi (Çoklu Lineer Regresyon)

Bu değerler arasında matematiksel bir model oluşturmak için yapılan regresyon analizine ait istatistik veriler aşağıdaki gibidir:

SPSS programında gerçekleştirilen çoklu lineer regresyon analizi ile oluşturulan model özeti tablo 4.'de sunulmuş olup denklemden kullanılacak veriler ilgili satır ve sütunlardadır. Test grubundaki verilere bağlı oluşturulan maliyetler karşılaştırılmıştır.

**Tablo 4.** Tüm Girdiler – Maliyet İlişkisi Modeli istatistik verileri ve kofaktörler

Model Özeti

Model	R	R <sup>2</sup>	Düzeltilmiş R <sup>2</sup>	Tahminin std. Hatası	İstatistikler				
					R <sup>2</sup> Değişimi	F Değişimi	df1	df2	Sig. F Değişimi
1	0,967	<b>0,935</b>	0,911	510256,56524	0,935	38,816	10	27	0,000

Model	Standartlanmamış Katsayılar		Standartlanmış Katsayılar	t	Sig.	Korelasyon, İlişki			Doğrusallık İstatistikleri	
	B	Std. Hata	Beta			Sıfır Nkt.	Kısmi	Bölüm	Tolerans	VIF
1 Sabit	-115694,803	503168,218		-0,23	0,820					
A oda_sayisi	626,726	9601,917	0,010	0,065	0,948	0,852	0,013	0,003	0,110	9,096
B kat_alani	475,741	1272,684	0,081	0,374	0,711	0,915	0,072	0,018	0,051	19,611
C toplam_alan	589,805	269,157	0,499	2,191	0,037	0,950	0,389	0,108	0,046	21,529
D kat_sayisi	-40674,052	152586,676	-0,034	-0,267	0,792	0,432	-	-	0,147	6,815
E kat_yuksekligi	-85437,468	97224,764	-0,060	-0,879	0,387	0,064	-	-	0,521	1,919
F dis_cephe_alani	228,825	108,585	0,158	2,107	0,045	0,738	0,167	0,043	0,430	2,327
G dis_cep_bos_alani	1306,908	1375,203	0,177	0,950	0,350	0,905	0,376	0,103	0,069	14,402
H ıslak_mah_alani	226,039	793,683	0,053	0,285	0,778	0,864	0,180	0,047	0,068	14,622
I balkon_alani	1120,048	1857,807	0,048	0,603	0,552	0,503	0,115	0,030	0,376	2,658
J yapi_yuksekligi	38887,281	42647,842	0,106	0,912	0,370	0,474	0,173	0,045	0,179	5,575

Denklemler:

**SABİT +**

A x oda sayisi + B x kat alanı+ C x toplam alan+ D x kat sayisi + E x kat yüksekliği + F x dış cephe alanı. + G x dış cephe b. al. + H x ıslak mahal alanı. + I x balkon alanı + J x yapı yüksekliği



Denklem:  $-115694,803 + 626,726 \times \text{oda sayısı} + 475,741 \times \text{kat alanı} + 589,805 \times \text{toplam alan} - 40674,052 \times \text{kat sayısı} - 85437,468 \times \text{kat yüksekliği} + 228,825 \times \text{dış cephe alanı} + 1306,908 \times \text{dış cephe boşluk alanı} + 226,039 \times \text{ıslak mahal alanı} + 1120,048 \times \text{balkon alanı} + 38887,281 \times \text{yapı yüksekliği}$

BFY yardımıyla elde edilen maliyetler ve regresyon modeline göre yapılan maliyet tahminlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. Test grubundan elde edilen sonuçlara göre en düşük hata oranı %0,52, en yüksek hata oranı %3,98 ve ortalama hata oranı ise **%2,64**'tür.

Oluşturulan modelin  $R^2$  değeri 0,935'tir. Kurulan modelin tahmini maliyeti açıklamadaki anlamlılık oranının gayet yüksek olduğu söylenebilir.

SPSS programında gerçekleştirilen çoklu lineer regresyon analizi ile oluşturulan model özeti tablo 5.'de sunulmuş olup denklemde kullanılacak veriler ilgili satır ve sütunlardadır. Test grubundaki verilere bağlı oluşturulan maliyetler karşılaştırılmıştır.

