

**ÇOK KATLI YAPILARDA BİNA TANIMLAYICI ÖZELLİKLERİ
KULLANILARAK MONTE CARLO SİMÜLASYON YÖNTEMİ İLE
MALİYET TAHMİNİ**

Mehmet Şükrü ÖZMADEN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
YAPI EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**NİSAN 2010
ANKARA**

Mehmet Şükrü ÖZMADEN tarafından hazırlanan ÇOK KATLI YAPILARDA BİNA TANIMLAYICI ÖZELLİKLERİ KULLANILARAK MONTE CARLO SİMÜLASYON YÖNTEMİ İLE MALİYET TAHMİNİ adlı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof.Dr.Recep KANIT

Tez Danışmanı, Yapı Eğitimi Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Yapı Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Yrd.Doç.Dr.Ömer ÖZKAN

Yapı Eğitimi ABD, Sakarya Üniversitesi

Prof.Dr.Recep KANIT

Yapı Eğitimi ABD, Gazi Üniversitesi

Yrd.Doç.Dr.Nihat Sinan IŞIK

Yapı Eğitimi ABD, Gazi Üniversitesi

Tarih : 02/04/2010

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Bilal TOKLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Mehmet Şükrü ÖZMADEN

**ÇOK KATLI YAPILARDA BİNA TANIMLAYICI ÖZELLİKLERİ
KULLANILARAK MONTE CARLO SİMÜLASYON YÖNTEMİ İLE
MALİYET TAHMİNİ
(Yüksek Lisans Tezi)**

Mehmet Şükrü ÖZMADEN

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Nisan 2010

ÖZET

Maliyet tahmininin gerçekçi ve hızlı bir şekilde yapılabilmesi hem yatırımcı/mal sahibi, hem de yüklenici için çok önemlidir. Yatırımcı, yatırım için gerekli finansmanı sağlayabilmek için yapacağı yatırımın bütçesini bilmek isterken, yükleniciler ise uygun fiyat vererek ihaleyi kazanmak (kazandıktan sonra da kâr etmek) için maliyeti doğru tahmin etmek isterler.

Bu çalışmada, yapı maliyetlerinin Monte Carlo Simülasyon Yöntemi (MCSY) ile tahmin edilmesi amacıyla bir model oluşturulmuş ve betonarme taşıyıcı sistemli ve benzer nitelikteki çok katlı toplu konut projelerinin inşaat maliyetleri ve bina tanımlayıcı özelliklerinden faydalanılmıştır. Simülasyon modeline girilecek olan bina tanımlayıcı özellikleri, bu yapıların projelerinden hesaplanan; toplam yapı maliyetleri, son kat tavan yükseklikleri, cephe alanları, cephe boşluk alanları, dolu cephe alanları, tip kat alanları, toplam kat sayıları, ortalama daire alanları, toplam daire alanları, toplam kat alanları, toplam daire sayıları vb. parametreler arasından seçilmiştir.

Bu olgunun matematiksel modelinin kurulabilmesi için Regresyon Analizi (RA) ile yapılan incelemeler ile verilerin kendi aralarındaki ve toplam maliyet ile ilişkileri incelenmiş ve Monte Carlo Simülasyon Yöntemi ile tahmini yapı maliyeti oluşturulmuştur.

Elde edilen bulgulara göre, Monte Carlo Simülasyon Yönteminin bu alandaki çalışmalarda kullanılmasının, mevcut yöntemlerin gözden geçirilmesi ve daha verimli tahminler için avantaj sağlayacağı ve farklı yapı tipleri için benzer araştırmaların yapılmasının olumlu gelişmeler yaratacağı değerlendirilmektedir.

Bilim Kodu : 714.3.035

Anahtar Kelimeler : Maliyet tahmini, çok katlı yapılar, Monte Carlo simülasyon yöntemi (MCSY), bina tanımlayıcı özellikleri, regresyon analizi (RA).

Sayfa Adedi : 102

Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Recep KANIT

**COST ESTIMATING WITH MONTE CARLO SIMULATION METHOD
USING BUILDING DESCRIPTIVE PROPERTIES
IN MULTI STOREY BUILDINGS
(M.Sc. Thesis)**

Mehmet Şükrü ÖZMADEN

**GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
April 2010**

ABSTRACT

It is very important to be able to do cost estimating fast and realistic for both investor and contractor. While the investors wants to know the budget of future investment, in the other hand; the contractors wants to estimate the cost truly to obtain the bid by giving a proper tender offer (and make aprofit after won the bid).

In this thesis, a model has been created for forecasting costs with Monte Carlo Simulation Method (MCSM) and construction costs and building descriptive properties of multiple reinforced concrete residential buildings entered the system as data. Some elements, which has calculated from projects like 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 used as building descriptive properties.

It has been studied the relationship between datas and total cost by regreton Analysis (RA) to create a mathematical model of this subject

and the cost has been estimated by using Monte Carlo Simulation Method.

According to these results, using Monte Carlo Simulation Method for solving this kind of problems, will be useful for to check current methods and more succesful estimates and studying with similar methods for calculating different kind of buildings costs, will create positive developments.

Science Code : 714.3.035
Key Words : Cost of buildings, multi storey buildings, Monte Carlo simulation method, building descriptive properties, regression analysis (RA).
Page Number : 102
Adviser : Prof. Dr. Recep KANIT

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışmalarına başladığım andan itibaren değerli yardım ve önerileriyle bana yol gösteren kıymetli hocam Prof.Dr. Recep KANIT'a, yoğun çalışmaları arasında bana vaktini ayıran ve Monte Carlo Simülasyonu konusundaki katkılarıyla bu tezin gerçekleştirilmesinde büyük payı olan istatistik danışmanı Doç.Dr. Mustafa Yavuz ATA'ya, tezimde kullandığım verilerin temininde sağladığı yardım ve katkıları için Yrd.Doç.Dr.Latif Onur UĞUR'a, Yapı Eğitimi bölümünde yüksek lisans yapmama vesile olan ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen değerli dostum Dr. Mürsel ERDAL'a, her zaman yanımda olarak bana destek olan sevgili eşim Zehra ÖZMADEN'e ve moral kaynağım, tatlı kızım İpek'e teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER**Sayfa**

ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xiii
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
2. KONUT PROJELERİNDE MALİYET TAHMİNİ.....	4
2.1. Maliyet Tahmininin Amacı.....	6
2.2. Maliyet Tahmin Türleri.....	8
2.2.1. Ön tahmin.....	8
2.2.2. Ara tahmin.....	9
2.2.3. Son tahmin.....	10
2.3. Maliyet Analizi ve Kontrolü	10
2.4. Maliyet Tahmin Modelleri.....	13
2.4.1. Deterministik modeller.....	14
2.4.2. Regresyon modelleri.....	18
2.4.3. Simülasyon modelleri	19

Sayfa

2.5. Maliyet Tahmininde Belirsizlik ve Risk Faktörünün Rolü	20
3. MODELLEME VE SİMÜLASYON.....	24
3.1. Simülasyon Nedir?.....	24
3.2. Simülasyon Türleri.....	25
3.3. Monte Carlo Simülasyonu.....	27
3.3.1. Monte Carlo simülasyonunun tarihçesi.....	30
3.3.2. Monte Carlo simülasyonunun uygulama alanları.....	31
3.3.3. Monte Carlo simülasyonunun avantajları ve dezavantajları.....	32
4. YÖNTEM VE UYGULAMA.....	35
4.1. Uygulama Alanı	35
4.2. Verilerin Toplanması ve İşlenmesi.....	37
4.3. Toplam Yapı Maliyetini Belirleyen Değişkenler.....	38
4.4. Simülasyon Modelinde Yer Alacak Değişkenlerin Belirlenmesi.....	44
4.5. Monte Carlo Benzetim	44
4.6. Simülasyonun Test Edilmesi.....	49
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	51
KAYNAKLAR.....	53
EKLER.....	56
EK-1 Ön regresyon çözümlenmeleri.....	57
EK-2 Ön (Tek değişkenli) regresyon çözümlenmesi sonuçları	73
EK-3 Yapı toplam maliyeti ve bileşenleri	79
EK-4 Çoklu regresyon çözümlenmeleri	84

	Sayfa
EK-5 Çoklu regresyon çözümlemesi sonuçları.....	95
EK-6 Toplam yapı maliyetine ait Monte Carlo tahminlerinin regresyon çözümlemesi	97
EK-7 Simülasyon süreci.....	98
EK-8 Gerçek toplam yapı maliyeti verileri ile toplam yapı maliyetine ait Monte Carlo tahminlerinin regresyon çözümlemesi.....	99
ÖZGEÇMİŞ.....	101

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.1. Regresyon çözümlemesinde kullanılan veriler	39
Çizelge 4.2. $A_{x_1 x_2}$ 'nin dağılımı	47
Çizelge 4.3. Toplam yapı maliyetinin son kat yüksekliğine göre beklenen değerlerinin Monte Carlo tahminleri	49

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Freiman eğrisi	2
Şekil 2.1. Bir yapım projesinin finansmanı	5
Şekil 4.1. $A_{x_1 x_2}$ 'nin mutlak oransal sıklık dağılımı	46
Şekil 4.2. $A_{x_1 x_2}$ 'nin birikimli oransal sıklık dağılımı	47
Şekil 4.3. Monte Carlo sanal deney algoritması	48

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 4.1. TÜRKKONUT, Ankara Eryaman projesi'nin yer aldığı uydu fotoğrafı	36

KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Kısaltmalar	Açıklama
BİME	Bina İnşaatı Maliyet İndeksi
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
MCSY	Monte Carlo simülasyon yöntemi
MCSDL	Gazi Üniversitesi, İstatistiksel Benzetim dersi öğrencilerinin eğitimi amacıyla Doç.Dr.Mustafa Y. ATA tarafından yürütülen bir proje çerçevesinde geliştirilen ve henüz kullanıcı ara yüz çalışmaları devam eden bir benzetim dili.
RA	Regresyon analizi
TOKİ	Başbakanlık Toplu Konut İdaresi
TÜRKKONUT	Türkiye Konut Yapı Kooperatifleri Birliği

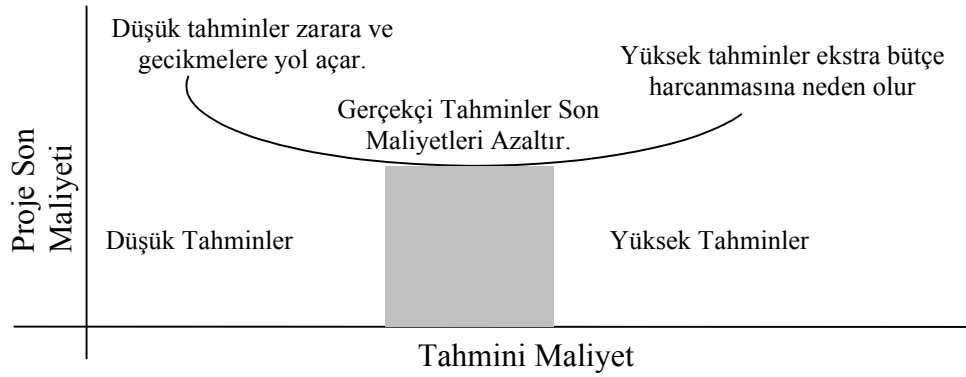
1. GİRİŞ

İnşaat sektöründe 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 olabilecektir [Polat ve Çıracı, 2005].

Maliyet tahmini; mevcut proje bilgisi ve kaynakları göz önüne alarak, belirlenen süre zarfında tüm iş kalemlerinin toplam maliyetinin tespit edilmesi için gerçekleştirilen teknik süreç veya fonksiyon olarak adlandırılabilir. Bir ürünün elde edilebilmesinin ilk koşulu, üretim için gereken kaynakların temin edilmesidir. Kaynakların sınırsız olduğu bir ortamda maliyet kavramının öneminden bahsedilemez. Ancak kaynakların sınırlı olması, maliyet kavramının dikkatle ele alınmasını ve kontrolünün gerektirmektedir. Kısaca maliyet tahmini, bugüne ve düne bakıp yarın yapılacak işin maliyetlerini belirlemeye çalışmaktır [Kuruoğlu, 2003].

Şekil 1.1.'de de görüldüğü gibi maliyet tahmininin sonucu doğru, düşük ya da yüksek olabilir. Doğru hesaplanan projeler en ekonomik olarak gerçekleşen projeler olurken, düşük ya da yüksek tahminler daha fazla harcamaya sebep olurlar.

Düşük maliyet tahminleri, tasarım ve şartnamelerin tahmin edilen değerinden daha fazla maliyet içermesi anlamına gelecektir. Bunun sebebi zayıf planlama ve tahmin sonucu önemli yapı bileşenlerinin ihmâl edilmiş olmasıdır. Düşük maliyet tahmini, ciddi proje gecikmelerine, organizasyonun ikinci bir defa oluşturulmasına, planlamada sapmalara ve ön görülen kâr hedefine (tahmin edilmemiş maliyetler nedeniyle) ulaşamamasına neden olacaktır.



Şekil 1.1. Freiman Eğrisi [Phaobunjong, 2002]

Yüksek maliyet tahminleri de düşük maliyet tahminleri gibi beklenmedik sonuçlar doğuracaktır. Proje daha düşük maliyet ile gerçekleşebilecek iken bu tahmin sonucunda olduğundan fazla hesaplanan bütçeler, bütçe denklenmesi adı altında tamamen harcanmaya çalışılacaktır. Proje sonunda daha düşük maliyetle tamamlanmış gibi gözükse de aslında daha fazla maliyete katlanılmış olunacaktır [Göktürk, 2007].

Bu çalışmada, Başbakanlık Toplu Konut İdaresi (TOKİ) ve Türkiye Konut Yapı Kooperatifleri Birliği (TÜRKKONUT) tarafından yapımları gerçekleştirilmiş ve gerçekleştirilmekte olan, bundan sonra da başka projelerde uygulanacak çok katlı, betonarme taşıyıcı sistemli konutların inşaat maliyetlerinin ön tahmini amacıyla yönelik olarak, Monte Carlo Simülasyonu tabanlı bir model oluşturulmuştur. Yapı maliyetlerinin Monte Carlo Simülasyon Yöntemi ile tahmin edilmesi amacıyla; benzer nitelikteki çok katlı toplu konut projelerinin inşaat maliyetleri ve bina tanımlayıcı özelliklerinden faydalanılmıştır. Simülasyon modeline girilecek olan bina tanımlayıcı özellikleri, bu yapıların projelerinden hesaplanan; toplam yapı maliyetleri, son kat tavan yükseklikleri, cephe alanları, cephe boşluk alanları, dolu cephe alanları, tip kat alanları, toplam kat sayıları, ortalama daire alanları, toplam daire alanları, toplam kat alanları, toplam daire sayıları vb. parametreler arasından seçilmiştir.

Bu olgunun matematiksel modelinin kurulabilmesi için Regresyon Analizi (RA) ile yapılan incelemeler ile verilerin kendi aralarındaki ve toplam maliyet ile ilişkileri incelenmiş ve Monte Carlo Simülasyon Yöntemi ile tahmini yapı maliyeti oluşturulmuştur.

Çalışmalar sonucunda elde edilen verilere bağlı olarak bu yöntemin uygulanmasına dair tespit ve önerilerde bulunulmuştur. Elde edilen bulgulara dayanılarak optimum maliyetle inşa edilmek istenen konutların tasarımında esas alınabilecek sınır değerler konusunda öneriler sunulmuştur.

Giriş bölümünün ardından Konut Projelerinde Maliyet Tahmini başlıklı ikinci bölümde; yapı maliyetinin tanımlanması, amacı, denetimi, maliyet tahmin türleri, maliyet modelleri ve maliyet tahmininde belirsizlik ve risk faktörünün rolü hakkında genel bilgi verilip yapı maliyetinin belirlenmesinde dikkat edilmesi gereken faktörler incelenmiştir.

Üçüncü bölümde, modelleme ve simülasyon, simülasyon türleri, Monte Carlo simülasyonunun tarihsel gelişimi, uygulama alanları, avantaj ve dezavantajları ile ilgili genel bilgi verilmiştir.

Yöntem ve Uygulama başlıklı dördüncü bölümde, uygulamada kullanılacak verilerin hazırlanması, regresyon analizleri yapılarak değişkenler arasındaki bağıntının belirlenmesi ve simülasyon modeline girilerek maliyet tahmini yapılması, aşamaları ile gösterilmiştir.

Beşinci bölümde, edinilen bulgulara dayanılarak tespit ve önerilerde bulunulmuş, konu ile ilgili olarak yapılabilecek başka çalışmalar konusunda bakış açısı oluşturulmaya çalışılmıştır.

2. KONUT PROJELERİNDE MALİYET TAHMİNİ

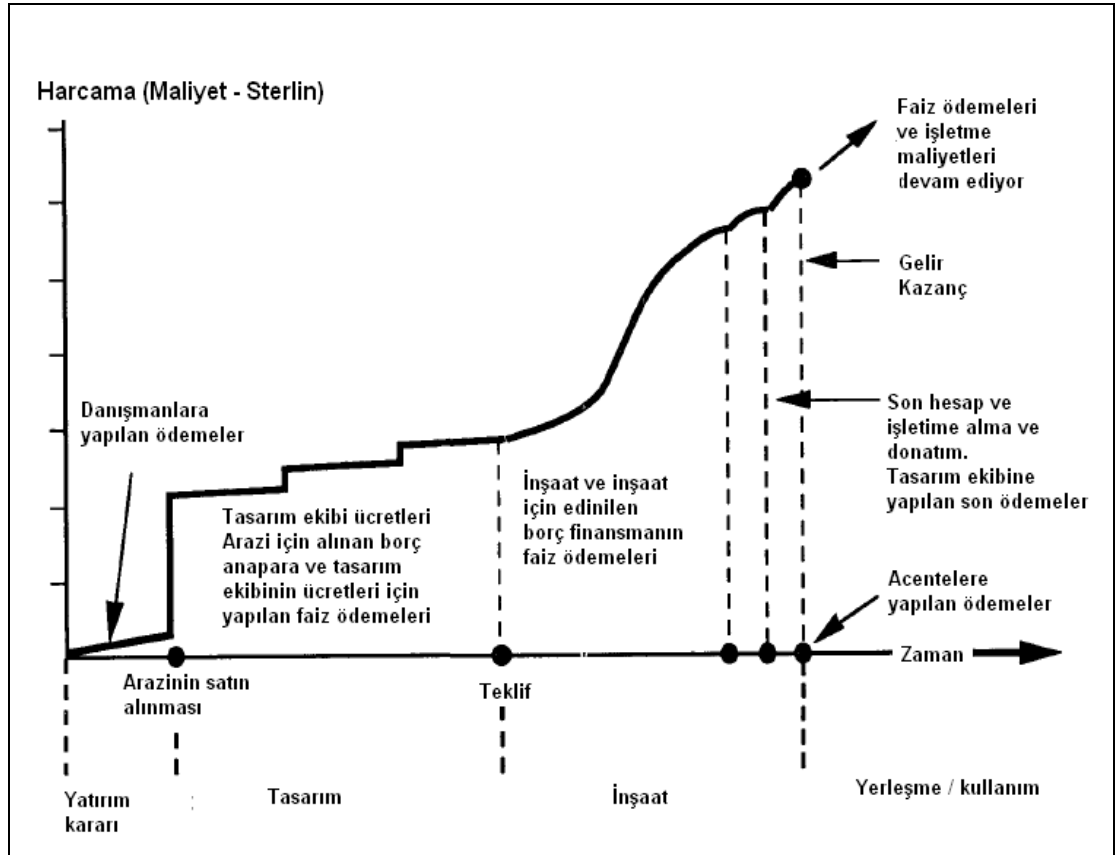
Maliyet; üretimde bir mal elde edilinceye değin harcanan değerlerin toplamı olarak tanımlanmaktadır. İnşaat maliyetleri, imalat miktarı ile o imalat için belirlenen fiyatın çarpımıyla oluşan kalemlerin toplamıdır. Yapım süresi ne kadar uzun olursa olsun bir inşaatta yapılacak olan imalatların miktarları değişmeyeceğine göre; o imalatların fiyatlarının ileriye dönük olarak hesaplanmasıyla, inşaatın maliyetini ileriye dönük olarak hesaplamak da mümkün olur.

İnşaat sektörü, ortaya çıkan ürünün yüksek maliyetli ve tek defaya özgü olması bakımından diğer sektörlerden farklılık göstermektedir. Bu sektörde rol alan birçok kişi yada kuruluş için maliyet tahmini, sürecin gerçekleştirilmesi ve devamlılığına yönelik uygun kararların verilmesi ve kaynakların en etkin biçimde kullanılması açısından büyük önem taşımaktadır [Hall ve Tomkins, 2001].

Günümüzde, teknolojik gelişmelerin yapı sektörünü de etkilemesi ile yapı üretim süreci değişmekte ve daha nitelikli yapılar üretilmektedir. Ancak, kaynakların kıt olması, beraberinde yapı üretim sürecini de sınırlandırarak kaynaklardan rasyonel bir şekilde yararlanma zorunluluğunu getirmiştir. Bu zorunluluk, özellikle yapı üretim sürecinin gerek tasarım gerek yapım evrelerinde, maliyet tahmini ile maliyetin planlanmasına ve denetimine yönelik olarak gerçekleştirilen çalışmaların önemini arttırmaktadır. Yapı maliyeti tahmini, bir yapının gerçek maliyetinin belirli koşullar altında kısa dönem tahmini olarak tanımlanır [Ashworth, 1999].

Şekil 2.1'de bir yatırımcının, girdiği bir yapım projesindeki harcamalarının proje esnasındaki durumu gösterilmiştir. Buradan da görüleceği üzere projenin yapımı tamamlandıktan sonra bile ödemeler devam etmektedir. Doğal olarak böyle bir yapım projesine girişen yapımcı da zaman, maliyet ve

kalite boyutlarındaki öngörü ve planlamaların proje sonunda büyük değişikliklere uğramasını arzulamamaktadır [Flanagan ve Norman, 2002].



Şekil 2.1. Bir yapım projesinin finansmanı [Flanagan ve Norman, 2002]

Yatırımcılar çok basit durumlarda bile bazı erken fiyat tahminlerine ihtiyaç duymaktadırlar. Bu alanda kullanılmakta olan teknikler sürekli olarak yaygınlaştırılmakta ve geliştirilmektedir.

Değişik amaçlarla yapılan maliyet sınıflandırmaları, yönetimlere; planlama, karar verme ve kontrol konularında çeşitli yararlar sağlamaktadır. İnşaat maliyetleri pek çok faktöre bağlı bulunmaktadır. Günün ekonomik şartları, inşaatın yapıldığı yer ve zaman, inşaatçı firma ve kullandığı teknoloji ile yapı konstrüktif ve biçimsel özellikleri bunlardan bazılarıdır [Ashworth, 1999].

Maliyetin doğru tahmin edilmesi ile tutarlı tasarım alternatiflerinin oluşturulması ve finansal modelin de doğru biçimde kurulması sağlanmış olacaktır. Maliyet tahmininin doğruluğunu etkileyen faktörler şunlardır:

- Projenin tipi ve büyüklüğü,
- Tahmincinin yeteneği,
- Kullanılan tahmin modeli,
- Kullanılan verinin doğruluğu,
- Kullanılan sözleşme biçimi,
- Etkin olan ekonomik durum,
- Firmalar arası rekabet

2.1. Maliyet Tahmininin Amacı

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 gereken maliyetlerin doğru tahmini ve kabul edilebilir maliyet sınırları içinde etkin yönetilmesiyle mümkün olabilir. İyi hazırlanmış bir maliyet tahmini ile imalat için gereken malzeme, ekipman, işgücü ve diğer kaynaklara duyulan ihtiyaçlar belirlenebilir. Tüm projeler, etkin planlama ve reel bütçe oluşturulabilmesi için maliyet tahminlerine ihtiyaç duyarlar.

Maliyet tahmininin önemli bir özelliği hangi amaçla yapıldığının bilinmesi gerekliliğidir. Maliyet tahmini farklı kişiler için farklı anlamlar taşır;

Mal sahibi için yapılan ilk tahmin, mal sahibinin belirlediği ihtiyaç ve istekler çerçevesinde bu iş için ayırdığı veya ayırabileceği finansmanın yeterli olup olmadığının belirlenmesi için yapılmaktadır. Yapılan bu ilk tahmin olumlu ise

tasarım çalışmaları başlar, değilse, mal sahibi ek kaynak bulmak, isteklerinde değişiklik yaparak daha kck ve düşük nitelikli bir yapıya razı olmak yada bu girişiminden tamamen vazgeçmek durumunda kalabilir [Topçu,1989].

