



ISSN:1306-3111
e-Journal of New World Sciences Academy
2009, Volume: 4, Number: 4, Article Number: 1A0043

ENGINEERING SCIENCES

Received: May 2009
Accepted: September 2009
Series : 1A
ISSN : 1308-7231
© 2009 www.newwsa.com

Latif Onur Uğur¹, Umut Naci Baykan²
Ahi Evran University¹
Turkish Republic The Ministry of
Public Works and Settlement²
latifugur@mynet.com
Kirsehir-Turkey

YAPI MALİYETİNİN FONKSİYONEL ELEMAN YÖNTEMİ İLE TAHMİNİ

ÖZET

Bu çalışmada, yapı maliyetinin fonksiyonel eleman yöntemi ile tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Bunun için taşıyıcı sistemi betonarme olan, benzer nitelikte çok katlı toplu konut projelerinin inşaat maliyetleri hesaplanmış ve mevcut verilerden yararlanılarak regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Bu yapıların projeleri üzerinden belirlenen yapı yükseklikleri, katlardaki daire sayıları, tip kat alanları, toplam kat sayıları, kat yükseklikleri, cephe alanları, cephe boşluğu alanları ve ortalama daire alanları modellemede ana fonksiyonel değerlendirme ölçütleri olarak alınmıştır. Regresyon analizi ile yapılan maliyet hesaplamaları birim fiyat yöntemi ile belirlenen değerlerle karşılaştırılarak, yöntemlerin sağladığı performans değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgulara göre, oluşturulan Regresyon Analizi hesaplamalarından sağlanan veriler, gerçeğe yakın ve uygulanabilir sonuçlar sağlamıştır. Hesaplanan R^2 değerinin 1'e yakın bir değer alması yapılan modellemenin gerçeğe yakınlığını ifade etmektedir. Bu alandaki çalışmalarda karma yöntemlerin kullanılmasının daha verimli tahminler için avantaj sağlayacağı ve farklı yapı tipleri için benzer araştırmaların yapılmasının olumlu gelişmeler yaratacağı sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yapı Maliyeti, Fonksiyonel Eleman Yöntemi (FEY), Regresyon Analizi, Toplu Konut, Bina

FORECAST OF CONSTRUCTION COSTS WITH FUNCTIONAL ENTITY METHOD

ABSTRACT

Main objective of this study is forecasting of construction costs with Functional Entity Method (FEM). For this aim, construction costs of similar reinforced concrete buildings calculated with Unit Price Method (UPM). This costs used as data for Regression Analysis model. Building elevations, unit numbers in a flat, normal flat areas, heights of flats, total flats, outer surface's empty areas, outer surfaces total areas and average areas of the units in normal flats were assumed as mean criterias of the cost of each apartment. Results of FEM, compared with the results of UPM and performance of FEM evaluated. Result of FEM gave near the real costs and can be us efor forecasting of similar construction's costs. Value of R^2 is near to 1 and this means the model is adequate to use. Using hybrid methods for solving this kind of problems, will be useful than using only one method. Studying with similar methods for calculating different kind of buildings costs, will create positive developments.

Keywords: Construction Costs, Functional Entity Method (FEM), Regression Analysis, Housing, Building



1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Yapı üretim sürecinde yapım yöntemleri, yapım işlerinin zamanlaması ve yapıya ilişkin çeşitli özellikler göz önüne alınarak; karar vericilerin aldığı kararların maliyete olan etkisinin tespiti ve maliyetin kontrol edilebilmesi için çeşitli maliyet modelleri geliştirilmiştir. Kullanılacak olan model yardımıyla maliyet ve maliyeti etkileyen malzeme, zaman, üretim süreci gibi faktörler kontrol altına alınabilir. Etkin maliyet kontrolü sağlayan bir maliyet modelinin bazı özelliklere sahip olması gerekmektedir. Böyle bir model kullanılacağı süreç, ya da süreçler için uygun olmalıdır. Modele girilecek olan bilgiler doğru ve belirli bir düzeyi yakalamış olmalı, bu bilgiler zaman faktöründen etkilenmemek için zamanında girilmeli ve güncelliği sağlanmalıdır. Diğer yandan model, işveren, inşaat firması, taşeron gibi üretime katılan tüm gruplarca kullanılabilir olmalıdır.

