

**T.C. İSTANBUL KÜLTÜR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**ÜST YAPI İNŞAAT PROJELERİNDE, ÖNGÖRÜLEMİYEN ENDİREKT  
MALİYETLERİN BELİRLENMESİNE YÖNELİK BİR KARAR DESTEK  
SİSTEMİ OLUŞTURULMASI**

**DOKTORA TEZİ**

**Ömer BİSEN**

**Anabilim Dalı: İnşaat Mühendisliği**

**Programı: Proje Yönetimi**

**Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. S. Ümit DİKMEN**

# İÇİNDEKİLER

<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1. İnşaat Proje Yönetim Standartları .....	3
1.2. İnşaat Proje Yönetim Süreçleri.....	8
1.3. Çalışmanın amacı .....	9
1.4. Çalışmanın kapsamı.....	9
1.5. Çalışmada izlenen yöntem.....	9
<b>2. GEÇMİŞ ÇALIŞMALAR</b> .....	<b>11</b>
2.1. Zaman Yönetimi .....	11
2.2. Maliyet Yönetimi.....	13
2.2.1. Maliyet Tahmini.....	13
2.2.2. Mark-up.....	18
2.2.3. Bütçe ve Nakit Akışı .....	19
2.3. Sözleşme Yönetimi.....	20
2.3.1. Talep Yönetimi .....	20
2.3.2. İhale Metodu Seçimi .....	20
2.4. Risk Yönetimi.....	22
2.5. İş Geliştirme Yönetimi .....	24
2.6. Kalite Yönetimi .....	24
2.7. Diğer .....	26
2.8. Mevcut Çalışmaları Karşın Gelecekteki İhtiyaçlar .....	28
<b>3. PROBLEMİN TARİFİ</b> .....	<b>30</b>
3.1. Maliyet Tahmin Yöntemlerindeki Hatalar .....	30
3.1.1. Toplam Maliyet Tahmini .....	32
3.1.2. Birim Maliyet Analizi Yöntemi ile Maliyet Tahmini .....	33
3.1.3. Parametrik Yöntem ile Maliyet Tahmini .....	33
3.1.3.1. Maliyet Tahminlerinin Doğruluk Seviyeleri .....	33
3.2. Kontrol Dışı Bilgi Eksikliği ve Subjektif Bilgilerin Değerlendirilmesindeki Yanlışlıklar.....	34
3.3. Proje Risklerinden Kaynaklanan Faktörler .....	35
3.4. Proje Risklerinden Kaynaklanan Faktörler ile İlgili Yapılmış Geçmiş Çalışmalar .....	35
3.5. Proje Karakteristik Özelliklerinin Belirsizliği.....	40
3.6. Direkt ve Endirekt Maliyet Ayrımının ve Analizinin Yapılmasında Karşılaşılan Güçlükler.....	43
3.6.1. Malzeme Giderleri .....	45
3.6.2. İşçilik Giderleri .....	46
3.6.3. Makine Ekipman Giderleri.....	46
3.6.4. Taşeron (Alt Yüklenici) Giderleri.....	47
3.6.5. Mobilizasyon Giderleri .....	50
3.6.6. Makine Ekipman Giderleri.....	50
3.6.7. Şantiye İşletme Giderleri.....	50
3.6.8. Finansal Giderler .....	51
<b>4. YAPAY ZEKA (YZ) METOTLARI</b> .....	<b>53</b>
4.1. Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Network) .....	54

4.1.1.	Yapay Sinir Ağı (YSA).....	56
4.1.2.	Katmanlar .....	56
4.1.3.	İletişim ve Bağlantı Çeşitleri.....	56
4.2.	Bulanık Mantık (Fuzzy Logic) .....	57
4.2.1.	Bulanık mantığın temel özellikleri.....	58
4.2.2.	Klasik Kümeler .....	59
4.2.3.	Bulanık Kümeler .....	60
4.2.4.	Üyelik Fonksiyonları.....	61
4.2.5.	Bulanıklaştırma .....	64
4.2.6.	Bulanık Sonuç Çıkarma Sistemi ( FIS - Fuzzy Inference System).....	65
4.3.	Sinirsel Bulanık Mantık (ANFIS) .....	69
4.4.	Genetik Algoritma (Genetic Algoritm) .....	70
4.5.	Yapay Zeka (YZ) Metotlarının Kullanım Alanları .....	71
4.5.1.	Yapay Sinir Ağlarının Kullanım Alanları .....	71
4.5.2.	Bulanık Mantık Kullanım Alanları .....	72
<b>5.</b>	<b>ÖNERİ KARAR DESTEK MODELİ.....</b>	<b>74</b>
5.1.	Veri Tabanının Oluşturulması .....	76
5.2.	Modelin Oluşturulması .....	84
5.2.1.	İmalat ve Genel Gider Maliyetleri .....	88
5.2.2.	Risk Maliyetleri.....	89
5.2.3.	Model Kapsamında Yapılmış Geçmiş Çalışmalar .....	90
5.2.4.	Karar – Destek Modeli .....	92
5.2.5.	Model Tasarımı .....	96
<b>6.</b>	<b>SONUÇ ve ÖNERİLER.....</b>	<b>109</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>122</b>	
Ek A –	YAPI YAKLAŞIK BİRİM M <sup>2</sup> MALİYET DEĞERLERİ .....	122
Ek B –	TÜRKİYE İSTATİSTİK KURUMU ENDEKSLERİ .....	125
EK C –	ÖRNEK MARKUP ANALİZ SAYFASI .....	128
EK D –	PROJE BELİRSİZLİK DEĞERLERİ .....	129
EK E –	RPOJE RİSKLERİ KIRILIM YAPISI .....	133
EK F –	FİRMA ve MODEL AYRIMLI VERİ SETİ TABLO ve GRAFİKLER	136
EK G –	MODEL VERİ SETİ VE ÇIKTILARI .....	144

## KISALTMALAR

<b>AB</b>	: Avrupa Birliği
<b>AIPM</b>	: Austrailian Project Management Institute
<b>ANFIS</b>	: Adaptive Network- based Fuzzy Inference System
<b>ANN</b>	: Artificial Neural Network
<b>ANSI</b>	: American National Standards Institute
<b>BSI</b>	: British Standard Institute
<b>CMAA</b>	: Construction Management Association of Amerika)
<b>DB</b>	: Dünya Bankası
<b>DIN</b>	: Deutsches Institut für Normung: Startseite DE
<b>ENAA</b>	: Engineering Advancement Association
<b>ERA</b>	: Estimating using Risk Analysis
<b>FIS</b>	: Fuzzy Inference System
<b>FNN</b>	: Fuzzy Neural Network
<b>GA</b>	: Genetik Algoritma
<b>GSMH</b>	: Gayrisafi Milli Hasıla
<b>GSYİH</b>	: Gayrisafi Yurtiçi Hasıla
<b>IPMA</b>	: International Project Management Association
<b>ISO</b>	: International Organization for Standardization
<b>KSSY</b>	: Kamu Sabit Sermaye Yatırımlarının
<b>LOM</b>	: Largest of Maxima
<b>MOM</b>	: Mean of Maxima
<b>OGC</b>	: Office of Government Commerce
<b>P2M</b>	: Japanese Project Management Association
<b>PMI</b>	: Project Management Institute
<b>PRINCE2</b>	: PRojects IN Controlled Environments 2
<b>PROMPT</b>	: Project Reporting, Organization & Management Planning Technique
<b>SGO</b>	: Standart Geliştiren Organizasyon
<b>SOM</b>	: Smallest of Maxima
<b>TSK</b>	: Takagi, Sugeno, Kant
<b>TSE</b>	: Türk Standartları Enstitüsü
<b>YSA</b>	: Yapay Sinir Ağları

## **TABLO LİSTESİ**

- Tablo 1 Proje Karakteristik Özellikleri
- Tablo 2 Firma ve Konumuna Göre Veri Setinin Miktar Dağılımı
- Tablo 3 Firma ve Konumuna Göre Veri Setinin Tutar Dağılımı
- Tablo 4 Yapı Tipi ve Firmaya Göre Veri Setinin Miktar Dağılımı
- Tablo 5 Yapı Tipi ve Firmaya Göre Veri Setinin Tutar Dağılımı
- Tablo 6 Planlanan – Gerçekleşen Proje Durum Listesi
- Tablo 7 Proje Maliyet Verileri
- Tablo 8. Proje Verilerinin Firma Bazında Karşılaştırması
- Tablo 9. Proje bazlı Planlanan – Gerçekleşen Maliyet Tablosu
- Tablo 10 Belirsizlik Dereceleri
- Tablo 11. Model Tipleri
- Tablo 12. Model Proje Sayı ve Error Seviyesi
- Tablo 13. Model Çıktıları
- Tablo 14. Kar Mukayese Tablosu
- Tablo 15. Ortalama Kar Mukayese Tablosu

## ŞEKİL LİSTESİ

- Şekil 1 Proje Yönetim Standartlarının Mukayesesi  
Şekil 2 Süreç Akışı  
Şekil 3 Kanal İnşaat Projelerinde, hiyerarşik yüklenici seçim kriterleri  
Şekil 4 İnşaat Yapım Sürecinde Maliyet Tahmin Aralığı  
Şekil 5 “Contingency” Tahmininde Kullanılan Metodlar  
Şekil 6 Hiyerarşik Risk Kırılımı  
Şekil 7 Proje Karakteristik Özellikleri  
Şekil 8 Maliyet–Sözleşme / Maliyet–Zaman / Doküman–Diğer Parametreler Kural Grafiği  
Şekil 9 Proje Tarafları  
Şekil 10 Örnek Genel Gider Kırılımı  
Şekil 11 Satış Tutarına Bağlı Surşajlı Maliyetler  
Şekil 12 Biyolojik Beyin Sinir Hücresi  
Şekil 13 Yapay Sinir Ağı  
Şekil 14 Kümenin Venn Şeması ile gösterimi  
Şekil 15 Bulanık Küme ve Klasik Küme  
Şekil 16.1 Üçgen Üyelik Fonksiyonu  
Şekil 16.2 Yamuk Üyelik Fonksiyonu  
Şekil 16.3 Gauss Üyelik Fonksiyonu  
Şekil 16.4 Sügmoidally Üyelik Fonksiyonu  
Şekil 16.5 Generalized Bell Üyelik Fonksiyonu  
Şekil 16.6 Built in Eğrileri Üyelik Fonksiyonu  
Şekil 16.7 S Eğrileri Üyelik Fonksiyonu  
Şekil 16.8 Z Eğrileri Üyelik Fonksiyonu  
Şekil 17. Bulanık Mantık ve Çalışma Sistemi  
Şekil 18 MATLAB FIS Editör  
Şekil 18.1 Ağırlık Merkezi (Centroid) Grafik Üzerinde Gösterimi  
Şekil 18.2 Alan Açortayı (Bisector of Area) Grafik Üzerinde Gösterimi  
Şekil 18.3 LOM – MOM – SOM Grafik Üzerinde Gösterimi  
Şekil 19.1 Sinirsel Bulanık Mantık Sisteminin Birinci Yapısı  
Şekil 19.2 Sinirsel Bulanık Mantık Sisteminin İkinci Yapısı  
Şekil 20 Ülkelere Göre Projelerin Miktar Dağılım Grafiği  
Şekil 21 Ülkelere Göre Projelerin Tutar Dağılım Grafiği  
Şekil 22 Planlanan Gerçekleşen Maliyet Mukayesesi  
Şekil 23 Sözleşme Tutarı – Gerçekleşen KAR Mukayesesi  
Şekil 24 Planlanan – Gerçekleşen KAR Mukayesesi  
Şekil 25 Karar Destek Modeli  
Şekil 26 Proje Belirsizlik Seviyesi  
Şekil 27 Model Akış Diyagramı  
Şekil 28: Örnek Klasik Küme  
Şekil 29: Örnek Üyelik Derecesi  
Şekil 30: ANFIS Genel-Model Çalışma Akışı  
Şekil 31: Model FIS Editor  
Şekil 32: Model FIS ÜF Editor  
Şekil 33: Model ANFIS Editörü  
Şekil 34: Model ANFIS Test Verisi

- Şekil 35: Model ANFIS Editor  
Şekil 36: Model ANFIS Model Yapısı  
Şekil 37: Model ANFIS Rule Editor  
Şekil 38: Mark-up BI – Karar Destek Model Uygulaması

## SİMGE LİSTESİ

$f_j$	Gizli tabakaya ait transfer fonksiyonunu
$f_k$	Çıktı tabakası transfer fonksiyonu
$g(.)$	Toplama fonksiyonunu,
$j$	Gizli elemanına bağlayan ağırlık
OI	Orijinal indeks
OR	Orijinal oran
PR	Önerilen oran
$Q_i$	$i$ nolu nöron için eşik değeri $\Psi(.)$ transfer fonksiyonu
$w_{ij}$	Bağlantı ağırlıklarını
$w_j$	$i$ girdi elemanı
$W_j$	Çıktı tabakasına ait ağırlıklar
$x_i$	Girdi değerleri
$y_i$	Çıktı değeri
$y_k$	Çıktı değerleri
$\alpha_j$	Sırasıyla gizli tabakaya ait sapma değeri
$\alpha_k$	Çıktı tabakasına ait sapma değeri
$\Psi(.)$	Transfer(birim adım) fonksiyonunu



Enstitü : Fen Bilimleri  
Anabilim Dalı : İnşaat Mühendisliği  
Programı : Proje Yönetimi  
Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. S. Ümit DİKMEN  
Tez Türü ve Tarihi : Doktora – Eylül 2012

## ÖZET

Bu çalışmada, üst yapı inşaat projelerinin maliyet tahminindeki belirsizliklerin, yapay zeka metotları kullanılarak tespit edildiği, toplam maliyetin belirlenmesine yönelik bir karar destek sisteminin oluşturulması hedeflenmektedir.

İnşaat sektöründe artan rekabet hem yatırımcı yönünden hem de yükleniciler yönünden maliyet tahmin çalışmalarının önemini arttırmaktadır. Maddi olarak sehven yapılan hatalar, kontrol dışı bilgi eksikliğinden kaynaklanan hatalar, subjektif bilgilerin değerlendirilmesindeki hatalar, proje risklerinden kaynaklanan faktörler veya proje karakteristik özelliklerinden kaynaklanan nedenler doğru bütçe/maliyet tahmini için direkt ve endirekt maliyetlerin doğru analiz edilebilmesine bağlıdır.

İnşaat projelerinin teklif ve bütçe çalışmalarında, doğru maliyet tahmininde bulunulmasının zorluklarından dolayı satış rakamları, karlılık analizleri gerçekçi olamamaktadır. Teklif/Bütçe çalışmalarında tespit edilen risklerin minimize edilmesi için hesaplanabilen maliyetlerin üzerine belirli bir risk yüzdesi ilave edilmektedir. Bu yüzde, hesaplanamayan muhtemel maliyetleri gerçekçi olarak kapsamayabilmektedir.

Ortaya konulan modelin üst yapı projelerinden oluşturulacak veri seti ile test edilip, öngörülemeyen/hesaplanamayan maliyetlerinin model ile yeniden hesaplanması sonucu ile ortaya çıkacak maliyet değişimi ile karşılaştırmalı olarak tartışılması yapılmaktadır. Böylelikle gerçekleşen maliyetler doğrultusunda, toplam maliyet tutarının tespitine yönelik bir karar/destek modeli oluşturulmaktadır.

Anahtar Sözcükler : Yapay Zeka, İnşaat Proje Yönetimi, Maliyet Tahmini  
Bilim Dalı Sayısal Kodu :

**University** : **Istanbul Kultur University**  
**Department** : **Civil Engineering**  
**Programme** : **Project Management**  
**Supervisor** : **Assist. Prof. Dr. S. Ümit DİKMEN**  
**Degree Awarded and Date** : **PhD – September 2011**

## **ABSTRACT**

**In this study, it is aimed to achieve a decision support system for the determination of the total cost by using methods of artificial intelligence for the uncertainties in the cost estimation of super-structure construction projects.**

**Growing competition in construction sector increase the importance of cost estimating both for the investors and contractors. Faults made inadvertently, faults caused by out of control lack of knowledge, errors due to subjective assessment of information, factors arising from project risks or causes due to characteristics of the project make it necessary to analyze properly the direct and indirect costs for correct budgeting and costing.**

**Due to the difficulties to obtain correct costing, sales figures and profitability analysis do not resemble reality in studies of quoting and budgeting of construction projects. A specific risk percentage is introduced in quoting and budgeting studies to minimize the risks identified. This percentage might not always cover up the potential uncalculable costs.**

**In this study, to provide a decision support model, the cost items that can not be analyzed mathematically will be converted into a mathematical data using artificial intelligence methods.**

**The model concerned is tested with data set that is composed of super structure projects, and is discussed in comparison of the generated cost difference as a result of the recalculation of unpredictable, uncalculable costs with the model. Thus, a decision support model is created to determine the total cost amount in line with actual costs.**

**Key Words** : **Artificial Intelligence, Construction Project Management, Cost Estimating,**  
**Science Code** :

## 1. GİRİŞ

Gelişmiş ve gelişmekte olan birçok ülkede olduğu gibi, inşaat sektörü, oluşturduğu katma değer ve istihdam açısından Türkiye ekonomisinin lokomotif sektörlerindedir. İnşaat, istihdam gücü yüksek sektörlerin başında gelmektedir. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) istihdamın sektörel dağılımı verilerine göre tarım, hizmetler ve sanayi sektörüyle birlikte istihdamı oluşturan dört ana sektörden biri inşaattır. 2001-2005 arasında tarım sektörü hariç istihdamda bulunan ortalama 14 milyon kişinin, 1 milyonu inşaat sektöründedir. Devlet Planlama Teşkilatı'nın inşaat, mühendislik, mimarlık, teknik müşavirlik ve müteahhitlik hizmetlerini kapsayan, "İstikrar içinde büyüyen, gelirini daha adil paylaşan, küresel ölçekte rekabet gücüne sahip, bilgi toplumuna dönüşen, AB'ye üyelik için uyum sürecini tamamlamış bir Türkiye" vizyonu ve Uzun Vadeli Strateji ile 2007-2013 dönemini kapsayan 9. Kalkınma planı oluşturulmuştur. Ülkemiz gelişen, buna bağlı olarak ihtiyaçları artan bir ülke konumundadır. Diğer ülkelerde olduğu gibi, gelişimin ana eksenini ise kaçınılmaz olarak "inşaat sektörü" oluşturmaktadır. Barajlar, enerji üretim tesisleri, yollar, havaalanları, kentsel mekânlar, fabrikalar, hastaneler ve diğer tüm yaşamsal mekânlar ile o mekânları yaşanılır kılabilecek tüm altyapının ilk adımı "inşaat"la atılmaktadır.

İngiltere'de yapılan bir araştırmanın sonuçlarına göre, ortalama yeni bir konutta 150 farklı meslek kolunu ilgilendiren 23.000 parça bulunmaktadır. Hiçbir ekonomik faaliyetin bu kadar çok doğrudan ya da dolaylı etki doğurma gücü olmadığı dikkate alındığında sektörün lokomotif gücünün, gelişmekte olan ülkeler için vazgeçilemez değeri daha açık olarak ortaya çıkmaktadır [1]. Türk insanının yaşam güvenliğini ve konforunu sağlama sorumluluğu altında bulunan inşaat sanayi, bu görevini yerine getirebildiği ölçüde geleceğine güvenle bakacaktır.

Günümüzde inşaat sektörünün Dünyadaki toplam büyüklüğünün 3,5 trilyon dolar civarında olduğu tahmin edilmektedir. Söz konusu rakam, dünyadaki toplam gayrisafi milli hasılanın (GSMH) yaklaşık %8 büyüklüğüne denk gelmektedir. Bu

değerin %30'u Avrupa'da üretilmektedir. Dünya sanayi istihdamının yaklaşık yine %30'unun bu sektörde olduğu tahmin edilmektedir [1].

Ülkemiz, AB üyesi 25 ülke ile kıyaslandığında, nüfus büyüklüğü itibarıyla Almanya'dan sonra ikinci, yüzölçümü itibarıyla ise birinci sırada bulunmaktadır. 2000–2005 döneminde genel devlet kapsamındaki kamu sabit sermaye yatırımlarının (KSSY) gayrisafi yurtiçi hasıla (GSYİH) içindeki payı dikkate alındığında, ülkemizde AB üyesi ülkelerin geneli ile ABD'den daha yüksek, bazı AB üyesi ülkeler ile Japonya'ya yakın veya bazı yıllarda onlardan daha az oranda KSSY gerçekleştirildiği görülmektedir. Ancak, söz konusu ülkelerin, mevcut gelişmişlik seviyelerinin Türkiye'den ileride, alt yapı ihtiyaçlarının büyük ölçüde tamamlanmış olduğu, ekonomik ve sosyal göstergeler itibarıyla oldukça iyi durumda bulunduğu ve gerek kişi başına gerekse km<sup>2</sup> başına Türkiye'den daha fazla KSSY yapıldığı görülmektedir. Örneğin, 2003 yılı itibarıyla, cari fiyatlarla 8,9 milyar dolarlık genel devlet KSSY ile Türkiye, 25 AB üyesi ülke içinde 8'inci sırada bulunurken, kişi başına 126 dolar KSSY ile 25'inci sırada, km<sup>2</sup> başına 11.424 dolar KSSY ile 23'üncü sırada bulunmaktadır.

Dünya inşaat sektöründeki yaklaşık 3 trilyon dolarlık üretimin yüzde 72'si Dünya ekonomisine de yön veren ilk on ülke arasında yer alan ABD, Japonya ve Almanya'da gerçekleşmektedir. Japonya'nın hala durgunlukta bulunması, yaşadığı finansal krizlerin etkilerinden tam anlamıyla kurtulamamış olan Güney Amerika ülkeleri ve Afrika kıtasındaki politik istikrarsızlık Dünya inşaat sektörünün gelişme hızını da olumsuz etkilemektedir [1].

AB'de inşaat, bir trilyon Euro tutarında cirosu olan büyük bir sektör konumundadır. Avrupa GSYH'sinin yüzde 10'undan fazlasını oluşturmakta ve 12 milyon kadar kişiye iş yaratmaktadır. Sektörün kaynak kullanımı hammadde ve su kaynakları itibarıyla toplam kullanımın yüzde 40'ına karşılık gelmektedir [1].

Avrupa vatandaşları için önem taşıyan sürdürülebilir gelişmenin başarılmasında "inşaat" merkezi konuma sahip bir sektör olarak kabul edilmektedir. Günümüzde sektörün karşı karşıya bulunduğu çevre sorunlarından arındırılması, enerji verimliliğinin artırılması suretiyle sera etkisi yaratan gaz atıklarının azaltılması,

sanayi kirliliği altındaki alanlar için çözüm üretilmesi, hammadde kaynakları, yeşil alanlar ve su gibi doğal kaynakların korunması ve kentsel ihtiyaçlarla ekosistemler arasında denge kurulmasından geçmektedir.

İnşaat sektörünün tetiklediği alt sektörler, istihdam kapasitesi ve ekonomideki payı göz önünde bulundurulduğunda, plan ve bütçe çalışmalarının ne denli önemli olduğu görülmektedir.

### **1.1. İnşaat Proje Yönetim Standartları**

İnşaat proje yönetim standartları, projelerin fizibilite aşamasından, kesin kabul aşamasına kadar, projenin daha sistematik yürütülmesini sağlamak amacıyla oluşturulmaktadır.

Türkiye’de inşaat proje yönetim süreçlerine yönelik standartların olmaması bir engel ve sorun teşkil etmektedir. Türk taahhüt sektörü, iş yapış tarzı (iş süreçleri) doğrultusunda standardize edilmiş, minimum gerekliliklerin yer aldığı prosedürler manzumesine sahip değildir.

“Standart” kelimesi ortaçağ İngilizcesi’ne ve eski Fransızca’ya dayanmaktadır. Eski çağlarda Mısır ve Sümer uygarlıklarında şehir planı, yapı malzemeleri vb. konularda standartların kullanıldığı anlaşılmaktadır. Babil’de kütle ölçülerinin standartlaştırılıp asıllarının da saklandığı bilinmektedir. Ortaçağ’da da vücudun çeşitli kısımları esas alınarak arşın, kulaç, adım, parmak, ayak gibi ölçü birimleri standart olarak kullanılmıştır. Bizde de, Osmanlı döneminde belirli ölçüler ve kurallar koyarak mal üretiminin standarda bağlandığı, Ahilik teşkilatı vasıtasıyla kalite kontrol faaliyetlerinin yürütüldüğü bilinmektedir. Dünya’da en eski yazılı standart olarak tanımlanan ve Sultan 2. Bayezid tarafından 1502’de yayımlanan “Kanunname-i İhtisab-ı Bursa” ile, o tarihteki bütün zirai ve sınai ürünler standardize edilmiştir [2].

Bugünkü anlamda standardizasyon, 20. yüzyıl başlarında şekillenmeye başlamış, 1901 yılında ilk ulusal standart teşkilatı olan İngiliz Standartlar Enstitüsü (British Standard Institute - BSI) kurulmuştur. Dünyanın ilk ulusal standart kuruluşu olan BSI’ye göre basit anlamda standart, bir şeyler yapmak için üzerinde anlaşılmış ve

tekrarlanabilir bir yol olarak tanımlanmıştır. BSI tarafından kapsamlı standart tanımı şöyle yapılmaktadır. “Standart, teknik spesifikasyonlar içeren ya da kesin kriterler ile tasarlanmış tutarlı kurallar, kılavuzluk bilgileri veya tanımlamalar içeren basılı bir doküman” olarak tariflenmiştir.

2. Dünya Savaşında müttefik ülkelerin, birbirlerinin imal ettiği parça, malzeme ve mühimmatı kullanamamaları, uluslararası standardizasyonun önemini fark etmelerini sağlamış, harp sonrası 1946 yılında Uluslararası Standartlar Örgütü (International Organization for Standardization - ISO) kurulmuştur. Günümüzde dünya çapında kabul gören standartlar geliştiren bir kuruluş olan ISO’ya göre standart tanımı şöyle yapılmıştır [3]. “Standart, fikir birliğiyle oluşturulan ve kabul görmüş geçerli bir kurum / yapı (body) tarafından onaylanmış, genel ve tekrarlanan kullanım için üretilen kurallar, yönergeler (guideline) veya faaliyetin ya da ürünün karakteristiğini en uygun düzeyde, belirli bir düzende içeren dokümandır.”

2. Dünya Savaşı sonrasında standart ve kalite konularında dünyadaki gelişmeler yönünde, 1954 yılında Türk Standartları Enstitüsü (TSE) oluşturulmuş, 1960 yılında yayınlanan 132 sayılı kanun ile TSE bugünkü yapısına kavuşmuştur.

Dünya’da birçok Standart Geliştiren Organizasyon tarafından yüzbinlerce standart üretilmiştir. Dünya genelinde kabul görmüş Standart geliştiren ülkelerin kurumlarının başında İngiliz Standartlar Enstitüsü (BSI), Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü (ANSI), Alman Standartlar Enstitüsü (eV-DIN), Fransız Standartları Birliği (AFNOR), Türk Standartları Enstitüsü (TSE), Japon Endüstri Standartları Komitesi (JISC), Uluslararası Standartlar Örgütü (ISO), İsveç Standartları Birliği (SAS) gelmektedir. Bu ulusal kuruluşlar tarafından yayınlanan başlıca standartlar, İngiliz Standardı (British Standard - BS), Amerikan Standardı (ANSI), Alman Standardı (DIN), Fransız Standardı (NF), Türk Standardı (TS) ve Japon Endüstri Standardı (JIS)’tir.

Uluslararası Proje Yönetim Dergisi’nde, 2003 yılında yayınlanmış bir makalede standartların amacının herhangi bir karışıklığı önlemek için açık ve net biçimde belirlenmesi gerektiği vurgulanmıştır. Bu çalışmada İngiliz standartları (BS) örnek verilmiştir [5].

ISO’da standardizasyonun, ürün, süreç ya da hizmetlerin beklenen hedefe uygunluğunu sağlamak için bir veya birden fazla amacı olabileceğine değinilmiştir. Bu amaçlar, “çeşitlilik kontrolü”, “iş güvenliği”, “kullanışlılık”, “uyumluluk”, “değişebilirlik”, “çevrenin güvenliği”, “karşılıklı anlaşılabilirlik” ve “ticari performans” olarak açıklanmıştır. Amaçların sadece bunlar ile sınırlandırılmıyacağı ve bunların da birbirleri ile kesişebileceği eklenmiştir [6].

Proje yönetimi ve özelde “İnşaat Proje Yönetimi” çerçevesinde oluşturulmuş standartlara kısaca değinilecek olursa;

CMAA, 1982 yılında, Kuzey Amerika’da kurulan sadece inşaat sektörüne adanmış tek organizasyondur. Bu organizasyonun üye sayısı 6000’den fazladır. Oluşturulan standartlar, projenin zamanında, bütçe içinde, bütün kaynakların optimum kullanımını önemseyen bir yaklaşımla oluşturulmuştur [7].

CMAA ile proje yönetim bilgi alanlarından, proje yönetimi, maliyet yönetimi, süre yönetimi, kalite yönetimi, sözleşme yönetimi ve iş güvenliği yönetimi ön plana çıkartılarak, inşaat projeleri, ön tasarım aşaması, tasarım aşaması, ihale ve tedarik aşaması, yapım aşaması, yapım sonrası aşaması olmak üzere, aşamalara ayrılmıştır.

PMI, 1969 yılında 6 proje yöneticisi tarafından A.B.D’de kurulmuştur. İlk 10 yıl mühendislik, savunma ve inşaat sanayi ağırlıklı faaliyetlerde bulunmuştur. 2010 yılı itibariyle PMI, 70 ülkede yaklaşık 250 şube ile temsil edilmekte ve 420.000 kayıtlı üyeye sahiptir. PMI organizasyonunun kuruluş amacı, tüm Dünya’da proje yönetimi uzmanlığını, bilimini kabul ettirmek ve organizasyonların proje yönetimini bir meslek olarak benimseyeceği, değerlendireceği ve kullanacağı şekilde ilerletmektir [8].

PMI, proje yönetiminin tüm Dünya’da bir meslek olarak kabul edilmesi ve gelişmesi için mesleki gelişim programları, seminerler, konferanslar, eğitimler ile beraber, Project Management Body of Knowledge (PMBOK) kitabı ile proje yönetimi ve ilgili kavramları tanımlayan bir kitap yayınlamıştır [8].

PMBOK’a göre proje yönetimi, başlangıç, planlama, yürütme, izleme ve kontrol

etme ve kapanış aşamalarından meydana gelmektedir. PMI’de, proje yönetim bilgi alanlarından Entegrasyon Yönetimi, Kapsam Yönetimi, Zaman Yönetimi, Maliyet Yönetimi, Kalite Yönetimi, İnsan Kaynakları Yönetimi, İletişim Yönetimi, Risk Yönetimi ve Tedarik Yönetimi ön plana çıkarılmıştır.

PMAJ, 1999 yılında, Dünya’da proje yönetimine olan ilginin sürekli artmasıyla Ekonomi, Ticaret ve Sanayi Bakanlığına, Japon endüstrisinde bulunan proje ve program yönetimine ilişkin Japon deneyimi ve bilgisinin düzenli bir şekilde tahsis edilmesini ve Japon endüstrisinin rekabet gücünün iyileştirilmesi ve arttırılması için birleşik bir sisteme ve uygulamalı bir kılavuza dönüştürülmesini teklif etmiştir. Diğer ilgilenen bölgelere yönetsel teknoloji aktarımı öngörülmüş ve bu vizyonun gerçekleştirilmesi amacıyla kar gözetmeyen bir proje endüstri girişimi olan Mühendislik Gelişim Kuruluşu (Engineering Advancement Association - ENAA) oluşturulmuştur. Bu vizyon ve araştırma bütçesiyle ENAA, Chiba Teknoloji Enstitüsünden Prof. Shigenobu Chara başkanlığında ve proje iş geçmişine sahip endüstrinin önde gelen proje yönetim uzmanları, bilgili akademisyenleri, yönetim danışmanları ve iş strateji uzmanları personeli ile Yenilikçi Proje Yönetim Model Gelişim Komitesini kurmuştur. Komite, 3 yıl süren araştırma ve gelişim faaliyetleri sonrasında “P2M - Project and Program Management for Enterprise Innovation”ın ortaya çıkmasına zemin hazırlamıştır [9].

P2M’de proje yönetim aşama ve prosedürlerine yönelik 11 bilgi alanı ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Bu bilgi alanları, proje strateji yönetimi, finans yönetimi, sistemler yönetimi, organizasyon yönetimi, hedef yönetimi, kaynak yönetimi, risk yönetimi, bilgi teknolojileri yönetimi, ilişki yönetimi, değer yönetimi ve iletişim yönetimidir.

International Project Management Association (IPMA), proje yönetiminde yaygın olarak kullanılan temel terimleri, görevleri, yetkinlikleri, işlevleri, yönetim süreçlerini ihtiva etmektedir. ICB proje yönetim prosedürlerini ve süreçlerini tanımlamak yerine proje yöneticisinin sahip olması gereken yetkinlikler üzerinde yoğunlaşmıştır. IPMA’nın “yetkinlik gözü” (Eye of Competence) insanı sembolize etmektedir ve proje yönetimi yetkinliklerini üç ana başlıkta (kavramsal, davranışsal, teknik) toplamaktadır [10].



Office of Government Commerce (OGC) ve PRINCE2, 1975 yılında “PROMPTII - Project Reporting, Organization & Management Planning Technique” olarak adlandırılan, proje yönetiminin bir meslek olarak kabul edilmesini sağlamak ve proje yönetimi uygulamalarını geliştirmek için, bir proje başlatmışlardır. İngiliz devleti tarafından geliştirilen ve İngiltere’nin proje yönetim standardı olarak kabul edilen PRINCE2, ‘PROjects IN Controlled Environments’ isminin kısaltılmasıdır. PRINCE2 yaklaşımında, proje aşamaları, proje hazırlığı (Starting Up a Project), proje başlangıcı (Initiating a Project), aşama kontrolü (Controlling a Stage), aşama sınırlarının yönetilmesi (Managing Stage Boundary), proje kapanışı (Closing a Project), ürün tesliminin yönetilmesi (Managing Product Delivery) ve projenin yönlendirilmesinden (Directing a Project) meydana gelmektedir [11].

Şekil 1’de, yukarıda bahsedilen proje yönetim standartlarının kurulduğu yıl, ülke ve öne çıkartmış olduğu proje yönetim bilgi alanları görülmektedir.

	PMI/PMBOK	CMAA/CMP	PMAJ/P2M	PRICE2/OGC	IPMA/ICB
ÜLKE	ABD	KUZYAFRİKA	JAPONYA	İNGİLTERE	İSVİÇRE
KURULUŞ	1969	1982	1998	1975	1965
BİLGİ ALANI	Kapsam	Proje	Strateji		KAVRAMSAL
	Entegrasyon	Maliyet	Sistem		DAVRANIŞSAL
	Maliyet	Süre	Hedef /Amaç		TEKNİK
	Süre	Kalite	Değer		
	Kalite	Sözleşme	Finans		
	Tedarik	İş Güvenliği	Organizasyon / İlişki / İletişim		
	İletişim / İnsan Kaynakları		Risk		
	Risk		Kaynak		
	Satın Alma		İletişim Teknolojileri		

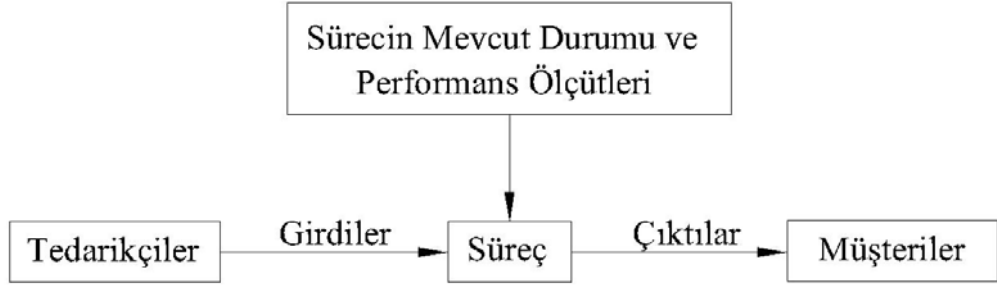
Şekil 1. Proje Yönetim Standartlarının Mukayesesi

Tüm bu proje yönetim standartları, farklı proje paydaşlarından, farklı seviyelerdeki kuruluşlar tarafından, muhtelif proje tiplerine yönelik, verimliliği artıran güçlü araçlar olarak ortaya konulup, kurumların rekabet gücünü, karlılığını, ve verimliliğini arttırmaları hedeflenmiştir. Ortaya konulan model, proje yönetim standartlarının ortak hedeflerine katkı sağlayacak bir çalışma niteliğinde olup, Türkiye’de proje

yönetim süreç ve prosedürlerine yönelik bir standart olmaması dolayısıyla, model tasarımında, yukarıda standartlardan istifade etmekle beraber ağırlıklı olarak, Türk inşaat sektöründeki teamüller dikkate alınmıştır.

## 1.2. İnşaat Proje Yönetim Süreçleri

Sürecin, sektörel farklı yorumları bulunmaktadır. Tipik bir tanım olarak süreç, “bir hedefe ulaşmak amacıyla kısmen sıralanan adımlar dizisidir”[14]. ISO 9001-2008 Kalite Yönetim Sistemi standardında süreç, “girdileri çıktı haline getiren birbirleriyle ilgili ve etkileşimli faaliyetler topluluğu” olarak tanımlanmıştır [15]. Süreç en yalın haliyle “ne iş yapıldığı” anlamına gelebilir. Şekil 2’de tipik bir süreç görünmektedir.



Şekil 2. Süreç Akışı

Süreçler, birbirleriyle girdi ve çıktıları vasıtasıyla, alt süreçlere, süreç gruplarına ayrılabilirler. Bu gruplamalar süreç, girdi, çıktı, tedarikçiler ve müşteriler ile yapılabilmektedir. Süreç, tanımlanabilir, ölçülebilir, yinelenebilir, kontrol edilebilir ve katma değer oluşturacak beş temel özelliği taşımalıdır. Süreçler, ana hatları ile yönetsel, operasyonel ve destek olmak üzere üç grupta sınıflandırılır.

İnşaat endüstrisi ile ilgili sunulan kurumsal raporlara bakıldığında, sektörün yetersizliği bakımından sürekli olarak eleştirildiği görülmektedir. “Rethinking Construction” [12], “Rethinking Construction Innovation and Research” [13] gibi raporlar incelendiğinde, sektörün dağınık yapısı, taraflar arasındaki koordinasyon ve iletişim eksikliği, öğrenme süreçlerinin süreklilik göstermemesi ve en önemlisi süreçlerin tam tarif edilememesi gibi faktörlerin, sektörün performansını düşürüp, maliyetlerin artarak neticede şartnamede istenen kaliteye ulaşılamadığı sonucunu

ortaya koymuştur.

Doğru maliyet tahmininde bulunmak, yapılan bütçelerin takip ve kontrol edilebilmesi, proje yönetim süreçlerinin başından sonuna kadar iyi tarif edilmesi ile doğrudan bağıntılıdır.

### **1.3. Çalışmanın amacı**

Çalışmanın amacı bu kadar önemli ve büyük bir sektörün iş yapış modelleri, farklı ülkeler tarafından ortaya konulan standartlar ve iş süreçleri dikkate alınıp, teklif ve master plan hazırlık aşamasında, endirekt maliyetlerden hesaplanamayan veya öngörülemeyen maliyetlerin tahminindeki güçlüklerin uzman görüşlerinin de dikkate alındığı, aynı zamanda geçmiş projelerden elde edilen deneyimler doğrultusunda, yapay zeka (YZ) metotlarından, sinirsel bulanık mantık yönteminin kullanılmasıyla, belirsizliklerin tahmin edilmesini sağlayacak, bir karar destek modeli oluşturmaktır.

### **1.4. Çalışmanın kapsamı**

Model tasarımında, ana yüklenici tarafından, götürü bedel (lump sum) sözleşme türünde, plan ve bütçe aşamasında bulunan üst yapı tipindeki projeler dikkate alınarak oluşturulmuştur. Yukarıda belirtilen kriterler doğrultusunda oluşturulan modelde projenin konumu, bütçe aralığı ve yüklenici firma doğrultusunda ayrıştırılarak sonuçlar mukayese edilmiştir. Projenin süresi, işverenin kamu veya özel sektör olması, ön yeterlilik durumu, ihale yöntemi ve katılım koşulları model kapsamında dikkate alınmamıştır.

### **1.5. Çalışmada izlenen yöntem**

Projenin toplam maliyetini oluşturan imalat maliyeti (A), genel gider maliyeti (B) ve risk maliyeti (C) yapılan analizler doğrultusunda hesaplandıktan sonra bu maliyetleri oluşturan kaynaklardan hesaplanamayan maliyetlerin dereceleri uzman görüşleri doğrultusunda tespit edildi. Uzman görüşleri doğrultusunda tespit edilen kaynak maliyetlerindeki belirsizliklerin dereceleri, 5 INPUT olarak Matlab ANFIS editörüne girdi olarak yüklenerek, gerçekleşmesi muhtemel öngörülemeyen maliyetlerin de

dikkate alındığı değer (M1) çıktı olarak modele ile hesaplandı.

Herbir girdinin üç üçgen tipinde ÜF'u olacak şekilde model oluşturuldu. Sisteme girilen veriler, "Epochs" 40, Hata toleransı 0.05 olacak şekilde eğitildi. Modelde öncül önermelerin bağlaması (AND Method), kural tabanında öncül bileşke önerme kısmı kendi aralarında VE (prod) yöntemi, VEYA (probor) yöntemleri kullanıldı. Gerektirme işlemi (Implication), çıkışın ağırlığı ve şekli, GEREKTİRME yöntemi (min) tarafından belirlendi. Kural sonuçlarının birleştirilmesi (Aggregation) max, durulaştırma (Defuzzification) wtaver yöntemleri kullanılmıştır.

## 2. GEÇMİŞ ÇALIŞMALAR

Yapılan literatür araştırmasında, inşaat proje yönetiminin alt bilgi alanlarında yapılan çalışmalar ve “Yapay Sinir Ağları”, “Bulanık Mantık”, “İnşaat Proje Yönetimi”, “Contingency” ve “Mark-up” başlıkları altında incelenmiş ve bu çalışmalardan elde edilen 230 makale ve tez tasnif edilmiştir. Tespit edilen çalışmalar proje yönetim bilgi alanlarından, zaman yönetimi, maliyet yönetimi, sözleşme yönetimi, risk yönetimi, iş geliştirme yönetimi, kalite yönetimi ve diğer olmak üzere 7 başlık altında toplanmıştır.

### 2.1. Zaman Yönetimi

Bakyan, “İnşaat Projelerinde Kaynak İhtiyacının Yapay Sinir Ağı (YSA) Yaklaşımı İle Tahmini” başlıklı çalışmada, kat sayısı 2 ile 15 arasında değişen 56 adet tip proje ile, son kat yüksekliği, kat sayısı, kattaki daire sayısı, toplam daire sayısı, tip kat alanı, kat yüksekliği, boşluk alanının cephe alanına oranı ve daire alanı bilgileri girdi olarak kullanılıp, beton ( $m^3$ ), kalıp ( $m^2$ ), demir (ton) kalıp, demir ve beton işçilik saat ücretleri ve betoniyer saat ihtiyaç miktarı tespit edilmiştir. İnşaat projelerinin planlanması, planlama ve programlama kavramları üzerinde durularak, bu kavramların proje yönetimi açısından taşıdığı anlam ile kaynak planlama ve kaynak programlama işlemlerinin mantığını irdelemek, bunun için YSA yaklaşımının çalışma prensipleri, kullanım alanları, kullanışlı ve kullanışsız yönlerini ortaya koymak, sonuç olarak inşaat mühendisliğinde YSA yaklaşımının kullanılması, özellikle optimizasyon ve tahmin problemlerinde bu yaklaşımın ne ölçüde kullanım alanı bulduğu gösterilmiştir. İnşaat projelerinin erken tasarım aşamasında, projenin ihtiyaç duyacağı kaynak miktarının belirlenmesi için YSA yaklaşımının hızlı ve verimli bir yöntem olarak kullanılabileceği ortaya konulmuştur [30].

Leu, Chen ve Yang, “A GA-Based Fuzzy Optimal Model For Construction Time-Cost Trade-of” başlıklı makalede, farklı kaynak kullanımı nedeniyle faaliyetlerin

sürelerinde ayarlamalar yapılması gerekebilmektedir ve buna uygun olarak da doğrudan proje maliyetleri de değişebilmektedir. Ayrıca hava, şantiyedeki tıkanıklıklar, üretim seviyeleri vesaire gibi değişkenlik gösterebilecek sebeplerden ötürü faaliyetlerin süresi de belirsizdir. Bu çalışmada hem belli olmayan faaliyet sürelerinin hem de zaman-maliyet değerlendirmelerinin etkilerinin göz önünde bulundurulduğu yeni bir optimal inşaat zaman-maliyet değerlendirmesi önerilmiştir. Faaliyetlerin sürelerinin belirsizliklerinin modellenmesi için bulanık küme teorisi kullanılmıştır. Farklı risk seviyelerinde optimal proje zaman-maliyet değerlendirme profillerinin araştırılması için GA kullanılmıştır. Metot, karar veren kişiler tarafından tanımlanan en uygun zaman ve maliyet dengesi için bir yaklaşım önermektedir [31].

Ock, “Activity Duration Quantification Under Uncertainty” başlıklı makalede, inşaat projesinin 3 unsurundan, projenin zamanında tamamlanması, bütçe sınırları içinde kalınması ve istenen kalitenin sağlanması için müteahhidin yaklaşık olarak tanımlanmış faaliyet ilişkilerini ve projenin iş dağılım yapılarına dayalı olarak uygun şekilde tahmin edilmiş çalışma süresini içeren iyi organize edilmiş bir proje takvimi hazırlaması amacıyla, belirsizlik halinde riskle ilgili faaliyetlerin, sürenin rakama dökülmesiyle ilgili bir plan risk ölçme metodu tartışılmaktadır. Metodun uygulamaya koyma şekli ve faaliyetler sırasında bir projenin riskle ilgili faaliyetlerinin belirlenmesi için geleneksel yöntemlere göre nasıl daha uygun olabileceği tartışılmıştır. Bu makale, bulanık küme teorisi kullanılarak riski ilişkili etkinlik süresini tahmin etmek için bir zamanlama “risk quantification” yöntemi sunar. Bu yöntem, doğrudan inşaat faaliyet süresini belirlemede uygulanabilir. Risk unsurlarının sonuçlarının belirsizliği, “historical data” ve uzman görüşleri yardımıyla en olması muhtemel olasılık aralığı ve en büyük değerli olasılık aralığı şeklinde belirlenmiştir. Burada etkinlik süresini gösteren net bir değer aktarmak için bir bulanık ortam yöntemi uygulanmıştır [32].

Senouci ve Adeli, “Resource Scheduling Using Neural Dynamics Model of Adeli and Park” başlıklı makalede, çalışmada sinir dinamikleri yöntemi kullanılarak, kaynak planlaması yapılmıştır. Bu makale, proje planlama dikkate alınarak kaynak planlaması yapmak için matematiksel bir model sunmayı amaçlamaktadır. Burada önerilen modelde, toplam proje maliyet minimizasyonunu dikkate almak hedeflenmiştir. Sonuçta kaynak kullanım optimizasyonu ve kaynak-kısıtlı

zamanlama optimizasyonu, geleneksel yöntemlerde birbirinden bağımsız olarak çözümlenirken, önerilen modelde, ADELI ve Park patentli sinirsel dinamikler kullanılarak, yeni formülasyon, bunları aynı anda yapabilmektedir [33].

## **2.2. Maliyet Yönetimi**

### **2.2.1. Maliyet Tahmini**

Günaydın ve Doğan, “A Neural Network Approach For Early Cost Estimation of Structural Systems of Buildings” başlıklı makalede, proje yöneticileri ve tasarımcılar tarafından bir maliyet tahmin aracı kullanılması ihtiyacına binaen 30 konut projesinin bir geri yayılım ağının, maliyeti %93 doğrulukta tahmin edebileceğini ortaya koymuştur. Sonuçta YSA uygulaması aracılığıyla erken tasarım aşamasında betonarme karkas binaların yapısal sistemleri için bir maliyet tahmin modeli yaklaşımı geliştirilmiş ve bu modelin metrekaşe başına bina maliyetini, erken tasarım sürecinde mevcut sekiz parametreyi kullanarak, doğru tahmin edebildiğini sağlamıştır [34].

“Bina Maliyeti Tahmininde GA Destekli YSA ile Vaka Tabanlı Gerçekleşme Modellerinin Karşılaştırılması” başlıklı doktora tezinde, YSA ve vaka tabanlı gerçekleşme (VTG) modelleri ile maliyet tahmini hesaplamalarında karşılaşılan maliyet bileşenleri arasındaki çok çeşitli etkileşimlerin yarattığı güçlükleri aşabildikleri sonucuna varmışlardır. Çalışmada 29 konut projesine ait maliyet verisi kullanılmıştır. Konut maliyetini etkileyen bina toplam alanı, toplam alanın tipik kat alanına oranı, toplam alanın zemin kat alanına oranı, kat sayısı, binanın kontrol yönü, bina çekirdeğinin yeri, binanın döşeme tipi ve binanın temel sistemi bilgileri kullanılmıştır. Sonuçta GA takviyeli VTG uygulamasında %84, GA takviyeli YSA uygulamasında ise %89 tahmin doğruluğu elde edilmiştir [35].

Uğur, “Yapı Maliyetinin Yapay Sinir Ağı İle Analizi” başlıklı doktora tezinde, TOKİ ve TURKKONUT’tan temin edilen 63 proje esas alınarak, son kat tavan yüksekliği, tip katlardaki daire sayıları, toplam daire sayısı, tip kat alanları, cephe alanları, cephe boşluk alanları, kat yükseklikleri, kat sayıları ve ortalama daire alanları hesaplanarak veri seti oluşturulmuştur. Sonuçta YSA’ya hesaplatılan maliyet tahminleri, birim

fiyat yöntemi (BFY) ve regresyon analizi (RA) ile yapılan maliyet hesaplamaları ile karşılaştırılmış ve uygulanan YSA yönteminin sağladığı performans değerlendirilmiştir. Buna ek olarak mevcut verilerden yararlanılarak, optimum maliyetli blok tasarımına yönelik sınır değerler belirlenmiş, esas alınan girdi vektörü kriterlerinin maliyete etkileri bakımından önem sıralaması yapılmıştır. Elde edilen bulgulara göre, oluşturulan YSA'ndan sağlanan veriler, RA verilerine göre gerçeğe daha yakın ve uygulanabilir sonuçlar sağlamıştır. Bu alandaki çalışmalarda hibrit yöntemlerin kullanılmasının daha verimli tahminler için avantaj sağlayacağı ve farklı yapı tipleri için ve benzer araştırmaların yapılmasının olumlu gelişmeler yaratacağı sonucuna varılmıştır [36].

Kim, An ve Kang, "Comparison Of Construction Cost Estimating Models Based On Regression Analysis, Neural Networks And Case-Based Reasoning" başlıklı makalede, 530 maliyet verisi yardımıyla çoklu RA, YSA ve vaka tabanlı sebeplendirme yöntemlerinin performansları karşılaştırılmıştır. Sonuçta, her ne kadar NN, diğer iki modele göre (MRA ve CBR) daha iyi ya da daha doğru tahmin sonuçları veriyorsa da, CBR tahmin modeli, uzun vadeli kullanıma, sonuçta kullanılabilir bilgi çıkarma ve zaman-doğruluk mukayesesinde daha iyi performans göstermiştir [37].

Shaheen, Fayek ve AbouRizk'in, "Fuzzy Numbers in Cost Range Estimating" başlıklı makalesinde, aralık tahmini projeyi çalışma paketlerine bölerek ve istatistiksel dağılımlar kullanarak her bir paketteki değişkenleri yaklaştırarak basit bir şekilde bir projenin simülasyonu oluşturulmuştur. Bu çalışma ile, aralıkların tahmini için BM teorisine dayalı alternatif bir yaklaşım araştırılmıştır. Araştırma maliyet tahminiyle ilgili uygulamalar için araştırma BM teorisi yaklaşımını kullanarak Monte Carlo simülasyonu ile karşılaştırılabilen sonuçların elde edilebileceğini göstermektedir. Çalışma, bulanık küme teorisini kullanarak maliyet aralığı tahmini modellemesi üzerine odaklanmış olup, bu çalışma aralık tahmin uygulamalarında bulanık sayıların dahil edilmesi için gelecekte yapılan araştırmalara temel oluşturmayı amaçlamıştır. Araştırmanın sonucunda, maliyet tahminiyle ilgili uygulamalar için BM teorisi yaklaşımını kullanarak, Monte Carlo simülasyonu ile karşılaştırılabilen sonuçların elde edilebileceğini göstermektedir [38].



Jin ve Li'nin, "Selectivity Estimation for Fuzzy String Predicates in Large Data Sets" başlıklı makalesinde, pek çok veritabanı uygulamasının "Smith'e benzeyen isimler" ve "412-0964'e benzeyen numaralar" gibi verilen bir diziyeye benzer olan diziler arayışı içerisinde olan bulanık soruları destekleme ihtiyacı bulunmaktadır. Sorgulama optimizasyonu bu şekilde bulanık bir ifade için, örneğin söz konusu şartı karşılayan veritabanındaki kayıtların oranı gibi seçiciliğe ihtiyaç duymaktadır. Bu çalışma ile bulanık dizi ifadelerinin seçiciliklerinin tahmin edilmesiyle ilgili problemler araştırılmıştır. Problemi çözmek için SEPIA olarak adlandırılan bir teknik geliştirilmiştir. Bu teknik dizileri kümeler halinde gruplamakta, her bir küme için bir histogram yapısı oluşturmakta ve veritabanı için global bir histogram hazırlamaktadır. Bu çalışma, q sorgulama dizisi verildiğinde bir küme için önceden seçilmiş p dizisi ve küme içerisindeki s dizisi, q ve p arasındaki yakınlığa ve p ve s arasındaki yakınlığa bağlı olarak q ve s arasındaki benzerlik için global bir histogramdan bir olasılık dağılımı elde edilmesi sağlanmıştır. Mesafeyi düzenleme fonksiyonunu kullanarak, teknikle ilgili bütün bir spesifikasyon verilmiştir. Histogram yapılarının nasıl oluşturulduğu, seçicilik tahmininin yapılması için bunların nasıl kullanılması gerektiği ve tahmin içerisinde bir örnek olmayan hataların nasıl hafifletileceği gibi bu tekniğin benimsenmesiyle ilgili zorluklar incelenmiştir. Tekniklerin nasıl diğer benzerlik fonksiyonlarına geliştirilebileceği tartışılıp, gerçek veri kümeleriyle ilgili kapsamlı deneyimler, bu tekniğin bulanık dizi tahminlerini doğru bir şekilde tahmin edebildiğini göstermiştir [39].

Adeli ve Wu, "Regularization Neural Network for Construction Cost Estimation" başlıklı makalede, otoyol projelerinin maliyetini tahmin için kurallar içeren bir sinir ağı önerilmiştir. Otoyol inşaat maliyetleri çok karmaşıktır ve bu karmaşanın öngörülemeyen faktörlerin sonucu olduğu ifade edilmiştir. Çalışmalarında bu karmaşık verileri kullanarak, otoyol maliyetlerini tahmin etmek için sinir ağı tabanlı bir yöntem geliştirmişlerdir. Sinir ağları düzenlemesi sağlam matematiksel temel üzerine dayandığı, bunun da, maliyet tahmin modelini istikrarlı olarak, güvenilir ve öngörülebilir hale getirdiği sonucuna varılmıştır [40].

Wilmot ve Cheng, "Estimating Future Highway Construction Costs" ve "Neural Network Modeling of Highway Construction Costs" başlıklı makalelerde amaç, Louisiana'daki yeni otoyol projelerinde inşaat maliyetleri tahminleri yapabilmek için

bir model kurmak ve otoyol inşaat maliyetleri için zamanla ilintili bir eskalasyon (arttırım) tahmin yöntemi geliştirmektir. Sonuçta oluşturulan model ile, Louisiana otoyol yetkilileri tarafından, alternatif sözleşme yönetim stratejileri test etmek için kullanılabilen, daha da önemlisi, modelin gelecekte inşaat maliyetlerinin hesaplanmasına ve daha güvenilir inşaat programları üretilmesine olanak sağlanabilmektedir. Aynı zamanda, genel anlamda, sözleşme koşullarındaki sistematik değişiklikler, büyük ölçüde model tarafından özümsemekte ve modelin, gözlenen değerleri izleyerek, yıllık tahminler üretebildiği gözlemlenmektedir [41].

Ugwu ve Kumaraswamy, “Neural Network Based Decision Support for Estimating Cost of Highway Bridges” başlıklı çalışmada, sinir ağları kullanarak köprü maliyetlerini belirlemeye çalışmışlardır. Bu çalışma, 1942 ve 2001 yılları arasında oluşmuş köprü maliyetleri içeren bir veri tabanı kullanılıp, toplam 805 köprü projesini ele almıştır. Burada, YSA ve mevcut verilerin kullanılmasıyla kavramsal tasarım aşamasında, ilk yaklaşık proje maliyetinin otomatik kantitatif değerlendirilmesine yönelik bir karar destek sistemi geliştirilmiştir. Sonuçta bu çalışma, otoban yapılarındaki maliyet tahmininde bir YSA paradigmasının uygunluğunu ampirik bir araştırma olarak raporlamıştır. Sonuçlar göstermektedir ki YSA, geçmiş maliyet verilerinden öğrenebilir ve maliyet tahminlerini gayet iyi tahmin edebilir [42].

Pathak ve Agarwal, “Cost Prediction of Overhead Water Tanks Using Artificial Neural Networks” başlıklı makalede, Hindistan'ın Bhopal bölgesinde, su tanklarının maliyetini tahmin etmek için YSA kullanmıştır. Tankların maliyetini %3,16'lık bir hata payı ile tahmin ettiklerini bildirmişlerdir. Çalışma sadece tank maliyetlerinin çok hızlı tahmini için yararlı olmaktadır [43].

Bouabaz ve Hamami, “A Cost Estimation Model for Repair Bridges Based on Artificial Neural Network” başlıklı makalede, İngiltere'de köprü onarım maliyetlerini tahmin etmek için bir çalışma yürütülmüş ve %96 başarı oranı yakalandığı bildirilmiştir. Çalışmada, YSA yöntemi kullanılarak, İngiltere'de tatbik edilmiş 40 proje içeren bir veri seti kullanılmıştır [44].

Setyawati, Sahirman ve Creese, “Neural Networks for Cost Estimation” başlıklı

makalede, yapay zekâ yöntemleri aynı zamanda, bina projeleri maliyetlerini tahmin etmek için kullanılmıştır. Mevcut verilere dayalı olarak bina maliyetinin tahmininde YSA uygulanabilirliği üzerine bir çalışma yürütülüp, bu yöntemin performansını RA ile karşılaştırmışlardır. Elde ettikleri sonuçlara dayanarak maliyet uygulamalarında sinir ağları yöntemi kullanmanın umut verici olduğu sonucuna varmışlardır. Yaptıkları çalışmada, 41 alçak ve orta yüksekli binaya ait bir veri seti kullanılmıştır. Sonuç olarak maliyet uygulamalarında sinir ağları yöntemi kullanmanın umut verici olduğu sonucuna varılmıştır [45].

Kim, An ve Kang, “Comparison of Construction Cost Estimating Models Based on Regression Analysis, Neural Networks And Case Based Reasoning” başlıklı makalede, Kore konut inşaatı maliyetine ait 530 tarihsel veri seti tabanlı bir çalışma göstermiştir ki, vaka tabanlı muhakeme ve RA modelleri yerine bir YSA modeli kullanmakla daha doğru sonuçlar elde etmek mümkündür. Araştırmacılar bu çalışmada, inşaatın yapım yılı, brüt döşeme alanı, kat sayısı, birim toplam sayısı, temel tipi, çatı tipi, bodrum kullanımı ve ince iş sınıfı gibi 9 girdi değişken kullanmıştır [46].

Sönmez, “Conceptual Cost Estimation of Building Projects with Regression Analysis and Neural Networks” başlıklı makalede, İnşaat projelerinde kavramsal maliyetleri tahmin etmek için yapılan bu çalışmada, bakım merkezlerine ait mevcut tarihsel verileri kullanarak, RA ve YSA yöntemini karşılaştıran bir araştırma yürütmüştür. Sönmez’in yapmış olduğu her iki yöntemde de oldukça doğru tahminlerin sağlandığı sonucuna varılmıştır [47].

Cheng, Tsai ve Hsieh, “Web-Based Conceptual Cost Estimates for Construction Projects using Evolutionary Fuzzy Neural Inference Model” başlıklı makalede, GA’lar, BM teorisi ve YSA’lardan oluşan üç farklı YZ yöntemini, Evolutionary Fuzzy Neural Inference Model (EFNIM) denilen bir mekanizma altında birleştirerek yeni bir yöntem sunmuşlardır. Önerilen mekanizma, projelerin tasarım aşamasında, maliyetleri tahmin için Tayvan’da geliştirilmiştir. Sonuç olarak, GA’lar, BM ve YSA’larının doğasındaki avantajlar, EFNIM içine dahil edilerek, karmaşık problemlere en uygun çözümlerin tespitinde, bu modeli en uygulanabilir hale getirmektedir. Ayrıca, bu çalışma, proje yönetiminde, EFNIM, WWW ve tarihi

inşaat verisi entegrasyonu sağlayarak, Evrimsel Web tabanlı Kavramsal Maliyet Tahmincileri'ni (EWCCE) sunmaktadır. Gelişmiş EWCCE, projelerin erken evrelerinde kavramsal inşaat maliyetini daha doğru tahmin etmek için iki tür tahminci sağlamaktadır [48].

### 2.2.2. Mark-up

Liu ve Ling'in, "Modeling A Contractor's Mark-up Estimation" başlıklı çalışmasında, proje karakteristikleri, proje dokümanları, şirket karakteristikleri, ihale durumu, ekonomik durum ve işveren'den oluşan alt ana kriterler dikkate alınarak BSA (Bulanık Sınır Ağı) ve YSA teknikleri Matlab programı yardımıyla, mark-up tahminine yönelik bir model oluşturulmuştur. Modelde 3 örnek BSA ve YSA metotlarıyla hesaplanıp çıkan sonuçlar mukayese edilmiştir. BSA ile yapılan hesaplama sonucunda çok cüzi farklılıklar çıkmış olmasına karşın YSA yapılan hesaplamalarda mertbe farklılıkları ortaya çıkmıştır [50].

Liu ve Love, "Combining Rule-Based Expert Systems and Artificial Neural Networks For Mark-Up Estimation" başlıklı çalışmada, kurala dayalı uzman sistemiyle YSA dayalı uzman sistemini bütünleşmiş INMES (entegre artırım katsayısı tahmin sistemi) olarak adlandırılan bilgisayara dayalı bir ihale artırım katsayısı karar destek sistemini sunmuştur. Kurala dayalı uzman sistem ve YSA ile hibrid uygulama, yazarlara, yüklenici tarafından ihalede kullanacağı katsayıya karar verirken, deneyimi yakalayan ve dayatılan sınırlamaları tatmin eden bir katsayı tahmin sistemi geliştirmek için imkân sağlamaktadır. Ayrıca önerilen sistem, aslında müteahhitlere tahmini katsayı çıktısı ve sistem girişlerini göz önünde bulundurarak, kendi ihalelerinde karar verme, yani bir proje için teklif vermek veya vermemek husunda yardımcı olmaktadır [52].