Tasarım ekibi (mimar, mühendis ve diğer üyeler) açısından ise maliyet tahmininin önemi, gerçekleşecek üretim maliyetinin, başlangıçta mal sahibi ile belirlenen maliyet sınırları içinde kalmasını sağlamak ve bu tahminleri kullanarak mal sahibi ihtiyaçları ile üretim bütçesini dengeleyene kadar tasarımda gerekli değişikliklerin koordinasyonunu sağlamak olmaktadır [Topçu,1989].

Yüklenicinin amacı ise; öncelikle girdiği ihaleyi kazanmak, sonra sözleşmede belirli şartlarla üstlendiği üretimin istenen performansta, en kısa sürede ve en az maliyetle gerçekleşmesini sağlamaktır. Bir yüklenicinin teklifi, işin yükleniciye maliyetinin tahminine dayalıdır. Başarılı bir teklifin ls sözleşmeyi kazanmaya yetecek kadar düşük, kar edebilecek kadar yüksek olmasıdır. Etkili bir bütçeleme ve denetim, yüklenicinin çeşitli koşullar altında maliyetleri doğru tahmin edebilmesine bağlıdır. Yüklenici maliyet tahminine dayanarak gelecekteki nakit akışını da kestirebilir. Bu yolla finansal gereklilik de görecek ve gerekli önlemleri alacaktır [Topçu,1989].

Maliyet tahmininin amacı aşağıda verildiği şekilde özetlenebilir;

- Tasarım ncesi yatırım tutarının gerçekçi olarak saptanabilmesi,
- Tasarım kararlarının daha rasyonel verilebilmesi,
- Yüklenici firmanın teklif fiyatını doğru olarak saptayabilmesi ve rekabet edilebilir bir fiyat belirleyebilmesi,
- Hesap kesim işlemleri ve anlaşmazlıkların zmlenmesi,

- Kredi sağlayan kuruluşların destekleyecekleri projeleri ekonomik ve finansal açıdan denetleyebilmesi,

2.2. Maliyet Tahmin Türleri

Tahminciler, maliyet tahmininin tasarımın hangi evresinde ve kimin için yapılacağına bağlı olarak (mal sahibi, yüklenici) üç çeşit tahmin yaparlar [Bledsoe, 1992]:

- Ön Tahmin (Ön tasarım evresinde)
- Ara Tahmin (Tasarım evresinde)
- Son Tahmin (Gerçekleştirme evresinde)

Tasarım evresinde maliyet tahmininin doğruluğu, projenin ulaşmış olduğu ayrıntı düzeyine göre değişir:

- Ön tahmin: Doğruluk düzeyi % 25 / 30 (- +)
- Ara tahmin: Doğruluk düzeyi % 10 / 15 (- +)
- Son tahmin: Doğruluk düzeyi % 5 (- +)

2.2.1. Ön tahmin

Yapım sürecinin tümü ele alındığında, bina maliyetinin en kolay azaltılabileceği evre, ön tasarım evresidir. Tasarım yapıldıktan sonra; bina maliyeti hesaplanıp, hedef maliyetin üzerinde olduğu görülürse; maliyeti düşürmek için tasarımda değişiklikler yapılması gerekmektedir. Fakat tasarım süreci için harcanan zaman ve bu sürecin maliyeti vardır. Oysa ki, tasarıma başlanmadan; hangi faktörün maliyeti ne oranda etkilediği bilinirse; tasarım ona göre yönlendirilir ve ön tasarım evresinde maliyet denetim altına alınmış ve hedef maliyete ulaşılmış olmaktadır. Böylece,

tasarım sürecindeki geriye dönüşlerin maliyetleri kazanılmaktadır [Bostancıoğlu, 2006].

İhtiyaç ve kısıtlamaların belirlendiği bu evrede, maliyet ve süre tahminleri yapılarak üst sınır belirlenir. Finansman kaynakları araştırılır. İnşaat sürecinde ne zaman, ne kadar nakit akışı gerektiği tahmin edilerek kaynaklar planlanır.

Ön tahminin amacı, mal sahibi ve yüklenicinin projenin yapılabilirliğine karar vermelerine yardımcı olacak enformasyonu sağlamaktır. Ön tahmin genellikle iki saatten az bir sürede yapılabilir. Ancak elde edilen doğruluk %25-30 seviyesindedir [Yaylagül, 1994].

2.2.2. Ara tahmin

Tasarım evresinde maliyet tahmini (ara tahmin); belirli bir maliyet sınırı içinde kalmak ve fayda maliyet oranını maksimize edebilmek için tasarım evresi ile beraber yürütülen çalışmadır.

Ara tahmin, çizimleri %10 ile %60 oranında tamamlanmış projelerde kullanılabilir [Yaylagül, 1994]. Burada “Bütünleşik Maliyet” terimi karşımıza çıkar. Örneğin; bir banyonun toplam maliyeti malzemenin yanında tesisat, elektrik seramik ve marangoz ekiplerinin maliyetlerinin de toplamıdır. Bütün bunların maliyet toplamı “Bütünleşik (Kompozit) Maliyet”i oluşturur. Bütünleşik maliyet ara tahminlerde kullanılır [Bledsoe, 1992].

Tasarım evresinde maliyet tahmininin doğruluğu, projenin ulaşılmış olduğu ayrıntı düzeyine göre değişir.

2.2.3. Son tahmin

Tasarım ve sözleşme dokümanları tamamlandığında son tahmin hazırlanabilir. Genellikle iki tip son tahmin hazırlanır. Birincisi; yüklenicinin proje teklifini hazırlaması için, ikincisi; mal sahibinin bütçesini hazırlaması ve gelen teklifleri değerlendirmesi için yapılandır. Yüklenici ile mal sahibinin teklif tahmini arasındaki önemli bir farklılık, enformasyonda her ikisinin de kendi düzenlerinin oluşturmasıdır. Yüklenici tahmincisi, normal olarak daha detaylı bir enformasyona sahiptir. Mal sahibinin tahmincisi ise, daha genel enformasyonlar kullanır, çünkü projeyi hangi yüklenicinin üstleneceğini bilmemektedir [Yaylagül, 1994].

- Yüklenicinin tahmini; yüklenicinin ihaleyi alabilmesi için teklifte maliyeti en doğru şekilde tahmin etmesi gereklidir. Bundan dolayı, inşaat için gerekli tüm iş kalemlerini bilmesi gerekir. Yüklenicinin teklif tahmini, diğer tahmin çeşitlerinden daha fazla dikkat gerektirir [Bledsoe, 1992].
- Mal sahibinin tahmini; inşaat süresi içinde ödenmesi gerekli olan bütçeyi mal sahibine bildirmek ve yüklenicilerin tekliflerini değerlendirmek için yapılır [Arpacı, 1995].

Son tahminin doğruluğunun yüksek olması gereklidir. Çünkü bu tahmin, bina bittiği zaman alınacak veya binanın bitmesi için harcanacak parayı göstermektedir [Bledsoe, 1992].

2.3. Maliyet Analizi ve Kontrolü

Bir projenin maliyet analizi ve kontrolü gereksinmesi ve bunun için kullanılan yöntemler, projenin türüne, işveren veya müteahhidin görüşüne bağlıdır. İşveren projenin zamanında ve belirli bir maliyetle bitmesini ister; çünkü projenin yapım aşaması uzun süreli bir işletmenin başlangıcıdır. Projeyi gerçekleştirme maliyeti projenin sonraki işletme maliyetinde önemli bir

etkendir. Proje tamamlama süresi, ödenecek faizleri ve işletmeye başlama ve yatırımın karşılığını almaya başlamayı etkiler [Ashworth, 1999].

Müteahhit, bir projenin kendi şirketine yararlı olmasını ve katkısını düşünmenin yanı sıra:

- Projeyi mümkün oldukça ekonomik olarak ve kısa sürede bitirmeye,
- Harcamaların önceden belirlenmiş bir kâr marjı ile birlikte, tüm giderlerden az olmasını sağlamaya,
- Bütün aşamalarda dönemsel maliyet ve dönemsel gelirler arasında uygun bir dengeyi sağlamayı baz alan sıkı bir nakit kontrolü ile projeyi en az şirket parası ile finanse etmeye çalışır [Ashworth, 1999].

Maliyet ve bunun kontrolü, proje yönetiminin her aşamasında ve her düzeyinde, kaynaklar ve kaynak kontrolü ile bütünleştirilmelidir. Maliyet kontrol sisteminin yapısı, sistem tepki zamanını en aza indirmek için basit olmalıdır. Ancak, elde en azından ana maliyetleri de içeren bir ön maliyet hesabı bulunmalıdır [Ashworth, 1999].

Maliyet kaydı ile maliyet kontrolü arasındaki farkı belirtmek gerekir. *Maliyet kaydı*, geçmişle ilgili mümkün en doğruluğu vurgular. *Maliyet kontrolü* ise, kararları her hangi bir şey yapılmadan önce vererek sonucu etkilemek için yapılır. Bu nedenle maliyet bilgisi toplama hızı çok önemlidir [Ashworth, 1999].

Maliyet kontrol bilgisi;

- Karar vericiye mümkün oldukça hızlı ulaşmak,
- Olayları doğru olarak belirlemek, ancak gerekirse değerleri yuvarlatmak,
- Yapılan işlere, eylemlere, maliyet merkezlerine proje bakımından anlamlı

ve karar vermeye uygun bir şekilde yaklaşmak hususlarını yerine getirmelidir [Ashworth, 1999].

Yalnız geçmişteki maliyet kayıtlarını toplama yeteneğindeki bir sistem, maliyet kontrol bilgisi toplamak üzere kullanılmadan önce genelde bir temel yeniden yapılanma gerektirir. Maliyet kontrol bilgisi, proje yönetiminin doğrudan kontrolünde bulunan kalemlerin maliyetini göstermelidir; zira kontrol dışı eylemler için yalnız maliyet kaydı bilgisi edinmek yeterli olabilir [Ashworth, 1999].

Maliyet denetimi, yapı üretim sürecinin her evresinde gerçekleşen maliyetin, tahmin edilerek planlanan maliyet limitleri üzerine çıkmasını önlemek amacı ile yapılan çalışmalardır. Yapı üretim sürecinin yapım evresinde maliyet kesin olarak belirlenir ve yapımı etkileyen bazı etkenler planlanan maliyetin aşılmasına neden olabilir. Sonuçlanan yapı yatırımları ile ilgili veri kayıtları olmadığı için bir sonraki yatırımlara geri besleme yapılamamaktadır. Bina üretim sürecinin yapım evresinde yapımı etkileyen bazı etkenlerden dolayı maliyetin planlanması ve denetiminin sağlanmasına yönelik olarak görülen zorluklar ile ilgili teorik çalışmalar olmasına rağmen, pratikte çok az uygulama alanı bulmaktadır. Belirli istisnalar dışında, belirlenen süre ve maliyetler içinde gerçekleştirilebilen yapı üretimlerinin sayısı azdır. Ayrıca ülkemizde, yapım işlerinde maliyet planlaması ve denetimi konusunda özel bir eğitim yapılmaması da diğer bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Oysa İngiltere’de dört yıllık eğitimle yetiştirilen “quantity surveyor” ve “estimator”lar bu görevi üstlenmektedir.

Maliyet kontrolünün amacı genel olarak şu şekilde ifade edilebilir:

- Yatırımcıların harcamalarını öngörülen miktar dahilinde sınırlamak. (Daha basit bir ifadeyle, para toplamı ve son hesap durumu yaklaşık olarak bütçe tahminine eşit olmalıdır.)

- Yapının çeşitli elemanları arasında dengeli bir plan harcamasına ulaşmak.
- Yatırımcıya parasal değeri olan bir proje sağlamak (Bu amaç, büyük bir olasılıkla “toplam maliyet” yaklaşımının göz önüne alınmasını gerektirmektedir).

2.4. Maliyet Tahmin Modelleri

Yapı üretim sürecinde yapım metotları, yapım işlerinin zamanlaması ve yapıya ilişkin çeşitli özellikler göz önüne alınarak, karar vericilerin aldığı kararların maliyete olan etkisinin tespiti ve maliyetin planlanarak kontrol edilebilmesi için yapılan araştırmalar sonucunda çeşitli maliyet modelleri geliştirilmiştir. Kullanılacak olan model yardımıyla maliyet ve maliyeti etkileyen malzeme, zaman, üretim süreci gibi faktörler kontrol altına alınabilir. Etkin bir maliyet kontrolü sağlayan maliyet modelinin bazı özelliklere sahip olması gerekmektedir. Model; kullanılacağı süreç, yada süreçler için uygun olmalıdır. Modele girilecek olan bilgiler doğru ve belirli bir düzeyi yakalamış olmalı, bu bilgilerin zaman faktöründen etkilenmemesi için zamanında girilmesi ve güncelliği sağlanmalıdır. Model tüm gruplarca (işveren, inşaat firması, taşeron) kullanılabilir olmalıdır. İşverenin istek ve önerilerini değerlendirerek tüm kaynakların maliyetini belirleyebilmeli ve işverenin kullanabileceği limitleri ortaya koyabilmelidir [Akınbingöl ve Gültekin, 2005].

Yapı üretim sürecinin her aşamasında maliyet tahmini ve denetimi için kullanılan maliyet modelleri, kullanım amaçları doğrultusunda farklılaşmaktadır. İlk kez 1950’li yıllarda, Avrupa’da konut ve kamu yapıları üzerinde basit bir planlama şeklinde ortaya çıkan model kavramı , 1970 ve 1980’li yıllardan sonra yapılan araştırma ve geliştirme çalışmaları neticesinde sınıflandırılmaya başlanmıştır [Akınbingöl ve Gültekin, 2005].

2.4.1. Deterministik modeller

Eğer model kurma şekilleri sayısal olarak ifade edilebiliyorsa, modelin matematiksel olarak ifade edilmesi için kuvvetli bir neden var demektir. Problemden yer alan modellerde bağımlı ve bağımsız değişken arasındaki ilişki kesin kabul edilmektedir. Matematik bağlantı ile ifade edilen modellere kesin bağlantı veya deterministik bağlantılı modeller denir. Deterministik modeller kendi içinde 5'e ayrılır;

1. Maliyet İndeksleri Yardımı İle Maliyeti Tahmin Etme:

Maliyeti bilinen benzer bir projenin maliyetinin Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından yayınlanan maliyet indeksi ile ilgili yıla eskale edilmesi olarak özetlenebilir. Örneğin;

$$C2 = C1 \times I2 / I1$$

C1: Dönem 1 deki bilinen maliyet,

C2: Dönem 2 deki tahmin edilen maliyet,

I2 ve I1: 1 ve 2. Döneme ait maliyet indeksleri.

1997 yılında yapılmış bir depo binasının maliyeti 3.000.000 \$ dır. 2004'de benzer bir bina yaptırmak istiyoruz.

$$C2 = 3.000.000 \times 6.537 / 5.253$$

$$C2 = 3.733.000 \$$$

Maliyet indeksleri yardımı ile maliyeti tahmin etme yöntemi bir ön tahmindir. %25-30 doğruluk payı vardır.

2. Parametrik Yöntemler:

Parametrik yöntemler ön tahminde kullanılır. Gerçekleşecek binanın büyüklüğü, fonksiyonel birim, m², m³ veya kat kabağı cinsinden hesap edilir. Bulunan değer, birim fiyatla çarpılarak maliyet tahmin edilir.

- Fonksiyonel birim yöntemi; Bu yöntemde bir binanın maliyeti ile, o binanın fonksiyonel birim sayısı arasında ilişki olduğu var sayılır.

- Okul – sınıf veya öğrenci sayısı,
- Hastane – yatak sayısı,
- Otopark – araç sayısı,
- Tiyatro – koltuk sayısı gibi.

- m^2 yöntemi; Bu yöntemde maliyet tahmini yapılacak binanın m^2 'si bulunur. En yaygın kullanılan modeldir. Yayınlanmış verilerin çoğunun bu şekilde olması bir avantajdır. Sakıncası ise, ölçüm kuralının olmasıdır. Ör: ölçümler dış duvarın iç yüzünden yapılmalıdır vb.

- m^3 yöntemi; Bu yöntemde maliyet tahmini yapılacak binanın hacmi bulunur ve benzer planlarla karşılaştırılır. Bazı ölçüm kuralları vardır. m^3 yöntemi binanın şekli, kat yüksekliği, plan şekli vb. dikkate alınmadığı için sakıncalıdır. Bugün m^3 yöntemi pek kullanılmamaktadır. Bunun başlıca nedeni bina maliyetinin hacminden çok döşeme alanı ile ilişki içinde olduğunun anlaşılmasıdır.

- Kat kabuğu yöntemi; m^3 yöntemini daha gerçekçi kılmak için geliştirilen bir yöntemdir. Plan şekli ve yüksekliği göz önünde bulundurulur. Binanın duvar, döşeme, çatı alanı ölçülür. Belli bir ağırlıkla çarpılır. Bu yöntem kesin proje aşamasında kullanılır.

3. Fonksiyonel Elemanlara Dayalı Maliyet Hesaplama Modeli

Bu tür hesapta maliyet bina fonksiyonlarına yönelik olarak gruplanır ve gruplanan bu maliyetlerin, planlama sürecinin gelişimine uygun olarak alt açılımları yapılır. Fonksiyonel elemanlara dayalı maliyet hesaplama modelinde amaç;

- Binanın her elemanına ne kadar harcama yapılacağıının belirlenmesi,
- Elemanlar arası dengeli bir dağılımın elde edilip edilmediğinin kontrol edilmesi,
- Farklı binalarda yer alan benzer elemanların maliyetlerinin karşılaştırılmasıdır.

Bir binayı oluşturan fonksiyonel elemanlar genel olarak aşağıdaki gibidir:

- Alt Kabuk,
- Dış Bölücü Duvar,
- İç Bölücü Duvar,
- Döşeme ve Merdivenler,
- Üst Kabuk (Çatı),
- Pencere ve Kapılar,
- Taşıyıcı Sistem

Bu tür hesapta maliyet bina fonksiyonlarına yönelik olarak gruplanır ve gruplanan bu maliyetler, planlama sürecinin gelişimine uygun olarak alt açılımları yapılır.

Binayı oluşturan tüm fonksiyonel eleman miktarı bulunur. Bunun birim maliyet ile çarpılması ile toplam maliyet elde edilir.

Bu model kesin proje aşamasında kullanılır. Hesabı yapılacak binaya benzer daha önce yapılmış binanın maliyet verilerinden yararlanır.

4. Yapım Birimine Dayalı Maliyet Hesaplama Modeli

Yapım birimlerine dayalı maliyet modeli de yapım birimlerinin uygulama projesi üzerinden ölçülen miktarlarıyla her birim için daha önceden belirlenmiş olan birim fiyatlarının çarpılıp elde edilen sonuçların alt alta toplanması ile yapının toplam maliyetinin hesaplanması ilkesine dayanır. Yapım birim fiyatları geniş kapsamlı listelerde yayınlanır. En geniş liste ise Bayındırlık ve İskan Bakanlığı'nın hazırladığı listedir. Buna göre imalatların piyasa bedelleri olarak tanımladığımız rayiçleri ise; işçilik fiyatları, inşaat makine ekipman fiyatları, taşıt fiyatları ve malzeme fiyatları olarak belirlenmiştir [Uğur, 2006].

Bu yöntem tasarım sonundan başlayarak (ihale hazırlığı), yapının kullanıma hazır hale gelene kadar olan tüm evrelerinde kullanılır ve keşif yöntemi olarak adlandırılır.

Yapım birimleri modeli oldukça detaylı derecede bilgi gerektirir. Bu modellerin doğruluk oranı diğerlerine göre daha yüksektir. Yaklaşık olarak maliyet $\pm\%$ 5 toleransta hesaplanabilir [Malcolm ve Horner, 1991].

5. Kaynaklara Dayalı Maliyet Hesaplama Modeli

Bu modeller, bir projenin oluşumunda yani yaşamı boyunca gereken toplam kaynak miktarına dayalıdır. "Girdi" olarak tanımlayabileceğimiz kaynakların toplanmasından hareketle yapı maliyeti hesaplanmaya çalışılır [Saraç, 1992].

Yapı üretim sürecinin yapım aşamasında kullanılan bu modeller yardımıyla şantiye organizasyonu sağlanarak, yapılan organizasyonlarla etkin bir şantiye yönetimi gerçekleştirilebilir. Modeller, yapılacak olan her bir işe ait işgücü, malzeme ve araç gereç listesinin oluşumunu gerektirerek bunların maliyetlerinin bulunmasını sağlamaktadır. Buradan, dolaylı, yada dolaysız maliyetler, nakit akışı gerektiren ve gerektirmeyen maliyetlere ulaşılır. Tüm

bu kalemler bir zamansal çizelge ile karşılaştırılabilir ve böylece maliyet kontrolüne ulaşılabilir [Akınbingöl ve Gültekin, 2005].

2.4.2. Regresyon modelleri

Gerçek hayat her zaman deterministik modellerde tanımlandığı kadar kesin olmayabilir. Gerçek değerle formül sonucunda ele edilen değer arasında bir fark olur ve bu farka hata denir. Regresyon modelinin temeli hatanın analizine dayanır. Hata payı ne kadar küçükse, o kadar başarılı sonuç alınmış demektir.

Regresyon modelleri, maliyeti etkileyen faktörlerin maliyet ile ilişkisini istatistiksel olarak belirleyip, maliyetin hesaplanmasını sağlamaktadır [Bostancıoğlu, 2006].

Kouskoulas ve Koehn tarafından 1974'de geliştirilen ön tasarım maliyet tahmin fonksiyonu bir çoklu regresyon modelidir. 38 binalık bir örnekleme dayanmaktadır ve yerleşim, bina tipi, kat adedi, kalite ve teknoloji değişkenlerini içermektedir.

1978 yılında G.Schaffler tarafından yapılan çalışma da, bir çoklu regresyon analizidir. Almanya'da gerçekleştirilmiş 63 örnek projeden oluşan örnekleme dayanmaktadır ve 4 ile 20 katlı apartman tipi konut binaları için geçerlidir [Schaffler, 1978]. Bu modeldeki değişkenler; ana faydalı alan, toplam bina hacmi, kullanıcı başına yaşama alanı, fonksiyonel alanlar (binanın çeşitli tesisat merkez alanları, kalorifer dairesi, havalandırma alanı gibi...), faydalı alanların tümü, sirkülasyon alanları, kat adedi, kat alanı başına ortalama sirkülasyon alanları, havalandırılan mahallerin hacmi, daire sayısı ve bina dış kabuğu alanıdır [Bostancıoğlu, 2006].

1996 yılında Murat Çıracı tarafından yapılan çalışma, birçoklu regresyon analizi çalışmasıdır [Çıracı, 1996]. Bağımsız değişkenler; kullanıcı sayısı

başına ana faydalı alanlar, konut içi sirkülasyon alanları/ana faydalı alanlar, yapı elemanları alanı / brüt kat alanları, dış pencere, kapı boşlukları/dış duvar alanları ve bina yüksekliğidir [Bostancıoğlu, 2006].

1998'de AACE International tarafından yapılan çalışma, uzman sistem haline getirilmiş bir parametrik maliyet modelidir (Bauer, 1998). Maliyet tahmin modeli, bina hakkındaki verileri maliyet ile ilişkilerinden yararlanarak maliyet sonucuna donüştürmektedir. Bu model, mevcut proje verilerinden yararlanılarak yapılan regresyon analizi ile geliştirilmiştir. Model, genellikle A.B.D.'de bulunan endüstri yapıları ve ticari yapılar gibi bina tiplerine uygulanabilmektedir. elik veya betonarme olarak inşa edilmiş, 7 kata kadar büro binaları, mağazalar, endüstri yapılarının maliyet tahmininde kullanılmaktadır. Model; konutlar, ahşap konstrüksüyonla yapılmış binalar, 7 katlıdan fazla katlı binalar ve kalite düzeyi yüksek bitirme elemanları ile yapılmış binalarda kullanılmamaktadır [Bostancıoğlu, 2006].

2.4.3. Simülasyon modelleri

Simülasyon, gerçek bir sistemin modelini tasarlama süreci ve sistemin işlemesi için sistemin davranışlarını anlamak veya değişik stratejileri değerlendirmek amacı ile bu model üzerinde denemeler yapmaktır. O halde model kurma ve modelin analitik olarak kullanımı simülasyon sürecini oluşturur [Halaç, 1993].