Yapı maliyeti belirlenmesinde dikkat edilmesi gereken en önemli faktörler arazi, yapı büyüklüğü, planlama yeterliliği, plan biçimi, yükseklik ve kat yüksekliği gibi ana başlıklar altında toplanabilir.

Her yapı arazisinin kendine özgü özellikleri vardır. Arazinin büyüklüğü genellikle yapımı gerçekleştirecek projenin türüyle belirlenir. Projenin maliyeti, kurulduğu araziden etkilenecektir. Proje, dağıtım ve ulaşım gibi problemlerin olduğu kalabalık bir şehir arazisi üzerinde ya da şehir dışında büyük ulaşım maliyetlerine neden olacak bir arazi üzerinde kurulabilir.

Yapı maliyetleri ülkenin farklı bölgelerinde de değişiklik gösterebilir. Yapının arazi üzerindeki yeri de, projenin toplam maliyetini etkileyecektir. Örneğin bazı projeler yüksek maliyetli uzun mesafeli yolları gerekli kılabilir. Seçilen arazinin zemin koşulları, yapı maliyetlerini büyük ölçüde etkileyebilen bir faktördür. Kötü bir zemin artan harcamalara ek olarak, işçiler ve makineler için kötü çalışma koşullarına neden olabilir. Bu sorunlar kötü hava koşullarıyla daha da büyük bir hal alabilir. Arazinin kayalıklardan oluşması kazı çalışmalarını gerektiren kurulum harcamalarında da bir atışa neden olabilir.

Herhangi bir yapı projesi için dikkat edilmesi gereken diğer bir nokta yapının büyüklüğüdür. Bu, harcamalar konusunda önemli bir faktördür. Çünkü harcamalar büyüklükteki değişikliklerle orantılı değildir. Daha büyük yapılar daha küçük ölçekli projelere göre daha düşük birim maliyetine sahiptir. Daha küçük fabrikalar daha büyük olanlara göre birim başına daha çok maliyete neden olur. Bu durum, bir noktaya kadar ölçek ekonomisi teorisiyle ilgilidir. Küçük projelerin planlanması birim başına daha çok zaman alır ve bu da plan harcamalarına yansır. Büyük projeler daha etkili yönetilebilir ve bu işin daha kısa sürede bitirilmesini sağlayabilir. Herhangi bir yapı planının biçimi, projenin toplam maliyeti üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bu etki salt dış cephe maliyetleriyle sınırlı değildir. Büyük ölçüde duvar-zemin oranı olarak bilinen teoriye bağlı olmak üzere, kare şeklinde planlanmış bir yapı, birçok durumda en ekonomik çözümü sağlayacaktır. . Kare bir biçim, toplam zemin alanına daha az duvar yapımıyla sonuçlanacaktır. Biçim ne kadar karmaşık olursa, gerekli zemin alanına göre de maliyet o kadar yüksek olacaktır. Düzensiz şekilli bir planın daha çok maliyetli olmasının nedeni köşelerin sayısına bağlanabilir. Bu, tuğla ve çatı maliyetlerini etkileyen bir faktör olarak bilinir.

Yüksek yapıların maliyetleri alçak yapıların maliyetinden daha çoktur. Yüksek yapılar, yalnızca arazinin pahalı olduğu durumlarda tercih edilir. Amaç, daha çok kat ekleyerek pahalı olan araziye tam kapasiteyle kullanmaktır. Çok katlı yapıların alçak yapılara oranla daha pahalı olmasının sebepleri aşağıdaki gibi sıralanabilir.



- Çok katlı yapıların yüksek yapım maliyetleri dikey ulaşımın sağlanmasını, malzeme depolama sorununu, yapının kurulumundaki ertelemeleri ve güvenlik için yapılan ekstra ödemeleri içerir.
- Mühendislik hizmetlerinin yapı içinde asansör gibi tedariklerinin artan maliyetleri, yangınla mücadele ekipmanı ve aydınlatma idarecisi gibi elden çıkarılabilir yerleştirmeleri reddeder.
- Kuruluş için gerekli unsurların hazırlanmasının yüksek maliyeti, yapısal çerçevenin gerekliliği, merdivenler için daha zorlu yapısal gereksinimler.
- Yangına dayanıklılık için önlemlerin geliştirilmesi, özellikle de katlar arasındaki izolasyon.
- Daha geniş merdivenleri içeren gerekli sirkülasyon alanı oranındaki artış.
- İş yürütebilecek müteahhit sayısının sınırlı olması nedeniyle iş için daha az rekabet ortamı.
- Yapıdaki karmaşıklığa bağlı olarak alt sözleşmeli uzman müteahhitlere daha çok iş verilmesi gerekliliği.
- Rüzgara dayanıklılık faktörleri de yapının uzunluğu ile birlikte dikkate alınması gerekir. Bu da yapısal zorluğu ve bununla ilgili olan harcamaları artıracaktır.