**Tablo 5.** Tüm Girdiler – Maliyet İlişkisi Modeli istatistiki verileri ve kofaktörler

Model Özeti

Model	R	R <sup>2</sup>	Düzeltilmiş R <sup>2</sup>	Tahminin std. Hatası	İstatistikler				
					R <sup>2</sup> Değişimi	F Değişimi	df1	df2	Sig. F Değişimi
1	0,999	<b>0,999</b>	0,998	91803,49845	0,999	2107,067	10	27	0,000

Model	Standartlanmamış Katsayılar		Standartlanmış Katsayılar	t	Sig.	Korelasyon, İlişki			Doğrusallık İstatistikleri	
	B	Std. Hata	Beta			Sıfır Nkt.	Kısmi	Bölüm	Tolerans	VIF
1 Sabit	-251202,222	90528,189		-2,775	,010					
A oda_sayisi	-2698,376	1727,542	-,032	-1,562	,130	,858	-,288	-,011	,110	9,096
B kat_alani	287,546	228,977	,038	1,256	,220	,930	,235	,009	,051	19,611
C toplam_alan	1500,089	48,426	,990	30,977	,000	,999	,986	,213	,046	21,529
D kat_sayisi	38931,654	27452,838	,025	1,418	,168	,471	,263	,010	,147	6,815
E kat_yuksekligi	18417,933	17492,325	,010	1,053	,302	,202	,199	,007	,521	1,919
F dis_cephe_alani	-10,803	19,536	-,006	-,553	,585	,680	-,106	-,004	,430	2,327
G dis_cep_bos_alani	-49,089	247,421	-,005	-,198	,844	,908	-,038	-,001	,069	14,402
H ıslak_mah_alani	27,654	142,797	,005	,194	,848	,870	,037	,001	,068	14,622
I balkon_alani	-545,342	334,250	-,018	-1,632	,114	,558	-,300	-,011	,376	2,658
J yapi_yuksekligi	2743,962	7673,044	,006	,358	,723	,494	,069	,002	,179	5,575

**Denklem:** **SABİT** + A x oda sayısı + B x kat alanı + C x toplam alan + D x kat adedi + E x kat yük.+ F x dış cephe+ al. G x dış cephe+ b. al. H x ıslak mah. Al. I x balkon+ alanı J x yapı yüksekliği

Denklem:  $-251202,222 - 2698,376 \times \text{oda sayısı} + 287,546 \times \text{kat alanı} + 1500,089 \times \text{toplam alan} + 38931,654 \times \text{kat sayısı} + 18417,933 \times \text{kat yüksekliği} - 10,803 \times \text{dış cephe alanı} - 49,089 \times \text{dış cephe boşluk alanı} + 27,654 \times \text{ıslak mahal alanı} - 545,342 \times \text{balkon alanı} + 2743,962 \times \text{yapı yüksekliği}$

BAMY yardımıyla elde edilen maliyetler ve regresyon modeline göre yapılan maliyet tahminlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. Test grubundan elde edilen sonuçlara göre en düşük hata oranı %1,03, en yüksek hata oranı %4,12 ve ortalama hata oranı ise **%2,67**'dir.

Oluşturulan modelin  $R^2$  değeri 0,999'dur. Kurulan modelin tahmini maliyeti açıklamadaki anlamlılık oranının çok yüksek olduğu söylenebilir.

ÇKKY ait tüm veriler ve tahmini maliyet arasında gerçekleştirilen çoklu lineer regresyon analizinde her iki yönetimin de doğruya çok yakın sonuç vereceği görülmektedir. BAMY ile bulunan maliyetler ve tahmini maliyet ortalama hata oranı %2,67 ve  $R^2$  değeri 0,999 bulunmuş; BFY ile bulunan maliyetler ve tahmini maliyet ortalama hata oranı diğer yöntemde çok düşük bir değer de olsa azalarak %2,64 gerçekleşmiş,  $R^2$  değeri ise 0,935 olarak bulunmuştur. Her iki regresyon analizinde de anlamlılık oranı çok yüksektir. Hata oranlarındaki ve  $R^2$  değerlerindeki fark yok denecek kadar azdır.