Bir problem, matematiksel olarak incelenemeyecek kadar karmaşık ise simülasyon modelleri kullanılır. Simülasyon modelleri genel olarak dörde ayrılır;

- Monte Carlo simülasyonu,
- Sistem simülasyonu,
- İlkesiz (heuristic, sezgisel) simülasyon,

- İşletme oyunları

En çok kullanılan simülasyon modeli Monte Carlo Simülasyonudur. Monte Carlo Simülasyonu bize olabilecek maliyetin istatistiksel dağılımı hakkında fikir verir. Bu yöntemle, maliyeti oluşturan değişkenlerin dağılımını da elde edebiliriz. Böylelikle daha tasarım aşamasında bir kontrol mekanizması kurulabilir. Ayrıca bu yaklaşım araştırmacının ihtiyaç duyduğu risk faktörünü de göz önünde bulunduran bir tahminde bulunur. Kişi problem hakkındaki tüm yargılarını hesaba katabilir. Bunlar olasılık dağılımları formunda yapılır. Simülasyon sonunda elde edilen histogram ve kümülatif olasılık dağılımları yardımıyla, maliyetin yüzde kaç ihtimalle, ne kadar olabileceğini öğrenebiliriz. Böylece tahminin doğruluğunu da ölçebiliriz [Yaylagül, 1994].

2.5. Maliyet Tahmininde Belirsizlik ve Risk Faktörünün Rolü

İnşaat endüstrisinde diğer endüstri dallarına göre daha fazla risk ve belirsizlik vardır. Her yeni proje beraberinde yeni tasarım ve problemler getirmektedir [Yaylagül, 1994].

Belirsizlik ve risk kavramları birbirlerine çok yakın kavramlardır. Gelecek hakkında bilinmeyenler olumlu veya olumsuz olarak sonuçlanabilir. Belirsizlik, gelecekte oluşacak olaylar hakkındaki bilgi eksikliği olarak tanımlanabilir. Basitçe, olası tüm olumlu veya olumsuz sonuçlar kümesini belirsizlik olarak nitelendirebiliriz. Bu ilişki çerçevesinde bu kümedeki olumlu sonuçları fırsat, olumsuz sonuçları da risk olarak tanımlayabiliriz. Proje riski, belirsizliklerin proje hedeflerini olumsuz etkileme olasılıklarının birikmiş toplamı olarak tanımlanmaktadır. Başka bir deyişle proje riski, olumsuz olayların ve bunların olası sonuçlarının ortaya çıkma ve proje hedeflerini kapsam, kalite, zaman ve maliyet açısından etkileme derecesi olarak nitelendirilebilir.

Risk ve belirsizlik arasında “bilgi” açısından da farklılık söz konusudur. Riskte “bilgi” varken, belirsizlikte “bilgisizlik” esastır. Riskte bilgiyi sağlayan, geçmişe

ilişkin olarak yapılan istatistiksel tasarımlar ve olasılık hesaplarıdır. Bilgisizlik ise belirsizliğe karakter kazandıran iki ana bileşenden biridir ve belirsizliğin çözümlenmesinin felsefî düzlemde kalmasına sebep olan da, öngörülemezliği ve ölçülemezliği getiren bu bilgisizliktir. Bu yapısı ile belirsizliğin bile kavramsal boyutta “belirsizlik-bilgisizlik” içerdiğini söylemek mümkündür. Belirsizlik henüz durulaştırılmamış bir kavramdır. Belirsizliğin çoğunlukla geleceğe ilişkin bilgisizlik anlamında kullanılması da bu durulaşmamışlık sorunundan ileri gelmektedir [Yalçınkaya, 2004].

Riskle belirsizlik arasındaki fark açıktır. Ancak inşaat endüstrisinde risk terimi, belirsizlik durumu içinde kullanılmaktadır [Arpacı, 1995].

Bir riskin kaynakları, etkilerinden ayırt edilmelidir. Bir riskin kaynakları şunlar olabilir;

- Enflasyonun tahmin edilen değerden daha fazla yükselmesi,
- Bazı temel inşaat malzemelerindeki ani artışlar,
- Öngörülemeyen ters zemin koşulları,
- Öngörülemeyen aşırı derecede sert hava koşulları,
- Doğal afetler (sel, deprem vs.),
- Şantiye kazaları,
- Çok önemli malzemelerin (örneğin tedarikçinin imalathanesindeki bir yangın nedeniyle) geç teslim edilmesi,
- Mimari çizimlerde gösterilen yanlış boyuttaki profiller gibi hatalı tasarım detayları,
- Ana müteahhidin belli konularda aciz kalması,

- Örneğin, makine mühendisliği hizmetleri alt yüklenicisinin çizimleri ile asma tavan alt yüklenicisinin çizimleri arasındaki koordinasyon bozukluğu [Uğur, 2006].

Bir riskin en önemli etkileri şunlar olabilir;

- Tahmin edilen maliyet dahilinde kalamama,
- Gerekli bitiş zamanını aşma,
- Gereken kaliteyi tutturamama,
- Projenin ihtiyaç duyulan işletim gereksinimlerini yerine getirememesi,
- Bir yangın veya sel felaketi sonucunda mülke zarar gelmesi,
- Hatalı bir çalışma sistemi sonucunda işçilerden birine zarar gelmesi [Uğur, 2006].

Risklerden ve belirsizliklerden yoğun olarak etkilenen zorlu ve rekabetçi inşaat sektörü koşullarında, yapı maliyetinin tahmininde yaygın olarak kullanılan geleneksel yöntemler yetersiz kalmaktadır. Çünkü bu yöntemler belirsizliğin ya da riskin etkisini göz ardı etmektedirler. Belirsizlikler ve risk faktörleri, sadece imalat süresini etkilemekle kalmamakta, inşaat maliyetlerini de etkilemektedir. Bu nedenle, gerçekleşen maliyetler, faaliyet süreleriyle benzer bir şekilde, genellikle tahmin edilen değerlerden olumlu veya olumsuz yönde sapma gösterirler. Bu bakımdan, sadece inşaat maliyetlerinin tahmini değil, erken maliyet tahminleri üzerindeki belirsizlik ve risk etkisinin de etkili bir şekilde analizi gerekmektedir [Ökmen, 2008].

İnşaat sektörü risk ve belirsizliklerle dolu bir alandır. Bu nedenle bu alanda risk ve belirsizliği ele alan yöntemlerle maliyet tahmini yapılmalıdır. Risk ve belirsizliği ele alan yöntemlerle yapılan tahmin sonuçlarında yanılma payı daha az olacaktır. Çünkü olabilecek sürprizlere karşı bazı önlemler baştan alınabilir [Arpacı, 1995].

Bu alışma kapsamında risk ve belirsizliği ele alan bir model olan Monte Carlo Simülasyon yöntemi kullanılmıştır. Bölüm 3'te, kullanılan bu yöntem geniş olarak anlatılmıştır.

3. MODELLEME VE SİMÜLASYON

Modelleme ve simülasyon, teknolojik gelişmelerin baş döndürücü bir hızla devam ettiği günümüzde önemi gittikçe artan bir konudur. Simülasyon, gerçek bir sistemi temsil eden modelin oluşturulması işlemidir. Bilgisayarda simülasyon ise gerçek hayattaki olayların bilgisayar ortamına aktarılması işlemidir.

Simülasyon çalışması problem çözmede son derece etkilidir. Dolayısıyla, simülasyon, farklı amaçları gerçekleştirmek için değişik alanlarda uygulanabilen ve günümüzde üretim ve hizmet (özellikle eğitim) sektöründe de yaygınlaşan bir yöntem olmuştur. Pek çok konuda olduğu gibi simülasyon kullanmanın da birçok avantajı yanında bazı dezavantajları mevcuttur.

Simülasyon, teorik yada gerçek fiziksel bir sisteme ait neden-sonuç ilişkilerinin bir bilgisayar modeline yansıtılmasıyla, değişik koşullar altında gerçek sisteme ait davranışların bilgisayar modelinde izlenmesini sağlayan bir modelleme tekniğidir. Simülasyon, gerçek hayattaki olayların bilgisayar ortamına aktarılması işlemidir. Sanal ortamlar sağlayan yazılımlardır. Bir sistemin simülasyonu, bu sistemi temsil edebilecek bir model oluşturma işlemidir.

3.1. Simülasyon Nedir?

Simülasyon, gerçek bir sistemin modelini tasarlama süreci ve sistemin davranışını anlamak veya değişik stratejileri değerlendirmek amacı ile, geliştirilen bu model üzerinde denemeler yapmaktır [Halaç, 1982]

Bir başka tanıma göre ise simülasyon, gerçek bir prosesin veya sistemin zamana bağlı olarak modelini tanımlayan matematiksel bir modeldir. Simülasyon ister elle, isterse bilgisayar ile yapılsın, bir sistemin yapay

kayıtlarının oluşturulması ve gerçek sistemin işletim karakteristikleriyle ilgili sonuçlarının elde edilmesinde bu yapay kaydın incelenmesini kapsamaktadır [Banks ve Carson, 1984].

Simülasyonlar, genel tasarım formları içinde metin, test, canlandırma, seslendirme, alıştırma-uygulama gibi pek çok tasarım seçeneğinin uygulanmasına olanak tanır. Yaparak, yaşayarak öğrenmeyi sağlarlar. Eğitimsel simülasyon, bir olay veya aktivitenin etkileşim sonucu öğrenilmesini sağlayan modellemedir. Simülasyon; önerilen veya gerçek dinamik bir sistemin modellenmesi ve zaman içindeki davranışın gözlenmesi işlemidir. Bir simülasyon çalışması, herhangi bir sistemin davranışının incelenmesi ve farklı parametrelerin çalışma durumuna etkilerinin araştırılması amacı ile yapılır. Simülasyon çalışmalarında uygulanan iki adım; model tasarımı ve deneylerdir. Model tasarımı sistemin tüm önemli durumlarını temsil eden bir modelin kurulmasıdır. Geçerli bir model kurulduktan sonra deneyler kısmı başlar. Simülasyon genellikle mevcut olmayan veya pahalı ve zor gerçekleştirilebilecek sistemlerin denenmesine imkan sağlar.

3.2. Simülasyon Türleri

Simülasyon, sistemdeki neden-sonuç ilişkilerini bilgisayara taşıyarak, değişik koşullar altında gerçek sisteme ait davranışların bilgisayar modelinde izlenmesini sağlayan bir modelleme tekniğidir [Murphy, 2001].

Simülasyon tekniği bir teoriden öte problemlerin çözümünde kullanılan bir metodolojidir. Simülasyon tekniğinin problemlere yaklaşımı sistemin yapısına ve bu yapıya bağımlı olarak kurulacak modele göre değişiklik göstermektedir.

Statik simülasyon modelleri

Bir sistemin bir andaki veya dönemdeki durumu söz konusu ise buna ilişkin olarak (zaman boyutunu içermeyecek biçimde) kurulan model statik bir model olacaktır [Esen, 1994]. Genellikle statik simülasyon modelleri Monte-Carlo simülasyonu olarak adlandırılmaktadırlar.

Dinamik simülasyon modelleri

Zaman üzerinde gelişen sistemlerin gösterimini sağlayan simülasyon modellerine dinamik modeller adı verilmektedir [Winston, 1991]. Bu modeller zaman değişimi ile karşılıklı olarak etkileşimi olan matematiksel modellerdir.

Deterministik simülasyon modelleri

Davranışı daha önceden tahmin edilebilen ve gelecekte ne tür davranışlara gireceği bilinen modeller deterministik modellerdir. Sistemdeki mekanizma açık ve belirgin bir şekilde tanımlanır. Deterministik modellerde dışsal (eksojen) ve içsel (endojen) değişkenler rastsal değildir.

Stokastik simülasyon modelleri

Davranışı daha önceden bütünüyle kestirilemeyen modeller stokastik modellerdir. Yani, bazı olayların hangi olasılıklarla meydana geleceği hakkında çeşitli söylemler oluşturulabilir [Pidd, 1990].

Bu tip modellerde girdi değerleri ve süreç, olasılık dağılımları ile temsil edilebilmektedirler. Stokastik modeller deterministik modellerden daha karmaşık olduğu için bu modellere çözümler bulmak ve bulunan çözümlerin analitik olarak yeterli olması oldukça güçtür. Bu açıdan simülasyon tekniği stokastik modellerin analizi ve çözümünde en çok başvurulan temel tekniklerden biri olmuştur [Sevüktekin, 1992].

Sürekli modeller

Sürekli sistemlerde, durum değişkenleri zaman üzerinde sürekli değiştiğinden dolayı, istatistikler yalnızca sistemdeki durumu sürekli bir şekilde gözlemleyerek elde edilir.

Bu değişkenler zaman süresince sürekli bir şekilde değiştiğinden bu yönüyle kesikli durumlarda-kilerden farklılaşmaktadırlar. Sürekli simülasyonun yerine getirilmesi temelde doğrudan doğrudur ve buradaki simülasyon dilinin rolü görevlerin hazırlanmasında çeşitli kolaylıklar önererek modelin yorucu hesaplamalarını azaltmaktır [Taha, 1987].

Kesikli modeller

Zaman içerisinde kesikli veya sayılabilir noktalarda sistemin temel değişkenlerinin değerleri değişime uğruyorsa bu sistemler kesikli sistemler olarak tanımlanmaktadırlar [Winston, 1991].

3.3. Monte Carlo Simülasyonu

Monte Carlo yöntemi, deneysel ve istatistiksel problemlerinin çözümüne rasgele sayılarla yaklaşımlara verilen genel bir isimdir. Bu yöntem, özellikle 1930'lardan sonra hızla gelişmeye başlamış bir tekniktir. Los Alamos laboratuvarlarında nükleer silah geliştirilmesi projesinde çalışan bilim adamları tarafından ilk kez ortaya atılmıştır. Bu metotlar olasılık teorisine tabidir. Metodun bir probleme uygulanması, problemin tesadüfi sayıları kullanarak simülasyon edilip hesap edilmek istenen parametrenin bu simülasyonlarının sonuçlarına bakılarak yaklaşık hesaplanması fikrine dayanır. Simülasyon kelimesinin modern anlamda kullanılışı 1940 yılı sonlarında John Von Neumann ve Stanislaw Ulam 'ın çalışmalarına Monte Carlo Simülasyonu adını vermeleri ile başlar [Ulam, 1949]. Monte Carlo simülasyonu, duyarlılık metodu, momentler metodu ve tam cebirsel

çözümleme gibi risk analizi yöntemlerinden birisidir. Sonuçları diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında, riski daha iyi temsil etmesi nedeniyle mühendislik, eğitimde ölçme ve değerlendirme, askeri savunma teknolojisi, fen ve mühendislik alanında, nükleer teknolojisi ve uzay sisteminde, istatistiksel analiz ve sosyoekonomik sahalarında sıkça başvurulan bir yöntemdir [Lux ve Koblinger, 1991].

Genel anlamda simülasyon, gerçeğin temsil edilmesi şeklinde tanımlanabilir. Simülasyon'un amacı, bir gerçek hayat sistemini girdi ve çıktılarıyla matematiksel olarak ifade etmek gerçek sistemi kurulan model üzerinden tanıyıp araştırmak, değişik kararları ve seçenekleri gerçek sistemde hiçbir değişiklik yapmadan deneyebilmektir. Bu teknik sayesinde analitik işlemleri çok karışık ve deneysel işlemleri de çok pahalı olan nükleer savunma problemleri başarı ile çözülmüştür. 1950 yılı başlarında sayısal bilgisayarların gelişimi ile simülasyon kelimesi başka anlamlar da kazanmıştır. Bu sayede sosyal bilimciler de fizik kimyacılar gibi laboratuvar deneyimlerine benzer deneyleri bilgisayarda gerçekleştirme olanağı bulmuştur. Josep H.Mice simülasyonu, bir sistemin kendisi üzerinde doğrudan denemeler yapmak veya bu sistem ile ilgili bir problemin analitik çözümünü bulmak yerine sistemin modelini kurup denemelere girişme anlamında kullanılmıştır [Foster ve Arthur, 1982].

Monte Carlo tekniği, özel bir denemede yada bir simülasyon çalışmasında bir yada daha çok olasılık dağılımından rasgele sayılar seçme tekniğidir. Yöntem daha sonra çoklu integral değerlendirme problemleri gibi oldukça karmaşık olmayan problemlerin çözümüne kolaylıkla adapte edilmiştir. Bazı bilimciler yöntemin sadece varyans azaltma tekniklerinin örnekleme işlemlerinde kullanılması şeklinde sınıflandırılmasını önermişlerdir. Buna rağmen yöntemin bugünkü kullanımı, genellikle olasılık dağılımlarından rasgele değerlerin seçimi şeklindedir.

Geçmiş uygulamalarda şans oyunları bir simülasyon tekniği olarak adlandırılmış olmasına rağmen aralarında belirgin farklılıklar olduğu kesindir. Şans oyunu, oyuncuların faaliyetlerinin bir sonucu olarak bir modelin davranışını gözlemek ve karar vermek için bir oyun modelinin kullanılmasıdır.

Monte-Carlo, şans oyunları ve model örnekleme yöntemlerini içermektedir. Simülasyon tekniklerinin en büyük dezavantajı, Monte-Carlo, şans oyunları ve model örneklemesinde var olan düzgün bir terminolojiden yoksun olmasıdır. Buna karşılık uygulanabilir oldukları durumlarda, bir mühendis, bir ekonomist, bir yönelem araştırmacısı veya bir işletme analisti görevini kolaylıkla üstlenebilir. Herhangi bir amaç için geliştirilen ve çalıştırılan bir simülasyon modeli kontrol edebilir koşullar altında sistemin dinamik davranışlarının kontrol altına alınmasına imkan sağlar. Daha güzel bir ifade ile, simülasyon teknikleri, ilgili problemlerinin analizinde bir laboratuvar hizmetini üstlenir. Simülasyonun ilk kullanımları, Joseph H. Mice ve Morgenthaler'in tanımlarına uygun olarak, mühendislik ve bilimsel çalışmalarda oldukça yaygın bir şekilde kullanılmıştır. Literatürde, bu tür simülasyon modellerine Analog Simülasyon modelleri adı verilmektedir. Analog model, bir özelliğin benzeyen bir başka özelliğe simgelenildiği modellerdir. Bu tanıma göre analog simülasyonlar, kesin olarak kendisine benzeyen diğer bir sistemi temsil etmek için fiziksel bir sistemi kullanan simülasyonlardır. Ekonomide, işletmelerde ve diğer sosyal bilimlerde kullanılan simülasyon teknikleri, dinamik bir süreci temsil eden sayısal bir model üzerinde denemeler yapmayı içerir. sistemin Değişkenler arasındaki etkileşimi simülasyon modellerinde gözlemek daha kolaydır. Ancak yoğun bilgisayar kullanımını gerektirir. Gerçek sistemden toplanan bilgiler, bilgisayarda geliştirilen modellere uygulanarak sayısal birtakım sonuçlara ulaşmak hedeflenir. Bunların değerlendirilmesi ve yorumlanması yapılarak sistem performans ölçütlerine ait birtakım tahminlerde bulunulur. Simülasyon modelleri aracılığı ile en kötü durum senaryoları da incelenebilir. Simülasyon modeli, sadece matematik denklemlerine değil, denemelere

dayanır ve model optimum sonuçlar ortaya çıkarmaz fakat simülasyon modelleri yardımı ile alternatif çözümler ortaya konarak, optimum sonuca en yakın çözüm seçilir [Haçerlioğulları, 2006].

3.3.1. Monte Carlo simülasyonunun tarihçesi

Simülasyonun tarihçesi 5000 yıl öncesine, Çin'e kadar uzanmaktadır. Bu dönemde savaş oyunlarında kullanılan simülasyon, yine 1780'lerde Prusyalılar tarafından savaş stratejilerinin belirlenmesinde kullanılmıştır. II. Dünya Savaşı'nda, Amerika Birleşik Devletleri'nin Los Alamos Scientific Laboratuvarlarında nükleer silah geliştirilmesi projesinde çalışan bilim adamları John Von Neumann ve Stanislaw Ulam, simülasyonu elle veya fiziki bir model üzerinde denemesi çok karmaşık, pahalı ve tehlikeli olan nükleer fizik problemlerinde kullanmışlardır. Nötronların rastsal yapısı ve ihtimallerle uğraşmada rulet tekeri kullanımını önerdikleri için Von Neumann Kanunların değişimi çalışmasını Monte Carlo Modeli olarak adlandırmıştır.

1960'lardan itibaren, bilindiği üzere bilgisayarlar çok hızlı bir gelişim göstermiştir. Bu gelişme sonucunda çeşitli Simülasyon programları (GPSS , SIMSCRIPT) geliştirilmiştir Bu dönemden sonra günümüze kadar, özellikle 1980'li yıllardan başlayarak; Xcell , SLAM , DYNAMO , Witness , MAP/I gibi çeşitli simülasyon programları geliştirilmiştir Günümüzde uygulanan simülasyon programları sayesinde, sistem performansını tasarım aşamasında incelemek ve sistem üzerinde iyileştirmeler yapmak mümkün olabilmektedir.

3.3.2. Monte Carlo simülasyonunun uygulama alanları

Monte Carlo Simülasyonunun inşaat sektöründe pek çok kullanım alanı vardır. Bu alandaki en büyük problem nakit akışını tahmin ve kontrol etmektir. Çünkü hem bina performansını etkileyen pek çok faktör (zemin koşulları, çevresel faktörler, tasarım vb.) hem de üretimin yapıldığı uzun bir zaman

dilimi vardır. Bu süre içinde gerçekleşen fiyat oynamalarını piyasa koşullarını, enflasyonu vb. önceden doğru olarak tahmin etmek güçtür.

Monte Carlo Simülasyonu bize olabilecek maliyetin istatistiksel dağılımı hakkında fikir verir. Bu yöntemle, maliyeti oluşturan değişkenlerin de dağılımını elde edebiliriz. Böylelikle daha tasarım aşamasında bir kontrol mekanizması kurulabilir. Ayrıca bu yaklaşım araştırmacıların ihtiyaç duyduğu risk faktörünü de göz önünde bulundurarak bir tahminde bulunur. Kişi problem hakkında tüm yargılarını hesaba katabilir. Bunlar olasılık dağılımları formunda yapılır. Simülasyon sonunda elde edilen histogramlar ve olasılık dağılımları yardımı ile maliyetin yüzde kaç ihtimalle ne kadar olabileceği öğrenilir.

Monte Carlo Simülasyonu bir çok alanda kullanılabilir. İnşaat sektöründe ise özellikle;

- a) Proje yönetiminde; yeni tasarımların ve politikaların uygulanmadan önce denenerek sonuçları görmek için,
- b) Risk yönetiminde; doğal risk ve belirsizlik sebebi ile ilişkili inşaat planlarında,
- c) Maliyet tahminlerinde,
- d) Kullanım maliyetlerini belirlemede; bina ekonomik ömrü, bakım periyotları ve maliyetleri, kullanım kapasitesi, amortisman vb.

e) Analitik sonuçların test edilmesinde

kullanılmaktadır.

Monte Carlo Simülasyonunda maliyet tahmini yapmak için izlenecek olan adımlar şunlardır;

- a) Bilgi toplama; yeterli sayıda gerçekleşmiş veri olması gereklidir. Ancak Türkiye’de inşaat sektöründe kullanılan maliyet verisi yetersiz kalmaktadır. Dolayısı ile bu tür çalışmaları sınırlamakta ve olumsuz yönde etkilemektedir.
- b) Değişkenlerin belirlenmesi; değişkenler genelde maliyeti oluşturan alt elemanlardır. Bu elemanlar araştırmanın yapılacağı analiz düzeyine (fonksiyonel eleman veya imalat kalemleri düzeyinde) göre tanımlanır.
- d) Olasılık dağılımlarının belirlenmesi; Dağılım konusunda uygun bir seçim yapmak gereklidir.
- e) Rasgele sayıların üretilmesi; Rasgele sayılar torbanın içinden rasgele seçilir ama uzun sürmesi ve yorucu olması nedeni ile pratik değildir. Tablolardan seçilebilir. Çeşitli kitapların arkasında rasgele sayı tabloları vardır. Veya bilgisayar yardımı ile rasgele sayı seçilir.
- f) Simülasyon yapılır.

3.3.3. Monte Carlo simülasyonunun avantajları ve dezavantajları

Simülasyon çalışması problem çözmede son derece güçlü bir yardımcı olup, yaygın kullanımının çeşitli nedenleri vardır. Bunlar şu başlıklar altında derlenebilir:

- 1- Simülasyon, doğrudan uygulanabilir ve esnek bir çözüm yöntemidir.
- 2- Diğer modellere kıyasla anlaşılması daha kolaydır.
- 3- Aşamalı olarak uygulayabilme imkanı vardır.
- 4- Klasik çözüm yöntemlerinin kullanılmadığı büyük karmaşık problemlerin çözümünde oldukça etkilidir.