Hegazy ve Moselhi, "Analogy-Based Solution To Mark-up Estimation Problem" başlıklı çalışmada, "backpropagation" YSA şebeke paradigmasının kullanılması suretiyle bir mark-up katsayısı tahmin modeli geliştirilmişlerdir. Mark-up tahmin süreci analiz edilmiş ve karar verme sürecini etkileyen özellikler belirlenmiştir. Kanada ve A.B.D.'deki müteahhitlerin mevcut ihale hazırlama uygulamalarıyla ilgili bilgi elde etmek için bir araştırma hazırlanmış, araştırmanın sonuçları iki YSA

modelinin yapılandırılması, tasarlanması, eğitilmesi ve test edilmesi amacıyla kullanılmıştır. İki modelin eğitilmesinden her ikisinin de eğitimde kullanılan örnek projeler kümesinden etkili bir şekilde öğrenebildiği sonucuna varılmıştır. Seçilen modelin genelleştirme özelliklerinin geliştirilmesi için otomatik şebeke optimizasyon prosedürü olarak GA'lar tekniği kullanılmıştır. GA tekniğinin kullanılması suretiyle şebeke ağırlıkları ve hataları daha iyi bir genelleşmeyi hedefleyecek şekilde optimize edilmiştir. Buna uygun şekilde tek şebeke yapısına ait iki YSA artırım katsayısı tahmin modelinin formüle edilmesi için kullanılmıştır. İlk şebeke elden alınan bilgilerle, ikincisi de GA prosedürünü kullanarak eğitilmiştir [53].

Liu ve Ling'in, "Using Fuzzy Neural Network Approach to Estimate Contractors' Mark-Up" ve "Modeling A Contractor's Mark-Up Estimation" başlıklı çalışmalarında, Mark-up tahmininde, BM ve YSA'ları metotlarını bir arada kullanarak BSA başlıklı bir kombinasyon kullanılmıştır. Ancak, önerilen bu model, evrensel olmayıp, dolayısıyla sadece bir müteahhit için tasarlanmıştır. Örnekle, FNN sisteminin etkili faktörler ve katsayı arasındaki karmaşık ilişkileri modellemenin mümkün olduğunu ve tahminin de kabul edilebilir bir doğrulukla elde edilebildiğini göstermektedir [50, 54].

### **2.2.3. Bütçe ve Nakit Akışı**

Chue, Loh ve diğerleri, "Networks for Construction Project Success" ve "Model for Construction Budget Performance - Neural Network Approach" başlıklı çalışmaları ile amaç, bir YSA yaklaşımı kullanarak başarılı bütçe performansı sağlanması ile ilişkili önemli proje yönetimi niteliklerini tanımlamak ve modelin, en önemli faktörler üzerinde daha önceden görünmeyen verileri ve eksik bilgileri bile verebildiğini görmektir. Model ile çeşitli yönetim stratejileri geliştirmek ve böylece kaynakların verimli bir şekilde dağıtılmasını sağlayarak, proje yönetiminin bu yönlerini güçlendirmek için kullanılabilirliğini araştırmak hedeflenmiştir. Sonuçta, elde edilen model, projede başarıya ulaşmak için alternatif yönetim stratejileri etkinliğini değerlendirip kullanılabilirliğindedir. Model, test sırasında, bütçe performansı için çok iyi tahminler vermekte ve örneklerin %90'dan fazlası beklenenden bir derece daha fazla sapma oluşturmamaktadır [56, 83].

Boussabaine ve Kaka, “A Neural Networks Approach for Cost Flow Forecasting” başlıklı çalışmada hedef, inşaat projelerinin nakit akışı tahmininde YSA kullanımının fizibilitesini araştırmak ve nakit akışı tahmin ihtiyacını açıklayarak, varolan modellerin bu konuda kısıtlı olduğunu göstermektir. Sinir ağlarının, matematiksel ve istatistiksel yöntemlere alternatif bir yaklaşım olabileceğini izah etmektir. Test sonuçları çok ümit vericidir, ancak sinir ağları yaklaşımının geleneksel yöntemlerden daha doğru sonuçlar elde ettiğini ispat için daha fazla test yapılması gerekmektedir [57].

Chao ve Skibniewski, “Estimating Construction Productivity: Neural-Network-(NN) Based Approach” çalışmada, S-çizimleri oluşturulmasında, sinir ağları kullanarak bir çalışma yapmışlardır. Ancak, bu çalışmada kullanılan veriler, tek bir müteahhidin verilerine dayandırılmıştır. Test sonuçları göstermiştir ki, NN yaklaşımı, sınırlı bir veri toplama çabası ile yeterince doğru bir tahmin üretebilir ve inşaat verimlilik tahmini için etkili bir araç olma potansiyeline sahiptir [58].

## **2.3. Sözleşme Yönetimi**

### **2.3.1. Talep Yönetimi**

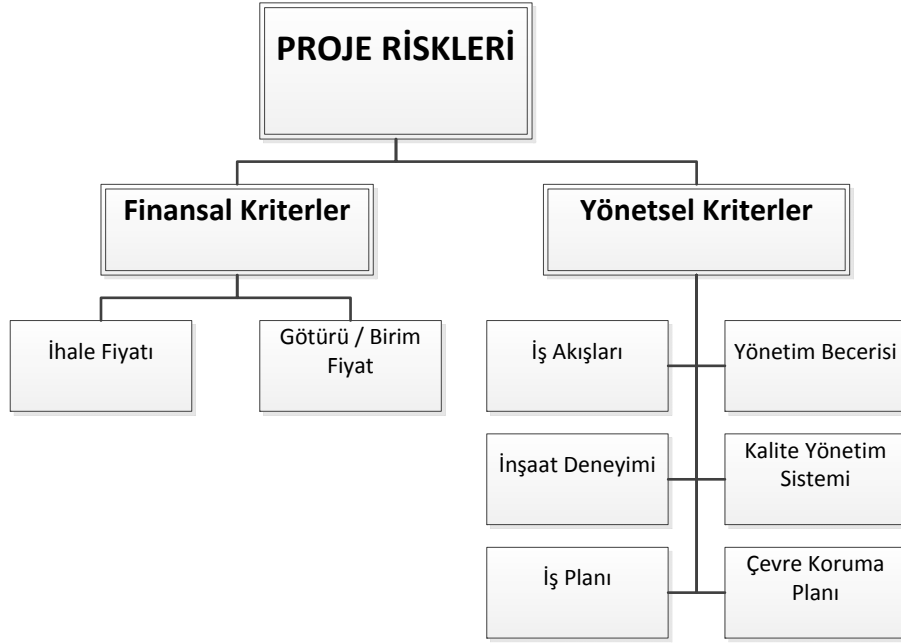
Sözleşmenin yorumu, işveren tarafından yapılan değişiklikler, işi hızlandırma ve durdurma, farklı şantiye şartları gibi konularda, işveren ve yüklenici arasında anlaşmazlıklar çıkabilir. Arditi, Oksay ve Tokdemir, “Predicting The Outcome Of Construction Litigation Using Neural Networks” çalışması ile, inşaat dava sonuçlarını tahmin etmek için YSA kullanmışlardır. Bu veriler kullanılarak bir ağ eğitilip, % 67 oranında tahmin doğruluğu elde edilmiştir [59].

### **2.3.2. İhale Metodu Seçimi**

Fayek, “Competitive Bidding Strategy Model and Software System for Bid Preparation” başlıklı çalışmada, rekabetçi bir teklif stratejisi açısından, kar marj hesaplanmasının yapılmasına yönelik PRESTTO başlıklı bir yazılım geliştirmiştir. Yazılımda, rekabetçi bir teklifle en iyi marj oranını hesaplamak için, BM teorisi temelli bir metodoloji kullanılmıştır [60].

Lam, Tiesong ve diğeri, “A Fuzzy Neural Network (FNN) Approach for Contractor Prequalification” başlıklı çalışmada, BSA yaklaşımıyla, Hong Kong inşaat projelerinde yüklenici ön yeterlilik tespitinin yapılabilmesini sağlayacak bir model ortaya koymuşlardır. Bunun için yüklenici yeterliliğinde tarafsızlığı geliştirmek amacıyla bulanıklık kümesi ve sinirsel ağ teorilerini birleştiren bir BSA modeli geliştirilmiştir. Sonuçlar göstermiştir ki, yüklenici yeterlilik seçiminde, sinirsel ağ yaklaşımı uygulanabilir ve BSA modeli, GFNN modele göre daha faydalıdır. Bulanık sinirsel ağ, yüklenici yeterliliği seçiminde modelleme için pratik bir yaklaşımdır [87].

Yawei, Shouyu ve Wiantian’ın, “Fuzzy Pattern Recognition Approach to Construction Contractor Selection” başlıklı çalışmada, yüklenici seçimi probleminin çözülmesi için çok aşamalı bir BM tanımlaması önerilmiştir. Değerlendirmeleri, deneyimleri ve tercihleri bütünleştiren bu çalışma nitelik kriterlerinin kümesi hakkında karar verilmesi için eşli karşılaştırma metodunu kullanmaktadır. Bu yaklaşımın fizibilitesinin ortaya konması için bir kanal inşaat projesi için bir araştırma kullanılmıştır. İnşaat projesi için yüklenici seçimi karmaşık ve çoklu kriterlere dayanan bir karar verme problemi olup özellikle de yüksek riskli inşaat projeleri için çoklu kriterleri göz önüne alabilecek yüklenici seçme tekniklerine ihtiyaç duyulmaktadır. Karar verenlerin deneyimlerinin, bilgilerinin ve tercihlerinin dahil edilmesiyle hem nitel hem de nicel kriterlerin, nitel kriterlerin göreceli üyelik derecelerinin ve kullanılmasına imkan veren bir model geliştirilmiştir. Mütahhit seçimi için iki aşamalı bir tanıma yapısının uygulandığı metodolojinin ortaya konması için Çin’de bir kanal inşaat projesinin yüklenici seçimiyle ilgili bir inceleme gerçekleştirilmiştir ve son olarak Multiple-layer Fuzzy Pattern Recognition (MFPR) yaklaşımının yüklenici seçimi için uygunluğunu ve kullanılabilirliğini ortaya koymak için üç karar verme yetkisine sahip kişinin düşüncelerine yer verilmiştir. Şekil 3’te gösterilen kriterler doğrultusunda 1. katmanda değerlendirme, 2. katmanda kriterler ve bu kriterlere bağlı faktörler değerlendirilmiştir. 2. katmandaki finansal kriterler seti ve teknik ve yönetsel kriterler seti olmak üzere iki ana kriter üzerinde hesaplama yapılmıştır [61].



Şekil 3: Kanal İnşaat Projelerinde, hiyerarşik yüklenici seçim kriterleri

Kahraman, Cebeci ve Ulukan'ın, "Multi Criteria Supplier Selection Using Fuzzy AHP" başlıklı çalışmasında, belirlenen kriterler doğrultusunda, bulanık analitik hiyerarşinin (AHP) kullanılarak, en iyi tedarikçi firmanın seçilmesi amaçtır. Türkiye'deki bir beyaz eşya imalatçısının satın alma yöneticileriyle görüşmeler yapılmak suretiyle ve anket ile yöneticilerin tedarikçi firmaları seçerken, ürün performansı, servis performansı ve maliyet performansı göz önünde bulundurarak tedarikçi firmaların seçilmesine yönelik bir model geliştirilmiştir. Kişiler genellikle net AHP'deki değerlendirme puanlarını atamada kararsızdırlar. Bulanık AHP bu zorlukların üstesinden gelebilmektedir [62].

#### 2.4. Risk Yönetimi

Pery ve Hayes, "A Proposal for Construction Project Risk Assessment Using Fuzzy Logic" başlıklı çalışmada, inşaat sektörünün riskler nedeniyle sıkıntılar yaşaması ve genellikle de bunun sonucu olarak kötü performans sonucuyla karşılaşmıştır. Bu sorunun hafifletilmesi için mevcut çeşitli risk yönetim teknikleri bulunmaktadır ama genellikle bunlar 1960'larda geliştirilmiş olan operasyonel araştırma tekniklerine dayanmakta olup çoğunlukla proje müdürlerinin ihtiyaçlarını karşılamakta zorlanmışlardır. Yapılan bu çalışma ile resmi bir niteliksel risk değerlendirme



modelinin geliştirilmesi için bir hiyerarşik risk dağılım yapısı kullanılmıştır.

Risk tanımlaması ve sınıflandırması için hiyerarşik bir risk hiyerarşi yapısı oluşturulmuştur. Riskleri tutarlı bir şekilde sayıya dökülebilmek amacıyla, bunların meydana gelme olasılıklarının ve etkilerinin tanımlanması için risklerin ve hareketlerin sınıflandırmasına göre ortak bir dil geliştirilmiştir. Risk faktörleri, riskler ve bunların sonuçları arasındaki ilişkiler geliştirilmiştir ve neden-sonuç diyagramları üzerinde temsil edilmiştir. Ayrıca, risk kaynaklarıyla proje performansı önlemlerinin sonuçları arasındaki ilişkilerin belirlenmesi için BM uygulanmıştır. Bu risklerin linguistik tanımlamalarının proje müdürleri tarafından modellenmesine ve sayıya dökülmesine imkan sağlamıştır. Son olarak risk unsurlarının bulanık tahminlerine dayalı olarak zaman, maliyet, kalite ve bir projenin güvenlik önlemlerinin sonuçlarını düşünerek riske maruz kalmanın değerlendirilmesi için bir metodoloji sunulmuştur.

Bu metodoloji geliştirilen fikirlerin test edilmesi için bir prototip risk yönetimi yazılım paketinde uygulanmış ancak, bu şekilde bir sistemin uygulanmasının en iyi yolunun belirlenmesi ve önerilen diğer kavramların geliştirilmesi ve doğrulanması için çalışmalar devam ettiği vurgulanmıştır [19].

Carr ve Tah, "A Fuzzy Approach to Construction Project Risk Assessment and Analysis: Construction Risk Management System" başlıklı çalışmada, kalitatif risk değerlendirmesi açıklamalarının matematiksel olarak modellenebilirliğini sağlamak için bulanık küme teorisini kullanmışlardır. Çalışmalarında, zaman, maliyet, kalite ve güvenlik değişiklikleri açısından riskleri temsil eden bir yöntem geliştirmişlerdir [63].

Tah ve Carr, "Using Fuzzy Risk Assessment to Rate Cost Overrun Risk in International Construction Projects" isimli çalışmada, maliyet tahmini belirlemek için, bulanık risk değerlendirmesi yaklaşımı ile risk derecelendirmesini yok eden bir metodoloji önermişlerdir. Belirli bir yüklenici için tasarlanmış olmasına rağmen, araştırmacı bu yöntemin diğer şirketler için de uyarlanabilir olduğunu belirtmiştir [24].

## 2.5. İş Geliştirme Yönetimi

“Bir Türk İnşaat Firmasının Uluslararası Pazarda Çalışabileceği En Uygun Ülkenin Analitik Hiyerarşi Ve YSA Yöntemleriyle Belirlenmesi” başlıklı çalışmada, projenin yapılacak ülkenin, ekonomik durumu, risk seviyesi, ülkenin inşaat talebi, Türkiye’ye uzaklığı, fon bulunabilirliği, dinsel kültürel yakınlık, rekabet yoğunluğu gibi veriler dikkate alınıp, mevcut alternatifler, firma amaçları ve karar kriterleri de dikkate alınarak değerlendirilip en iyi seçeneğin bulunması hedeflenmiştir. Analitik hiyerarşi prosesi ile geçmiş yılların deneyimini kullanan YSA metoduyla, uluslararası pazardaki bir Türk firmasına karar destek modeli geliştirilmiştir. Analitik hiyerarşi metoduyla üç ülkeden en çekici olanının seçimi yapılmıştır [91].

Model ile pazar belirlemede en önemli kriterin sırasıyla ülkedeki yapı inşaat talebi, ülkedeki rekabetin yoğunluğu ve ülkenin ekonomik durumu olduğu bulunmuştur. YSA metoduyla ise pazar çekiciliğinin sırasıyla ülkede fon bulma imkânına, yapı inşaat talebine, rekabet yoğunluğuna ve ülkenin ekonomik durumuna bağlı olduğu anlaşılmıştır [91].

## 2.6. Kalite Yönetimi

Portas ve AbouRizk, “Neural Network Model For Estimating Construction Productivity” başlıklı çalışmada, beton kalıp işlerinde verimlilik tahmini yapmak için sinir ağları kullanmıştır. Yöntem, aynı yüklenici tarafından geliştirilen mevcut istatistiksel modellerle kıyaslanmış ve elde edilen tahminlerin kalitesinin yükseldiği anlaşılmıştır [66].

Sonmez ve Rowings’in, “Construction Labor Productivity Modeling with Neural Networks” başlıklı çalışmasında, YSA, inşaat işgücü verimliliği tahmini için kullanılmıştır. Bu makalede, verimlilikte çeşitli faktörlerin etkisinin kantitatif değerlendirilebilmesi için, RA ve YSA modelleme teknikleri üstüne kurulu bir metodoloji kurgulanmıştır. Sinir ağları kullanımı, genel modelleme sürecine yardımcı olmaktadır. YSA, çeşitli faktörlerin etkilerinin kantitatif değerlendirilmesinin verimlilik üzerindeki potansiyeli açıktır. Bu özellikle etkileşimler ve doğrusal olmayan ilişkiler mevcut olduğunda doğrudur [67].

AbouRizk, Knowles ve Hermann, “Estimating Labor Production Rates for Industrial Construction Activities” başlıklı çalışmada, endüstriyel inşaat faaliyetlerinde işgücü üretim oranlarının tahmini için iki aşamalı YSA analizi kullanmıştır. Yöntemlerinin, verimlilik çarpanını %84 kombine zamanda ortalama gerçek değerinin %15’inde tahmin ettiğini bildirmişlerdir. Ayrıca, “endüstriyel bir senaryo için pratik uygulamada YSA’larının uygulanmasına yönelik en belirgin (ve iddialı) bakış açılarının (1) giriş faktörlerinin belirlenmesi, (2) eğitim için ilgili yeterli veri toplanması” olduğu sonucuna varmışlardır [68].

Karshenas, Chao ve Ok, “Application of Neural Networks in Earthmoving Equipment Production Estimating”, “Estimating Construction Productivity: Neural-Network-Based Approach” ve “Construction Equipment Productivity Estimation Using Artificial Neural Network Model” başlıklı çalışmalarda, hafriyat ekipmanlarının üretim hızını tahmin etmek için YSA yöntemini kullanmışlardır. Çalışmalarda, YSA’ların hafriyat ekipmanlarının üretim oranının hesaplanmasında, sağlam bir araç olduğu sonucuna varılmıştır [69, 70, 71].

Leung ve diğerleri, “Comparative Study Of Artificial Neural Networks And Multiple Regression Analysis For Predicting Hoisting Times Of Tower Cranes” ve “Modelling Hook Times Of Mobile Cranes Using Artificial Neural Networks” çalışmalarında, Hong Kong’ta, kule ve mobil vinçlerin kaldırma süreleri ve kancalama süreleri üzerinde çalışmışlardır. İkinci çalışmada, Leung ve diğerleri mobil vinç kancalama süresi tahmininde 3 farklı YSA metodolojisi kullanmıştır. GA destekli genel regresyon sinir ağı (GRNN) modelinin, kancalama süresinin lineer olmayan soyut doğasını anlatan en umut verici model olduğu belirtilmiştir [72, 73].

Zayed ve diğerleri, “Assessment Of Productivity for Concrete Bored Pile Construction”, “Process Versus Data Oriented Techniques in Pile Construction Productivity Assessment” ve “Pile Construction Productivity Assessment” çalışmalarında, yerinde döküm kazıklarda, verimlilik değerlendirmesi için sinir ağı yöntemini uygulamışlardır. Bu çalışmalar, YSA kullanılarak kazık yapımında, bu sorunları teşhis etmek ve verimlilik, çevrim süresi, ve maliyetleri değerlendirmek için tasarlanmıştır. Sonuçta, uygulayıcıların kullanımı için kazık inşaatlarında zamanlama ve fiyat yapabilmeye yönelik bir takım liste setleri sağladığı sonucuna

varılmıştır [74, 75, 76].

## 2.7. Diğer

Bagnori ve Smith, “The Theory of Fuzz Logic and its Application to Real Estate Valuation” başlıklı çalışmada, gelir getiren bir gayrimenkul ile ilgili, bir BM uygulamasını ortaya koymaktadır. Gayrimenkulün konumu, fiziksel şartları, mimari planı, makine ekipman durumu, ilave servis ve tesisleri, cazibe düzeyi ve satış tutarı faktörleri dikkate alınmak suretiyle, YZ metotlarından BM yöntemi kullanılarak, gayrimenkul yönetimi için gayrimenkul karar destek sistemlerinin gelişmesi ve gayrimenkul performansının değerlendirilmesi sağlanmaya çalışılmıştır. BM uygulamaları için potansiyel, "sert" bilimlere görece sosyal bilimler için eşit ya da daha fazla gibi görünmektedir. Oluşturulan modelin sonuçları hakkında, münferit veya kıyaslamalı herhangi bir bilgi aktarılmamıştır [77].

Barai, “Neuro-Fuzzy Models for Constructability Analysis” başlıklı çalışmada, sinirsel bulanık modellere dayalı olan ve inşaat yapılabiliğinin değerlendirilmesi amacıyla geliştirilmiş olan backpropagation (BP) ve Fuzzy ARTMAP başlıklı makalelerde öğrenme modelleriyle ilgili karşılaştırmalı araştırmalar sunmaktadır. Bu modeller sadece geleneksel makine algoritmalarını uygulamakla kalmayıp, aynı zamanda eksik bilgileri de daha iyi doğruluk derecesiyle vermektedir. Şebekenin performans değerlendirmesi geleneksel istatistik testlerinin kullanılmasıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda Bulanık ARTMAP modelinin performansının BP modeline göre çok daha iyi olduğu ortaya konmuştur. Çalışma kapsamında elde edilen somut veriler hakkında bir bilgi verilmemiştir [78].

Lau, Oang ve Wong, “Methodology for Monitoring Supply Chain Performance: A Fuzzy Logic Apporach” başlıklı çalışmada, bir tedarik zinciri şebekesinin izlenmesinde BM kullanılmasının metodolojisi açıklanmıştır. Bu sistemde açıklanan benzeri olmayan özellik, tedarik zinciri konuları ve özellikle de performansa dayalı olarak sipariş miktarlarının ayarlanması sırasında tedarikçilerin performansının izlenmesi ile ilgilidir. Bu model tedarik zinciri yönetimine yapay zekâ uygulanmasının kullanılmasını artırmaya hizmet etmektedir ve bu nedenle bir tedarik zinciri şebekesi içerisinde tedarikçilerin performansının izlenmesi konusunda daha

fazla araştırma yapılması için bir platform sağlamayacak niteliktedir [79].

Nguyen ve Shehab, “Selecting An Arhitectre-Engineering Team by Using Fuzzy Set Theory” başlıklı çalışmada, bir Mimarlık Mühendislik (MM) Ekibinin karar verenler tarafından tanımlanan kriterlere uygun olarak yeteneklerinin değerlendirilmesi için bir değerlendirme metodu sunmayı amaçlamıştır.

Tasarım/metodoloji/yaklaşım – Teklif edilen bir ihale fiyatına ilave olarak potansiyel bir MM ekibinin değerlendirilmesi de finansal güçlülük, deneyim, uzmanlık, bulunabilirlik, kişilik uyumu gibi diğer kriterlere dayandırılmalıdır. Farklı karar kriterlerinin, bunların alt kriterlerinin ve birleşimlerinin bir arada, bulanık küme teorisini kullanarak göz önüne alındığı bir seçim modeli geliştirilmiştir. Araştırmada ayrıca inşaat projesi için en uygun MM ekibinin seçilmesi için modelin uygulanmasının ve değerlendirilmesinin gösterilmesi için tanımlayıcı bir örnek de verilmiştir. Çalışma sonucunda önerilen değerlendirme modelinin, karar verenlerin MM teklif verenlerinin performansları hakkında daha gerçekçi nitelik ve linguistik terimleri kullanarak, fikirlerini belirtmelerine izin verdiğini ve bulanık karar verme metodunun karar verenlerin özelliklerini daha iyi değerlendirmelerine ve projenin başarısız olma riskinin minimize edilmesi için en iyi firmanın seçilmesine yardımcı olabilen bir araç olduğunu göstermiştir [80].

Chao, Sawhney ve diğerleri, “Neural Network Method of Estimating Construction Technology Acceptibility” ve “Adaptive Probabilistic Neural Network-Based Crane Type Selection System” çalışmalarında, teknoloji seçimi için, YSA temelli yöntemler ve araçlar önerilmiştir. İnşaat süreçlerinde, vinçlerin merkezi rolü nedeniyle, sektördeki uzmanlar vinç seçiminde yapısal yöntemler ve yazılım geliştirmek için işbirliği yaparak, prototip entegre vinç seçim aracı olarak IntelliCranes’in vinç tipi seçim özelliklerini, vinç tipi ve vinç modeli seçimi prosesinde her ikisi için de, ilgili inşaat çalışmasını bir dizi girdiler dikkate alarak anlatırlar. IntelliCranes, YSA’ları gibi, tarihsel veri ve gelişmiş YZ hesaplama araçlarını kullanarak vinç tipi seçimini otomatikleştirir. Vinç tipi ve vinç model seçimi, kapsamlı bir vinç seçim aracı içine sorunsuz olarak entegre edilmiş ve benzer durumlar için vinç seçiminde tutarlılık artmıştır [81, 82].

Yukarıda yapay zekâ metotlarından “Neural Network” ve “Fuzzy Logic” çerçevesinde yapılan çalışmalara değinilmiştir. Model tasarımında problemin tarif edildiği ikinci bölümde belirtilen çalışmalara ilaveten, “Contingency”, “Mark-up” ve “Overhead” başlıkları çerçevesinde araştırma yapılarak, tespitler model tasarımında dikkate alınmıştır.

## **2.8. Mevcut Çalışmaları Karşın Gelecekteki İhtiyaçlar**

Yukarıdaki bölümlerde, inşaat proje yönetiminin farklı bilgi alanlarında, YZ metotlarından, YSA ve BM ve GA’lar kullanılarak yapılan çalışmaların, amaç ve sonuçları tespit edilmiştir.

İnşaat proje yönetiminin muhtelif alanlarında, yapay zekâ yöntemleri araştırmacıların önemli ölçüde dikkat ve ilgisini çekmiştir. YZ metotları, tek tek veya birleşik olarak, araştırmacılar tarafından çeşitli sorunları çözmekte kullanılmıştır. Bu nedenle, önceki bölümlerde özetlendiği üzere, inşaat proje yönetiminin muhtelif alanlarında YZ yöntemleri kullanarak gerçekleştirilen önemli derecede değerli çalışma vardır.

Gözden geçirilen araştırma çalışmalarından çıkan sonuçlar: Yeterli ve sağlıklı verilerin kullanılabilirliği, modelleri test etmek ve çalıştırmak için çok önemlidir. YSA ve BM modellerinin her ikisi de, sınırlı miktarda veri ile çalışabilir olmasına rağmen, sonuçta daha iyi bir tahmin yapılabilmesi için, oldukça fazla veri gerektiğidir. Aksi takdirde, elde edilen sonuç, gerekli hassasiyete sahip olmayabilmektedir. Diğer taraftan, şantiyelerde veri toplama işi ülkeden ülkeye ve hatta firmadan firmaya değişmektedir. Bu nedenle, veriyi doğru, belirli bir format ve içerikte toplamak, inşaat proje yönetimi kapsamında hazırlanması gereken tüm raporların başarısı için gerekli olduğu gibi, YZ yöntemlerinin kullanılması suretiyle geliştirilen modellerden daha sağlıklı sonuçlar elde edilebilmesi için veri toplama yöntemleri üzerinde hassasiyetle durulması gerekir.

Bu noktada, şunu kaydetmek gerekir ki, literatür araştırmasında tespit edilen birçok araştırma, tek bir coğrafi konumaa ait verilere dayanmaktadır. Bu nedenle, kullanım için modellerin çoğunun, bir konumdan bir diğerine transfer edilebilmesi uygun olsa da, bunların birçok ülkede başka model ayarlamaları olmadan kullanımı pek de

sonuç alıcı olmayabilir.

### **3. PROBLEMİN TARİFİ**

İnşaat projelerinin teklif ve bütçe çalışmalarında doğru maliyet tahmininde bulunulmasının zorluklarından dolayı satış tutarları ve karlılık analizleri gerçekçi hesaplanamayabilmektedir. Hesaplanamayan bu maliyetlerden kaynaklanan öngörülemeyen hususlar için, hesaplanabilen maliyetlerin üzerine belirli bir öngörülemeyen maliyet (contingency) veya risk yüzdesi ilave edilmektedir.

Bu öngörülemeyen maliyet, imalat maliyetlerinden kaynaklandığı gibi endirekt maliyetlerden de kaynaklanabilmektedir. Öngörülemeyen bu belirsizlikleri, özellikle teklif aşamasında matematiksel veriye dönüştürülmesinde yaşanan zorlukların yanı sıra, işin alınması durumundaki master plan, bütçe çalışmalarında da benzer zorluklar yaşanarak, gerçekçi maliyet tahmininde bulunulamamaktadır.

Maliyet tahminindeki bu güçlükler, seçilen maliyet tahmin yöntemi, kontrol dışı bilgi eksikliğini, subjektif bilgilerin değerlendirilmesi, proje riskleri ve karakteristik özelliklerinin belirsizliği ve direkt ve endirekt maliyet ayrımının yapılamamasından kaynaklanabilmektedir.

Bu bölümde, teklif ve bütçe çalışmalarında, maliyet analizlerinde çekilen güçlükler tariflenecektir. Belirsizliklerin geçmiş proje bilgilerinden elde edilen deneyimler ile uzman görüşlerinin de dikkate alınması suretiyle, matematiksel veriye dönüştürülmesini sağlayan bir model ortaya konulacaktır.

#### **3.1. Maliyet Tahmin Yöntemlerindeki Hatalar**

Seçilen maliyet tahmin metodu ve yapılan hesaplamaların doğruluğu, projenin hangi aşama bulunduğu ve projede yer alınan taraf (yatırımcı, müşavir, ana yüklenici, tedarikçi, tasarımcı) açısından çok önemlidir. Projenin başlangıç, (fizibilite, tasarım, ihale, teklif) master plan, uygulama ve kapanış aşamasında yer alındığı ve yatırımcı,



işveren, yüklenici, alt yüklenici, tasarımcı olarak projenin hangi tarafı için hesap yapıldığı çok önemlidir.

Birim fiyat analizi, parametrik yöntemler, m<sup>2</sup> maliyet tahmini, YZ uygulamaları, T.C. Devlet İstatistik Enstitüsü (DİE), Maliye Bakanlığı veya mesleki odaların hazırladığı m<sup>2</sup> maliyet verileri, R.S Means maliyet verileri gibi farklı maliyet tahmin yöntemleri veya verileri bulunmaktadır.

Proje maliyet tahmininin doğru yapılması, maliyet analizi esnasında kullanılan yöntemin doğruluğuyla ilintilidir. Fizibilite esnasında mertebe tayini için m<sup>2</sup>, parametrik yöntemler ve YZ metotları kullanılabilir. Ancak maliyetin gerçekçi hesaplanabilmesi metrajların ve birim fiyat analizlerinin tek tek analiz edilmesini gerektirmektedir.

T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Yapı Yaklaşık Maliyet verileri incelendiğinde, her yıl, yapı tiplerine göre birim m<sup>2</sup> inşaat maliyetlerinin yayımlandığı görülecektir. Bu maliyetler yapı tipine, o yıl tamamlamış olduğu ve kesin hesapları olan projelere ait maliyet ortalamalarının alınması ile elde edilen verilerdir. Bu veriler, maliyet mertebe tayinine yönelik kullanılabilir. (Bkz. EK A)

Bayındırlık Bakanlığı'na ait m<sup>2</sup> maliyet bilgileri, birbirine çok yakın yapı tipine sahip iki farklı projenin maliyetleri arasında ciddi mertebe farklılıkları doğurabilmektedir. Bu yüzden, Bayındırlık Bakanlığı'nın yayınladığı m<sup>2</sup> maliyet bilgileri ile yapılacak tahmin, yanılgılara sebebiyet verir. Örneğin 60.000 m<sup>2</sup> iki farklı projeyi ele alalım. 1. Proje 5 katlı muhtelif tip bloklardan oluşan bir konut projesi ile 40 katlı, 2 bloklu bir konut projesini mukayese ettiğimiz zaman, Bayındırlık Bakanlığı yapı yaklaşık maliyetleri esas alındığı zaman yaklaşık maliyet aynı çıkacaktır. Ancak bu çok büyük hatalara sebebiyet verebilecek bir durumdur.

R.S. Means verilerini, Bayındırlık Bakanlığı birim m<sup>2</sup> maliyet bilgilerine paralellik göstermekle beraber çok daha kapsamlıdır. ABD menşeli R.S. Means Company verileri ile maliyet tahminin hesaplamaları da yapılabilmektedir. Özellikle Amerikalı müşavir firmaların yer aldığı Ortadoğu ve Körfez bölgesindeki projelerde R.S Means kodlama sistemi yaygın olarak kullanılmaktadır.

R.S. Means 1994 ve R.S. Means 2004 versiyonları 16 ve 44 seviyeli iş kırılımı altında imalat bilgilerini 4 seviyede gruplamış ve en son seviyede imalat pozları tariflenmiştir. Tüm imalatların eyalet (bölge), yapı tipi ve yıl gibi parametrelere göre farklı fiyatların da yer aldığı maliyet veri tabanından hareketle, maliyet tahmin çalışmalarında bulunmak mümkündür.

R.S. Means birim maliyet verileri kullanılarak, sadece tanımlanmış yapı tipi ve bölgelerdeki projelere ilişkin bir tahmin çalışması yapılabilir. Örneğin R.S. Means verileri kullanılarak Türkiye'deki bir projenin, Bayındırlık Bakanlığı veya DİE verileri kullanılarak Orta Doğu'daki bir projenin maliyet tahmini yapılmasında gerçekten oldukça uzak sonuçlara ulaşılabilir.

DİE inşaat maliyetine yönelik indeksler üretmektedir. Bu bilgiler, inşaat maliyetinin farklı dönemlere göre değişim oranlarını göstermektedir. (Bkz. EK.B) Bu indekslerden de maliyet tahmin çalışmalarında yararlanılabilmektedir.

### **3.1.1. Toplam Maliyet Tahmini**

Teklif hazırlığında, ihale (i), avans (a), kati teminat masrafları (t), mukavele (m), sigorta (s), kredi (k), vergi (v), finans masrafları (f) ile prim (p) ve diğer masrafların (d) üzerine genel gider ve risk konulduktan sonra teklif tutarı hesaplanmış olmaktadır. Bu durumda teklif fiyatına bağlı masraflar, [29]

$$h = i + a + t + m + s + k + v + f + p + d$$

eşitliği ile elde edilebilir. Genel Giderler (G), Riskler (r), İmalat Maliyet (M) olmak üzere, parametrik yöntemle hesaplananan kar hariç toplam teklif tutarı denklemi ise aşağıdaki gibi olacaktır [29],

$$T = M(1 + G/M) * (1 / (1 - ((1 + r) - h)))$$

Burada belirtilen (r), geçmiş projelerden elde edilen deneyimlerden hareketle, uzmanlar tarafından belirtilen bir orandır. (h) ise teklife bağlı giderlerin teklif toplamına oranıdır ve hesaplanan bir değerdir.

### **3.1.2. Birim Maliyet Analizi Yöntemi ile Maliyet Tahmini**

Birim maliyet analizi yöntemi ile maliyet tahmininde bulunabilmek için, tasarımın belirli bir seviyeye gelmiş olması gerekir. Kullanılacak bir kodlama yöntemi ve iş kırılımı doğrultusunda imalatlar pozlanıp metrajları hesaplanmakta, birim fiyat, götürü, işçilik taşeronu, malzemeli işçilik taşeronu gibi yapım metodu doğrultusunda yapılacak imalat maliyet analizleri ve bunlara endirekt maliyet analizlerinin ilave edilmesi ile maliyet hesaplanmaktadır. Piyasa araştırması ve metraj çalışmalarında yapılması muhtemel yanlışlıklar gözönünde bulundurulduğunda dahi, en gerçekçi maliyet tahmini yöntemi budur.

### **3.1.3. Parametrik Yöntem ile Maliyet Tahmini**

R.S. Means veya Bayındırlık Bakanlığı gibi kuruluşların yayınladığı maliyet tahmin verilerinin kısıtları olmaksızın, hangi yapı tipi, konum ve proje tarafı açısından bakılırsa bakılsın, en gerçekçi maliyet tahmin çalışması yapılmaktadır.

Binalarda biçim, boyut ve  $m^2$  maliyet ilişkisine dayalı maliyet tahminine ilişkin modeller üzerinde de çalışmalar yapılmıştır. Önerilen model, proje maliyetinin, tasarımı bitmiş projeler üzerinde etkin olmasına karşın, yapılarda  $m^2$  maliyetin, tasarım tamamlanmadan önce de (biçimsel, boyutsal veriler ve kabuk maliyet enformasyonuna dayanılarak) proje süreci boyunca, önemli ölçüde izlenebildiği ve maliyet tavanı altında tutulduğu sonucuna varılmıştır [16]. “Binalarda biçim, boyut ve  $m^2$  maliyet ilişkisine dayalı bir maliyet denetim yöntemi” başlıklı çalışmada, diğer yöntemler ile mukayese edildiği zaman sağlıklı bir yöntem olmadığı, çok daha global yaklaşımlar elde edilebileceği görülmektedir.

#### **3.1.3.1. Maliyet Tahminlerinin Doğruluk Seviyeleri**

“Estimating for Builders and Quantity Surveyors” çalışmasında yer alan [17], inşaat yapım sürecindeki maliyet tahmin aralığından esinlenerek, Şekil 4’teki gibi proje aşaması, maliyet tahmin aralığını gösteren grafik oluşturulmuştur.

İLK TAHMİN		TASARIM	TEKLİF	PLANLAMA	UYGULAMA	EK TALEPLER
BAŞLANGIÇ				PLANLAMA	UYGULAMA	KAPANIŞ
FİZİBİLİTE		TASARIM	TEKLİF	SÖZLEŞME	UYGULAMA	EK TALEPLER
İlk Tahmin	Alterantif Öneriler					
Maksimum						
Maliyet						
Minimum						
						GERÇEKLEŞEN MALİYET

Şekil 4 İnşaat Yapım Sürecinde Maliyet Tahmin Aralığı

Şekil 4’de görüldüğü gibi, projenin gerçek maliyeti, planlama aşamasında % 90-95 mertebelerinde tahmin edilmekle beraber, projenin sonuna kadar %100 doğrulukta tahmin edilememektedir. Projenin başlangıç, planlama veya uygulama aşamalarına göre, yüklenici, yatırımcı veya alt yüklenici olma durumuna göre, proje yönetim döngüsü içerisinde seçilecek tahmin yöntemi, gerçekçi maliyet tahmin hesabı için son derece önemlidir.

### 3.2. Kontrol Dışı Bilgi Eksikliği ve Subjektif Bilgilerin Değerlendirilmesindeki Yanlışlıklar

İhale dokümanlarının yeteri düzeyde olmaması, tasarım detaylarının eksikliği, kullanılacak malzeme ve uygulama şartnamelerinin eksikliği, işveren ve proje karakteristik özelliklerinin ve piyasa koşullarının tam olarak bilinmemesinden ötürü belirsizlikler artmakta ve maliyet tahmini zorlaşmaktadır.

Bu belirsizlikler için farklı deneyim düzeyine sahip yönetici ve teknik personel bir birine taban tabana zıt değerlendirmeler yapabilmektedir. Subjektif değerlendirmelerle alınan bu kararların, proje belirsizlikleri beraberinde gerçekle bağdaşmayan ve çok farklı sonuçları beraberinde getirmektedir.

### **3.3. Proje Risklerinden Kaynaklanan Faktörler**

Firmalar, uzun vadede hayatiyetlerini devam ettirebilmeleri için zaman zaman yüksek riskli projeleri üstlenmek durumunda kalabilmektedirler. Öngörülemeyen maliyetler bir anlamda projede üstlenilen risklerin maliyetini ifade etmektedir. İnşaat sektörünün yapısal özellikleri, risk yönetimi açısından son derece önemlidir. Çünkü inşaat sektöründeki olası risklerin teklif, planlama veya uygulama aşamaları için tanımlanması, süre ve maliyet etki analizlerinin yapılması çok önemlidir. Burada öngörülemeyen veya yeterince analiz edilemeyen risk maliyetleri, projelerin hüsrarla sonuçlanmasına neden olacak düzeylere ulaşabilmektedir.

İnşaat proje yönetiminde yapılan risk çalışmaları, doğrudan proje hedefleri çerçevesinde mali ve süresel risklerin nicelleştirilmesi ile proje tarafları arasındaki sorumluluk paylaşımına yönelik yapılan çalışmalardır. Risk ve belirsizlik aynı şeyi ifade etmektedir. Bu belirsizlik veya riskler projeyi, mali, süresel ve teknik açıdan, olumlu veya olumsuz yönde etkileyebilmektedir.

İnşaat projelerinde risk yönetimi, projenin başlangıç aşamasından, kapanış aşamasına kadar geçen sürede, ihale dokümanları ve şartnameler doğrultusunda yapılan master planda ortaya konulan mali, teknik ve süresel hedeflerden negatif sapmaya yol açabilecek, her türlü aktivitenin analiz edilmesi, bunun sonucunda proje süreci boyunca izlenmesi, değerlendirilmesi ve gerekli önlemlerin alınmasını kapsmalıdır. Temel amaç süre, maliyet ve kalite açısından hedefleri etkileyecek aktivitelerin tespit edilip, risk meydana gelmeden, gerekli tedbirlerin alınmasıdır.

İnşaat sektöründe risk yönetimi ile ilgili yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. Konu çerçevesindeki ilgili çalışmalara özetle aşağıda değinilmiştir.

### **3.4. Proje Risklerinden Kaynaklanan Faktörler ile İlgili Yapılmış Geçmiş Çalışmalar**

Pery ve Hayes'in, "Risk and its Management in Construction Projects" [19] başlıklı çalışmalarında, proje yönetimi kapsamında, ilgilenilen riskler için yarar analizi (utility theory), duyarlılık analizi (sensitivity analysis), olasılık analizi (probabilistic

analysis), karar ağacı analizi (decision-tree analysis) olarak, genelde stokastik nitelikli tekniklerin belirli bir ölçeğin altındaki projelerde kullanılabilirdiği belirtilmektedir. Bahse konu yöntemlerin inşaat sektörü için güvenli olmadığı ifade edilerek, bu çalışmaya göre riskler, fiziksel, çevresel, tasarımsal, lojistik, finansal, yasal, politik, üretimsel ve piyasadan kaynaklı riskler olmak üzere 9 kategoriye ayrılmıştır.

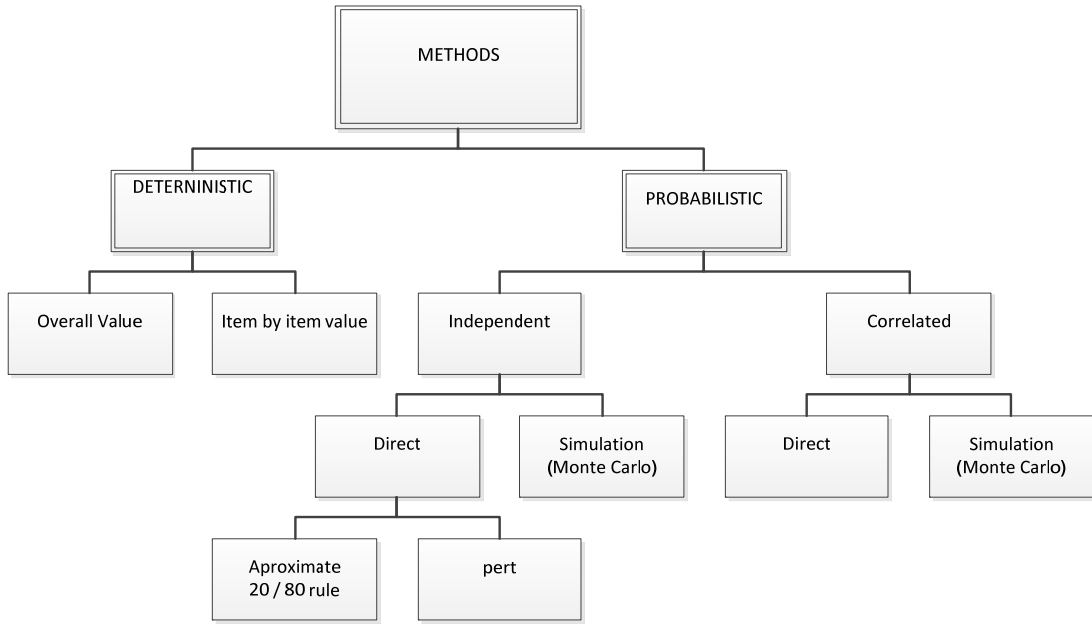
Proje Yönetim Enstitüsü tarafından [21] ortaya konulan çalışmada, risk, meydana gelme olasılığı ve etki boyutu olarak irdelenmektedir. Proje risklerini kaynaklarına göre sınıflandırmaktadır. Bu çalışmaya göre risk yönetimi için esas olan, önlem alıp, riskin negatif sonuçları ile karşılaşılmasını engellemektir.

Al Bahar ve Crandal, “Systematic Risk Management Approach for Construction Projects” [20] başlıklı çalışmada, risk ve belirsizlik tanımlamalarının aynı anlamda kullanıldığını, belirsizliğin, direkt veya endirekt riskin ortaya çıkma olasılığı olduğunu ifade etmiştir. Burada sunulan model ile risklerin tanımlanması, risklerin değerlendirilmesi, risklere karşı stratejinin geliştirilmesi ve tespit edilen risklerin yönetilmesi aşamalarından oluşmaktadır. Riskler niteliklerine göre, tasarım riskleri, finansal riskler, fiziksel riskler, politik ve çevre riskleri, doğal riskler ve yapım ile ilgili riskler olarak gruplandırılmıştır.

Moselli, “Risk Assessment And Contingency Estimating” [23] başlıklı çalışmada, “Contingency”nin maliyet tahmin sürecinin oldukça sübjektif bir parçası olduğu ve uzmanlar tarafından tutarsız bir şekilde yorumlandığı, daha da önemlisi bu konuda yapılan tahminlerin hatalı olduğu ifade edilmektedir. Tahminde bulunan farklı kişiler ve yönetim personeli için “contingency” kavramının farklı anlamlar taşıyabilmesine rağmen genellikle risk ve potansiyel maliyet artışı olarak yorumlanmaktadır. “Cost Engineers’ Notebook”ta [22] yer alan tanıma göre, “contingency” herhangi bir durumun gerçekleşme olasılığıyla ilgili olarak yönetim tarafından alınan riskin bir ters fonksiyonudur. Buna uygun şekilde bir olayın meydana gelmesiyle ilgili hesaplanan olasılık ne kadar büyük olursa, contingency miktarı o kadar düşük olacaktır ve bu durumun tersi de geçerli olacaktır. Bunun sonucu olarak bir olayın meydana gelme olasılığının hesaplanması, doğruluk derecesi anlamlı bir “contingency” tahmini için önemlidir. Örneğin %5 gibi bir “contingency”

seviyesinin ayrılması, bu seviyenin belli bir olasılıkla (veya güven seviyesiyle) maliyetin ayrılan “contingency”yi aşmayacağından emin olunmaması durumunda yeterli olmayacaktır.

Çalışmada “contingency” tahmin metotları Şekil 5’de ayrıntılı olarak gösterilmiştir.



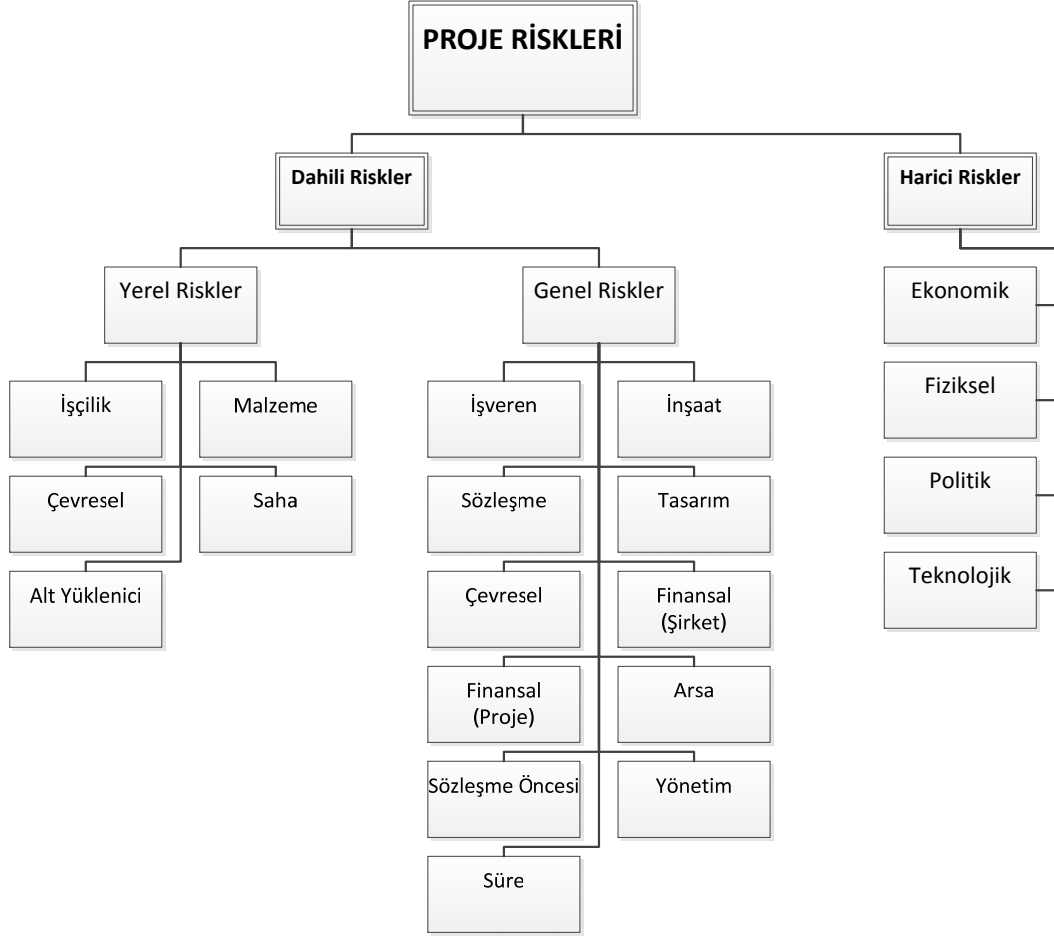
Şekil 5. “Contingency” Tahmininde Kullanılan Metotlar

Çalışmanın amacı, mühendislik, tedarik ve inşaat projelerinin teslimatıyla ilgili genel risk kaynaklarını açıklamaktır. Proje riskine ilişkin temel bir anatomi sunmaktadır. Çalışma “contingency” kavramına temel olarak bu riskin yönetimiyle ilgili bir araç olarak yaklaşmaktadır. Bu çalışma zaman alan analizlerden uzak durarak “contingency” tahminiyle ilgili doğrudan, ölçülebilir bir metot sunmaktadır. Bir projenin toplam maliyetiyle ilgili varyansın somut ve istatistiksel bir tahminini sunmakta ve projenin bağımsız maliyet kalemleri arasında korelasyon düşünülmesine imkan sağlamaktadır. Bu metot Monte Carlo simülasyonunun kullanılmış olduğu genel olarak kabul görmüş ticari proje yönetimi yazılım sistemlerine göre daha az hesaplama çabası ve zamanı gerektirmektedir. Önerilen metodun kullanımını ve doğruluğunu göstermek amacıyla nümerik bir örnek ile çalışılmıştır. Genel olarak, kullanılan metotlar uygulanmış ve tahmin edilen “contingency”ler karşılaştırılmıştır. Her bir metodun avantajları ve sınırlamaları tartışılmıştır. Önerilen metot olasılıksal

maliyet tahmini için doğrudan kullanılabilir ve mevcut yazılım sistemlerine entegre edilebilir.

Tah ve Carr, “A Proposal For Construction Project Risk Assesment Using Fuzzy Logic” başlıklı çalışmada [24], projelerdeki, riskler sonucu olarak kötü performans ile karşılaşılması dolayısıyla bu sorunun minimize edilmesi için çeşitli risk yönetim teknikleri bulunmasına karşın, bunlar operasyonel araştırma tekniklerine dayanmakta olup ve çoğunlukla proje müdürlerinin ihtiyaçlarını karşılamamaktadır. Bunun için, şekil 6’daki gibi niteliksel risklerin değerlendirilmesine yönelik, hiyerarşik risk dağılım yapısı kullanılmıştır. Risk faktörleri ve bunların sonuçları arasındaki neden ve sonuç ilişkileri gösterilmiştir. Projeye ilgili zaman, maliyet, kalite ve iş güvenliği uygulama ölçüleri cinsinden riske açık olma derecesini değerlendiren bir metodoloji sunulmuştur. Sonuç olarak, risklerin tanımlaması ve sınıflandırması için hiyerarşik bir risk kırılım yapısı sunulmuştur. Ayrıca, risk kaynaklarıyla proje performansı arasındaki ilişkilerin belirlenmesi için BM uygulanmıştır. Bu risklerin sözel tanımlamalarının proje müdürleri tarafından modellenmesine ve sayıya dökülmesine imkan tanımaktadır. Son olarak risk unsurlarının “fuzzy” tahminlerine dayalı olarak zaman, maliyet, kalite ve iş güvenliği önlemlerinin sonuçlarını düşünerek riske maruz kalmanın değerlendirilmesi için bir yöntem sunulmuştur.





Şekil 6. Hiyerarşik Risk Kırılımı

Mak ve Picken, “Using Risk Analysis To Determine Construction Project Contingencies” [25] başlıklı çalışmada, “Contingency” tutarını, inşaat projesiyle ilgili belirsizlikleri karşılamak amacıyla kenara ayrılan para miktarı olarak tanımlıyor. Geleneksel olarak bu tutar, proje maliyetine belli bir yüzde cinsinden yapılan ilavedir. Risk analizi kullanarak yapılan tahminler Estimating using Risk Analysis (ERA) belirsizliklerin tanımlanması amacıyla kullanılan “contingency” miktarının belirlenmesi ve bunların finansal etkilerinin tahmini için kullanılabilen bir yöntemdir. ERA uygulanan ve uygulanmayan projeler arasında “contingency” değişkenliğinin ve tutarlılığının karşılaştırılması amacıyla ERA etkileri üzerinde bir araştırma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma toplam 287 ERA uygulanmayan proje ve 45 ERA uygulanan projeyi karşılaştıran bir araştırmanın sonuçlarını göstermektedir. Sonuçlar varyasyonlar arasında oldukça önemli farklar ve bu gruplar arasında farklar göstermektedir. Bu araştırma içerisinde yer alan örnekler ERA projelerinin

ortalamalarının ve varyanslarının tutarlı bir şekilde ERA uygulanmayan projelere göre daha küçük olduğu ortaya konulmuştur.

Yukarıda belirtildiği gibi proje risklerinin, bir anlamda belirsizliklerinin tespitine yönelik değerlendirmelerin yapıldığı birçok farklı kırım yapısı ve metoda yönelik çalışma bulunmaktadır. Burada belirsizliklerin veya risklerin süresel ve bütçesel etkilerinin matematiksel veriye dönüştürülmesine yönelik, süresel riskler için PERTMASTER [89], bütçesel riskler için ise @risk [90] gibi yazılımlar kullanılabilmektedir.

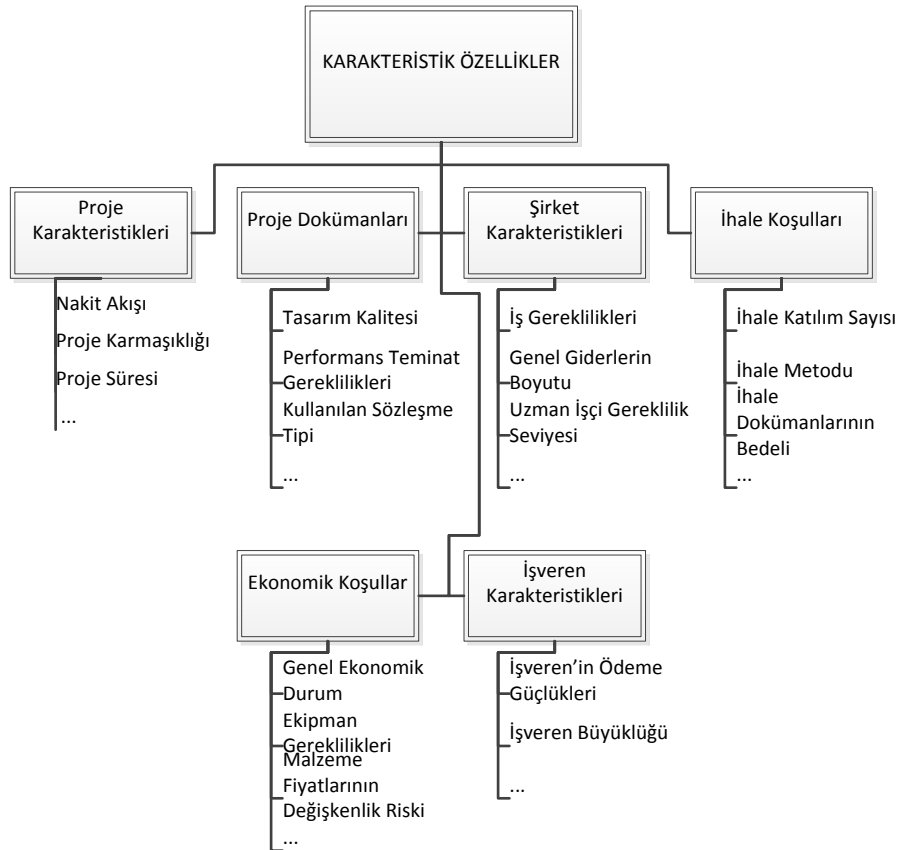
Teklif veya bütçe çalışmalarındaki tutar, imalat ve endirekt maliyet rakamına, kurumun amaç ve stratejisi doğrultusunda hedeflediği kar oranının ilave edilmesi ile oluşmaktadır. Kurumun proje yönetim süreci esnasında, öngöremediği, hesaplayamadığı ve sigorta kapsamına sokulamayan belirsizliklerinden kaynaklı ek maliyetleri, risk veya “contingency” başlığı altında kar oranının üstüne ilave etmektedir. Sözleşme sonrası master plan çalışmaları kapsamında bu analizler için yeteri zaman olmasına karşın, teklif esnasında zaman darlığı dolayısıyla yeterli imalat ve genel gider analiz çalışmasının yapılamaması nedeniyle, belirsizliklerden kaynaklı risk (contingency) oranı genellikle daha yüksek tutulmaktadır.

Bu tez çalışması kapsamında, öngörülemeyen maliyetlerin tespitine yönelik karar destek model oluşturulurken, modele taban teşkil edecek proje verilerinin tespit, tasnif ve değerlendirilmesinde, yukarıdaki çalışmaların sonuçları dikkate alınmıştır.

### **3.5. Proje Karakteristik Özelliklerinin Belirsizliği**

İnşaat projelerinin yapısı gereği, karmaşık olması, hesaplamalarda birçok parametre yer alması, organizasyonel ve teknik personel çeşitliliği ve değişkenlerin fazlalığı, maliyet tahmin çalışmalarının kapsamlı ele alınmasını zorunlu kılmaktadır. Sektör geniş çerçevede değerlendirildiğinde, rekabet stratejisine göre maliyet tahmin stratejisi veya teklif verme stratejisi belirlenmesi, bir bilim olduğu kadar bir sanat da olduğu sonucuna varılabilir [18]. Titizlik gerektiren bu çalışmalar tüm parametrelerin göz önünde bulundurulmasını zorunlu kılmaktadır.

Liu ve Ling'in, "Modeling A Contractor's Mark-up Estimation" [28] başlıklı çalışmasında, teklif çalışmalarında, maliyet rakamının satışa dönüştürülmesine yönelik hesaplanan, arttırım katsayısının (mark-up) tahmininin, değişikliklere açık ve belirsiz bir inşaat ortamında müteahhitler için zor bir süreç olduğu ifade edilmektedir. Bu bakımdan, proje karakteristik özelliklerinin dikkate alınarak, müteahhitlerin arttırım katsayısı kararlarını vermelerine yardımcı olacak, YSA ve BM dayalı bir model oluşturulmuştur. Modelde baz alınan karakteristik özellikler, proje karakteristikleri, proje dokümanları, şirket karakteristikleri, ihale durumu, ekonomik koşullar ve işveren karakteristik özellikleri olarak gruplanmıştır. Şekil 7'de bu karakteristik özellikler görülebilir.



Şekil 7. Proje Karakteristik Özellikleri

Maliyet tahmin çalışmaları yapılırken, projeye hangi taraf açısından bakıldığı veya kimin için bütçe yapıldığı önemlidir. Bununla beraber, projenin yeri, tipi, proje büyüklüğü, projenin safhası, işveren türü, projenin uygulandığı bölgede benzer bir

proje uygulanma durumu ve sayısı, benzer proje tecrübesi, ihale türü, projede ön yeterlilik olup olmadığı, sözleşme tipi, ihale ise katılımcı sayısı gibi projeye, işverene ve ilgili tarafa ilişkin birçok karakteristik özellik bulunmaktadır. Bu karakteristik özellikler çoğu zaman %100 bilinmemektedir. Bu belirsizlikler, karakteristik özelliklerden kaynaklanan maliyetlerin öngörülememesine neden olmaktadır.

Bisen ve Dikmen tarafından yapılan, “Üst Yapı Projelerinde, Maliyet Tahmin Çalışmalarında, Belirsizliklerin YZ Teknikleriyle Analizi” [88] başlıklı çalışmada, proje karakteristik özellikleri zaman, maliyet, sözleşme koşulları, proje dokümantasyonu ve diğer olmak üzere 5 başlık altında Tablo 1’de görüldüğü gibi gruplanmış, aynı zamanda bu gruplar modelde input olarak kullanılmıştır.

Tablo 1. Proje Karakteristik Özellikleri

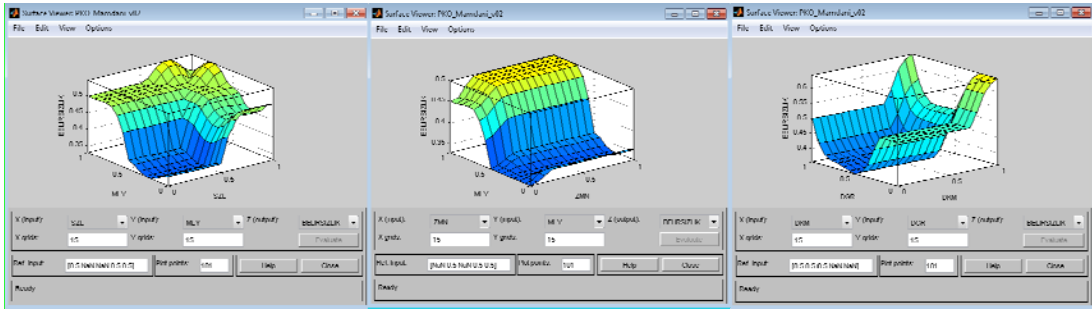
GRUP	GRUP KODU	AÇIKLAMA
ZAMAN	ZMN	Proje Süresi
SÖZLEŞME	SZL	Sözleşme Koşulları
SÖZLEŞME	SZL	Sözleşme Tipi
MALİYET	MLY	Projenin Cirosu
MALİYET	MLY	Benzer Prjoelerdeki Kar Marjı
MALİYET	MLY	Teminat Talepleri
DOKÜMANTASYON	DKM	Tasarım Kalitesi
DOKÜMANTASYON	DKM	Keşif Detay Seviyesi ve Niteliği
DOKÜMANTASYON	DKM	Teknik ve İdari Şartnamelerin Durumu
DİĞER	DGR	Coğrafi Koşullar
DİĞER	DGR	Lojistik Koşulları
DİĞER	DGR	Teknolojik Gereklilikler
DİĞER	DGR	Nitelikli Kaynak İhtiyacı

Proje karakteristik özelliklerinden oluşturulan girdi, Matlab Fuzzy Inference System (FIS) modülünde oluşturulan kural tabanı ile bulanıklaştırılarak, proje karakteristik özelliklerinden kaynaklı belirsizliklerin derecesi tespit edilmeye çalışılmıştır.