Yüksek yapıların tüm kullanım sürelerine ait harcamaları da daha büyüktür. Bu büyüklük asansörler, ısıtma sistemleri ve elektrik dağıtımı gibi gelişmiş hizmetlere bağlı bakım harcamalarına bağlıdır.

Tek katlı yapılar, birçok nedenden dolayı maliyet açısından etkili çözüm değildir. Bu tür yapılar genellikle geçici yapılar için ekonomik bir çözüm olarak tercih edilir.

Yapı yüksekliği konusundaki araştırmalar, herhangi bir yapının maliyet unsurlarının dört kategoriye ayrılabilirliğini göstermektedir:

- Kat sayısının artmasıyla düşenler (çatı ve kurulum)
- Kat sayılarının artmasıyla yükselenler (asansör kurulumu)
- Yükseklikten etkilenmeyenler (zemin cilaları, dış kapılar)
- Başlangıçta düşen ve daha sonra kat artışıyla yükselenler (dış kaplama).

Yapıların kat yükseklikleri, büyük ölçüde yapının kullanıcılarının ihtiyaçlarıyla belirlenir. Büyük makine ya da ekipmanların yerleştirilmesi için normalden daha yüksek katlara ihtiyaç duyulabileceği gibi, havalandırma sistemlerinin yerleştirilmesi için fazla alan bırakmak gerekebilir. Otel lobilerinde olduğu gibi durumlarda yüksek katlar prestij izlenimi vermek için tercih edilebilir [1]. Cami, tiyatro gibi yapılar da gelenek ya da plan gereği yüksek katlardan oluşur. Aşırı yükseklikteki katların dikey sirkülasyon elemanlarının maliyetleri ve ısıtma ve havalandırma vb. gelecek bakım maliyetleri üzerinde bir etkisi yoktur. Bu tür yapılar aynı zamanda yüksek duvar-zemin oranlarına sahiptir.

Alt ve orta gelir düzeyine yönelik toplu konut uygulamalarında Başbakanlık Toplu Konut İdaresi'nin ve Türkiye Emlak Kredi Bankasının önemli bir yeri vardır. Başbakanlık Toplu Konut İdaresi 1984'de kurulmuş, Ankara Eryaman, İstanbul Halkalı gibi büyük toplu konutları gerçekleştirmiştir [2].

Miktarlara dayalı modeller olarak tanımlanan modeller Analitik Modeller, Fonksiyonel Elemanlara Dayalı Modeller, Kaynaklara Dayalı Modeller, Yapım Birimlerine Dayalı Modeller olarak sıralanabilir [1].

Maliyetin belirlenmesindeki detayı arttırılmış olmasına rağmen kat kabuğu yönteminin yeterli olamaması, bu yöntemlerin oluşturulmasına neden olmuştur. Elemanlara dayalı maliyet hesabı, yapı üretim sürecinin tasarım evresinde, maliyet planlaması ve kontrolünün