- 5- Bir başka yöntemde incelenmesi olanaksız olan koşullar ve kısıtlar simülasyon ile rahatça modellenebilir.
- 6- Sonuçları ancak aylar, yıllar sonra alınabilecek durumlarda simülasyon ile çok kısa sürede analiz edilebilir.
- 7- Simülasyon, modellenen sistemi değiştirmeden yeni fikir ve politikaların model üzerinde rahatça uygulamasına olanak verir.
- 8- Simüle edilen sistemin ayrıntılı gözlemlenmesi daha iyi anlaşılmasını, daha önce görülmemiş eksikliklerin giderilmesini, daha etkin fiziksel ve operasyonel sistemin kurulmasını sağlayabilir.
- 9- Simülasyon, değişik şartlar altında sistemin nasıl olacağı hakkında çok az veriye sahip olduğumuz veya hiç bir veriye sahip olmadığımız yeni durumlar üzerinde deney yapma amacı ile kullanılabilir.
- 10- Kullanıcı simülasyonu istenen zamanda durdurup yeniden başlatabildiğinden deney koşulları üzerinde tam bir kontrole sahiptir.

Bu avantajlara rağmen, simülasyon çalışmalarının bazı dezavantajlarının da belirlenmesi gerekir;

- 1- İyi bir simülasyon modelini geliştirmek vakit alıcı ve pahalıdır.
- 2- Optimum çözüm üretme garantisi yoktur. Bir çeşit deneme – yanılma yöntemidir.
- 3- Her simülasyon modeli kendine özgüdür.
- 4- Uygulamasındaki kolaylıklar dolayısıyla analitik çözümlerin göz ardı edilmesine neden olabilir.

- 5- Modelleme de ve bulguların analizinde yapılacak hatalar, yanlış sonuçlara yol açabilir [Öztürk, 2004].

4. YÖNTEM VE UYGULAMA

Bu çalışmada, yapı maliyetlerinin Monte Carlo Simülasyon Yöntemi ile tahmin edilmesi amacı ile, Başbakanlık Toplu Konut İdaresi (TOKİ) ve Türkiye Konut Yapı Kooperatifleri Birliği (TÜRKKONUT) kuruluşlarından sağlanan betonarme taşıyıcı sistemli ve benzer nitelikteki çok katlı toplu konutların projelerinden ve metrajlarından yararlanılmıştır. Her projenin inşaat maliyeti, Bayındırlık Bakanlığı Birim Fiyat Rayiçleri esas alınarak hesaplanmıştır. Projelerden hesaplanan yapı yükseklikleri, tip katlardaki daire sayıları, tip kat alanları, kat yükseklikleri, toplam kat sayıları, kat yükseklikleri, cephe alanları, cephe boşluğu alanları, ortalama daire alanları, toplam daire sayıları vb. parametreler bina tanımlayıcı özellikleri olarak değerlendirilmiştir.

Bu olgunun matematiksel modelinin kurulabilmesi için Regresyon Analizi (RA) ile yapılan incelemeler ile verilerin kendi aralarındaki ve toplam maliyet ile ilişkileri incelenmiş ve Monte Carlo Simülasyon Yöntemi ile tahmini yapı maliyeti oluşturulmuştur. Regresyon analizleri için herkesin kolayca erişebileceği MS Excel programı kullanılmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre, yeni projelerde maliyet tahmini için oluşturulan modelin ve elde edilen verilerinin kullanılabilirliği konusunda değerlendirme yapılmış, bu konuda sağlanan sonuçlara göre, maliyet değerlerinin doğruya yakınlığı ve bu yöntemin kullanımı ile sağlanabilecek maliyet ve zaman tasarrufu yorumlanmıştır.

4.1. Uygulama Alanı

TOKİ ve TÜRKKONUT'tan sağlanan 63 adet betonarme taşıyıcı sistemli ve bitişik olmayan çok katlı toplu konut projesinin çizimleri ve metrajları esas alınmıştır. TOKİ'ye ait projeler "tip proje" mahiyetinde olup Türkiye'nin çeşitli illerinde 282 ayrı projede uygulanmış, 266 projede de halen

uygulanmaktadır. TÜRKKONUT'a ait projeler ise Ankara, Eryaman'da, 20 adet konut adası üzerinde 185 adet bloktan oluşan ve 46 ayrı tip projenin uygulandığı bölgede inşa edilmiştir. Resim 4.1'de TÜRKKONUT Ankara, Eryaman Projesi'nin yer aldığı uydu fotoğrafı sunulmuştur [www.turkkonut.com.tr, 2007].



Resim 4.1. TÜRKKONUT, Ankara Eryaman Projesi'nin yer aldığı uydu fotoğrafı [www.turkkonut.com.tr, 2007]

4.2. Verilerin Toplanması ve İşlenmesi

Herhangi bir problem tanımlanmadan önce yeterince verinin derlenmesi ve işlenmesi gereği vardır. Bilgisayarda yapılacak bir simülasyon projesini başarabilmek için aşağıdaki faktörler düşünülmelidir.

1. Kantitatif veriler önceden hazırlanmalıdır.
2. Anlamlı bir düzeye indirgenen verinin, sistemin davranışlarını araştırmak için matematiksel bir model kurmaya imkan verip vermediği araştırılmalıdır.
3. Veriler simüle edilmekte olan sistemin matematiksel modelini iyileştirmeye imkan vermelidir.
4. Verileri sistemin durum değişkenlerinin çalışma karakteristiklerinin parametrelerini tahmin etmek için kullanılabilmelidir.
5. Veri olmaksızın simülasyon modellerinin geçerliliğini araştırmak olası değildir.

Herhangi bir fiziksel deneyde, çıktı değişkeninin takdiri normalde “n” tane bağımsız gözlem değerinin ortalaması temeline dayanır. Simülasyonda, simülasyon sisteminin performansının ölçüsünü takdir yine “n” tane gözleme dayandırılmaktadır.

Simülasyonda bağımsız gözlemlerin elde edilmesi normal bir laboratuvar deneyinden çok daha zordur. Simülasyon deneylerinin ilk çıktılarında sabit-durum olmaz ve genellikle sabit-durum olayına yeterli derecede simülasyon uygulaması yapıldıktan sonra ulaşılır. Burada dikkate alınması gereken şey, gözlemlerin simülasyonun ilk evrelerinde alınmaması gerektiğidir. Çünkü, bu safhada edinilen bilgiler büyük değişimlere maruz kalmaktadır, dolayısı ile sistemin gerçek davranışını ortaya koyamayabilirler [Taha, 1987].

Simülasyon uygulamalarında amaç gözlemlerin mümkün olduğu kadar küçük örnekleme hatası ile elde edilmesi olduğundan, bu sonucu elde etmek için, sabit-durum'a ulaşılması açısından uzun müddetli simülasyon uygulaması yapılması, simülasyon uygulamasının rastsal sayıların değişik dizinleri ile yapılması ve her bir uygulamanın tek gözlemi göstermesi gerekmektedir.

Bu çalışmada; projelerden hesaplanan son kat tavan yükseklikleri (m), bir kattaki daire sayısı (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; bina tanımlayıcı özellikleri olarak kabul edilmiştir. İnşaat Maliyeti (TL), Bayındırlık Bakanlığı Birim Fiyat Rayiçleri esas alınarak hesaplanmıştır.

4.3. Toplam Yapı Maliyetini Belirleyen Değişkenler

Bir olgunun simülasyonu için, olgunun çıktısı ile girdileri arasındaki nedensel ilişkinin fonksiyonel biçimi ve girdi niteliğindeki rastsal değişkenlerin olasılık dağılımları gerekir. Olgunun gerçek dünyada alabileceği belirli bir durum, nedensel ilişkide açıklayıcı değişken konumundaki değişkenlere ilişkin sanal gözlem değerleri, söz konusu rastsal değişkenin olasılık dağılımından rasgele örneklemeyle elde edilerek çıktı konumundaki bağımlı değişkenin sanal gözlem değerleri elde edilen nedensel ilişkide yerine konarak üretilir. Bu yolla olgunun belli bir durumu istenildiği kadar büyük sayılarda üretilebilir ve simülasyon çıktılarının Monte Carlo çözümlenmesiyle bağımlı değişkenin beklenen değerinin tahminine ulaşılabilir.

Bu çalışmada, betonarme taşıyıcı sistemli ve benzer nitelikteki toplu konut projelerinin inşaat maliyetleri ve bina tanımlayıcı özellikleri sisteme veri olarak girilmiştir. Bina tanımlayıcı özellikleri olarak bu yapıların projelerinden hesaplanan; yapı yükseklikleri, tip katlardaki daire sayıları, tip kat alanları, kat yükseklikleri, toplam kat sayıları, kat yükseklikleri, cephe alanları, cephe

boşluğu alanları, ortalama daire alanları, toplam daire sayıları vb. parametreler kullanılmıştır. Regresyon çözümlemesinde kullanılan veriler (Çizelge 4.1.) aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Regresyon çözümlemesinde kullanılan veriler

NO	Toplam Maliyet (TL.)	Son Kat Tavan Yüksekliği (m)	Cephe Alanı (m ²)	Cephe Boşluk Alanı (m ²)	Dolu Cephe Alanı (m ²)	Tip Kat Alanı (m ²)	Kat Sayısı (Ad)	Ort. Daire Alanı (m ²)	Toplam Daire Alanı (m ²)	Toplam Kat Alanı (m ²)	Toplam Daire Sayısı (Ad)
	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀
1	2.224.814,20	33,30	3.373	1.037	2.336	574,50	11	143,60	6.318,40	6.319,50	44
2	2.180.513,00	33,20	3.216	1.022	2.194	568,20	11	142,10	6.252,40	6.250,20	44
3	2.998.765,00	36,20	3.137	1.122	2.015	569,90	13	142,50	7.125,00	7.408,70	50
4	1.181.737,20	42,00	3.087	543	2.544	258,40	15	129,20	3.876,00	3.876,00	30
5	1.323.654,00	42,30	3.255	552	2.703	267,30	15	133,70	4.011,00	4.009,50	30
6	2.893.652,90	36,40	3.283	1.166	2.117	576,40	13	144,10	7.205,00	7.493,20	50
7	2.587.649,00	36,20	3.166	1.145	2.021	568,30	13	142,10	7.105,00	7.387,90	50
8	2.256.515,10	30,70	3.123	995	2.128	571,90	11	143,00	6.006,00	6.290,90	42
9	1.965.497,00	30,60	2.984	902	2.082	560,00	11	140,00	5.880,00	6.160,00	42
10	2.347.547,00	36,40	2.836	921	1.915	513,00	11	128,30	6.415,00	5.643,00	50
11	2.065.489,00	36,20	2.715	893	1.822	492,00	11	123,00	6.150,00	5.412,00	50
12	2.385.537,30	25,20	3.112	1.024	2.088	566,80	13	141,70	5.101,20	7.368,40	36
13	2.278.549,00	25,10	3.088	1.015	2.073	562,00	13	140,50	5.058,00	7.306,00	36
14	2.070.223,20	36,40	2.876	811	2.065	560,30	13	280,10	7.282,60	7.283,90	26

Çizelge 4.1. (Devam) Regresyon çözümlemesinde kullanılan veriler

S. No	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀
15	1.998.537,00	36,20	2.712	824	1.888	558,70	13	279,40	7.264,40	7.263,10	26
16	2.127.717,20	42,00	3.028	550	2.478	265,70	15	132,90	3.987,00	3.985,50	30
17	1.882.371,00	42,00	2.843	543	2.300	263,80	15	131,90	3.957,00	3.957,00	30
18	1.672.066,90	33,60	2.928	488	2.440	260,00	12	130,00	3.120,00	3.120,00	24
19	1.537.294,00	33,50	2.834	473	2.361	258,00	12	129,00	3.096,00	3.096,00	24
20	1.690.299,60	42,00	3.096	561	2.535	302,50	15	151,20	4.536,00	4.537,50	30
21	1.579.273,00	42,00	3.053	553	2.500	298,00	15	149,00	4.470,00	4.470,00	30
22	1.500.210,50	30,80	2.889	512	2.377	294,40	11	147,20	3.238,40	3.238,40	22
23	1.387.358,00	30,60	2.734	502	2.232	287,70	11	143,90	3.165,80	3.164,70	22
24	898.151,20	36,40	2.541	388	2.153	210,60	13	105,30	2.737,80	2.737,80	26
25	887.651,00	36,20	2.487	379	2.108	209,50	13	104,80	2.724,80	2.723,50	26
26	1.902.514,40	36,40	3.287	514	2.773	574,20	12	143,50	6.888,00	6.890,40	48
27	2.234.521,00	36,60	3.354	521	2.833	579,00	12	144,80	6.950,40	6.948,00	48
28	1.406.954,30	32,20	3.399	691	2.708	383,30	12	127,80	4.473,00	4.599,60	35
29	1.273.892,00	32,20	3.122	681	2.441	377,00	12	125,70	4.399,50	4.524,00	35
30	2.735.672,00	29,50	3.227	621	2.606	423,00	11	141,00	4.512,00	4.653,00	32
31	1.988.288,00	36,40	3.724	709	3.015	396,50	13	132,20	5.155,80	5.154,50	39
32	1.733.452,00	36,40	3.645	702	2.943	384,00	13	128,00	4.992,00	4.992,00	39
33	1.684.273,40	33,60	3.689	682	3.007	412,40	12	137,50	4.950,00	4.948,80	36
34	1.369.371,00	33,50	3.417	645	2.772	387,00	12	129,00	4.644,00	4.644,00	36
35	855.958,50	25,85	2.244	452	1.792	463,10	12	115,80	4.168,80	5.557,20	36
36	892.563,00	25,85	2.341	456	1.885	472,00	12	110,80	3.988,80	5.664,00	36

Çizelge 4.1. (Devam) Regresyon çözümlemesinde kullanılan veriler

S. No	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀
37	1.380.725,00	32,98	3.239	514	2.725	600,60	12	150,20	7.209,60	7.207,20	48
38	1.483.561,00	33,02	3.314	518	2.796	612,00	12	153,00	7.344,00	7.344,00	48
39	482.549,00	16,62	1.342	179	1.163	348,00	6	174,00	3.132,00	2.088,00	18
40	468.453,80	11,52	691	129	562	219,30	4	109,70	877,60	877,20	8
41	452.386,00	11,32	672	112	560	215,00	4	107,50	860,00	860,00	8
42	387.539,60	11,16	887	166	721	394,50	4	98,60	1.577,60	1.578,00	16
43	412.528,00	11,23	892	172	720	432,00	4	108,00	1.728,00	1.728,00	16
44	417.046,10	11,16	542	202	340	181,00	4	90,50	724,00	724,00	8
45	475.612,00	11,32	553	209	344	192,00	4	96,00	768,00	768,00	8
46	690.537,00	11,32	1.123	183	940	594,00	4	148,50	2.376,00	2.376,00	16
47	533.411,10	11,16	1.040	178	862	503,00	4	125,80	2.012,80	2.012,00	16
48	572.432,00	11,16	1.052	181	871	512,00	4	128,00	2.048,00	2.048,00	16
49	794.561,00	16,74	1.582	381	1.201	548,00	6	137,00	3.288,00	3.288,00	24
50	738.290,00	16,74	1.521	362	1.159	542,00	6	135,50	3.252,00	3.252,00	24
51	327.782,40	11,16	754	122	632	316,50	4	158,30	1.266,40	1.266,00	8
52	317.437,00	11,16	742	117	625	312,00	4	156,00	1.248,00	1.248,00	8
53	1.766.297,70	36,57	3.423	634	2.789	546,10	13	136,50	7.098,00	7.099,30	52
54	1.589.426,00	36,57	3.341	621	2.720	541,00	13	135,30	7.035,60	7.033,00	52
55	346.057,20	11,16	817	132	685	328,40	4	164,20	1.313,60	1.313,60	8
56	478.926,00	11,16	821	137	684	332,00	4	166,00	1.328,00	1.328,00	8
57	407.850,50	11,16	596	85	511	196,70	4	98,40	787,20	786,80	8
58	447.982,00	11,60	608	91	517	199,30	4	99,70	797,60	797,20	8

Çizelge 4.1. (Devam) Regresyon çözümlemesinde kullanılan veriler

S. No	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀
59	3.022.523,10	36,40	3.296	1.194	2.102	572,30	13	143,10	7.155,00	7.439,90	50
60	2.143.902,30	36,40	2.788	913	1.875	496,70	11	124,20	6.210,00	5.463,70	50
61	444.606,20	16,74	1.296	175	1.121	337,80	6	168,90	3.040,20	2.026,80	18
62	610.778,00	11,16	1.098	178	920	590,70	4	147,70	2.363,20	2.362,80	16
63	763.571,20	16,74	1.567	368	1.199	546,10	6	136,50	3.276,00	3.276,60	24

Toplam yapı maliyetindeki değişkenliği açıklayan değişkenleri ve aralarındaki ilişkiyi belirlemek için,

X₀: Toplam yapı maliyeti

X₁: Son kat tavan yüksekliği,

X₂: Cephe alanı,

X₃: Cephe boşluk alanı,

X₄: Dolu cephe alanı,

X₅: Tip kat alanı,

X₆: Kat sayısı,

X₇: Ortalama daire alanı,

X₈: Toplam daire alanı,

X₉: Toplam kat alanı,

X₁₀: Toplam daire sayısı,

olmak üzere 11 değişkenin, 63 farklı yapıya ilişkin değerlerinin yer aldığı Çizelge 4.1.'deki verilerin Microsoft Excel programıyla gerçekleştirilen tek değişkenli regresyon çözümlemesi çözümlemesinin çıktıları EK-1'de verilmiş ve sonuçları EK-2 'de özetlenmiştir. Regresyon çözümlemesi sonuçlarına göre %5 düzeyinde istatistiksel açıdan anlamlı [$O\{F > F_{\gamma_1, \gamma_2, \alpha}\} > 0,025$] bulunmayan ve açıklama gücü düşük ($R^2 \leq 0,5$) modeller, EK-2 Çizelge.1'de koyu yazılarak belirtilmiştir.

Tek değişkenli regresyon çözümlemesi; ortalama daire alanı (X_7)'nin toplam yapı maliyetini açıklamada yetersiz kaldığını; dolu cephe alanı (X_4) ile tip kat alanı (X_5)'nin ise açıklama güçlerinin düşük olduğunu, dolayısı ile çoklu regresyon çözümlemesi dışında bırakılmalarının uygun olacağını göstermiştir.

Öte yandan, toplam yapı maliyetini etkileyeceği düşünülen ortalama daire alanı dışındaki diğer değişkenlerin de kendi aralarında bağımlı oldukları anlaşılmaktadır. Çoklu bağlantı sorununu en aza indirmek için, toplam yapı maliyetini açıklama gücü daha yüksek olanlara öncelik verilmesi ve aralarında güçlü bağlantı olan değişkenler yerine regresyon artıklarının alınması uygundur.

Bu nedenle, A_{X_i, X_j} 'ler $X_i = a + bX_j + A_{X_i, X_j}, i \neq 0, j \neq 0$ modellerindeki artık değerlerine karşılık gelen değişkenleri göstermek üzere, X_0 : Toplam yapı maliyetinin çoklu regresyon çözümlemesinde;

- aynı güçte olan X_1 : Son kat tavan yüksekliği ve X_6 : Kat sayısı arasından, X_1 'in;
- X_2 : Cephe alanı yerine, A_{X_1, X_2} 'nin
- X_9 : Toplam kat alanı ve X_3 : Cephe boşluk alanı yerine A_{X_9, X_3} 'ün

- X_8 : Toplam daire alanı ve X_{10} : Toplam daire sayısı yerine $A_{X_{10} X_8}$ 'in açıklayıcı değişkenler olarak seçilmesinin uygun olduğu görüşüne varılmıştır.

Tek değişkenli regresyon çözümlemesi sonucu elde edilen $A_{X_1 X_2}$, $A_{X_9 X_3}$ ve $A_{X_{10} X_8}$ regresyon artıkları çoklu regresyon çözümlemesinde kullanılmak üzere, EK-3 Çizelge 3.1'in son üç sütununda verilmiştir.

4.4. Simülasyon Modelinde Yer Alacak Değişkenlerin Belirlenmesi

Tek değişkenli regresyon çözümlemesi sonucu simülasyon modelinde kullanılabileceği değerlendirilen; toplam yapı maliyeti (X_0) ve son kat tavan yüksekliği (X_1) değişkenleri ile $A_{X_1 X_2}$, $A_{X_9 X_3}$ ve $A_{X_{10} X_8}$ regresyon artıklarının Microsoft Excel programıyla gerçekleştirilen çoklu regresyon çözümlemesinin çıktıları EK-4'de verilmiş ve sonuçları EK-5'de özetlenmiştir.

EK-5 Çizelge 5.1'deki çoklu regresyon çözümlemesi sonuçları, toplam yapı maliyetini açıklama gücü %70 ve katsayıları %5 anlamlılık düzeyinde sıfırdan farklı olan

$$X_0 = -335\,739 + 63\,455 X_1 - 268\,110 A_{X_1 X_2}$$

$$(115\,172,96) \quad (5\,388,67) \quad (60\,418,12) \quad , \quad R^2 = 0,70$$

$$[\quad -2,14] \quad [\quad 11,78] \quad [\quad -4,44]$$

modelinin yeterli model olarak seçilebileceğini göstermiştir [Ata, 2009].

4.5. Monte Carlo Benzetim

Regresyon çözümlemesi sonucu elde edilen bilgilerin ışığında çıktısı,; toplam yapı maliyetinin beklenen değeri (X_0); girdileri ise, son kat tavan yüksekliği (X_1) ile son kat tavan yüksekliğinin cephe alanı (X_2) ile açıklanamayan ancak,

$$X_0 = 4,07 + 0,0098 X_2, \quad R^2 = 0,86 \quad (4.1)$$

(1,33) (0,00052)

[3,04] [19,01]

ilişkisi ile değerleri tahmin edilebilen bir rastsal değişken ($A_{x_1 x_2}$) olan Monte Carlo benzetim modelinin matematiksel yapısı;

$$X_0 = - 335 739 + 63 455 X_1 - 268 110 A_{x_1 x_2} \quad (4.2)$$

ve sanal deneyin tasarım boyutu olan son kat tavan yüksekliği X_1 'in düzeyleri,

11,00 - 11,65

16,50 - 16,75

25,05 - 25,25

29,45 - 30,85

32,15 - 33,65

36,15 - 36,65

41,95 - 42,35

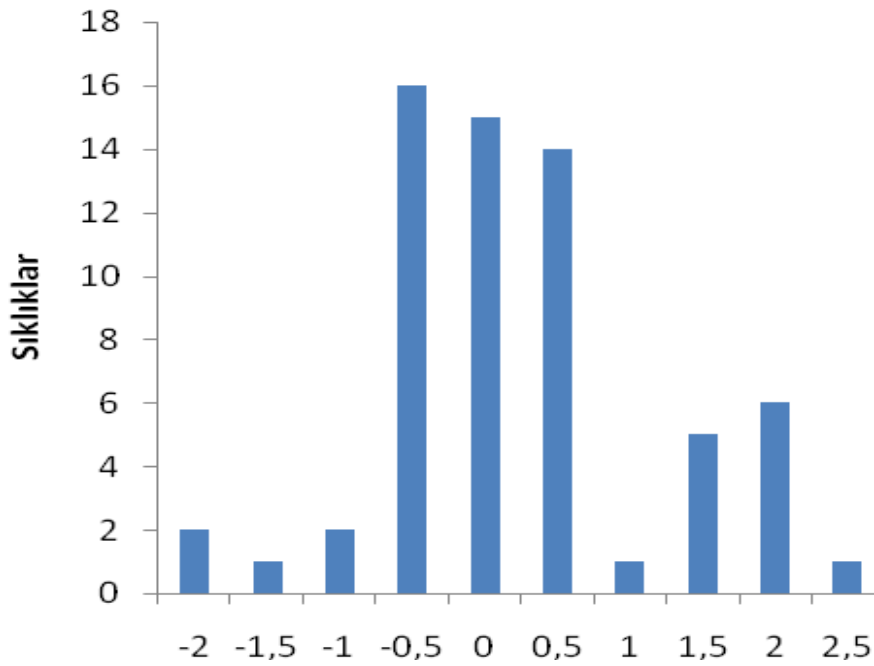
aralıklarında 0,05 cm aralıklı toplam 105 değer olarak belirlenmiştir.

$A_{x_1 x_2}$ rastsal değişkeninin olasılık dağılımını belirlemek üzere EK-3 Çizelge 3.1 'deki regresyon artıklarından yola çıkılarak elde edilen Çizelge 4.2.'deki deneysel dağılıma ilişkin Şekil 4.1. ve Şekil 4.2.'deki histogramlar; $A_{x_1 x_2}$ rastsal değişkeni için hiçbir kuramsal dağılımın ön görülemeyeceğini göstermektedir. Dolayısı ile (4.2)'deki modele göre toplam yapı maliyetinin benzetiminde, olasılık dağılımından rastgele örneklemeyle elde edilmesi

gereken A_{x_1, x_2} 'in sanal gözlem değerlerinin, Çizelge 4.2.'deki birikimli oransal sıklık dağılımından yararlanılarak bulunması yoluna gidilmiştir.