Model, Mamdani tekniği kullanılarak kurulmuştur. Modelde üyelik fonksiyonları, üçgen, eğrilerinden oluşmaktadır. Kural sonuçlarının birleştirilmesinde (Aggregation), maksimum yöntemi, durulaştırma (Defuzzification)’da centroid metodu dikkate alınmıştır.

Mali parametreler, süre, sözleşme koşulları, proje dokümanları ve diğer olmak üzere beş başlık altında toplanan proje karakteristik özelliklerinin, uzman görüşleri doğrultusunda belirsizlik mertebelerinin girilmesi ile uzman görüşlerinden hareketle oluşturulan kural tabanı dikkate alındığında, proje karakteristik özelliklerinden kaynaklanan belirsizlik seviyesinin tespiti YZ metotları ile yapılması daha uygulanabilir olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 8’de projedeki maliyet, sözleşme, zaman ve doküman kriterlerine göre proje belirsizliklerinin Matlab FIS modülündeki çıktısı görülmektedir. Proje karakteristik özelliklerinden hareketle belirsizliklerin tespitine yönelik oluşturulan bu model, projenin farklı aşamalarında uzman görüşleri ile karara bağlanan farklı konularda uygulanabilirliği ortaya konulmuştur. Bir yatırımcı açısından proje başlangıç aşamasında yatırım kararının verilmesi, yüklenici ve alt yüklenici firmalar açısından ihaleye katılma kararının alınması gibi.



Şekil 8 Maliyet–Sözleşme / Maliyet–Zaman / Doküman–Diğer Parametreler Kural Grafiği

### 3.6. Direkt ve Endirekt Maliyet Ayrımının ve Analizinin Yapılmasında Karşılaşılan Güçlükler

Taahhüt projelerinde verilen teklif rakamının doğruluğu ile yatırım projelerinde oluşturulan bütçe rakamının doğruluğu proje ve şartnamelerinin eksiksiz olması, metraj miktarlarının doğru hesaplanması, birim fiyat analiz ve piyasa araştırmasının titizlikle yürütülmesi vb. etkenlere bağlı olmasıyla beraber, zamana yayılı firma tecrübelerinin bir anlamda, gerçekleşen maliyet hesaplarının doğru ve düzenli olarak tutulmasına da bağlıdır. Firma veri kütüklerinde tutulan bu maliyetlerin kullanılabilirliği doğru tasniflenmesiyle mümkündür.

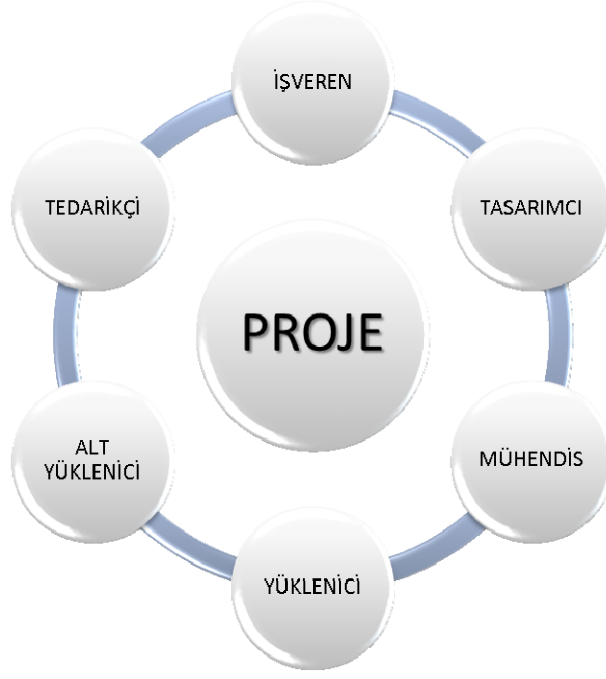
Maliyet kavramını anlayabilmek için öncelikle maliyet, yapım maliyeti, imalat maliyeti ve endirekt maliyet kavramları ile ne anlatılmak istendiğinin doğru anlaşılması gerekir.

Maliyet, mal veya hizmet karşılığında yapılan harcamaların toplamıdır. Harcama, işletmede herhangi bir amaçla transfer edilen varlığın, üstlenilen borcun veya sunulan hizmetlerin para cinsinden ölçülmüş tutarıdır [26].

Yapı maliyeti, çeşitli anlamları ifade etmek için kullanılmaktadır, bundan dolayı ne kastedildiği açıkça ifade edilmelidir. “Cost Planning of Buildings” [27], başlıklı kitapta yapı maliyeti kavramını, mal sahibinin, yükleniciye ödemek zorunda olduğu tutar olarak ifade etmektedir.

Maliyet (cost) ve fiyat (price) farklı anlamları ifade etmektedir. “Maliyet” yüklenici ve alt yüklenici imalatlarıyla ilgili olarak, “fiyat” kavramı ise, mal sahibi, yatırımcı veya işveren için kullanılmaktadır. Proje yönetim döngüsü içerisinde farklı uzmanlar projenin tarafı konumundadır. Şekil 9’da görüldüğü gibi “Yatırımcı”, “Finansör”, “İşveren”, “Ana yüklenici”, “Alt yüklenici”, “Tasarımcı” ve “Müşavir” açısından yapı maliyeti farklılık göstermektedir. Dolayısıyla maliyet hesabının hangi taraf için hesaplandığı, belirsizliklerin veya öngörülemeyen maliyetlerin farklılık göstermesi hesap analizlerinin doğruluğu açısından da önem kazanmaktadır.

Kurumlar teklif ve bütçe çalışmalarında maliyetleri sınıflandırırken, direkt ve endirekt maliyetler olarak tasnif edip hesaplamakla beraber, bu ayrım net bir şekilde yapılamamaktadır.



Şekil 9. Proje Tarafları

Direkt maliyetler, “dolaysız maliyet” “productive maliyetler” ve “imalat maliyeti” olarak da tarif edilmektedir. Öz itibariyle hepsi aynı anlama gelmektedir. Direkt maliyetler yapı elemanlarının gerçekleştirilmesinde kullanılan malzeme, işçilik, makine ekipman, nakliye ve taşeron gibi temel kaynaklardan (main resources) oluşmaktadır.

### 3.6.1. Malzeme Giderleri

İmalatın gerçekleştirilmesinde kullanılacak veya yardımcı olarak kullanılacak malzeme bedelidir. Zayıatlı malzeme miktarının, malzeme birim fiyatı ile çarpılması ile hesaplanır.

Temel kaynaklardan malzeme maliyetini etkileyen ve tam olarak öngörülemeyen belirsizlikler;

- Malzeme cins ve markasının net olmaması,
- Malzeme teknik özelliklerinin belirsizliği,
- Mahallere göre malzeme zayıat oranları hesaplanmaması,

- Malzeme birim fiyatlarındaki piyasa değişkenlikleri,
- Öngörülemeyen nakliye maliyetleri.

### **3.6.2. İşçilik Giderleri**

İşçilik yaygın olarak adam-saat birimi cinsinden hesap edilmektedir. İmalat kapsamında işçilik için yapılacak olan ödemeler birim işçilik saati, işçilik saat ücreti ve toplam miktarı çarpımı ile hesaplanmaktadır. Burada normal mesai saatleri, gece mesaisi, hafta sonu mesaisi, bayram mesaisi gibi farklı birim saat ücretleri dikkate alınmalıdır. İşçilik maliyetlerini etkileyen bir faktör, uzmanlık seviyeleridir. Usta, usta yardımcısı, düz işçi, denetçi (supervisor) gibi kategorilerdeki ustaların, birim imalat için harcıyacakları zaman farklıdır.

İşçilik maliyetini etkileyen ve tam olarak öngörülemeyen belirsizlikler;

- Birim imalat için öngörülen işçilik kaynak miktarlarındaki ilave mesailer,
- Birim maliyeti daha yüksek olan fazla mesailerin öngörülememesi,
- Farklı uyruklu işçilerdeki performans sapmaları,
- İmalat zorluklarından kaynaklı performans değişkenlikleri (Örneğin, temel demiri ile 68. kat demir montaj işçiliği).

### **3.6.3. Makine Ekipman Giderleri**

Makine ekipman maliyetleri de saat birimi cinsinden hesaplanmaktadır. Burada tüm imalatların ifası için ihtiyaç duyulan ve aylık kira veya satın alma yöntemiyle tedarik edilen makine ekipman genel gider kapsamında değerlendirilmekte olup, tek bir imalatın gerçekleştirilmesi için veya birden fazla imalat için kullanılan ancak, hangi imalat için ne kadar zaman harcadığı puante edilebilen makinalar, direkt maliyeti oluşturan ekipmanlar kapsamında değerlendirilmektedir.

Makine ekipmanların ekonomik ömrü bulunmaktadır. Analiz çalışmalarında dikkate alınan amortisman değeri hesap edilirken, makine veya ekipmanın ekonomik ömrü sona erdiği zaman maliyetini karşılamak için yeteri miktarda imalat yapmış olması gerekir. Makine ekipman maliyeti hesap edilirken amortisman maliyeti yanı sıra,



ilave finansal maliyetler, sigorta maliyeti, vergi, yakıt, yedek parça, tamir bakım, nakliye gibi maliyetlerin hesaba katılması gerekir.

Makine veya ekipman maliyetini etkileyen ve tam olarak öngörülemeyen belirsizlikler;

- Makinenin projede kaç saat çalışacağı hesabındaki hatalar,
- Yanlış amortisman maliyeti öngörülmesi,
- Yakıt ve yedek parça giderlerindeki eksik hesaplamalar ve öngörüler,
- İmalat zorluklarındaki performans kabulleri,
- İşin farklı mahallerdeki zorluk derecelerinin hesaba katılmaması.

#### **3.6.4. Taşeron (Alt Yüklenici) Giderleri**

Taşeron maliyeti, yapılacak işin birimi cinsinden, birim fiyat, götürü veya maliyet + kar gibi farklı metodlar ile yapılabileceği gibi işin kapsamının, sadece işçilik, malzemeli işçilik, sadece sarf malzemeleri ve işçilik vb. yöntemlerle yapılabilmektedir.

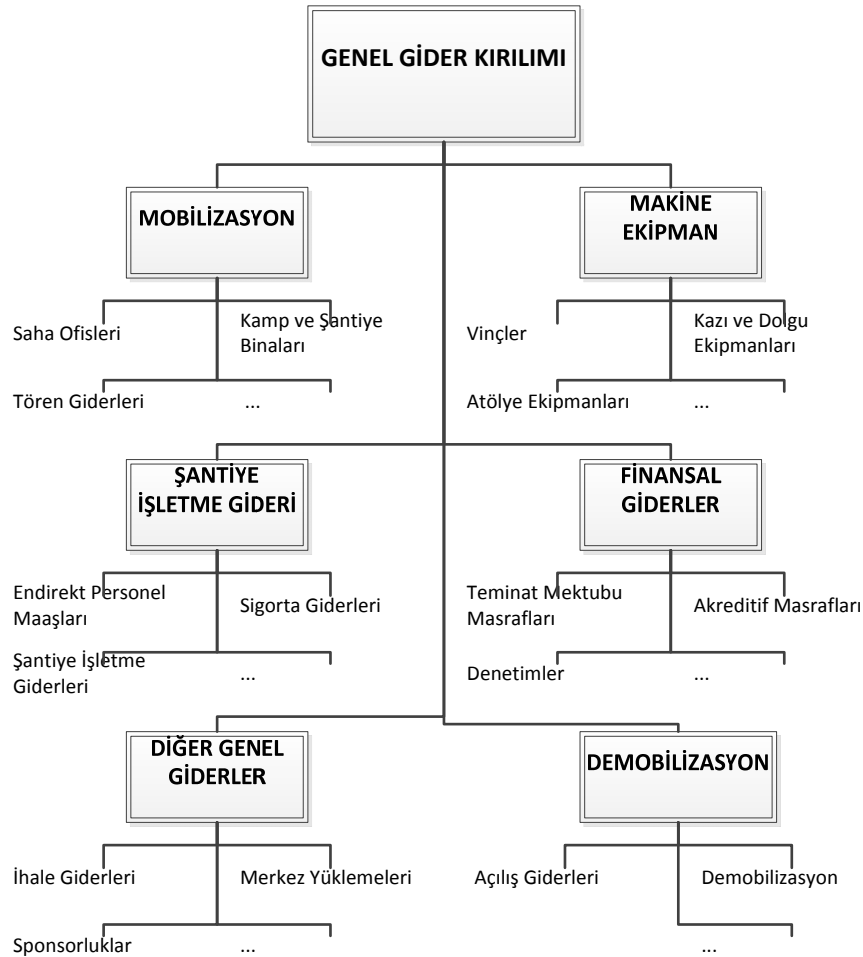
Taşeron maliyetini etkileyen ve tam olarak öngörülemeyen belirsizlikler özetle aşağıdaki gibidir.

- İş kapsamının tarifindeki eksiklik ve hatalar,
- Alt yüklenici endirekt maliyetlerinin, hangi taraf sorumluluğunda olacağındaki belirsizlikler.

Endirekt maliyetler, “Genel Gider Maliyetleri”, “unproductive maliyetler” (üretimde dahil olmayan), “overhead cost” (Merkez gideri) ve “dolaylı maliyet” olarak ifade edilebilmektedir. Endirekt maliyetler, direkt (doğrudan) yapı maliyetini oluşturan bir girdi olmayıp, bunun ifası için gerekli olan imalatların yapılabilmesi için oluşan maliyetlerdir.

Ana başlıklar halinde incelenecek olursa, şantiye kuruluş masrafları, birçok yapı elemanının gerçekleştirilmesinde kullanılacak vinç, traktör gibi makine ekipmanlar, şantiye yönetiminde görev alacak personel, bunların iâşe ve ibade masraflarının yer

aldığı şantiye işletme giderleri, merkez ofis katkı payları, teminat mektubu, sigorta maliyetleri gibi giderlerin hesaplandığı finansal maliyetlerden meydana gelmektedir. Şekil 10’da örnek bir genel gider kırılım yapısı bulunmaktadır. R.S. Means maliyet kırılım sisteminde, “Division 1-General Requirements” yaklaşımına EK –D ‘den bakılabilir.



Şekil 10. Örnek Genel Gider Kırılımı

Maliyet hesabı yapılırken, endirekt maliyetlerin içine giren, ancak satış tutarından hareketle yüzdesel olarak ifade edilen sürşajlı maliyetlerden, risk, mukavele gereği sair maliyetler, teminat mektubu maliyetleri, vergi ve sigorta maliyetleri gibi maliyetler, ayrıca hesaplanmaktadır.

Bu çalışmada ortaya konulan model ile bu yüzdesel verilerin tespit ve tamamlanmış projelerdeki gerçekleşen maliyetler ile mukayeseleri yapılacaktır. Şekil 11’de teklif

tutarına bağı (surşajlı) maliyetlere ilişkin bir örnek görünmektedir.

MARK - UP					
Description / Açıklama					
SATIŞ / PRICE OF OFFER					446.774.472,08
	RATIO	COMMISSION	MONTH	%	TOTAL
SÜRŞARILAR + KAR				40,71%	181.859.548,86
KAR / PROFIT	25,00%			25,00%	111.693.618,02
SÜRŞARILAR / SURCHARGES				15,71%	70.165.930,90
<b>RİSKLER / RISKS</b>				<b>5,00%</b>	<b>22.338.723,63</b>
Riskler / Risks	2,50%			2,50%	11.169.362
Lokal Ödemeler / Local Payments	0,00%			0,00%	-
Komisyon / Commission	0,00%			0,00%	-
Kur Riski / Rate of Exchange Difference	0,50%			0,50%	2.233.872
Öngörülme Giderler / Contingency	2,00%			2,00%	8.935.489
<b>MUKAVELE MASRAFLARI / CONTRACT</b>				<b>0,73%</b>	<b>3.261.453,66</b>
Damga Pulu / Revenue Stamp		0,50%		0,50%	2.233.872
Tescil ve Noter / Contact Registration		0,23%		0,23%	1.027.581
<b>TEMİNAT MEKTUPLARI / BANK GUARANTEE LETTER COMMISSION</b>				<b>1,23%</b>	<b>5.472.987,30</b>
İhale Teminatı / Bid-Bond	0,00%	0,00%		0,00%	-
Performans Teminatı / Performance Bond	5,00%	1,50%	36	0,23%	1.005.243
Avans Teminatı / Advance Payment	20,00%	1,50%	40	1,00%	4.467.745
Nakli Teminat / Retention Money	0,00%	1,50%	36	0,00%	-
<b>HAKEDİŞ KESİNTİSİ / DEDUCTION FROM INVOICES</b>				<b>0,00%</b>	<b>-</b>
Damga Pulu /	0,00%			0,00%	-
Stopaj /	0,00%			0,00%	-
<b>VERGİLER / TAXES</b>				<b>8,75%</b>	<b>39.092.766,31</b>
Gelir Vergisi / Income Tax	35,00%			8,75%	39.092.766
Cihad Vergisi / Cihad Tax	0,00%			0,00%	-
<b>SİGORTALAR / INSURANCE</b>				<b>0,00%</b>	<b>-</b>
All Risk		0,00%		0,00%	-
Ekipman Sigortaları / Equipment		0,00%		0,00%	-
Third Party		0,00%		0,00%	-
İşçi Sigortası		0,00%		0,00%	-

Şekil 11. Satış Tutarına Bağlı Surşajlı Maliyetler

Aşağıda genel gider maliyetlerini oluşturan mobilizasyon, makine ekipman, şantiye işletme ve finansal giderlere ilişkin tanımlamalar yapıp, hesap analizlerinde karşılaşılan güçlüklerle değinilecektir.

### **3.6.5. Mobilizasyon Giderleri**

Mobilizasyon giderleri, kamp ve şantiye binaları, şantiye kuruluş masrafları, ofis ve kamp tefrişi, bu hususte işveren ve müşavir'in talepleri ile açılış ve tören maliyetlerini kapsamaktadır.

Bu maliyetlerin analiz edilmesinde, şantiye kuruluşundaki kapasite tespitleri, enerji, su ve pis su alt yapının bağlantılarında belirsizlikler zaman zaman çok ciddi maliyetler meydana getirebilmektedir.

### **3.6.6. Makine Ekipman Giderleri**

Proje makine ekipman giderleri, vinç, kazı dolgu makineleri, jeneratör, vibratör, kalıp malzemeleri, iskele, şantiye binek araçları, ölçüm ekipmanları, atölye ekipmanları, laboratuvar ekipmanları, iş güvenliği ekipmanları, tefrişte kullanılacak elektronik ekipmanlar ve bunların işveren ve müşavir'in talep ettiği ekipmanlardan meydana gelmektedir.

Buradaki ekipmanların kapasite ve sayı tahmininde, proje süresinin artması veya makinelerin bozulması ile ilave makine ekipman temin gerekliliği öngörülemeyen ilave maliyet oluşturabilmektedir.

### **3.6.7. Şantiye İşletme Giderleri**

Şantiye işletme giderleri, projede yer alacak beyaz yaka, endirekt proje yönetim personelini ve bunlara ilişkin sigorta, yemek, iaşe ve ibade maliyetlerini, akaryakıt, kira, iç-dış seyahatler, işveren ve müşavir talepleri ile muhtelif danışmanlık maliyetlerinden meydana gelmektedir.

Şantiye işletme maliyet tahminlerinde de planlanan nitelik ve maliyette personel bulunamaması, işten ayrılmalar, yurt dışı projelerinde gümrük, personel, vize prosedürlerindeki öngörülemeyen aksaklıklar ilave maliyetlerin oluşmasına sebebiyet vermektedir.

Merkez ve bölge müdürlüklerinde oluşan ilave maliyet artışları da öngörülemeyen maliyetler arasında yer alabilmektedir.

### **3.6.8. Finansal Giderler**

Finansal giderler, ihale teminat, avans, performans ve kati teminat mektubu maliyetleri ile proje nakit açığını kapatmak için kullanılması muhtemel kredi maliyetlerinden meydana gelmektedir.

Proje süresinin uzamasından kaynaklanan ilave teminat mektubu maliyetleri, nakit yönetiminin iyi yapılamaması veya işveren ödemelerinin gecikmesinden ötürü oluşacak nakit açığını kapatmak için, kredi kullanılması gibi ilave maliyetler teklif ve bütçe çalışmaları esnasında öngörülemez olabilmektedir.

Gerek teklif, gerek işin alınması akabinde yapılan bütçe çalışmalarında hesaplanan endirekt maliyetler, direkt maliyet tutarına nispeten daha düşük olmasına karşın büyük projelerde ciddi bütçe tutarları oluşturmaktadır. Dolayısıyla endirekt maliyetlerin detaylı analiz edilmesi, doğru maliyet ve bütçe çalışması için şarttır.

Firmalar tarafından zaman zaman, doküman ve zaman yetersizliği nedeniyle, endirekt maliyetler analiz edilmeyip, ağırlıklı olarak deneyimler doğrultusunda sabit bir % oranı ile tespit edilmektedir. Bu oranın doğru bir şekilde belirlenebilmesi farklı birçok parametreye göre değişkenlik gösterdiği için yüzdesel bir rakam ile ifade edilmesi ciddi hesap hatalarına neden olmaktadır.

Toplam maliyet, kesin hesap sonrası neticesinde tüm ödemelerin tamamlanıp, İşveren, Mal Sahibi veya Yatırımcı'nın projeye ödediği nihai (kesin) maliyettir.

Projenin sahibi "Mal Sahibi", "Yatırımcı" veya "İşveren" olarak tanımlanır. Mal sahibi açısından maliyet hesabı yapılırken, yüklenici maliyetine ilaveten, tasarımcı ve müşavir maliyetleri yanı sıra arsa, ruhsat vb. maliyetler de dikkate alınmaktadır.

Yüklenici, projenin tamamını veya bir bölümünü organize etmek için sözleşme yapılan kişidir. Eğer tüm işler sadece tek bir yükleniciye verilmiş ise, "genel" ya da

“ana yüklenici” olarak tanımlanmaktadır. Projenin şartnameler doğrultusunda tamamlanması için harcanacak imalat (direkt), endirekt ve öngörülmeven maliyetler (risk) için konulan bir oran ve kar ile oluşan tutar, yüklenicinin maliyetini oluşturmaktadır.

Alt yüklenici, projenin uzmanlık gerektiren işlerini, diğere bir tabirle alt imalat gruplarını gerçekleştirmek üzere hizmet veren kişi veya kurumlardır. Alt yüklenici maliyeti ana yüklenici maliyetine paralellik arzedeip işin bir cüzünü oluşturmaktadır.

Proje paydaşlarından, yatırımcı, ana ve alt yükleniciler dışında, tasarımcı, danışman ve müşavir açısından maliyet, projenin tipi ve büyüklüğü ile değışkenlik göstermekle beraber toplam bütçe tutarının %5-10 mertebesinde olabilmektedir.

Sonuç olarak proje döngüsü içerisinde, maliyetler ve belirsizlikler değışkenlik göstermekte olup, analiz çalışması hangi taraf için ve projenin hangi aşamasında yapılıyor ise değıerlendirmelerin bu doğrultuda yapılması gerekir.

#### 4. YAPAY ZEKA (YZ) METOTLARI

Akıl kelimesi toplumda genellikle insanların zeka düzeyini ifade etmek amacıyla kullanılmaktadır. Sıklıkla akıl kavramı zekayla karıştırılmaktadır. Oysa akıl, düşünme, anlama, kavrama, idrak etme, karar verme ve önlem alma yetenekleridir. Akıl aynı zamanda muhakeme ve bilgi elde etme gücü olarak ta tanımlanabilir. Zeka, gerçekleri algılama, yargılama ve sonuç çıkarma yeteneklerinin tamamıdır.

Akıl, genetik yoldan intikal eden sevgi, korku, kıskançlık, doğal savunma güdülerinin yanı sıra bulunduğumuz çevreden aldığımız etkileşimlerden ve toplumun şartlandırmalarından etkilenerek gelişmektedir. Dolayısıyla akıl sabit değil, aksine insanın hayatının sonuna kadar artabilen ve gelişebilen bir yetenektir. Akıl, makine, bilgisayar, yazılım veya başka bir yolla taklit edilemez.

Zeka, belirli bir konuda çalışılarak, öğretilerek, eğitilerek, edinilen bilgi ve birikimlerle, deneyimlere dayalı becerilerle geliştirilebilir. İlk kez karşılaşılan ya da ani olarak gelişen bir olaya uyum sağlayabilme, anlama, öğrenme, analiz yeteneği, beş duyunun dikkatin ve düşüncenin yoğunlaştırılması zeka ile gerçekleştirilebilmektedir. Zeka yazılım veya tümeşik yongalarla taklit edilebilmektedir. Bu durumda zeka “yapay zeka” olarak adlandırılmaktadır [84].

Bilgisayarlar çok karmaşık sayısal işlemleri anında çözümleyebilmelerine karşın, idrak etme ve deneyimlerle kazanılmış bilgileri kullanabilme noktasında çok yetersizdirler. Bu olayda insanı ya da insan beynini üstün kılan temel özellik, sinirsel algılayıcılar vasıtası ile kazanılmış ve görelî olarak sınıflandırılmış bilgileri kullanabilmesidir.

US, BM, GA ve YSA gibi YZ alt dalları özellikle son yıllarda, geniş bir araştırma ve uygulama alanı bulmaktadırlar.

US geliştirilirken, uzmanların belli bir konudaki bilgi ve deneyimlerini bilgisayara

aktarılması amaçlanmaktadır. BM bulanık küme teorisine dayanan bir matematiksel disiplindir. GA'lar, yapay zekânın gittikçe genişleyen bir kolu olan evrimsel hesaplama tekniğinin bir parçasını oluşturmaktadır. GA bir veri öbeğinden özel bir veriyi bulmak için kullanılan bir arama yöntemidir. GA'lar geleneksel yöntemlerle çözümü zor veya imkânsız olan problemlerin çözümünde kullanılmaktadır.

Genel olarak, YSA insan beyninin sinir ağlarını taklit eden bilgisayar programlarıdır. YSA'ları bir anlamda paralel bilgi işleme sistemi olarak düşünülebilir. YSA'larına bu bilgiler ilgili olaya ait örnekler üzerinde eğitilerek verilir. Böylelikle, örnekler sayesinde açığa çıkarılmış özellikler üzerinde çeşitli genelleştirmeler yapılarak daha sonra ortaya çıkacak ya da o ana kadar hiç rastlanmamış olaylara da çözümler üretilmektedir.

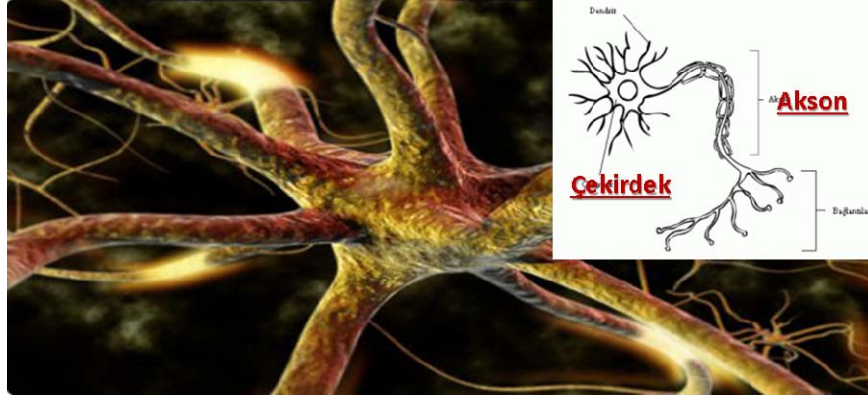
#### **4.1. Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Network)**

YSA insan beyninden esinlenerek geliştirilmiştir. YSA'ları bir programcının geleneksel yeteneklerini gerektirmeyen, kendi kendine öğrenme düzenekleridir. YSA bilgi işleme sistemlerinin yeni neslini temsil ederler. Genel olarak YSA model seçimi ve sınıflandırılması, işlev tahmini, en uygun değeri bulma ve veri sınıflandırılması gibi işlerde başarılıdır [84].

YSA'ların başlıca uygulama alanları sınıflandırma, tahmin ve modelleme olarak ele alınabilir.

İnsan beyninin en temel parçası, hatırlama, düşünme, her harekette daha önceki deneyimlere başvurma yeteneğini sağlayan kendine özgü sinir hücreleridir. İnsan beyninde yaklaşık  $10^{11}$  sinir hücresi vardır. Her bir biyolojik sinir hücresinin yaklaşık 10.000 kadar komşu bağlantısı vardır ve bu sinirlerden uyarı alır. İnsan beyninin çalışma frekansı 100 Hz'dir, ağırlığı yetkin bir insanda yaklaşık 1,3 kg'dır. Şekil 12'de basitleştirilmiş biyolojik bir beyin sinir hücresi ve bileşenleri ile ilişkisini gösterilmektedir.

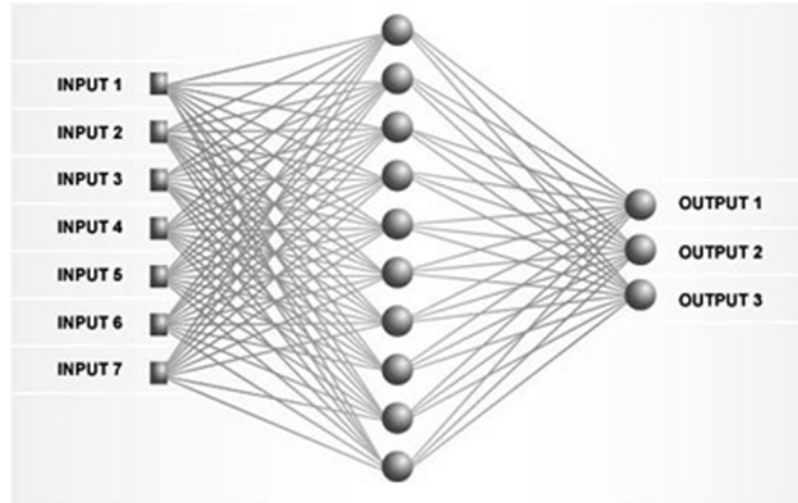




Şekil 12. Biyolojik Beyin Sinir Hücresi

YSA, insan beyni gibi, öğrenme hatırlama ve genelleme yeteneğine sahiptir. İnsan beyninde öğrenme 3 şekilde olur.[84].

YSA düğüm veya sinir olarak adlandırılan çok sayıdaki işlem elemanının bir araya gelmesinden oluşur. YSA mimarileri, Şekil 13’de görüldüğü gibi sinirler arasındaki bağlantıların yönlerine göre veya ağ içindeki işaretlerin akış yönlerine göre birbirlerinden ayrılmaktadır. Buna göre YSA için, ileri beslemeli (feedforward) ve geri beslemeli (feedback veya recurrent) ağlar olmak üzere iki temel ağ mimarisi vardır [84].



Şekil 13. Yapay Sinir Ağı

Her katmandaki düğümlere sadece önceki katmandaki düğümlerden girişlere izin verilir. Bir düğüm kendinden sonraki her hangi bir düğüme bağlanabilirken kendisine asla bağlanmaz. Öğrenme YSA'larının ayrılmaz bir parçasıdır. Ağların eğitimi için kullanılan öğrenme kuralları genellikle danışmanlı öğrenme (supervised learning), danışmansız öğrenme (unsupervised learning) ve pekiştirerek öğrenme (reinforcement learning) olmak üzere üç yöntem başlığı altında toplanabilir [84].

Danışmanlı öğrenmede her giriş değer için istenen çıkış sisteme tanıtılır ve YSA giriş-çıkış ilişkisini gerçekleştirene kadar aşama aşama ayarlar. Danışmansız öğrenmede bir danışman veya öğretmen, sinir ağına girişin hangi veri parçası sınıfına ait olduğunu veya ağın nerede iyi sonuç vereceğini söylemez. Ağ, veriyi öğeleri birbirinin benzeri olan öbeklere yol gösterilmeksizin ayırır. Danışmansız öğrenme danışmanlı öğrenmeye göre daha hızlıdır [84].

#### **4.1.1. Yapay Sinir Ağı (YSA)**

Ara (gizli) katmanları olmayan, sadece girdi ve çıkış katmanı olan ağlar, karmaşık işlevleri hesaplama yeteneğinden yoksundur. Bu nedenle karmaşık hesaplamalar için oluşturulan ağlarda en az bir ara katman olmalıdır. Burada her bir sinir doğrusal olmayan bir etkinlik işlevini hesaplayabilmektedir. Burada giriş katmanından çıkış katmanına doğru, gizli katmanlar üzerinden tek yönlü bir iletişim mevcuttur [84].

#### **4.1.2. Katmanlar**

Gizli sinirlerin (düğümlerin) sayısı ağın en iyi çalışabileceği bir sayıda seçilmelidir. Bu nedenle iki sinir arasında iki yönlü bağlantı vardır. Sinir, birçok sinirden giriş alır fakat diğer sinirlere aktarılan bir tek çıkış üretir. Bir katmandaki sinirler kendi aralarında bağlantı kurabilir veya hiçbir bağlantı olmayabilir [84].

#### **4.1.3. İletişim ve Bağlantı Çeşitleri**

Sinir, birçok sinirden giriş alır fakat diğer sinirlere aktarılan bir tek çıkış üretir. Bir katmandaki sinirler kendi aralarında bağlantı kurabilir veya hiçbir bağlantı olmayabilir [84].

## 4.2. Bulanık Mantık (Fuzzy Logic)

Bulanık küme kavramı ilk olarak 1965'te Azeri Profesör Lotfi Asker Zadeh tarafından ortaya atılmıştır. Uygulamalara ilk sahip çıkanlar da Japonlar olmuştur [86].

Bazı denetim algoritmalarının belirsiz, doğru olmayan iyi tanımlanmamış, zamanla değişen ve karmaşık sistemlere uygulanması mümkün olmayabilir. Bu durumda ya hiç çözüm üretilmemekte ya da elde edilen denetleyicinin performansı yeterince iyi olmamaktadır [84].

Bu gibi durumlarda genellikle bir uzman kişinin bilgi ve deneyimlerinden yararlanılması yoluna gidilir. Uzman kişi az, çok, çok az, biraz az gibi günlük hayatta sıkça kullanılan dilsel niteleyiciler doğrultusunda bir denetim gerçekleştirir. Bu dilsel ifadeler doğru bir şekilde bilgisayara aktarılırsa hem uzman kişiye ihtiyaç kalmamakta, hem de uzman kişiler arasındaki denetim farkı ortadan kalkmaktadır. Dolayısıyla bir insan bir sistemin bulunduğu pek çok durumdan, istenilen duruma götürmek için sezgilerine ve deneyimlerine bağlı olarak bir denetim stratejisi uygulayarak amaca ulaşmaktadır [84].

İşte bulanık denetim bu tür mantık ilişkileri üzerine kurulmuştur. BM için, matematiğin gerçek dünyaya uygulanması denilebilir.

BM yaklaşımı, makinelere, insanların özel verilerini işleyebilme ve onların deneyimlerinden ve önsezilerinden yararlanarak çalışabilme yeteneği verir. Bu yeteneği kazandırırken sayısal ifadeler yerine sembolik ifadeler kullanılır. İşte bu sembolik ifadelerin makinelere aktarılması matematiksel bir temele dayanır. Bu matematiksel temel BM kümeler kuramı ve buna dayanan BM'dir [84].

Sözel ifadelerin bilgisayara aktarılması matematiksel bir temele dayanmaktadır. Bu matematiksel temel, bulanık kümeler kuramı ve BM olarak adlandırılır. BM bilinen klasik mantık gibi (0,1) olmak üzere iki seviyeli değil, [0,1] aralığında çok seviyeli işlemleri ifade etmektedir. Örneğin klimanın motoru otomatik olarak değil de, bir insan tarafından denetlendiği varsayılıns; eğer oda sıcaklığı biraz arttıysa işletme

motorun hızını biraz artıracaktır. Eğer oda sıcaklığı çok düşerse motor hızını çok azaltacaktır. Burada kullanılan “biraz”, “çok” terimleri dilsel terimler olup “ bulanık değişkenler” olarak isimlendirilirler. BM denetimi dilsel olarak anılmamış denetim stratejisini uzman tabanlı otomatik denetim algoritmasına çevirir. Deneyimler BM denetimi ile elde edilen çıkış performansının klasik yöntemlerle elde edilene göre daha iyi olduğunu göstermiştir. İnsanlarda karar verme süreci, karşılaşılan bir problem karşısında zihnimizdeki kurallar doğrultusunda değerlendirerek bir karara varmaya çalışırız. Bilgisayarların böyle bir karar verme süreci ile karşı karşıya kaldığında, bilgi, tecrübe ve sezgilerden oluşan bir dizi kuralı dikkate alması veya bu kuralların bilgisayara aktarılabilmesi gerekir [84].

Özellikle sistemin karmaşık olduğu ve analizinin klasik yöntemlerle yapılamadığı ve bilgilerin netliklerinin belirsiz veya kesin olmadığı durumlarda BM denetim yöntemi çok uygun olmaktadır [84].

#### **4.2.1. Bulanık mantığın temel özellikleri**

- BM’te, kesin değerlere dayanan düşünme yerine, yaklaşık düşünme kullanılır.
- Her şey  $[0,1]$  aralığında belirli bir derece ile gösterilir.
- Bilgi büyük, küçük, çok az gibi dilsel ifadeler şeklindedir.
- BM işlemi dilsel ifadeler arasında tanımlanan kurallar ile yapılır.
- Her mantıksal sistem bulanık olarak ifade edilir.
- BM matematiksel modeli çok zor elde edilen sistemler için çok uygundur.
- BM tam olarak bilinmeyen veya eksik girilen bilgilere göre işlem yapma yeteneğine sahiptir.

BM işlemleri, problemin analiz edilmesi ve tanımlanması, kümelerin ve mantıksal ilişkilerin oluşturulması, mevcut bilgilerin bulanık kümelere dönüştürülmesi ve modelin yorumlanması aşamalarından meydana gelmektedir. Eğer uygulanabilecek sistemin davranışı kurallarla ifade edilebiliyorsa veya karmaşık bir matematiksel işlem gerektiriyorsa, BM yaklaşımı uygulanabilir. Bulanık mantığın bir başka özelliği de işlenen verilerin ve bilgilerin belirsiz, eksik, yanlış ve hatta çelişkili olduğu durumlarla yetinmesidir. BM çok karmaşık bir problemi tamamen çözmese de etkili metotlar geliştirir. BM ile tasarlanan ürünlerin kullanımı, tasarlanması,

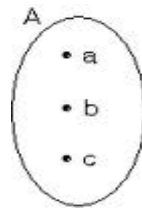
denenmesi daha kolay ve standart sistemlere göre daha iyi bir denetim sağlamaktadır. Ayrıca bulanık mantığın uygulamaya geçirilişi kolay, hızlı ve ekonomiktir [84].

BM kuramının klasik yaklaşımlara göre bir takım üstünlük ve sakıncaları vardır. BM kuramının insan düşünüş tarzına çok yakın olması en büyük üstünlüğünü oluşturmaktadır. BM yaklaşımı matematiksel modele ihtiyaç duymadığından matematiksel modeli iyi tanımlanamamış, zamanla değişen ve doğrusal olmayan en başarılı uygulama alanıdır [84].

BM uygulamalarında mutlaka kuralların uzman deneyimlerine dayanarak tanımlanması gerekir. Üyelik işlevlerini ve BM kurallarını tanımlamak her zaman kolay değildir. Üyelik işlevlerini değişkenlerinin belirlenmesinde kesin sonuç veren belirli bir yöntem ve öğrenme yeteneği yoktur. En uygun yöntem deneme-yanılma yöntemidir, bu da çok uzun zaman alabilir. Uzun testler yapmadan gerçekten ne kadar üyelik işlevi gerektiğini önceden kestirmek çok güçtür. BM yaklaşımında üyelik işlevlerinin değişkenleri sisteme özeldir, başka sistemlere uyarlanması çok zordur. Bunun yanı sıra en sık belirtilen dezavantajları ise üyelik işlevlerinin ayarlanmasının uzun zaman alması ve öğrenme yeteneği olmamasıdır [84].

#### 4.2.2. Klasik Kümeler

Klasik anlamda küme, nesnelerin iyi tanımlanmış listesidir. A, B, C gibi büyük harflerle gösterilir. (Şekil 14) Kümeyi oluşturan öğeye kümenin elemanı denir. “a” elemanı A kümesine ait ise  $a \in A$  biçiminde yazılır [86].



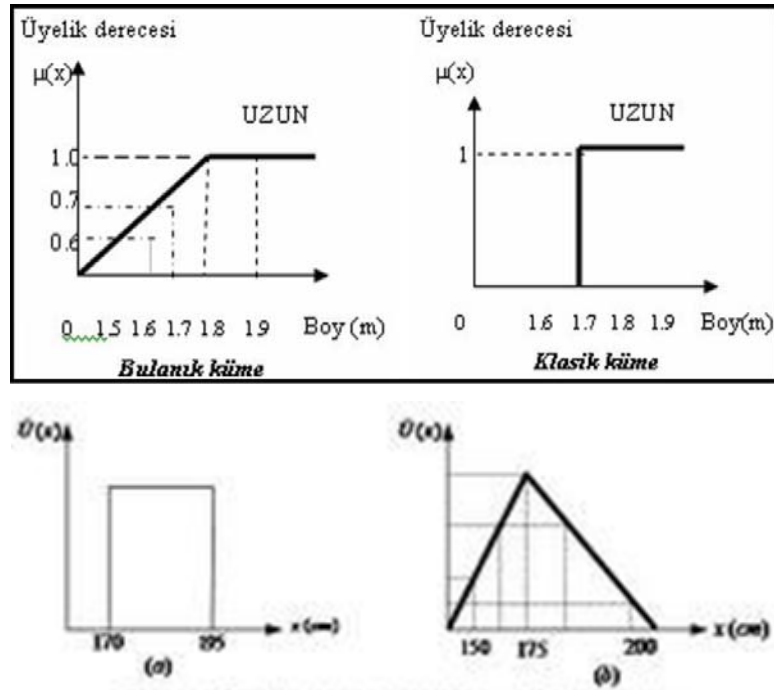
Şekil 14. Kümenin Venn Şeması ile gösterimi

Klasik küme kuramına göre bir sayı kümenin ya elemanıdır ya da değildir. Başka bir deyişle nesne kümeye tam üyedir ve üyelik derecesi 1'dir veya üye değildir ve bu

nedenle üyelik derecesi “0” dır.

#### 4.2.3. Bulanık Kümeler

Bazı değerleri ise böyle kolayca sınıflandıramayız. Zadeh, sadece iki üyelik derecesi alan bu ifadeyi, 0 ile 1 arasında çeşitli üyelik dereceleri alabilen bir başka gösterim şekline genişletmiştir (Şekil 15). Sonuçta her iki küme de elemanlardan oluşur. Kümelerin sınırları dışında iki küme türünde de üyelik dereceleri sıfırdır, çünkü kümelerin buralarda elemanları yoktur [86].



Şekil 15. Bulanık Küme ve Klasik Küme

Klasik kümeler tek bir parametre ile temsil edilir. Çünkü bir  $x$  değeri kümenin üyelik derecesi 1'dir. Bir bulanık küme ise, klasik kümeden farklı olarak ancak iki parametre ile temsil edilebilir. Çünkü küme elemanları ve bu elemanların o kümeye ne kadar ait olduğunu gösteren üyelik derecelerinden oluşur.

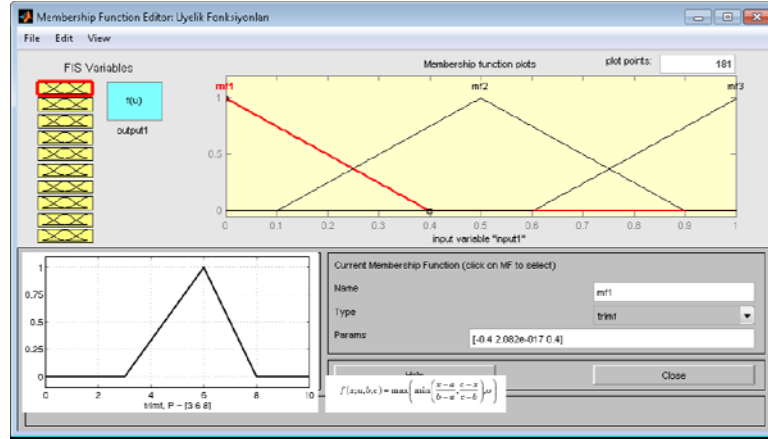
#### 4.2.4. Üyelik Fonksiyonları

Üyelik derecelerinin 0'dan 1'e ne şekilde değişeceğini üyelik fonksiyonu (ÜF) belirlemektedir. ÜF'nun şekli, kümenin ifade etmek istediği uygulama alanına göre değişiklik gösterir. Genelde kullanılan üyelik fonksiyonları üçgen, yamuk, gauss dağılımı veya çan eğrisi şekillerinde ya da Z veya S'e benzeyen sigmoid'ler şeklindedir. Tez kapsamında Matlab programı kullanıldığından, görseller bu programdan alınmıştır.

Aşağıda üyelik derecelerinin 0 ile 1 aralığına göre değişkenlik gösterdiği muhtelif üyelik fonksiyonları gösterilmektedir.

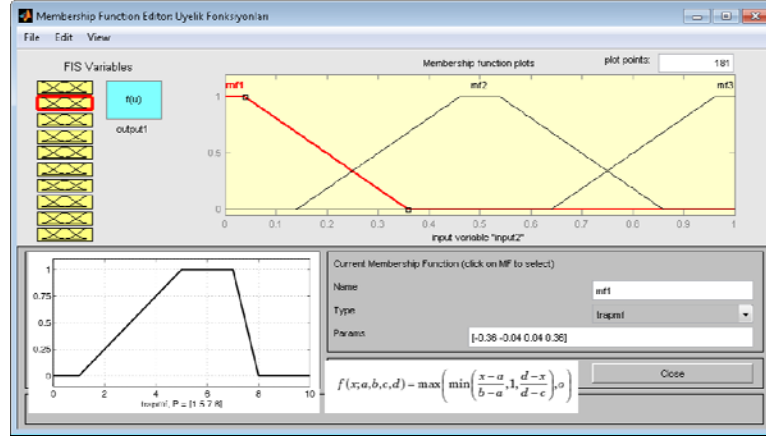
##### 4.2.4.1. Üçgen Üyelik Fonksiyonu

Üçgen üyelik fonksiyonları parçalı doğrusal fonksiyonlardır (Şekil 16). Grafikselleştirilmeleri, oluşturulmaları ve hesaplamaları oldukça kolaydır [86].



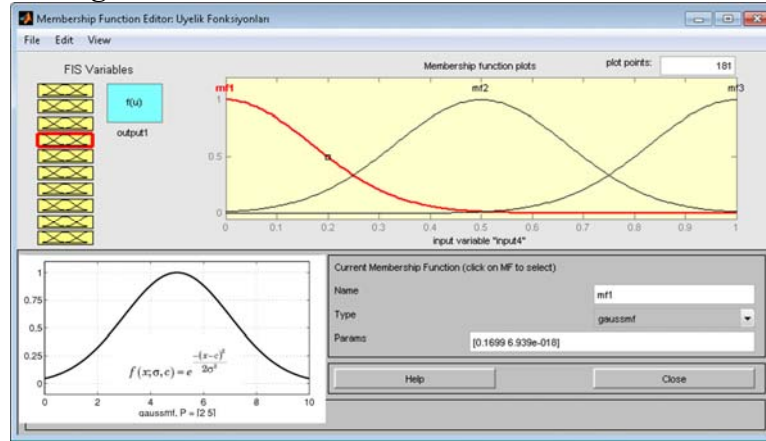
Şekil 16.1. Üçgen Üyelik Fonksiyonu [85]

#### 4.2.4.2. Yamuk Üyelik Fonksiyonu (ÜF)



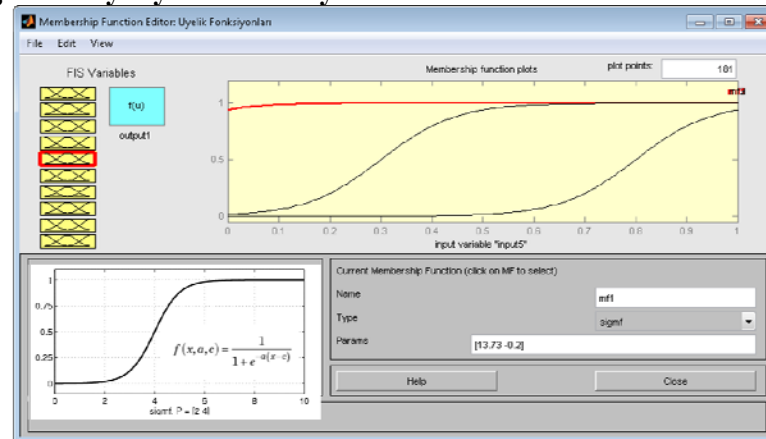
Şekil 16.2. Yamuk Üyelik Fonksiyonu [85]

#### 4.2.4.3. Gauss Dağılımı



Şekil 16.3. Gauss Üyelik Fonksiyonu [85]

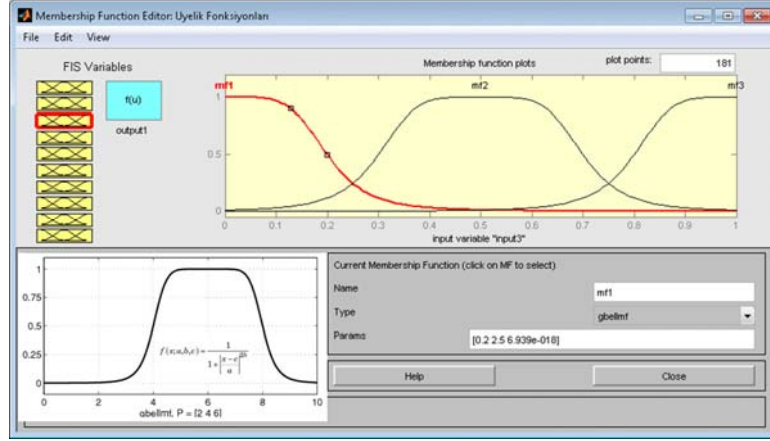
#### 4.2.4.4. Sigmoidally Üyelik Fonksiyonu



Şekil 16.4. Sügmoidally Üyelik Fonksiyonu [85]

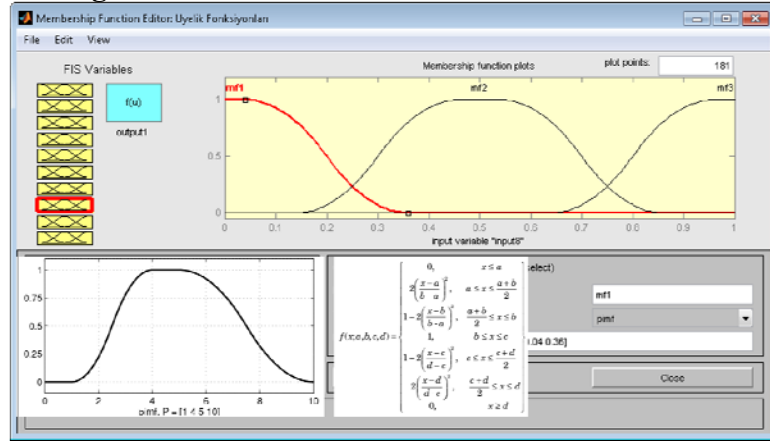


#### 4.2.4.5. Generalized Bell Eğrileri



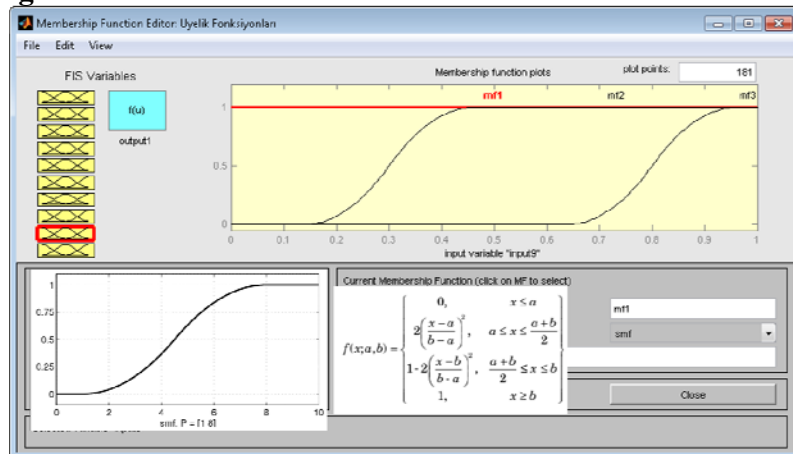
Şekil 16.5. Generalized Bell Üyelik Fonksiyonu [85]

#### 4.2.4.6. Built-in Eğrileri



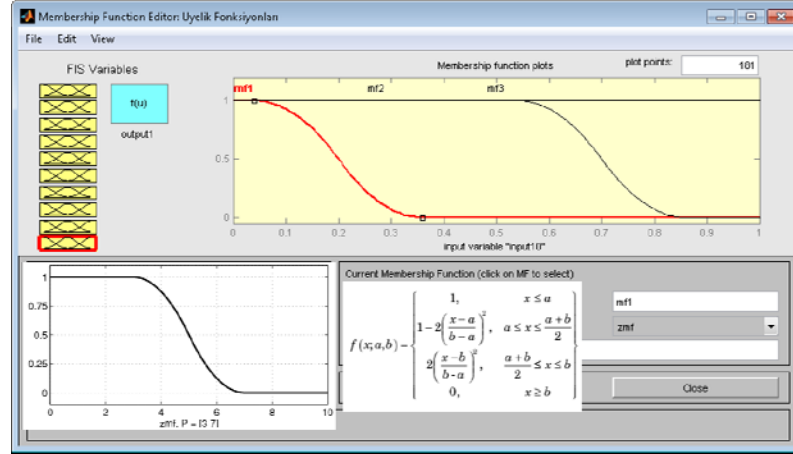
Şekil 16.6. Built-in Eğrileri Üyelik Fonksiyonu [85]

#### 4.2.4.7. S Eğrileri



Şekil 16.7. S Eğrileri Üyelik Fonksiyonu [85]

#### 4.2.4.8. Z Eğrileri



Şekil 16.8. Z Eğrileri Üyelik Fonksiyonu [85]

#### 4.2.5. Bulanıklaştırma

BM'ye bulanıklığı kümeler verirken bu kümelerle mantık yürütme işini operatörler yapar. İnsanlar karar verirken, gözlemlediği durumlardan sonuç çıkarırken belirli bir düşünce sistematığı içinde mantık yürütürler. BM'nin öznesi bulanık kümeler ise yüklemi de bu kümelerle işlem yapan VE, VEYA, DEĞİL, İSE gibi mantık operatörlerdir. Bulanık kümeleri birleştirmek için kullanılan operatörlere bulanık bağlaçlar veya birleştirme operatörleri adı verilir [86].

Bulanıklaştırma, kesin bir değeri, bulanık bir değere dönüştürme işlemidir. Bulanık değer, bir sözel ifade ve kesin değer bu sözel ifadeye ne derece üye olduğunu gösteren üyelik derecesinden oluşur. Aslında belirli ve kesin dediğimiz değerler ne oranda belirli ve kesindir? En kesin kabul ettiğimiz değerler bile bir parça belirsizlik içerir. Bir donanım, örneğin bir sayısal voltmetrenin içindeki Analog/Sayısal dönüştürücü farklı değerler ölçebilir. Dahası ölçtüğü değeri, virgülden belirli bir değer sonra en yakın seviyeye yuvarlar. Bu durumda kesin dediğimiz bir bilgi ne kadar kesindir? İster az doğru olsun ister çok, ölçtüğümüz bir değerle bulanık kümeleri kullanarak yine de iş yapabiliriz [86].

Geleneksel sistem modelleme metotlarında bir sistemin giriş ve çıkışları arasındaki bağıntı, kesin tanımlamalara gereksinim duymakta idi. Bunlar durum ve çıkış diferansiyel denklemleri tanımlanan sistemin dinamik denklemleri olabildiği gibi, s düzleminde tanımlanmış transfer fonksiyonları da olabilir. Sistem içindeki ilişkileri

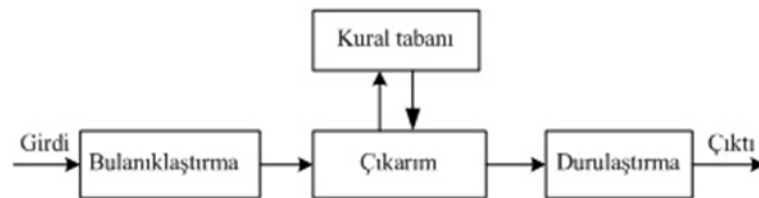
ifade eden bilgileri tanımlamanın ve sunmanın pek çok farklı yöntemi vardır. Bilgiyi tanımlamanın ve iletmenin en güçlü yollarından biri de doğal dili kullanmaktır. İnsanlar bir durum karşısında karar verirken, bir sorunu çözerken sözel ifadeler kullanarak mantık yürütürler. Mantık yürütürken doğru ve sistemli düşünmeyi, elimizdeki bilgileri doğru ve sistematik olarak tasnif edebilmeyi isteriz. Bir konu hakkında sistemli düşünebilmenin kurallarını koyarken o konu ile ilgili yargılarımızı taşıyan düşünceleri bir dizi cümle ile ifade ederiz [86].

BM modeli de, bir sistemin giriş ve çıkışları arasındaki bağıntıyı kurarken transfer fonksiyonu, diferansiyel denklem gibi bir formül kullanmak yerine doğal dile öykünerek kurallar adını verdiğimiz “EĞER” şu durum öyle ise “O HALDE bunu yap” gibi yargı cümlelerinden (birleşik önermelerden) oluşan bir dizi sözel ifadenin mantıksal karşılığını kullanır [86].

#### 4.2.6. Bulanık Sonuç Çıkarma Sistemi ( FIS - Fuzzy Inference System)

Bulanık sonuç çıkarma sistemleri için literatürde önerilmiş birkaç yöntem vardır. İngiliz bilim adamı Mamdani'nin önerdiği Mamdani modeli, Sugeno ve arkadaşlarının önerdiği Takagi Sugeno Kang modeli ve Tsukamoto modeli bunlardan başlıcalarıdır [86].

Bilgisayara ölçüm yoluyla alınan ve kesin sayısal değere sahip olan giriş verisi, bilgi tabanındaki üyelik fonksiyonları tarafından sözel ifadelere ve giriş verisinin bu ifadeyi ne oranda desteklediğini gösteren üyelik derecelerine dönüştürür. Şekil 17’de gösterildiği üzere bu aşamaya bulanıklaştırma adı verilmektedir.



Şekil 17. Bulanık Mantık ve Çalışma Sistemi

Bulanıklaştırma sonunda elde edilen sözel ifadeler, insanların karar verme sürecinde olduğu gibi, kural tabanındaki önermelerle karşılaştırılır ve yine sözel yargı

sonuçlarına varılır. Bu sonuçların hangi oranda geçerli olduğu gerektirme (Implication) mantığı uyarınca yine girişteki üyelik derecelerinin üzerinde uzlaştığı bir doğruluk derecesi tarafından belirlenir. Her bir kuraldan elde edilen sonuçlar birleştirilerek (Aggregation) genel bir sonuç kümesi (bölgesi) elde edilir. Bu kısma bulanık sonuç çıkarma (Fuzzy Inference) adı verilmektedir. Bulanık sonuç çıkarma sürecinin çıkışında yargı sonuçlarına ait sözel ifadeleri temsil eden üyelik fonksiyonları ve bunların destek dereceleri vardır ve bunlar bulanık çıkışlar olarak adlandırılır [86].

**Öncül Önermelerin Bağlaması (AND Method):** Kural tabanında öncül bileşke önerme kısmı kendi aralarında VE (min, prod) yöntemi veya VEYA (max, probor) yöntemleriyle bağlanır ve üzerinde uzlaştıkları bir üyelik derecesini kuralın derecesini temsilen çıkışa yansıtırlar.

**Gerektirme İşlemi (Implication):** Çıkışın ağırlığı ve şekli, GEREKTİRME yöntemi (min, prod) tarafından belirlenmektedir. Burada Sugeno ve Mamdani yöntemleri ayrılmaktadır. Sugeno modelinde Mamdani'den farklı olarak çıkış ÜF üçgen, yamuk gibi herhangi bir şekle sahip bir bulanık küme değildir. Katsayılar ve girişlerden oluşan bir polinom şeklindedir [86].

**Kural Sonuçlarının Birleştirilmesi (Aggregation):** Bulanıklaştırma sonunda elde edilen sözel ifadeler, kural tanımında yorumlanıp yine sözel sonuçlara varılır. Bu sonuçların hangi oranda geçerli olduğunu yine girişteki üyelik dereceleri belirler. Kural tabanlı sistemlerin çoğu birden fazla kuraldan oluşur. Her bir kuralın geçerlilik kuralların birleştirilmesi (aggregation of rules) olarak adlandırılır. Birleştirme yöntemleri, kurallar ve dolayısıyla sonuçları VEYA mantıksal bağlacıyla bağlandığından yöntemlerde genel anlamıyla mantıksal VEYA işlemini gerçekleştirmeyi hedefleyen matematiksel operatörlerdir [86].

**Maksimum (max) yöntemi:** Bu yöntemde elde edilen çıkış üyelik fonksiyonlarının kestiği noktalarda büyük üyelik dereceli (maksimum) olan alınır. Böylece aynı noktalardaki daha düşük dereceli alanlar hesaba katılmamış olur.

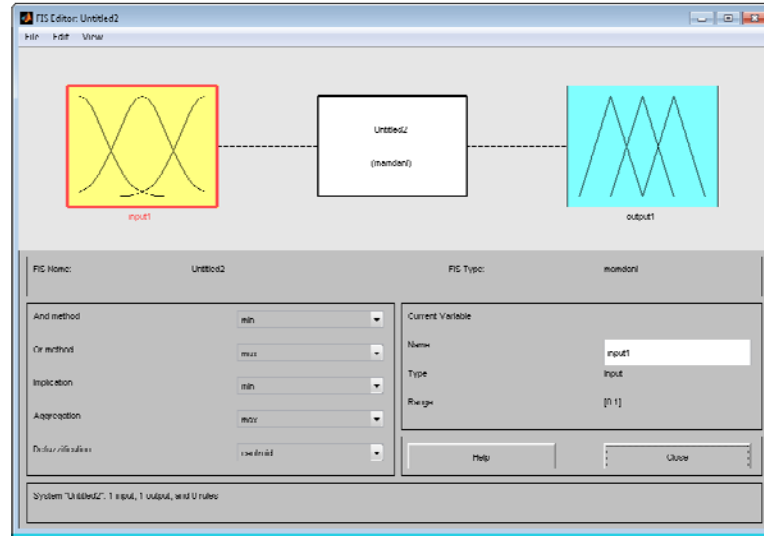
**Toplama (sum) yöntemi:** Üyelik derecesi büyük olsun küçük olsun, çakışan bütün

noktalar hesaba katılır. Böylece bütün kuralların etkisi ihmal edilmemiş olur.