yapılabilmesi için kullanılan bir maliyet hesabı türüdür. Bu yöntemde, ön proje üzerinden yapı fonksiyonları ölçülerek miktarları belirlenir, daha sonra her bir eleman için birim fiyat belirlenir ve eleman miktarı ile birim fiyat çarpılarak, fonksiyonel eleman maliyeti bulunur. Fonksiyonel eleman maliyetleri alt alta toplanarak, toplam yapı maliyeti hesaplanmış olur. Elemanlara dayalı maliyet hesabında en büyük zorluk, yapının normal miktar cetvelleri ölçüsünün, maliyet analizi için kategorilere ayrılmasıdır. Yani, fonksiyonel eleman, tasarımın gelişimine bağlı olarak alt fonksiyonlara, alt fonksiyonlar da bileşenleri olan yapı birimlerine ayrılabilir. Tasarımla ilgili ilk alternatif çözüm ortaya çıkar çıkmaz bir ön maliyet planı hazırlamak, çözümün daha önce belirlenmiş olan maliyet sınırları içinde kalıp kalmadığını görmek bakımından gereklidir. Ancak, bu aşamada şematik çizimler üzerinden ölçümü yapılabilecek eleman sayısı çok azdır. Bu nedenle, çok kısa bir eleman listesi gerekmektedir. Belirlenen elemanlardan her biri, ön tahmin aşamasında olduğu gibi, örnek olarak alınan yapının eşdeğer elemanlarıyla karşılaştırılır ve fiyat artışları da göz önüne alınarak hesap yapılır. Elde edilen sonuçlar birinci ön maliyet planını ortaya koyar. Ön maliyet planı kesinleştikten sonra, tasarımdan elde edilen bilgilere bağlı olarak, daha ayrıntılı bir maliyet planı için, örnek yapının maliyet analizinden yararlanılır. Projenin eleman maliyeti için eleman miktarları, tasarlanmakta olan projenin çizimleri üzerinden ölçülür [3].

Elemanların birim maliyetleri ve oranlama yolu ile hesaplama işleminde, elemanın analizlerden elde edilen metrekare maliyeti ile çarpılarak, elemanın toplam maliyeti elde edilir. Bulunan miktar, döşeme alanına bölünerek, elemanın metrekare döşeme alanı başına maliyeti bulunur. Oran metodu kullanıldığında ise, hem tasarlanmakta olan projenin, hem de örnek projenin herhangi bir elemanın toplam alanının döşeme alanına oranı bulunur ve iki projeden elde edilen rakamlar birbirine oranlanarak, elemanın metrekare döşeme alanı başına maliyeti ile çarpılır. Buradan elde edilen sonuç, toplam döşeme alanı ile çarpılarak toplam maliyet elde edilir. Elemanların toplam maliyetlerinin, metrekare döşeme alanı başına ifade edilmesinin nedenlerinden biridiğer yapılarla uygun bir karşılaştırma yapabilmek, diğeri ise sadece birim fiyatlar ele alındığında, herhangi bir kayıp ya da kazanç olup olmadığını anlamının mümkün olmamasıdır. Herhangi bir elemanın seçiminin, binanın metrekare maliyetini nasıl etkileyeceğini görmek, ancak elemanın metrekare döşeme başına maliyetini hesaplayarak mümkün olabilir. Belirlenen maliyet tavanının üstüne çıkmışsa, yapılan hesaplar gözden geçirilerek bu artışın hangi elemandan dolayı meydana geldiği belirlenir. Yeniden tasarıma dönülerek, yapılan değişiklikler doğrultusunda hesaplar tekrarlanır ve yeni bir maliyet planı hazırlanır. Tasarım geliştikçe bina elemanları da, kendilerini oluşturan alt elemanlara ayrılır. Doğal olarak, elemanlara dayalı olarak en ayrıntılı maliyet hesabı, uygulama projesinde yapılır [3].

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Toplu konutlardaki yapı, malzeme gibi özelliklere yönelik akademik çalışmalar ikinci planda kalmış görünmektedir. "Proje, işçilik ve malzeme kullanım hatalarının" incelenmesine yönelik, az sayıdaki çalışmalar gözlemlerle, teknoloji bağlamında ve uzman gözü ile yapılmıştır [4]. Kısıtlı sürede ve kısıtlı bilgilerle ya da ön tasarım evresi çalışmalarında yapılması gereken yapı maliyet tahminlerinin gerçeğe yakınlığı tasarımcılar, yatırımcılar, yükleniciler ve son kullanıcılar için büyük önem arz etmektedir. Daha önce ülkemizde okul ve kamu bina maliyetleri tahmininde



kullanılmasının uygun olabileceği anlaşılan fonksiyonel eleman yönteminin çok katlı betonarme binaların maliyet tahmininde de kullanılabilirliği araştırılmıştır.