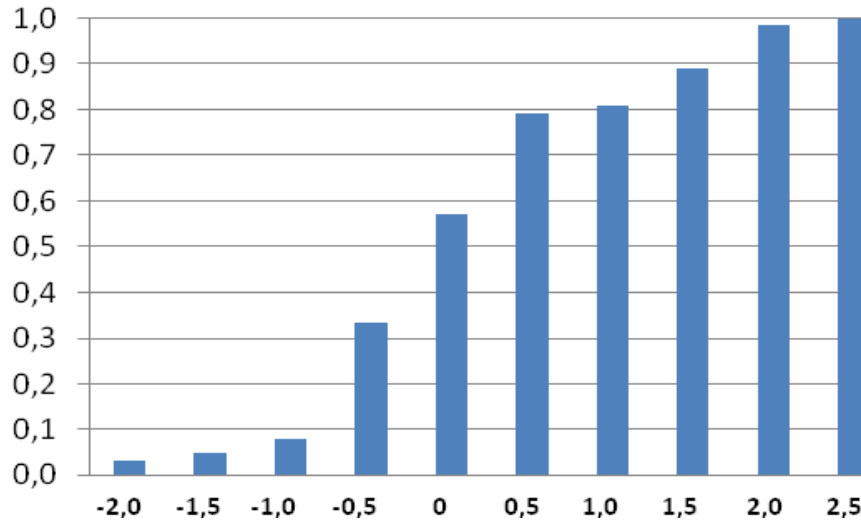
Çizelge 4.2. A_{x_1, x_2} 'nin dağılımı.

A_{x_1, x_2}	Mutlak Oransal Sıklıklar	Birikimli Oransal Sıklıklar
-2	2	0,031746
-1,5	1	0,047619
-1,0	2	0,079365
-0,5	16	0,333333
0	15	0,571429
0,5	14	0,793651
1,0	1	0,809524
1,5	5	0,888889
2,0	6	0,984127
2,5	1	1,000000
Toplam	63	



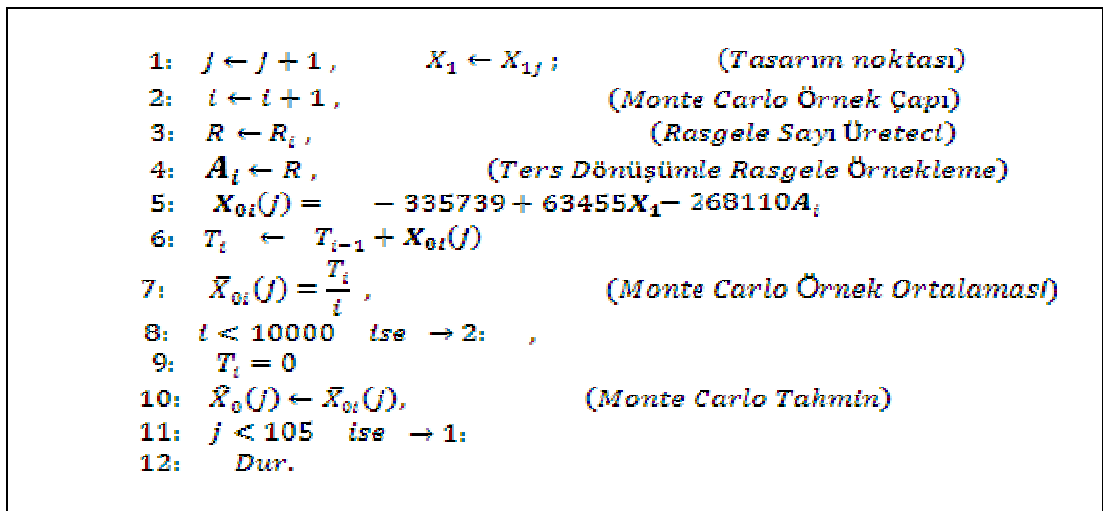
Şekil 4.1. A_{x_1, x_2} 'nin mutlak oransal sıklık dağılımı.

Birikimli Oransal Sıklıklar



Şekil 4.2. A_{x_1, x_2} 'nin birikimli oransal sıklık dağılımı.

Toplam yapı maliyetinin 4.2'deki modele göre benzetimi ve beklenen değerlerin Monte Carlo tahminleri için Şekil 4.3.'deki algoritmaya göre MCSDL yazılımıyla gerçekleştirilen sanal deney, Monte Carlo örnek çapı 10.000 olmak üzere toplam 105 tasarım noktasında Çizelge 4.3.'deki sonuçları vermiştir.



Şekil 4.3. Monte Carlo sanal deney algoritması

Çizelge 4.3. Toplam yapı maliyetinin son kat yüksekliğine göre beklenen değerlerinin Monte Carlo tahminleri.

X_1	X_0	X_1	X_0	X_1	X_0	X_1	X_0	X_1	X_0
11,00	299,8	29,45	1470,6	30,70	1550,4	33,20	1708,3	42,15	2277,0
11,05	303,1	29,50	1474,0	30,75	1553,0	33,25	1712,4	42,20	2279,8
11,10	305,9	29,55	1476,4	30,80	1556,4	33,30	1714,4	42,25	2282,9
11,15	309,6	29,60	1480,7	30,85	1559,1	33,35	1718,7	42,30	2285,9
11,20	312,4	29,65	1482,6	32,15	1642,2	33,40	1720,8	42,35	2289,0
11,25	315,6	29,70	1486,5	32,20	1644,5	33,45	1724,1		
11,30	319,1	29,75	1489,6	32,25	1648,7	33,50	1727,7		
11,35	321,7	29,80	1492,5	32,30	1650,6	33,55	1730,4		
11,40	325,4	29,85	1496,6	32,35	1654,9	33,60	1734,6		
11,45	328,1	29,90	1498,6	32,40	1658,3	33,65	1736,8		
11,50	331,5	29,95	1502,5	32,45	1660,4	36,15	1896,1		
11,55	335,0	30,00	1505,3	32,50	1664,8	36,20	1898,7		
11,60	337,6	30,05	1508,5	32,55	1666,5	36,25	1902,2		
11,65	341,3	30,10	1512,6	32,60	1670,7	36,30	1905,0		
16,50	648,8	30,15	1514,5	32,65	1674,2	36,35	1908,7		
16,55	652,1	30,20	1518,6	32,70	1676,3	36,40	1911,9		
16,60	655,0	30,25	1521,2	32,75	1680,8	36,45	1914,7		
16,65	658,4	30,30	1524,3	32,80	1682,5	36,50	1918,2		
16,70	661,5	30,35	1528,3	32,85	1686,7	36,55	1920,9		
16,75	664,6	30,40	1530,5	32,90	1689,0	36,60	1924,7		
25,05	1191,2	30,45	1534,4	32,95	1692,3	36,65	1927,1		
25,10	1194,2	30,50	1537,2	33,00	1696,7	41,95	2263,9		
25,15	1198,0	30,55	1540,3	33,05	1698,5	42,00	2266,8		
25,20	1201,2	30,60	1543,9	33,10	1702,7	42,05	2270,1		
25,25	1204,0	30,65	1546,6	33,15	1704,7	42,10	2272,8		

4.6. Modelin Test Edilmesi

Planlama çalışmasından sonra, arzu edilen bilgiyi elde etmek için model çalıştırılır. Bu aşamada planlamadaki kusurlar aranmaya başlanır. Simülasyon modellerinde önemli kavramlardan biri de duyarlılık analizleridir. Kullanılan parametrelerin en son değerini belirlemek için duyarlılık analizinden yararlanır. Duyarlılık analizi, parametrelerin değişim aralığını sistematik olarak araştırma ve modelin bu değerlere karşı alacağı değerleri belirleme işlemidir. Simülasyon modelinde uygulamalar çok sayıda değişkenle denenir. Çok duyarlı tahminlerde bulunmak ise aşırı zaman ve harcama gerektirmektedir.

Ne yazık ki çalışılan sistem veya problemin modelinin geçerli olduğunu gösteren kesin bir yöntem mevcut değildir. Buna karşılık modelin kabul edilme olasılığını güçlendirecek olan çeşitli testler vardır. Eğer elimizde geçmiş veriler varsa, modelin önceki verilerin sonuçlarını tekrarlaması modelin kabul edilebilirliğini veya modelin sonuçlarının mantıklı olduğunu gösterir.

Modellenen gerçek sistemde olduğu gibi parametreleri değiştirdiğimiz zaman modelin buna cevap verip vermediği kontrol edilmelidir. Aynı zamanda modelin cevabının akla mantığa uygun olması gerekmektedir. Bahsedilen akla mantığa uygunluk, modelin verdiği cevabın gerçek büyüklüğünden ziyade, böyle bir değişikliğe modelin cevabının yönü ile ilgilidir. Eğer gerçek sistemin kesin cevabı bilinmiyor ise, simülasyon modeli geliştirmeye çok az ihtiyaç vardır veya gerek yoktur.

Diğer bir yaklaşım da, gerçek sistemin çalışmasıyla yakından ilgili ve sistemi tanıyan bir kişi ile model hakkında görüşmek ve modeli gözden geçirmektir. Doğal olarak modelin sonuçlarını ve modelin mantıklılığını uygun kişi ile gözden geçirmek sübjektif bir olaydır.

Model mantığının doğru olması, geliştirilen modelin doğruluğunu ve incelenen sisteme uygunluğunu garantilemez. Ancak modelin bilgisayar işleyişi ile analistin düşüncesinin birbirine uygun olduğunu belirtir. Simülasyon modelinin programlanmasında dikkatli olmak gerekmektedir. Model doğru formüle edilmişse bile yanlış veya yetersiz programlama bizi hatalı sonuçlara götürebilir.

Çizelge 4.3.'de verilen; toplam yapı maliyetinin (X_0) Monte Carlo Tahminleri ile son kat yüksekliğinin (X_1) regresyon çözümlemesi EK-6'da verilmiştir. Regresyon sonuçları; ($R^2 = 0,9999$ ve Anlamlılık $F = 0$) benzetim modelinin doğru programlandığını göstermektedir.

Simülasyon yönteminin son safhası, simülasyon sonuçlarının yorumlanması ve analiz edilmesini kapsamaktadır. Deney tasarımı yapıldığı zaman bu adım için temel çalışmaların çoğu ortaya konulmuş olmaktadır. Modelin sonuçlarının güvenilirliği istatistiksel anlamlılığını yükseltmekle olasıdır. Bunun için de bu sonuçların varyanslarının mümkün olduğu kadar küçük tutulması gerekmektedir. Eğer iki karar alternatifinden sonuçlanan temsil gücü arasında dikkatli bir ayırım yapılacaksa, yukarıda bahsedilen durum daha da önem kazanmaktadır. A seçeneği B seçeneğinden daha iyidir demek yeterli değildir. Şunu söyleyebilmeliyiz ki gözlemlenen farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır ve bu bir basit örnekleme hatasının sonucu değildir. Örnekleme hatasının büyüklüğü hem örneklemenin büyüklüğü hem de temsil ölçümünün varyansı ile ilişkilidir. Diğer durumda, verilen bir örnek hacminin varyansını daha küçük tutmak için varyans indirgeme teknikleri kullanılmalıdır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Simülasyon modelinin Monte Carlo Simülasyon Tekniğiyle stokastik süreçlerde uygulanması konusu, yöneylem araştırması ve üretim yönetimi bilim dallarının en önemli konularından birisidir. Bu çalışmada yapı maliyetinin Monte Carlo Simülasyon Yöntemi ile tahmin edilmesi konusunun incelenmesinin ana sebebi, çoğunlukla matematiksel modellerle ve formüllerle çözülmesi pek mümkün olmayan veya bu işlemlerin yapılması için çok fazla zaman ve işgücü harcanması gereken yapı maliyetinin tahminini en etkin şekilde yapabilmektir.

Monte Carlo Metodu, analitik yollarla çözülemeyen problemlerin simülasyon yöntemiyle “yaklaşık” olarak çözülmesini sağlamaktadır. Özellikle “çok zor” bir problemi, analitik yollarla çözebilmek için aşırı basitleştirmek yerine Monte Carlo metotları ile “yaklaşık” olarak çözmek daha doğru bir yaklaşım olacaktır.

Çalışma kapsamında geliştirilen model ile yapı maliyet tahmini; son kat tavan yüksekliği ve cephe alanı gibi bina tanımlayıcı özellikleri esas alınarak belirlenebileceği için benzer projelerde diğer yöntemlere göre çok daha gerçekçi sonuçlar elde edilebilecektir. Bu ise eldeki kaynaklara uygun şekilde planlama yapılmasını ve proje kapsamında verilmesi gereken bazı önemli kararların sonuçlarının önceden görülmesini sağlayacaktır.

Ayrıca maliyet tahmini modelinin doğru bir şekilde kurulması ile yapı maliyetinin halı tahmininden kaynaklanan inşaatın tamamlanamaması, imalat kalitesinin düşmesi, kaynak sıkıntısına girilmesi vb. sorunların ortadan kaldırılması mümkün olacaktır.

Monte Carlo Simülasyon Yönteminden maksimum verim alabilmek için sağlıklı bir model kurmayı sağlayacak sayıda veri elde edilmesi ve kullanılan verilerin normal olasılık dağılımına sahip olması gerektiği unutulmamalıdır.

Başbakanlık Toplu Konut İdaresi (TOKİ) ve Türkiye Konut Yapı Kooperatifleri Birliği (TÜRKKONUT) tarafından yapımları gerçekleştirilen 63 adet çok katlı, betonarme taşıyıcı sistemli konuta ait verilerin kullanıldığı bu çalışmada; inşaat maliyetlerinin ön tahmini amacıyla yönelik olarak Monte Carlo Simülasyonu tabanlı bir model oluşturulmuş ve simülasyon sürecine ait akış diyagramı EK-7'de verilmiştir. Gerçek Toplam Yapı Maliyeti Verileri (X_0) ile Toplam Yapı Maliyetine Ait Monte Carlo Tahminlerinin (X_0') Regresyon Çözümlemesi EK-8'de yer almaktadır. Regresyon analizi sonuçlarına göre oluşturulan modelin toplam yapı maliyetini %60 oranında açıkladığı ($R^2=0,60$) görülmektedir. Yukarıda açıklandığı gibi; normal olasılık dağılımına sahip ve çok sayıda veri elde edilmesi halinde çok daha gerçekçi sonuçlar elde edilebilecektir.

Monte Carlo Simülasyon Yönteminin bu alandaki çalışmalarda kullanılmasının, mevcut yöntemlerin gözden geçirilmesi ve daha verimli tahminler için avantaj sağlayacağı ve farklı yapı tipleri için benzer araştırmaların yapılmasının olumlu gelişmeler yaratacağı değerlendirilmektedir.

MCSY ile elde edilen sonuçların tek ve mutlak çözüm değil, iyi çözümlerden biri olduğu unutulmadan bu yöntemin diğer tahmin yöntemleri ile birlikte kullanılmasının (hibrit yaklaşımlar), nihai tahminlere ulaşmada daha sağlıklı sonuçlar verebileceği düşünülmektedir

KAYNAKLAR

Akınbingöl, M., 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).

Arpacı, S.S., “Konut projelerinde simülasyon yaklaşımı ile maliyet tahmini”, Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, 6-32 (1995).

Ashworth, A., “Cost studies of buildings”, **Longman Scientific & Technical**, Harlow, 14 (1999).

Ata, M.Y., “Olasılık dağılımlarından rasgele örnekleme”, Monte Carlo sanal deney tekniğine giriş, **Gazi Üniversitesi Açık Arşivi**, Ankara, 51-56 (2009).

Banks, J., Carson, J.S., “Discrete-event system simulation” **Prentice-Hall Inc. Englewood Cliffs**, New Jersey, 78-84 (1984).

Bledsoe, J.D., “Successful estimating methods”, **Construction Cosultants-Publishers**, Massachusetts, 112-116 (1992).

Bostancıoğlu, E., “Konut binalarının ön tasarımında bir maliyet tahmin modeli”, **DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi**, 8 (3): 27-49 (2006).

Göktürk, İ., “İnşaat sektöründe fizibilite aşamasında maliyet tahmini yapmakta karşılaşılan zorluklar ve çözüm önerileri üzerine bir değerlendirme”, Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, 4-12 (2007).

Esen, H.Ö., “İşletme yönetiminde sistem yaklaşımı”, **Avcıol Basım Yayın**, İstanbul, 27-28 (1994).

Flanagan, R., Norman, G., “Risk management and construction”, **Blackwell Science**, London, 16-17 (2002).

Foster, D.G., Arthur, E.D., “Average neutronic properties of prompt fission products”, **Los Alamos National Laboratory Report**, 9168: 11-15 (1982).

Halaç, O., “Kantitatif karar verme teknikleri”, **Alfa Basım Yayım Dağıtım**, İstanbul, 385-389 (1982).

Halaç, O., “İşletmelerde simülasyon teknikleri”, **Alfa Basım Yayım Dağıtım**, İstanbul, 78-81 (1993).

Hall, M. ve Tomkins, C., "A cost of quality analysis of a building project: towards a complete methodology for desing and building", **Construction Management and Economics**, 19: 727-740 (2001).

Hançerlioğulları, A., "Monte Carlo simülasyon metodu ve MCNP kod sistemi", **Kastamonu Eğitim Dergisi**, 14 (2): 545-556 (2006).

İnternet : Türkiye Konut Yapı Kooperatifleri Birliği, "Eryaman Projesi Uydu Fotoğrafları" <http://www.turkkonut.com.tr/devamEdenProjeler.asp> (2007).

Kuruoğlu, M., "İnşaatçılar için yeni ihale düzeninde pratik teklif fiyatı belirleme yöntemi", **İstanbul Ticaret Odası**, İstanbul, 212-214 (2003).

Lux, I., Koblinger, L., "Monte Carlo particle transport methods, neutron and photon calculations", **CRC Pres**, Boc Raton, 64-71 (1991).

Malcolm, R., Horner, W., "Fundamentals of construction project cost control systems, organization and management in construction", **4 th Yugoslav Simposyum, Dubrownik**, 441-442 (1991).

Murphy, C. A., Perera, T.D., "The definition and potential role of simulation within an aerospace company", **Winter Simulation Conference**, Arlington, VA, 229-237 (2001).

Ökmen, Ö., "İnşaat projelerinin belirsizlik altında faaliyet şebeke çizelgelemesi ve erken maliyet tahmini: Risk analizine dayalı bir modelleme yaklaşımı", Doktora Tezi, **Gaziantep Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Gaziantep, 25-28 (2008).

Öztürk, L., "Monte-Carlo simulasyon metodu ve bir işletme uygulaması", **Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları**, Malatya, 116-120 (2004).

Phaobunjong, K., "Parametric cost estimating model for conceptual cost estimating of building construction projects", Dissertation, **Faculty of The Graduate School of The University of Texas at Austin**, 3-5 (2002).

Pidd, M., "Computer simulation in management science", **John Wiley & Sons Ltd.**, Chichester, 22-23 (1990).

Polat, A. P., Çıracı, M., "Türkiye'de tasarım öncesinde maliyet tahmini için veri tabanı modeli", **İTÜ Dergisi/a**, 4 (2): 59-69 (2005).

Saral, N., "Yapı üretim sürecinde maliyet enformasyon sisteminin yeri", Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, 34-35 (1992).

Schaffler G., "Planungs ökonomische informationen für ein gebäude typ bezogenes kosten ermittlungsverfahren kenforschungszentrum", **Karlsruhe GmbH**, Karlsruhe, 229-237 (1978).

Sevüktekin, M., "Ekonomik simulasyon modelleri", **Uludağ Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, 13 (1-2): 229-264 (1992).

Taha, H.A., "Operations research an introduction", **Macmillan Publishing Co., Inc**, New York, 695-696 (1987).

Topçu, G., "Yapı üretim sürecinde maliyete ilişkin işlemler: Tahmin, planlama, kontrol", Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, 84-85 (1989).

Uğur, L.O., "İnşaat sektöründe riskler ve risk yönetimi", **Türkiye Mühendisler Birliği**, Ankara, 14-42 (2006).

Winston, W.L., "Operations research application and algorithms", **Kent Publishing Company**, Boston, 1115-1118 (1991).

Yalçınkaya, T., "Risk ve belirsizlik algılamasının iktisadi davranışlara yansımaları", **Muğla Üniversitesi İİBF Tartışma Tebliği**, 2004 (05): 9-11 (2004).

Yaylagül, N., "Bina Yapımında Simülasyon Yaklaşımıyla Maliyet Tahmini", Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, 14-17 (1993).

EKLER

EK-1 Ön regresyon çözümlenmeleri

1. Toplam Maliyet (X_0) – Son Kat Tavan Yüksekliği (X_1)

Regresyon İstatistikleri	
Çoklu R	0,773865836
R Kare	0,598868332
Ayarlı R Kare	0,592292403
Std.Hata	502962,4517
Gözlem	63

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Anlamlılık F
Regresyon	1	2,3038E+13	2,3E+13	91,06977	1,0341E-13
Fark	61	1,5431E+13	2,53E+11		
Toplam	62	3,8469E+13			

	Katsayılar	Std.Hata	t Stat	P-değeri
Kesişim	-87718,5114	167905,021	-0,522429	0,603264
X Değişkeni 1	54367,76683	5697,10702	9,543048	1,03E-13

$$X_0 = - 87 718.51 + 54 367.77 X_1$$

2. Toplam Maliyet (X_0) – Cephe Alanı (X_2)

Regresyon İstatistikleri	
Çoklu R	0,835452
R Kare	0,69798
Ayarlı R Kare	0,693029
Std.Hata	436425
Gözlem	63

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Anlamlılık F
Regresyon	1	2,69E+13	2,69E+13	140,9737	1,67E-17
Fark	61	1,16E+13	1,9E+11		
Toplam	62	3,85E+13			

	Katsayılar	Std.Hata	t Stat	P-değeri
Kesişim	-77715,3	135763,3	-0,57243	0,569133
X Değişkeni 1	621,3204	52,32951	11,87323	1,67E-17

$$X_0 = - 77 715.3 + 621.32 X_2$$

EK-1 (Devam) Ön regresyon çözümlenmeleri

3. Toplam Maliyet (X_0) – Cephe Boşluk Alanı (X_3)

<i>Regresyon İstatistikleri</i>	
Çoklu R	0,929906639
R Kare	0,864726358
Ayarlı R Kare	0,862508757
Std.Hata	292077,8894
Gözlem	63

ANOVA					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Anlamlılık F</i>
Regresyon	1	3,33E+13	3,33E+13	389,9378	3,47E-28
Fark	61	5,2E+12	8,53E+10		
Toplam	62	3,85E+13			

	<i>Katsayılar</i>	<i>Std.Hata</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-değeri</i>
Kesişim	171403,189	72115,77	2,376778	0,020618
X Değişkeni 1	2279,494573	115,4359	19,74684	3,47E-28

$$X_0 = 171\ 403.19 + 2\ 279.49 X_3$$

4. Toplam Maliyet (X_0) – Dolu Cephe Alanı (X_4)

<i>Regresyon İstatistikleri</i>	
Çoklu R	0,713107944
R Kare	0,50852294
Ayarlı R Kare	0,500465939
Std.Hata	556728,835
Gözlem	63

ANOVA					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Anlamlılık F</i>
Regresyon	1	1,96E+13	1,96E+13	63,11566	5,48E-11
Fark	61	1,89E+13	3,1E+11		
Toplam	62	3,85E+13			

	<i>Katsayılar</i>	<i>Std.Hata</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-değeri</i>
Kesişim	142072,6175	172732	0,822503	0,413994
X Değişkeni 1	683,4688571	86,03005	7,944537	5,48E-11

$$X_0 = 142\ 072.62 + 683.47 X_4$$

EK-1 (Devam) Ön regresyon çözümlenmeleri

5. Toplam Maliyet (X_0) – Tip Kat Alanı (X_5)

Regresyon İstatistikleri	
Çoklu R	0,489412041
R Kare	0,239524146
Ayarlı R Kare	0,227057328
Std.Hata	692523,961
Gözlem	63

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Anlamlılık F
Regresyon	1	9,2143E+12	9,21E+12	19,21293	4,6905E-05
Fark	61	2,9255E+13	4,8E+11		
Toplam	62	3,8469E+13			

	Katsayılar	Std.Hata	t Stat	P-değeri
Kesişim	233212,8631	279284,212	0,835038	0,406955
X Değişkeni 1	2766,89274	631,241395	4,383256	4,69E-05

$$X_0 = 233\ 212.86 + 2\ 766.89 X_5$$

6. Toplam Maliyet (X_0) – Kat Sayısı (X_6)

Regresyon İstatistikleri	
Çoklu R	0,766182
R Kare	0,587035
Ayarlı R Kare	0,580265
Std.Hata	510327,3
Gözlem	63