**Aritmetik toplama (probor) yöntemi:** VEYA işlemini gerçekleştirirken üyelik derecelerinin 0-1 aralığında çıkması bu değerlerden büyük olmaması isteniyorsa toplama yerine aritmetik toplama fonksiyonu kullanılabilir.

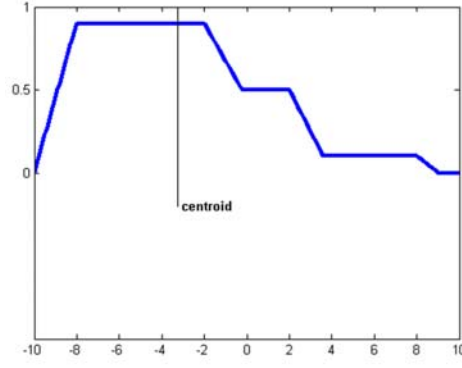
Durulaştırma (Defuzzification), elde edilen çıkış bölgesi girişler karşısında bulanık sonuç çıkarma sisteminin yanıtını ifade eder. Bulanık küme kuramının ve bulanık mantığın görevi burada sona erer. Bulanık bilgiyle hesap yapmak, mantık yürütmek ve modeller oluşturmak bir şeydir, bulanık sonuçları çevremizdeki dünyaya uygulamak ise başka bir şeydir [86].

Şekil 18’de Matlab programında öncül önermelerin bağlandığı (AND, OR Method), gerektirme (Implication), kural sonuçlarının birleştirildiği (Aggregation) ve durulaştırma (Defuzzification)’nın yapıldığı FIS Editörü görülmektedir.



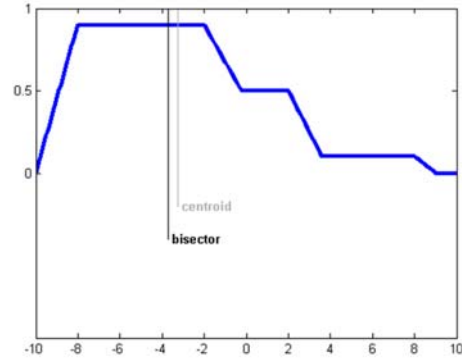
Şekil 18: MATLAB FIS Editör

**Ağırlık Merkezi (Centroid) Yöntemi:** En çok tercih edilen durulaştırma yöntemidir. Şekil 18.1’de görüldüğü gibi çıkış bölgesini oluşturan bulanık küme, çıkışa ait evrensel bir küme ve küme elemanlarının üyelik derecelerinden oluştuğundan, her bir çıkış elemanının hangi ağırlıklı çıkışı temsil ettiğini gösterir [3].



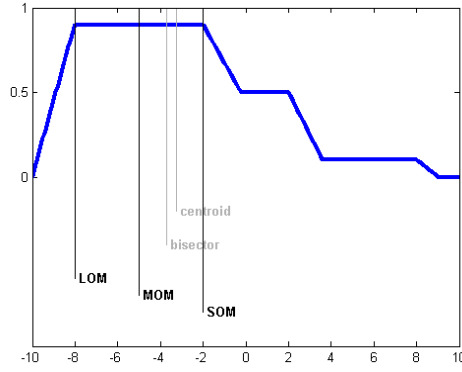
Şekil 18.1. Ağırlık Merkezi (Centroid) Grafik Üzerinde Gösterimi [85]

**Alan Açıortayı (Bisector of Area) Yöntemi:** Şekil 18.2’de gösterildiği üzere çıkışa ait alanı iki eşit alana bölen noktadır.



Şekil 18.2. Alan Açıortayı (Bisector of Area) Grafik Üzerinde Gösterimi [85]

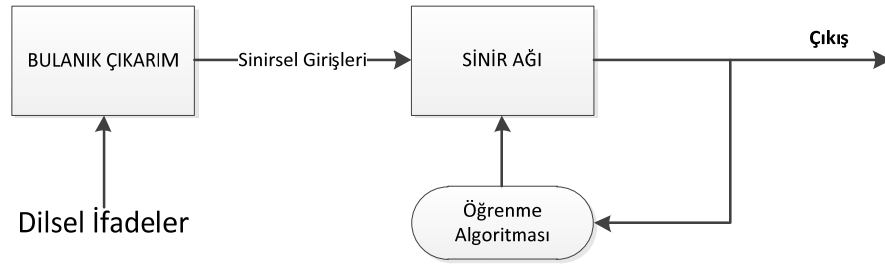
**En Büyükler Yöntemi:** Mean of Maxima (MOM) Yönteminde, ÜF birden fazla en büyük üyelik derecelerine sahip olabilir. Bu noktaların aritmetik ortalaması yani orta noktası alınır. Smallest of Maxima (SOM) yönteminde bulunan en küçük nokta durulaştırma sonucu olarak alınır. Largest of Maxima (LOM), en büyük nokta durulaştırma sonucu olarak alınır [86]. Bu yöntemler Şelil 18.3’de toplam olarak kıyaslamalı olarak belirtilmiştir.



Şekil 18.3. LOM – MOM – SOM Grafik Üzerinde Gösterimi [85]

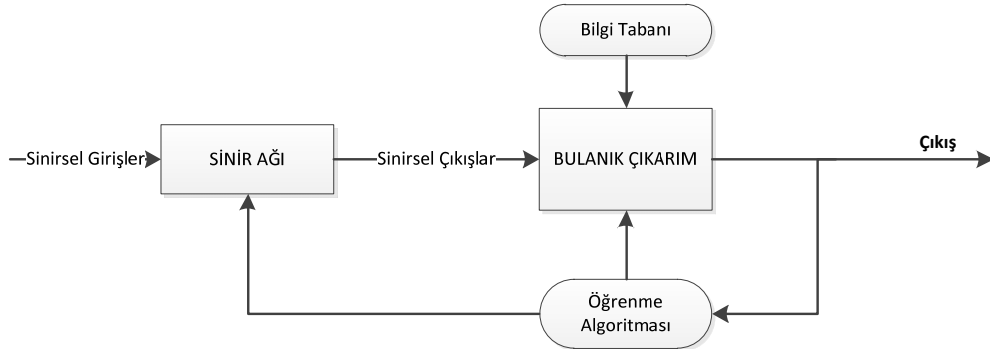
### 4.3. Sinirsel Bulanık Mantık (ANFIS)

Sinirsel BM ağları temel olarak iki yapıdan oluşmaktadır. Birinci sinirsel BM yapısında (Şekil 19.1), bulanık çıkarımın dilsel ifadelerle oluşturduğu çıkışlar çok katmanlı sinir ağına giriş vektörü olarak verilmektedir. Bu yapıda, sinir ağı eğitilmekte ve istenen çıkışları sağlamaktadır.



Şekil 19.1 Sinirsel Bulanık Mantık Sisteminin Birinci Yapısı [84]

İkinci sinirsel BM yapısında (Şekil 19.2) ise çok katmanlı sinir ağının çıkışları bulanık çıkarım mekanizmasını sürmektedir.



Şekil 19.2: Sinirsel Bulanık Mantık Sisteminin İkinci Yapısı [84]

BM yaklaşımında uzman bilgilerinden oluşturulan kurallar dilsel ifadelerle etiketlenemediği halde genellikle tasarım deneme-yanılma yöntemiyle yapıldığından uzun zaman almaktadır. Sinir ağları kullanılarak bu kurallar oluşturulabilmektedir [84].

Bulanık çıkarım sistemleri ve çok katmanlı perceptronlar uyarlamalı ağların çok genel hesaplama çalışmalarının özel örnekleridir. Her iki örnekte uyarlamalı ağın geriye yayılma öğrenme yeteneğini almıştır. ANFIS uyarlamalı ağların, işlevsel olarak bulanık çıkarım sistemine eşdeğer olan bir sınıfıdır. Açık olarak uyarlamalı ağlara dayanan bulanık çıkarım sistemi veya uyarlamalı sinirsel bulanık çıkarım sistemi anlamına gelen ANFIS ismi, Adaptive Network-based Fuzzy Inference System veya Adaptive Neuro Fuzzy Inference System olan özgün adının baş harflerinden oluşmuştur. Aynı zamanda bazı kaynaklarda ANFIS, Takagi, Sugeno, Kant (TSK) bulanık kuralları ile sinirsel bulanık denetleyici olarak geçmektedir. TSK ise Sugeno bulanık modeli veya TSK BM modeli anlamında kullanılmaktadır. Aynı şekilde karma sinir ağları olarak da anılmaktadır [84].

Tez kapsamında oluşturulan modelde MATLAB programının FIS ve ANFIS modülleri kullanılmıştır.

#### **4.4. Genetik Algoritma (Genetic Algoritm)**

GA'lar, doğadaki canlıların geçirdiği süreci örnek alır ve iyi nesillerin kendi yaşamlarını korurken, kötü nesillerin yok olması ilkesine dayanır. Matematiksel modellemenin yapılamadığı veya kesin çözümün olmadığı problemlerde GA'dan yararlanır [84].

GA'lar, uygunluk işlevi, yeni özümler üretmek için çaprazlama ve değiştirme gibi operatörleri kullanır. GA'nın önemli özelliklerinden birisi de bir grup üzerinde çözüm araması ve bu sayede çok sayıda çözümün içinden en iyiyi seçmesidir. GA'ların en temel özellikleri, parametre kodlarıyla uğraşmakta, parametrelerinin kendisiyle doğrudan ilgilenmemektedir, tek bir alan bağımlı kalarak çözüm aramamakta, yığının tamamında çözümü aramaktadır. "Ne yaptığı" değil "Nasıl



yaptığı'nı bilmektedir. Yani GA amaç işlevini kullanır, sapma değerleri veya diğer hata faktörlerini kullanmamaktadır. Uygulanmasında kullanılan operatörler rastlantısal yöntemlere dayanmakta, belirli ve kesin yöntemler kullanmamaktadır [84].

BM, sinir ağları, GA'lar ve US'ler gibi bütün YZ tekniklerinin her birinin kendisine özgü yetenekleri bulunmaktadır. Örneğin YSA öğrenme, örnekleri tanımlamada iyi iken, kararların nasıl alındığı konusunda iyi değildir. BM yaklaşımı karar almada çok iyi sonuçlar verir, fakat karar alma sürecindeki kural oluşturmayı kendiliğinden gerçekleştiremez [84].

#### **4.5. Yapay Zeka (YZ) Metotlarının Kullanım Alanları**

##### **4.5.1. Yapay Sinir Ağlarının Kullanım Alanları**

Temel olarak öngörü, sınıflandırma, veri birleştirme, veri kavramlaştırılması, veri süzülmesi ve resim veya görüntü işleme alanlarında kullanılmaktadır.

Endüstriyel uygulamalar sanayide, kalite denetiminde, kalitenin geliştirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Fırın denetim sistemi ile elektrik tüketiminde büyük tasarruf sağlanmıştır. Güneş enerjisi pilleri üretiminde, konum, kalınlık hatalarının saptanması ve birçok hatanın tespitinde kullanılmaktadır.

İşaret işleme deneylerinde sinir ağları kullanılmaktadır. Rafine işlemlerinde, yer altındaki gaz ve petrol alanların tespitinde kullanılmıştır. Elektrik motorlarının arıza tespitinde, dil işleme üzerine çok büyük araştırmalar süregelmektedir. Bu uygulamaların bazıları konuşmayı metne çevirme, otomatik dil çevirisi, işitme ve bedensel engelliler için protez geliştirilmesi, sesle kumanda ve doğal dil işlemlerini kapsamaktadır.

Ulaşım ve havacılık uygulamaları: Fren denetimi, mühendislik hataları, etkin süspansiyon denetimi gibi bazı alanlarda kullanılmaktadır. NASA'da uzay mekiği yolculuklarında manevra denetimi için YSA çalışmaları yapılmaktadır. Uçaklarda titreşim seviyeleri ve sesin görüntülenerek motor sorunlarında erken uyarı için sinir

ağları geliştirme çalışmaları yapılmaktadır.

Özel bir kara taşıtının sürücüsüz seyri için geliştirilmiş bir sinir ağı uygulaması bulunmaktadır. Hava alanlarında bagaj geçişlerinde bomba tanıma ve ortaya çıkarma amacıyla kullanılmaktadır.

Finans, borsa ve kredi kartı uygulamaları: Dünya finans pazarında YSA büyük ölçüde kullanılmaktadır.

YSA, içinde Merrill Lynch ve Co., Salomon Brothers, Shearson Lehman Brothers Inc, Citibank ve World Bank'ın bulunduğu firmaların büyük kısmında mali tahmin için kullanılmaktadır.

American Express, Mellon Bank, First USA Bank gibi bazı bankalar ve kredi kartı şirketleri, potansiyel sahtekarlıkları önlemek amacıyla sürekli sinir ağı kullanmaktadırlar.

El yazısı ve imza tanımlaması için kullanılmaktadır. Ayrıca borsa stratejisi ve borsa ödemelerinin kesilmesi ve potansiyel müşteri listelerinden gelecekteki müşteri tahminleri YSA'ları yapılmaktadır.

Tıp alanındaki uygulamalar: RNA ve DNA'da amino asit incelemelerinde geniş biçimde, ECG ve EEG dalga formunda, hastaların ilaçlara karşı tepkilerinin incelenmesinde, kazalarda sakatlıklardan korunmada, meme, göğüs ve akciğer kanseri tanısında YSA kullanılmaktadır.

İletişim Sanayi Uygulamaları: Telefon hatlarının güncellenmesinde ve hatlarda olabilecek yankıların giderilmesinde kullanılmıştır.

#### **4.5.2. Bulanık Mantık Kullanım Alanları**

Özellikle Japonya, Amerika ve Almanya'da yaklaşık 100'den fazla ticari ve endüstriyel bulanık sistemleri başarıyla gerçekleştirilmiştir.

BM potansiyel kullanım alanları inanılmazdır. Bunlara belgeleri deşifre edip yorumlayabilen uzman karar sistemleri, kendi kendilerini götürebilen akıllı arabalar, belirli bir stilde romanlar yazabilen makineler, insana benzeyen davranış şekilleri sergileyen robotlar ve sadece kanserli hücreleri öldürecek ve yaşlandırma sürecini yavaşlatan vücuda enjekte edilebilen maddeler de dahildir [84].

Endüstriyel uygulamalar: Çimento fırınlarının denetiminde, çamaşır makinesinin, çamaşırın cinsine miktarına, kirliliğine göre en etkili çamaşır yıkama ve su kullanım programının seçilmesi, araçlarda yakıt püskürtme ve ateşleme denetim sisteminin denetimi, elektrik süpürgesi, televizyon ve müzik aletlerinde BM denetimleri kullanılmaktadır.

YZ metotları 4. bölümde ayrıntılı olarak belirtilen, inşaat proje yönetiminin muhtelif alt alanlarında kullanılmıştır. Uygulamada, inşaat proje yönetimine yönelik akademik düzeyde yapılmış ve geliştirilmeye devam eden birçok çalışma bulunmakta ancak aktif olarak kullanıldığı herhangi bir sistem veya yazılım ile karşılaşmamıştır.

## 5. ÖNERİ KARAR DESTEK MODELİ

Projelerde başarısızlığa neden olan birçok etken arasında en önemli ve büyük olanı, etkisiz proje raporlama sistemleridir. Sistemsizlik, bilginin toplanmasında yaşanan sorunlar, raporlanması gereken verinin büyüklüğü ve raporlamalarda kullanılan yazılım sistemlerinin yetersizliği ve karmaşıklığı, proje yönetim anlayışını “tablo üzerinde proje yönetimi” çerçevesine sıkıştırmaktadır.

Etkili bir proje raporlama sisteminin, açıkça tanımlanmış hedefleri olan şeffaf, doğru ve etkili bir şekilde sunulabiliyor olması gerekir.

Gelişmiş yazılımların ortaya çıkması ve çok miktarda verinin gerçek zamanlı olarak paylaşılabilmesi sayesinde, kurumların proje raporlama imkânları ve kabiliyetleri neredeyse sınırsız hale gelmiştir. Ancak bu kolaylık, verilerin düzenli ve anlamlı bir şekilde tutulmaması durumunda, hem raporun hazırlanmasında, hem de projeye aşina olmayan personeli bunaltacak duruma gelebilir.

Etkili proje raporlama sistemleri, yönetime doğru ve anlamlı bilgi sağladığı için, yönetimin olumlu karar verme kabiliyetini güçlendirmektedir. Faydalı bir proje raporlama sisteminin çok büyük verileri derleyip sade ve anlamlı ara yüzler, anlık raporlar ve özet raporlar şeklinde sunabilmesi gerekir. Ayrıca bilgileri sade ve anlaması kolay şekillerde sunarak bilgi paylaşımını kolaylaştırmalıdır.

Patron, yönetim kurulu, icra kurulu, direktör, koordinatör, proje yöneticisi gibi üst düzey yöneticiler ve diğer orta kademe yöneticiler, bilgili kararlar vermek ve projenin gereklerine uyumu güvenceye almak için doğru ve şeffaf proje bilgisi ister. Bir inşaat projesi raporlama sisteminin şeffaflığı ve doğruluğunu değerlendirirken göz önünde tutulacak bazı unsurlar vardır.

Proje ekibi tarafından raporlanan bilgilerin güvenilir olmasını sağlamak için, kaynak verilerin derinine inebilmek önemlidir. Örneğin bir taşerondaki gecikmenin, hangi

bina, mahal, aktivite, poz ve kaynaktan kaynaklandığının derinlemesine sorgulaması yapılabilirdir. Proje yönetimi hiyerarşisindeki dikey raporlama sırasında hatalı verilerin, durum raporlarına sızması için birçok imkan vardır. Bunun en önemli sebepleri arasında bilgilerin raporlanmadan önce Master kodlama sisteminin dikkatle oluşturulmamasıdır. Bu hataların giderilmesi ciddi derecede zaman, çaba ve emek gerektirebilir.

Proje raporlama sisteminde mükerrer bilgiler ya da farklı kaynaklardan alınan aynı veriler yer alabilir. Bu da karmaşaya yol açar ve mükerrer girdilere ya da önemli verilerin yanlış raporlanmasına neden olur. Mükerrer girdiler, raporlarda elle düzeltme yapılması ihtiyacını da artırır. Bu tür düzeltmeler, raporun projenin durumunu veya ilerlemesini doğru yansıtması için genellikle gereklidir. Ancak proje raporunun doğru olması için çok miktarda elle düzeltme yapılması, raporlama sisteminin etkili veya verimli çalışmadığının da göstergesi olabilir. Dolayısıyla bilginin tek elden, fakat tüm proje paydaşlarının ihtiyaç duyduğu detay ve formatta temin edilmesi son derece önemlidir.

Etkili bir raporlama sisteminde, raporların etkili bir şekilde sunulması da son derece önemlidir. Tasarım, keşif, kaynaklar, bütçe, iş programı vb. birçok konuda oluşturulan raporların ayrıntı düzeyi önemlidir. Ayrıntılı grafikleri ve şemaları olan karmaşık bir raporlama sistemi, proje ekibinin ve taraflarının ihtiyaçlarını karşılayan etkili bir sunum oluşturmayabilir.

Raporun düzeni, altta yatan bilgilerin ne kadar etkili iletilebileceğini belirler ve genellikle içeriğindeki bilgi kadar önemlidir. Büyük projelerde, maliyet, sözleşme, yazışmalar, bütçe gibi birçok zorunlu ve özel rapor türü vardır. Çok daha zor olan özet ve durum raporları ise etkili olarak tasarlanır ve sunulursa ise projeye muazzam değer katar. Dashboard tasarımı ve numaraların şovu çalışmalarında Steven Few [92], grafiklerle söyleyin çalışmasıyla Gene Zelazny [93] ve miktar bilgilerinin görselleştirilmesi, mükemmel kanıtlar ve bilgiyi tasarlamak çalışmalarında Edward Tufte [94] tarafından yapılan çalışmalara bakıldığında, verinin bilgiye dönüştürülürken tercih edilecek, grafik, veri seçim süzme araçları, kullanılacak renk ve yazı karakterlerindeki büyüklük, özetle raporun sunumunun hazırlanması başlı başına derinlemesine bir uzmanlık gerektirmektedir.

Bu çalışma ile üst yapı inşaat projelerinin maliyet tahminindeki belirsizliklerin, YZ metotlarından sinirsel BM yöntemi kullanılarak, proje toplam maliyetinin belirlenmesine yönelik bir karar destek modeli oluşturulmaktadır.

İkinci bölümde belirtilen, kontrol dışı bilgi eksikliğinden kaynaklanan hatalar, subjektif bilgilerin değerlendirilmesindeki yanlışlıklar, proje ile risklerinden kaynaklanan faktörler, proje karakteristik özelliklerinin belirsizliği ve direkt ve indirekt maliyet ayırımının yapılmasında karşılaşılan güçlüklerden ötürü, maliyet tahmininde çekilen güçlüklerin aşılmasına yardımcı olacak bir model ortaya konulmaktadır. Bu belirsizlik ve hatalar uzmanların öngörülerini ile bir oran nispetinde proje maliyetine ilave edilmektedir. Oluşturulan model ile geçmiş projelerden elde edilen gerçekleşmiş deneyimler ve uzman görüşleri de dikkate alınarak, hesaplanabilen direkt ve indirekt maliyetlerin üzerine, hesaplanamayan maliyetlerin uzman görüşleri ile derecelendirilmesi suretiyle sisteme girişler yapılmakta ve model ile yapılan hesap neticesinde, öngörülemeyen maliyetlerin tutar karşılığı tahmin edilmektedir.

### **5.1. Veri Tabanının Oluşturulması**

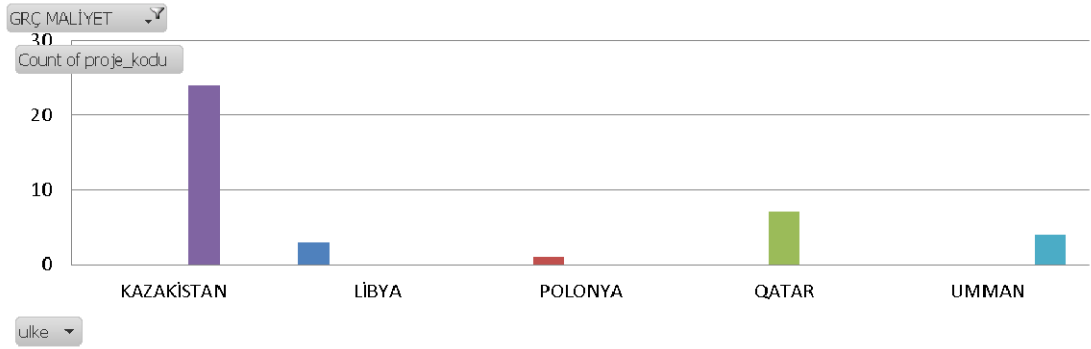
Veri tabanı projenin hangi aşamada olduğu dikkate alınarak oluşturulmuştur. Burada başlangıç aşamasındaki süreç gruplarından, fizibilite ve teklif hazırlık, planlama aşamasındaki süreçlerden, master plan hazırlık, uygulama aşamasındaki süreçlerden, inşaat proje yönetimi ki bu da projenin gelinen nokta itibarıyla fiziksel ve finansal tamamlanmanın %50'den küçük ve büyük olacak şekilde iki etaplı ele alınmış olup, kapanış aşaması ise, geçici kabul ve kesin kabul aşamaları olacak şekilde yedi farklı etap ve her etabın kendine ait kriterleri doğrultusunda değerlendirilmesi esas alınmıştır.

7 farklı uluslararası taahhüt firmasının, tamamlanmış ve devam eden projelerinden temin edilmiş 116 proje verisi derlenerek elde edilen bu proje verileri, yukarıdaki koşullar doğrultusunda süzülerek çapraz kontrole tabi tutulup, maliyet kırılımı farklı olup modelde kullanılmayacak projeler elenerek, 45 proje verisi dikkate alınmıştır.

Düzenlenen veri setinin firma ve projenin yapıldığı ülkeye göre miktar dağılımı Tablo 2’deki gibi, tutar dağılımı da Tablo 3’deki gibidir. Veri setine Şekil 20’deki bölge ayırımına göre oluşturulan grafiğe bakıldığında, seçilen 39 projenin %62’si Kazakistan, %18’i Katar olmak üzere 5 farklı ülkede bulunduğu görülmektedir.

Tablo 2. Firma ve Bölgeye Göre Veri Setinin Miktar Dağılımı

Açıklama	Firma 1	Firma 2	Firma 3	Firma 4	Firma 5	Toplam
KAZAKİSTAN				24		24
LİBYA	3					3
POLONYA		1				1
QATAR			7			7
UMMAN					4	4
Toplam	3	1	7	24	4	39

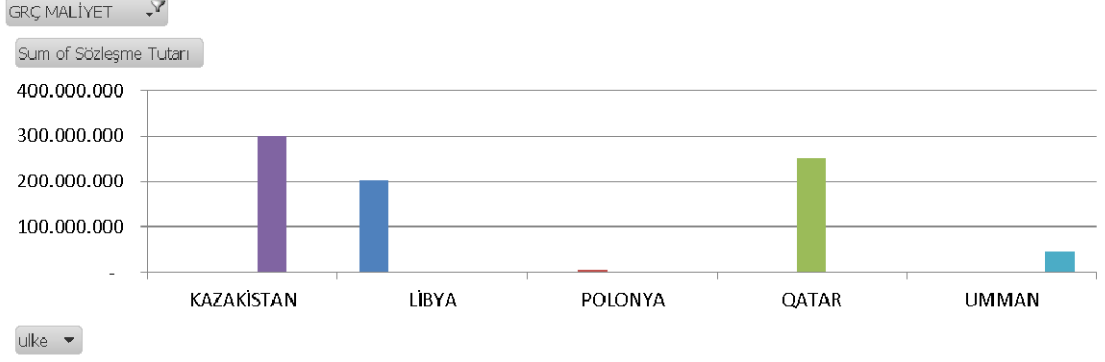


Şekil 20: Ülkelere Göre Projelerin Miktar Dağılım Grafiği

Düzenlenen veri setinin firma ve projenin yapıldığı ülkeye göre tutar dağılımı Tablo 3’teki gibidir. Projelere ciroları açısından bakıldığında, %37’si Kazakistan, %31’i Katar, %25’i Libya, %6’sı Umman ve %1’i Polonya’da bulunmaktadır. Şekil 21’de projelerin sözleşme (ciro) değerlerine göre bölgesel dağılımı görülmektedir.

Tablo 3. Firma ve Bölgeye Göre Veri Setinin Tutar Dağılımı

Açıklama	Firma 1	Firma 2	Firma 3	Firma 4	Firma 5	Toplam
KAZAKİSTAN				300.344.175		300.344.175
LİBYA	201.568.620					201.568.620
POLONYA		6.873.417				6.873.417
QATAR			251.557.924			251.557.924
UMMAN					46.197.936	46.197.936
Toplam	201.568.620	6.873.417	251.557.924	300.344.175	46.197.936	806.542.072



Şekil 21: Ükelere Göre Projelerin Tutar Dağılım Grafiği

Düzenlenen veri setinin firma ve yapı tipi doğrultusunda miktar dağılımı Tablo 4'deki, ciro tutarlarına göre detay dağılımı Tablo 5'teki gibidir. 39 proje verisinin miktar olarak %56'sı, ciro bazında %37'si konut ve iş merkezi tipindeki projelerden meydana gelmekte olup veri setinde toplam 10 farklı üst yapı tipinde proje yer almaktadır.

Tablo 4. Yapı Tipi ve Firmaya Göre Veri Setinin Miktar Dağılımı

Açıklama	Firma 1	Firma 2	Firma 3	Firma 4	Firma 5	Toplam
Alışveriş Merkezi	1		1			2
Hastane				5		5
İş Merkezi			1	7	2	10
Konut		1	2	8	1	12
Ofis	1		1		1	3
Otel			1			1
Park				2		2
Renovasyon			1			1
Sanat Yapısı				2		2
Üniversite	1					1
<b>Toplam</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>7</b>	<b>24</b>	<b>4</b>	<b>39</b>



Tablo 5. Yapı Tipi ve Firmaya Göre Veri Setinin Tutar Dağılımı

Açıklama	Firma 1	Firma 2	Firma 3	Firma 4	Firma 5	Toplam
Alışveriş Merkezi	61.895.891		22.741.633			84.637.524
Hastane				51.600.097		51.600.097
İş Merkezi			5.326.648	78.176.000	24.805.000	108.307.648
Konut		6.873.417	125.076.019	55.500.000	3.081.250	190.530.686
Ofis	12.399.328		33.415.662		18.311.687	64.126.677
Otel			26.050.252			26.050.252
Park				10.068.078		10.068.078
Renovasyon			38.947.710			38.947.710
Sanat Yapısı				105.000.000		105.000.000
Üniversite	127.273.400					127.273.400
<b>Toplam</b>	<b>201.568.620</b>	<b>6.873.417</b>	<b>251.557.924</b>	<b>300.344.175</b>	<b>46.197.936</b>	<b>806.542.072</b>

Veri tabanında bulunan 45 projeden 39 adedinin planlanan - gerçekleşen maliyet verileri mevcut olup, 6 proje verisinin sadece planlanan maliyet verisi bulunmaktadır. Planlanan gerçekleşen maliyet durumu doğrultusunda projelerin yapı tipi bazında dağılımı Tablo 6'daki gibidir.

Tablo 6. Planlanan – Gerçekleşen Proje Durum Listesi

Açıklama	Mevcut	Mevcut Değil	Toplam
Alışveriş Merkezi	2		2
Hastane	5		5
İş Merkezi	10	2	12
Konut	12	1	13
Lüks Konut		1	1
Ofis	3	1	4
Otel	1	1	2
Park	2		2
Renovasyon	1		1
Sanat Yapısı	2		2
Üniversite	1		1
<b>Toplam</b>	<b>39</b>	<b>6</b>	<b>45</b>

Temin edilen 116 proje verisinden elenerek seçilen 45 projenin, yapı tipi ve bölgesel ayrımlı, sözleşme tutarı, planlanan imalat maliyet değeri, planlanan indirekt maliyet değeri, planlanan risk (öngörülemez maliyeti–contingency) maliyet değeri ve toplam maliyet değerlerinin yer aldığı bilgiler Tablo 7'deki gibidir.

Tablo 7. Proje Maliyet Verileri

Açıklama	Sözleşme Tutarı	PLN. İmalat Maliyeti	PLN. End. Maliyet	PLN. Risk Maliyeti	PLN. Dir. + End. Maliyet	PLN. Toplam Maliyet
<b>= KAZAKİSTAN</b>	327.844.175	209.820.272	52.455.068	7.868.260	262.275.340	270.143.600
Hastane	51.600.097	33.024.062	8.256.016	1.238.402	41.228.078	42.518.480
Proje No: 06	6.229.849	3.987.103	996.776	149.516	4.983.879	5.133.396
Proje No: 09	5.348.439	3.423.001	855.750	128.363	4.278.751	4.407.114
Proje No: 15	4.500.000	2.880.000	720.000	108.000	3.600.000	3.708.000
Proje No: 17	30.000.000	19.200.000	4.800.000	720.000	24.000.000	24.720.000
Proje No: 19	5.521.809	3.533.958	883.489	132.523	4.417.447	4.549.971
İş Merkezi	93.676.000	59.952.640	14.988.160	2.248.224	74.940.800	77.189.024
Proje No: 02	7.176.000	4.592.640	1.148.160	172.224	5.740.800	5.913.024
Proje No: 05	20.000.000	12.800.000	3.200.000	480.000	16.000.000	16.480.000
Proje No: 07	34.000.000	21.760.000	5.440.000	816.000	27.200.000	28.016.000
Proje No: 11	4.500.000	2.880.000	720.000	108.000	3.600.000	3.708.000
Proje No: 14	4.500.000	2.880.000	720.000	108.000	3.600.000	3.708.000
Proje No: 18	11.000.000	7.040.000	1.760.000	264.000	8.800.000	9.064.000
Proje No: 23	4.000.000	2.560.000	640.000	96.000	3.200.000	3.296.000
Proje No: 24	4.500.000	2.880.000	720.000	108.000	3.600.000	3.708.000
Proje No: 30	4.000.000	2.560.000	640.000	96.000	3.200.000	3.296.000
Konut	67.500.000	43.200.000	10.800.000	1.620.000	54.000.000	55.620.000
Proje No: 08	11.000.000	7.040.000	1.760.000	264.000	8.800.000	9.064.000
Proje No: 16	4.500.000	2.880.000	720.000	108.000	3.600.000	3.708.000
Proje No: 20	4.500.000	2.880.000	720.000	108.000	3.600.000	3.708.000
Proje No: 21	4.500.000	2.880.000	720.000	108.000	3.600.000	3.708.000
Proje No: 22	18.000.000	11.520.000	2.880.000	432.000	14.400.000	14.832.000
Proje No: 25	4.500.000	2.880.000	720.000	108.000	3.600.000	3.708.000
Proje No: 26	4.500.000	2.880.000	720.000	108.000	3.600.000	3.708.000
Proje No: 27	12.000.000	7.680.000	1.920.000	288.000	9.600.000	9.888.000
Proje No: 29	4.000.000	2.560.000	640.000	96.000	3.200.000	3.296.000
Park	10.068.078	6.443.570	1.610.892	241.634	8.054.462	8.296.096
Proje No: 12	5.668.078	3.627.570	906.892	136.034	4.534.462	4.670.496
Proje No: 13	4.400.000	2.816.000	704.000	105.600	3.520.000	3.625.600
Sanat Yapısı	105.000.000	67.200.000	16.800.000	2.520.000	84.000.000	86.520.000
Proje No: 10	30.000.000	19.200.000	4.800.000	720.000	24.000.000	24.720.000
Proje No: 28	75.000.000	48.000.000	12.000.000	1.800.000	60.000.000	61.800.000
<b>= LIBYA</b>	236.282.049	121.629.984	60.673.252	5.397.881	182.303.236	187.701.117
Alışveriş Merkez	61.895.891	42.744.523	8.835.387	1.031.598	51.579.910	52.611.508
Proje No: 34	61.895.891	42.744.523	8.835.387	1.031.598	51.579.910	52.611.508
Ofis	12.399.328	5.174.159	2.791.390	443.378	7.965.549	8.408.927
Proje No: 33	12.399.328	5.174.159	2.791.390	443.378	7.965.549	8.408.927
Otel	34.713.429	13.585.402	10.535.656	1.059.237	24.121.058	25.180.295
Proje No: 32	34.713.429	13.585.402	10.535.656	1.059.237	24.121.058	25.180.295
Üniversite	127.273.400	60.125.900	38.510.819	2.863.668	98.636.719	101.500.387
Proje No: 31	127.273.400	60.125.900	38.510.819	2.863.668	98.636.719	101.500.387
<b>= POLONYA</b>	6.873.417	4.258.793	832.626	178.200	5.091.419	5.269.619
Konut	6.873.417	4.258.793	832.626	178.200	5.091.419	5.269.619
Proje No: 38	6.873.417	4.258.793	832.626	178.200	5.091.419	5.269.619
<b>= QATAR</b>	251.557.924	185.971.729	34.596.311	6.617.041	220.568.040	227.185.081
Alışveriş Merkez	22.741.633	15.766.004	3.805.059	587.132	19.571.063	20.158.195
Proje No: 40	22.741.633	15.766.004	3.805.059	587.132	19.571.063	20.158.195
İş Merkezi	5.326.648	3.084.531	1.831.115	147.469	4.915.646	5.063.115
Proje No: 45	5.326.648	3.084.531	1.831.115	147.469	4.915.646	5.063.115
Konut	125.076.019	91.932.558	16.290.046	3.246.678	108.222.604	111.469.282
Proje No: 41	62.262.743	45.582.474	8.019.890	1.608.071	53.602.364	55.210.435
Proje No: 44	62.813.276	46.350.084	8.270.156	1.638.607	54.620.240	56.258.847
Ofis	33.415.662	23.831.425	4.975.180	864.198	28.806.605	29.670.803
Proje No: 42	33.415.662	23.831.425	4.975.180	864.198	28.806.605	29.670.803
Otel	26.050.252	17.919.768	4.732.625	679.572	22.652.393	23.331.965
Proje No: 43	26.050.252	17.919.768	4.732.625	679.572	22.652.393	23.331.965
Renovasyon	38.947.710	33.437.443	2.962.286	1.091.992	36.399.729	37.491.721
Proje No: 39	38.947.710	33.437.443	2.962.286	1.091.992	36.399.729	37.491.721
<b>= SUUDİ ARABİSTAN</b>	170.624.400	118.315.500	28.831.271	4.414.403	147.146.771	151.561.174
Ofis	170.624.400	118.315.500	28.831.271	4.414.403	147.146.771	151.561.174
Proje No: 04	170.624.400	118.315.500	28.831.271	4.414.403	147.146.771	151.561.174
<b>= TÜRKİYE</b>	281.397.464	70.397.981	22.286.972	3.707.398	92.684.953	96.392.351
Lüks Konut	281.397.464	70.397.981	22.286.972	3.707.398	92.684.953	96.392.351
Proje No: 03	281.397.464	70.397.981	22.286.972	3.707.398	92.684.953	96.392.351
<b>= ÜMMAN</b>	46.197.936	32.658.974	9.317.462	419.764	41.976.436	42.396.200
İş Merkezi	24.805.000	17.003.584	4.561.181	215.648	21.564.765	21.780.413
Proje No: 01	3.223.610	2.585.268	217.871	28.031	2.803.139	2.831.170
Proje No: 36	21.581.390	14.418.316	4.343.310	187.616	18.761.626	18.949.242
Konut	3.081.250	2.185.440	736.559	29.220	2.921.999	2.951.219
Proje No: 37	3.081.250	2.185.440	736.559	29.220	2.921.999	2.951.219
Ofis	18.311.687	13.469.950	4.019.722	174.897	17.489.672	17.664.569
Proje No: 35	18.311.687	13.469.950	4.019.722	174.897	17.489.672	17.664.569
<b>Toplam</b>	<b>1.320.777.365</b>	<b>743.053.233</b>	<b>208.992.962</b>	<b>28.602.948</b>	<b>952.046.195</b>	<b>980.649.143</b>

Veri setinde kullanılan projelerin tamamı ana yüklenici açısından oluşturulan bütçe hesaplamaları olup, proje paydaşlarından işveren, yüklenici ve alt yüklenici olarak hangi taraf açısından maliyet tahimini yapıldığı dikkate alınmıştır.

Oluşturulan veri setinde yer alan projelerin tamamı götürü bedel sözleşme türündedir ve sözleşme türünün götürü bedel (lump sum), birim fiyat (unit price), maliyet+kar (cost + fee) olması kriterleri göz önünde bulundurulmuştur.

Yapı tipi olarak üst yapı projelerinden alışveriş merkezi, hastane, konut, ofis, otel, park, renovasyon, sanat yapısı olmak üzere farklı üst yapı tiplerinden meydana gelmektedir. Temin edilen 116 proje arasında, endüstri ve alt yapı projeleri olmasına karşın veri setine dahil edilmemiştir.

Veri setinde yer alan projelerin firma ayrımlı olarak, planlanan-gerçekleşen maliyet mukayesesi, proje bütçesi, kar oranı ve planlanan – gerçekleşen kar mukayeselerini gösteren grafikler aşağıdaki gibidir.

Birinci firmadan temin edilen proje verilerine bakıldığında, projelerin sözleşme tutarı ortalama 67,2 milyon USD, planlanan-gerçekleşen maliyet tutarı arasındaki fark %8,989 ve projelerden ortalama %39,14 mertebesinde kar ettiği görülmektedir.

İkinci firmadan temin edilen proje verisine bakıldığında, planlanan proje karı %30,43 iken gerçekleşen zararı %7,43 olarak hesaplanmıştır.

Üçüncü firmadan temin edilen proje verilerine bakıldığında, projelerin sözleşme tutarı ortalama 35,9 milyon USD, planlanan-gerçekleşen maliyet tutarı arasındaki fark %1,28 ve projelerden ortalama %8,81 mertebesinde kar ettiği görülmektedir.

Dördüncü firmadan temin edilen proje verilerine bakıldığında, projelerin sözleşme tutarı ortalama 12,5 milyon USD, planlanan-gerçekleşen maliyet tutarı arasındaki fark %3,22 ve projelerden %21,36 kar marjı beklerken, gerçekleşen ortalama karın %18,14 olduğu görülmektedir.

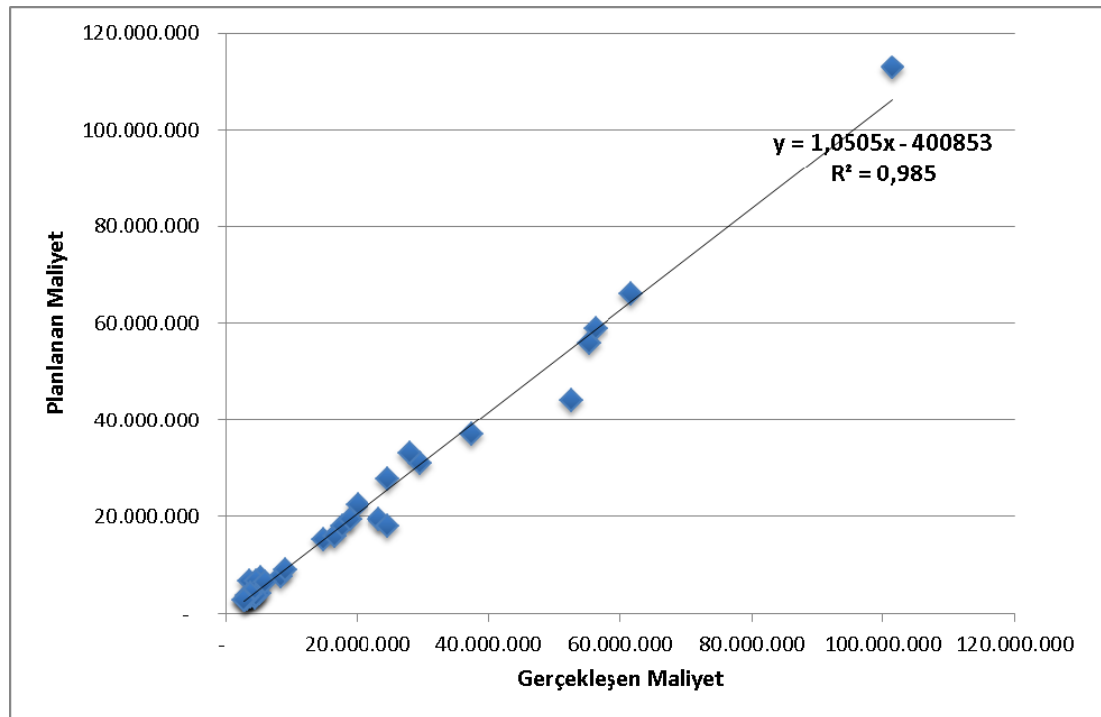
Beşinci firmadan temin edilen proje verilerine bakıldığında, projelerin sözleşme tutarı ortalama 11,5 milyon USD, planlanan-gerçekleşen maliyet tutarı arasındaki fark %8,96 ve projeler ortalama %8,95 mertebesinde kar ettiği görülmektedir. Veri setinde yer alan projelerin firma bazında ortalama sözleşme tutarı, ortalama planlanan ve ortalama gerçekleşen kar yüzdelerine Tablo 8'den, proje bazında

detayına Ek F'den bakılabilir.

Tablo 8. Proje Verilerinin Firma Bazında Karşılaştırması

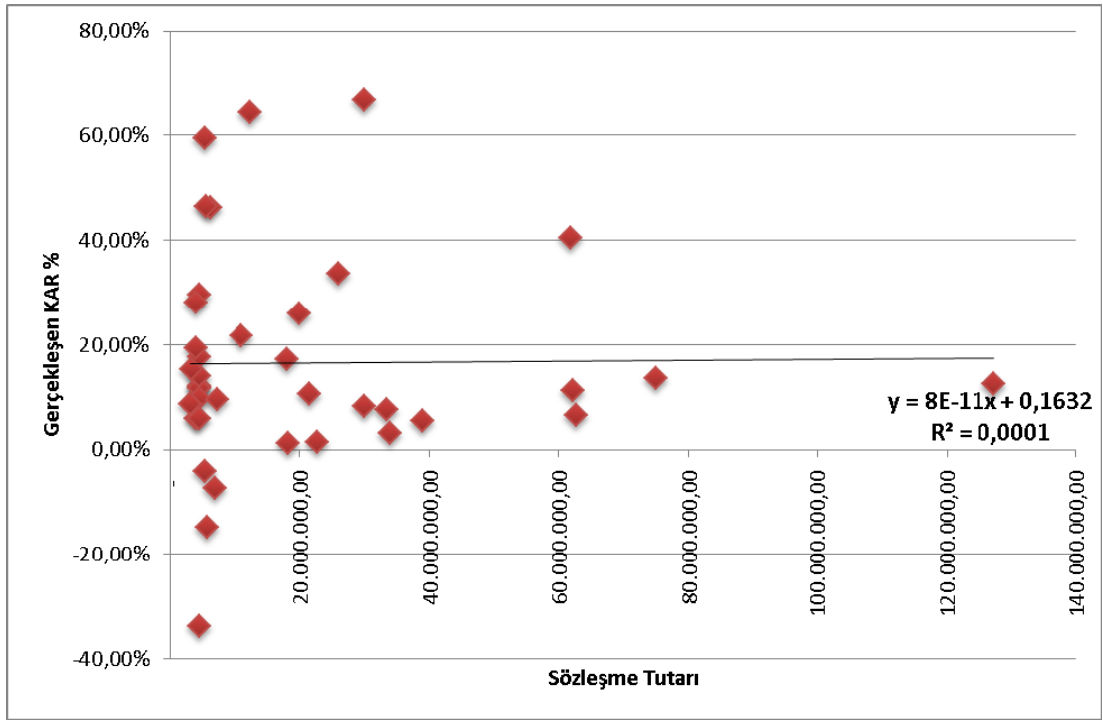
Açıklama	Firma 1	Firma 2	Firma 3	Firma 4	Firma 5
Sözleşme Tutatırı *10 <sup>6</sup>	68.189	6.873	35.936	12.514	11.549
Proje Sayısı	3	1	7	24	4
Ortalama Planlanan KAR	30,16	30,43	10,09	21,36	8,96
Ortalama Gerçekleşen KAR	39,14	- 7,43	8,81	18,14	8,95

Kullanılan 39 proje verisinin ortalamasına bakıldığında, planlanan-gerçekleşen maliyet sapması %2,49 olduğu ve %16,48 oranında projelerden kar elde edildiği görülmektedir. Şekil 22'de proje bazlı planlanan-gerçekleşen maliyet mukayese grafiği doğrusal (linear) RA yöntemiyle oluşturulmuştur.

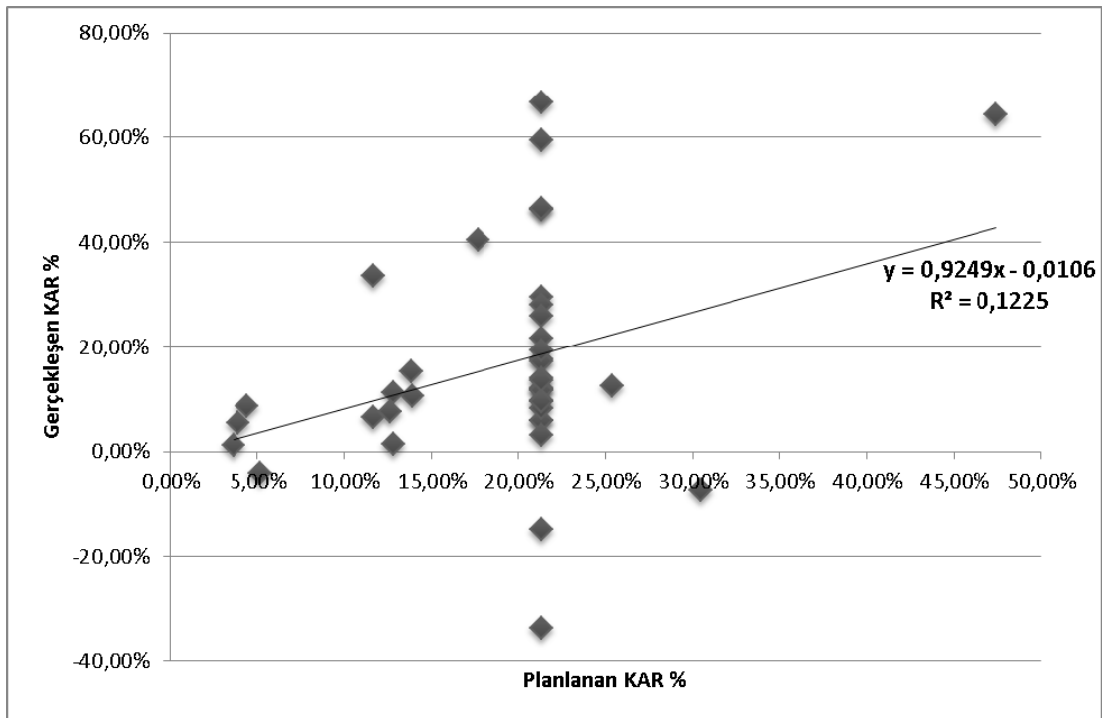


Şekil 22: Planlanan Gerçekleşen Maliyet Mukayese

Seçilen 39 proje verisi, Şekil 23'te sözleşme tutarı ile gerçekleşen kar oranları, Şekil 24'te ise planlanan-gerçekleşen kar yüzdeleri mukayese edilmiştir.



Şekil 23: Sözleşme Tutarı – Gerçekleşen KAR Mukayesi



Şekil 24: Planlanan – Gerçekleşen KAR Mukayesi

## 5.2. Modelin Oluşturulması

İnşaat projelerinde teklif ve bütçe çalışmalarında doğru maliyet tahmininde bulunulmasının zorluklarından dolayı, satış tutarları ve karlılık analizleri gerçekçi hesaplanamayabildiği, hesaplanamayan bu maliyetlerden kaynaklanan öngörülemeyen hususlar için hesaplanabilen maliyetlerin üzerine belirli bir öngörülemeyen maliyet (contingency) veya risk yüzdesi ilave edildiği, ikinci bölümde problemin tarifi detaylı olarak açıklanmıştı.

Öngörülemeyen maliyetlerin, gerek imalat maliyetlerinden gerek ise indirekt maliyetlerden kaynaklanabildiği, bu belirsizliklerin, özellikle teklif aşamasında matematik veriye dönüştürülmesinde yaşanan zorlukların yanı sıra, işin alınması durumdaki master plan ve bütçe çalışmalarında da yaşandığı açıklanmış ve bu sıkıntılarının nedenleri izah edilmiştir.

Maliyet analiz ve bütçe hesaplamalarında yaşanan sıkıntı ve zorlukların, maliyet tahmin yöntemlerindeki hatalardan, kontrol dışı bilgi eksikliğinden, sübjektif bilgilerin değerlendirilmesindeki yanlışlıklardan, proje risklerinden ve bunların tam olarak tespit edilip maliyete dönüştürülememesinden, projenin kendi karakteristik özelliklerinden ve son olarak direkt ve indirekt maliyetlerin ayırt edilmesindeki güçlüklerden kaynaklandığı gene ikinci bölümde ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Bir taahhüt, yatırımcı, müşavir veya tasarımcı, projenin hangi tarafı açısından yaklaşılacağı farketmeksizin, üstlenilecek projenin maliyetini, zarar etmeden tamamlayabilecek maliyet tahmin hesabı yapmak zorundadır. Ek C'de örnek bir mark-up ekranı bulunmaktadır. Burada yer alan imalat maliyetlerinin, genel gider maliyetlerinin ve satış tutarından hareketle oluşan sürşarlı maliyetlerin eksiksiz ve doğru hesaplanması gerekir.

Model ile, maliyet analizlerinde yapılan tüm detaylı analizlere rağmen, öngörülemeyen veya yapılan öngörülerin dışında gerçekleşmesi muhtemel maliyetlerin, uzman görüşlerinin ve geçmiş projelerdeki gerçekleşmiş deneyimlerin de dikkate alınarak hesaplanıp daha isabetli kararlar alınmasını sağlayacak karar destek modeli oluşturulmaktadır.

Şekil 25 ve Bölüm 2.1.1’de izah edildiği üzere maliyet tahmini yapılırken öncelikli olarak imalat maliyeti (A) ve genel gider maliyeti (B) heaplanır. Daha sonra ilgili uzman görüşleri doğrultusunda, proje’nin, İşveren’in, projenin yapılacağı ülkenin ve ihale koşulları gibi kriterlerin göz önünde bulundurulmasıyla, öngörülemeyen (risk) maliyetler (C) hesaplanır. Böylelikle projenin toplam maliyeti hesaplanmış olur. Maliyetin kar (K) nispetinde arttırılması ile proje satış tutarı (S) hesaplanır.

$$A = \text{Planlanan İmalat Maliyeti} = A1 + A2 + A3 + A4 + A5$$

$$B = \text{Planlanan Genel Gider Maliyet} = B1 + B2 + B3 + B4 + B5$$

$$C = \text{Tahmini Risk Maliyeti}$$

$$M = \text{Toplam Tahmini Maliyet} = A + B + C$$

$$K = \text{Kar}$$

$$S = \text{SATIŞ TUTARI} = M + K$$

<b>KARAR DESTEK MODELİ</b>		
<b>TOPLAM MALİYET</b>	<b>output</b>	<b>M1 = Gerçekleşmesi Muhtemel Maliyet</b>
<b>HESAPLANAMAYAN DİREKT MALİYETLER</b>	<b>input 3</b>	<b>Ak - Belirsizlik Katsayısı (İmalat)</b>
<b>HESAPLANAMAYAN ENDİREKT MALİYETLER</b>	<b>input 4</b>	<b>Bk - Belirsizlik Katsayısı (Genel Gider)</b>
<b>PROJE RİSKLERİ</b>	<b>input 5</b>	<b>Ck - Belirsizlik Katsayısı (Risk)</b>
<b>HESAPLANABİLEN MALİYET</b>		
<b>DİREKT MALİYETLER (İMALAT MALİYETLERİ)</b>	<b>input 1</b>	<b>A</b>
<i>MALZEME</i>		A1
<i>İŞÇİLİK</i>		A2
<i>EKİPMAN</i>		A3
<i>TAŞERON</i>		A4
<i>NAKLİYE ve GÜMRÜK</i>		A5
<b>ENDİREKT MALİYETLER</b>	<b>input 2</b>	<b>B</b>
<i>MOBİLİZASYON &amp; DEMOBİLİZASYON GİDERLERİ</i>		B1
<i>MAKİNE EKİPMAN</i>		B2
<i>ŞANTİYE KURULUŞ GİDERLERİ</i>		B3
<i>FİNANSAL GİDERLER</i>		B4
<i>DİĞER GENEL GİDERLER</i>		B5
<b>RİSK MALİYETİ (CONTINGENCY)</b>		<b>C</b>

Şekil 25: Karar Destek Modeli

Gerçekleşen maliyete M1 diyecek olursak, tahmini toplam maliyet (M) ile gerçekleşen maliyet M1 arasındaki fark, projedeki maliyet sapmasını göstermektedir.

Veri setinde yer alan firmalar bazında planlanan–gerçekleşen maliyetler arasındaki sapmalar Tablo 9’da görülmektedir. Planlanan-Gerçekleşen maliyet sapması arasındaki bu fark, bir anlamda proje belirsizliklerinden kaynaklı öngörülemeyen maliyetlerin doğruluk derecesini ifade etmektedir.

Tablo 9. Proje bazlı Planlanan – Gerçekleşen Maliyet Tablosu

Açıklama	Sözleşme Tutarı	Planlanan Toplam Maliyet	Gerçekleşen Maliyet	PLN - GEÇ. MALİYET FARKI
= Alışveriş Merkezi	84.637.524	72.769.703	66.477.980	6.291.723
Proje No: 34	61.895.891	52.611.508	44.063.000	8.548.508
Proje No: 40	22.741.633	20.158.195	22.414.980	(2.256.785)
= Hastane	51.600.097	42.518.480	43.325.167	(806.687)
Proje No: 06	6.229.849	5.133.396	4.258.693	874.703
Proje No: 09	5.348.439	4.407.114	3.354.377	1.052.737
Proje No: 15	4.500.000	3.708.000	4.250.000	(542.000)
Proje No: 17	30.000.000	24.720.000	27.690.300	(2.970.300)
Proje No: 19	5.521.809	4.549.971	3.771.797	778.174
= İş Merkezi	108.307.648	91.260.552	98.454.914	(7.194.362)
Proje No: 01	3.223.610	2.831.170	2.798.000	33.170
Proje No: 02	7.176.000	5.913.024	6.550.900	(637.876)
Proje No: 05	20.000.000	16.480.000	15.877.370	602.630
Proje No: 07	34.000.000	28.016.000	32.990.000	(4.974.000)
Proje No: 11	4.500.000	3.708.000	4.100.000	(392.000)
Proje No: 23	4.000.000	3.296.000	3.350.516	(54.516)
Proje No: 24	4.500.000	3.708.000	3.950.978	(242.978)
Proje No: 30	4.000.000	3.296.000	3.777.900	(481.900)
Proje No: 36	21.581.390	18.949.242	19.500.250	(551.008)
Proje No: 45	5.326.648	5.063.115	5.559.000	(495.885)
= Konut	190.530.686	165.422.120	172.070.237	(6.648.117)
Proje No: 08	11.000.000	9.064.000	9.034.450	29.550
Proje No: 16	4.500.000	3.708.000	3.822.517	(114.517)
Proje No: 20	4.500.000	3.708.000	4.029.482	(321.482)
Proje No: 21	4.500.000	3.708.000	4.015.539	(307.539)
Proje No: 22	18.000.000	14.832.000	15.345.923	(513.923)
Proje No: 25	4.500.000	3.708.000	4.024.954	(316.954)
Proje No: 26	4.500.000	3.708.000	3.472.810	235.190
Proje No: 29	4.000.000	3.296.000	3.125.222	170.778
Proje No: 37	3.081.250	2.951.219	2.833.000	118.219
Proje No: 38	6.873.417	5.269.619	7.425.000	(2.155.381)
Proje No: 41	62.262.743	55.210.435	55.990.890	(780.455)
Proje No: 44	62.813.276	56.258.847	58.950.450	(2.691.603)
= Ofis	64.126.677	55.744.299	56.693.222	(948.923)
Proje No: 33	12.399.328	8.408.927	7.543.000	865.927
Proje No: 35	18.311.687	17.664.569	18.100.000	(435.431)
Proje No: 42	33.415.662	29.670.803	31.050.222	(1.379.419)
= Otel	26.050.252	23.331.965	19.501.000	3.830.965
Proje No: 43	26.050.252	23.331.965	19.501.000	3.830.965
= Park	10.068.078	8.296.096	13.298.489	(5.002.393)
Proje No: 12	5.668.078	4.670.496	6.657.239	(1.986.743)
Proje No: 13	4.400.000	3.625.600	6.641.250	(3.015.650)
= Renovasyon	38.947.710	37.491.721	36.950.501	541.220
Proje No: 39	38.947.710	37.491.721	36.950.501	541.220
= Sanat Yapısı	105.000.000	86.520.000	84.000.000	2.520.000
Proje No: 10	30.000.000	24.720.000	18.000.000	6.720.000
Proje No: 28	75.000.000	61.800.000	66.000.000	(4.200.000)
= Üniversite	127.273.400	101.500.387	113.050.000	(11.549.613)
Proje No: 31	127.273.400	101.500.387	113.050.000	(11.549.613)

M1 = Gerçekleşen Toplam Maliyet

A1 = Gerçekleşen İmalat Maliyeti

B1 = Gerçekleşen Genel Gider Maliyeti

M1 = A1+B1

İmalat, genel gider ve uzmanlar tarafından tespit edilen öngörülemeyen (risk)



maliyetlerindeki belirsizliklerin seviyesinin tespitine yönelik, maliyeti oluşturan her bir alt bileşen bazında 1-5 aralığında değerler oluşturulmuştur. İlgili projede yapılan maliyet tahmininde belirsizlik yok ise 1, belirsizlikler fazla ise 5 değeri verilerek, veri setinde yer alan her bir proje için bu belirsizliğin seviyesi tespit edilmiştir. Projelerdeki bu belirsizlikler ilgili proje müdürü, proje koordinatörü, teklif hazırlık uzmanı gibi projede yer alan ve proje detaylarına hakim 12 farklı üst düzey yönetici tarafından belirlenmiştir. Veri setinde yer alan her bir proje için Tablo 10’da belirtilen belirsizlik dereceleri, Şekil 26’da yer alan örnekteki gibi imalat, genel gider ve risk maliyetlerdeki seviyesi tespit edilerek modelde girdi olarak kullanılmıştır. Görüşmeler neticesinde proje bazında tespit edilen belirsizlik derecelerinin detayları Ek H bölümünde yer almaktadır.

Tablo 10. Belirsizlik Dereceleri

1	ÇOK AZ	LW (LOWER)
2	AZ	LI( LITTLE)
3	ORTA	MO (MODERATE)
4	ÇOK	GR (GREAT)
5	SON DERECE ÇOK	EX (EXTREME)

PROJE NO:1 AÇIKLAMA		1- LW (LOWER) (ÇOK AZ)	2-LI ( LITTLE) (AZ)	3-MO (MODERATE) (ORTA)	4-GR (GREAT) (ÇOK)	5-EX ( EXTREME) (SON DERECE ÇOK)
<b>A DİREKT MALLİYETLER</b>						
A1k	MALZEME	x				
A2k	İŞÇİLİK			x		
A3k	EKİPMAN			x		
A4k	TAŞERON		x			
A5k	NAKLİYE ve GÜMRÜK	x				
<b>B ENDİREKT MALİYETLER</b>						
B1k	MOBİLİZASYON GİDERLERİ	x				
B2k	MAKİNE EKİPMAN GİDERLERİ	x				
B3k	ŞANTİYE İŞLETME GİDERLERİ	x				
B4k	FİNANSAL GİDERLER	x				
B5k	DİĞER GİDERLER	x				
<b>C RİSKLER</b>						
C1k	ÜLKE RİSKİ	x				
C2k	LOKASYON RİSKİ	x				
C3k	MÜTEAHHİT SÖZLEŞME RİSKİ	x				
C4k	PROJE UYGULAMA RİSKİ		x			
C5k	FİNANSAL RİSKLER	x				

Şekil 26: Proje Belirsizlik Seviyesi

### 5.2.1. İmalat ve Genel Gider Maliyetleri

İmalat maliyeti (A), Genel gider maliyeti (B) ve öngörülemeyen (Risk) maliyetleri (C) oluşturan her bir alt maliyet bazında belirsizliğin seviyesi tespit edilmiştir.

İmalat maliyet analizlerinde kullanılan temel kaynaklar malzeme, işçilik, makine ekipman, taşeron, nakliye ve gümrük olarak 5 kategoride değerlendirilip, projelerdeki bu belirsizlikler tespit edilmiştir. Her bir projedeki belirsizlik seviyesinin detayları Ek D'de gösterilmiştir.

Maliyet hesaplamalarını oluşturan alt bileşenlerin, toplam maliyetteki ağırlığı ve etki derecesi farklı olduğundan, tespit edilen her bir belirsizlik skoru, ağırlık derecesi ile çarpılarak ortalama bir değer tespit edilmiş ve model hesabında bu ortalama değer dikkate alınmıştır.

Gerçekleşmiş projelerdeki imalat maliyetini oluşturan temel kaynakların, ağırlıklarına bakılınca %55 malzeme, %8 işçilik, %17 taşeron, %15 makine ekipman ve %5 nakliye ve gümrük maliyetlerinden meydana geldiği görülmektedir. Buradaki taşeron maliyeti işçilik taşeronu olup ekipman ve malzeme maliyetlerini içermemektedir. Temin edilen tüm projelerde imalat maliyet analizi detaylı yapılmadığından maliyet ayrımı yukarıda belirtilen kaynak ayrımlı olarak yapılamamaktadır. Dolayısıyla imalat maliyet hesabında kaynak ayrımı bulunmayan proje verileri, ayrımı bulunan projelerdeki ortalama değerler dikkate alınarak hesaplanmıştır.