#### 4. Bulguların Karşılaştırılması

Yapılan regresyon analizlerinde, modellemelerin maliyet tahmini yapmakta anlamlılık oranı yüksek olmamasına rağmen hata oranı düşük çıkmıştır. Bazı karşılaştırmalarda ise göreceli olarak  $R^2$  değerleri daha yüksek olan analizlerden elde edilen verilerdeki ortalama hata oranı daha fazladır. 10 farklı değer ile tek tek yapılan lineer regresyon analizi ve tüm

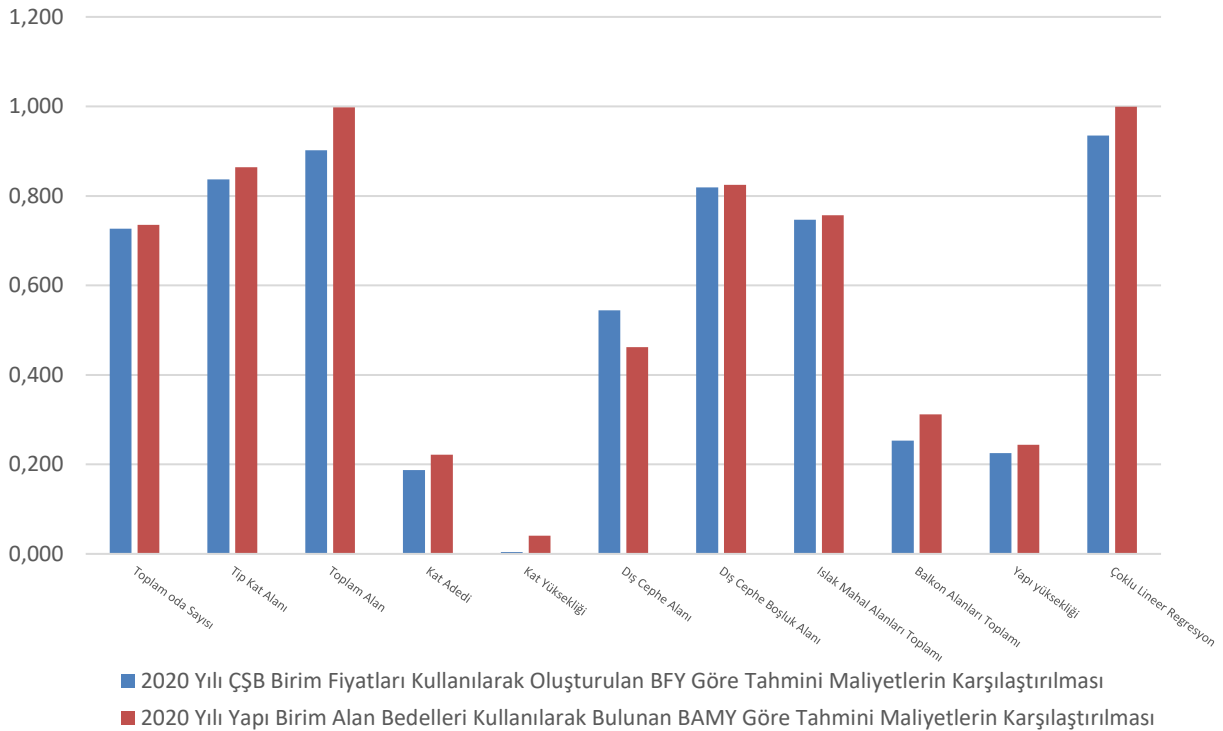
değerlerin yer aldığı çoklu lineer regresyon analizi yardımıyla maliyet tahmini performanslarının kıyaslanması amaçlanan 2 farklı maliyet oluşturma yöntemi (BFY, BAMY) için elde edilen veriler aşağıdaki Tablo 6.'da görüldüğü gibidir:

**Tablo 6.** 2020 Yılı ÇŞB Birim Fiyatları ve 2020 Yılı Yapı Birim Alan Bedelleri Kullanılarak Oluşturulan Maliyetlerle Tahmin Edilen Bedellerin Karşılaştırılması