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Anlamlılık F
Regresyon	1	2,26E+13	2,26E+13	86,71219	2,53E-13
Fark	61	1,59E+13	2,6E+11		
Toplam	62	3,85E+13			

	Katsayılar	Std.Hata	t Stat	P-değeri
Kesişim	-91431,8	172199,8	-0,53096	0,597372
X Değişkeni 1	151154	16232,29	9,311938	2,53E-13

$$X_0 = -91\ 431.80 + 151\ 154.00 X_6$$

EK-1 (Devam) Ön regresyon çözümlenmeleri

7. Toplam Maliyet (X₀) – Ortalama Daire Alanı (X₇)

Regresyon İstatistikleri	
Çoklu R	0,258925091
R Kare	0,067042203
Ayarlı R Kare	0,051747813
Std.Hata	767048,9664
Gözlem	63

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Anlamlılık F
Regresyon	1	2,57907E+12	2,57907E+12	4,38345055	0,040453538
Fark	61	3,58902E+13	5,88364E+11		
Toplam	62	3,84693E+13			

	Katsayılar	Std.Hata	t Stat	P-değeri
Kesişim	505038,8493	436439,1591	1,15718042	0,251709982
X Değişkeni 1	6443,961063	3077,831582	2,09366916	0,040453538

$$X_0 = 505\ 038.85 + 6\ 443.96 X_7$$

8. Toplam Maliyet (X₀) – Toplam Daire Alanı (X₈)

Regresyon İstatistikleri	
Çoklu R	0,849700463
R Kare	0,721990878
Ayarlı R Kare	0,717433351
Std.Hata	418717,9828
Gözlem	63

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Anlamlılık F
Regresyon	1	2,8E+13	2,8E+13	158,417	1,3E-18
Fark	61	1,1E+13	1,8E+11		
Toplam	62	3,8E+13			

	Katsayılar	Std.Hata	t Stat	P-değeri
Kesişim	93810,05653	116141	0,80772	0,42239
X Değişkeni 1	313,9629519	24,9446	12,5864	1,3E-18

$$X_0 = 93\ 810.06 + 313.96 X_8$$

EK-1 (Devam) Ön regresyon çözümlenmeleri

9. Toplam Maliyet (X_0) – Toplam Kat Alanı (X_9)

Regresyon İstatistikleri	
Çoklu R	0,852764667
R Kare	0,727207577
Ayarlı R Kare	0,72273557
Std.Hata	414770,8641
Gözlem	63

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Anlamlılık F
Regresyon	1	2,798E+13	3E+13	162,6132	7,3621E-19
Fark	61	1,049E+13	2E+11		
Toplam	62	3,847E+13			

	Katsayılar	Std.Hata	t Stat	P-değeri
Kesişim	129573,0289	112229,28	1,1545	0,252782
X Değişkeni 1	299,2166817	23,464313	12,752	7,36E-19

$$X_0 = 129\ 573.03 + 299.22 X_9$$

10. Toplam Maliyet (X_0) – Toplam Daire Sayısı (X_{10})

Regresyon İstatistikleri	
Çoklu R	0,822490605
R Kare	0,676490796
Ayarlı R Kare	0,671187366
Std.Hata	451684,7316
Gözlem	63

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Anlamlılık F
Regresyon	1	2,6E+13	2,6E+13	127,5572	1,38251E-16
Fark	61	1,24E+13	2E+11		
Toplam	62	3,85E+13			

	Katsayılar	Std.Hata	t Stat	P-değeri
Kesişim	57363,40777	131487,7	0,43626	0,664185
X Değişkeni 1	45006,08773	3984,912	11,2941	1,38E-16

$$X_0 = 57\ 363.41 + 45\ 006.09 X_{10}$$

EK-1 (Devam) Ön regresyon çözümlenmeleri

11. Son Kat Tavan Yüksekliği (X_1) – Cephe Alanı (X_2)

Regresyon İstatistikleri	
Çoklu R	0,924975
R Kare	0,855579
Ayarlı R Kare	0,853211
Std.Hata	4,295681
Gözlem	63

ANOVA

	df	SS	MS	F	Anlamlılık F
Regresyon	1	6668,41	6668,41	361,375	2,56E-27
Fark	61	1125,626	18,45288		
Toplam	62	7794,035			

	Katsayılar	Std.Hata	t Stat	P-değeri
Kesişim	4,066227	1,336303	3,042893	0,003454
X Değişkeni 1	0,009791	0,000515	19,00987	2,56E-27

$$X_1 = 4.07 + 0.0098 X_2$$

12. Son Kat Tavan Yüksekliği (X_1) – Cephe Boşluk Alanı (X_3)

Regresyon İstatistikleri	
Çoklu R	0,723156
R Kare	0,522955
Ayarlı R Kare	0,515135
Std.Hata	7,80721
Gözlem	63

ANOVA

	df	SS	MS	F	Anlamlılık F
Regresyon	1	4075,931	4075,931	66,87058	2,18E-11
Fark	61	3718,104	60,95253		
Toplam	62	7794,035			

	Katsayılar	Std.Hata	t Stat	P-değeri
Kesişim	13,73592	1,927647	7,125748	1,41E-09
X Değişkeni 1	0,025232	0,003086	8,177443	2,18E-11

$$X_1 = 13.74 + 0.025 X_3$$

EK-1 (Devam) Ön regresyon çözümlenmeleri

13. Son Kat Tavan Yüksekliği (X_1) – Kat Sayısı (X_6)

Regresyon İstatistikleri	
Çoklu R	0,96805
R Kare	0,93711
Ayarlı R Kare	0,93608
Std.Hata	2,83467
Gözlem	63

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Anlamlılık F
Regresyon	1	7303,88	7303,88	908,966	2,4E-38
Fark	61	490,157	8,03537		
Toplam	62	7794,04			

	Katsayılar	Std.Hata	t Stat	P-değeri
Kesişim	0,54039	0,9565	0,56496	0,57417
X Değişkeni 1	2,71836	0,09016	30,1491	2,4E-38

$$X_1 = 0.54 + 2,72 X_6$$

14. Son Kat Tavan Yüksekliği (X_1) – Toplam Daire Alanı (X_8)

Regresyon İstatistikleri	
Çoklu R	0,7691432
R Kare	0,5915813
Ayarlı R Kare	0,5848859
Std.Hata	7,2238559
Gözlem	63

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Anlamlılık F
Regresyon	1	4610,81	4610,81	88,3565	1,8E-13
Fark	61	3183,23	52,1841		
Toplam	62	7794,04			

	Katsayılar	Std.Hata	t Stat	P-değeri
Kesişim	10,513058	2,00371	5,2468	2,1E-06
X Değişkeni 1	0,0040452	0,00043	9,39982	1,8E-13

$$X_1 = 10.51 + 0.004 X_8$$

EK-1 (Devam) Ön regresyon çözümlenmeleri

15. Son Kat Tavan Yüksekliği (X_1) – Toplam Kat Alanı (X_9)

Regresyon İstatistikleri					
Çoklu R		0,7310194			
R Kare		0,5343894			
Ayarlı R Kare		0,5267565			
Std.Hata		7,7130775			
Gözlem		63			

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Anlamlılık F
Regresyon	1	4165,05	4165,05	70,0108	1E-11
Fark	61	3628,99	59,4916		
Toplam	62	7794,04			

	Katsayılar	Std.Hata	t Stat	P-değeri
Kesişim	11,838437	2,08702	5,67242	4,1E-07
X Değişkeni 1	0,003651	0,00044	8,36724	1E-11

$$X_1 = 11.84 + 0.0037 X_9$$

16. Son Kat Tavan Yüksekliği (X_1) – Toplam Daire Sayısı (X_{10})

Regresyon İstatistikleri					
Çoklu R		0,77471			
R Kare		0,60018			
Ayarlı R Kare		0,59362			
Std.Hata		7,14744			
Gözlem		63			

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Anlamlılık F
Regresyon	1	4677,8	4677,8	91,5673	9,4E-14
Fark	61	3116,24	51,0859		
Toplam	62	7794,04			

	Katsayılar	Std.Hata	t Stat	P-değeri
Kesişim	9,34384	2,08066	4,49081	3,2E-05
X Değişkeni 1	0,6034	0,06306	9,56908	9,4E-14

$$X_1 = 9.34 + 0.60 X_{10}$$

EK-1 (Devam) Ön regresyon çözümlenmeleri

17. Cephe Alanı (X_2) – Cephe Boşluk Alanı (X_3)

Regresyon İstatistikleri	
Çoklu R	0,807476
R Kare	0,652018
Ayarlı R Kare	0,646313
Standart Hata	629,9071
Gözlem	63

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Anlamlılık F
Regresyon	1	45350862	45350862	114,2964	1,3E-15
Fark	61	24203759	396782,9		
Toplam	62	69554621			

	Katsayılar	Standart Hata	t Stat	P-değeri
Kesişim	942,113	155,5278	6,057521	9,35E-08
X Değişkeni 1	2,661552	0,248954	10,69095	1,3E-15

$$X_2 = 942.11 + 2,66 X_3$$

18. Cephe Alanı (X_2) – Kat Sayısı (X_6)

Regresyon İstatistikleri	
Çoklu R	0,9332
R Kare	0,87086
Ayarlı R Kare	0,86875
Std.Hata	383,727
Gözlem	63

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Anlamlılık F
Regresyon	1	6,1E+07	6,1E+07	411,369	8,4E-29
Fark	61	8982023	147246		
Toplam	62	7E+07			

	Katsayılar	Std.Hata	t Stat	P-değeri
Kesişim	-64,145	129,481	-0,4954	0,6221
X Değişkeni 1	247,553	12,2054	20,2822	8,4E-29

$$X_2 = -64.15 + 247.55 X_6$$

EK-1 (Devam) Ön regresyon çözümlenmeleri

19. Cephe Alanı (X_2) – Toplam Daire Alanı (X_8)

Regresyon İstatistikleri	
Çoklu R	0,84286
R Kare	0,71041
Ayarlı R Kare	0,70566
Std.Hata	574,636
Gözlem	63

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Anlamlılık F
Regresyon	1	4,9E+07	4,9E+07	149,64	4,6E-18
Fark	61	2E+07	330207		
Toplam	62	7E+07			

	Katsayılar	Std.Hata	t Stat	P-değeri
Kesişim	635,069	159,389	3,98439	0,00018
X Değişkeni 1	0,41877	0,03423	12,2327	4,6E-18

$$X_2 = 635.07 + 0.42 X_8$$

20. Cephe Alanı (X_2) – Toplam Kat Alanı (X_9)

Regresyon İstatistikleri	
Çoklu R	0,84103
R Kare	0,70733
Ayarlı R Kare	0,70253
Std.Hata	577,683
Gözlem	63

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Anlamlılık F
Regresyon	1	4,9E+07	4,9E+07	147,423	6,4E-18
Fark	61	2E+07	333718		
Toplam	62	7E+07			

	Katsayılar	Std.Hata	t Stat	P-değeri
Kesişim	692,492	156,31	4,43024	4E-05
X Değişkeni 1	0,3968	0,03268	12,1418	6,4E-18

$$X_2 = 692.49 + 0.40 X_9$$

EK-1 (Devam) Ön regresyon çözümlenmeleri

21. Cephe Alanı (X_2) – Toplam Daire Sayısı (X_{10})

Regresyon İstatistikleri	
Çoklu R	0,85731
R Kare	0,73498
Ayarlı R Kare	0,73064
Std.Hata	549,715
Gözlem	63

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Anlamlılık F
Regresyon	1	5,1E+07	5,1E+07	169,171	3,033E-19
Fark	61	1,8E+07	302187		
Toplam	62	7E+07			

	Katsayılar	Std.Hata	t Stat	P-değeri
Kesişim	495,749	160,025	3,09795	0,00294
X Değişkeni 1	63,0789	4,84977	13,0066	3E-19

$$X_2 = 495.75 + 63.08 X_{10}$$

22. Cephe Boşluk Alanı (X_3) – Kat Sayısı (X_6)

Regresyon İstatistikleri	
Çoklu R	0,734744
R Kare	0,539849
Ayarlı R Kare	0,532305
Standart Hata	219,7573
Gözlem	63

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Anlamlılık F
Regresyon	1	3456110	3456110	71,56507	7,15E-12
Fark	61	2945888	48293,25		
Toplam	62	6401999			

	Katsayılar	Standart Hata	t Stat	P-değeri
Kesişim	-44,6629	74,15269	-0,60231	0,5492
X Değişkeni 1	59,13228	6,98995	8,459614	7,15E-12

$$X_3 = -44.66 + 59.13 X_6$$

EK-1 (Devam) Ön regresyon çözümlenmeleri

23. Cephe Boşluk Alanı (X_3) – Toplam Daire Alanı (X_8)

Regresyon İstatistikleri					
Çoklu R		0,84921			
R Kare		0,721158			
Ayarlı R Kare		0,716587			
Standart Hata		171,0693			
Gözlem		63			

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Anlamlılık F
Regresyon	1	4616851	4616851	157,7617	1,44E-18
Fark	61	1785148	29264,71		
Toplam	62	6401999			

	Katsayılar	Standart Hata	t Stat	P-değeri
Kesişim	6,312257	47,45018	0,133029	0,894608
X Değişkeni 1	0,128005	0,010191	12,56032	1,44E-18

$$X_3 = 6.31 + 0.13 X_8$$

24. Cephe Boşluk Alanı (X_3) – Toplam Kat Alanı (X_9)

Regresyon İstatistikleri					
Çoklu R		0,8693261			
R Kare		0,7557278			
Ayarlı R Kare		0,7517234			
Standart Hata		160,11421			
Gözlem		63			

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Anlamlılık F
Regresyon	1	4838169	4838169	188,7215	2,49E-20
Fark	61	1563830	25636,56		
Toplam	62	6401999			

	Katsayılar	Standart Hata	t Stat	P-değeri
Kesişim	10,560612	43,32393	0,243759	0,808235
X Değişkeni 1	0,1244343	0,009058	13,73759	2,49E-20

$$X_3 = 10.56 + 0.12 X_9$$

EK-1 (Devam) Ön regresyon çözümlenmeleri

25. Cephe Boşluk Alanı (X_3)– Toplam Daire Sayısı (X_{10})

Regresyon İstatistikleri	
Çoklu R	0,836548
R Kare	0,699812
Ayarlı R Kare	0,694891
Standart Hata	177,4965
Gözlem	63

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Anlamlılık F
Regresyon	1	4480194	4480194	142,2059	1,39E-17
Fark	61	1921804	31504,99		
Toplam	62	6401999			

	Katsayılar	Standart Hata	t Stat	P-değeri
Kesişim	-18,1964	51,67012	-0,35216	0,725928
X Değişkeni 1	18,67376	1,565932	11,92501	1,39E-17

$$X_3 = -18.20 + 18.67 X_{10}$$

26. Kat Sayısı (X_6) – Toplam Daire Alanı (X_8)

Regresyon İstatistikleri	
Çoklu R	0,74846
R Kare	0,5602
Ayarlı R Kare	0,55299
Std.Hata	2,66952
Gözlem	63

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Anlamlılık F
Regresyon	1	553,707	553,707	77,6989	1,8E-12
Fark	61	434,705	7,12632		
Toplam	62	988,413			

	Katsayılar	Std.Hata	t Stat	P-değeri
Kesişim	4,02653	0,74045	5,43792	1E-06
X Değişkeni 1	0,0014	0,00016	8,8147	1,8E-12

$$X_6 = 4.03 + 0.0014 X_8$$

EK-1 (Devam) Ön regresyon çözümlenmeleri

27. Kat Sayısı (X_6) – Toplam Kat Alanı (X_9)

Regresyon İstatistikleri	
Çoklu R	0,76672
R Kare	0,58786
Ayarlı R Kare	0,5811
Std.Hata	2,58421
Gözlem	63

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Anlamlılık F
Regresyon	1	581,046	581,046	87,0072	2,4E-13
Fark	61	407,366	6,67814		
Toplam	62	988,413			

	Katsayılar	Std.Hata	t Stat	P-değeri
Kesişim	4,0691	0,69924	5,81933	2,3E-07
X Değişkeni 1	0,00136	0,00015	9,32777	2,4E-13

$$X_6 = 4.07 + 0.00136 X_9$$

28. Kat Sayısı (X_6) – Toplam Daire Sayısı (X_{10})

Regresyon İstatistikleri	
Çoklu R	0,75471
R Kare	0,56959
Ayarlı R Kare	0,56253
Std.Hata	2,64088
Gözlem	63

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Anlamlılık F
Regresyon	1	562,985	562,985	80,7237	9,1E-13
Fark	61	425,428	6,97422		
Toplam	62	988,413			

	Katsayılar	Std.Hata	t Stat	P-değeri
Kesişim	3,61453	0,76877	4,70169	1,5E-05
X Değişkeni 1	0,20933	0,0233	8,98464	9,1E-13

$$X_6 = 3.61 + 0.21 X_{10}$$

EK-1 (Devam) Ön regresyon çözümlenmeleri

29. Toplam Daire Alanı (X_8) – Toplam Kat Alanı (X_9)

Regresyon İstatistikleri					
Çoklu R		0,96962			
R Kare		0,94016			
Ayarlı R Kare		0,93918			
Std.Hata		525,757			
Gözlem		63			

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Anlamlılık F
Regresyon	1	2,6E+08	2,6E+08	958,34	5,239E-39
Fark	61	1,7E+07	276420		
Toplam	62	2,8E+08			

	Katsayılar	Std.Hata	t Stat	P-değeri
Kesişim	250,529	142,26	1,76107	0,08324
X Değişkeni 1	0,92076	0,02974	30,9571	5,2E-39

$$X_8 = 250.53 + 0.92 X_9$$

30. Toplam Daire Alanı (X_8) – Toplam Daire Sayısı (X_{10})

Regresyon İstatistikleri					
Çoklu R		0,93349			
R Kare		0,8714			
Ayarlı R Kare		0,86929			
Std.Hata		770,728			
Gözlem		63			

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Anlamlılık F
Regresyon	1	2,5E+08	2,5E+08	413,337	7,384E-29
Fark	61	3,6E+07	594021		
Toplam	62	2,8E+08			

	Katsayılar	Std.Hata	t Stat	P-değeri
Kesişim	35,8436	224,363	0,15976	0,8736
X Değişkeni 1	138,241	6,79962	20,3307	7,4E-29

$$X_8 = 35.84 + 138.24 X_{10}$$

EK-1 (Devam) Ön regresyon çözümlenmeleri

31. Toplam Kat Alanı (X_9) – Toplam Daire Sayısı (X_{10})

Regresyon İstatistikleri	
Çoklu R	0,91512
R Kare	0,83745
Ayarlı R Kare	0,83478
Std.Hata	912,495
Gözlem	63

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Anlamlılık F
Regresyon	1	2,6E+08	2,6E+08	314,266	9,547E-26
Fark	61	5,1E+07	832647		
Toplam	62	3,1E+08			

	Katsayılar	Std.Hata	t Stat	P-değeri
Kesişim	-12,277	265,632	-0,0462	0,96329
X Değişkeni 1	142,713	8,05033	17,7276	9,5E-26

$$X_9 = -12.28 + 142.71 X_{10}$$

EK-2 Tek değişkenli regresyon çözümlemesi sonuçları

(1/6)

Çizelge 2.1. Tek değişkenli regresyon çözümlemesi sonuçları

No	Model	Std. Hata	R ²	γ ₁	γ ₂	KT _R	KT _H	$F = \frac{KT_R/V_1}{KT_H/V_2}$	Ođ (F > F _{γ₁,γ₂;α})
1	X ₀ = - 87 718.5 + 54 367.8 X ₁ (167905,02) (5697,11) [-0,522429] [9,543048]	502962,5	0,60	1	62	2,3038	1,5431	91,07	0,0000
2	X ₀ = - 77 715.3 + 621.3 X ₂ (135763,3) (52,33) [-0,57243] [11,87323]	436 425,0	0,70	1	62	2,69	1,16	140,97	0,0000
3	X ₀ = 171 403.19 + 2 279.49 X ₃ (72115,77) (115,44) [2,376778] [19,74684]	292 077,9	0,86	1	62	3,33	5,2	389,94	0,0000
4	X₀ = 142 072.62 + 683.47 X₄ (172732) (86,03) [0,822503] [7,944537]	556 728,8	0,50	1	62	1,96	1,89	63,12	0,0000
5	X₀ = 233 212.86 + 2 766.89 X₅ (279284,212) (631,24) [0,835038] [4,383256]	692 524,0	0,24	1	62	9,2143	2,9255	19,21	0,00004
6	X ₀ = -91 431.80 + 151 154.00 X ₆ (172199,8) (16232,29) [-0,53096] [9,311938]	510 327,3	0,59	1	62	2,26	1,59	86,71	0,0000

EK-2 (Devam) Tek değişkenli regresyon çözümlenmesi sonuçları

(2/6)

Çizelge 2.1. (Devam) Tek değişkenli regresyon çözümlenmesi sonuçları

No	Model	Std. Hata	R ²	γ_1	γ_2	KT _R	KT _H	$F = \frac{KT_R/\nu_1}{KT_H/\nu_2}$	Ođ (F > F $\gamma_1, \gamma_2; \alpha$)
7	X₀ = 505 038.85 + 6 443.96 X₇ (436439,1591) (3077,831582) [1,15718042] [2,09366916]	767 049,0	0,07	1	62	2,57907	3,58902	4,38	0,0405
8	X ₀ = 93 810.06 + 313.96 X ₈ (116141) (24,9446) [0,80772] [12,5864]	418 718,0	0,72	1	62	2,8	1,1	158,42	0,0000
9	X ₀ = 129 573.03 + 299.22 X ₉ (112229,28) (23,464313) [1,1545] [12,752]	414 770,9	0,73	1	62	2,798	1,049	162,61	0,0000
10	X ₀ = 57 363.41 + 45 006.09 X ₁₀ (131487,7) (3984,912) [0,43626] [11,2941]	451 684,7	0,68	1	62	2,6	1,24	127,56	0,0000
11	X ₁ = 4.07 + 0.0098 X ₂ (1,336303) (0,000515) [3,042893] [19,00987]	4,3	0,86	1	62	6,6684	1,12563	361,38	0,0000
12	X ₁ = 13.74 + 0.025 X ₃ (1,927647) (0,003086) [7,125748] [8,177443]	7,8	0,52	1	62	4,07593	3,7181	66,87	0,0000

EK-2 (Devam) Tek değişkenli regresyon çözümlenmesi sonuçları

(3/6)

Çizelge 2.1. (Devam) Tek değişkenli regresyon çözümlenmesi sonuçları

No	Model	Std. Hata	R ²	γ ₁	γ ₂	KT _R	KT _H	$F = \frac{KT_R/v_1}{KT_H/v_2}$	Ođ (F > F _{γ₁,γ₂;α})
13	X ₁ = 0.54 + 2,72 X ₆ (0,9565) (0,09016) [0,56496] [30,1491]	2,8	0,94	1	62	7,3038	4,90157	909,0	0,0000
14	X ₁ = 10.51 + 0.004 X ₈ (2,00371) (0,00043) [5,2468] [9,39982]	7,2	0,59	1	62	4,61081	3,18323	88,4	0,0000
15	X ₁ = 11.84 + 0.0037 X ₉ (2,08702) (0,00044) [-5,67242] [8,36724]	7,7	0,53	1	62	4,16505	3,62899	70,0	0,0000
16	X ₁ = 9.34 + 0.60 X ₁₀ (2,08066) (0,06306) [4,49081] [9,56908]	7,1	0,60	1	62	4,6778	3,11624	91,6	0,0000
17	X ₂ = 942.11 + 2,66 X ₃ (155,5278) (0,248954) [6,057521] [10,69095]	629,9	0,65	1	62	4,53508	2,42037	114,3	0,0000
18	X ₂ = -64.15 + 247.55 X ₆ (129,481) (12,2054) [-0,4954] [20,2822]	383,7	0,87	1	62	6,1	8,98202 3	411,4	0,0000

EK-2 (Devam) Tek değişkenli regresyon çözümlenmesi sonuçları

(4/6)

Çizelge 2.1. (Devam) Tek değişkenli regresyon çözümlenmesi sonuçları

No	Model	Std. Hata	R ²	γ ₁	γ ₂	KT _R	KT _H	$F = \frac{KT_R/v_1}{KT_H/v_2}$	Ođ (F > F _{γ₁,γ₂;α})
19	X ₂ = 635.07 + 0.42 X ₈ (159,389) (0,03423) [3,98439] [12,2327]	574,6	0,71	1	62	4,9	2,0	149,6	0,0000
20	X ₂ = 692.49 + 0.40 X ₉ (156,31) (0,03268) [4,43024] [12,1418]	577,9	0,71	1	62	4,9	2	147,4	0,0000
21	X ₂ = 495.75 + 63.08 X ₁₀ (160,025) (4,84977) [3,09795] [13,0066]	549,7	0,73	1	62	5,1	1,8	169,2	0,0000
22	X ₃ = -44.66 + 59.13 X ₆ (74,15269) (6,98995) [-0,60231] [8,459614]	219,8	0,54	1	62	3,45611	2,94588 8	71,6	0,0000
23	X ₃ = 6.31 + 0.13 X ₈ (47,45018) (0,010191) [0,133029] [12,56032]	171,1	0,72	1	62	4,61685	1,78514 8	157,8	0,0000
24	X ₃ = 10.56 + 0.12 X ₉ (43,32393) (0,009058) [0,243759] [13,73759]	160,1	0,76	1	62	4,8381	1,56383	188,7	0,0000

EK-2 (Devam) Tek değişkenli regresyon çözümlenmesi sonuçları

(5/6)

Çizelge 2.1. (Devam) Tek değişkenli regresyon çözümlenmesi sonuçları

No	Model	Std. Hata	R ²	γ_1	γ_2	KT _R	KT _H	$F = \frac{KT_R/v_1}{KT_H/v_2}$	Ođ (F > F $\gamma_1, \gamma_2, \alpha$)
25	X ₃ = -18.20 + 18.67 X ₁₀ (51,67012) (1,565932) [-0,35216] [11,92501]	177,5	0,70	1	62	4,48019	1,92180	142,2	0,0000
26	X ₆ = 4.03 + 0.0014 X ₈ (0,74045) (0,00016) [5,43792] [8,8147]	2,7	0,56	1	62	5,53707	4,34705	77,7	0,0000
27	X ₆ = 4.07 + 0.00136 X ₉ (0,69924) (0,00015) [5,81933] [9,32777]	2,6	0,59	1	62	5,81046	4,07366	87,0	0,0000
28	X ₆ = 3.61 + 0.21 X ₁₀ (0,76877) (0,0233) [4,70169] [8,98464]	2,6	0,57	1	62	5,6298	4,25428	80,7	0,0000
29	X ₈ = 250.53 + 0.92 X ₉ (142,26) (0,02974) [1,76107] [30,9571]	525,8	0,94	1	62	2,6	1,7	958,3	0,0000

EK-2 (Devam) Tek değişkenli regresyon çözümlenmesi sonuçları

(6/6)

Çizelge 2.1. (Devam) Tek değişkenli regresyon çözümlenmesi sonuçları

No	Model	Std. Hata	R ²	γ_1	γ_2	KT _R	KT _H	$F = \frac{KT_R/v_1}{KT_H/v_2}$	Ođ (F > F $\gamma_1, \gamma_2, \alpha$)
30	X ₈ = 35.84 + 138.24 X ₁₀ (224,363) (6,79962) [0,15976] [20,3307]	770,7	0,87	1	62	2,5	3,6	413,3	0,0000
31	X ₉ = -12.28 + 142.71 X ₁₀ (265,632) (8,05033) [-0,0462] [17,7276]	912,5	0,84	1	62	2,6	5,1	314,3	0,0000

EK-3 Yapı toplam maliyeti ve bileşenleri.