3. UYGULAMA (APPLICATION)

Bu çalışmada, yapı maliyetlerinin fonksiyonel eleman yöntemi ile tahmin edilmesi amacıyla, Başbakanlık Toplu Konut İdaresi (TOKİ) ve Türkiye Konut Yapı Kooperatifleri Birliği'nden (TÜRKONUT) sağlanan, betonarme taşıyıcı sistemli ve benzer nitelikteki 63 adet çok katlı toplu konut projesinin çizimleri ve metrajları esas alınmıştır. Projelerden hesaplanan son kat tavan yükseklikleri (m), bir kattaki daire sayıları (ad), toplam daire sayısı (ad), tip kat alanları (m²), cephe alanları (m²), cephe boşluk alanları (m²), kat yükseklikleri (m), kat sayıları (ad), ortalama daire alanları (m²) değerleri doğrusal regresyon hesaplamalarına veri olarak girilmiştir. Her projenin inşaat maliyeti (YTL), Bayındırlık Bakanlığı Birim Fiyat Rayiçleri esas alınarak hesaplanmış ve çıktı vektörü olarak değerlendirilmiştir.

Her iki kaynaktan sağlanan beş projeye ait veriler, kontrol amacı ile ayrılmış ve kalan 58 projeye ait girdi verileri ve karşılık gelen maliyetler regresyon hesabında kullanılmıştır. Bu değerler Tablo 2'de verilmiştir. Girdi verileri yardımı ile SPSS programı kullanılarak bir regresyon denklemi elde edilmiştir. Hesaplanan regresyon denklemi verileri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Regresyon denklemi verileri
(Table 1. Regression equation data)

Sabit	0.10
Son Kat Yük.	29778.16
Daire Sayısı	-529736.00
Toplam Daire Say.	-6379.00
Tip Kat Alanı	4444.78
Cephe Alanı	87.21
Cephe Boşluk Al.	1743.49
Kat Sayısı	-45959.00
Ort. Daire Alanı	-8391.82



Tablo 2. Girdi verileri ve maliyet değerleri
(Table 2. Input and cost data)