Genel gider maliyetlerinin kendi içindeki ortalama ağırlığına bakıldığında, %9,22 mobilizasyon- demobilizasyon, %9,67 makine ekipman, %61,22 şantiye işletme giderleri, %4,33 finansal giderler ve %15,56 diğer genel giderlerden meydana gelmektedir. İmalat ve genel giderler kapsamında yer alan makine ekipman maliyetleri içerik bakımından aynı olmayıp bir mükerrerlik söz konusu değildir. İmalat maliyetinde yer alan ekipmanlar, direkt belirli bir imalatın maliyetini oluşturan veya montajı yapılan bir ekipman olup, genel giderlerdeki makine ekipmanlar ise bir çok imalatın yapılabilmesi için gerekli makine ve ekipmanların maliyetinden meydana gelmektedir. Örneğin, ekskavatör veya kalıp iskelesi belirli

imalatların maliyetini oluşturabileceğinden imalat maliyetleri içinde olup, iş güvenliği ekipmanları, mobil vinç vb. ekipmanlar genel gider maliyetleri içinde yer almaktadır. Bu mantık çerçevesinde maliyet tahmini yapılmış projeler, veri setinde kullanılıp değerlendirmeye tabi tutulmuştur.

Genel gider maliyetlerini oluşturan alt bileşenler Şekil 26'da gösterildiği gibidir. Burada yer alan 6. başlık mobilizasyon maliyetlerine ilave edilmiştir.

İmalat ve genel gider maliyetlerine yönelik detaylı analiz çalışmalarına rağmen, muhtemel belirsizliklerin neler olabileceği problemin tarif edildiği ikinci bölümde detaylandırılmıştır.

### **5.2.2. Risk Maliyetleri**

Riskler ülke, konum, yüklenici sözleşme, proje uygulama ve finansal riskler olacak şekilde kategorize edilip, proje yöneticileri ile belirsizlik seviyeleri tespit edilirken tüm projelerde bu kısıtlım kullanılmıştır.

Ülke riskleri kapsamında, lokal kaynak temin imkanı, iklim ve hava koşulları, politik ve çevre durumu, vergi, gümrük tedarikçiler, hukuk ve pazar durumu ve sosyal yapı ele alınmıştır. Bölgesel riskler kapsamında, jeolojik ve zemin koşulları, saha alt yapısı, işgücü, inşaat onayları, tasarım ve saha koşulları ele alınmıştır. Müteahhit sözleşme riskleri kapsamında, belirsiz işler, gecikme riski, performans garantisi, garanti dönemi, sözleşme koşullarındaki uyumsuzluklar ele alınmıştır. Proje uygulama riskleri kapsamında, proje entegrasyon ve yönetim riski, tasarım riski, iş programı riski, maliyet tahmin riski, satın alma ve üretim riski, inşaat riski ve performans, deneme süresi riski ele alınmıştır. Son olarak finansal riskler kapsamında ise kur değişim, enflasyon ve pazar koşullarındaki değişim, hakediş ödeme koşulları, işveren güvenliği, ortak finansal durumu ve kredi koşulları ve faizlerdeki değişimler dikkate alınarak risklerdeki belirsizlikler seviyelendirilmiştir. Risklerdeki belirsizlikler için oluşturulan kısıtlımın detaylarına Ek E'den bakılabilir.

Bu çerçevede hesaplanan imalat maliyet (A), genel gider maliyet (B) ve risk

maliyeti (C) analizleri çerçevesindeki belirsizlik seviyeleri, hesaplanan ortalama ağırlıklar dikkate alınarak Ak, Bk ve Ck değerleri bulunmuştur. Her bir projeye ait ortalama belirsizlik değerleri, Ek H bölümünde görülmektedir.

### **5.2.3. Model Kapsamında Yapılmış Geçmiş Çalışmalar**

YZ metotlarının inşaat proje yönetimine uygulamalarına bakıldığında, inşaat proje yönetim bilgi alanlarından, zaman yönetimi, maliyet yönetimi, kalite yönetimi, sözleşme yönetimi gibi birçok alanda çalışmanın yapıldığı görülmektedir. Bu çalışmalarda YZ metotlarından YSA, BM ve GA bu metotların türevlerinden oluşturulmuş hibrit sistemlerin kullanıldığı görülmektedir.

Maliyet yönetimi özelinde yapılmış çalışmalara bakıldığında ise maliyet tahmini, Mark-up Analizleri, bütçe ve nakit akım hesaplamalarında YZ tekniklerine yönelik yapılmış çalışmalar bulunmaktadır.

Yapay zekâ metotlarının kullanılmasıyla, maliyet tahminine yönelik 14 çalışmaya bakıldığında, BM yöntemini kullanarak model oluşturan bir [38], her üç YZ yönteminin kullanılarak yeni bir modelin oluşturulduğu bir [48] model tespit edilmiş olup, maliyet tahminine yönelik diğer tüm çalışmalarda YSA yöntemi kullanılmıştır. Bu çalışmaların özeti aşağıdaki gibidir.

Günaydın ve Doğan, tarafından yapılan çalışmada projelerin başlangıç aşamasında maliyet tahminine yönelik YSA kullanılarak bir model ortaya konulmuştur [34]. Baykan, bina maliyet tahminlerinin, YSA, GA ve gerçekleştirme modelleri arasında karşılaştırma yapmış [35], Uğur, aynı yöntem ile yapı maliyet tahminine yönelik model oluşturup sonuçları, birim fiyat yöntemi ve RA yöntemi ile mukayese etmiştir [36]. Setyawati, Sahirman ve Creese'de YSA kullanarak bina maliyet tahminine yönelik bir model oluşturmuştur [45]. Kim, An ve Kang, YSA, RA ve vaka tabanlı maliyetlendirme yöntemlerinin karşılaştırmasını yapmıştır [37]. Shaheen, Fayek ve AbouRizk, BM teorisini kullanarak proje maliyet tahmin aralığı modeli oluşturmuş ve sonuçları Monte Carlo simülasyonu ile karşılaştırmıştır [38]. Adeli ve Wu, YSA kullanarak otoyol projelerin maliyet tahminine yönelik bir model oluşturmuştur [40].

Wilmot ve Cheng, YSA kullanarak otoyol projelerinin maliyeti için eskalasyon tahmin yöntemi geliştirmiştir [41]. Ugwu ve Kumaraswamy, YSA kullanarak, köprü projelerinin maliyetlerini tahmin etmeye yönelik karar destek sistemi oluşturmuştur [42]. Pathak ve Agarwal, YSA kullanarak Hindistan'daki su tanklarının maliyeti için bir model oluşturmuştur [43]. Bouabaz ve Hamami, YSA kullanılarak İngiltere'deki köprü onarım maliyetlerini tahmin etmek için bir model oluşturulmuştur [44]. Kim, An ve Kang, YSA ile Kore konut inşaat maliyet tahminine yönelik model oluşturmuş ve bununla vaka tabanlı muhakame ve RA modellerinden daha doğru sonuçlar elde edildiği sonucuna varmıştır [46]. Sonmez, YSA ve RA yöntemlerini kullanarak kavram aşamasındaki projelerin maliyet tahminine yönelik model oluşturup mukayese etmiştir [47]. Cheng, Tsai ve Hsieh, GA, YSA ve BM yöntemlerini kullanarak, EFNIM denilen bir mekanizma altında birleştirerek, bina maliyet tahminine yönelik yeni bir yöntem sunmuştur [48].

Liu ve Ling, FNN ve ANN YZ teknikleri Matlab programı yardımıyla, mark-up tahminine yönelik bir model oluşturmuştur [50,54]. Liu ve Love, YSA'lara dayalı bir ihale artırım katsayısı karar destek sistemini sunmuştur [52]. Hegazy ve Moselhi, yapay nöral şebeke paradigmasının kullanılması suretiyle bir mark-up katsayısı tahmin modeli geliştirilmiştir. . Seçilen modelin genelleştirme özelliklerinin geliştirilmesi için GA tekniği kullanılmıştır [53]. Özetle mark-up analizine yönelik tüm YZ yöntemlerinin kullanılmasıyla modeller oluşturulmuş ve bunlardan Matlab programı yardımıyla karar destek sistemine dönüştürülenler bulunmaktadır. Ancak farklı YZ yöntemleri arasında yapılan bu mukayesede mertbe farklılıkları tespit edilmiştir.

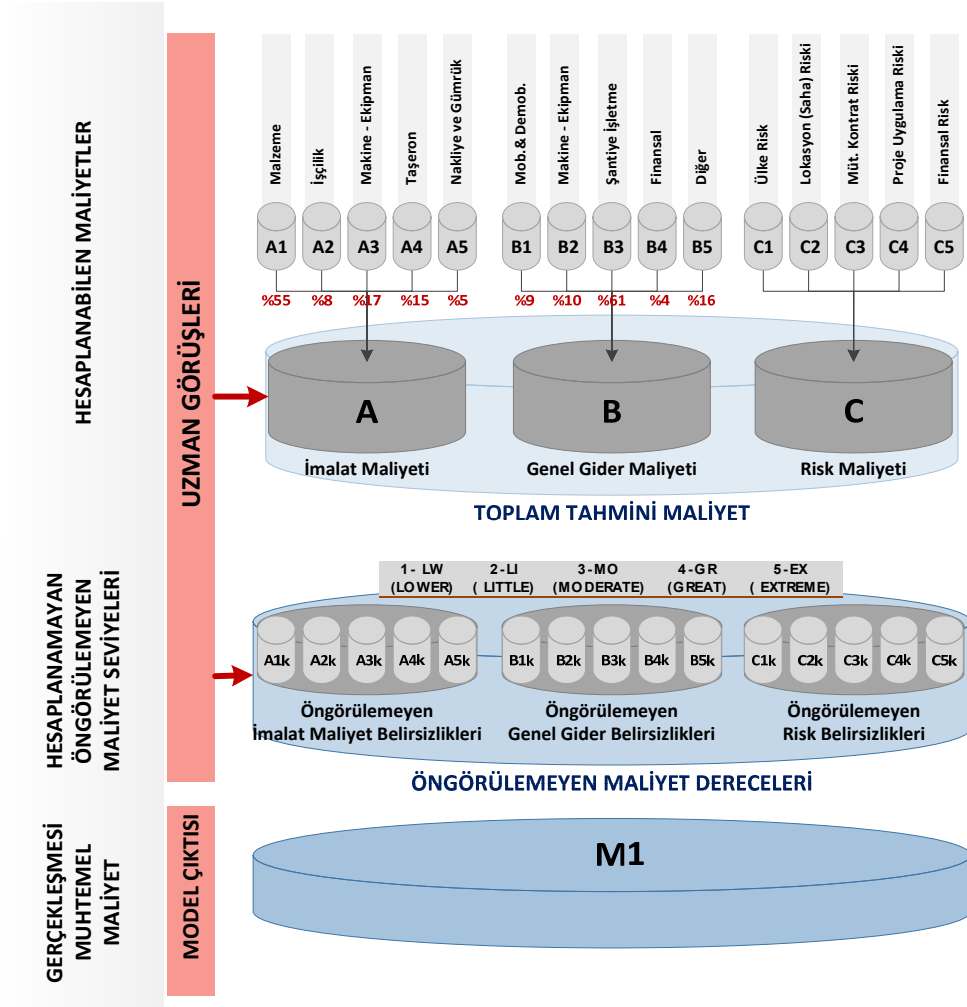
Bunların dışında maliyet yönetimi kapsamında, YSA yöntemi kullanılarak, bütçe performansının sağlanmasına yönelik, daha önceden görünmeyen verileri ve eksik bilgilerin verilebildiği iddia edilen bir model oluşturulmuştur [56, 83]. Diğer bir çalışmada ise YSA kullanılarak nakit akış tahmin ihtiyacının tespitine yönelik bir model oluşturulup, YZ tekniklerinin, geleneksel yöntemler ile kıyaslandığında yeterli sonuçlar verecek nitelikte olmadığı sonucuna varılmıştır [57].

Yukarıda özetlenen maliyet yönetimi bağlamındaki çalışmaların bir kısmında farklı YZ yöntemleri kullanılarak, aradaki farklılıklar karşılaştırılmıştır [48, 50]. Bazı

çalışmalarda ise RA [36, 46, 47] ve Monte Carlo Analizleri [38] ile mukayeseler yapılmıştır. Ortaya konulan çalışmalardan Matlab programında modellenen bir [50] örnek tespit edilmiştir. Matlab ANFIS modülünün kullanılarak maliyet yönetimi bağlamında yapılmış herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.

#### **5.2.4. Karar – Destek Modeli**

Bir projenin toplam maliyetini oluşturan imalat maliyeti (A), genel gider maliyeti (B) ve risk maliyeti (C) yapılan analizler doğrultusunda hesaplandıktan sonra. bu maliyetleri oluşturan kaynaklardan hesaplanamayan maliyetlerin dereceleri Tablo 10’da belirtilen kategoriler çerçevesinde ve uzman görüşleri doğrultusunda tespit edildi. Uzman görüşleri doğrultusunda tespit edilen kaynak maliyetlerindeki belirsizliklerin dereceleri 5.2.1 bölümünde belirtilen ağırlıklar hesaba katılarak 5 INPUT Şekil 27’de gösterilen akış diyagramı doğrultusunda Matlab ANFIS editörüne girdi olarak yüklenerek, gerçekteşmesi muhtemel öngörülemeyen maliyetlerin de dikkate alındığı değer çıktı olarak modele hesaplatılmaktadır. Girdi olarak gerçekteşen genel gider ve risk maliyeti tek bir GİRDİ olarak modele yüklenmiş olup belirsizlik dereceleri ise ayrı ayrı değerlendirilmiştir.



Şekil 27: Model Akış Diyagramı

Model tasarımı ve modelde kullanılan veri setinde, projenin hangi taraf açısından değerlendirildiği, projenin teklif, master plan, uygulama aşamalarından hangi safhasındaki verilerinin değerlendirmeye tabi tutulduğu, projenin tipi (alt yapı, endüstri vb.) işveren türü (kamu, özel), sözleşme türü (götürü, birim fiyat, yap-işlet-devret vb.) ve maliyet tahmin yöntemi dikkate alınarak aynı karakteristik özelliklere sahip projelerden müteşekkil bir veri seti oluşturulmuştur.

Projenin süresi, maliyet tahmin çalışmaları öncesi yüklenici firmanın daha önce benzer tecrübesinin olması, uygulanan coğrafyada benzer proje tamamlaması ve ön yeterlilik koşulları gerek veri setinin oluşturulmasında, gerekse model tasarımında dikkate alınmamıştır.

Bunların dışında proje maliyet hesaplamalarında belirsizliklerin tespitine yönelik yapılmış farklı çalışmalar da bulunmaktadır.

Moselhi, “Risk Assessment and Contingency Estimating” başlıklı çalışmada, tedarik ve inşaat projelerinin teslimatıyla ilgili genel risk kaynaklarını açıklamaktadır [49]. Proje riskine ilişkin temel bir anatomi sunmaktadır. Çalışma, “contingency” kavramına temel olarak bu riskin yönetimiyle ilgili bir araç olarak yaklaşmaktadır. Bu çalışma zaman alan analizlerden uzak durarak “contingency” tahminiyle ilgili doğrudan, ölçülebilir basit ve pratik bir metot sunmaktadır. Bir projenin toplam maliyetiyle ilgili varyansın somut ve istatistiksel bir tahminini sunmaktadır ve projenin bağımsız maliyet kalemleri arasında korelasyon düşünülmesine imkan sağlamaktadır. Bu metot Monte Carlo simülasyonunun kullanılmış olduğu genel olarak kabul görmüş ticari proje yönetimi yazılım sistemlerine göre daha az hesaplama çabası ve zamanı gerektirmektedir. Önerilen metodun kullanımını ve doğruluğunu göstermek amacıyla nümerik bir örnek ile çalışılmıştır. Sonuçlar aynı zamanda önerilen yöntemin doğru ve güvenilir bir metod olduğunu göstermektedir.

Mak ve Picken, “Using Risk Analysis to Determine Construction Project Contingencies” başlıklı çalışmada, risk analizi kullanarak yapılan tahminler (ERA-Estimating Using Risk Analysis) belirsizliklerin tanımlanması amacıyla kullanılan contingency miktarının belirlenmesi ve bunların finansal etkilerinin tahmini için bir yöntem geliştirilmiştir [25]. Uygulanan ve uygulanmayan projeler arasında “contingency” değişkenliğinin ve tutarlılığının karşılaştırılması gösterilmiştir. Sonuçlar varyasyonlar arasında oldukça önemli farklar olduğunu göstermiştir. Kamu işleriyle ilgili projelerde riskle ilgili gereksiz ve abartılmış maliyetlerin azaltılması için ERA metodunun başarılı bir şekilde kullanımını tavsiye etmektedir. Ancak, ERA projeleri için “contingency” tahsisatlarının halen yüksek olduğu sonucuna varılmıştır. ERA metodunun geliştirilmesi ve iyileştirilmesi ile sermaye bütçeleme politikalarıyla ilgili tahminler önerilmiştir.

Dikmen ve Birgönül, “A Case-Based Decision Support Tool For Bid Mark-Up Estimation of International Construction Projects” başlıklı çalışmada, projenin genel özellikleri (iş süresi, sözleşme tipi, proje tipi vs.), riskleri, fırsatları ve rekabet kriterleri çerçevesinde belirtilen faktörler doğrultusunda a case-based reasoning



model CBR metoduyla, uluslar arası inşaat projelerinde, mark-up tespitine yönelik, vaka tabanlı karar destek modeli ortaya koymuştur [51]. Model ile sağlam bir araç olarak teklif satış katsayısı tahmini sorunu etki alanında inşaat yöneticilerinin sadece kendi sezgileriyle tahminler yapma yükünü hafifletmeye bağlı olarak hizmet vermektedir. Model onlara proje seçeneği ile ilgili olarak sadece sezgi ile elde edilen değerle karşılaştırıldığında, her yönüyle daha güvenilir bir teklif katsayısı tahmininde yardımcı olmaktadır.

Dozzi, AbouRik ve Schroeder, “Unity Theory Model for Bid Mark-up Decisions” başlıklı çalışmada, Mark-up tespitine yönelik oluşturulan modelde, sübjektif ve rakamsal bilgileri kullanan çok kriterli bir analizin uygulanmasını ortaya koymaktadır. Model her türlü ihale kriterini göz önünde bulundurarak hesap yapacak şekilde oluşturulmuştur. Bu teklif modeli, farklı karar vericilerin tutumlarında, ölçütlerin ağırlıklarını saptarken değişimi içerir ve böylece modeli farklı tercihler ve önyargı risklerinden arındırarak özelleştirilebilir. Model başarıyla her türlü teklif verme kriterini göz önünde bulundurarak bir inşaat projesi için bir teklif katsayısı belirlemektedir [55].

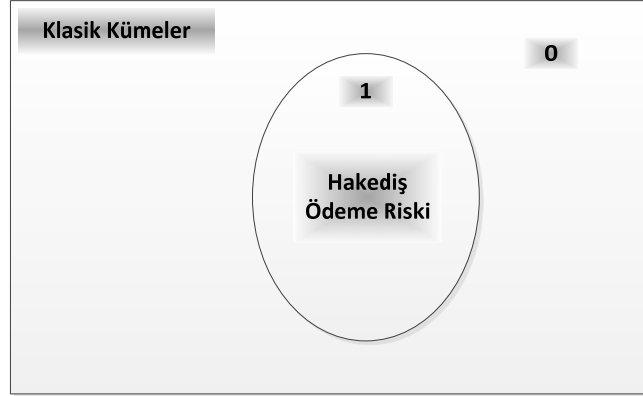
Tüm bu veriler ve yapılmış çalışmalar ışında, Şekil 28’de yer alan akış diyagramı doğrultusunda, Matlab programındaki FIS ve ANFIS modülleri kullanılmak suretiyle bir karar destek modeli oluşturulmuştur.

Maliyet tahmin, bütçe, nakit akış, Mark-up ve öngörülemeyen maliyetlerin (contingency) tahminine yönelik çalışmalara bakıldığında, Matlab programı kullanılarak model oluşturulan bir çalışma tespit edilmiştir [50].

## 5.2.5. Model Tasarımı

### 5.2.5.1. Üyelik Fonksiyonları

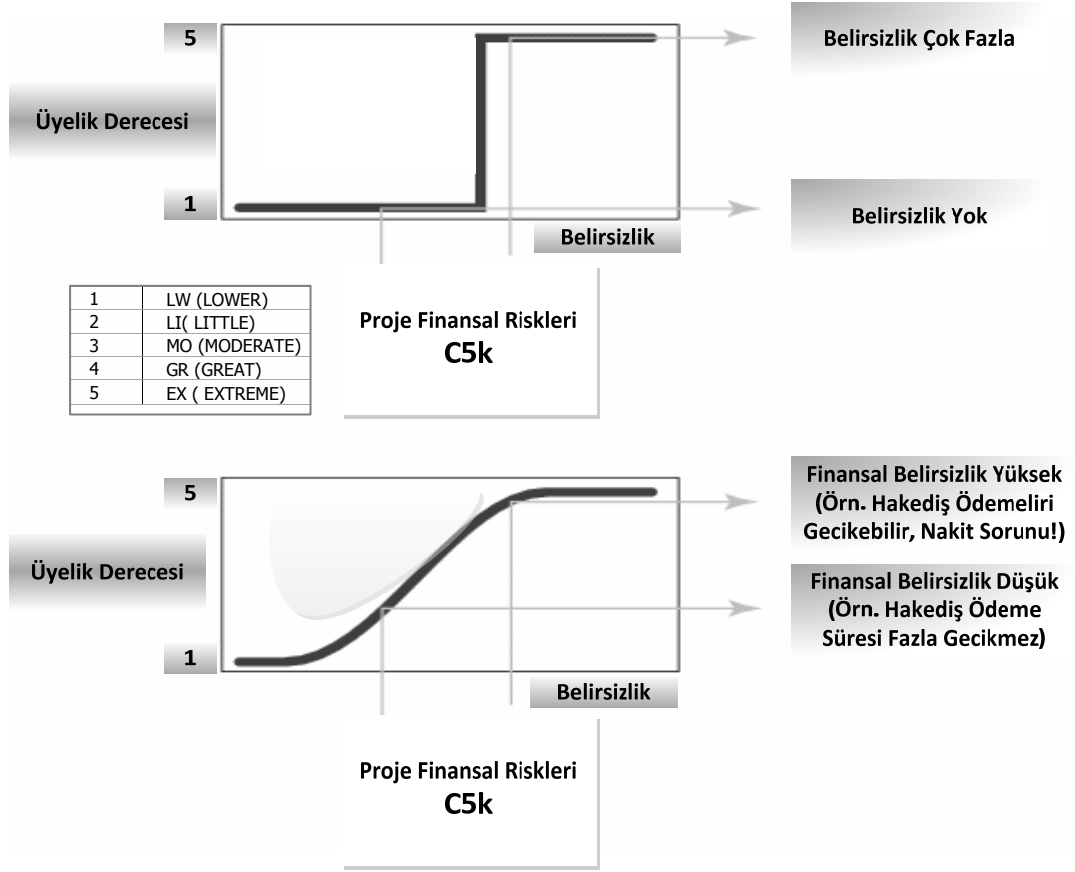
Üyelik derecelerinin seviyesi, ÜF'ü belirlemektedir. Klasik küme açısından bakıldığında bir risk ya vardır, ya da yoktur. Şekil 28'de görüldüğü gibi üyelik deresi "1" veya "0" dır.



Şekil 28: Örnek Klasik Küme

ÜF'nun şekli, kümenin ifade etmek istediği uygulama alanına göre değişiklik gösterir [86]. Model kapsamında üçgen ÜF kullanılmıştır. Üyelik dereceleri 1 ile 5 aralığında olacak şekilde seviyelendirilmiş ve Ek D'de her bir projeye ait maliyet türüne göre üyelik dereceleri uzman görüşleri doğrultusunda tespit edilmiştir. Örnek bir üyelik derecesi Şekil 29'da gösterilmiştir.

Bazı değerleri veya diğer bir deyişle sözel ifadeyi net olarak sınıflandırmak mümkün olmayabilmektedir. Şekil 29'da örneklendiği gibi, projede yer alan bir risk var veya yok olarak sınıflandırılmayabilir. Örnekteki hakediş ödeme riski çok yüksek olabilir, başka bir yöneticinin değerlendirmelerine göre daha düşük bir risk olabilir. Ek H'de yer alan veri setine bakıldığında aynı firmanın, aynı işveren, büyüklük ve karakteristik özelliklere sahip projelerine ait farklı yöneticilerin yorumlarına bakıldığında, son derece birikimli uzmanların bir birine çok zıt değerlendirmelerde bulunabildiği görülmektedir.



Şekil 29: Örnek Üyelik Derecesi

### 5.2.5.2. Bulanıklaştırma

Bulanıklaştırma ile bilgisayara ölçüm yoluyla alınan ve kesin sayısal değere sahip olan giriş verileri (A – B – Ak – Bk - Ck), bilgi tabanındaki ÜF'leri tarafından sözel ifadelere dönüştürülür.

BM'da oluşturulan modele, bulanıklığı kümeler verirken bu kümelerle mantık yürütme işini operatörler yapar. İnsanlar karar verirken gözlemlediği durumlardan nasıl sonuç çıkararak belirli bir düşünce sistematığı içinde mantık yürütüyor ise BM'ta da bulanık kümelerle işlem yapan VE, VEYA, DEĞİL, İSE gibi mantık operatörleri mantık yürütür [86]

Bulanıklaştırma, kesin bir değeri, bulanık bir değere dönüştürme işlemidir. Bulanık değer, bir sözel ifade ve kesin değer bu sözel ifadeye ne derece üye olduğunu gösteren üyelik derecesinden oluşur. Aslında belirli ve kesin dediğimiz değerler ne

oranda belirli ve kesindir? En kesin kabul ettiğimiz değerler bile bir parça belirsizlik içerir.

Sistem içindeki ilişkileri ifade eden bilgileri tanımlamanın ve sunmanın pek çok farklı yöntemi vardır. Yöneticiler bir durum karşısında karar verirken veya bir sorunu çözerken sözel ifadeler kullanarak mantık yürütürler. Mantık yürütürken doğru ve sistemli düşünmeyi, mevcut bilgileri doğru ve sistematik olarak tasnif edebilmeyi isterler. [86]. Oluşturulmaya çalışılan BM modeli ile karmaşık formül ve kompleks yazılımlar kullanmak yerine, sözel ifadeleri kullanarak “EĞER” öyle ise “O HALDE” bunu yapın gibi yargı cümlelerinden oluşan bir dizi sözel ifadenin mantıksal karşılığı kullanılabilir. Model ile farklı uzman görüşlerinin değerlendirilmeleri ve geçmiş projelerden de elde edilen deneyimler doğrultusunda daha sağlıklı kararlar verilmesini sağlamaya yönelik bir model oluşturulmaktadır.

#### **5.2.5.3. Bulanık Sonuç Çıkarma Sistemi (FIS)**

Bulanık sonuç çıkarma sistemleri için farklı yöntemler kullanılmaktadır. Matlab programı, Mamdani ve Sugeno yöntemleri ile model oluşturma imkânı tanımaktadır. Çalışma kapsamında oluşturulan modelde Sugeno yöntemi kullanılmıştır.

Bulanıklaştırma sonunda elde edilen sözel ifadeler, insanların karar verme sürecinde olduğu gibi, kural tabanındaki önermelerle karşılaştırır ve yine sözel yargı sonuçlarına varılır, bu sonuçların hangi oranda geçerli olduğu gerektirme (Implication) mantığı uyarınca yine girişteki üyelik derecelerinin üzerinde uzlaştığı bir doğruluk derecesi tarafından belirlenir. Her bir kuraldan elde edilen sonuçlar birleştirilerek (Aggregation) genel bir sonuç kümesi (bölgesi) elde edilir. Bu kısma bulanık sonuç çıkarma (Fuzzy Inference) adı verilmektedir. Bulanık sonuç çıkarma sürecinin çıkışında yargı sonuçlarına ait sözel ifadeleri temsil eden üyelik fonksiyonları ve bunların destek dereceleri vardır ve bunlar bulanık çıkışlar olarak adlandırılır [86].

Modelde, öncül önermelerin bağlaması (AND Method); Kural tabanında öncül bileşke önerme kısmı kendi aralarında VE (prod) yöntemi VEYA (probor) yöntemleri kullanılmıştır.

Gerektirme İşlemi (Implication); Çıkışın ağırlığı ve şekli, GEREKTİRME yöntemi (min) tarafından belirlenmektedir.

Sugeno ve Mamdani yöntemleri ayrılmaktadır. Sugeno modelinde Mamdani'den farklı olarak çıkış ÜF üçgen, yamuk gibi herhangi bir şekle sahip bir bulanık küme değildir. Katsayılar ve girişlerden oluşan doğrusal birçok terimli ifade şeklindedir [86].

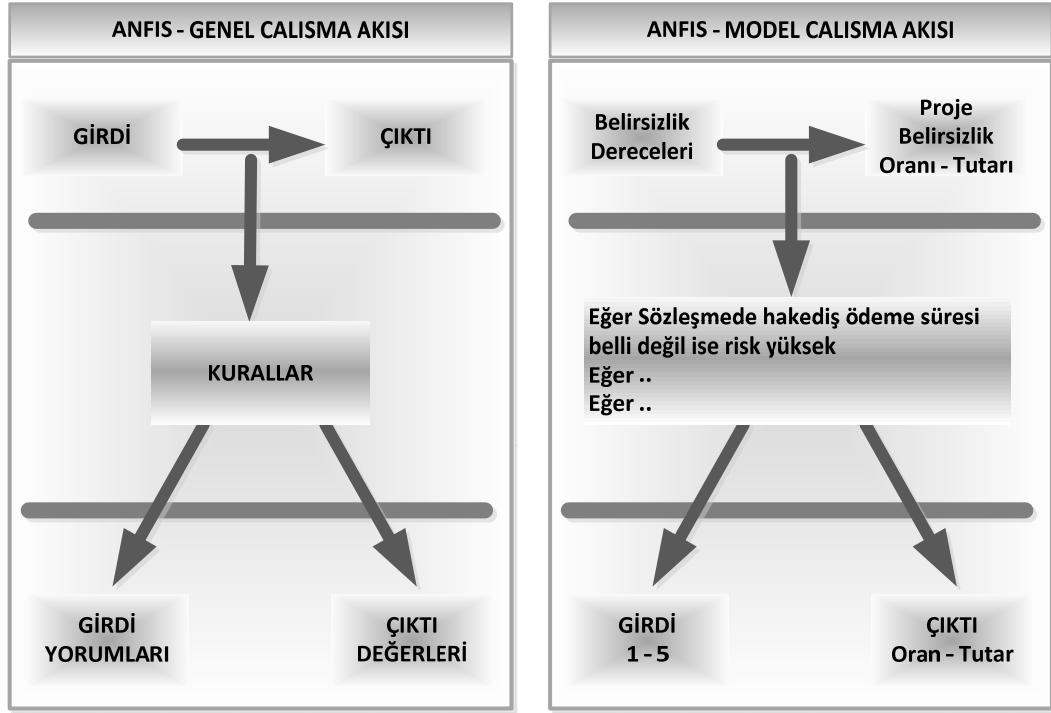
Kural sonuçlarının birleştirilmesi (Aggregation): Bulanıklaştırma sonunda elde edilen sözel ifadeler, kural tanımında yorumlanıp yine sözel sonuçlara varılır. Bu sonuçların hangi oranda geçerli olduğunu yine girişteki üyelik dereceleri belirler. Kural tabanlı sistemlerin çoğu birden fazla kuraldan oluşur. Her bir kuralın geçerlilik kuralların birleştirilmesi (aggregation of rules) olarak adlandırılır. Birleştirme yöntemleri, kurallar ve dolayısıyla sonuçları VEYA mantıksal bağlacıyla bağlandığından yöntemlerde genel anlamıyla mantıksal VEYA işlemini gerçekleştiren matematiksel operatörlerdir [86].

Durulaştırma (Defuzzification), elde edilen çıkış bölgesi girişler karşısında bulanık sonuç çıkarma sisteminin yanıtını ifade eder. Bulanık küme kuramının ve BM'nin görevi burada sona erer [86].

Bulanık bilgiyle hesap yapmak, mantık yürütmek ve modeller oluşturmak bir şeydir, bulanık sonuçların proje kararlarında nasıl kullanılacağı ayrı bir şeydir [86].

#### **5.2.5.4. Sinirsel Bulanık Mantık (ANFIS)**

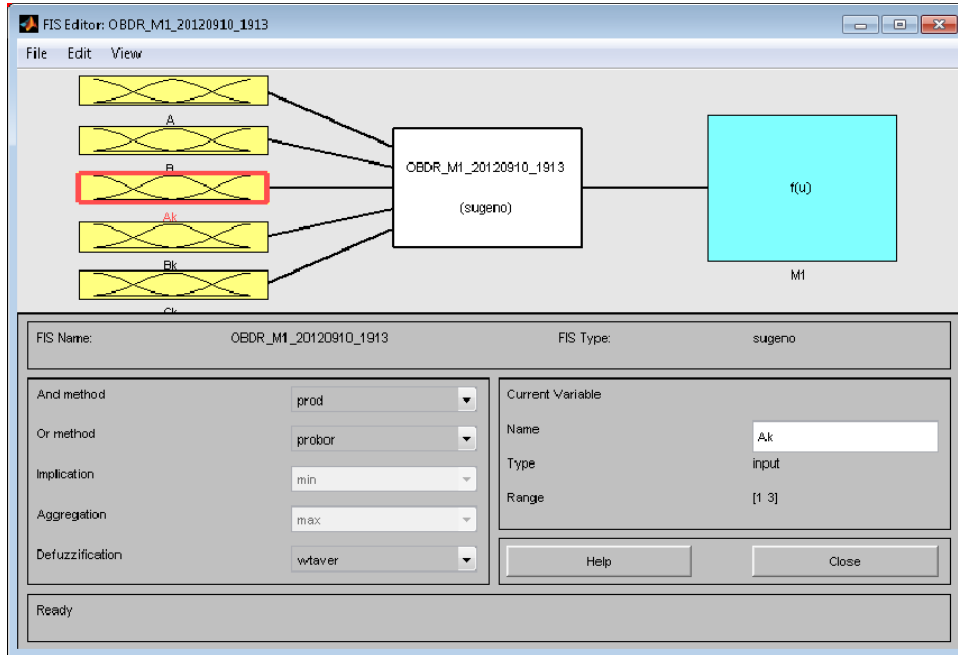
BM yaklaşımında uzman bilgilerinden oluşturulan kurallar dilsel ifadelerle etiketlenebildiği halde genellikle tasarım deneme yanılma yöntemiyle yapıldığından uzun zaman almaktadır. YSA kullanılarak bu kurallar oluşturulabilmektedir. Şekil 30'da MATLAB ANFIS modülünün akışı görülmektedir.



Şekil 30: ANFIS Genel-Model Çalışma Akışı

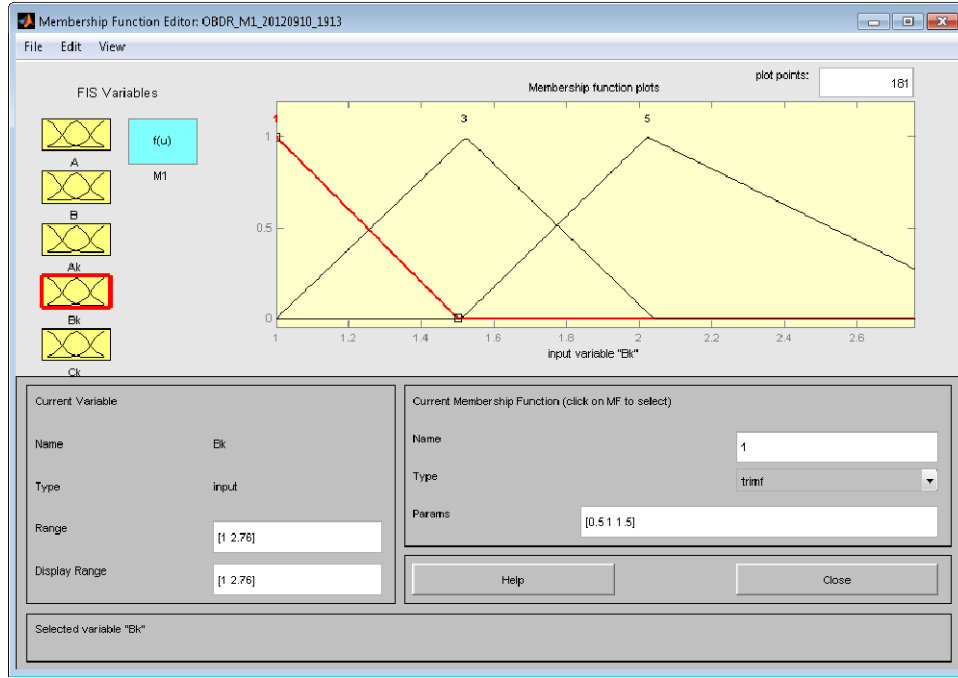
#### 5.2.5.5. Model Çıktıları

Şekil 26’da model ile tespit edilen girdiler Matlab FIS editöründe Sugeno yöntemi ile Şekil 31’de görüldüğü gibi oluşturuldu.



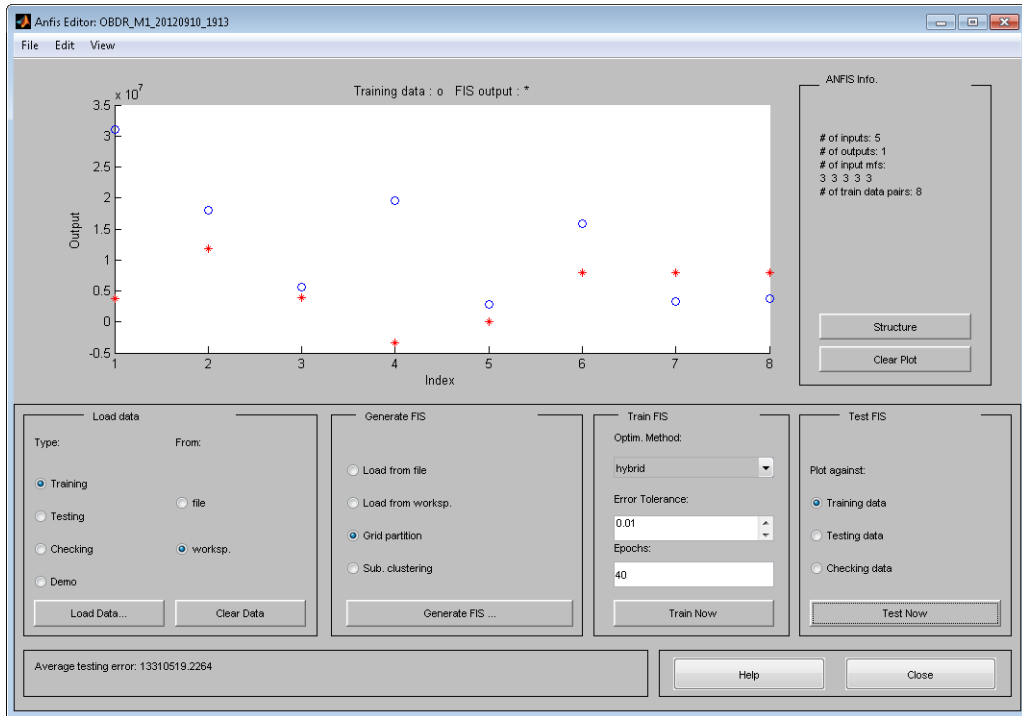
Şekil 31: Model FIS Editor

Matlab FIS Editöründe oluşturulan girdi ve çıktılara ait ÜF'ları, Şekil 32'de görüldüğü gibidir.

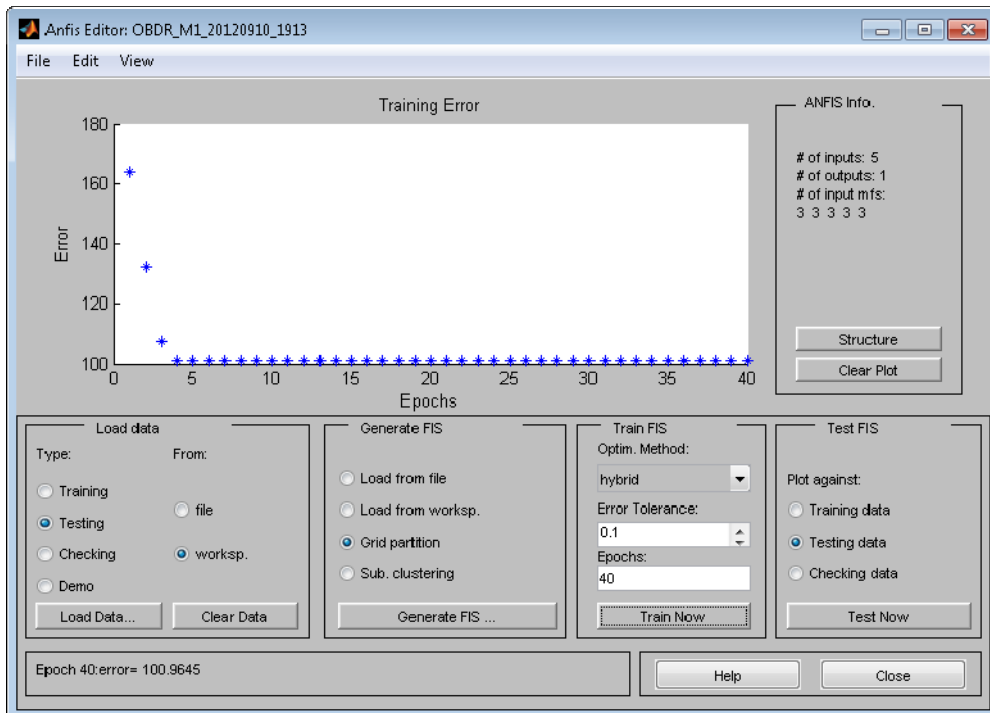


Şekil 32: Model FIS ÜF Editor

Matlab FIS Modulünde, herbir girdinin fonksiyon ve üyelik dereceleri tanımlandıktan sonra, Ek G'de detayları gösterilen veriler girdi olarak sisteme yüklenmiştir. Şekil 33'de eğitim verileri, Şekil 34'te test verilerinin bulunduğu örnek ekran görüntüleri yer almaktadır.



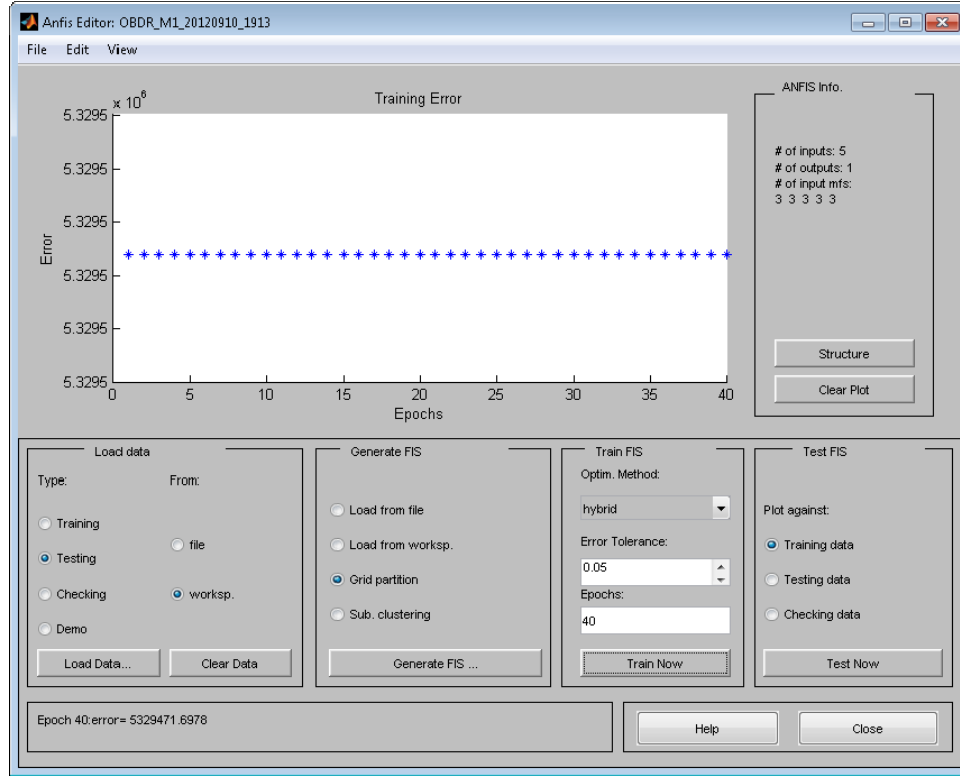
Şekil 33: Model ANFIS Editörü



Şekil 34: Model ANFIS Test Verisi



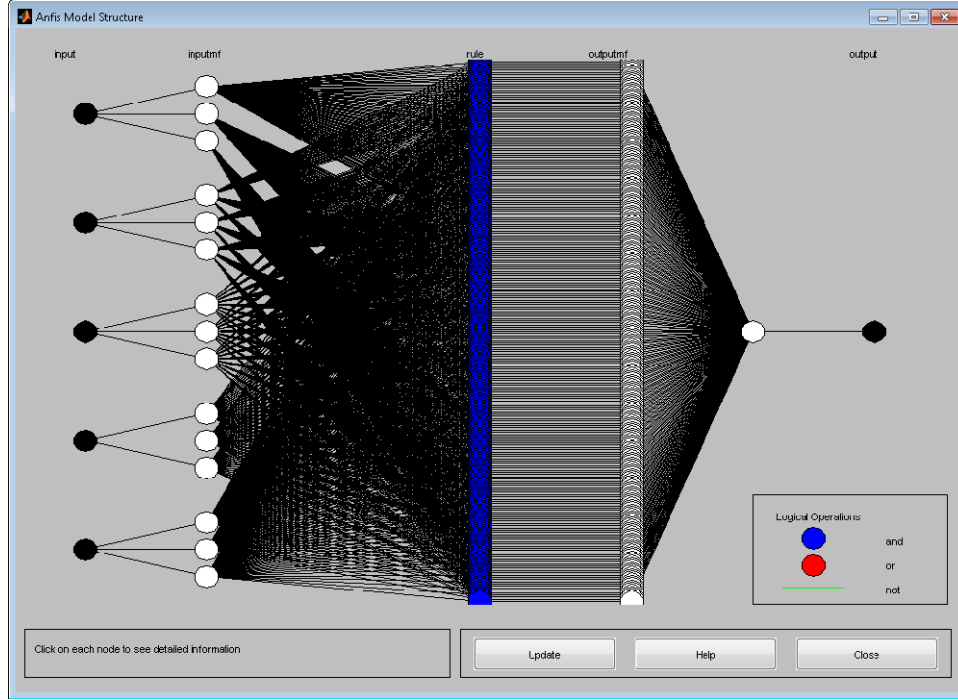
Beş girdi ve her bir girdinin 5 ÜF ile yapılan hesaplamada, sistem 3125 kural oluşturmaktadır. Burada tetiklenmeyen verilerin tek tek ayıklanıp kural editöründen silinmesi hayli güç. ÜF'ün üç olacak şekilde modelin oluşturulması ile elde edilecek sonuçların tatmin edici olmasından ötürü bilgisayar kapasitesi ve çalışma hızı da göz önünde bulundurulduğunda, modelde her bir girdinin üç ÜF olacak şekilde model kurgulanmıştır.



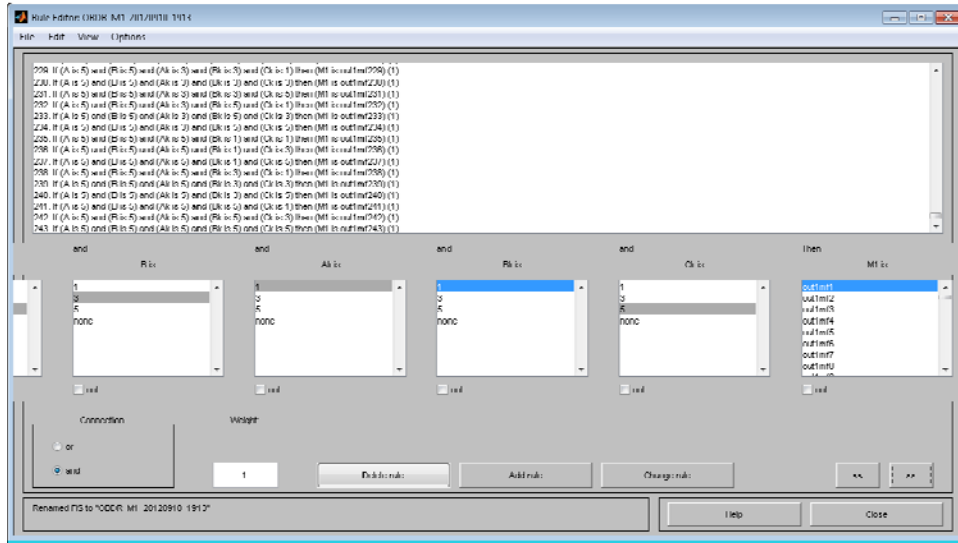
Şekil 35: Model ANFIS Editor

Sisteme girilen veriler, “Epochs” 40, Hata toleransı 0.01 olacak şekilde eğitildi ve neticede Şekil 35’de görülen hata toleransına sahip bir sonuç elde edildi.

Matlab ANFIS Editöründe, 5 girdi ve her bir girdiye ait 3 üyelik fonksiyonuna ait model, Şekil 36’de görülen ilişki çerçevesinde eğitilmesi ile Şekil 37’de ekran görüntüsü bulunan 243 kural tabanı oluşturulmuştur.



Şekil 36: Model ANFIS Model Yapısı



Şekil 37: Model ANFIS Rule Editor

Hata toleransının fazla olması dolayısıyla veri seti Tablo 11’de görüldüğü üzere firma, yapı tipi ve bütçe bazında ayrılarak veriler modele girildi. Yapı tipi olarak hastane, iş merkezi ve konut yapı tipindeki projeler gruplandı. Veri setleri oluşturulurken proje sayısı az olan firma ve yapı tipleri ayıklanarak veri setinin dışında tutuldu.

Bu veri setlerinin detayına bakıldığında aynı konum ve yapı tipine ait proje verilerinden oluştuğu görülmektedir. Aynı yapı tipi ve bütçe değerlerine ait proje sayısının artırılması ile sistemin eğitilmesi neticesinde, daha hassas bir hesap ortaya çıkacağı kaçınılmazdır.

Tablo11. Model Tipleri

<b>MODEL</b>	<b>Açıklama</b>	<b>Proje Sayısı (Toplam)</b>	<b>Planlanan KAR %</b>	<b>Gerçekleşen KAR %</b>
Model - 1	<b>Tüm Veri Seti</b>	35	17,69	15,23
Model - 2	<b>Firma - 3</b>	7	10,09	8,81
Model - 3	<b>Firma - 4</b>	24	21,36	18,14
Model - 4	<b>Firma - 5</b>	4	8,96	8,95
Model - 5	<b>Yapı Tipi / Hastane</b>	5	21,36	33,27
Model - 6	<b>Yapı Tipi / Ofis</b>	12	16,56	9,83
Model - 7	<b>Yapı Tipi / Konut</b>	11	18,15	16,04
Model - 8	<b>Bütçe / 0 - 10*10<sup>6</sup></b>	21	19,51	15,74
Model - 9	<b>Bütçe / 10*10<sup>6</sup> - 50*10<sup>6</sup></b>	13	14,75	14,62

Yapı tipi, firma, konum ve bütçe değerlerine göre hesap sonuçlarının mukayese edilebileceği 9 farklı model oluşturuldu. 4 ve 5 numaralı modellerdeki veri setinin az olması ve oluşturulan modellerdeki hesaplama süreleri göz önünde bulundurularak Tablo12’de belirtilen modeller ANFIS’e yükleme yapılarak model sonuçları test edilmiştir.

Tablo12. Model Proje Sayı ve Error Seviyesi

MODEL	Açıklama	Proje Sayısı (Eğitim)	Proje Sayısı (Test)	Proje Sayısı (Toplam)	Epochs	Error * 10 <sup>6</sup>
Model – 2	Firma -3	4	3	7	40	1.2329
Model – 3	Firma -4	16	8	24	40	3.5345
Model – 6	Yapı Tipi – Ofis	8	4	12	40	3.5661
Model – 7	Yapı Tipi – Konut	6	5	11	40	1.9080
Model – 8	Bütçe / 0 - 10*10 <sup>6</sup>	15	6	21	40	1.4000
Model – 9	Bütçe / 10*10 <sup>6</sup> - 50*10 <sup>6</sup>	9	4	13	40	1.0390

Altı model için ANFIS editörüne eğitim ve test verilerinin girilmesi suretiyle, hesap süreleri de göz önünde bulundurularak her bir modelin doğruluğunu tahkik etmeye yönelik 3 proje girilerek model test edildi. ANFIS’TE oluşturulan model ile elde edilen çıktılar, bir anlamda gerçekleşmesi muhtemel maliyet değerleri ile gerçekleşen maliyet değerleri karşılaştırıldığında, RA ile elde edilen sonuçlardan çok daha gerçekçi çıktılar elde edildiği görülmektedir. Tablo 13’de her bir modele ait proje çıktı değerleri görülmektedir.

Tablo13. Model Çıktıları

MODEL	PROJE NO	Sözleşme Tutarı	Planlanan Toplam Maliyet	Gerçekleşen Maliyet	ANFIS M1'	REGRESYON ANALİZİ
MODEL2-Firma3	Proje No: 39	38,947,710.00	37,491,721	36,950,501	37,000,000	38,721,449.31
	Proje No: 42	33,415,662.00	29,670,803	31,050,222	31,000,000	30,644,005.49
	Proje No: 40	22,741,633.00	20,158,195	22,414,980	22,000,000	20,819,383.68
MODEL3-Firma4	Proje No: 13	4,400,000.00	3,625,600	6,641,250	7,600,000.00	3,813,768.64
	Proje No: 12	5,668,077.94	4,670,496	6,657,239	7,600,000.00	4,912,894.98
	Proje No: 02	7,176,000.00	5,913,024	6,550,900	7,600,000.00	6,219,909.95
MODEL6-OFIS-İŞMERKEZİ	Proje No: 45	5,326,648.00	5,063,115	5,559,000	5,560,000.00	5,489,429.69
	Proje No: 36	21,581,389.92	18,949,242	19,500,250	19,500,000.00	20,544,768.46
	Proje No: 01	3,223,609.63	2,831,170	2,798,000	2,800,000.00	3,069,554.94
MODEL7-KONUT	Proje No: 37	3,081,250.00	2,951,219	2,833,000	2,830,000	3,046,838.49
	Proje No: 41	62,262,743.00	55,210,435	55,990,890	57,500,000	56,999,253.01
	Proje No: 08	11,000,000.00	9,064,000	9,034,450	8,600,000	9,357,673.60
MODEL8-0 - 10 * 106	Proje No: 37	3,081,250.00	2,951,219	2,833,000	2,830,000	2,811,921.45
	Proje No: 45	5,326,648.00	5,063,115	5,559,000	5,560,000	4,824,136.33
	Proje No: 01	3,223,609.63	2,831,170	2,798,000	2,800,000	2,697,539.15
MODEL9-10 * 106 - 50 * 106	Proje No: 39	38,947,710.00	37,491,721	36,950,501	37,000,000	40,517,302.74
	Proje No: 42	33,415,662.00	29,670,803	31,050,222	33,000,000	32,065,236.96
	Proje No: 05	20,000,000.00	16,480,000	15,877,370	15,600,000	17,809,936.00

Oluşturulan modellerde, firma, yapı tipi ve proje bütçe değerleri dikkate alındı. Firma bazlı olarak verilere bakıldığında (model 2 ve model 3) planlanan ortalama kar %15,57, gerçekleşen ortalama kar %-4,10, ANFIS model sonuçlarına göre gerçekleşmesi muhtemel ortalama kar %-9,45 ve RA ile hesaplanan gerçekleşmesi muhtemel ortalama kar %10,83 olarak hesaplanmaktadır.

Modelin yapı tipi bazlı oluşturulması ile (model 6 ve model 7) planlanan ortalama kar %11,92, gerçekleşen ortalama kar %10,57, ANFIS model sonuçlarına göre gerçekleşmesi muhtemel ortalama kar %11,11 ve RA ile hesaplanan gerçekleşmesi muhtemel ortalama kar %5,84 olarak hesaplanmaktadır.

Model proje bütçe değerlerine göre sınıflandırılarak oluşturulması ile (model 8 ve model 9) planlanan ortalama kar %1,22, gerçekleşen ortalama kar %9,80, ANFIS model sonuçlarına göre gerçekleşmesi muhtemel ortalama kar %9,09 ve RA ile hesaplanan gerçekleşmesi muhtemel ortalama kar %8,69 olarak hesaplanmaktadır.

Tablo 14’te test verilerinin model ayrımlı olarak ortalama karlılıkları görülmektedir.

Tablo14. Kar Mukayese Tablosu

MODEL	PROJE NO	Sözleşme Tutarı	PLANLANAN KAR %	PLANLANAN ORT. KAR %	GERÇEKLEŞEN KAR %	GERÇEKLEŞEN ORT. KAR %	ANFIS KAR %	ANFIS ORT. KAR %	REGRESY KAR %	REGRESYON ORT. KAR %
MODEL2-Firma3	Proje No: 39	38,947,710.00	3.88%		5.41%		5.26%		0.88%	
	Proje No: 42	33,415,662.00	12.62%	9.77%	7.62%	4.83%	7.79%	5.48%	9.04%	6.29%
	Proje No: 40	22,741,633.00	12.82%		1.46%		3.37%		9.23%	
MODEL3-Firma4	Proje No: 13	4,400,000.00	21.36%		-33.75%		-42.11%		-15.37%	
	Proje No: 12	5,668,077.94	21.36%	21.36%	-14.86%	-13.02%	-25.42%	-24.37%	15.37%	15.37%
	Proje No: 02	7,176,000.00	21.36%		9.54%		-5.58%		15.37%	
MODEL6-OFIS-İŞMERKEZİ	Proje No: 45	5,326,648.00	5.20%		-4.18%		-4.20%		-2.97%	
	Proje No: 36	21,581,389.92	13.89%	10.99%	10.67%	7.23%	10.67%	7.20%	5.05%	2.37%
	Proje No: 01	3,223,609.63	13.86%		15.21%		15.13%		5.02%	
MODEL7-KONUT	Proje No: 37	3,081,250.00	4.41%		8.76%		8.88%		1.13%	
	Proje No: 41	62,262,743.00	12.77%	12.85%	11.20%	13.91%	8.28%	15.02%	9.23%	9.30%
	Proje No: 08	11,000,000.00	21.36%		21.76%		27.91%		17.55%	
MODEL8-0 - 10 * 106	Proje No: 37	3,081,250.00	4.41%		8.76%		8.88%		9.58%	
	Proje No: 45	5,326,648.00	5.20%	7.82%	-4.18%	6.60%	-4.20%	6.60%	10.42%	13.17%
	Proje No: 01	3,223,609.63	13.86%		15.21%		15.13%		19.50%	
MODEL9-10 * 106 - 50 * 106	Proje No: 39	38,947,710.00	3.88%		5.41%		5.26%		-3.87%	
	Proje No: 42	33,415,662.00	12.62%	12.62%	7.62%	13.00%	1.26%	11.58%	4.21%	4.21%
	Proje No: 05	20,000,000.00	21.36%		25.97%		28.21%		12.30%	

ANFIS editor ile elde edilen gerçekleşmesi muhtemel maliyet verileri, gerçekleşen maliyet verileri ile karşılaştırıldığında ise yapı tipi ve bütçe bazlı oluşturulan model sonuçlarının, firma bazlı modele nispeten daha hassas sonuçlar elde edildiği gözlemlenmektedir. Yapı tipi bazında oluşturulan iki modele, gerçekleşmesi muhtemel maliyet değeri ve gerçekleşen maliyet değeri mukayesesi yapıldığında ortalama %0,71’lik bir sapma, aynı değerlere bütçe bazında bakıldığında ise %0,54’lük bir sapma elde edilmektedir. Firma bazlı ise ortalama %5,35’lik bir sapma elde edilmektedir. Sonuçların mukayeseli olarak detaylarına Tablo 15’ten bakılabilir.

Tablo15. Ortalama Kar Mukayese Tablosu

MODEL	PLANLANAN ORT. KAR %	GERÇEKLEŞEN ORT. KAR %	ANFIS ORT. KAR %	REGRESYON ORT. KAR %	ANFIS - GERÇEKLEŞEN MUKAYESESİ	REGRESYON - GERÇEKLEŞEN MUKAYESESİ
MODEL2-Firma3	9.77%	4.83%	5.48%	6.29%	0.65%	1.46%
MODEL3-Firma4	21.36%	-13.02%	-24.37%	15.37%	-11.35%	28.39%
MODEL6-OFIS-İŞMERKEZİ	10.99%	7.23%	7.20%	2.37%	-0.03%	-4.87%
MODEL7-KONUT	12.85%	13.91%	15.02%	9.30%	1.12%	-4.60%
MODEL8-0 - 10 * 106	7.82%	6.60%	6.60%	13.17%	0.01%	6.57%
MODEL9-10 * 106 - 50 * 106	12.62%	13.00%	11.58%	4.21%	-1.42%	-8.78%

Tüm bu model sonuçları göstermektedir ki, yapı tipi ve bütçe ayrımlı düzenlenmiş veri setlerinden oluşturulan model ile %0,71 ve %0,51 sapma oranında, belirsizlik maliyetlerini tespit edebilmek mümkün görünmektedir.

## 6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Dünya inşaat sektöründeki yaklaşık 3 trilyon dolarlık üretim ve AB’de bir trilyon Euro tutarındaki ciro ile tetiklediği alt sektörler, istihdam kapasitesi ve ekonomideki payı göz önünde bulundurulduğunda, plan ve bütçe çalışmalarındaki önemin vurgulanması bakımında dikkat çekicidir.

Bu çerçevede inşaat projelerinin teklif ve bütçe çalışmalarında doğru maliyet tahmininde bulunulmasının zorluklarından dolayı, satış tutarları ve karlılık analizleri gerçekçi hesaplanamayabilmektedir.

Maliyet çalışmalarında seçilen maliyet tahmin yöntemi, kontrol dışı bilgi eksikliği, subjektif bilgilerin değerlendirilmesi, proje riskleri ve karakteristik özelliklerinin belirsizliği ve direkt ve endirekt maliyet ayırımının yapılamamasından ötürü, hesaplanamayan maliyetlerden kaynaklanan öngörülemeyen hususlar için, hesaplanabilen maliyetlerin üzerine belirli bir öngörülemeyen maliyet (contingency) veya risk yüzdesi ilave edilmektedir.

Belirsizliklerin hesaplanmasında bilgisayarlar çok karmaşık sayısal işlemleri anında çözümleyebilmelerine karşın, idrak etme ve deneyimlerle kazanılmış bilgileri kullanabilme noktasında çok yetersizdirler. Bu gibi durumlarda genellikle bir uzman kişinin bilgi ve deneyimlerinden yararlanılması yoluna gidilir. Bu dilsel ifadeler doğru bir şekilde bilgisayara aktarılırsa hem uzman kişiye ihtiyaç kalmamakta hem de uzman kişiler arasındaki denetim farkı ortadan kalkmaktadır. Dolayısıyla bir insan bir sistemin bulunduğu pek çok durumdan, istenilen duruma götürmek için sezgilerine ve deneyimlerine bağlı olarak bir denetim stratejisi uygulayarak amaca ulaşmaktadır.