(1/5)

Çizelge 3.1. Yapı toplam maliyeti ve bileşenleri.

No	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	A _{X₁ X₂}	A _{X₉ X₃}	A _{X₁₀ X₈}
1	2.224.814,20	33,30	3.373	1.037	2.336	574,50	11	143,60	6.318,40	6.319,50	44	-0,890158398	-0,854729125	0,110925585
2	2.180.513,00	33,20	3.216	1.022	2.194	568,20	11	142,10	6.252,40	6.250,20	44	-0,552844141	-0,835081619	0,191515825
3	2.998.765,00	36,20	3.137	1.122	2.015	569,90	13	142,50	7.125,00	7.408,70	50	0,332773521	-0,338325324	0,288290187
4	1.181.737,20	42,00	3.087	543	2.544	258,40	15	129,20	3.876,00	3.876,00	30	1,808888111	-0,352975197	0,381277847
5	1.323.654,00	42,30	3.255	552	2.703	267,30	15	133,70	4.011,00	4.009,50	30	1,493234491	-0,281918288	0,216434173
6	2.893.652,90	36,40	3.283	1.166	2.117	576,40	13	144,10	7.205,00	7.493,20	50	0,044206319	-0,503011731	0,190605047
7	2.587.649,00	36,20	3.166	1.145	2.021	568,30	13	142,10	7.105,00	7.387,90	50	0,266131985	-0,482967799	0,312711472
8	2.256.515,10	30,70	3.123	995	2.128	571,90	11	143,00	6.006,00	6.290,90	42	-0,9258624	-0,650608785	0,104961048
9	1.965.497,00	30,60	2.984	902	2.082	560,00	11	140,00	5.880,00	6.160,00	42	-0,629911855	-0,259528631	0,258815143
10	2.347.547,00	36,40	2.836	921	1.915	513,00	11	128,30	6.415,00	5.643,00	50	1,071405167	-0,829489981	1,155245803
11	2.065.489,00	36,20	2.715	893	1.822	492,00	11	123,00	6.150,00	5.412,00	50	1,302522769	-0,884420466	1,478827828
12	2.385.537,30	25,20	3.112	1.024	2.088	566,80	13	141,70	5.101,20	7.368,40	36	-2,191392273	0,161779232	0,047504955
13	2.278.549,00	25,10	3.088	1.015	2.073	562,00	13	140,50	5.058,00	7.306,00	36	-2,159709888	0,154803141	0,10025493

EK-3 (Devam) Yapı toplam maliyeti ve bileşenleri.

(2/5)

Çizelge 3.1. (Devam) Yapı toplam maliyeti ve bileşenleri.

No	X0	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	A _{X₁ X₂}	A _{X₉ X₃}	A _{X₁₀ X₈}
14	2.070.223,20	36,40	2.876	811	2.065	560,30	13	280,10	7.282,60	7.283,90	26	0,979485807	1,251526859	-4,55324963
15	1.998.537,00	36,20	2.712	824	1.888	558,70	13	279,40	7.264,40	7.263,10	26	1,309416721	1,161621735	-4,531026266
16	2.127.717,20	42,00	3.028	550	2.478	265,70	15	132,90	3.987,00	3.985,50	30	1,944469167	-0,292601474	0,245739715
17	1.882.371,00	42,00	2.843	543	2.300	263,80	15	131,90	3.957,00	3.957,00	30	2,369596207	-0,279971733	0,282371643
18	1.672.066,90	33,60	2.928	488	2.440	260,00	12	130,00	3.120,00	3.120,00	24	0,202852175	-0,733285439	0,142127394
19	1.537.294,00	33,50	2.834	473	2.361	258,00	12	129,00	3.096,00	3.096,00	24	0,39539344	-0,67281007	0,171432936
20	1.690.299,60	42,00	3.096	561	2.535	302,50	15	151,20	4.536,00	4.537,50	30	1,788206255	0,144692532	-0,424624557
21	1.579.273,00	42,00	3.053	553	2.500	298,00	15	149,00	4.470,00	4.470,00	30	1,887019567	0,127646192	-0,344034316
22	1.500.210,50	30,80	2.889	512	2.377	294,40	11	147,20	3.238,40	3.238,40	22	-0,364664913	-0,757943843	-0,389871621
23	1.387.358,00	30,60	2.734	502	2.232	287,70	11	143,90	3.165,80	3.164,70	22	-0,055415855	-0,769630633	-0,301222357
24	898.151,20	36,40	2.541	388	2.153	210,60	13	105,30	2.737,80	2.737,80	26	1,749310447	-0,530380135	0,996243157
25	887.651,00	36,20	2.487	379	2.108	209,50	13	104,80	2.724,80	2.723,50	26	1,826463121	-0,494004786	1,012116992
26	1.902.514,40	36,40	3.287	514	2.773	574,20	12	143,50	6.888,00	6.890,40	48	0,035014383	2,52257353	0,190257406

EK-3 (Devam) Yapı toplam maliyeti ve bileşenleri.

(3/5)

Çizelge 3.1. (Devam) Yapı toplam maliyeti ve bileşenleri.

No	X0	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	A _{X₁ X₂}	A _{X₉ X₃}	A _{X₁₀ X₈}
27	2.234.521,00	36,60	3.354	521	2.833	579,00	12	144,80	6.950,40	6.948,00	48	-0,072012084	2,53617096	0,114062997
28	1.406.954,30	32,20	3.399	691	2.708	383,30	12	127,80	4.473,00	4.599,60	35	-1,208067521	-0,5109237	0,620865011
29	1.273.892,00	32,20	3.122	681	2.441	377,00	12	125,70	4.399,50	4.524,00	35	-0,571525953	-0,524322916	0,710613233
30	2.735.672,00	29,50	3.227	621	2.606	423,00	11	141,00	4.512,00	4.653,00	32	-1,446483506	-0,079634037	-0,007894007
31	1.988.288,00	36,40	3.724	709	3.015	396,50	13	132,20	5.155,80	5.154,50	39	-0,969204625	-0,109332134	0,561972359
32	1.733.452,00	36,40	3.645	702	2.943	384,00	13	128,00	4.992,00	4.992,00	39	-0,787663889	-0,217473557	0,761982683
33	1.684.273,40	33,60	3.689	682	3.007	412,40	12	137,50	4.950,00	4.948,80	36	-1,545913649	-0,146934037	0,232129869
34	1.369.371,00	33,50	3.417	645	2.772	387,00	12	129,00	4.644,00	4.644,00	36	-0,944331232	-0,219115174	0,605775529
35	855.958,50	25,85	2.244	452	1.792	463,10	12	115,80	4.168,80	5.557,20	36	-0,890158398	-0,854729125	0,110925585
36	892.563,00	25,85	2.341	456	1.885	472,00	12	110,80	3.988,80	5.664,00	36	-0,044192161	1,660362154	1,186025259
37	1.380.725,00	32,98	3.239	514	2.725	600,60	12	150,20	7.209,60	7.207,20	48	-0,267096609	1,734723633	1,405816824
38	1.483.561,00	33,02	3.314	518	2.796	612,00	12	153,00	7.344,00	7.344,00	48	-0,657330081	2,808098192	-0,202436856
39	482.549,00	16,62	1.342	179	1.163	348,00	6	174,00	3.132,00	2.088,00	18	-0,820291188	2,909497992	-0,366547891

EK-3 (Devam) Yapı toplam maliyeti ve bileşenleri.

(4/5)

Çizelge 3.1. (Devam) Yapı toplam maliyeti ve bileşenleri.

No	X0	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	A _{X₁ X₂}	A _{X₉ X₃}	A _{X₁₀ X₈}
40	468.453,80	11,52	691	129	562	219,30	4	109,70	877,60	877,20	8	-0,137620601	0,027980472	-1,034800401
41	452.386,00	11,32	672	112	560	215,00	4	107,50	860,00	860,00	8	0,161436209	-0,789599379	-0,219158202
42	387.539,60	11,16	887	166	721	394,50	4	98,60	1.577,60	1.578,00	16	0,158159444	-0,712047854	-0,197667471
43	412.528,00	11,23	892	172	720	432,00	4	108,00	1.728,00	1.728,00	16	-0,373457886	-0,360512416	0,475796857
44	417.046,10	11,16	542	202	340	181,00	4	90,50	724,00	724,00	8	-0,368519344	-0,258163225	0,292148794
45	475.612,00	11,32	553	209	344	192,00	4	96,00	768,00	768,00	8	0,419346594	-1,327257725	-0,031602734
46	690.537,00	11,32	1.123	183	940	594,00	4	148,50	2.376,00	2.376,00	16	0,43161954	-1,325917668	-0,08532956
47	533.411,10	11,16	1.040	178	862	503,00	4	125,80	2.012,80	2.012,00	16	-0,87823134	0,265653405	-0,499100838
48	572.432,00	11,16	1.052	181	871	512,00	4	128,00	2.048,00	2.048,00	16	-0,725049438	-0,035042871	-0,055610304
49	794.561,00	16,74	1.582	381	1.201	548,00	6	137,00	3.288,00	3.288,00	24	-0,752625246	-0,019018092	-0,098591765
50	738.290,00	16,74	1.521	362	1.159	542,00	6	135,50	3.252,00	3.252,00	24	-0,660973684	0,003818802	-0,0630114
52	317.437,00	11,16	742	117	625	312,00	4	156,00	1.248,00	1.248,00	8	-0,52079666	0,075373784	-0,019053087
53	1.766.297,70	36,57	3.423	634	2.789	546,10	13	136,50	7.098,00	7.099,30	52	-0,067826014	-0,400866605	-0,693907981

EK-3 (Devam) Yapı toplam maliyeti ve bileşenleri.

(5/5)

Çizelge 3.1. (Devam) Yapı toplam maliyeti ve bileşenleri.

No	X0	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	A _{X₁ X₂}	A _{X₉ X₃}	A _{X₁₀ X₈}
54	1.589.426,00	36,57	3.341	621	2.720	541,00	13	135,30	7.035,60	7.033,00	52	-0,040250206	-0,389720922	-0,671440399
55	346.057,20	11,16	817	132	685	328,40	4	164,20	1.313,60	1.313,60	8	-0,237613749	2,054002163	0,70868393
56	478.926,00	11,16	821	137	684	332,00	4	166,00	1.328,00	1.328,00	8	-0,049179061	2,065406031	0,784878339
57	407.850,50	11,16	596	85	511	196,70	4	98,40	787,20	786,80	8	-0,212599006	-0,412703154	-0,751542214
58	447.982,00	11,60	608	91	517	199,30	4	99,70	797,60	797,20	8	-0,221790942	-0,427093435	-0,769125539
59	3.022.523,10	36,40	3.296	1.194	2.102	572,30	13	143,10	7.155,00	7.439,90	50	0,295255458	-0,630230509	-0,108773994
60	2.143.902,30	36,40	2.788	913	1.875	496,70	11	124,20	6.210,00	5.463,70	50	0,370944266	-0,653699635	-0,121473062
61	444.606,20	16,74	1.296	175	1.121	337,80	6	168,90	3.040,20	2.026,80	18	0,014332527	-0,705956514	0,25165826
62	610.778,00	11,16	1.098	178	920	590,70	4	147,70	2.363,20	2.362,80	16	1,181708399	-0,945109634	1,405563974
63	763.571,20	16,74	1.567	368	1.199	546,10	6	136,50	3.276,00	3.276,60	24	-0,00375026	-0,002600631	-0,922706703

EK-4 Çoklu regresyon çözümlenmeleri

- Son Kat Tavan Yüksekliği – Cephe Alanı Regresyon Artıkları: (A_{x_1, x_2})

Regresyon İstatistikleri

Çoklu R	0,924974909
R Kare	0,855578583
Ayarlı R Kare	0,853211019
Standart Hata	4,295681469
Gözlem	63

ANOVA

	df	SS	MS	F	Anlamlılık F
Regresyon	1	6668,409758	6668,409758	361,375	2,56E-27
Fark	61	1125,625636	18,45287928		
Toplam	62	7794,035394			

	Katsayılar	Standart Hata	t Stat	P-değeri
Kesişim	4,066227168	1,336302915	3,042893287	0,003454
X Değişkeni 1	0,009791476	0,000515073	19,00986658	2,56E-27

FARK ÇIKIŞI

Gözlem	Öngörülen Y	Farklar	Standart Farklar
1	37,09287418	-3,792874182	-0,890158398
2	35,55561252	-2,355612521	-0,552844141
3	34,78208595	1,417914047	0,332773521
4	34,29251218	7,707487824	1,808888111
5	35,93748007	6,362519933	1,493234491
6	36,21164138	0,188358617	0,044206319
7	35,06603874	1,133961256	0,266131985
8	34,6450053	-3,945005295	-0,9258624
9	33,28399019	-2,683990195	-0,629911855
10	31,83485181	4,565148186	1,071405167
11	30,65008327	5,549916727	1,302522769
12	34,53729906	-9,337299064	-2,191392273
13	34,30230365	-9,202303651	-2,159709888
14	32,22651084	4,173489164	0,979485807
15	30,62070885	5,579291154	1,309416721
16	33,71481512	8,285184881	1,944469167
17	31,90339214	10,09660786	2,369596207
18	32,73566756	0,864332436	0,202852175
19	31,81526886	1,684731137	0,39539344
20	34,38063546	7,619364544	1,788206255

EK-4 (Devam) Çoklu regresyon çözümlenmeleri

21	33,95960201	8,040397993	1,887019567
22	32,35380002	-1,553800018	-0,364664913
23	30,83612131	-0,236121308	-0,055415855
24	28,94636653	7,453633472	1,749310447
25	28,41762685	7,782373151	1,826463121
26	36,25080728	0,149192715	0,035014383
27	36,90683615	-0,306836146	-0,072012084
28	37,34745255	-5,147452546	-1,208067521
29	34,63521382	-2,43521382	-0,571525953
30	35,66331875	-6,163318752	-1,446483506
31	40,5296821	-4,129682098	-0,969204625
32	39,75615553	-3,35615553	-0,787663889
33	40,18698045	-6,586980454	-1,545913649
34	37,52369911	-4,023699106	-0,944331232
35	26,03829829	-0,188298291	-0,044192161
36	26,98807142	-1,138071419	-0,267096609
37	35,78081646	-2,800816459	-0,657330081
38	36,51517712	-3,495177124	-0,820291188
39	17,20638735	-0,58638735	-0,137620601
40	10,83213677	0,68786323	0,161436209
41	10,64609873	0,673901265	0,158159444
42	12,75126598	-1,591265977	-0,373457886
43	12,80022335	-1,570223354	-0,368519344
44	9,373206914	1,786793086	0,419346594
45	9,480913145	1,839086855	0,43161954
46	15,06205421	-3,742054205	-0,87823134
47	14,24936174	-3,089361735	-0,725049438
48	14,36685944	-3,206859442	-0,752625246
49	19,55634148	-2,81634148	-0,660973684
50	18,95906147	-2,219061472	-0,52079666
51	11,44899973	-0,288999729	-0,067826014
52	11,33150202	-0,171502023	-0,040250206
53	37,58244796	-1,012447959	-0,237613749
54	36,77954696	-0,209546964	-0,049179061
55	12,06586269	-0,905862689	-0,212599006
56	12,10502859	-0,945028591	-0,221790942
57	9,901946593	1,258053407	0,295255458
58	10,0194443	1,5805557	0,370944266
59	36,33893056	0,061069435	0,014332527
60	31,36486099	5,035139012	1,181708399
61	16,75597947	-0,015979475	-0,00375026
62	14,81726732	-3,657267317	-0,85833251
63	19,40946935	-2,669469347	-0,626503924

EK-4 (Devam) Çoklu regresyon çözümlenmeleri

- Toplam Kat Alanı - Cephe Boşluk Alanı Regresyon Artıkları: (A_{x₉}, x₃)

Regresyon İstatistikleri	
Çoklu R	0,86932608
R Kare	0,75572784
Ayarlı R Kare	0,75172337
Standart Hata	1118,59397
Gözlem	63

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Anlamlılık F
Regresyon	1	236138186,5	236138186,5	188,7215	2,4904E-20
Fark	61	76326401,19	1251252,479		
Toplam	62	312464587,7			

	Katsayılar	Standart Hata	t Stat	P-değeri
Kesişim	969,832486	276,1875136	3,511500114	0,000845
X Değişkeni 1	6,07330817	0,442094063	13,73759271	2,49E-20

FARK ÇIKIŞI

Gözlem	Öngörülen Y	Farklar	Standart Farklar
1	7267,853062	-948,3530622	-0,854729125
2	7176,75344	-926,5534396	-0,835081619
3	7784,084257	-375,384257	-0,338325324
4	4267,638824	-391,6388242	-0,352975197
5	4322,298598	-312,7985978	-0,281918288
6	8051,309817	-558,1098167	-0,503011731
7	7923,770345	-535,870345	-0,482967799
8	7012,774119	-721,8741189	-0,650608785
9	6447,956459	-287,9564587	-0,259528631
10	6563,349314	-920,349314	-0,829489981
11	6393,296685	-981,2966851	-0,884420466
12	7188,900056	179,4999441	0,161779232
13	7134,240282	171,7597176	0,154803141
14	5895,285415	1388,614585	1,251526859
15	5974,238421	1288,861579	1,161621735
16	4310,151981	-324,6519814	-0,292601474
17	4267,638824	-310,6388242	-0,279971733
18	3933,606875	-813,6068746	-0,733285439
19	3842,507252	-746,507252	-0,67281007
20	4376,958371	160,5416287	0,144692532

EK-4 (Devam) Çoklu regresyon çözümlenmeleri

21	4328,371906	141,6280941	0,127646192
22	4079,366271	-840,9662708	-0,757943843
23	4018,633189	-853,933189	-0,769630633
24	3326,276057	-588,4760572	-0,530380135
25	3271,616284	-548,1162836	-0,494004786
26	4091,512887	2798,887113	2,52257353
27	4134,026044	2813,973956	2,53617096
28	5166,488434	-566,888434	-0,5109237
29	5105,755352	-581,7553522	-0,524322916
30	4741,356862	-88,35686177	-0,079634037
31	5275,807981	-121,3079811	-0,109332134
32	5233,294824	-241,2948239	-0,217473557
33	5111,82866	-163,0286604	-0,146934037
34	4887,116258	-243,1162579	-0,219115174
35	3714,96778	1842,23222	1,660362154
36	3739,261013	1924,738987	1,734723633
37	4091,512887	3115,687113	2,808098192
38	4115,80612	3228,19388	2,909497992
39	2056,954649	31,04535118	0,027980472
40	1753,28924	-876,0892401	-0,789599379
41	1650,043001	-790,0430012	-0,712047854
42	1978,001643	-400,0016426	-0,360512416
43	2014,441492	-286,4414916	-0,258163225
44	2196,640737	-1472,640737	-1,327257725
45	2239,153894	-1471,153894	-1,325917668
46	2081,247882	294,7521185	0,265653405
47	2050,881341	-38,88134064	-0,035042871
48	2069,101265	-21,10126516	-0,019018092
49	3283,7629	4,237100017	0,003818802
50	3168,370045	83,62995532	0,075373784
51	1710,776083	-444,7760829	-0,400866605
52	1680,409542	-432,409542	-0,389720922
53	4820,309868	2278,990132	2,054002163
54	4741,356862	2291,643138	2,065406031
55	1771,509165	-457,9091646	-0,412703154
56	1801,875706	-473,8757055	-0,427093435
57	1486,06368	-699,2636804	-0,630230509
58	1522,503529	-725,3035295	-0,653699635
59	8223,184438	-783,284438	-0,705956514
60	6512,333525	-1048,633525	-0,945109634
61	2029,685495	-2,885495113	-0,002600631
62	2053,128465	309,6715353	0,279099937
63	3207,664349	68,93565144	0,062130141

EK-4 (Devam) Çoklu regresyon çözümlenmeleri

- Toplam Daire Sayısı - Toplam Daire Alanı Regresyon Artıkları: (A_{X_{10}, X_8})

Regresyon İstatistikleri	
Çoklu R	0,933487761
R Kare	0,871399399
Ayarlı R Kare	0,869291193
Standart Hata	5,204431205
Gözlem	63

ANOVA					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Anlamlılık F</i>
Regresyon	1	11195,68415	11195,68415	413,33682	7,38E-29
Fark	61	1652,252354	27,08610417		
Toplam	62	12847,93651			

	Katsayılar	Standart Hata	t Stat	P-değeri
Kesişim	3,59941788	1,44357371	2,493407752	0,01538066
X Değişkeni 1	0,006303487	0,000310048	20,33068665	7,3839E-29

FARK ÇIKIŞI

<i>Gözlem</i>	<i>Öngörülen Y</i>	<i>Farklar</i>	<i>Standart Farklar</i>
1	43,42737003	0,572629968	0,110925585
2	43,01133989	0,988660109	0,191515825
3	48,51176263	1,488237368	0,288290187
4	28,03173343	1,968266575	0,381277847
5	28,88270417	1,117295832	0,216434173
6	49,01604159	0,98395841	0,190605047
7	48,38569289	1,614307108	0,312711472
8	41,4581607	0,541839302	0,104961048
9	40,66392134	1,336078662	0,258815143
10	44,03628687	5,963713126	1,155245803
11	42,36586282	7,634137176	1,478827828
12	35,75476568	0,245234324	0,047504955
13	35,48245504	0,517544961	0,10025493
14	49,50519218	-23,50519218	-4,553249635
15	49,39046872	-23,39046872	-4,531026266
16	28,73142048	1,26857952	0,245739715
17	28,54231587	1,457684129	0,282371643
18	23,26629727	0,733702734	0,142127394
19	23,11501358	0,884986421	0,171432936
20	32,19203483	-2,192034834	-0,424624557