Son kat tavan yüksekliği (m)	Bir kattaki daire sayısı (ad)	Toplam daire sayısı (ad)	Tip kat alanı (m ²)	Cephe alanı (m ²)	Cephe boşluk alanı (m ²)	Kat yüksekliği (m)	Kat sayısı (ad)	Ort. daire alanı (m ²)	MALİYET (YTL)
33.30	4	44	574.5	3373	1037	2.80	11	143.6	2224814.2
33.20	4	44	568.2	3216	1022	2.80	11	142.1	2180513.0
36.20	4	50	569.9	3137	1122	2.80	13	142.5	2998765.0
42.00	2	30	258.4	3087	543	2.80	15	129.2	1181737.2
42.30	2	30	267.3	3255	552	2.80	15	133.7	1323654.0
36.4	4	50	576.4	3283	1166	2.80	13	144.1	2893652.9
36.20	4	50	568.3	3166	1145	2.80	13	142.1	2587649.0
30.70	4	42	571.9	3123	995	2.80	11	143.0	2256515.1
30.60	4	42	560.0	2984	902	2.80	11	140.0	1965497.0
36.4	4	50	513.0	2836	921	2.80	11	128.3	2347547.0
36.2	4	50	492.0	2715	893	2.80	11	123.0	2065489.0
25.20	4	36	566.8	3112	1024	2.80	13	141.7	2385357.3
25.10	4	36	562.0	3088	1015	2.80	13	140.5	2278549.0
36.40	2	26	560.3	2876	811	2.80	13	280.1	2070223.2
36.20	2	26	558.7	2712	824	2.80	13	279.4	1998537.0
42.00	2	30	265.7	3028	550	2.80	15	132.9	2127717.2
42.00	2	30	263.8	2843	543	2.80	15	131.9	1882371.0
33.60	2	24	260.0	2928	488	2.80	12	130.0	1672066.9
33.50	2	24	258.0	2834	473	2.80	12	129.0	1537294.0
42.00	2	30	302.5	3096	561	2.80	15	151.2	1690299.6
42.00	2	30	298.0	3053	553	2.80	15	149.0	1579273.0
30.80	2	22	294.4	2889	512	2.80	11	147.2	1500210.5
30.60	2	22	287.7	2734	502	2.80	11	143.9	1387358.0
36.40	2	26	210.6	2541	388	2.80	13	105.3	898151.2
36.20	2	26	209.5	2487	379	2.80	13	104.8	887651.0
36.40	4	48	574.2	3287	514	2.80	12	143.5	1902514.4
36.60	4	48	579.0	3354	521	2.80	12	144.8	2234521.0
32.20	3	35	383.3	3399	691	2.80	12	127.8	1406954.3
32.20	3	35	377.0	3122	681	2.80	12	125.7	1273892.0
29.50	3	32	423.0	3227	621	2.80	11	141.0	2735672.0
36.40	3	39	396.5	3724	709	2.80	13	132.2	1988288.0
36.40	3	39	384.0	3645	702	2.80	13	128.0	1733452.0
33.60	3	36	412.4	3689	682	2.80	12	137.5	1684273.4
33.5	3	36	387.0	3417	645	2.80	12	129.0	1369371.0
25.85	4	36	463.1	2244	452	2.80	12	115.8	855958.5
25.85	4	36	472.0	2341	456	2.80	12	118.0	892563.0
32.98	4	48	600.6	3239	514	2.79	12	150.2	1380725.0
33.02	4	48	612.0	3314	518	2.79	12	153.0	1483561.0
16.62	2	18	348.0	1342	179	2.79	6	174.0	482549.0
11.52	2	8	219.3	691	129	2.79	4	109.7	468453.8
11.32	2	8	215.0	672	112	2.79	4	107.5	452386.0
11.16	4	16	394.5	887	166	2.79	4	98.6	387539.6
11.23	4	16	432.0	892	172	2.79	4	108.0	412528.0
11.16	2	8	181.0	542	202	2.79	4	90.5	417046.1
11.32	2	8	192.0	553	209	2.79	4	96.0	475612.0
11.32	4	16	594.0	1123	183	2.79	4	148.5	690537.0
11.16	4	16	503.0	1040	178	2.79	4	125.8	533411.1
11.16	4	16	512.0	1052	181	2.79	4	128.0	572432.0
16.74	4	24	548.0	1582	381	2.79	6	137.0	794561.0
16.74	4	24	542.0	1521	362	2.79	6	135.5	738290.0
11.16	2	8	316.5	754	122	2.79	4	158.3	327782.4
11.16	2	8	312.0	742	117	2.79	4	156.0	317437.0
36.57	4	52	546.1	3423	634	2.79	13	136.5	1766297.9
36.57	4	52	541.0	3341	621	2.79	13	135.3	1589426.0
11.16	2	8	328.4	817	132	2.79	4	164.2	346057.2
11.16	2	8	332.0	821	137	2.79	4	166.0	478926.0
11.16	2	8	196.7	596	85	2.79	4	98.4	407850.5
11.60	2	8	199.3	608	91	2.79	4	99.7	447982.0



SPSS programı ile yapılan regresyon analizi çıktıları, Ek 1de verilmiştir. Bu verilerin kullanılması ile regresyon denklemi

$$y = 29778,16x_1 - 529736x_2 - 6379x_3 + 4444,78x_4 - 87,21x_5 + 1743,49x_6 - 45959x_7 - 8391,82x_8 + 0,1$$

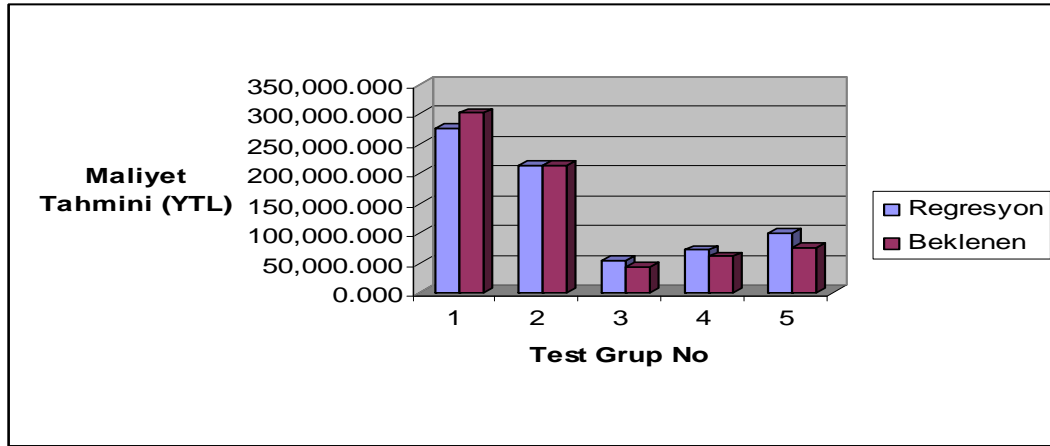
olarak kurularak, analizde kullanılmayan beş projeye ait giriş değerleri denklemdeki x_i ifadelerinde yerine konulmuştur. Beş adet test projesi için bu denklemle hesaplanan tahmini maliyet değerleri gerçek maliyet değerleri ile Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3. Regresyon analizi ile hesaplanan maliyet değerleri ve beklenen değerlere göre hata oranları
(Table 3. Cost data from regression analysis and expected values and fault ratios)