2020 Yılı ÇŞB Birim Fiyatlarıyla bulunan maliyetler ile tahmini bedellerin karşılaştırılması														
	Toplam oda Sayısı	Tip Kat Alanı	Toplam Alan	Kat Adedi	Kat Yüksekliği	Dış Cephe Alanı	Dış Cephe Boşluk Alanı	Islak Mahal Alanları Toplamı	Balkon Alanları Toplamı	Yapı Yüksekliği	Çoklu Lineer Regresyon	Minimum R <sup>2</sup> değeri	Maksimum R <sup>2</sup> değeri	Ortalama R <sup>2</sup> değeri
R <sup>2</sup>	<b>0,727</b>	<b>0,837</b>	<b>0,902</b>	0,187	0,004	0,544	<b>0,819</b>	<b>0,747</b>	0,253	0,225	<b>0,935</b>	0,004	0,935	0,562
Ortalama hata oranı	<b>15,68 %</b>	<b>6,93 %</b>	<b>7,76 %</b>	41,13 %	61,15 %	<b>23,87 %</b>	<b>20,72%</b>	<b>22,74%</b>	84,86%	31,38 %	<b>2,64%</b>	2,64 %	84,86 %	28,99 %
												en düşük hata oranı	en yüksek hata oranı	Ortalama hata oranı

2020 Yılı Yapı Birim Alan Bedelleri bulunan maliyetler ile tahmini bedellerin karşılaştırılması														
	Toplam oda Sayısı	Tip Kat Alanı	Toplam Alan	Kat Adedi	Kat Yüksekliği	Dış Cephe Alanı	Dış Cephe Boşluk Alanı	Islak Mahal Alanları Toplamı	Balkon Alanları Toplamı	Yapı Yüksekliği	Çoklu Lineer Regresyon	Minimum R <sup>2</sup> değeri	Maksimum R <sup>2</sup> değeri	Ortalama R <sup>2</sup> değeri
R <sup>2</sup>	<b>0,735</b>	<b>0,864</b>	<b>0,998</b>	0,222	0,041	0,462	<b>0,825</b>	<b>0,757</b>	0,312	0,244	<b>0,999</b>	0,041	0,999	0,587
Ortalama hata oranı	<b>9,98%</b>	<b>8,10 %</b>	<b>1,46 %</b>	35,18 %	55,39 %	<b>19,66 %</b>	<b>21,40%</b>	<b>25,09%</b>	84,80%	<b>25,47 %</b>	<b>2,67%</b>	2,67 %	84,80 %	26,29 %
												en düşük hata oranı	en yüksek hata oranı	Ortalama hata oranı

Tablo 6.'da yer alan değerler için oluşturulan Şekil 6.'da R<sup>2</sup>, Şekil 7.'de ise hata oranlarının karşılaştırılması yapılmıştır.