Bu belirsizliklerin tespitinde bilgisayar yazılım ve hesaplamaları dışında, subjektif uzman görüşleri doğrultusunda alınan kararlar ile genellikle bir analiz yapılmaksızın, belirli bir arttırım katsıyısı ile bu belirsizliklerden doğacak maliyetleri karşılayacak

bir bütçe ilavesi yapılır.

Buradan hareketle çalışma kapsamında, çimento fırınlarının denetiminde, çamaşır makinesinin, çamaşırın cinsine miktarına, kirliliğine göre en etkili çamaşır yıkama ve su kullanım programının seçilmesi, araçlarda yakıt püskürtme ve ateşleme denetim sisteminin denetimi, elektrik süpürgesi, televizyon ve müzik aletlerinde kullanılan BM yöntemi, YZ yöntemlerinden YSA ağlarının da kullanıldığı, sinir ağlarına dayanan bulanık çıkarım sistemi veya uyarlamalı sinirsel bulanık çıkarım sistemi anlamına da gelen ANFIS (Adaptive Network- based Fuzzy Inference System) kullanılarak, hem geçmişteki gerçekleşmiş proje verileri, hem de uzman görüşlerinin dikkate alındığı, proje belirsizliklerinin tespitine yönelik bir model oluşturulmuştur.

Model ile hesaplanamayan veya öngörülemeyen maliyetlerin tahminindeki güçlüklerin, uzman görüşlerinin de dikkate alındığı ve geçmiş projelerden elde edilen deneyimler doğrultusunda, YZ metotlarından, sinirsel BM yönteminin kullanılmasıyla, belirsizliklerin tahmin edilmesini sağlayacak, bir karar destek modeli ortaya konulmaktadır.

Yapılan literatür araştırmasında, inşaat proje yönetiminin alt bilgi alanlarında yapılan çalışmalar ve YSA, BM, Contingency ve Mark-up başlıkları altında incelenmiş ve bu çalışmalardan elde edilen bilgiler dördüncü bölümde açıklanmıştır. Maliyet yönetimi özelinde bakıldığında ise maliyet tahmini, Mark-up analizleri, bütçe ve nakit akım hesaplamalarında YZ tekniklerine yönelik yapılmış çalışmalar bulunmaktadır. YZ yöntemleri kullanılarak yapılan çalışmalardaki bulgular, RA ve Monte Carlo Analizleri ile mukayese edildiği görülmektedir.

Ortaya konulan çalışmalardan Matlab programında modellenen bir örnek tespit edilmiştir. Matlab ANFIS (Adaptive Network- based Fuzzy Inference System) Modülü kullanılarak maliyet yönetimi bağlamında yapılmış herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Bu çalışmalardan elde edilen bilgiler doğrultusunda modelin çalıştırılması için 7 farklı uluslararası taahhüt firmasının, tamamlanmış ve devam eden projelerinden temin edilmiş 116 projesi arasından seçilmiş 39 proje verisi kullanılmıştır.



Bu 116 proje verilesi derlenirken, proje tarafı, sözleşme türü, yapım tipi, maliyet tahmin çalışmalarının benzer alt kırımlarda yapılmış olması gibi kriterler göz önünde bulundurularak aynı bazda değerlendirilebilecek 39 proje verisinden hareketle eğitim ve test verileri oluşturulmuştur.

Oluşturulan model ile geçmiş projelerden elde edilen gerçekleşmiş deneyimler ve uzman görüşlerinde dikkate alınarak, hesaplanabilen direkt ve indirekt maliyetlerin üzerine, hesaplanamayan maliyetlerin uzman görüşleri ile derecelendirilmesi suretiyle sisteme girişler yapılmakta ve model ile yapılan hesap neticesinde, öngörülemeyen maliyetlerin tutar karşılığı analiz edilmektedir.

Tüm bu veriler ve yapılmış çalışmalar ışığında oluşturulan model ile, Matlab programındaki FIS (Fuzzy Inference System) ve ANFIS (Adaptive Network- based Fuzzy Inferece System) modülleri kullanılmak suretiyle bir karar destek modeli oluşturulmuştur.

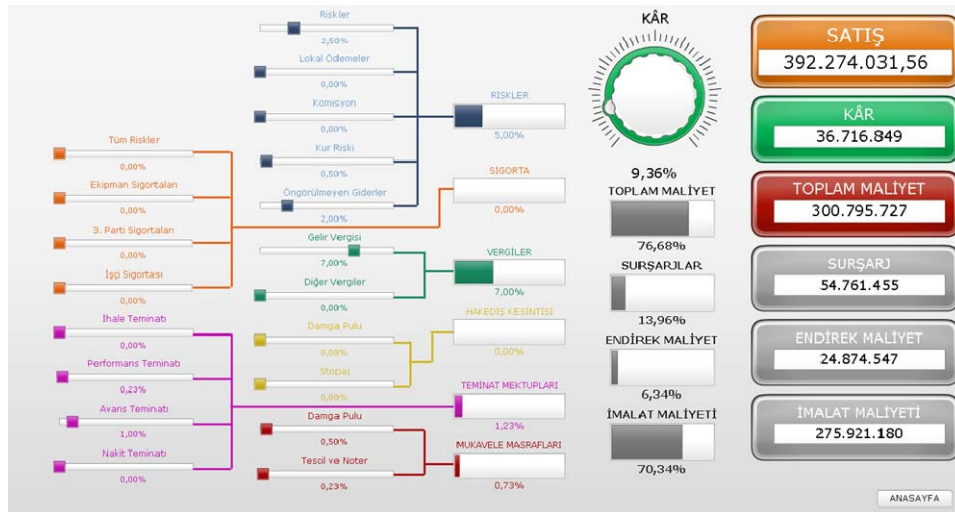
ANFIS editorü ile elde edilen gerçekleşmesi muhtemel maliyet verileri, gerçekleşen maliyet verileri ile karşılaştırıldığında yapı tipi ve bütçe bazlı oluşturulan model sonuçlarının, firma bazlı modele nispeten daha hassas sonuçlar elde edildiği gözlemlenmektedir. Yapı tipi bazında oluşturulan iki modele, gerçekleşmesi muhtemel maliyet değeri ve gerçekleşen maliyet değeri mukayesesi yapıldığında ortalama %0,71'lik bir sapma, aynı değerlere bütçe bazında bakıldığında ise %0,54'lük bir sapma elde edilmektedir. Firma bazlı ise ortalama %5,35'lik bir sapma elde edilmektedir. Tüm bu model sonuçları göstermektedir ki, yapı tipi ve bütçe ayrımlı düzenlenmiş veri setlerinden oluşturulan model ile yaklaşık %0,60 mertebesinde sapma olacak şekilde, belirsizlik maliyetlerini tespit etmek mümkündür.

Yapılan birçok araştırma, tek bir coğrafi konuma ait verilere dayanmaktadır. Temin edilen verilerin proje tipi ve bütçe bazında gruplanması ile oluşturulan altı farklı veri seti modele girilerek elde edilen sonuçlar göstermiştir ki, relatif değerlendirmeler ve gerçekleşmiş proje verilerinden hareketle, belirsizlik maliyetlerinin tespitine yönelik,

pratik hayatta kullanılabilir, YZ yöntemlerinde kullanıldığı karar destek sistemleri oluşturulabilir.

ANFIS ile inşaat proje yönetiminin yönetsel ve operasyonel süreçlerinden, iş geliştirme, fizibilite, teklif hazırlık, ihale yönetim, maliyet tahmin gibi süreçlerinde, yöneticilerin alacağı kararları destekleyebilecek birçok konuda modeller geliştirilebilir.

Projelerde başarısızlığa neden olan etkisiz kontrol mekanizmaları ve hatalı sözleşme yönetimi yanında en büyük etken de, etkisiz proje raporlama sistemleridir. Sistemsizlik, bilginin toplanmasında yaşanan sorunlar, raporlanması gereken verinin büyüklüğü ve raporlamalarda kullanılan yazılım sistemlerinin yetersizliği ve karmaşıklığı, proje yönetim anlayışını “tablo üzerinde proje yönetimi” çerçevesine sıkıştırmaktadır. İş zekâsı raporlama sistemleriyle, muazzam büyüklükteki verilerin bilgiye dönüştüğü, güvenli, gelişmiş, görsel ve değişimlerin hızlı bir şekilde tespit edilerek, yöneticilerin daha doğru ve hızlı kararlar almalarına imkân tanınmaktadır. Markup katsayısının tespitine yönelik Şekil 38’de örneği görünen rapor örneğinin, YZ yöntemlerinin entegre edilmesi suretiyle, yöneticilerin kararlarını güçlendirmek için oluşturulan “what-if” analizleri çok daha bilimsel ve gerçekçi bir temele dayanacaktır.



Şekil 38: Mark-up BI – Karar Destek Model Uygulaması

Doğru ve gerçek zamanlı inşaat ilerlemesi bilgilerine zl ve anlamlı bir şekilde erişebilen yöneticiler ve dolayısıyla şirketler, kriz çıkmasını büyük oranda önleyebilmekte, her şeye rağmen krizin çıkması durumunda da aşılmasında etkili kararlar verebilerek daha rekabetçi olabilmektedirler. İş zekası (BI) sistemleriyle desteklenmiş karar destek modelleri, bir diğer değişle raporlama sistemleriyle, muazzam büyüklükteki verilerin bilgiye dönüştüğü, güvenli, gelişmiş, görsel ve değişimlerin hızlı bir şekilde tespit edilerek, yöneticilerin daha doğru ve hızlı kararlar almalarına imkan tanıyacaktır.

Ortaya konan ve geliştirilebilecek modellerin kodlara dönüştürülmesiyle, arka planda müthiş matematiksel hesaplamaların yapılıp n tarafta kullanıcı dostu ve basit, bir o kadar da karmaşık problemlerin zmne katkı sağlayacak kararların alınmasını sağlayacak yazılımlar geliştirilebilir.

Model ile st yapı projelerinden, götürü bedel usul sözleşme yapılımiş projeler süzülerek model sınanmıştır. Endüstri ve alt yapı gibi diğer yapı tipindeki projeler ve sözleşme türlerinden müteşekkil proje verileri ile modeller oluşturulabilir.

Oluşturulan model ve tez kapsamında sunulan bilgiler yapılabilecek benzer projelere ışık tutabilecek niteliktedir.

Sonuç olarak her bir yapay zekâ yönteminin, doğru kurgu ve parametrelerin oluşturulması sonucunda, diğer sektörlerde elde edilen başarılar gibi, inşaat proje yönetiminin farklı alanlarında kullanılması sonucu başarılı neticeler elde etmek mümkündür. Dolayısıyla, çok değerli araştırmaların yapılımiş olmasına karşın, araştırmacıların çoğu tarafından ortaya konulduğu gibi bu alanda daha fazla çalışma yapılması gerekliliği vardır.

## REFERANSLAR

- [1] 2007 – 2013 Devlet Planlama Teşkilatı Raporu.
- [2] Bıyıkoğlu, H.N., “Standartlar ve Türk Sanayinin Standardizasyon Faaliyetlerine Katılımı”, V. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi, 2008
- [3] ISO, Standardization and Related Activities Guide-General Vocabulary Guide 2, Geneva, Switzerland: ISO/IEC Copyright Office, 1996
- [4] Ahlemann F., Teuteberg F. ve Vogelsang K., Project Management Standards-Diffusion and Application in Germany and Switzerland, International Journal of Project Management, 2009
- [5] Bredillet, C.N., Genesis and Role of Standards: Theoretical Foundations and Socio-Economical Model for the Construction and Use of Standards, International Journal of Project Management, 2003
- [6] ISO, Standardization and Related Activities Guide-General Vocabulary Guide 2, Geneva, Switzerland: ISO/IEC Copyright Office, 1996
- [7] CMAA, (2011), Advancing Professional Construction and Program Management Worldwide, Construction Management Association of America Web Sitesi, [http://www.cmaanet.org/About\\_CMAA](http://www.cmaanet.org/About_CMAA)
- [8] PMI, (2011), Project Management Institute, About Us, Project Management Institute Web Sitesi, <http://www.pmi.org/AboutUs/Pages/Default.aspx>
- [9] P2M, (2011), A Guidebook of Project & Program Management for Enterprise Innovation, Volume 1, Project Management Association of Japan.
- [10] IPMA, (2011), International Project Management Association, International Project Management Association Web Sitesi. <http://www.ipma.ch/about/Pages/History.aspx>
- [11] PRINCE2, (2011), Managing Successful Projects with PRINCE2, Web Sitesi, <http://www.prince-officialsite.com/> .
- [12] Egan, J., Rethinking Construction, Report from the Construction Task Force, Department of the Environment, Transport and Regions, İngiltere.1998
- [13] Fairclough, J., (2002), Rethinking Construction Innovation and Research: A Review of Government R&D Policies and Practices, Department for Transport, Local Government and Regions, HMSO.

- [14] Humphrey, W., Feiler, P., (1992), "Software Process Development and Enactment: Concepts and Definitions", Pittsburgh, PA: Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University.
- [15] Ayanoğlu, M. ve Turan, H., (2003), "İşletmelerde Süreç Yönetimine Geçiş ve Uygulama Sonuçları", Üçüncü Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu Bildiriler Kitabı, İstanbul Kültür Üniversitesi, 19-20 Nisan 2003.
- [16] G. Kaynak, "Binalarda Biçim, Boyut ve m<sup>2</sup> maliyet ilişkisine dayalı bir maliyet denetim yöntemi" Doktora Tezi, 1987, İstanbul Teknik Üniversitesi
- [17] Buchanon, R.D., Flewing, F.W., Kelly, J.R., 1991. Estimating for Builders and Quantity Surveyors, Newnes, Oxford.
- [18] EDELEMAN, F., "Art and Science of Competitive Bidding" Harvard Business Review, Cilt 43, Temmuz-Ağustos 1965
- [19] PERY, J.G., HAYES, R.W. Risk and its Management in Construction Projects, Proceeding of Ints. Civil Engineering, 1985
- [20] AL BAHAR, J., CRANDAL, K.C. Systematic Risk Management Approach for Construction Projects. Journal of Construction Engineering and Management, 1990
- [21] PYM, D.V., WIDEMAN, R.M. Risk Management, Project Management Body of Knowledge, Project Management Institute, 1987
- [22] AACE International, "Cost Engineers' Notebook" Morgantwon, WV: AACE International, 1995
- [23] Dr. Osama Moselhi, "Risk Assessment and Contingency Estimating" AACE International Transactions, 1997
- [24] J.H.M. TAH and V. CARR "A Proposal for Construction Project Risk Assessment Using Fuzzy Logic", Construction Management and Economics, 2000
- [25] S. Mak, D. Picken. "Using Risk Analysis to Determine Construction Project Contingencies" Journal of Construction Engineering and Management. 2000
- [26] Burcal, N., Ercan, Y., Maliyet Muhasebesi - İlkeler ve Uygulama, Der Yayınları, İstanbul. 2002
- [27] Ferry, D. J., Cost Planning of Buildings, Crosby Lockwood & Son Limited, London. 1970
- [28] Min Liu, Yea Yng Ling, "Modeling a Contractor's Mark-up Estimation", Construction Engineering and Management, 2005
- [29] M. Necat Özgür, "İnşaat Mühendisliğinde Parametrik Yöntemle Teklif Hazırlama" İMO Ankara Şubesi, 2003

- [30] Baykan, U.N., “İnşaat projelerinde kaynak ihtiyacının yapay sinir ağları yaklaşımı ile tahmini”, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 2007
- [31] Leu, S., Chen, A., Yang, C., “A GA-Based Fuzzy Optimal Model for Construction Time-Cost Trade-of”, *International Journal of Project Management*, 19, 47-58, 2001.
- [32] Ock, J.H., “Activity Duration Quantification under Uncertainty: Fuzzy Set Theory Application”, *Cost Engineering*, 38(1), 26–30, 1996.
- [33] Senouci, A. ve Adeli, H., “Resource Scheduling Using Neural Dynamics Model of Adeli and Park”, *ASCE Journal of Construction Engineering and Management*, 127(1), 28-34, 2001.
- [34] Günaydın, H.M., Doğan, S.Z., “A neural network approach for early cost estimation of structural systems of buildings”, *International Journal of Project Management*, 22, 595–602, 2004.
- [35] Baykan, U. N., 1Bina maliyeti tahmininde genetik algoritma destekli yapay sinir ağı ile vaka tabanlı gerçekleştirme modellerinin karşılaştırılması”, Doktora Tezi.Gazi Üniversitesi, Ankara, 2007
- [36] Uğur, L.O., “Yapı maliyetinin yapay sinir ağı ile analizi”, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 2007.
- [37] Kim, G., An, S. ve Kang, K., “Comparison of Construction Cost Estimating Models Based on Regression Analysis, Neural Networks and Case-Based Reasoning”, *Building and Environment*, 39, 1235–1242, 2004.
- [38] Shaheen, A.A., Fayek, A.R. ve AbouRizk, S.M., “Fuzzy numbers in cost range estimating”, *ASCE Journal of Construction Engineering and Management*, 133(4), 325-334, 2007.
- [39] Jin, L. ve Li, C., “Selectivity Estimation for fuzzy String Predicatesin Large Data Sets”, *Proceedings of the 31st VLDB Conference,Trondheim,Norway*, 397–408, 2005.
- [40] Adeli, H. ve Wu, M., “Regularization neural network for construction cost estimation”, *Journal of Construction Engineering and Management*, January/February 1998, 18–24, 1998.
- [41] Wilmot, C.G. ve Cheng, G., “Estimating future highway construction costs”, *ASCE Journal of Construction Engineering and Management*, 129(3), 272-279, 2003.

- [42] Ugwu, O.O. ve Kumaraswamy, M.M., “Neural network based decision support for estimating cost of highway bridges – A Hong Kong study”, Proceedings of COBRA 2004, Leeds, UK, 2004.
- [43] Pathak, K.K. ve Agarwal, R., “Cost prediction of overhead water tanks using artificial neural networks”, Journal of the Institution of Engineers, Civil Engineering Division, 84, 153-158, 2003.
- [44] Bouabaz, M. ve Hamami, M., “A Cost Estimation Model for Repair Bridges Based on Artificial Neural Network”, American Journal of Applied Sciences, 5(4), 334-339, 2008.
- [45] Setyawati, B.R., Sahirman, S. ve Creese, R.C., “Neural networks for cost estimation”, AACE International Transactions, EST13, 1-9, 2002.
- [46] Kim, G., An, S. ve Kang, K., “Comparison of construction cost estimating models based on regression analysis, neural networks, and case based reasoning”, Building and Environment, 39, 1235-1242, 2004.
- [47] Sonmez, R., “Conceptual cost estimation of building projects with regression analysis and neural networks”, Canadian Journal of Civil Engineering, 31, 677-683, 2004.
- [48] Cheng, M.Y., Tsai, H.C. ve Hsieh, W.S., “Web-based conceptual cost estimates for construction projects using evolutionary fuzzy neural inference model”, Automation in Construction, 18, 164-172, 2009.
- [49] Moselhi, O., “Risk Assessment And Contingency Estimating”, AACE International Transactions, 1997.
- [50] Liu, M. ve Ling, Y.Y., “Modeling a contractor’s mark-up estimation”, ASCE Journal of Construction Engineering and Management, 131(4), 391-399, 2005.
- [51] Dikmen, I., Birgönül, M.T. ve Gür, A.K., “A Case-Based Decision Support Tool For Bid Mark-Up Estimation Of International Construction Projects”, Automation in Construction, 17, 30-44, 2007.
- [52] Li, H. ve Love, P.E.D., “Combining Rule-Based Expert Systems And Artificial Neural Networks For Mark-Up Estimation”, Construction Management and Economics, 17, 169-176, 1999.
- [53] Hegazy, T. ve Moselhi, O., “Analogy-Based Solution To Mark-up Estimation Problem”, Journal of Computing in Civil Engineering, 8(1), 72-87, 1994.
- [54] Liu, M. ve Ling, Y.Y., “Using fuzzy neural network approach to estimate contractors’ mark-up”, Building and Environment, 38, 1303–13089, 2003.

- [55] Dozzi, S.P., AbouRizk, M. ve Schroeder, S.L., “Unity Theory Model For Bid Mark-up Decisions”, *Journal of Construction Engineering and Management*, 122(2), 119-124, 1996.
- [56] Chua, D.K.H., Loh, P.K., Kog, Y.C., ve Jaselskis, E.J., “Neural Networks for Construction Project Success”, *Expert Systems With Applications*, Pergamom Press, 13(4), 317-328, 1997.
- [57] Boussabaine, A.H. ve Kaka, A.P., “A neural networks approach for cost flow forecasting”, *Construction Management and Economics*, (16), 471-479, 1998.
- [58] Chao, L.C. ve Skibniewski, M.J., “Estimating construction productivity: neural-network-based approach”, *ASCE Journal of Computing in Civil Engineering*, 8(2), 234-251, 1994.
- [59] Arditi, D., Oksay, F.E. ve Tokdemir, O.B., “Predicting the outcome of construction litigation using neural networks”, *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 13(2), 75–81, 1998.
- [60] Fayek, A., “Competitive bidding strategy model and software system for bid preparation”, *ASCE Journal of Construction Engineering and Management*, 124(1), 1-10, 1998.
- [61] Yawei, L., Shouyu, C. ve Xiangtian, N., “Fuzzy Pattern Recognition Approach To Construction Contractor Selection”, *Fuzzy Optimization and Decision Making*, 4, 103-118, 2005.
- [62] Kahraman, C., Cebeci, U. ve Ulukan, Z., “Multi Criteria Supplier Selection Using Fuzzy AHP”, *Logistics Information Management*, 16(6), 382-394, 2003.
- [63] [208] Carr, V. ve Tah, J.H.M., “A fuzzy approach to construction project risk assessment and analysis: construction risk management system”, *Advances in Engineering Software*, 32, 847-857, 2001.
- [64] [214] Dikmen, I., Birgonul, M.T. ve Han, H. “Using fuzzy risk assessment to rate cost overrun risk in international construction projects”, *International Journal of Project Management*, (25), 494-505, 2006.
- [65] MARGARET W. EMSLEY\*, DAVID J. LOWE, A. ROY DUFF, ANTHONY, HARDING and ADAM HICKSON , “Data Modelling And The Application Of A Neural Network Approach To The Prediction Of Total Construction Costs” *Construction Management and Economics*, 2002



- [66] Portas, J. ve AbouRizk, S., "Neural network model for estimating construction productivity", *ASCE Journal of Construction Engineering and Management*, 123(4), 399-410, 1997.
- [67] Sonmez, R. ve Rowings, J.E., "Construction labor productivity modeling with neural networks", *Journal of Construction Engineering and Management*, 124(6), 498-504, 1998.
- [68] AbouRizk, S., Knowles, P. ve Hermann, U.R., "Estimating labor production rates for industrial construction activities", *ASCE Journal of Construction Engineering and Management*, 127(6), 502-511, 2001.
- [69] Karshenas, S. ve Feng, X., "Application of neural networks in earthmoving equipment production estimating", *Proceedings of the 8th Conference Computing in Civil Engineering*, ASCE, New York, 841-7,
- [70] Chao, L.C. ve Skibniewski, M.J., "Estimating construction productivity: neural-network-based approach", *ASCE Journal of Computing in Civil Engineering*, 8(2), 234-251, 1994.
- [71] Ok, S.C. ve Sinha, S.K., "Construction equipment productivity estimation using artificial neural network model", *Construction Management and Economics*, 24, 1029-1044, 2006.
- [72] Leung, A.W.T., Tam, C.M. ve Liu, D.K., "Comparative study of artificial neural networks and multiple regression analysis for predicting hoisting times of tower cranes", *Journal of Building and Environment*, 36(4), 457-6, 2001.
- [73] Leung, A.W.T., Tong, T.K.L. ve Tse, S.L., "Modelling hook times of mobile cranes using artificial neural networks", *Construction Management and Economics*, (22), 839-849, 2004.
- [74] Zayed, T.M., "Assessment of productivity for concrete bored pile construction", *Doktora Tezi*, Purdue Univ., School of Civil Engineering, West Lafayette, Ind, 2001.
- [75] Zayed, T.M. ve Halpin, D.W., "Process versus data oriented techniques in pile construction productivity assessment", *ASCE Journal of Construction Engineering and Management*, 131(4), 490-499, 2004.
- [76] Zayed, T.M. ve Halpin, D.W., "Pile construction productivity assessment", *ASCE Journal of Construction Engineering and Management*, 131(6), 705-714, 2005.
- [77] Bagnori, C. ve Smith, H.C., "The Theory Of Fuzz Logic And its Application To Real Estate Valuation", *The Journal of Real Estate Research*, 16(2), 169-199, 1998.

- [78] Barai, S.V., “Neuro-Fuzzy Models For Constructability Analysis” ITcon, 9, 65-73, 2004.
- [79] Lau, H.C.W., Pang, W.K. ve Wong, C.W.Y., “Methodology for monitoring supply chain performance: a fuzzy logic approach”, Logistics Information Management, 15(4), 271-280, 2002.
- [80] Nguyen, T.H. ve Shehab, T., “Selecting an arhitectre-engineering team by using fuzzy set theory”, Engineering, Construction and Architectural Management, 15(3), 282-298, 2008.
- [81] Chao L.C. ve Skibniewski, M.J., “Neural network method of estimating construction technology acceptability”, Journal of Construction Engineering and Management, 121(1), 130-142, 1995.
- [82] Sawhney, A. ve Ayed, A., “Adaptive Probabilistic Neural Network-based Crane Type Selection System”, ASCE Journal of Construction Engineering and Management, 128(3), 265-273, 2002.
- [83] Chua, D.K.H., P.K., Kog, Loh, Y.C., & Jaselskis, E.J., “Model for construction budget performance - Neural network approach”, Journal of Construction Engineering and Management. 123(3): 214:222, 1997
- [84] Prof. Dr.Çetin Elmaz, “Yapay Zeka Uygulamaları”, (Ankara, Seçkin Yayınevi, 2007)
- [85] MATLAB Programı Help Dokümanları. <http://www.mathworks.com/>
- [86] Yrd. Doç. Dr. Serhat YILMAZ, Bulanık Mantık ve Mühendislik Uygulamaları Kocaeli, Kocaeli Üniversitesi, 2007
- [87] K. C. Lam, Tiesong H., S. Thomas, NG, Martin S. ve S. O.CHEUNG., “A Fuzzy Neural Network Approach For Contractor Prequalification”, Journal of Construction Management and Economics, 19, 175-188, 2001.
- [88] Ö. BİSEN, Ü.DİKMEN, “Üst Yapı Projelerde, Maliyet Tahmin Çalışmalarında, Belirsizliklerin Yapay Zeka Teknikleriyle Analizi” 6. İnşaat Yönetim Kongresi, 2011
- [89]<http://www.oracle.com/us/products/applications/primavera/risk-analysis/overview/index.html>, Erişim Tarihi: 01.09.2012
- [90] <http://www.palisade.com/risk/>, Erişim Tarihi: 01.09.2012
- [91] V. Müjdat Tiryaki, Y. Sait Türkan, “Bir Türk İnşaat Firmasının Uluslararası Pazarda Çalışabileceği En Uygun Ülkenin Analitik Hiyerarşi Ve Yapay Sinir Ağları Yöntemleriyle Belirlenmesi”, Journal of Engineering and Natural Sciences, 2005

[92] <http://www.perceptualedge.com/> Erişim Tarihi: 14.07.2012.

[93] <http://www.zelazny.com/> Erişim Tarihi: 14.07.2012.

[94] <http://www.edwardtufte.com/tufte/> Erişim Tarihi: 14.07.2012.

## EKLER

### *Ek A – YAPI YAKLAŞIK BİRİM M<sup>2</sup> MALİYET DEĞERLERİ*

#### MİMARLIK VE MÜHENDİSLİK HİZMET BEDELLERİNİN HESABINDA KULLANILACAK 2011 YILI YAPI YAKLAŞIK BİRİM MALİYETLERİ HAKKINDA TEBLİĞ

16/7/1985 tarihli ve 85/9707 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile yürürlüğe giren “Mimarlık ve Mühendislik Hizmetleri Şartnamesi”nin 3.2 maddesi gereğince mimarlık ve mühendislik hizmet bedellerinin hesabında kullanılacak 2011 yılı Yapı Yaklaşık Birim Maliyetleri, yapının mimarlık hizmetlerine esas olan sınıfı dikkate alınarak inşaat genel giderleri ile yüklenici kârı dahil belirlenerek aşağıda gösterilmiştir.

<u>YAPININ MİMARLIK HİZMETLERİNE ESAS OLAN SINIFI</u>	<u>Yapının Birim Maliyeti (BM) TL/M<sup>2</sup></u>
<b>I. SINIF YAPILAR</b>	
<b>A GRUBU YAPILAR</b>	<b>80,00</b>
. 3 m yüksekliğe kadar kagir ve betonarme istinat ve bahçe duvarları	
. Basit kümes ve basit tarım yapıları	
. Plastik örtülü seralar	
. Mevcut yapılar arası bağlantı- geçiş yolları	
. Baraka veya geçici kullanımı olan küçük yapılar	
. Yardımcı yapılar (Müştemilat)	
. Gölgelekler-çardaklar	
. Üstü kapalı yanları açık teneffüs, oyun gösteri alanları	
. ve bu gruptakilere benzer yapılar.	
<b>B GRUBU YAPILAR</b>	<b>137,00</b>
. Cam örtülü seralar	
. Basit padok, büyük ve küçük baş hayvan ağılları	
. Su depoları	
. İş yeri depoları	
. ve bu gruptakilere benzer yapılar.	
<b>II. SINIF YAPILAR</b>	
<b>A GRUBU YAPILAR</b>	<b>216,00</b>
. Kuleler, ayaklı su depoları	
. Palplanj ve ankrajlı perde ve istinat duvarları	
. Kayıkhaneye	
. ve bu gruptakilere benzer yapılar.	
<b>B GRUBU YAPILAR</b>	<b>297,00</b>
. Pnömatik ve şişirme yapılar	
. Tek katlı ofisler, dükkan ve basit atölyeler	
. Semt sahaları, küçük semt parkları, çocuk oyun alanları ve müştemilatları	
. Tarımsal endüstri yapıları (Tek katlı, prefabrik beton ve çelik depo	
ve atölyeler, tesisat ağırlıklı ağıllar, fidan yetiştirme ve bekletme tesisleri)	
. Yat bakım ve onarım atölyeleri, çekek yerleri	
. Jeoloji, botanik ve tema parkları	
. Mezbahalar	
. ve bu gruptakilere benzer yapılar.	
<b>C GRUBU YAPILAR</b>	<b>343,00</b>
. Hangar yapıları (Uçak bakım ve onarım amaçlı)	
. Sanayi yapıları (Tek katlı, bodrum ve asma katı da olabilen prefabrik	
beton ve çelik yapılar)	
. ve bu gruptakilere benzer yapılar.	
<b>III. SINIF YAPILAR</b>	
<b>A GRUBU YAPILAR</b>	<b>482,00</b>
. Okul ve mahalle spor tesisleri (Temel eğitim okullarının veya işletme	

- ve tesislerin spor salonları, jimnastik salonları, semt salonları)
- . Katlı garajlar
- . Hobi ve oyun salonları
- . Ticari bürolar (üç kata kadar -üç kat dahil- asansörsüz ve kalorifersiz)
- . Alışveriş merkezleri (semt pazarları, küçük ve büyük hal binaları, marketler. v.b)
- . Basımevleri, matbaalar
- . Soğuk hava depoları
- . Konutlar (dört kata kadar- dört kat dahil - asansörsüz ve kalorifersiz)
- . Akaryakıt ve gaz istasyonları
- . Kampingler
- . Küçük sanayi tesisleri (Donanımlı atölyeler, imalathane, dökümhane)
- . Semt postaneleri
- . Kreş-Gündüz bakımevleri
- . ve bu gruptakilere benzer yapılar.

#### **B GRUBU YAPILAR**

**565,00**

- . Entegre tarımsal endüstri yapıları
- . İdari binalar (ilçe tipi hükümet konakları, vergi daireleri)
- . Gençlik Merkezleri
- . Belediyeler ve çeşitli amaçlı kamu binaları
- . Lokanta, kafeterya ve yemekhaneler
- . Temel eğitim okulları
- . Küçük kitaplık ve benzeri kültür tesisleri
- . Jandarma ve emniyet karakol binaları
- . Sağlık ocakları, kamu sağlık dispanserleri, sağlık evleri
- . Ticari bürolar (Kaloriferli veya asansörlü)
- . Halk evleri
- . Pansiyonlar
- . 150 kişiye kadar cezaevleri
- . Fuarlar
- . Sergi salonları
- . Konutlar (asansörlü ve/veya kaloriferli)
- . Marinalar
- . Gece kulübü, diskotekler
- . İtfaiye kurtarma istasyonları
- . Misafirhaneler
- . Büyük çiftlik yapıları
- . ve bu gruptakilere benzer yapılar.

#### **IV. SINIF YAPILAR**

##### **A GRUBU YAPILAR**

**625,00**

- . Özelliği olan büyük okul yapıları (Spor salonu, konferans salonu ve ek tesisleri olan eğitim yapıları)
- . Poliklinikler
- . Liman binaları
- . Ticari Bürolar (Asansörlü ve kaloriferli)
- . 150 kişiyi geçen cezaevleri
- . Kaplıcalar, şifa evleri vb. termal tesisleri
- . İbadethaneler (Dini yapılar, 1000 kişiye kadar)
- . Entegre sanayi tesisleri
- . Aqua parklar
- . Müstakil spor köyleri (Yüzme havuzları, spor salonları ve stadları bulunan)
- . Yaşlılar Huzurevi, kimsesiz çocuk yuvaları, yetiştirme yurtları
- . Büyük alışveriş merkezleri
- . Yüksek okullar ve eğitim enstitüleri
- . Apartman tipi konutlar (Bina yüksekliği 21.50 m.'yi aşan, asansörlü ve/veya kaloriferli)
- . Oteller (1 ve 2 yıldızlı)
- . ve bu gruptakilere benzer yapılar.

##### **B GRUBU YAPILAR**

**701,00**

. İş Merkezleri	
. Araştırma binaları, laboratuvarlar ve sağlık merkezleri	
. Metro istasyonları	
. Stadyum, spor salonları ve yüzme havuzları	
. Büyük postaneler (merkez postaneleri)	
. Otobüs terminalleri	
. Satış ve sergi binaları (showroomlar)	
. Eğlence amaçlı yapılar (çok amaçlı toplantı, eğlence ve düğün salonları)	
. Banka binaları	
. Normal radyo ve televizyon binaları	
. Özelliği olan genel sığınaklar	
. Özellikli müstakil konutlar (villalar, teras evleri, dağ evleri, kaymakam evi)	
. ve bu gruptakilere benzer yapılar.	
<b>C GRUBU YAPILAR</b>	<b>819,00</b>
. Büyük kütüphaneler ve kültür yapıları	
. Bakanlık binaları	
. Yüksek öğrenim yurtları	
. Arşiv binaları	
. Radyoaktif korumalı depolar	
. Büyük Adliye Sarayları	
. Otel (3 yıldızlı) ve moteller	
. Rehabilitasyon ve tedavi merkezleri	
. İl tipi hükümet konakları ve büyükşehir belediye binaları	
. ve bu gruptakilere benzer yapılar.	
<b>V. SINIF YAPILAR</b>	
<b>A GRUBU YAPILAR</b>	<b>1.035,00</b>
. Radyo-Tv İstasyonları	
. Özelliği olan askeri yapılar ve orduevi	
. Büyükelçilik yapıları, vali konakları ve 600 m <sup>2</sup> üzerindeki özel konutlar	
. Borsa binaları	
. Üniversite kampüsleri	
. Yüksekliği 50,50m'yi aşan yapılar	
. Alışveriş kompleksleri (İçerisinde sinema, tiyatro, sergi salonu, kafe, restoran, market, v.b. bulunan)	
. ve bu gruptakilere benzer yapılar.	
<b>B GRUBU YAPILAR</b>	<b>1.235,00</b>
. Kongre merkezleri	
. Müze, sergi kütüphane kompleksleri	
. Olimpik spor tesisleri – hipodromlar	
. Bilimsel araştırma merkezleri, AR-GE binaları	
. Hastaneler	
. Havaalanları	
. İbadethaneler (Dini yapılar, 1000 kişinin üzerinde)	
. Oteller (4 yıldızlı)	
. ve bu gruptakilere benzer yapılar.	
<b>C GRUBU YAPILAR</b>	<b>1.415,00</b>
. Üst donanımlı kompleks oteller ve tatil köyleri (5 yıldızlı)	
. Büyük radyo ve televizyon binaları	
. ve bu gruptakilere benzer yapılar.	
<b>D GRUBU YAPILAR</b>	<b>1.710,00</b>
. Opera, tiyatro bale yapıları, konser salonları ve kompleksleri	
. Restore edilecek yapılar ve tarihi ve eski eser niteliğinde olup, yıkılarak orijinaline uygun olarak yapılan yapılar	
. ve bu gruptakilere benzer yapılar	

## ***Ek B – TÜRKİYE İSTATİSTİK KURUMU ENDEKSLERİ***

### **Bina İnşaatı Maliyet Endeksi Bir Önceki Döneme Göre % 0,91 arttı.**

2005=100 Temel Yıllı Bina İnşaatı Maliyet Endeksi, Ekim–Kasım–Aralık aylarını kapsayan 2011 yılı dördüncü döneminde, toplamda bir önceki döneme göre %0,91, bir önceki yılın aynı dönemine göre %13,79 ve dört dönem ortalamalara göre %12,41 artış göstermiştir.

2011 yılı dördüncü döneminde bir önceki döneme göre işçilik endeksi %0,46, malzeme endeksi ise %1,04 artmıştır.

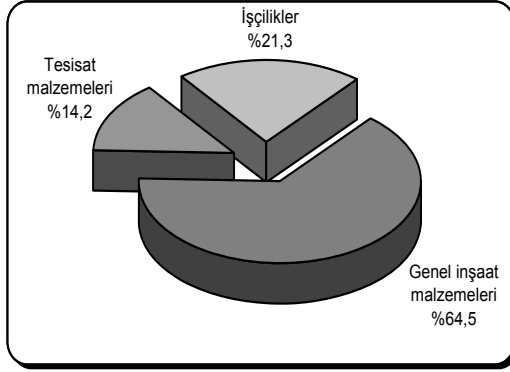
2011 yılı dördüncü döneminde bir önceki yılın aynı dönemine göre işçilik endeksi %6,24, malzeme endeksi ise %16,13 artmıştır.

2010 yılı dördüncü döneminde, toplamda bir önceki döneme göre %1,57, bir önceki yılın aynı dönemine göre %7,52 ve dört dönem ortalamalara göre ise %5,75 artış gerçekleşmişti.

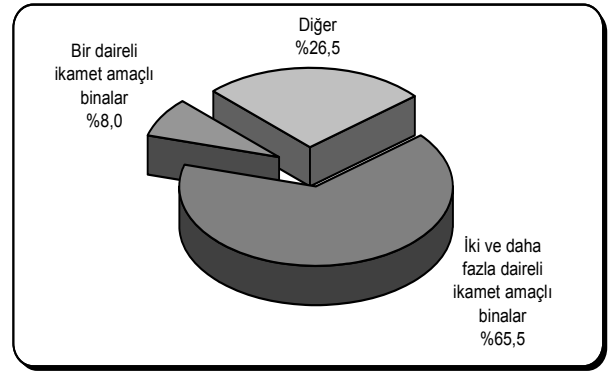
### **2011 ve 2010 yılları dördüncü dönem değişim oranları**

	<b>2011 Yılı IV. Dönem</b>			2010 Yılı IV. Dönem		
	<b>(2005=100)</b>			(2005=100)		
	Toplam	İşçilik	Malzeme	Toplam	İşçilik	Malzeme
Bir önceki döneme göre değişim oranı (%)	<b>0,91</b>	<b>0,46</b>	<b>1,04</b>	1,57	0,42	1,94
Bir önceki yılın aynı dönemine göre değişim oranı (%)	<b>13,79</b>	<b>6,24</b>	<b>16,13</b>	7,52	6,07	7,98

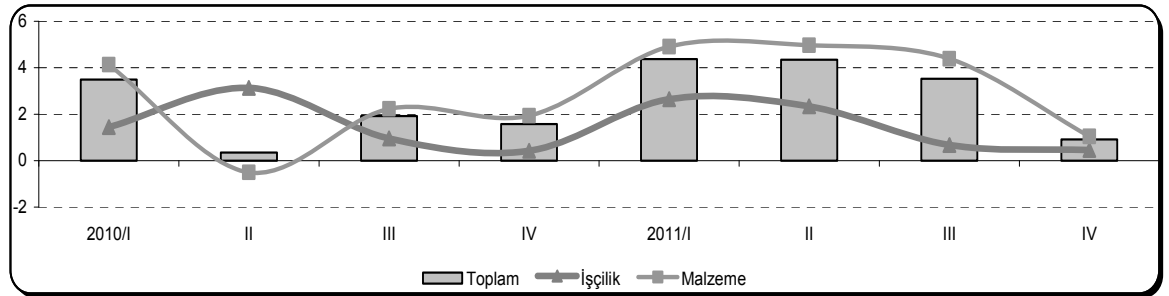
Bina inşaatı maliyet endeksinde girdilerin payları (2005=100)



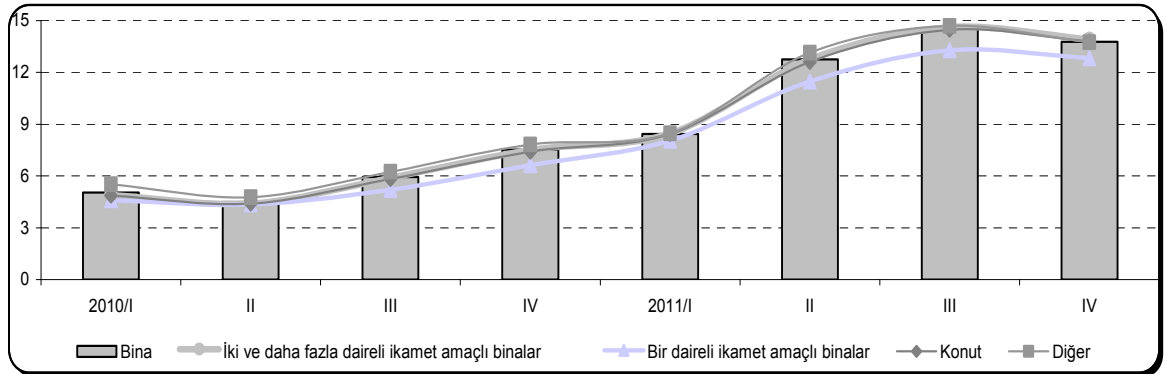
Bina inşaatı maliyet endeksinde kullanım amaçlarının ağırlıkları (2005=100)



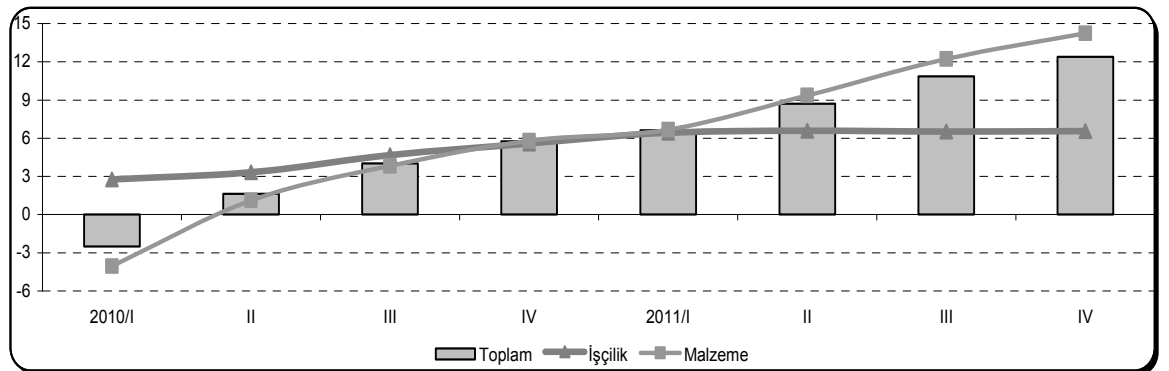
Bina inşaatı maliyet endeksi bir önceki döneme göre % değişimler (2005 = 100)



Bina inşaatı maliyet endeksi bir önceki yılın aynı dönemine göre % değişimler (2005 = 100)



Bina inşaatı maliyet endeksi dört dönem ortalamalara göre % değişimler (2005 = 100)





**BİNA İNŞAATI MALİYET ENDEKSİ DÖRT DÖNEM ORTALAMALARA GÖRE DEĞİŞİM ORANLARI**  
( 15.03.2011-15.12.2011 / 15.03.2010-15.12.2010 )  
( 2005 = 100 )

Kod	Ana grup ve alt gruplar	İki ve daha fazla daireli ikamet amaçlı binalar ( A )	Bir daireli ikamet amaçlı binalar ( E )	Konut ( A + E )	Diğer (Ticari, idari, sıhhi yapılar, okullar)	Bina ( Konut + Diğer )
<b>5</b>	<b>Genel toplam</b>	<b>12,47</b>	<b>11,43</b>	<b>12,36</b>	<b>12,54</b>	<b>12,41</b>
<b>51</b>	<b>İşçilikler toplamı</b>	<b>6,56</b>	<b>6,55</b>	<b>6,56</b>	<b>6,54</b>	<b>6,55</b>
510	İşçilikler	6,56	6,55	6,56	6,54	6,55
5101	İşçilikler	6,56	6,55	6,56	6,54	6,55
<b>53</b>	<b>Malzemeler toplamı</b>	<b>14,33</b>	<b>13,08</b>	<b>14,20</b>	<b>14,36</b>	<b>14,24</b>
<b>530</b>	<b>Genel inşaat malzemeleri</b>	<b>15,44</b>	<b>13,57</b>	<b>15,24</b>	<b>15,18</b>	<b>15,23</b>
5301	Esas inşaat gereçleri	7,52	7,45	7,51	7,44	7,49
5302	Patlayıcı ve yanıcı gereçler	18,73	17,86	18,64	18,92	18,71
5303	Ahşap inşaat gereçleri	13,78	13,54	13,76	13,38	13,66
5304	Madeni gereçler	31,42	30,50	31,32	31,59	31,39
5305	Kaplama gereçleri	6,41	6,52	6,42	6,43	6,42
5306	Boya, cila, izolasyon gereçleri	7,12	7,17	7,13	7,30	7,17
5307	Cam ve benzeri gereçler	3,74	3,72	3,74	3,70	3,73
5308	Diğer inşaat gereçleri	8,41	7,15	8,29	6,00	7,76
5309	Kapı pencere doğ. madeni aksamı	5,79	5,60	5,77	5,87	5,80
<b>531</b>	<b>Tesisat malzemeleri</b>	<b>9,94</b>	<b>10,76</b>	<b>10,03</b>	<b>10,53</b>	<b>10,16</b>
5310	Sıhhi tesisat malzemeleri	4,36	3,97	4,32	4,79	4,45
5311	Kalorifer tesisatı malzemeleri	7,87	6,69	7,74	8,08	7,83
5312	Müşterek tesisat malzemeleri	14,18	14,20	14,18	14,06	14,15
5313	Elektrik tesisatı malzemeleri	15,41	15,56	15,43	14,68	15,23

## EK C – ÖRNEK MARKUP ANALİZ SAYFASI

MARK - UP						
Description / Açıklama						
SATIŞ / PRICE OF OFFER						
	NOT	RATIO	COMMISSION	MONTH	%	TOTAL
<b>TOPLAM MALİYET / TOTAL COST</b>						
<b>KAR / PROFIT</b>		<b>10,00%</b>				
<b>SÜRŞARJLAR / SURCHARGES</b>						
<b>RİSKLER / RISKS</b>						
Riskler / Risks	RATIO	0,00%				
Lokal Ödemeler / Local Payments	RATIO	0,00%				
Komisyon / Commission	RATIO	0,00%				
Kur Riski / Rate of Exchange Difference	RATIO	0,00%				
Öngörülmeyen Giderler / Contingency	RATIO	1,00%				
<b>MUKAVELE MASRAFLARI / CONTRACT</b>						
Damga Pulu / Revenue Stamp	RATIO		0,50%			
Tescil ve Noter / Contact Registration	RATIO		0,50%			
<b>TEMİNAT MEKTUPLARI / BANK GUARANTEE LETTER COMMISSION</b>						
İhale Teminatı / Bid-Bond	0,5% x (4/12) x 2%	0,00%	0,00%			
Performans Teminatı / Performance Bond	2% x (36/12) x 2%	0,00%	0,00%			
Avans Teminatı / Advance Payment	20% x (24/12) x 1,5 %	20,00%	1,50%	26		
Nakli Teminat / Retention Money	5% x (36/12) x 2 %	0,00%	0,00%	30		
<b>HAKEDİŞ KESİNTİSİ / DEDUCTION FROM INVOICES</b>						
Damga Pulu /	RATIO	0,00%				
Stopaj /	RATIO	0,00%				
<b>VERGİLER / TAXES</b>						
Gelir Vergisi / Income Tax	PROFIT * TAX	35,00%				
Cihad Vergisi / Cihad Tax	PROFIT * TAX	0,00%				
<b>SİGORTALAR / INSURANCE</b>						
All Risk	RATIO		0,00%			
Ekipman Sigortaları / Equipment	RATIO		0,00%			
Third Party	RATIO		0,00%			
İşçi Sigortası	RATIO		0,00%			
<b>MALİYET</b>						
<b>1. TOPLAM İMALAT MALİYETİ</b>						
MALZEME						
İŞÇİLİK						
EKİPMAN						
TAŞERON						
NAKLİYE ve GÜMRÜK						
<b>2. ENDİREKT MALİYETLER</b>						
MOBİLİZASYON ve DEMOBİLİZASYON GİDERLERİ						
MAKİNE EKİPMAN						
ŞANTİYE İŞLETME GİDERLERİ						
FINANSAL GİDERLER						
DİĞER GENEL GİDERLER						

## **EK D – PROJE BELİRSİZLİK DEĞERLERİ**

### **İmalat Maliyetlerine İlişkin Belirsizlik Değerleri**

<b>PROJE NO</b>	<b>Ak1</b>	<b>Ak2</b>	<b>Ak3</b>	<b>Ak4</b>	<b>Ak5</b>	<b>Ak</b>
Proje No: 01	1	3	3	2	1	1,63
Proje No: 02	1	2	1	2	2	1,3
Proje No: 03	1	1	1	1	1	1
Proje No: 04	1	2	1	1	2	1,13
Proje No: 05	1	2	1	2	2	1,3
Proje No: 06	1	2	2	2	2	1,45
Proje No: 07	1	2	1	2	2	1,3
Proje No: 08	1	2	1	1	1	1,08
Proje No: 09	1	2	2	2	3	1,5
Proje No: 10	1	2	2	2	2	1,45
Proje No: 11	1	2	1	2	2	1,3
Proje No: 12	1	2	1	2	2	1,3
Proje No: 13	1	2	1	2	2	1,3
Proje No: 14	1	2	1	2	1	1,25
Proje No: 15	1	2	1	2	2	1,3
Proje No: 16	1	2	1	1	1	1,08
Proje No: 17	1	2	3	2	2	1,6
Proje No: 18	1	2	1	2	1	1,25
Proje No: 19	1	2	2	2	3	1,5
Proje No: 20	1	2	1	2	2	1,3
Proje No: 21	1	2	1	1	1	1,08
Proje No: 22	1	2	1	2	2	1,3
Proje No: 23	1	2	1	2	2	1,3
Proje No: 24	1	2	1	2	2	1,3
Proje No: 25	1	2	1	1	1	1,08
Proje No: 26	1	2	1	2	1	1,25
Proje No: 27	1	2	2	2	1	1,4
Proje No: 28	3	2	1	2	2	2,4
Proje No: 29	1	2	1	2	1	1,25
Proje No: 30	1	2	1	2	2	1,3
Proje No: 31	2	2	2	2	3	2,05
Proje No: 32	2	2	2	2	3	2,05
Proje No: 33	3	4	2	2	3	2,76
Proje No: 34	2	2	2	2	3	2,05
Proje No: 35	1	3	1	2	1	1,33
Proje No: 36	1	3	1	2	1	1,33
Proje No: 37	1	3	1	2	1	1,33
Proje No: 38	1	1	1	2	2	1,22
Proje No: 39	1	1	1	2	2	1,22
Proje No: 40	1	1	1	2	2	1,22

PROJE NO	Ak1	Ak2	Ak3	Ak4	Ak5	Ak
Proje No: 41	1	1	1	2	2	1,22
Proje No: 42	1	1	1	2	2	1,22
Proje No: 43	1	1	1	2	2	1,22
Proje No: 44	1	1	1	2	2	1,22
Proje No: 45	1	1	1	2	2	1,22

### Genel Gider Maliyetlerine İlişkin Belirsizlik Değerleri

PROJE NO	Bk1	Bk2	Bk3	Bk4	Bk5	Bk
Proje No: 01	1	1	1	1	1	1,00
Proje No: 02	1	1	2	3	2	1,86
Proje No: 03	1	1	1	4	1	1,13
Proje No: 04	1	1	2	2	2	1,82
Proje No: 05	1	1	2	3	2	1,86
Proje No: 06	1	1	2	3	2	1,86
Proje No: 07	1	1	2	3	2	1,86
Proje No: 08	1	1	2	3	2	1,86
Proje No: 09	2	1	3	4	3	2,76
Proje No: 10	1	1	2	3	2	1,86
Proje No: 11	1	1	2	3	2	1,86
Proje No: 12	1	1	2	3	2	1,86
Proje No: 13	1	1	2	3	2	1,86
Proje No: 14	1	1	2	3	2	1,86
Proje No: 15	1	1	2	3	2	1,86
Proje No: 16	1	1	2	3	2	1,86
Proje No: 17	1	1	2	3	2	1,86
Proje No: 18	1	1	2	3	2	1,86
Proje No: 19	2	1	3	4	3	2,76
Proje No: 20	1	1	2	3	2	1,86
Proje No: 21	1	1	2	3	2	1,86
Proje No: 22	1	1	2	3	2	1,86
Proje No: 23	1	1	2	3	2	1,86
Proje No: 24	1	1	2	3	2	1,86
Proje No: 25	1	1	2	3	2	1,86
Proje No: 26	1	1	2	3	2	1,86
Proje No: 27	1	1	2	3	2	1,86
Proje No: 28	1	1	2	3	2	1,86
Proje No: 29	1	1	2	3	2	1,86
Proje No: 30	1	1	2	3	2	1,86
Proje No: 31	2	2	2	2	3	2,16
Proje No: 32	1	1	2	2	3	1,97
Proje No: 33	1	1	3	2	3	2,58
Proje No: 34	1	2	1	3	3	1,50
Proje No: 35	2	3	3	2	1	2,56
Proje No: 36	1	1	1	1	5	1,63

PROJE NO	Bk1	Bk2	Bk3	Bk4	Bk5	Bk
Proje No: 37	1	1	1	2	1	1,05
Proje No: 38	2	2	1	2	2	1,39
Proje No: 39	1	2	2	2	2	1,91
Proje No: 40	1	2	2	2	2	1,91
Proje No: 41	1	2	2	2	2	1,91
Proje No: 42	1	2	2	2	2	1,91
Proje No: 43	1	2	2	2	2	1,91
Proje No: 44	1	2	2	2	2	1,91
Proje No: 45	1	2	2	2	2	1,91

### Risk Maliyetlerine İlişkin Belirsizlik Değerleri

PROJE NO	Ck1	Ck2	Ck3	Ck4	Ck5	Ck
Proje No: 01	1	1	1	2	1	1,20
Proje No: 02	2	1	2	3	3	2,20
Proje No: 03	1	1	3	1	1	1,40
Proje No: 04	1	1	2	3	2	1,80
Proje No: 05	2	1	2	2	3	2,00
Proje No: 06	2	1	2	2	1	1,60
Proje No: 07	2	1	2	2	3	2,00
Proje No: 08	2	1	2	2	3	2,00
Proje No: 09	2	1	2	2	1	1,60
Proje No: 10	2	1	2	2	3	2,00
Proje No: 11	2	1	2	2	3	2,00
Proje No: 12	2	1	2	2	3	2,00
Proje No: 13	2	1	2	2	3	2,00
Proje No: 14	2	1	2	2	3	2,00
Proje No: 15	2	1	2	2	3	2,00
Proje No: 16	2	1	2	2	3	2,00
Proje No: 17	2	1	2	2	3	2,00
Proje No: 18	2	4	2	2	3	2,60
Proje No: 19	2	4	2	2	1	2,20
Proje No: 20	2	1	2	2	3	2,00
Proje No: 21	2	1	2	2	3	2,00
Proje No: 22	2	1	2	2	3	2,00
Proje No: 23	2	1	2	2	3	2,00
Proje No: 24	2	1	2	2	3	2,00
Proje No: 25	2	1	2	2	3	2,00
Proje No: 26	2	1	2	2	3	2,00
Proje No: 27	2	1	2	2	3	2,00
Proje No: 28	2	1	2	3	3	2,20
Proje No: 29	2	1	2	2	3	2,00
Proje No: 30	2	1	2	2	3	2,00

<b>PROJE NO</b>	<b>Ck1</b>	<b>Ck2</b>	<b>Ck3</b>	<b>Ck4</b>	<b>Ck5</b>	<b>Ck</b>
Proje No: 32	3	1	3	2	2	<b>2,20</b>
Proje No: 33	3	1	3	2	2	<b>2,20</b>
Proje No: 34	3	1	3	2	2	<b>2,20</b>
Proje No: 35	1	3	1	3	1	<b>1,80</b>
Proje No: 36	1	1	1	2	1	<b>1,20</b>
Proje No: 37	1	1	1	1	1	<b>1,00</b>
Proje No: 38	1	1	1	3	1	<b>1,40</b>
Proje No: 39	2	2	2	4	2	<b>2,40</b>
Proje No: 40	2	1	2	2	2	<b>1,80</b>
Proje No: 41	2	1	2	2	2	<b>1,80</b>
Proje No: 42	2	1	2	2	2	<b>1,80</b>
Proje No: 43	2	1	2	2	2	<b>1,80</b>
Proje No: 44	2	1	2	2	2	<b>1,80</b>
Proje No: 45	2	3	2	2	2	<b>2,20</b>

## **EK E – RPOJE RİSKLERİ KIRILIM YAPISI**

### **1. Ülke Riski**

### **2. Lokasyon (saha) riski**

### **3. Müteahhit Kontrat riski**

### **4. Proje Uygulama Riski**

### **5. Finansal Risk**

### **1. Ülke Riski**

1.1 Yerel malzeme satınalma imkanları

1.2 İklim/hava koşulları

1.3 Politik çevre/durum

1.4 Sosyal yapı

1.5 Ekonomik yapı

1.6 Vergi

1.7 Gümrük ve tarifeler

1.8 İlgili hukuk ve pazar durumu

1.9 Tedarikçiler

1.10 Diğer

### **2. Lokasyon (saha) riski**

2.1 Jeoloji/zemin koşulları

2.2 Saha altyapısı

2.3 İnşaat onayı/lisansı

2.4 İşgücü

2.5 Dizayn ve saha koşulları arasındaki uyumsuzluk

2.6 Diğer

### **3. Müteahhit Kontrat riski**

3.1 Kontrata ilişkin risk

3.1.1 Performans garantisi

3.1.2 Belirsiz iş kapsamı

3.1.3 Kontrat sürecinde üzerinde anlaşılamayan konular

3.1.4 Gecikme riski

3.1.5 Kontrat maddeleri arasında uyumsuzluk

3.1.6 Yerel malzeme kullanım şartı

3.1.7 Garanti dönemi

3.1.8 Diğer

### **4. Proje Uygulama Riski**

#### **4.1 Proje entegrasyon/yönetim riski**

4.1.1 Yetersiz koordinasyon

4.1.2 Eski proje tecrübelerinden yetersiz faydalanma

4.1.3 İlgili şirket veya mühendislik ekipleriyle ilişkilerin yürütülememesi

4.1.4 Müşteri ve taşeron ile çalışmanın kooperatif şekilde yürütülememesi

4.1.5 Diğer

#### **4.2 Dizayn riski**

4.2.1 Yanlış teknoloji seçimi

4.2.2 Maliyete uygun dizayn yapılamaması

4.2.3 Dizayn hataları

4.2.4 Diğer

#### **4.3 İş programı riski**

4.3.1 İş programının hatalı hazırlanması (aktivite süreleri, kritik hattın tanımlanamaması)