Test Grup No	1	2	3	4	5
Tahmin Maliyet	0.2761397	0.2140388	0.0549767	0.0720558	0.1011417
Beklenen	0.3022523	0.2143902	0.0444606	0.0610778	0.0763571
Fark	0.0261126	0.0003514	0.0105161	0.0109780	0.0247846
Hata %	8.64	0.16	23.65	17.97	32.46

Tablo 2'de hata oranları, 1, 2, 3, 4 ve 5 nolu örnekler için sırası ile %8,64, %0,16, %23,65, %17,97 ve %32,46 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlerin aritmetik ortalaması %16,58'dir.

Şekil 1'de regresyon analizi ile hesaplanan maliyet değerleri ile beklenen değerlerin grafik karşılaştırılması görülmektedir.



Şekil 1. Regresyon analizi ile hesaplanan maliyet değerleri ve beklenen değerlerin grafiksel karşılaştırılması
(Figure 1. Graphic comparison of cost values from regression analysis and expected values)

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER (CONCLUSIONS AND SUGGESTIONS)

Bir inşaat projesinin maliyet, süre ve kalite açısından analizinin yapılması planlamada karşılaşılan en önemli problemdir. Yatırım kararının alınacağı, yatırım için gerekli kaynak miktarının ve sonunda proje maliyetinin belirleneceği ön tahmin aşamasında, tahmincinin elinde detay seviyesi yüksek çizimler bulunmamaktadır. Yararlanılacak yegane bilgi, önceki projelerdeki tecrübelerle elde edilen verilerdir. İnşaat sektörünün içinde bulunduğu yoğun rekabet ortamı düşünüldüğünde, planlama işiyle uğraşan teknik elemanların



çözüm için kullanabileceği, hızlı ve verimli birtakım yöntemlere ihtiyaç bulunduğu görülmektedir.

Problemin çözümü için seçilen yöntem ne olursa olsun, bu yöntemin kullanılmasından sonra yapılacak değerlendirmeler için, insan faktörü ve onun deneyimi ön plana çıkmaktadır.

Bir regresyon analizi için girdi olacak verilerin miktarının artırılmasının (örnekleme uzayının genişletilmesinin), sonucun doğruya daha çok yaklaşmasında birincil derecede etkili olacağı tartışılmazdır. Fakat, çok sayıda, benzer nitelikte proje ve ilgili verilerin sağlanıp ön hesaplamaların yapılması bu yöntemin uygulanmasında en çok vakit ve enerji alan konu niteliğindedir. Bu aşamanın sağlıklı bir şekilde tamamlanmasının ardından bilgisayar yazılımları yardımı ile kısa sürede hesaplamalar yapılarak örnekleme düzlemini modelleyen bir matematik ifade elde etmek önemli bir zorluk değildir.