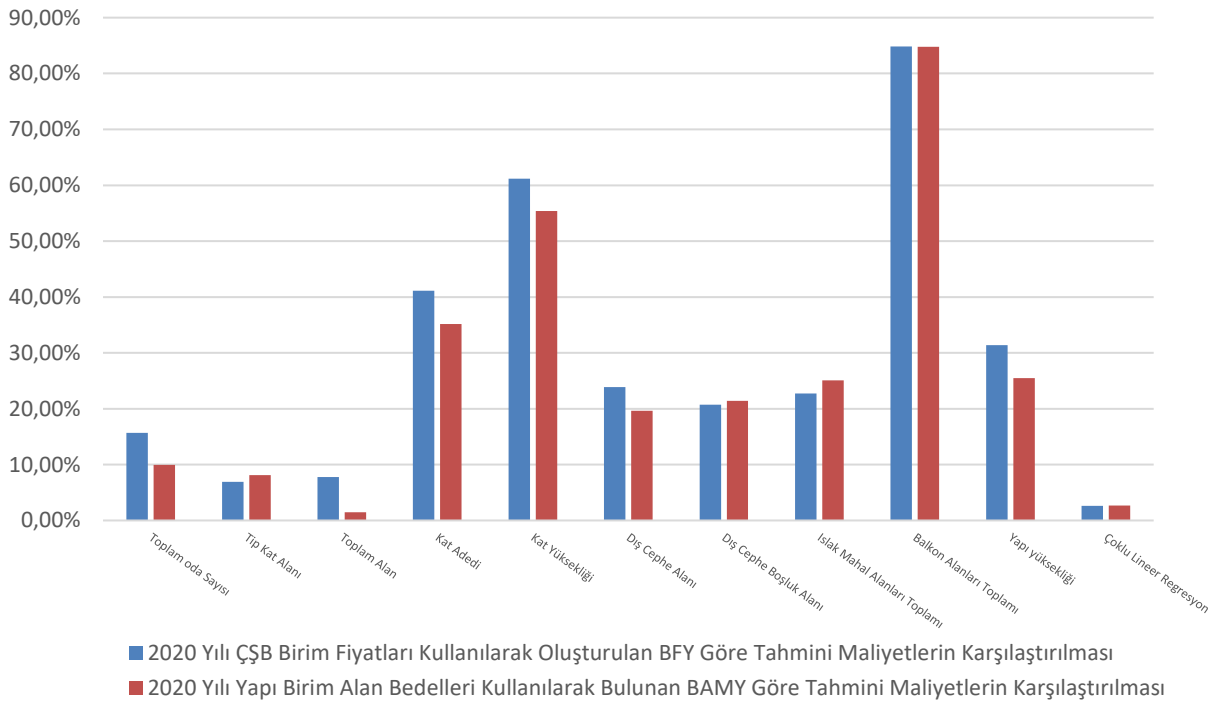


**Şekil 6.** Yapılan modellemelerin R<sup>2</sup> değerlerinin karşılaştırılması

BAMY verilerinin bağımlı değişken olarak kullanıldığı toplam 11 adet regresyon analizinin 1'i hariç (dış cephe alanı – maliyet ilişkisi) tümünde R<sup>2</sup> değerlerinin BFY verilerinin bağımlı değişken olduğu analizlere oranla kayda değer derecede yüksek olduğu görülecektir. R<sup>2</sup> değerinin yüksek gerçekleştiği modellemelerde ortalama hata oranının 1-2 örnek haricinde daha düşük gerçekleştiği gözlenmiştir.

Bir başka elde edilen sonuç şudur; regresyon analizi sonrasında bulunan modelleme ve modellemeye ait R<sup>2</sup> değeri ne kadar yüksek ise oluşan grafiğin derecesi o oranda düşüktür. Şöyle ki; araştırmamızda ele alınan ÇKKY ait kat yüksekliği, kat adedi, bina yüksekliği, toplam balkon alanı gibi veriler kullanılarak oluşturulan modellemelerde R<sup>2</sup> değerleri 0,004 – 0,312 arasında değişmekte, grafiklere ait denklemlerin ise en düşüğü 3. derece olmak üzere 5. derece denklemler olduğu görülmektedir. R<sup>2</sup> değerleri 0,727 – 0,998 arasında değişen toplam oda sayısı, toplam alan ile maliyet ilişkisi arasında yapılan modellemelerin grafikleri lineer şekilde oluşmuş yani denklemlerin 1. derece olduğu belirlenmiştir.

Konuta ait 10 adet veri ve maliyet ilişkisi için yapılan lineer regresyon analizleri ile çoklu regresyon analizleri irdelendiğinde dramatik bir benzerlik ile karşılaşmıştır. R<sup>2</sup> değeri düşük çıkan ve dolayısıyla maliyet tahminindeki hata oranı fazla olan modellemelerin, tüm verilerin dahil edilerek yapıldığı çoklu lineer regresyon analizindeki ağırlıklarının da o oranda düşük olduğu saptanmıştır.



**Şekil 7.** Yapılan Modellemelerin Maliyet Tahmininde Ortalama Hata Oranlarının Karşılaştırılması

11 adet veriden 3'ü hariç (tip kat alanı, dış cephe boşluk alanı, ıslak mahal alanları toplamı) diğerlerinde BAMY yardımıyla bulunan yaklaşık maliyetler ile regresyon analizleri sonucu oluşturulan modellemeler yardımıyla tahmin edilen maliyetlerdeki ortalama hata oranının BFY kullanılarak oluşturulan modellemelerdeki ortalama hata oranında düşük olduğu Tablo 6.'da açıkça görülebilir.