4.3.2 Dizayn gecikmesi

4.3.3 Satınalma gecikmesi

4.3.4 Üretim gecikmesi

4.3.5 Grev

4.3.6 Diğer

#### **4.4 Maliyet tahmin riski**

4.4.1 Proses/teknik bilginin eksik olması

4.4.2 Kapsam dahilindeki işlerin tahminde eksik bırakılması

4.4.3 Miktarların/maliyetlerin olduğundan az tahmin edilmesi

4.4.4 Dizayn hataları sonucu tekrarlanan işler

4.4.5 Tedarikçilerden aşırı fiyat kırma talebi

4.4.6 Kaynak ve taşeron ihtiyaçlarının eksik tahmin edilmesi

4.4.7 Test ve kesin kabul ihtiyaçlarının eksik tahmin edilmesi

4.4.8 Diğer

#### **4.5 Satınalma/üretim riski**

4.5.1 Malzeme özelliklerinin/üretim prosedürlerinin yanlış belirtilmesi

4.5.2 Yanlış üretici/taşeron seçimi (kalite/hata onarımı)

4.5.3 Yetersiz ön kalite kontrol

4.5.4 Tedarikçi fiyatlarının bütçe dışında olması

4.5.5 Malzeme fiyat değişiklikleri

4.5.6 Diğer

#### **4.6 İnşaat riski**

4.6.1 Hatalı veya verimsiz inşaat yöntemi

4.6.2 Standartların altında verimlilik

4.6.3 Mevcut tesislerle uyum kontrolü

4.6.4 Yöntem/şartname hataları

4.6.5 İş kazaları

4.6.6 Diğer



#### **4.7 Performans/deneme süreci riski**

4.7.1 Deneme sürecinde karşılaşılabilecek problemleri çözememe

4.7.2 Deneme prosesi için yeterli ve yetenekli kaynak eksikliği

4.7.3 Garanti süresince gerekli teknik ve operasyonel tam zamanlı personel

4.7.4 Kesin kabul denemesi

4.7.5 Bina içi kamyon trafiği

4.7.6 Diğer

#### **5. Finansal Risk**

5.1 Kur değişimi riski

5.2 Ani enflasyon veya pazar koşullarında değişim

5.3 Nakit akışı ve kredi problemi

5.4 Finansal kredi faizlerinde değişim

5.5 Hakediş ödeme koşulları

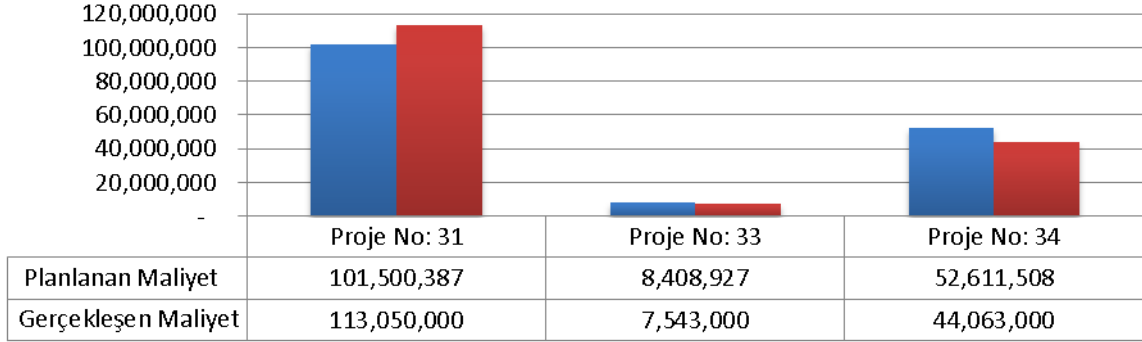
5.6 Müşterinin güvenilirliği

5.7 Ortağın/taşeronun finansal durumu

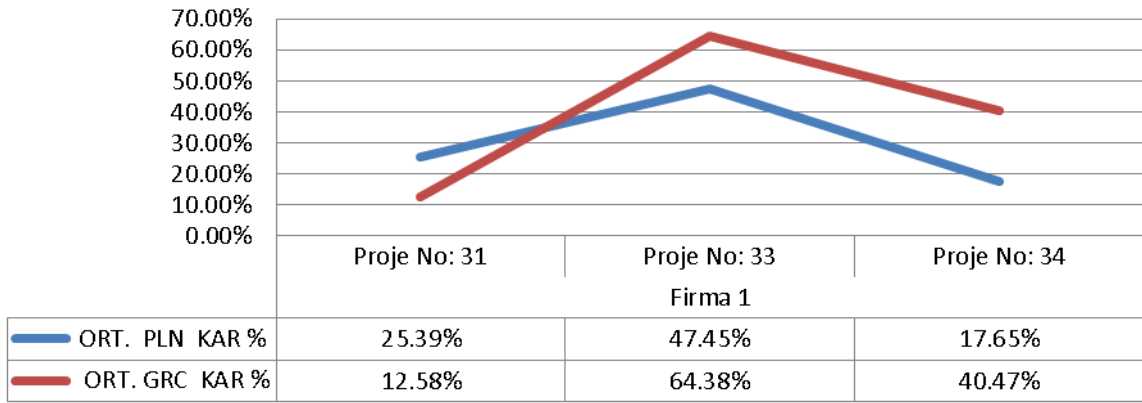
5.8 Diğer

## EK F – FİRMA ve MODEL AYRIMLI VERİ SETİ TABLO ve GRAFİKLER

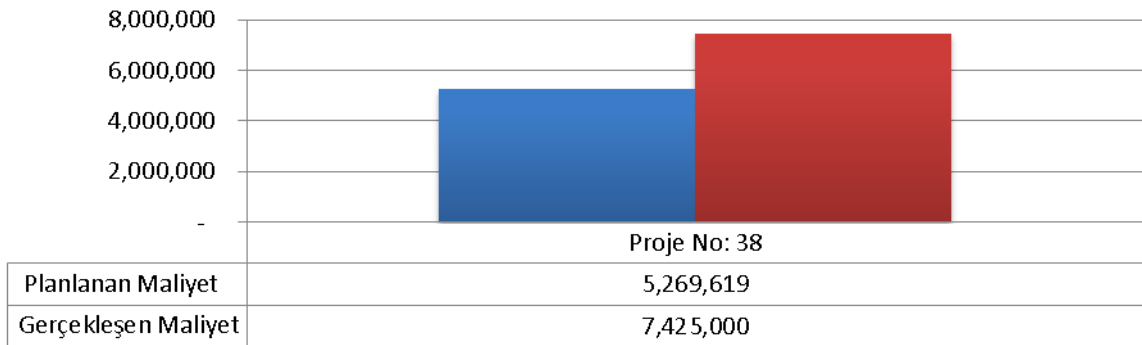
### Firma -1 Planlanan – Gerçekleşen Maliyet Mukayesesi



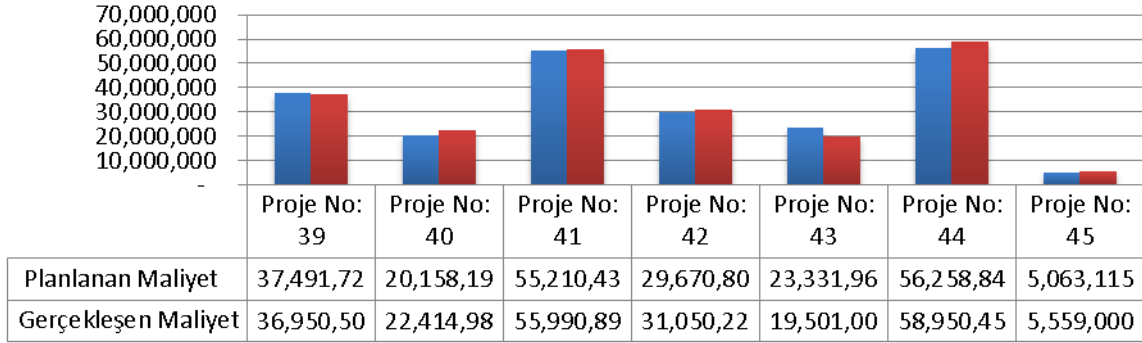
### Firma -1 Planlanan – Gerçekleşen Ortalama Kar Mukayesesi



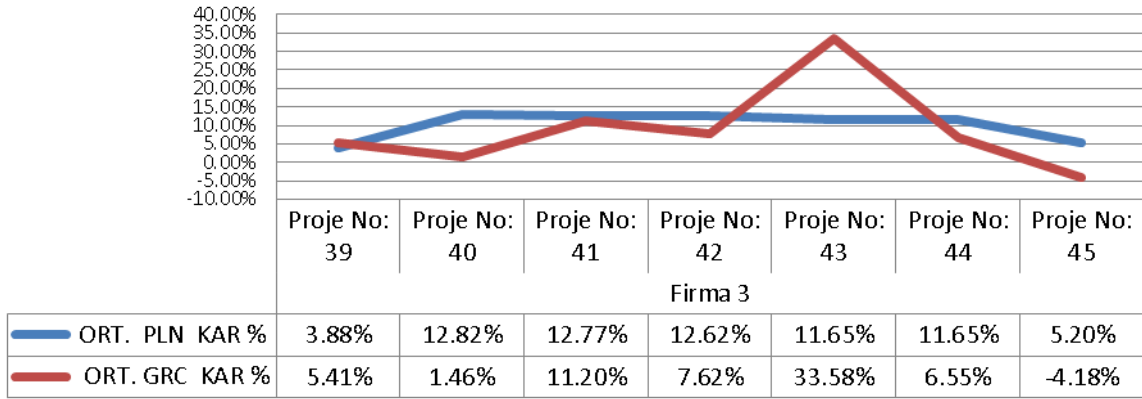
### Firma -2 Planlanan – Gerçekleşen Maliyet Mukayesesi



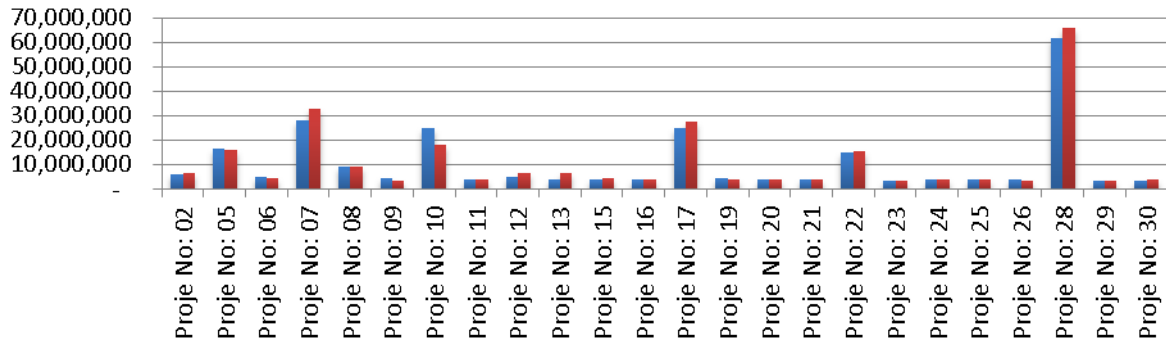
### Firma -3 Planlanan – Gerçekleşen Maliyet Mukayesesi



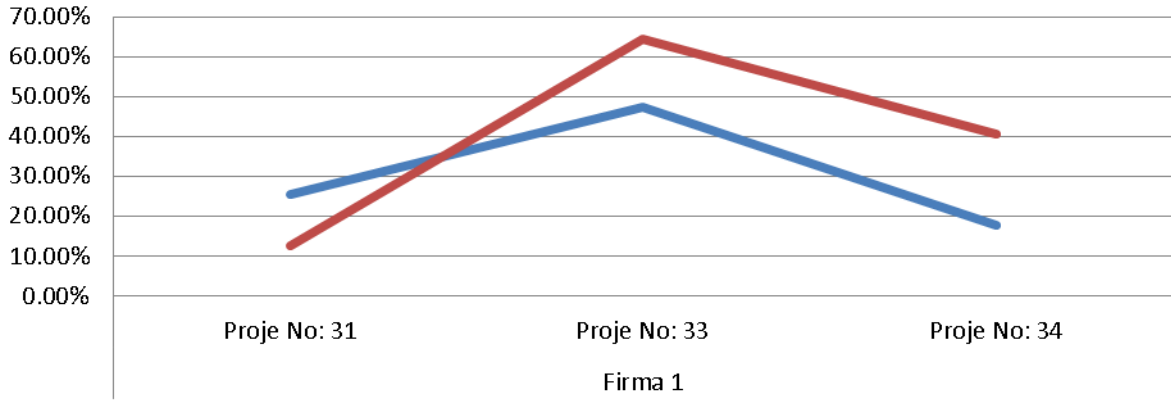
### Firma -3 Planlanan – Gerçekleşen Ortalama Kar Mukayesesi



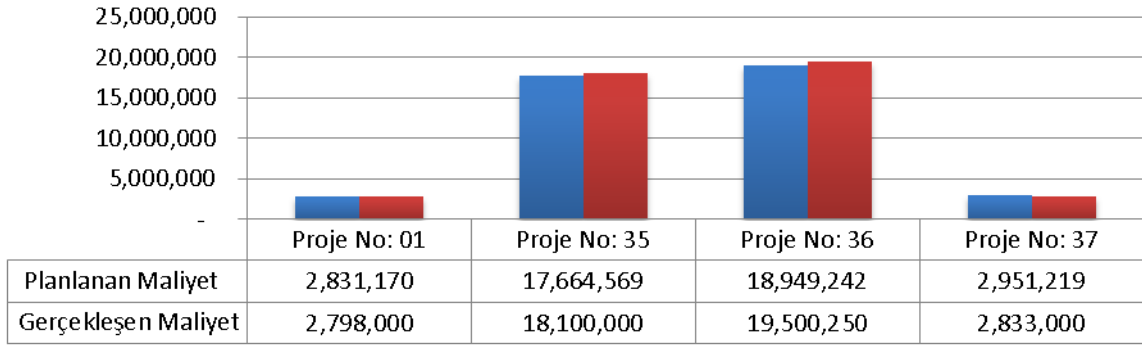
### Firma – 4 Planlanan – Gerçekleşen Maliyet Mukayesesi



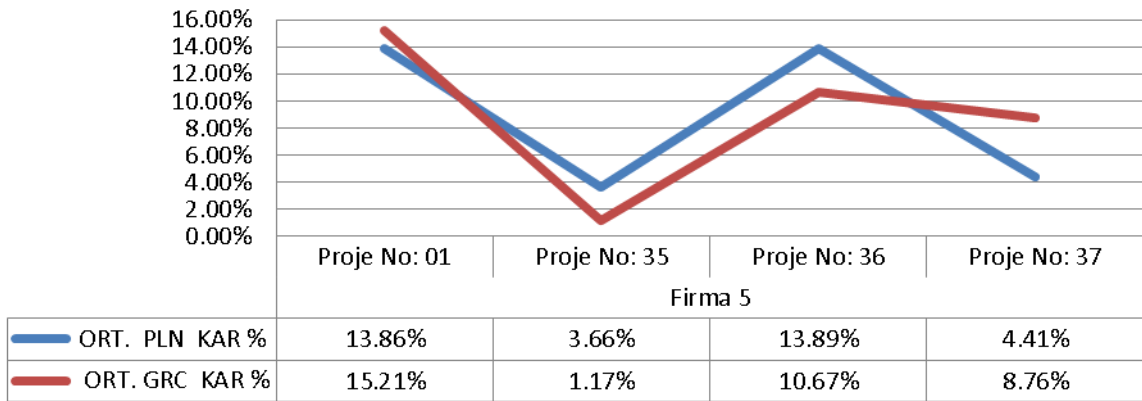
### Firma -4 Planlanan – Gerçekleşen Ortalama Kar Mukayesesi



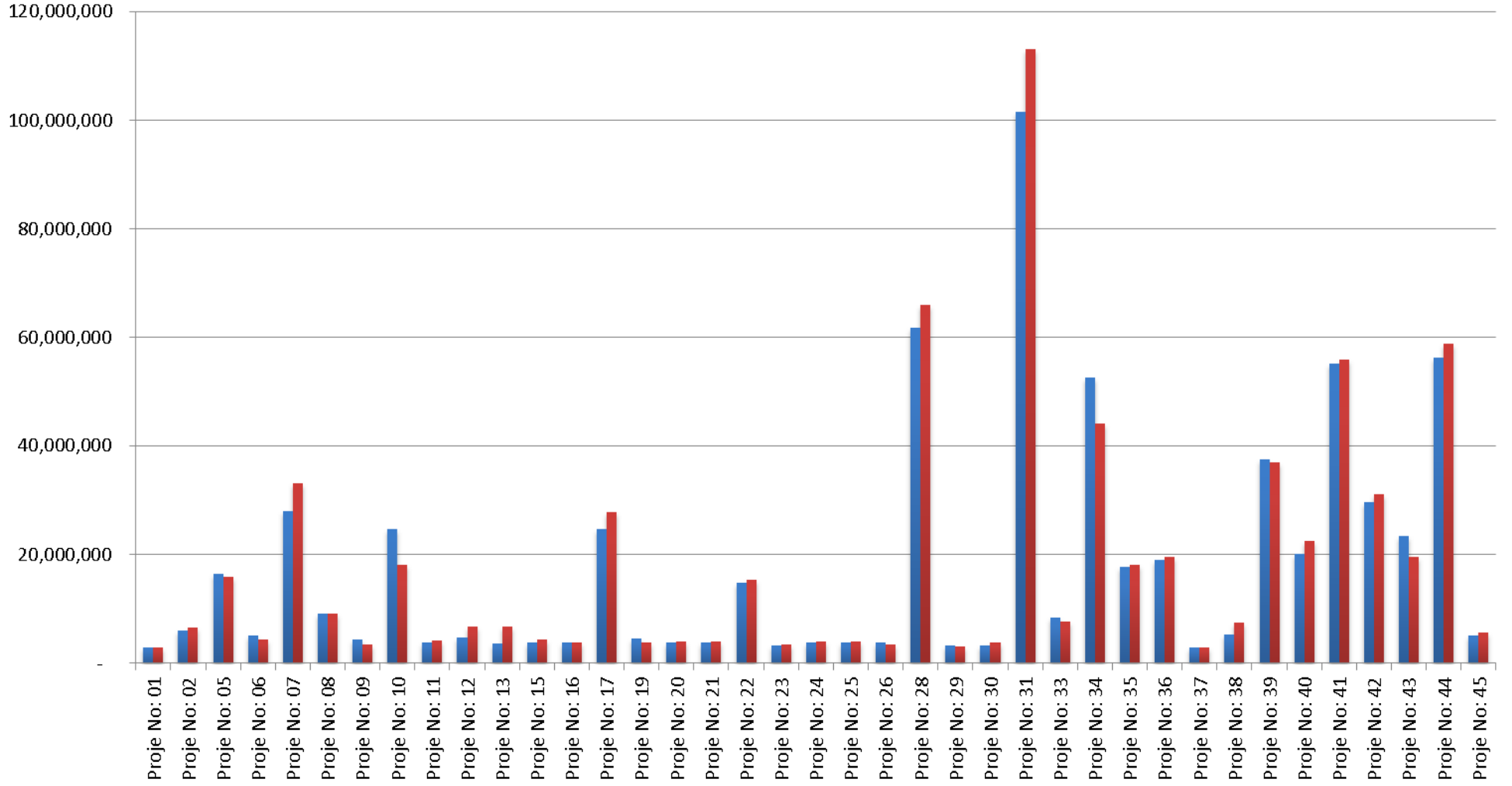
### Firma – 5 Planlanan – Gerçekleşen Maliyet Mukayesesi



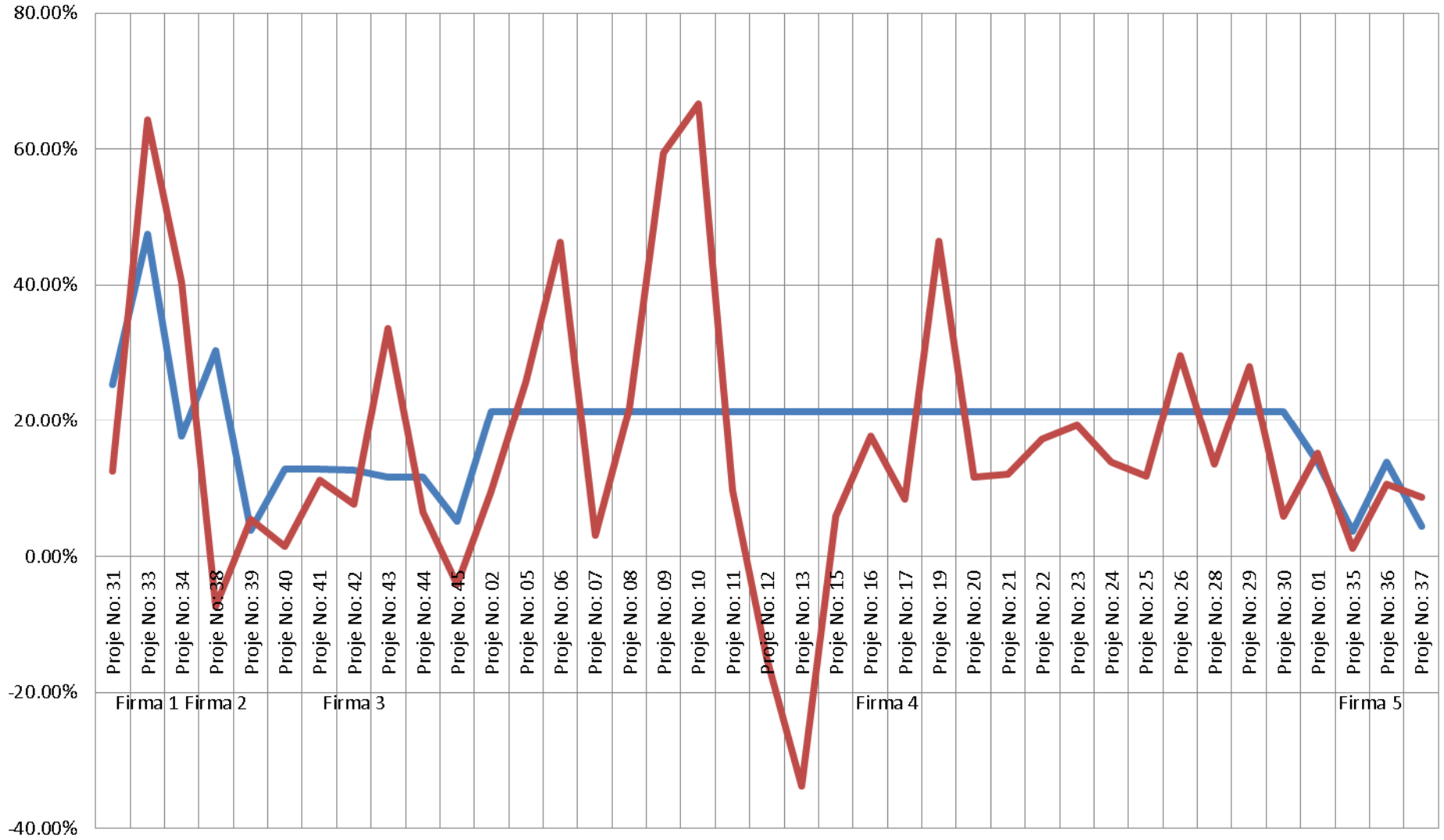
### Firma -5 Planlanan – Gerçekleşen Ortalama Kar Mukayesesi



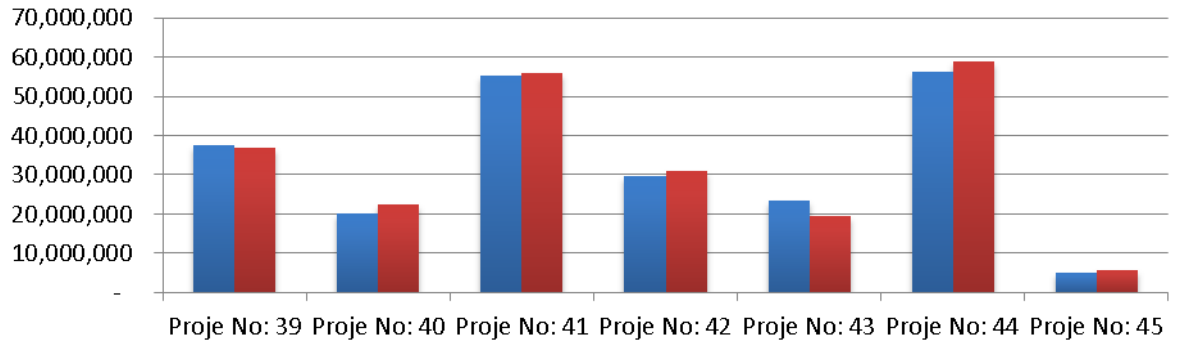
## Tüm Veri Seti Planlanan – Gerçekleşen Maliyet Mukayesesi



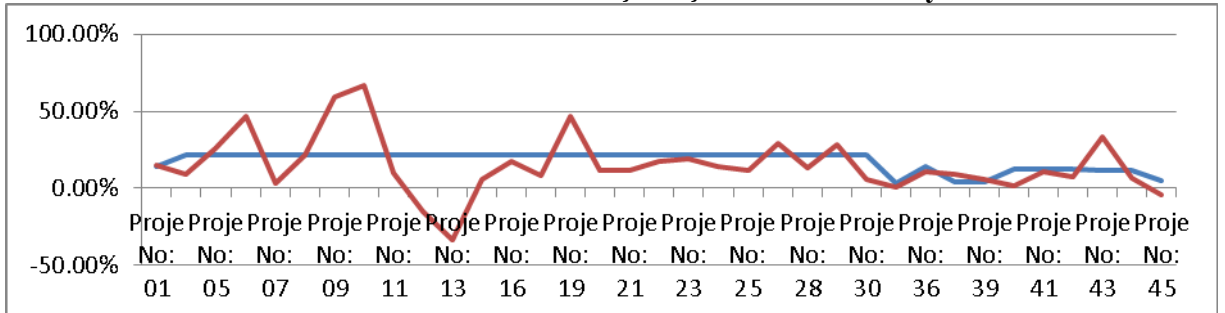
## Tüm Veri Seti Planlanan – Gerçekleşen Ortalama Kar Mukayesesi



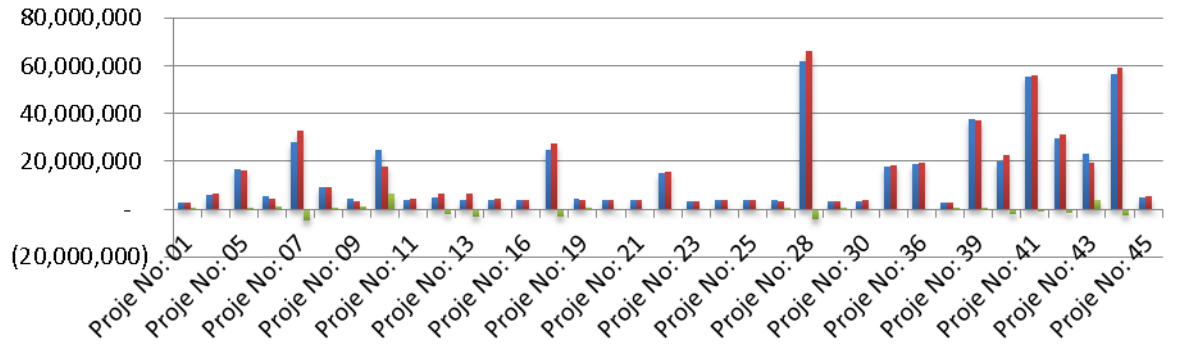
### MODEL – 2 / Firma -3'e ait Planlanan – Gerçekleşen Maliyet Mukayesesi



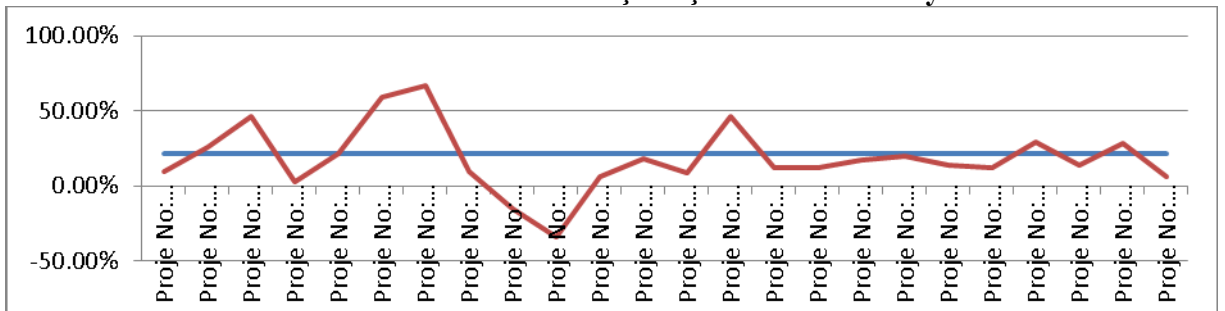
### MODEL – 2 / Firma -3'e ait Planlanan – Gerçekleşen Kar % Mukayesesi



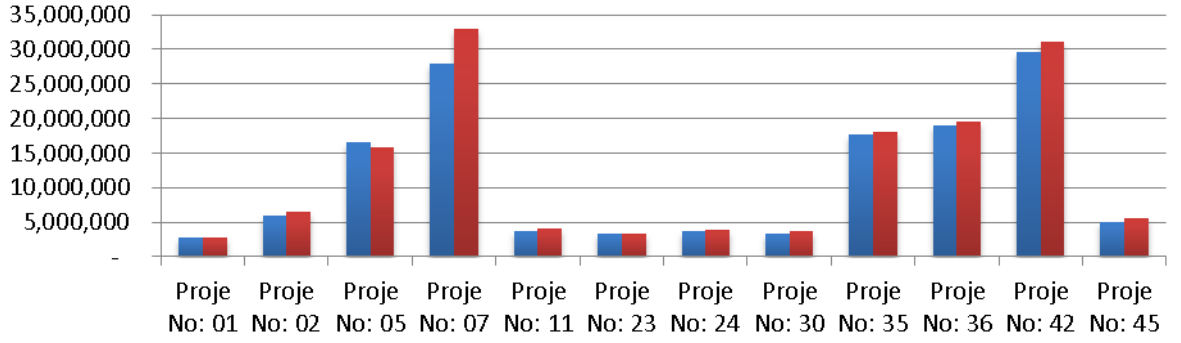
### MODEL – 3 / Firma -4'e ait Planlanan – Gerçekleşen Maliyet Mukayesesi



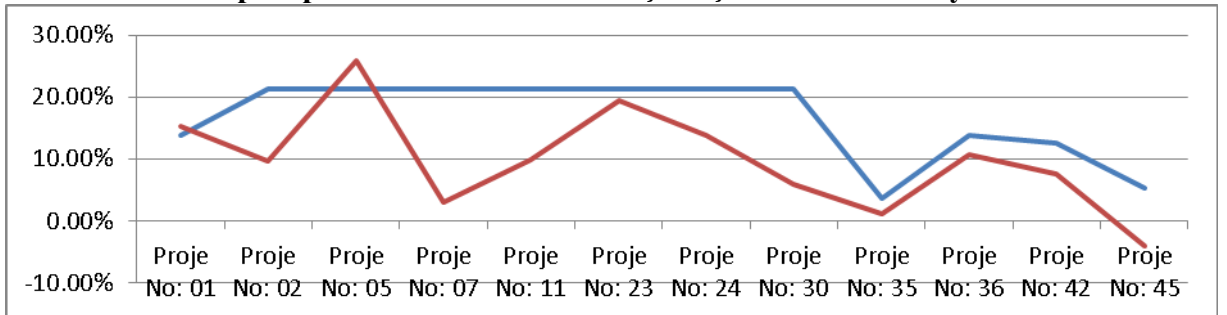
### MODEL – 3 / Firma -4'e ait Planlanan – Gerçekleşen Kar % Mukayesesi



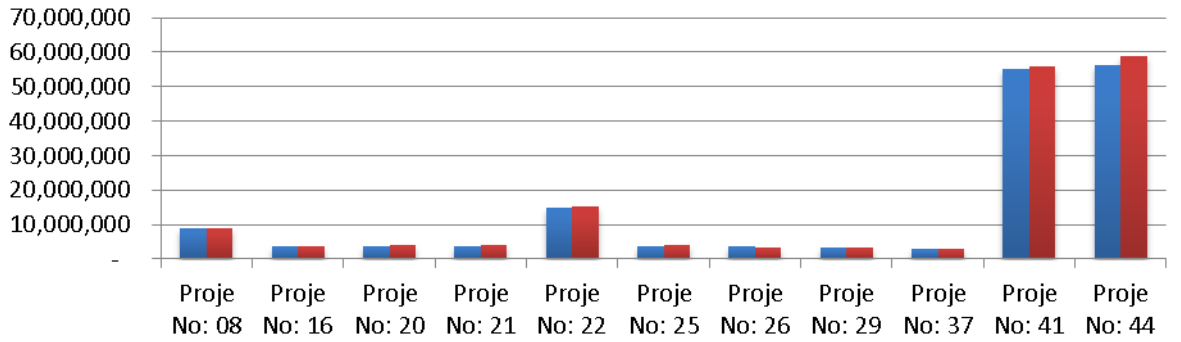
### MODEL – 6 / Yapı Tipi Ofis / Planlanan – Gerçekleşen Maliyet Mukayesesi



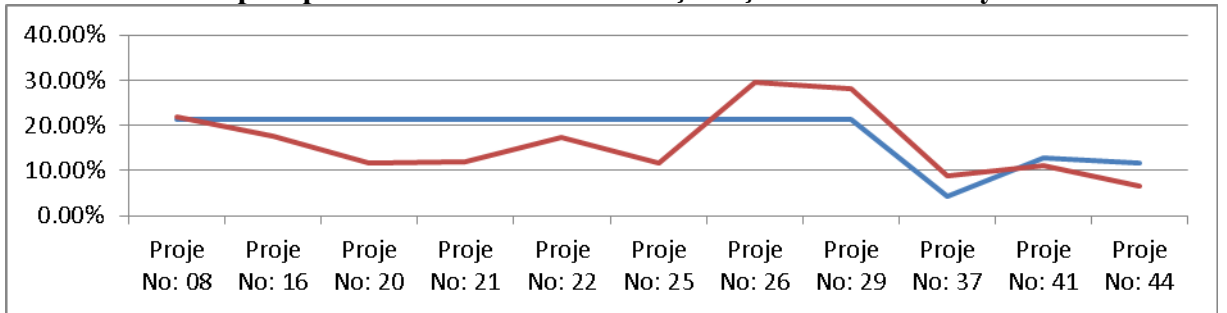
### MODEL – 6 / Yapı Tipi Ofis / Planlanan – Gerçekleşen Kar % Mukayesesi



### MODEL – 7 / Yapı Tipi Konut / Planlanan – Gerçekleşen Maliyet Mukayesesi

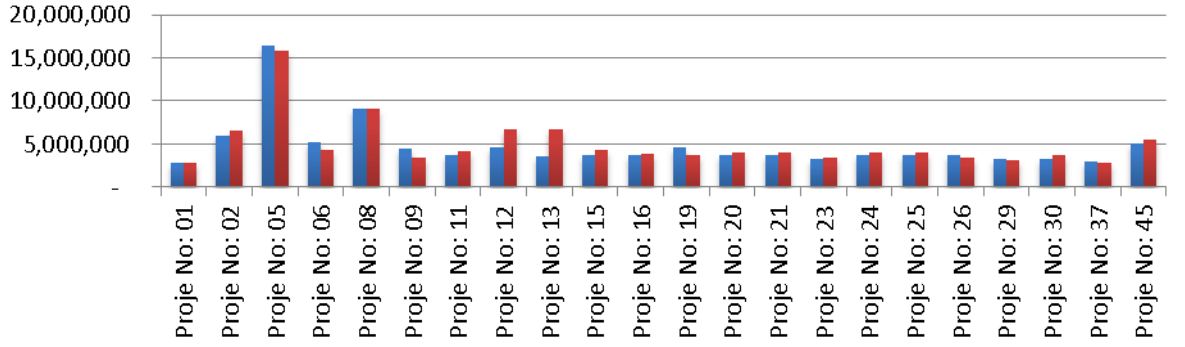


### MODEL – 7 / Yapı Tipi Konut / Planlanan – Gerçekleşen Kar % Mukayesesi

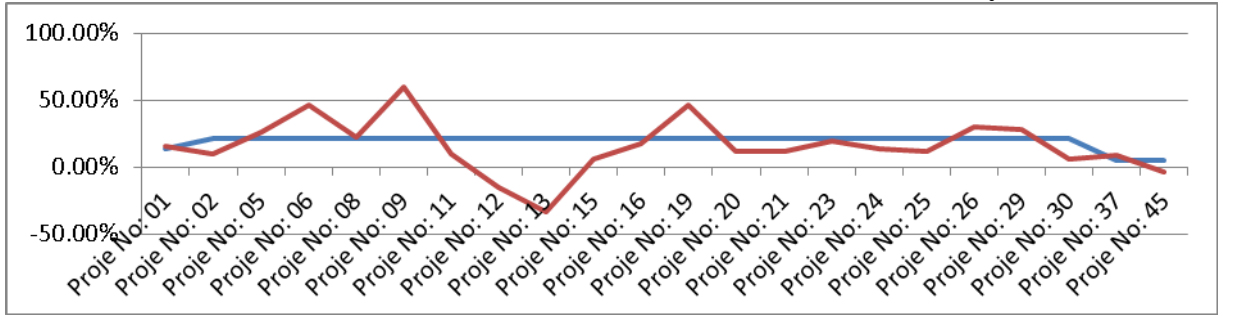




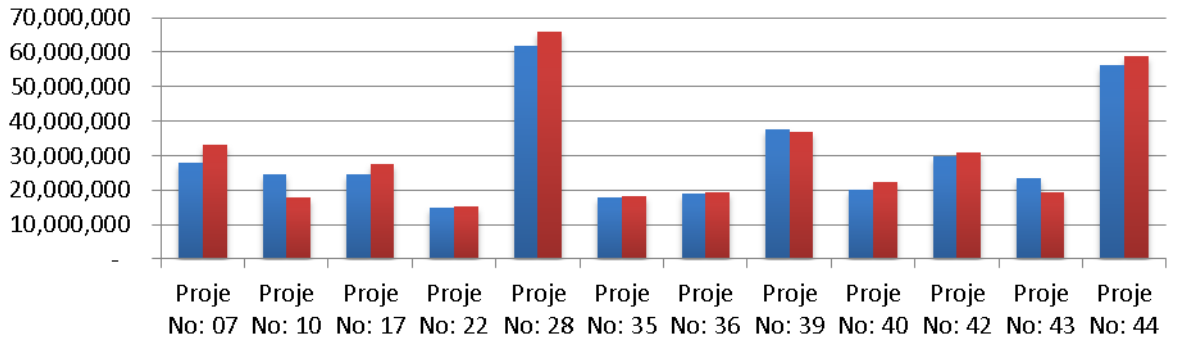
**MODEL – 8 / Bütçe / 0 - 10\*10<sup>6</sup> / Planlanan – Gerçekleşen Maliyet Mukayesesi**



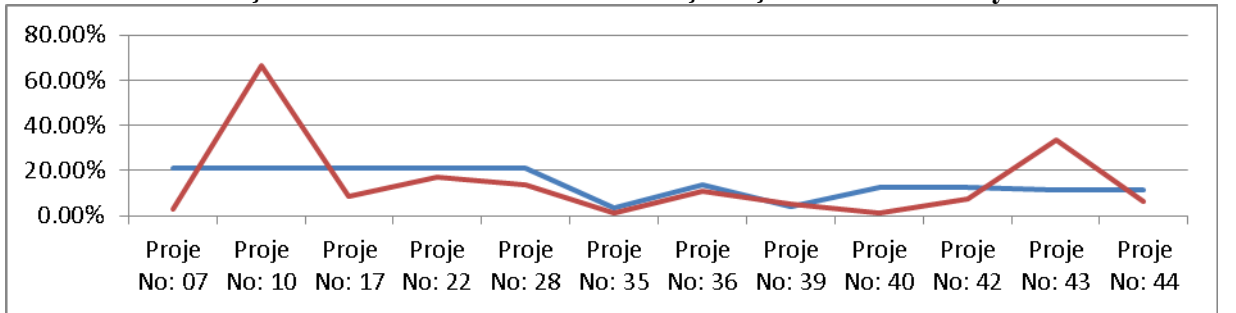
**MODEL – 8 / Bütçe / 0 - 10\*10<sup>6</sup> / Planlanan – Gerçekleşen Kar % Mukayesesi**



**MODEL – 9 / Bütçe / 10\*10<sup>6</sup> - 50\*10<sup>6</sup> / Plan. – Gerçekleşen Maliyet Mukayesesi**



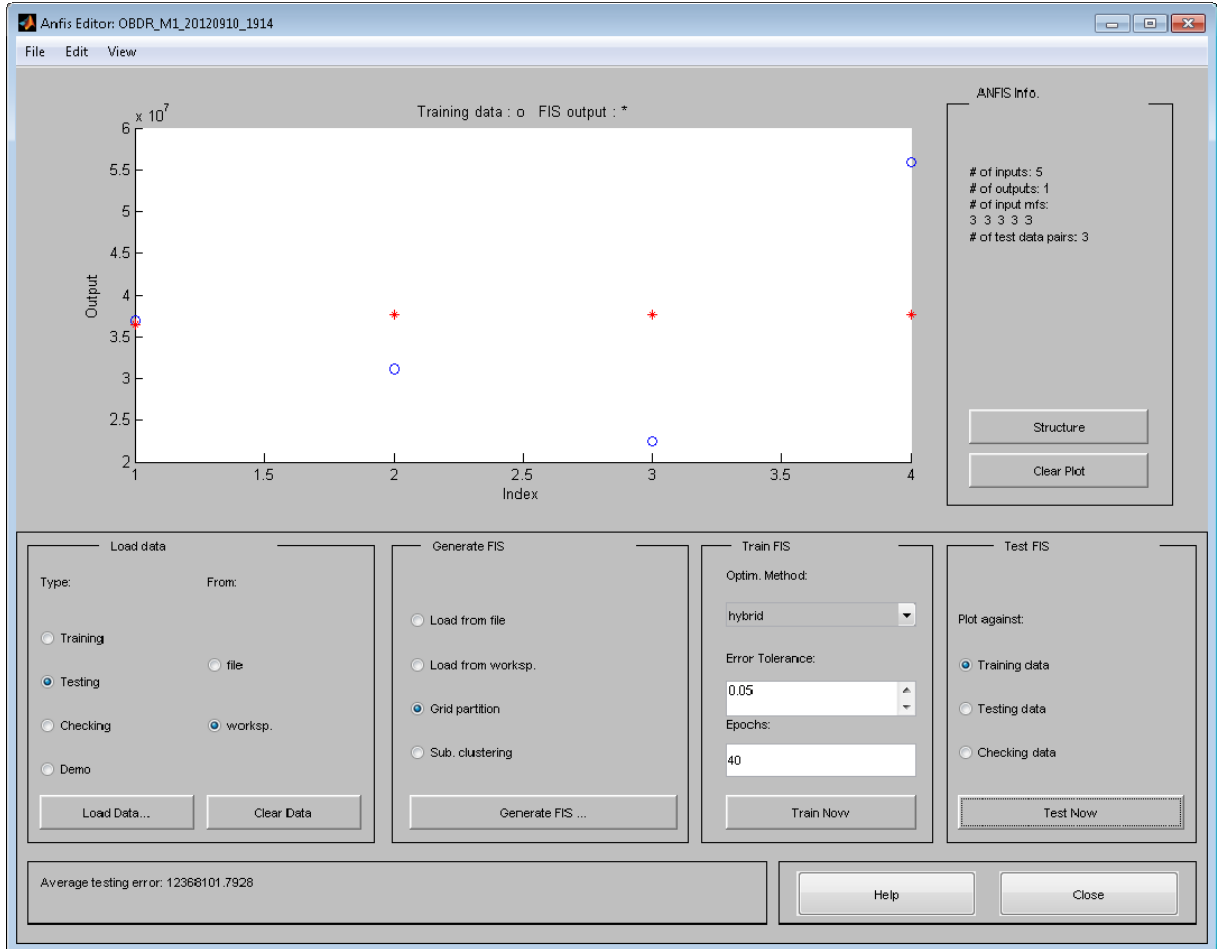
**MODEL – 9 / Bütçe / 10\*10<sup>6</sup> - 50\*10<sup>6</sup> / Plan. – Gerçekleşen Kar % Mukayesesi**

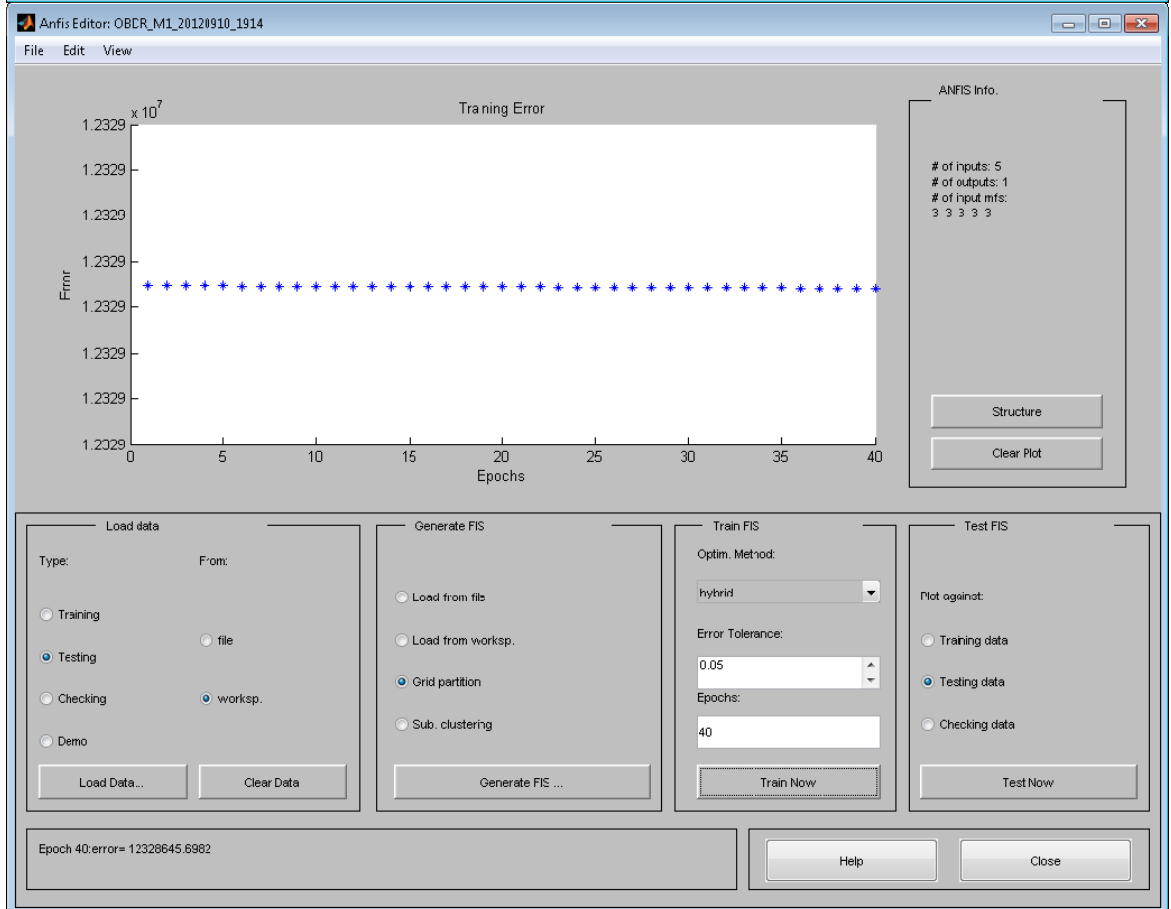
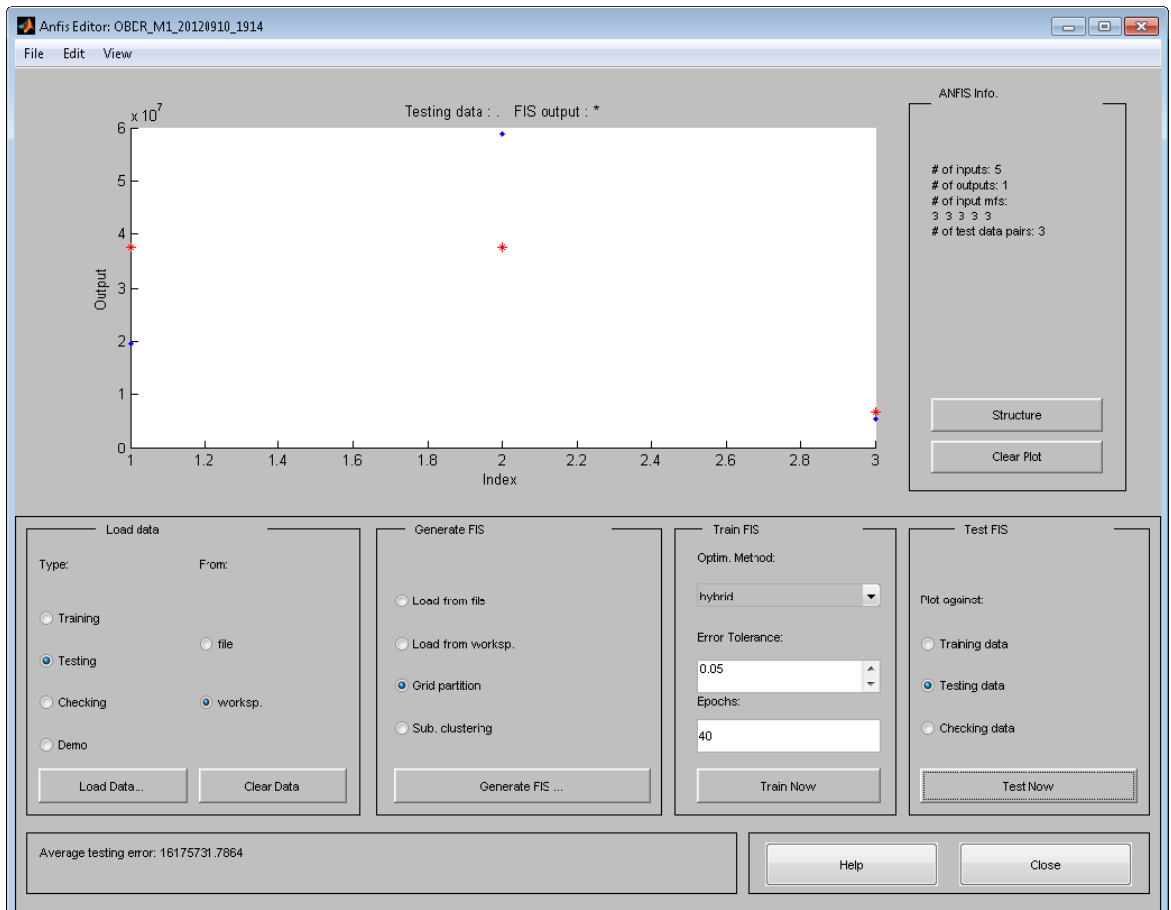


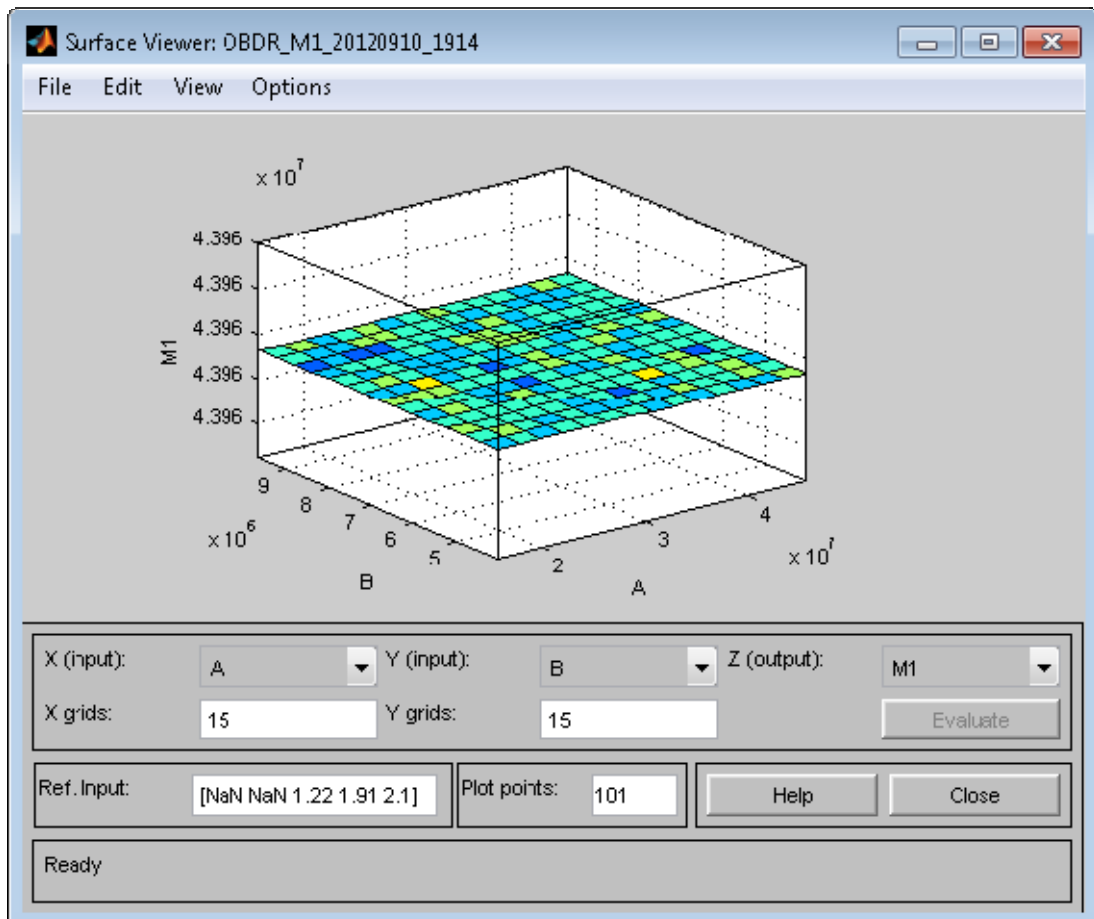
## EK G – MODEL VERİ SETİ VE ÇIKTILARI

### MODEL 2 VERİ SETİ ve ÇIKTILARI

MODEL NO	PROJE NO	EĞİTİM - TEST	A	B	Ak	Bk	Ck	M1
MODEL2-Firma3	Proje No: 39	EĞİTİM	33437443	4054278	1.22	1.91	2.40	36950501
MODEL2-Firma3	Proje No: 42	EĞİTİM	23831425	5839378	1.22	1.91	1.80	31050222
MODEL2-Firma3	Proje No: 40	EĞİTİM	15766004	4392191	1.22	1.91	1.80	22414980
MODEL2-Firma3	Proje No: 41	EĞİTİM	45582474	9627961	1.22	1.91	1.80	55990890
MODEL2-Firma3	Proje No: 43	TEST	17919768	5412197	1.22	1.91	1.80	19501000
MODEL2-Firma3	Proje No: 44	TEST	46350084	9908763	1.22	1.91	1.80	58950450
MODEL2-Firma3	Proje No: 45	TEST	3084531	1978584	1.22	1.91	2.20	5559000

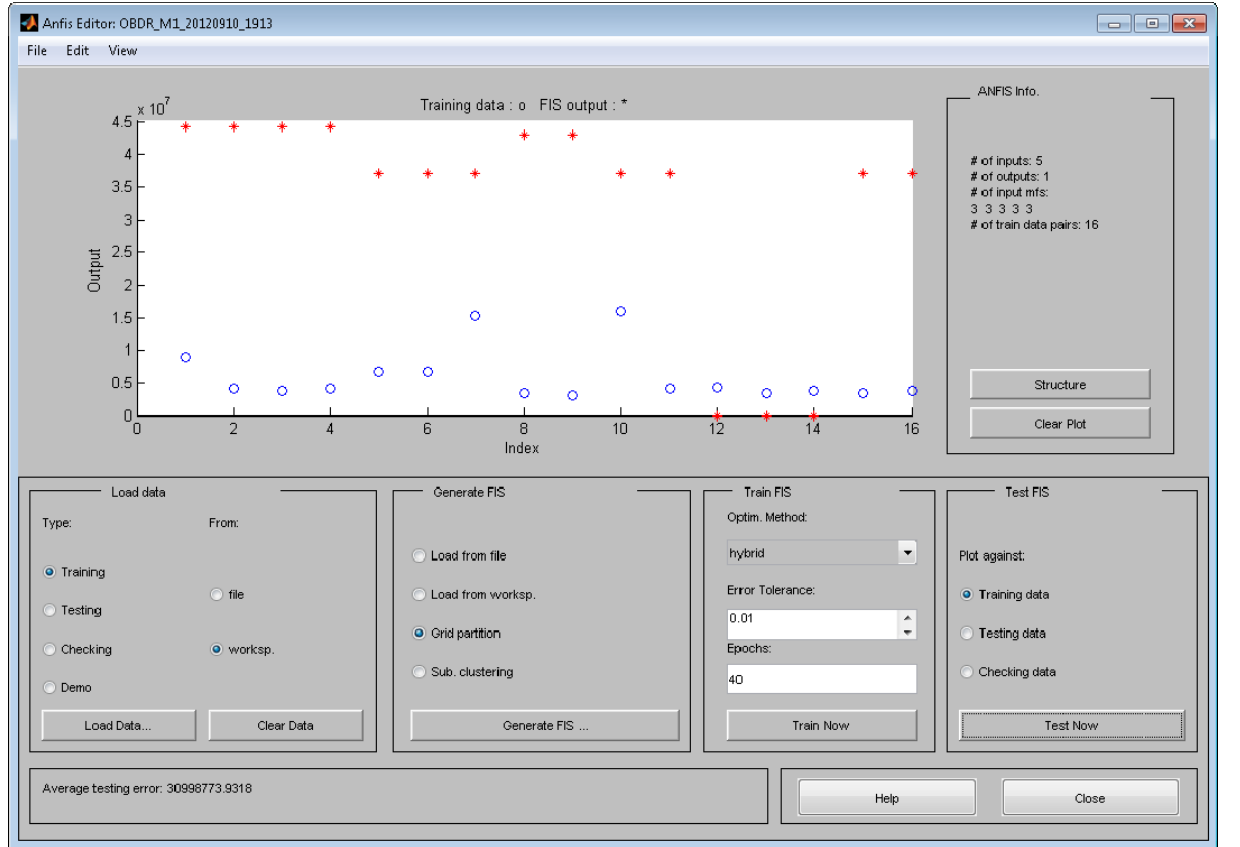


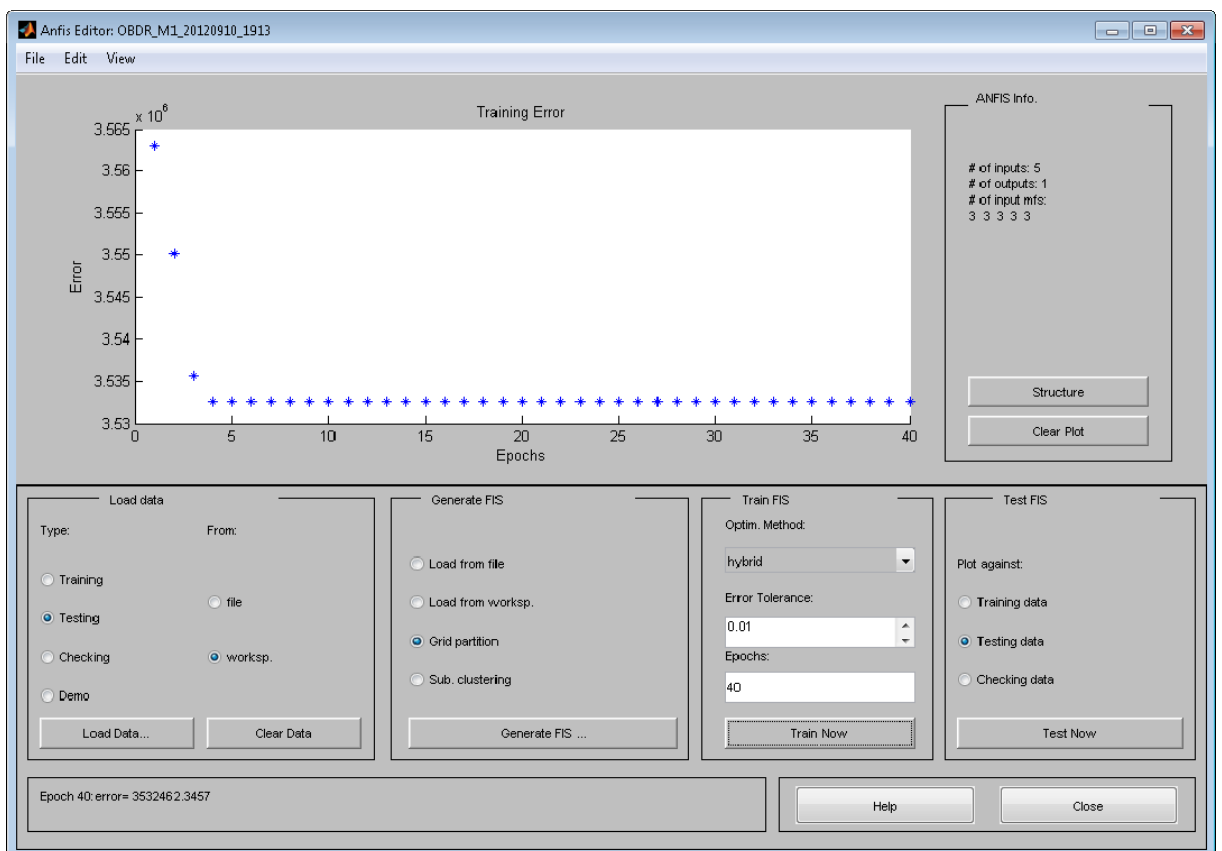
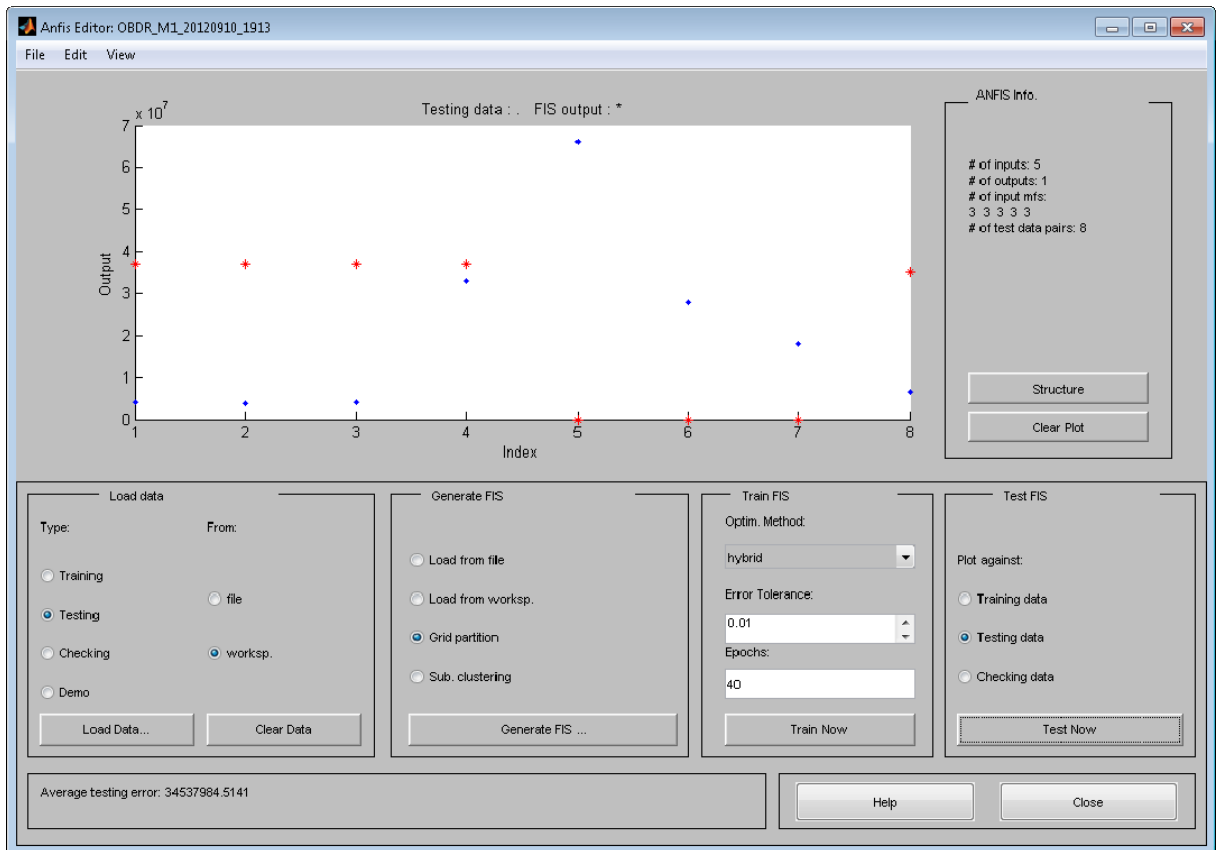