Fonksiyonel eleman yöntemi ile elde edilen sonuçların tek ve mutlak çözüm değil, iyi çözümlerden biri olduğu unutulmadan bu yöntemin diğer tahmin yöntemleri ile birlikte kullanılmasının, nihai tahminlere ulaşmada daha sağlıklı sonuçlar verebileceği düşünülmektedir. Bu yaklaşımın kullanılması ile kısa süre içinde bütçelendirilmesi gereken projeler ya da yakın tarihli ihalelerde, gerekli ön verilerin sağlanmış ve işlenmiş olması kaydıyla, çok daha az hesaplama ve işlem süresi ile gerçeğe yakın maliyet tahmini yapılması mümkündür.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Akınbingöl, M. ve Gültekin, A.T., (2005). Bina Üretimi Yapım Evresinde Maliyet Planlama ve Denetimine Yönelik Bir Maliyet Yönetim Modeli Önerisi. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Sayı:20 (4), ss:499-505.
2. Gültekin, T., (2002). Toplu Konutlarda Yapı Bileşenlerinin Kalite Değerlendirmesi, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Sayı:17 (3), ss:137-152.
3. Topçu, G., (1989). Planlama, Kontrol. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü.
4. Seren, Ö. ve Erman, E., (1995). "Ankara Toplu Konut İnşaatlarında Gözlenen Proje, İşçilik ve Malzeme Kullanım Hataları", Konut Araştırmaları Semp., T.C. Başbakanlık Toplu Konut İdaresi Başkanlığı, Konut Araştırmaları Dizisi:1, ODTÜ Basım İşlişi, Ankara, ss:369-384.



Ek 1. Regresyon Analizine yönelik SPSS programı çıktıları.

Variables Entered/Removed ^b

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	OrtDaiAlani, TopDaiSay, DaiSay, CephBosl, KatSay, CephAlani, SonKatYuk, KatAlani ^a	.	Enter

- a. All requested variables entered.
 b. Dependent Variable: Maliyet

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics					Durbin-Watson
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change	
1	.942 ^a	.888	.870	275718624	.888	48.699	8	49	.000	1.831

- a. Predictors: (Constant), OrtDaiAlani, TopDaiSay, DaiSay, CephBosl, KatSay, CephAlani, SonKatYuk, KatAlani
 b. Dependent Variable: Maliyet

ANOVA ^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.296	8	.037	48.699	.000 ^a
	Residual	.037	49	.001		
	Total	.333	57			

- a. Predictors: (Constant), OrtDaiAlani, TopDaiSay, DaiSay, CephBosl, KatSay, CephAlani, SonKatYuk, KatAlani
 b. Dependent Variable: Maliyet



Coefficients ^a

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	95% Confidence Interval for B		Collinearity Statistics				
	B	Std. Error	Beta			Lower Bound	Upper Bound	Tolerance	VIF			
1	(Constant)	.100	.070		1.434	.158						
	SonKatYuk	29778.158	17903.282	.436	1.663	.103	-6199.834	65756.150	.033			30.155
	DaiSay	-529736	309603.5	-.655	-1.711	.093	-1151907.271	92435.661	.016			64.284
	TopDaiSay	-6379.091	11811.718	-.119	-.540	.592	-30115.627	17357.445	.047			21.410
	KatAlani	4444.784	2472.266	.814	1.798	.078	-523.421	9412.989	.011			90.012
	CephAlani	87.214	131.017	.122	.666	.509	-176.074	350.502	.068			14.686
	CephBosl	1743.485	234.705	.711	7.428	.000	1271.828	2215.143	.249			4.015
	KatSay	-45959.0	41450.655	-.240	-1.109	.273	-129257.236	37339.183	.049			20.612
	OrtDaiAlani	-8391.819	5341.423	-.357	-1.571	.123	-19125.811	2342.173	.044			22.637

a. Dependent Variable: Maliyet

Collinearity Diagnostics^a

Model	Dimension	Eigenvalue	Condition Index	Variance Proportions									
				(Constant)	SonKatYuk	DaiSay	TopDaiSay	KatAlani	CephAlani	CephBosl	KatSay	OrtDaiAlani	
1	1	8.460	1.000	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
	2	.273	5.569	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.03	.00	.00
	3	.156	7.374	.00	.00	.00	.01	.00	.00	.00	.06	.00	.00
	4	.064	11.498	.00	.00	.00	.01	.00	.00	.00	.43	.00	.01
	5	.028	17.398	.03	.00	.00	.02	.01	.01	.01	.42	.00	.01
	6	.010	29.517	.00	.06	.00	.26	.00	.58	.01	.01	.01	.00
	7	.007	35.348	.04	.00	.01	.13	.01	.35	.00	.00	.46	.00
	8	.003	56.273	.03	.92	.02	.53	.01	.00	.00	.05	.50	.01
	9	.000	140.274	.90	.01	.96	.04	.97	.05	.00	.00	.02	.96

a. Dependent Variable: Maliyet