EK-4 (Devam) Çoklu regresyon çözümlenmeleri

21	31,77600469	-1,776004693	-0,344034316
22	24,01263012	-2,012630125	-0,389871621
23	23,55499697	-1,55499697	-0,301222357
24	20,85710454	5,142895459	0,996243157
25	20,77515921	5,224840789	1,012116992
26	47,01783622	0,982163783	0,190257406
27	47,4111738	0,588826195	0,114062997
28	31,79491515	3,205084846	0,620865011
29	31,33160886	3,668391139	0,710613233
30	32,04075115	-0,040751146	-0,007894007
31	36,09893607	2,901063934	0,561972359
32	35,0664249	3,933575102	0,761982683
33	34,80167844	1,198321555	0,232129869
34	32,87281143	3,127188572	0,605775529
35	29,87739441	6,122605586	1,186025259
36	28,74276676	7,257233243	1,405816824
37	49,04503763	-1,045037631	-0,202436856
38	49,89222628	-1,892226281	-0,366547891
39	23,34193911	-5,34193911	-1,034800401
40	9,131358056	-1,131358056	-0,219158202
41	9,020416685	-1,020416685	-0,197667471
42	13,54379894	2,456201056	0,475796857
43	14,49184339	1,508156614	0,292148794
44	8,163142456	-0,163142456	-0,031602734
45	8,440495883	-0,440495883	-0,08532956
46	18,57650295	-2,576502951	-0,499100838
47	16,28707648	-0,287076479	-0,055610304
48	16,50895922	-0,508959221	-0,098591765
49	24,32528308	-0,325283079	-0,0630114
50	24,09835755	-0,098357548	-0,019053087
51	11,5821538	-3,582153795	-0,693907981
52	11,46616963	-3,466169635	-0,671440399
53	48,34156848	3,658431517	0,70868393
54	47,9482309	4,051769104	0,784878339
55	11,87967838	-3,879678381	-0,751542214
56	11,97044859	-3,970448593	-0,769125539
57	8,561522833	-0,561522833	-0,108773994
58	8,627079098	-0,627079098	-0,121473062
59	48,70086724	1,299132759	0,25165826
60	42,74407204	7,255927957	1,405563974
61	22,763279	-4,763279005	-0,922706703
62	18,49581832	-2,495818318	-0,483471216
63	24,24964124	-0,249641235	-0,048358629

EK-4 (Devam) Çoklu regresyon çözümlenmeleri

1. Toplam Maliyet (X_0) – Son Kat Tavan Yüksekliği (X_1) – Son Kat Tavan Yüksekliği – Cephe Alanı Regresyon Artıkları (A_{X_1, X_2})

Regresyon İstatistikleri	
Çoklu R	0,835457186
R Kare	0,69798871
Ayarlı R Kare	0,687921667
Standart Hata	440040,8258
Gözlem	63

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Anlamlılık F
Regresyon	2	2,68511E+13	1,34256E+13	69,33403493	2,52E-16
Fark	60	1,16182E+13	1,93636E+11		
Toplam	62	3,84693E+13			

	Katsayılar	Standart Hata	t Stat	P-değeri
Kesişim	3,59941788	1,44357371	2,493407752	0,01538066
X Değişkeni 1	0,006303487	0,000310048	20,33068665	7,3839E-29

$$X_0 = - 335 738,73 + 63 455,24 X_1 - 268 109,809 A_{X_1, X_2}$$

2. Toplam Maliyet (X_0) – Son Kat Tavan Yüksekliği (X_1) – Toplam Kat Alanı - Cephe Boşluk Alanı Regresyon Artıkları (A_{X_0, X_3})

ÖZET ÇIKIŞI

Regresyon İstatistikleri	
Çoklu R	0,777213259
R Kare	0,60406045
Ayarlı R Kare	0,590862465
Standart Hata	503843,6906
Gözlem	63

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Anlamlılık F
Regresyon	2	2,32378E+13	1,16189E+13	45,76914209	8,49E-13
Fark	60	1,52315E+13	2,53858E+11		
Toplam	62	3,84693E+13			

EK-4 (Devam) Çoklu regresyon çözümlenmeleri

	Katsayılar	Standart Hata	t Stat	P-değeri
Kesişim	-116967,331	171400,9159	-0,682419521	0,497599983
X Değişkeni 1	55439,44502	5833,571616	9,503516656	1,41724E-13
X Değişkeni 2	-58016,74293	65406,34427	-0,887020114	0,378609847

$$X_0 = -116\,967,33 + 55\,439,45 X_1 - 58\,016,74 A_{X_9 X_3}$$

3. Toplam Maliyet (X_0) – Son Kat Tavan Yüksekliği (X_1) – Toplam Daire Sayısı – Toplam Daire Alanı Regresyon Artıkları ($A_{X_{10} X_8}$)

ÖZET ÇIKIŞI

Regresyon İstatistikleri	
Çoklu R	0,77496224
R Kare	0,600566473
Ayarlı R Kare	0,587252022
Standart Hata	506061,8975
Gözlem	63

ANOVA

	df	SS	MS	F	Anlamlılık F
Regresyon	2	2,31034E+13	1,15517E+13	45,10636433	1,1E-12
Fark	60	1,53659E+13	2,56099E+11		
Toplam	62	3,84693E+13			

	Katsayılar	Standart Hata	t Stat	P-değeri
Kesişim	-100376,3593	170788,5902	-0,587722864	0,558923879
X Değişkeni 1	54831,551	5805,301574	9,445082276	1,77333E-13
X Değişkeni 2	-32873,83427	65089,37891	-0,505056813	0,615369094

$$X_0 = -100\,376,36 + 54\,831,55 X_1 - 32\,873,83 A_{X_{10} X_8}$$

EK-4 (Devam) Çoklu regresyon çözümlenmeleri

4. Toplam Maliyet (X_0) – Son Kat Tavan Yüksekliği (X_1) – Son Kat Tavan Yüksekliği – Cephe Alanı Regresyon Artıkları ($A_{x_1 x_2}$) – Toplam Kat Alanı - Cephe Boşluk Alanı Regresyon Artıkları ($A_{x_9 x_3}$)

ÖZET ÇIKIŞI

<i>Regresyon İstatistikleri</i>	
Çoklu R	0,849283814
R Kare	0,721282997
Ayarlı R Kare	0,707110946
Standart Hata	426297,4482
Gözlem	63

ANOVA

	df	SS	MS	F	Anlamlılık F
Regresyon	3	2,77472E+13	9,24908E+12	50,89475036	2,27E-16
Fark	59	1,0722E+13	1,8173E+11		
Toplam	62	3,84693E+13			

	Katsayılar	Standart Hata	t Stat	P-değeri
Kesişim	-365667,9728	158011,4529	-2,31418651	0,024158282
X Değişkeni 1	64551,8488	5444,842476	11,85559529	2,99309E-17
X Değişkeni 2	-300463,2964	60317,25611	-4,981382042	5,83018E-06
X Değişkeni 3	0	57028,4313	0	1

$$X_0 = -365\,667,97 + 64\,551,84 X_1 - 300\,463,30 A_{x_1 x_2} + 0 A_{x_9 x_3}$$

5. Toplam Maliyet (X_0) – Son Kat Tavan Yüksekliği (X_1) – Son Kat Tavan Yüksekliği – Cephe Alanı Regresyon Artıkları ($A_{x_1 x_2}$) – Toplam Daire Sayısı – Toplam Daire Alanı Regresyon Artıkları ($A_{x_{10} x_8}$)

ÖZET ÇIKIŞI

<i>Regresyon İstatistikleri</i>	
Çoklu R	0,839688205
R Kare	0,705076281
Ayarlı R Kare	0,69008016
Standart Hata	438516,412
Gözlem	63

EK-4 (Devam) Çoklu regresyon çözümlenmeleri

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Anlamlılık F
Regresyon	3	2,71238E+13	9,04126E+12	47,01724319	1,19E-15
Fark	59	1,13455E+13	1,92297E+11		
Toplam	62	3,84693E+13			

	Katsayılar	Standart Hata	t Stat	P-değeri
Kesişim	-344713,4227	159373,4672	-2,162928553	0,034610404
X Değişkeni 1	63784,07305	5477,359487	11,6450405	6,30998E-17
X Değişkeni 2	-277811,4331	60757,57534	-4,572457535	2,52008E-05
X Değişkeni 3	0	56915,78354	0	1

$$X_0 = -344\,713,42 + 63\,784,07 X_1 - 277\,811,43 A_{X_1 X_2} + 0 A_{X_{10} X_8}$$

6. Toplam Maliyet (X_0) – Son Kat Tavan Yüksekliği (X_1) – Toplam Kat Alanı - Cephe Boşluk Alanı Regresyon Artıkları ($A_{X_9 X_3}$) – Toplam Daire Sayısı – Toplam Daire Alanı Regresyon Artıkları ($A_{X_{10} X_8}$)

ÖZET ÇIKIŞI

<i>Regresyon İstatistikleri</i>	
Çoklu R	0,77927132
R Kare	0,607263789
Ayarlı R Kare	0,587294152
Standart Hata	506036,0698
Gözlem	63

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Anlamlılık F
Regresyon	3	2,3361E+13	7,787E+12	30,40935	5,19E-12
Fark	59	1,51083E+13	2,56073E+11		
Toplam	62	3,84693E+13			

	Katsayılar	Standart Hata	t Stat	P-değeri
Kesişim	-121608,6126	175142,9768	-0,694339076	0,490195
X Değişkeni 1	55609,50181	5976,981466	9,30394416	3,57E-13
X Değişkeni 2	-67222,99619	67018,07116	-1,003057758	0,319929
X Değişkeni 3	0	66400,96037	0	1

$$X_0 = -121\,608,61 + 55\,609,50 X_1 - 67\,223,00 A_{X_9 X_3} + 0 A_{X_{10} X_8}$$

EK-4 (Devam) Çoklu regresyon çözümlenmeleri

7. Toplam Maliyet (X_0) – Son Kat Tavan Yüksekliği (X_1) – Son Kat Tavan Yüksekliği – Cephe Alanı Regresyon Artıkları ($A_{x_1 x_2}$) – Toplam Kat Alanı - Cephe Boşluk Alanı Regresyon Artıkları ($A_{x_9 x_3}$) – Toplam Daire Sayısı – Toplam Daire Alanı Regresyon Artıkları ($A_{x_{10} x_8}$)

Regresyon İstatistikleri	
Çoklu R	0,858343588
R Kare	0,736753715
Ayarlı R Kare	0,718598799
Standart Hata	417853,5882
Gözlem	63

ANOVA

	df	SS	MS	F	Anlamlılık F
Regresyon	4	2,83424E+13	7,0856E+12	40,58149906	3,47E-16
Fark	58	1,01269E+13	1,74602E+11		
Toplam	62	3,84693E+13			

	Katsayılar	Standart Hata	t Stat	P-değeri
Kesişim	-385344,905	159746,1967	-2,412232108	0,01903908
X Değişkeni 1	65272,81256	5526,139774	11,81164705	4,54875E-17
X Değişkeni 2	-321734,055	60234,61938	-5,34134785	1,61136E-06
X Değişkeni 3	0	57576,07277	0	1
X Değişkeni 4	0	55861,19386	0	1

$$X_0 = -385\,344,90 + 65\,272,81 X_1 - 321\,734,05 A_{x_1 x_2} + 0 A_{x_9 x_3} + 0 A_{x_{10} x_8}$$

EK-5 Çoklu regresyon çözümlemesi sonuçları

(1/2)

Çizelge 5.1. Çoklu regresyon çözümlemesi sonuçları

No	Model	Std. Hata	R^2	γ_1	γ_2	KT_R	KT_H	$F = \frac{KT_R/v_1}{KT_H/v_2}$	$0,01(F > F_{v_1, v_2, 0,01})$
1	$X_0 = -335\,738,73 + 63\,455,24 X_1 - 268\,109,809 A_{X_1 X_2}$ (157172,96010) (5388,67302) (60418,11534) [-2,136110] [11,77567] [-4,437573]	440 040,82	0,70	1	62	2,68511	1,16182	69,3	0,0000
2	$X_0 = -116\,967,33 + 55\,439,45 X_1 - 58\,016,74 A_{X_9 X_3}$ (171400,91591) (5833,57161) (65406,34426) [-0,6824195] [9,5035166] [-0,887020113]	503 843,69	0,60	1	62	2,32378	1,52315	45,77	0,0000
3	$X_0 = -100\,376,36 + 54\,831,55 X_1 - 32\,873,83 A_{X_{10} X_8}$ (170788,590212) (5805,30157) (65089,37890) [-0,5877228] [9,445082275] [-0,505056813]	506 061,90	0,60	1	62	2,31034	1,53659	45,11	0,0000
4	$X_0 = -365\,667,97 + 64\,551,84 X_1 - 300\,463,30 A_{X_1 X_2}$ $+ 0 A_{X_9 X_3}$ (158011,45294) (5444,84247) (60317,25611) (57028,43130) [-2,314186510] [11,85559529] [-4,98138204] [0]	426 297,45	0,72	1	62	2,77472	1,07220	50,89	0,0000
5	$X_0 = -344\,713,42 + 63\,784,07 X_1 - 277\,811,43 A_{X_1 X_2}$ $+ 0 A_{X_{10} X_8}$ (159373,46721) (5477,35948) (60757,57534) (56915,78354) [-2,162928552] [11,6450405] [-4,57245753] [0]	438 516,41	0,71	1	62	2,71238	1,13455	47,02	0,0000

EK-5 (Devam) Çoklu regresyon çözümlemesi sonuçları

(2/2)

Çizelge 5.1. (Devam) Çoklu regresyon çözümlemesi sonuçları

No	Model	Std. Hata	R^2	γ_1	γ_2	KT_R	KT_H	$F = \frac{KT_R/V_1}{KT_H/V_2}$	$Or(F > F_{V_1, V_2, \alpha})$
6	$X_0 = -121\,608,61 + 55\,609,50 X_1 - 67\,223,00 A_{X_9, X_3}$ $+ 0 A_{X_{10}, X_8}$ (175142,97675) (5976,98147) (67018,07116) (66400,96037) [-0,694339076] [9,303944160] [-1,003057758] [0]	506 036,07	0,61	1	62	2,33610	1,51083	30,41	0,0000
7	$X_0 = -385\,344,90 + 65\,272,81 X_1 - 321734,05 A_{X_1, X_2}$ $+ 0 A_{X_9, X_3} + 0 A_{X_{10}, X_8}$ (159746,20) (5526,14) (60234,62) (57576,07) (55861,19) [-2,412232] [11,8117] [-5,341348] [0] [0]	417 853,59	0,74	1	62	2,83424	1,01269	40,58	0,0000

EK-6 Toplam yapı maliyetine ait Monte Carlo tahminlerinin regresyon
çözümü (X₀ - X₁)

ÖZET ÇIKIŞI

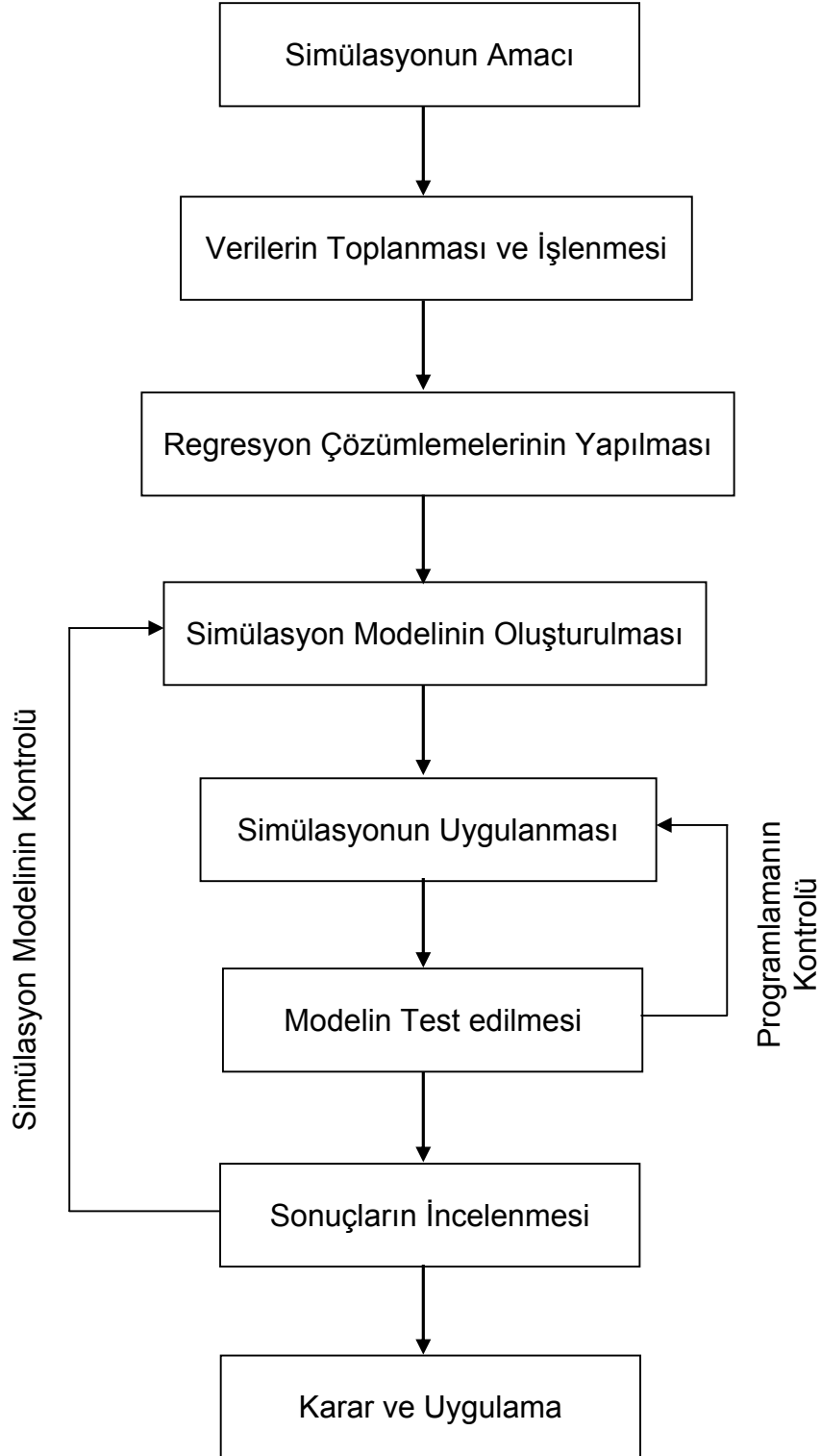
Regresyon İstatistikleri	
Çoklu R	0,999999754
R Kare	0,999999508
Ayarlı R Kare	0,999999503
Standart Hata	0,393581033
Gözlem	105

ANOVA

	df	SS	MS	F	Anlamlılık F
Regresyon	1	3,2E+07	3E+07	2,09E+08	0
Fark	103	15,9553	0,1549		
Toplam	104	3,2E+07			

	Katsayılar	Standart Hata	t Stat	P-değeri
Kesişim	-398,215342	0,13344	-2984,2	4,4E-256
X Değişkeni 1	63,45678159	0,00439	14462	0

EK-7 Simülasyon süreci



Şekil 7.1. Simülasyon süreci akış diyagramı.

EK-8 Gerçek toplam yapı maliyeti verileri (X_0) ile toplam yapı maliyetine ait Monte Carlo tahminlerinin (X_0') regresyon çözümü

X_1	X_0	X_0'	X_1	X_0	X_0'
11,16	387.539,60	309.600,00	30,60	1.387.358,00	1.543.900,00
11,16	417.046,10	309.600,00	30,70	2.256.515,10	1.555.400,00
11,16	533.411,10	309.600,00	30,80	1.500.210,50	1.556.400,00
11,16	572.432,00	309.600,00	32,20	1.406.954,30	1.644.500,00
11,16	327.782,40	309.600,00	32,20	1.273.892,00	1.644.500,00
11,16	317.437,00	309.600,00	32,98	1.380.725,00	1.696.700,00
11,16	346.057,20	309.600,00	33,02	1.483.561,00	1.698.500,00
11,16	478.926,00	309.600,00	33,20	2.180.513,00	1.708.300,00
11,16	407.850,50	309.600,00	33,30	2.224.814,20	1.714.400,00
11,16	610.778,00	309.600,00	33,50	1.537.294,00	1.727.700,00
11,23	412.528,00	315.600,00	33,50	1.369.371,00	1.727.700,00
11,32	452.386,00	321.700,00	33,60	1.672.066,90	1.734.600,00
11,32	475.612,00	321.700,00	33,60	1.684.273,40	1.734.600,00
11,32	690.537,00	321.700,00	36,20	2.998.765,00	1.898.700,00
11,52	468.453,80	335.000,00	36,20	2.587.649,00	1.898.700,00
11,60	447.982,00	337.600,00	36,20	2.065.489,00	1.898.700,00
16,62	482.549,00	655.000,00	36,20	1.998.537,00	1.898.700,00
16,74	794.561,00	664.600,00	36,20	887.651,00	1.898.700,00
16,74	738.290,00	664.600,00	36,40	2.893.652,90	1.911.900,00
16,74	444.606,20	664.600,00	36,40	2.347.547,00	1.911.900,00
16,74	763.571,20	664.600,00	36,40	2.070.223,20	1.911.900,00
25,10	2.278.549,00	1.194.200,00	36,40	898.151,20	1.911.900,00
25,20	2.385.537,30	1.201.200,00	36,40	1.902.514,40	1.911.900,00
29,50	2.735.672,00	1.474.000,00	36,40	1.988.288,00	1.911.900,00
30,60	1.965.497,00	1.543.900,00	36,40	1.733.452,00	1.911.900,00

EK-8 (Devam) Gerçek toplam yapı maliyeti verileri (X_0) ile toplam yapı maliyetine ait Monte Carlo tahminlerinin (X_0') regresyon çözümü

X_1	X_0	X_0'	X_1	X_0	X_0'
36,40	3.022.523,10	1.911.900,00	42,00	2.127.717,20	2.266.800,00
36,40	2.143.902,30	1.911.900,00	42,00	1.882.371,00	2.266.800,00
36,57	1.766.297,70	1.920.900,00	42,00	1.690.299,60	2.266.800,00
36,57	1.589.426,00	1.920.900,00	42,00	1.579.273,00	2.266.800,00
36,60	2.234.521,00	1.924.700,00	42,30	1.323.654,00	2.285.900,00
42,00	1.181.737,20	2.266.800,00			

Regresyon çözümü:

ÖZET ÇIKIŞI

<i>Regresyon İstatistikleri</i>					
Çoklu R		0,777080668			
R Kare		0,603854365			
Ayarlı R Kare		0,597140032			
Standart Hata		504493,8594			
Gözlem		61			
ANOVA					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Anlamlılık F</i>
Regresyon	1	2,28898E+13	2,28898E+13	89,93512574	1,8E-13
Fark	59	1,50163E+13	2,54514E+11		
Toplam	60	3,79061E+13			
	<i>Katsayılar</i>	<i>Standart Hata</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-değeri</i>	
Kesişim	271066,0365	136665,9663	1,983420187	0,051980586	
X Değişkeni 1	854,3419069	90,08801891	9,483413191	1,80456E-13	

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ÖZMADEN, Mehmet Şükrü
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 07.01.1972 Samsun
 Medeni hali : Evli
 Telefon : 0 (312) 402 43 10
 Faks : 0 (312) 417 50 22
 e-mail : mehmet.ozmaden@msb.gov.tr
 msozmaden@gmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Karadeniz Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü	1996
Lise	Samsun Ondokuz Mayıs Lisesi	1989

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2009 -	Milli Savunma Bakanlığı	Fyt. ve Mlyt.Anlz.Uz.
2003 - 2009	Milli Savunma Bakanlığı	Fiyat Analiz Uzmanı
2000 - 2003	Milli Savunma Bakanlığı	Fyt.Anlz.Uz.Yrdc.
1999 - 2000	Trabzon/Of Kanalizasyon İnşaatı	Şantiye Şefi
1998 - 1999	Samsun/Çarşamba İçmesuyu İnşaatı	Şantiye Şefi Yrdc.
1998 - 1998	Malatya/Erhaç Hava Alanı Rest.	Saha Mühendisi
1998 - 1998	Mardin Radar Üssü Radar Platformu İnşaatı	Saha Mühendisi

1997 - 1998	Hv.K.K. Diyarbakır 2 nci Taktik Hava Üssü Pist İçi Yolların Restorasyonu	Saha Mühendisi
1995 - 1997	Samsun Ondokuz Mayıs Üniversitesi Kapalı Olimpik Yüzme Havuzu İnşaatı	Saha Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Fotoğrafçılık, Tüplü dalış, Doğa yürüyüşü, Dağcılık, Tiyatro