Şekil 6. ve Şekil 7. karşılaştırıldığında ise yüksek R<sup>2</sup> değerlerinde düşük ortalama hata oranlarının gerçekleştiği görülmektedir. Düşük hata oranına ve yüksek R<sup>2</sup> değerine sahip modellemelere ait grafik denklemlerinin derecelerinin düşük, lineere çok yakın ve her noktada benzer eğime sahip oldukları sonucuna ulaşılmaktadır. Şekil 7.'de ilk üç sıradaki en düşük ortalama hata oranına sahip olan toplam oda sayısı – maliyet, tip kat alanı – maliyet, bina toplam alan – maliyet değişkenleri kullanılarak oluşturulan lineer regresyon analizi modellemelerin grafiklerinin formülleri  $y=a+bx$  şeklinde olup 1. derece denklemdir. a sabit sayıyı, b değişkenin katsayısını ve x değişkeni göstermektedir.

## 5. Sonuç ve Değerlendirme

Maliyet tahmininde performans analizlerini yapmayı amaçladığımız BFY ve BAMY yardımıyla bulunan ÇKKY maliyetleri ve bu yapılarla ait 10 adet girdi için ayrı ayrı, tümüyle çoklu lineer regresyon analizleri yapılmıştır. BFY yardımıyla bulunan maliyet ve maliyet verileriyle gerçekleştirilen regresyon analizi modellemeleri ile tahmin edilen maliyetlerde ortalama R<sup>2</sup> değeri 0,562, gerçekleşen hata oranları ortalaması %28,99, en düşük hata oranı değeri %0,52'dir. BAMY yardımıyla bulunan maliyet ve maliyet verileriyle gerçekleştirilen regresyon analizi modellemeleri ile tahmin edilen maliyetlerde ortalama R<sup>2</sup> değeri 0,587, gerçekleşen hata oranları ortalaması %26,29, en düşük hata oranı değeri %0,01 olarak hesaplanmıştır.

Ayrıca BAMY yer alan verilerle hazırlanan regresyon analizi modellemelerinin %1'den daha düşük hata oranına sahip maliyet tahmini sayısı 4 adettir ve tüm verilere oranı 4/33'tür. BFY yer alan verilerle hazırlanan regresyon analizi modellemelerinin %1'den daha düşük hata oranına sahip maliyet tahmini sayısı 1 adettir ve tüm verilere oranı 1/33'tür. ÇKKY'nın regresyon analizi sonucu oluşturulan modellemelerle maliyet tahmininde, BAMY yardımıyla hesaplanan maliyetlerin kullanılmasının BFY yardımıyla hesaplanan maliyetlere göre gerçeğe daha yakın sonuç vereceği görülmektedir. Ancak kullanılan verilerin azlığı, tahmin sonuçları arasındaki ortalama hata oranının %2,70 gibi düşük bir değere sahip olduğu ayrıca göz önünde bulundurulması gereken bir başka durumdur. Uluslararası çapta gerçekleştirilen benzer bilimsel çalışmalara bakıldığında, daha çok sayıda veri kullanıldığı gözlemlenmiştir.

BAMY yardımıyla bulunan maliyetlerdeki verilerin maliyet tahmini için oluşturulacak regresyon analizi modellemelerinde kullanılmasının BFY yardımıyla bulunan maliyetlerdeki verilerin kullanılmasına oranla doğruya daha yakın sonuç vereceği ve maliyet tahmininde bulunacak firmaya/kişiye avantaj sağlayacağı açıktır. Ayrıca ÇKKY maliyetlerinin oluşturulmasında BAMY kullanılması diğer avantajlı tarafı; basit hesaplanabilir olduğundan dolayı, tahminciye zamandan tasarruf ve kolaylık sunmasıdır. Benzer maliyet tahmin yöntemi çalışmalarının daha fazla veriyle, farklı özelliklerde imal edilmiş ÇKKY'na uygulanmasının, araştırma konusu yöntemi daha da geliştireceği düşünülmektedir.

### Kaynaklar

- Akbıyıklı, R., "İnşaat yönetimi, metraj ve maliyet hesapları", Birsen Yayınevi, İkinci Baskı, İstanbul, (2012), Kitabınızı Unutmayın! :) (birsenyayinevi.com)
- 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), Submission » DergiPark
- Ashworth, A. (1999), Cost Studies of Buildings, Longman Scientific & Technical, Harlow, p. 14, England. CSO\_A01.pm5 (docshare.tips)
- Bayram S., Öcal M.E., Laptalı Oral E., Atış C.D. "Yapım Maliyeti Tahmininde Birim Fiyat Yöntemi – Yapı Yaklaşık Maliyetleri Kıyaslaması" Politeknik Dergisi, (2016), Submission » DergiPark
- Bisen, Ö., ve Dikmen, S.Ü., "Üst yapı inşaat projelerinde öngörülemez maliyetlerin belirlenmesine yönelik bir karar destek modeli", 5. Yapı İşletmesi/Yapım Yönetimi Kongresi, Eskişehir, (2009), yapı işletmesi yapım yönetim kongresi 5 | Nadir Kitap
- Çelik M.H, Kanit R., Baykan U.N., "Kamuya Ait Bina İnşaatlarında Tahmin Edilen Maliyet İle Gerçekleşen Maliyet Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi" Politeknik Dergisi (2003), Kamuya ait bina inşaatlarında tahmin edilen maliyet ile gerçekleşen maliyet arasındaki ilişkinin belirlenmesi | TR Dizin
- Dandan T.H., Sweis G., Sukkari L.S., Sweis R.J., "Factors Affecting The Accuracy Of Cost Estimate During Various Design Stages" Journal of Engineering, Design and Technology (2019) <https://doi.org/10.1108/jedt-08-2019-0202>
- Göktürk, İ., "İnşaat sektöründe fizibilite aşamasında maliyet tahmini yapmakta karşılaşılan zorluklar ve çözüm önerileri üzerine bir değerlendirme", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, (2007), İnşaat Sektöründe Fizibilite Aşamasında Maliyet Tahmini Yapmakta Karşılaşılan Zorluklar Ve Çözüm Önerileri Üzerine Bir Değerlendirme (itu.edu.tr)
- Kim G., An S. , Kang K. "Comparison Of Construction Cost Estimating Models Based On Regression Analysis, Neural Networks, And Case-Based Reasoning" Building and Environment (2004), <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2004.02.013>
- Kim G., Shin J., Kim S., Shin Y. "Comparison of School Building Construction Costs Estimation Methods Using Regression Analysis, Neural Network, and Support Vector Machine" Journal of Building Construction and Planning Research (2013), <https://doi.org/10.4236/jbcpr.2013.11001>
- Özmaden M.Ş., Erdal M. "Konut Yapılarının Maliyet Tahmininde Kullanılan Yöntemlerin Performans Analizi" Konya Mühendislik Bilimleri Dergisi (2020) <https://doi.org/10.36306/konjes.731119>
- Polat, D.A., ve Çıracı, M., "Türkiye'de tasarım öncesinde maliyet tahmini için veri tabanı modeli", İTÜ Mühendislik Dergisi, 4(2): 59-69, (2005), Türkiye'de tasarım öncesinde maliyet tahmini için veri tabanı modeli | POLAT | İTÜDERGİSİ/a (itu.edu.tr)
- Uğur, L.O., "Yapı maliyeti çalışmaları", Alter Yayıncılık, 1. Baskı, Ankara, (2009), YAPI MALİYETİ ÇALIŞMALARI (alteryayinlari.com)
- Uğur, L.O., "Yapı maliyetinin yapay sinir ağı ile analizi", Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, (2007), <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Uğur, L.O., Baykan U.N., "Yapı Maliyetinin Fonksiyonel Eleman Yöntemi İle Tahmini" Engineering Science (2009), Submission » DergiPark
- Uğur, L.O., Baykan U.N., Korkmaz S. "Yığma Konutların Maliyet Tahmininde Yapay Sinir Ağlarının (YSA) Kullanılması" 6. İnşaat Yönetimi Kongresi (2011), Submission » DergiPark