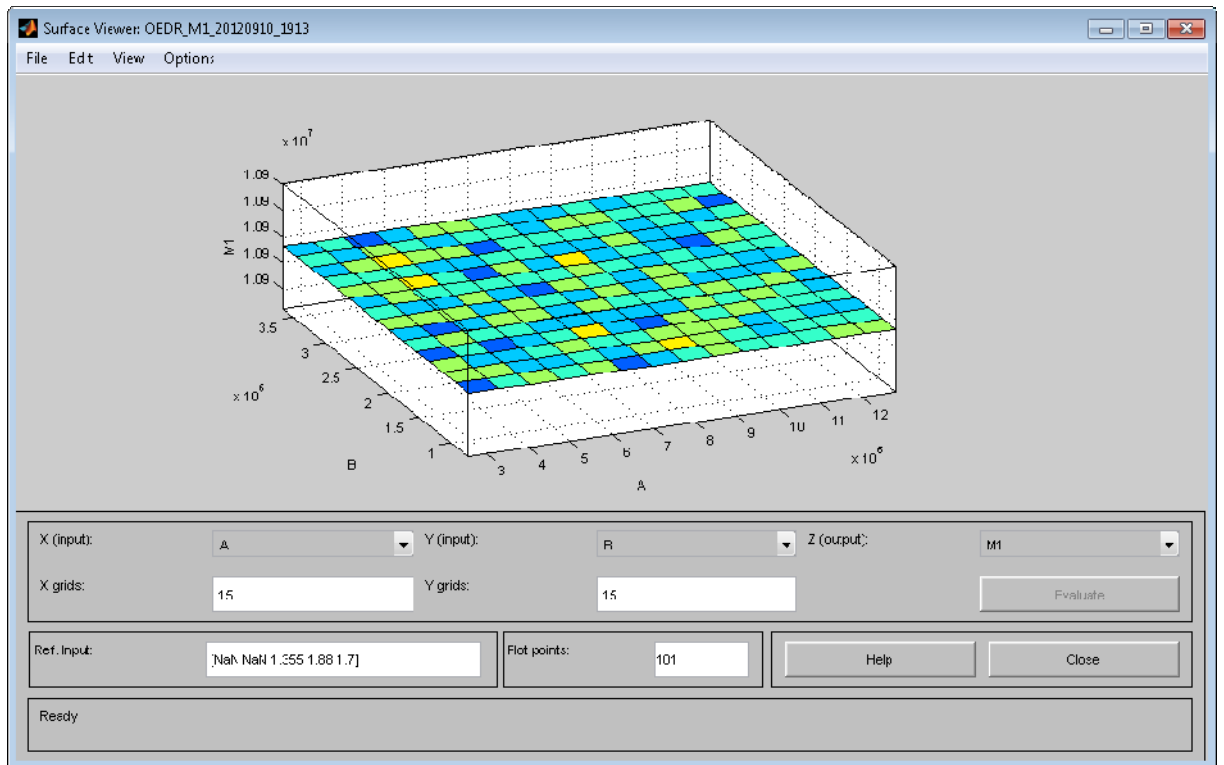


## MODEL 3 VERİ SETİ ve ÇIKTILARI

MODEL NO	PROJE NO	EĞİTİM - TEST	A	B	Ak	Bk	Ck	M1
MODEL3-Firma4	Proje No: 08	EĞİTİM	7040000	2024000	1.08	1.86	2.00	9034450
MODEL3-Firma4	Proje No: 21	EĞİTİM	2880000	828000	1.08	1.86	2.00	4015539
MODEL3-Firma4	Proje No: 16	EĞİTİM	2880000	828000	1.08	1.86	2.00	3822517
MODEL3-Firma4	Proje No: 25	EĞİTİM	2880000	828000	1.08	1.86	2.00	4024954
MODEL3-Firma4	Proje No: 13	EĞİTİM	2816000	809600	1.30	1.86	2.00	6641250
MODEL3-Firma4	Proje No: 12	EĞİTİM	3627570	1042926	1.30	1.86	2.00	6657239
MODEL3-Firma4	Proje No: 22	EĞİTİM	11520000	3312000	1.30	1.86	2.00	15345923
MODEL3-Firma4	Proje No: 26	EĞİTİM	2880000	828000	1.25	1.86	2.00	3472810
MODEL3-Firma4	Proje No: 29	EĞİTİM	2560000	736000	1.25	1.86	2.00	3125222
MODEL3-Firma4	Proje No: 05	EĞİTİM	12800000	3680000	1.30	1.86	2.00	15877370
MODEL3-Firma4	Proje No: 20	EĞİTİM	2880000	828000	1.30	1.86	2.00	4029482
MODEL3-Firma4	Proje No: 06	EĞİTİM	3987103	1146292	1.45	1.86	1.60	4258693
MODEL3-Firma4	Proje No: 09	EĞİTİM	3423001	984113	1.50	2.76	1.60	3354377
MODEL3-Firma4	Proje No: 19	EĞİTİM	3533958	1016013	1.50	2.76	2.20	3771797
MODEL3-Firma4	Proje No: 23	EĞİTİM	2560000	736000	1.30	1.86	2.00	3350516
MODEL3-Firma4	Proje No: 30	EĞİTİM	2560000	736000	1.30	1.86	2.00	3777900
MODEL3-Firma4	Proje No: 11	TEST	2880000	828000	1.30	1.86	2.00	4100000
MODEL3-Firma4	Proje No: 24	TEST	2880000	828000	1.30	1.86	2.00	3950978
MODEL3-Firma4	Proje No: 15	TEST	2880000	828000	1.30	1.86	2.00	4250000
MODEL3-Firma4	Proje No: 07	TEST	21760000	6256000	1.30	1.86	2.00	32990000
MODEL3-Firma4	Proje No: 28	TEST	48000000	13800000	2.40	1.86	2.20	66000000
MODEL3-Firma4	Proje No: 17	TEST	19200000	5520000	1.60	1.86	2.00	27690300
MODEL3-Firma4	Proje No: 10	TEST	19200000	5520000	1.45	1.86	2.00	18000000
MODEL3-Firma4	Proje No: 02	TEST	4592640	1320384	1.30	1.86	2.20	6550900

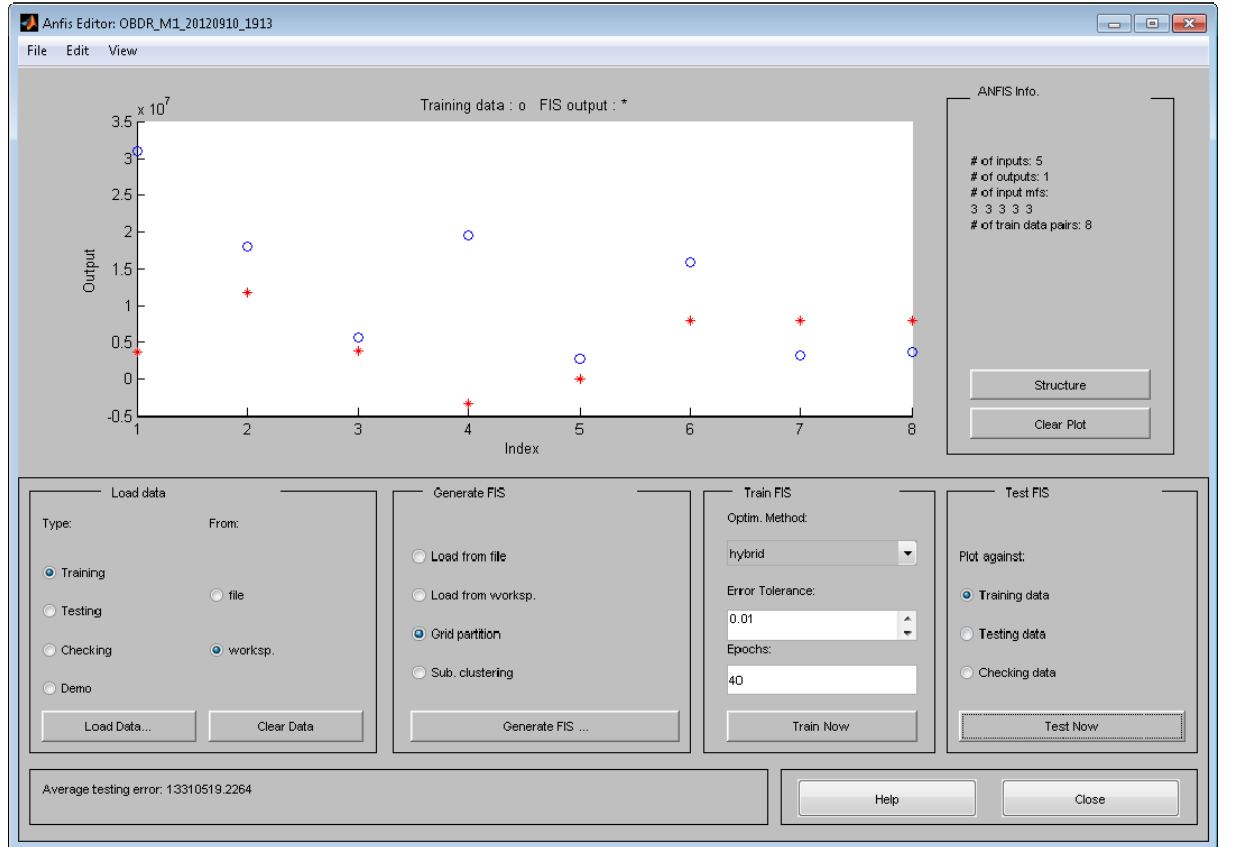




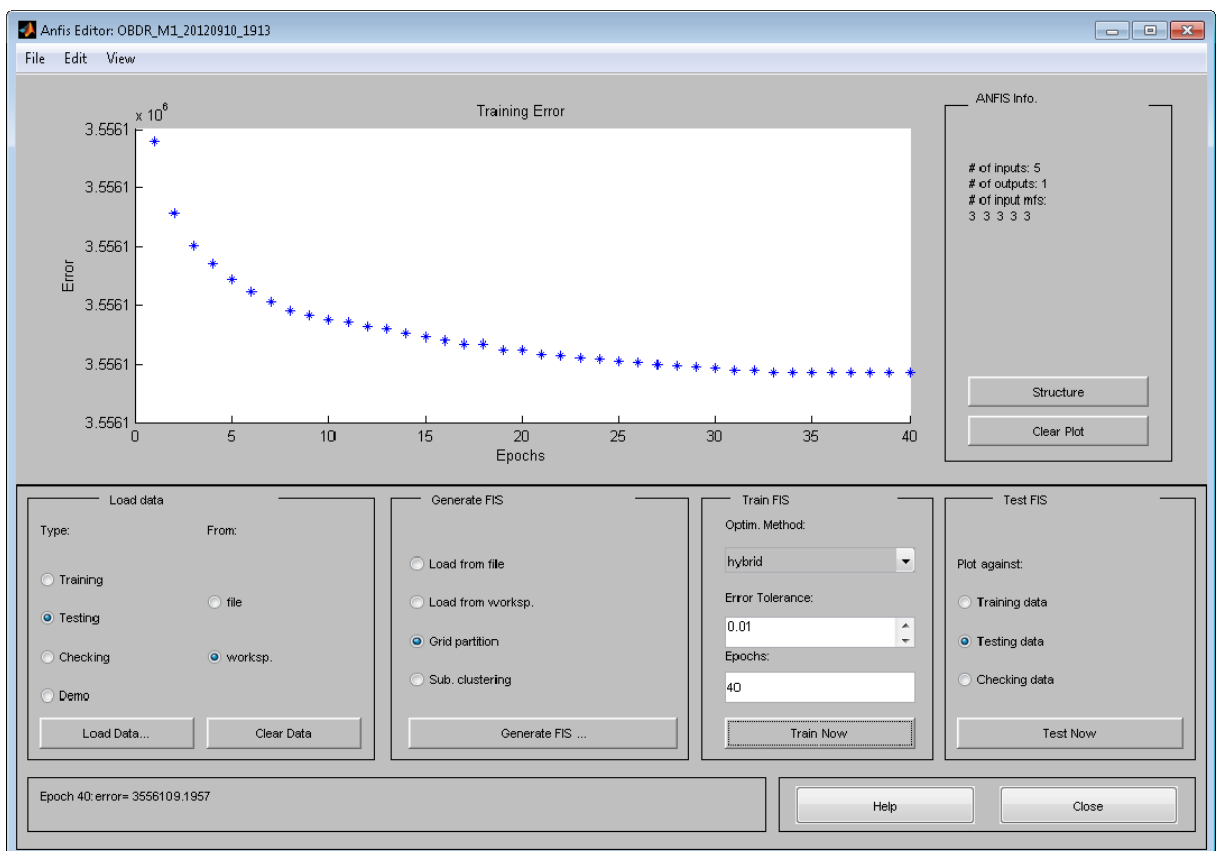
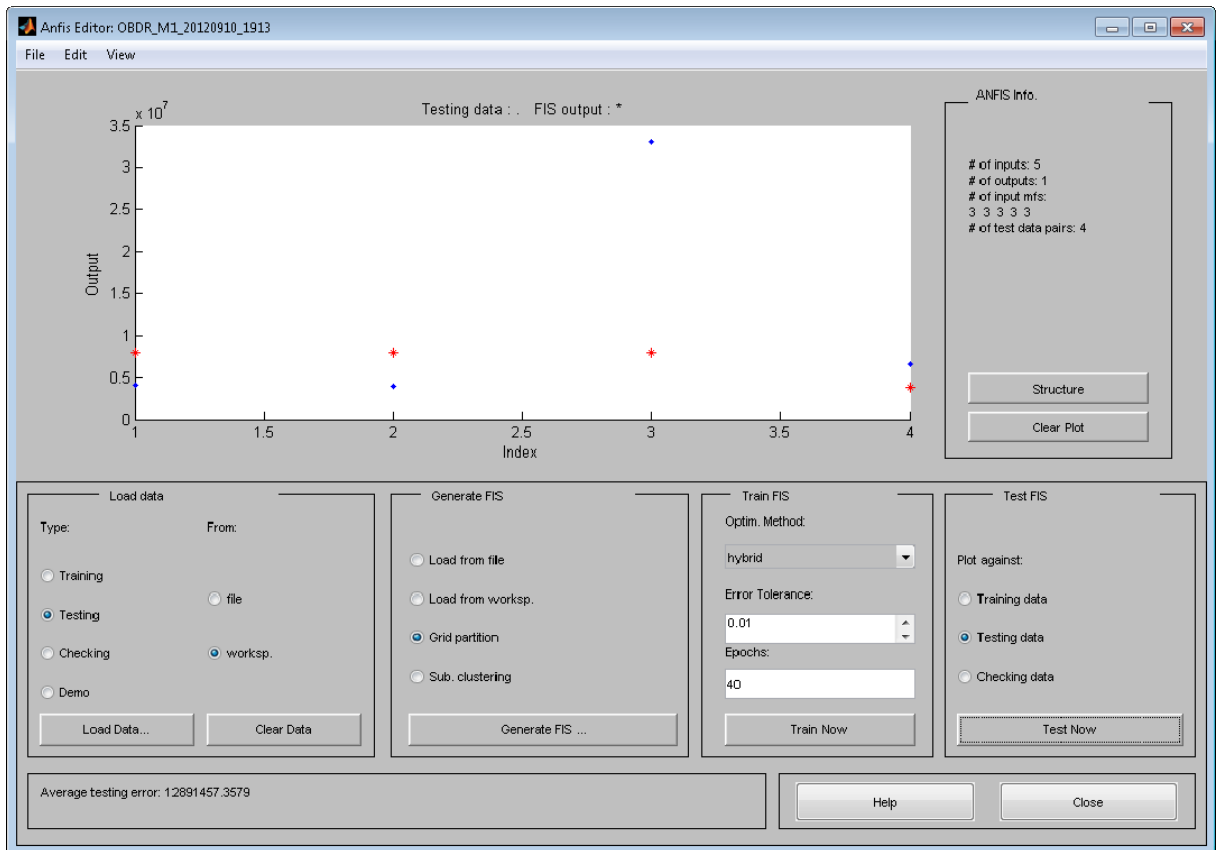


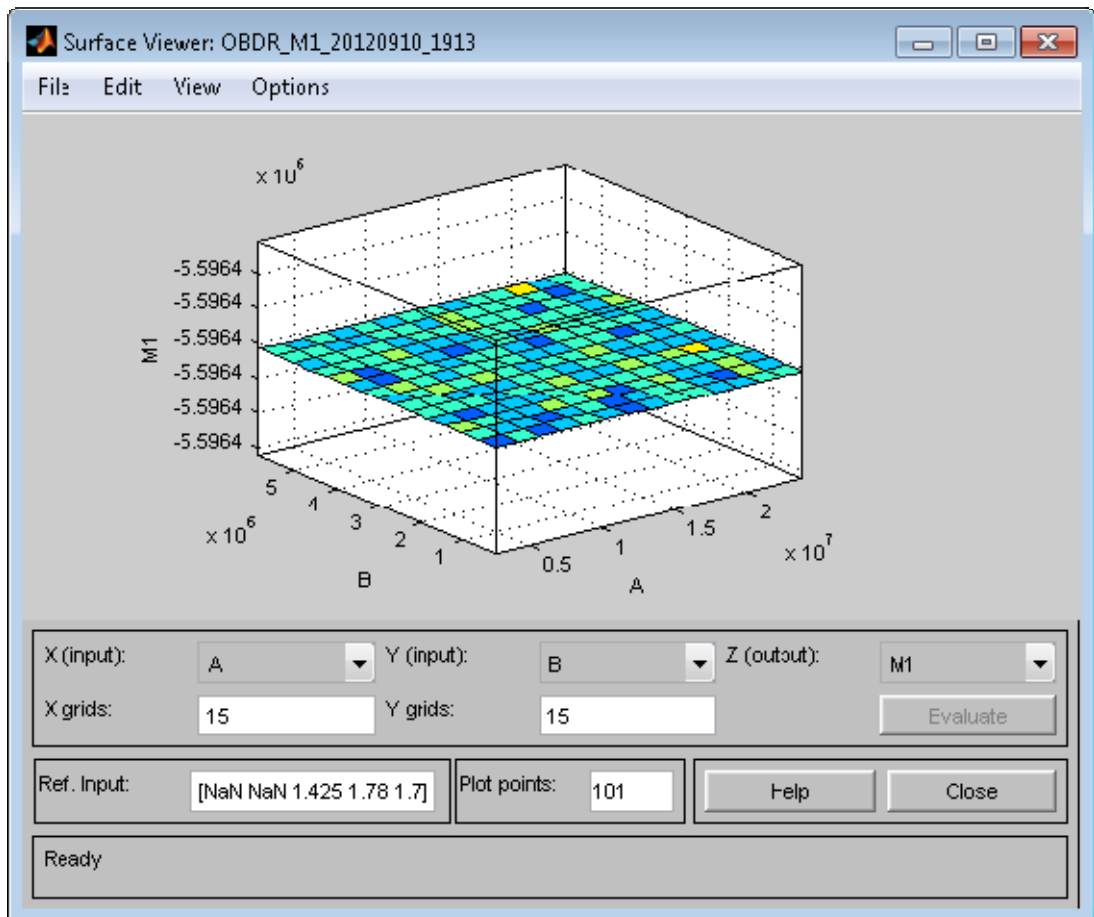
## MODEL 6 VERİ SETİ ve ÇIKTILARI

MODEL NO	PROJE NO	EĞİTİM - TEST	A	B	Ak	Bk	Ck	M1
MODEL6-OFIS-İŞMERKEZİ	Proje No: 42	EĞİTİM	23831425	5839378	1.22	1.91	1.80	31050222
MODEL6-OFIS-İŞMERKEZİ	Proje No: 35	EĞİTİM	13469950	4194619	1.33	2.56	1.80	18100000
MODEL6-OFIS-İŞMERKEZİ	Proje No: 45	EĞİTİM	3084531	1978584	1.22	1.91	2.20	5559000
MODEL6-OFIS-İŞMERKEZİ	Proje No: 36	EĞİTİM	14418316	4530926	1.33	1.63	1.20	19500250
MODEL6-OFIS-İŞMERKEZİ	Proje No: 01	EĞİTİM	2585268	245902	1.63	1.00	1.20	2798000
MODEL6-OFIS-İŞMERKEZİ	Proje No: 05	EĞİTİM	12800000	3680000	1.30	1.86	2.00	15877370
MODEL6-OFIS-İŞMERKEZİ	Proje No: 23	EĞİTİM	2560000	736000	1.30	1.86	2.00	3350516
MODEL6-OFIS-İŞMERKEZİ	Proje No: 30	EĞİTİM	2560000	736000	1.30	1.86	2.00	3777900
MODEL6-OFIS-İŞMERKEZİ	Proje No: 11	TEST	2880000	828000	1.30	1.86	2.00	4100000
MODEL6-OFIS-İŞMERKEZİ	Proje No: 24	TEST	2880000	828000	1.30	1.86	2.00	3950978
MODEL6-OFIS-İŞMERKEZİ	Proje No: 07	TEST	21760000	6256000	1.30	1.86	2.00	32990000
MODEL6-OFIS-İŞMERKEZİ	Proje No: 02	TEST	4592640	1320384	1.30	1.86	2.20	6550900



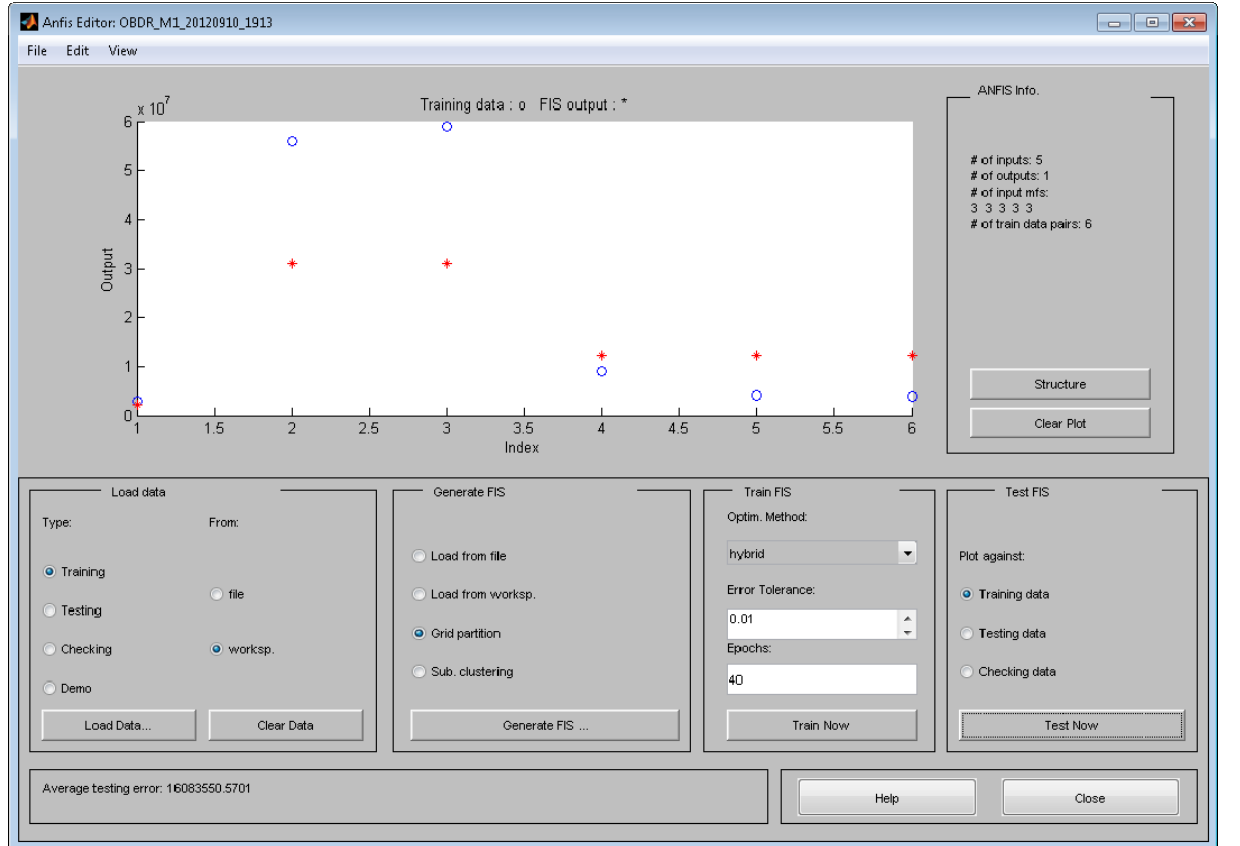


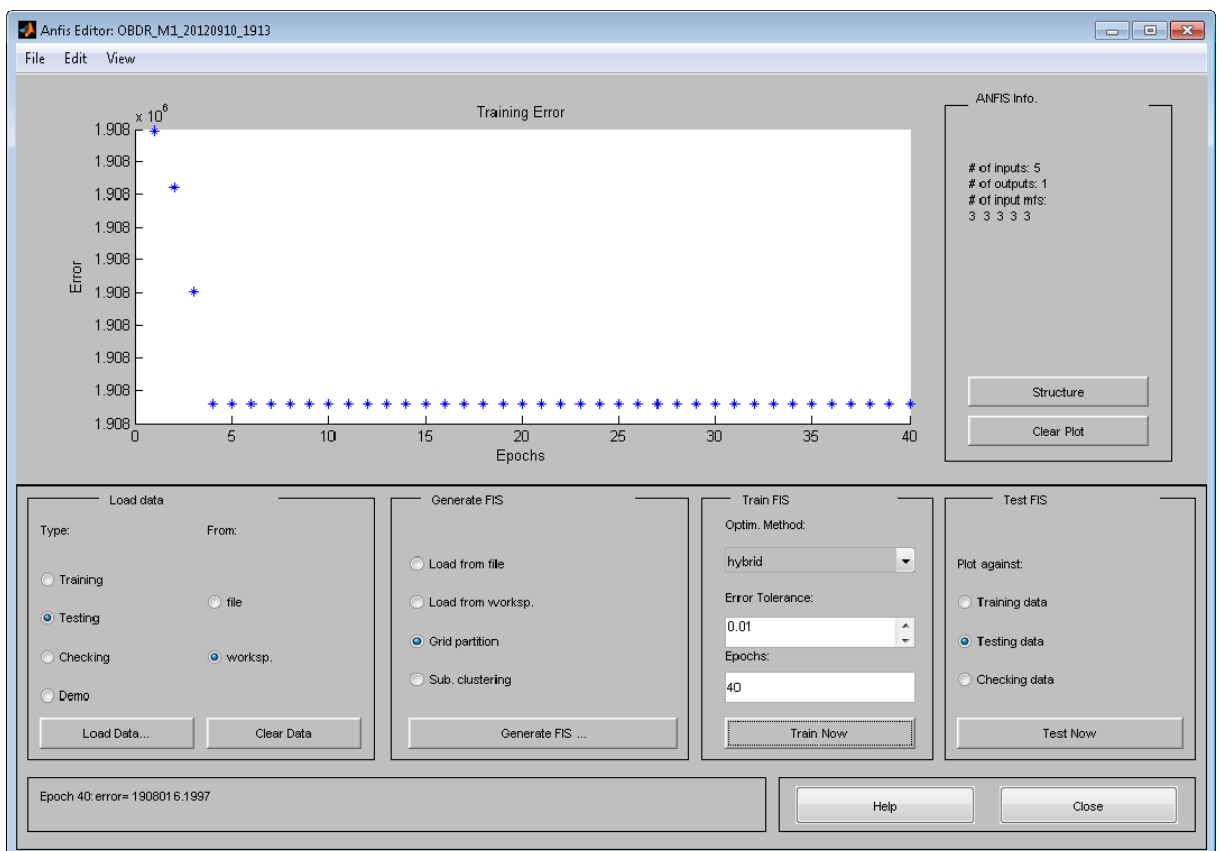
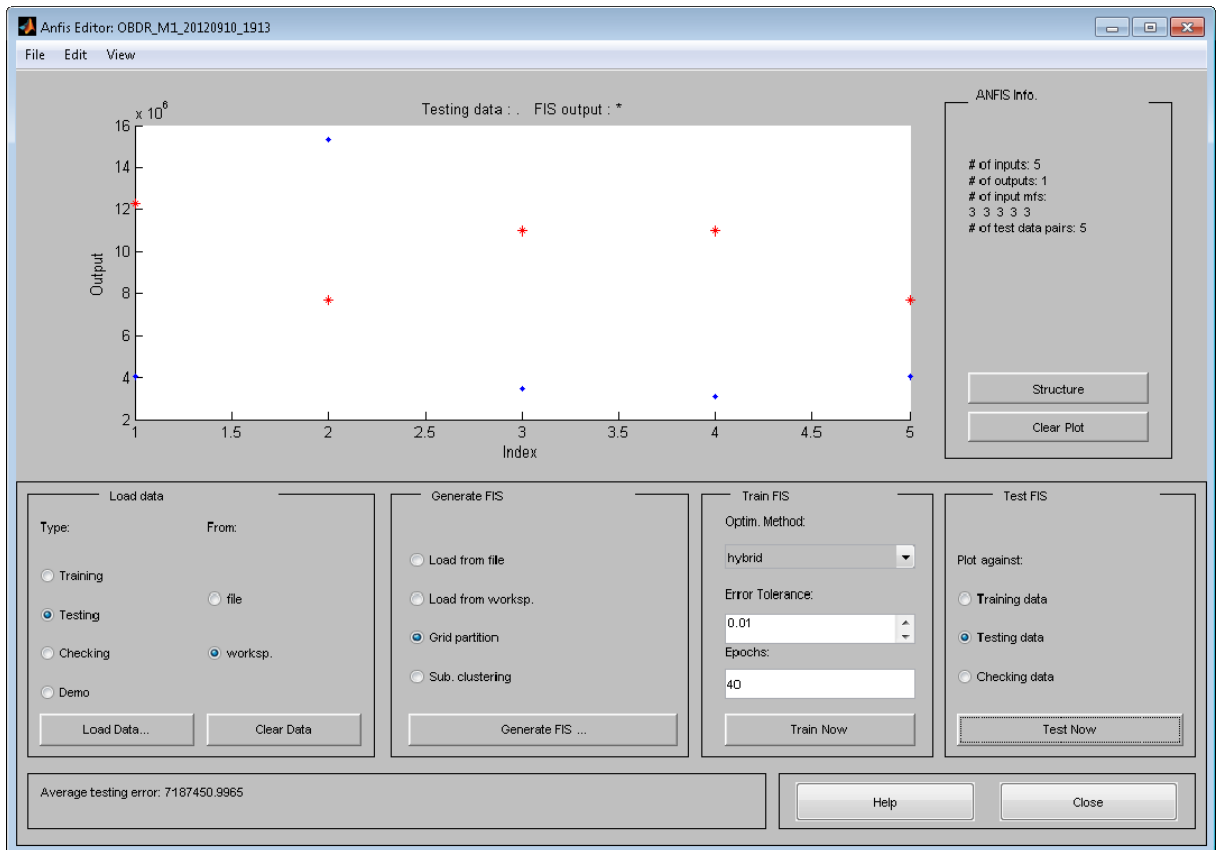




## MODEL 7 VERİ SETİ ve ÇIKTILARI

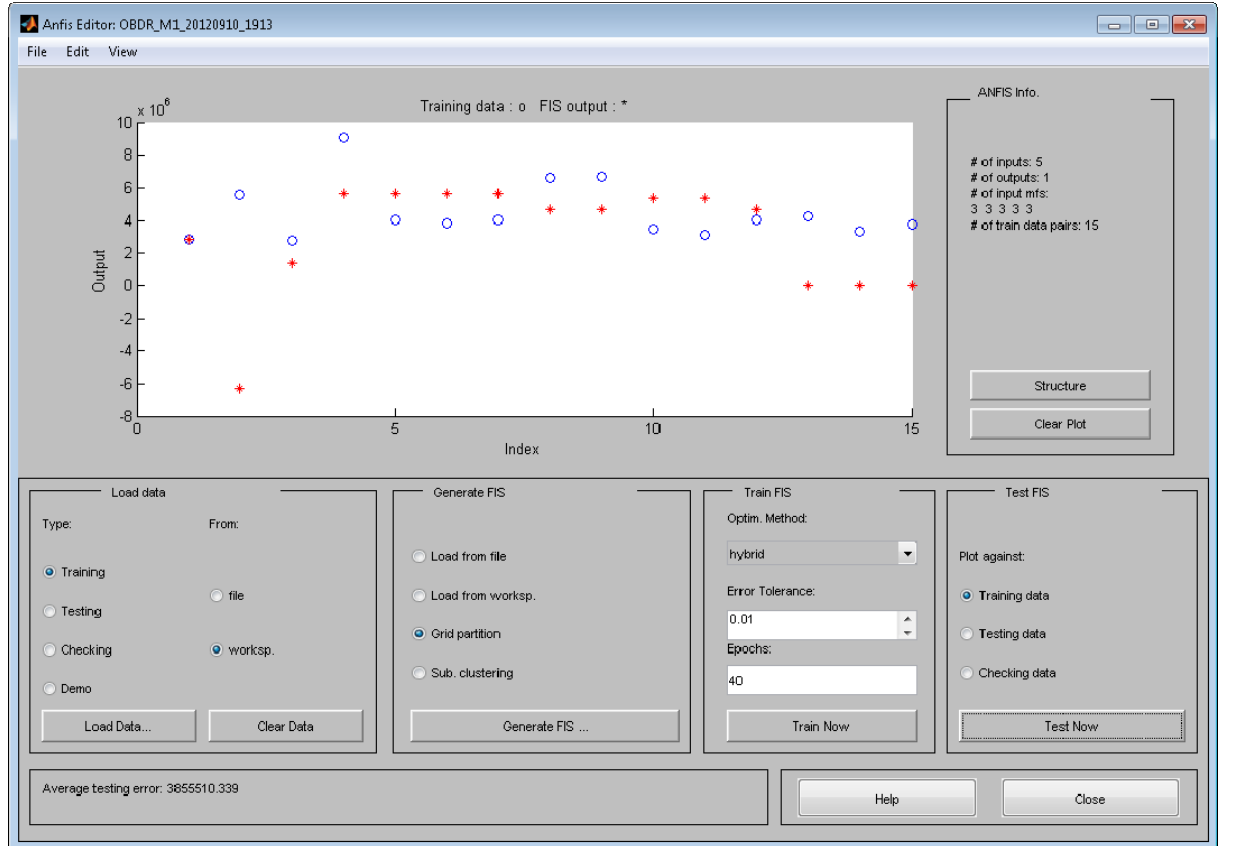
MODEL NO	PROJE NO	EĞİTİM - TEST	A	B	Ak	Bk	Ck	M1
MODEL7-KONUT	Proje No: 37	EĞİTİM	2185440	765779	1.33	1.05	1.00	2833000
MODEL7-KONUT	Proje No: 41	EĞİTİM	45582474	9627961	1.22	1.91	1.80	55990890
MODEL7-KONUT	Proje No: 44	EĞİTİM	46350084	9908763	1.22	1.91	1.80	58950450
MODEL7-KONUT	Proje No: 08	EĞİTİM	7040000	2024000	1.08	1.86	2.00	9034450
MODEL7-KONUT	Proje No: 21	EĞİTİM	2880000	828000	1.08	1.86	2.00	4015539
MODEL7-KONUT	Proje No: 16	EĞİTİM	2880000	828000	1.08	1.86	2.00	3822517
MODEL7-KONUT	Proje No: 25	TEST	2880000	828000	1.08	1.86	2.00	4024954
MODEL7-KONUT	Proje No: 22	TEST	11520000	3312000	1.30	1.86	2.00	15345923
MODEL7-KONUT	Proje No: 26	TEST	2880000	828000	1.25	1.86	2.00	3472810
MODEL7-KONUT	Proje No: 29	TEST	2560000	736000	1.25	1.86	2.00	3125222
MODEL7-KONUT	Proje No: 20	TEST	2880000	828000	1.30	1.86	2.00	4029482

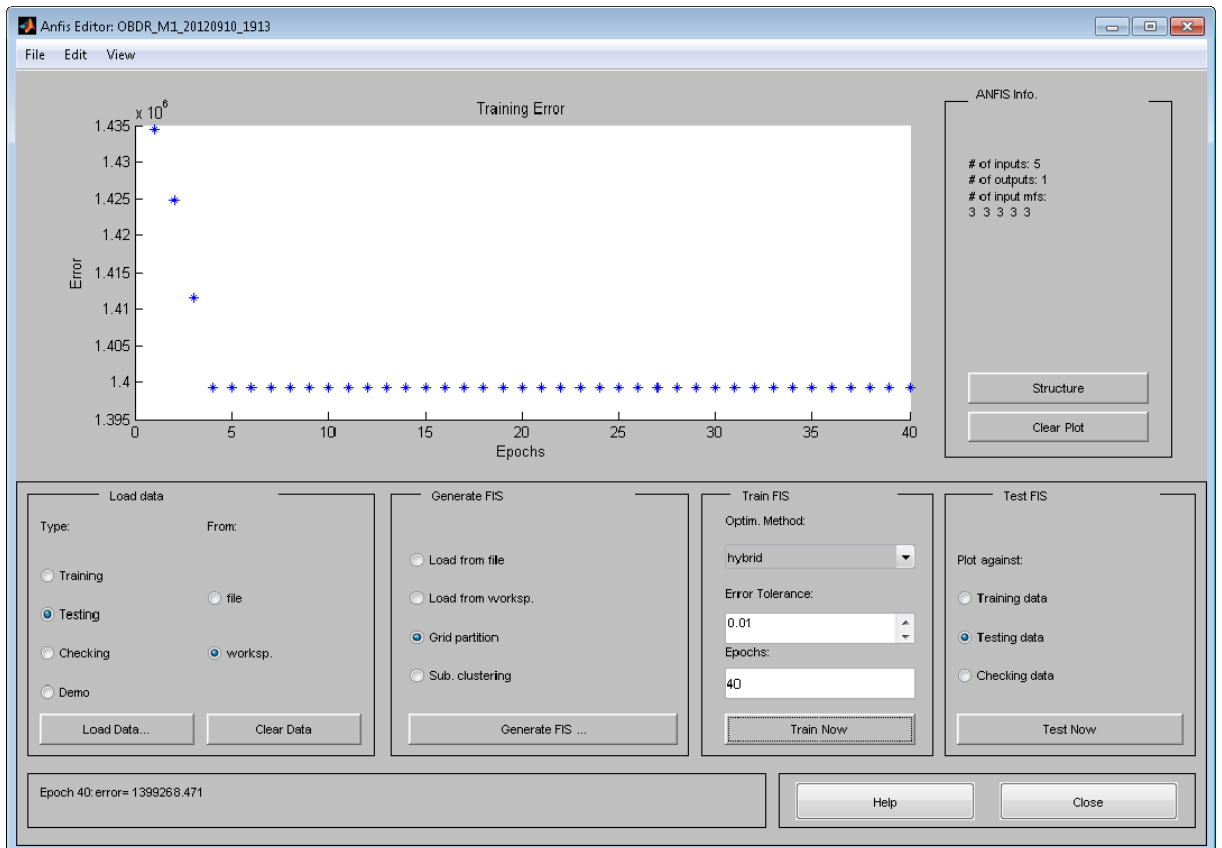
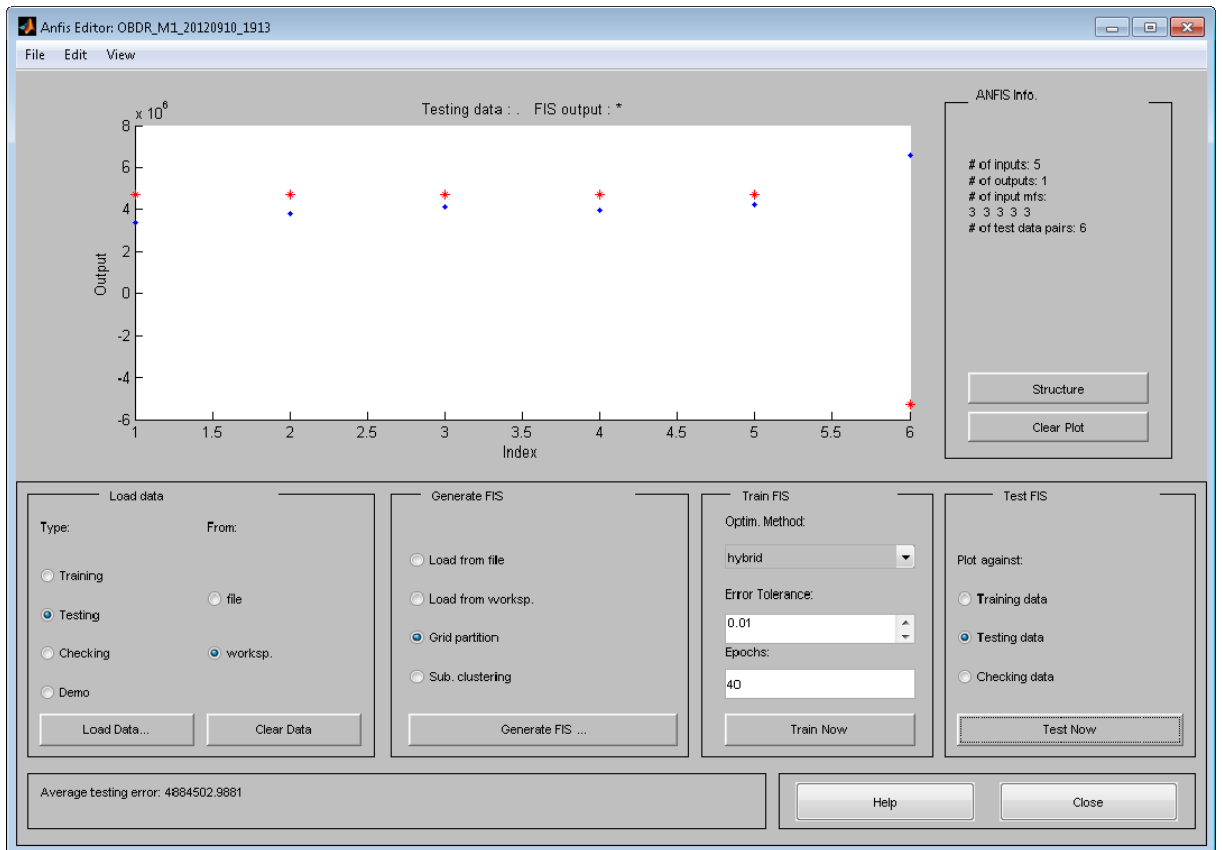


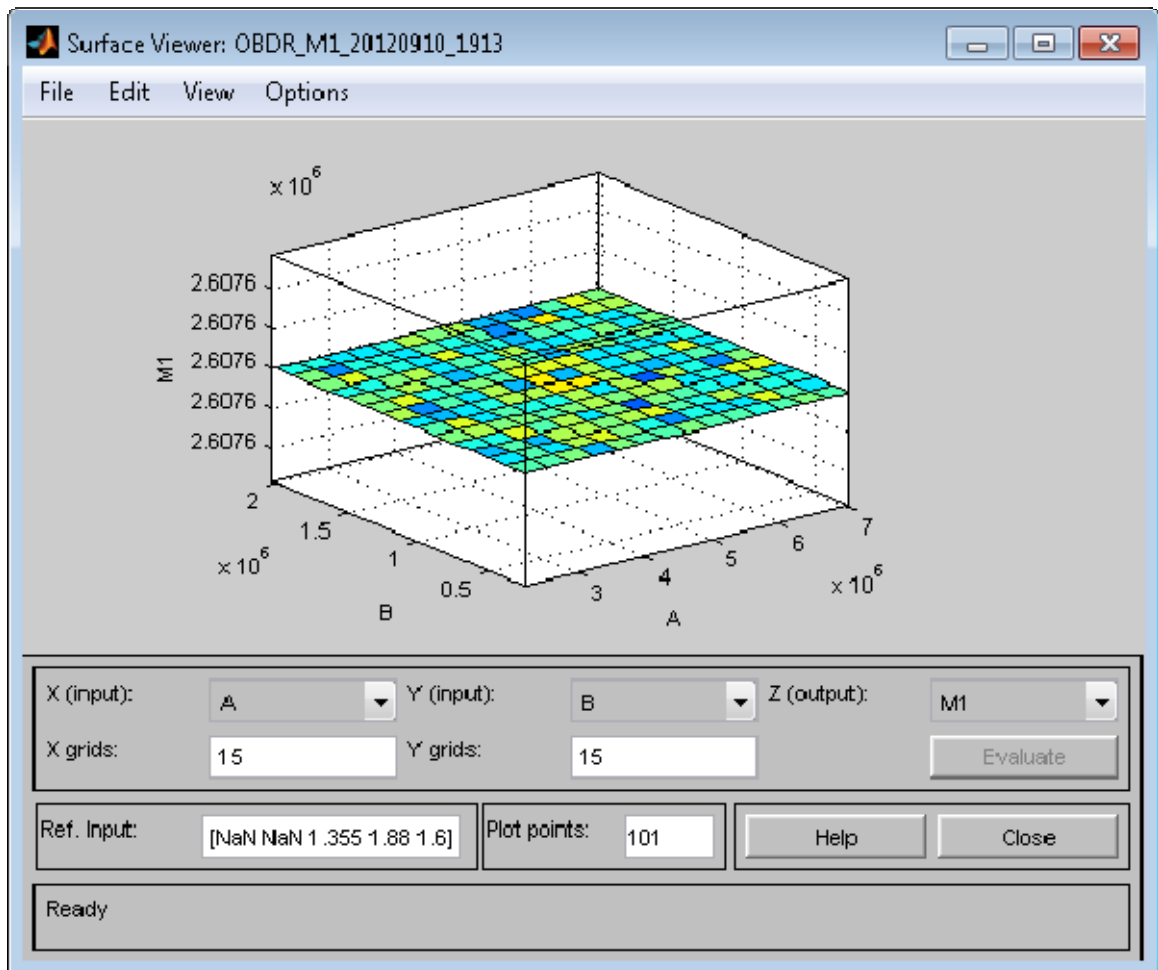


## MODEL 8 VERİ SETİ ve ÇIKTILARI

MODEL NO	PROJE NO	EĞİTİM - TEST	A	B	Ak	Bk	Ck	M1
MODEL8-0 - 10 * 106	Proje No: 37	EĞİTİM	2185440	765779	1.33	1.05	1.00	2833000
MODEL8-0 - 10 * 106	Proje No: 45	EĞİTİM	3084531	1978584	1.22	1.91	2.20	5559000
MODEL8-0 - 10 * 106	Proje No: 01	EĞİTİM	2585268	245902	1.63	1.00	1.20	2798000
MODEL8-0 - 10 * 106	Proje No: 08	EĞİTİM	7040000	2024000	1.08	1.86	2.00	9034450
MODEL8-0 - 10 * 106	Proje No: 21	EĞİTİM	2880000	828000	1.08	1.86	2.00	4015539
MODEL8-0 - 10 * 106	Proje No: 16	EĞİTİM	2880000	828000	1.08	1.86	2.00	3822517
MODEL8-0 - 10 * 106	Proje No: 25	EĞİTİM	2880000	828000	1.08	1.86	2.00	4024954
MODEL8-0 - 10 * 106	Proje No: 13	EĞİTİM	2816000	809600	1.30	1.86	2.00	6641250
MODEL8-0 - 10 * 106	Proje No: 12	EĞİTİM	3627570	1042926	1.30	1.86	2.00	6657239
MODEL8-0 - 10 * 106	Proje No: 26	EĞİTİM	2880000	828000	1.25	1.86	2.00	3472810
MODEL8-0 - 10 * 106	Proje No: 29	EĞİTİM	2560000	736000	1.25	1.86	2.00	3125222
MODEL8-0 - 10 * 106	Proje No: 20	EĞİTİM	2880000	828000	1.30	1.86	2.00	4029482
MODEL8-0 - 10 * 106	Proje No: 06	EĞİTİM	3987103	1146292	1.45	1.86	1.60	4258693
MODEL8-0 - 10 * 106	Proje No: 09	EĞİTİM	3423001	984113	1.50	2.76	1.60	3354377
MODEL8-0 - 10 * 106	Proje No: 19	EĞİTİM	3533958	1016013	1.50	2.76	2.20	3771797
MODEL8-0 - 10 * 106	Proje No: 23	TEST	2560000	736000	1.30	1.86	2.00	3350516
MODEL8-0 - 10 * 106	Proje No: 30	TEST	2560000	736000	1.30	1.86	2.00	3777900
MODEL8-0 - 10 * 106	Proje No: 11	TEST	2880000	828000	1.30	1.86	2.00	4100000
MODEL8-0 - 10 * 106	Proje No: 24	TEST	2880000	828000	1.30	1.86	2.00	3950978
MODEL8-0 - 10 * 106	Proje No: 15	TEST	2880000	828000	1.30	1.86	2.00	4250000
MODEL8-0 - 10 * 106	Proje No: 02	TEST	4592640	1320384	1.30	1.86	2.20	6550900

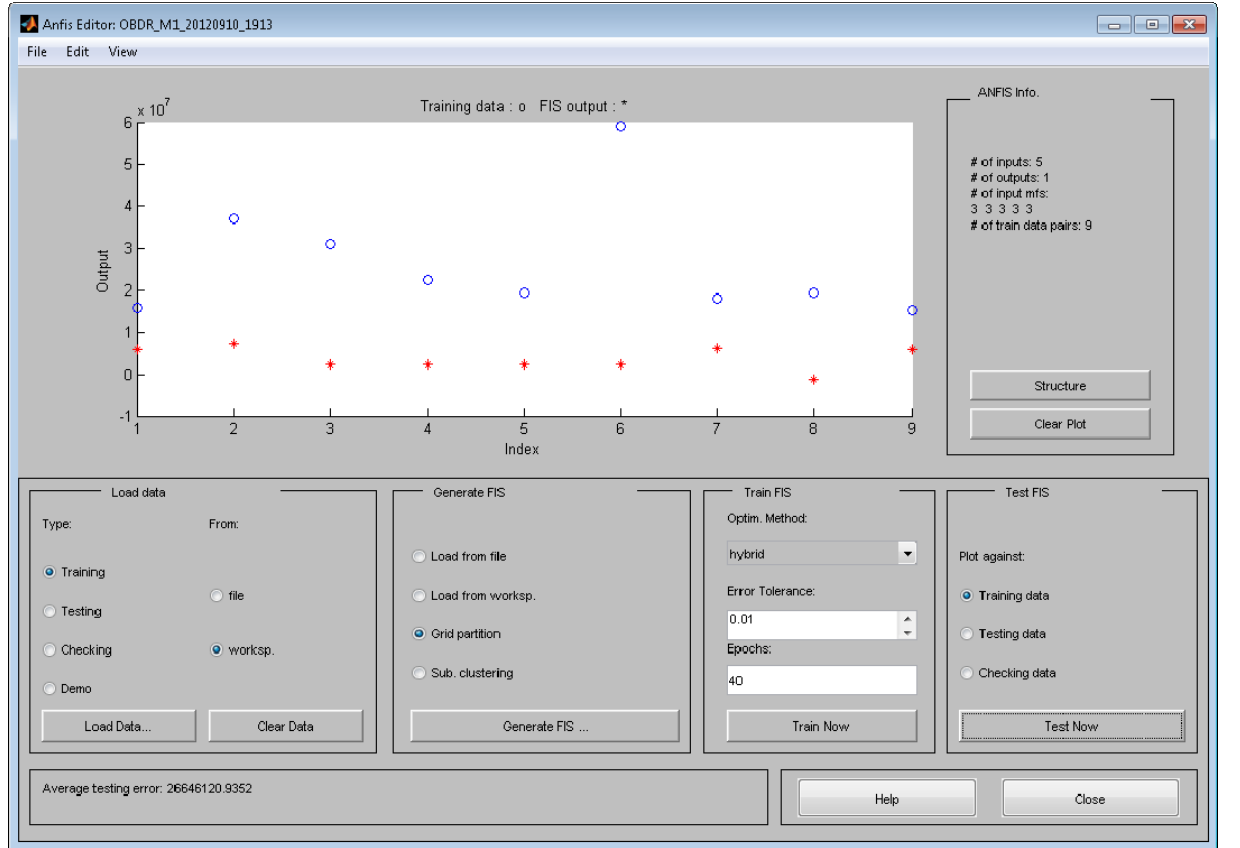




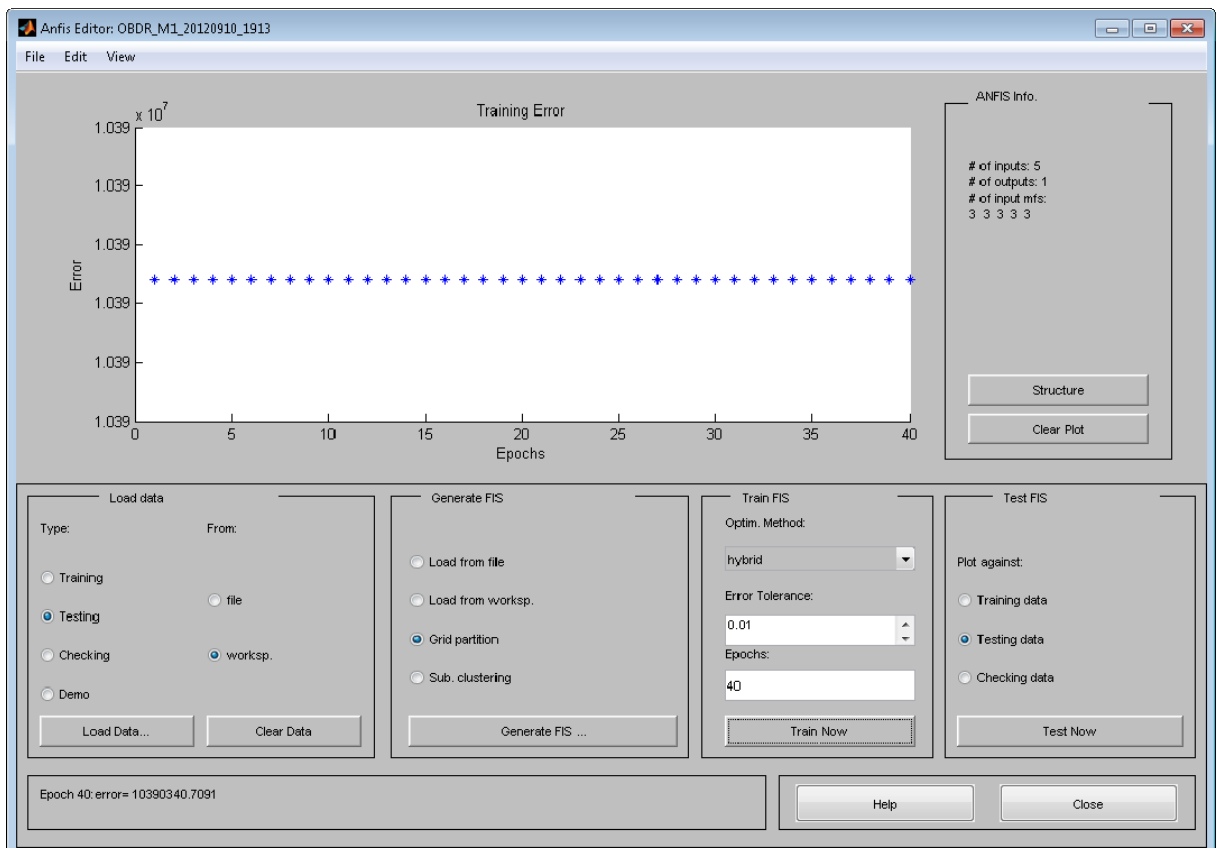
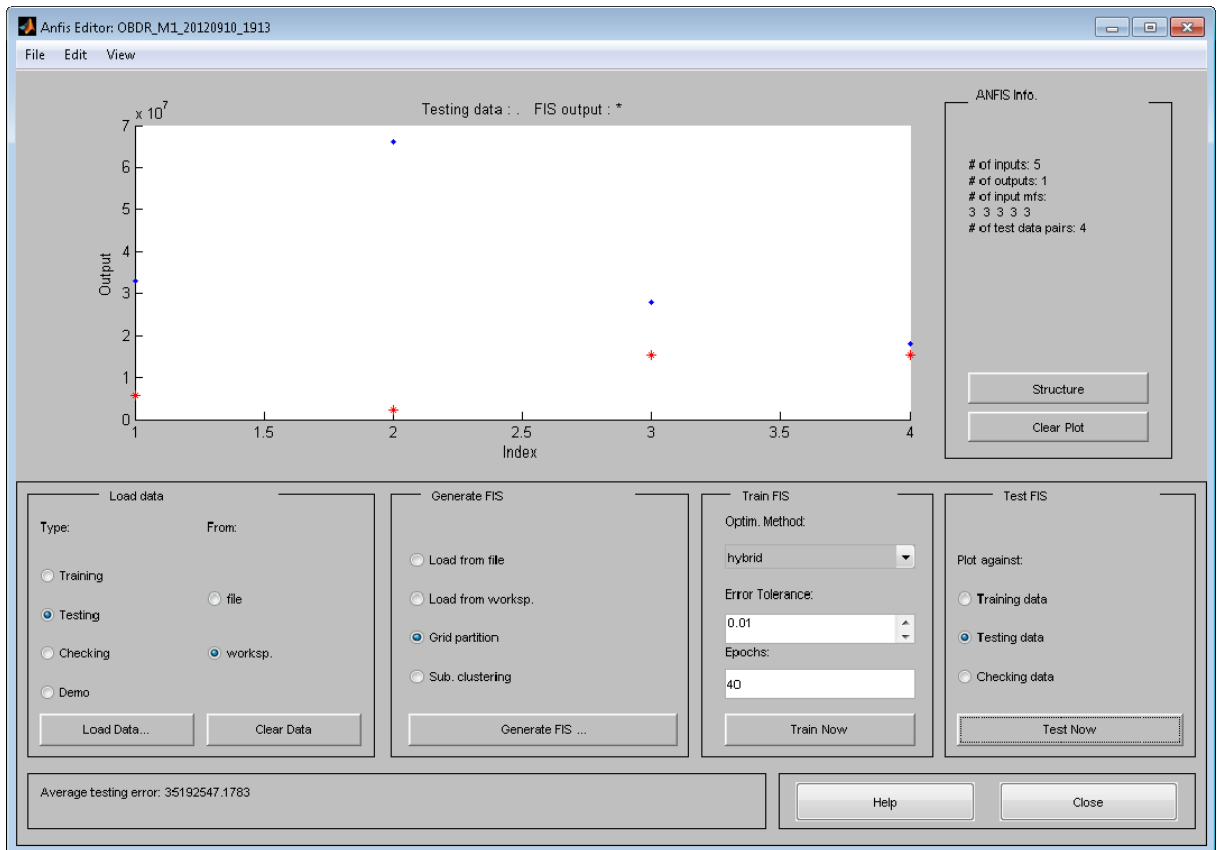


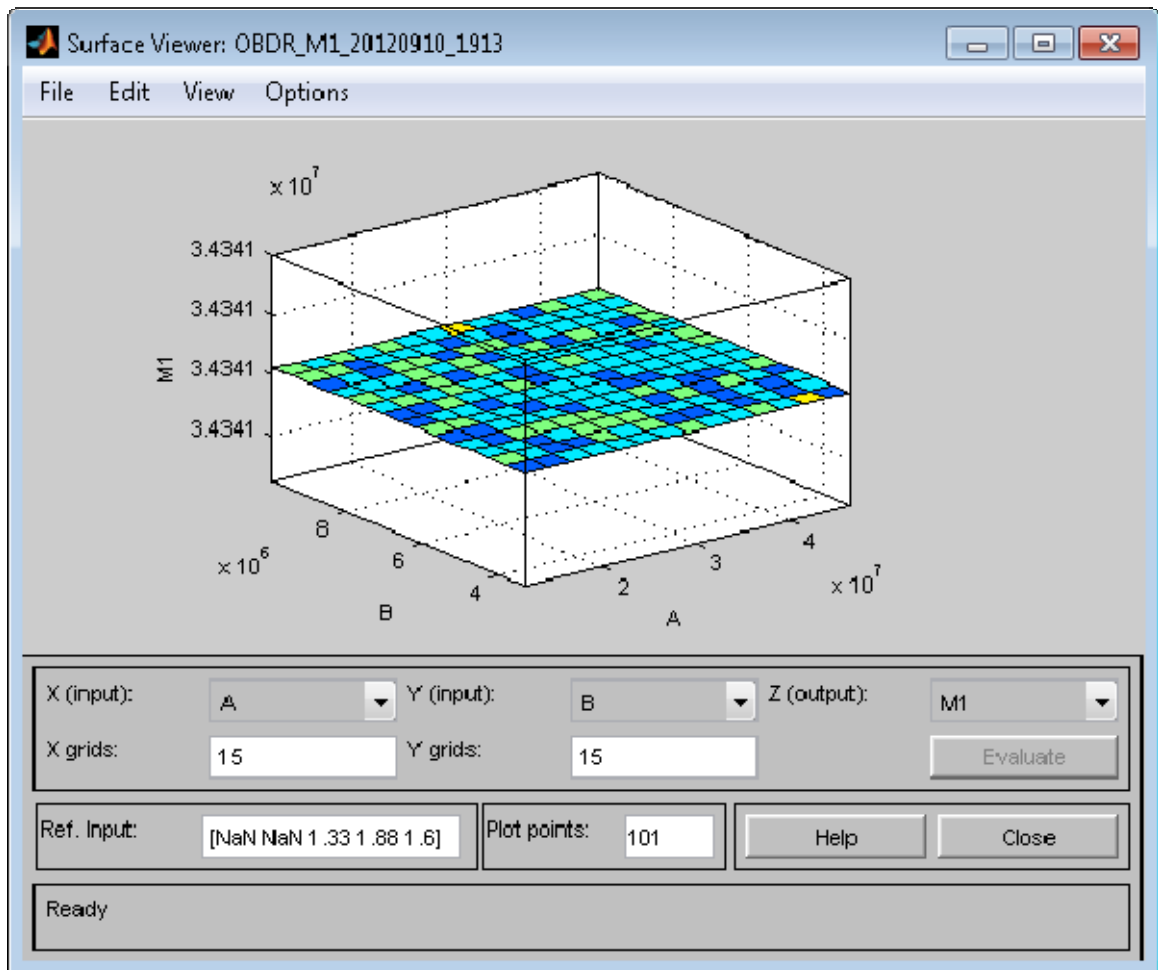
## MODEL 9 VERİ SETİ ve ÇIKTILARI

MODEL NO	PROJE NO	EĞİTİM - TEST	A	B	Ak	Bk	Ck	M1
MODEL9-10 * 106 - 50 * 106	Proje No: 05	EĞİTİM	12800000	3680000	1.30	1.86	2.00	15877370
MODEL9-10 * 106 - 50 * 106	Proje No: 39	EĞİTİM	33437443	4054278	1.22	1.91	2.40	36950501
MODEL9-10 * 106 - 50 * 106	Proje No: 42	EĞİTİM	23831425	5839378	1.22	1.91	1.80	31050222
MODEL9-10 * 106 - 50 * 106	Proje No: 40	EĞİTİM	15766004	4392191	1.22	1.91	1.80	22414980
MODEL9-10 * 106 - 50 * 106	Proje No: 43	EĞİTİM	17919768	5412197	1.22	1.91	1.80	19501000
MODEL9-10 * 106 - 50 * 106	Proje No: 44	EĞİTİM	46350084	9908763	1.22	1.91	1.80	58950450
MODEL9-10 * 106 - 50 * 106	Proje No: 35	EĞİTİM	13469950	4194619	1.33	2.56	1.80	18100000
MODEL9-10 * 106 - 50 * 106	Proje No: 36	EĞİTİM	14418316	4530926	1.33	1.63	1.20	19500250
MODEL9-10 * 106 - 50 * 106	Proje No: 22	EĞİTİM	11520000	3312000	1.30	1.86	2.00	15345923
MODEL9-10 * 106 - 50 * 106	Proje No: 07	TEST	21760000	6256000	1.30	1.86	2.00	32990000
MODEL9-10 * 106 - 50 * 106	Proje No: 28	TEST	48000000	13800000	2.40	1.86	2.20	66000000
MODEL9-10 * 106 - 50 * 106	Proje No: 17	TEST	19200000	5520000	1.60	1.86	2.00	27690300
MODEL9-10 * 106 - 50 * 106	Proje No: 10	TEST	19200000	5520000	1.45	1.86	2.00	18000000









## ÖZGEÇMİŞ BİLGİLERİ

### KİŞİSEL

---

- Adı Soyadı : Ömer BİSEN
- Doğum Tarihi - Yeri : 01/02/1978 - MARDİN

### EĞİTİM

---

- Yüksek Lisans Eylül 2001-Eylül 2003 İstanbul Kültür Üniversitesi
  - Fen Bilimleri Enstitüsü
  - Proje Yönetimi, İstanbul
- Lisans Haziran 2000 Pamukkale Üniversitesi
  - İnşaat Mühendisliği Bölümü,

### İŞ DENEYİMİ

---

- Ağustos 2007/-- BMM - BİSEN Uluslararası Müşavirlik ve Mühendislik Tic. Ltd. Şti., KURUCU ORTAK
- Kasım 2004 / Temmuz 2007 – İSTANBUL / Avinal Yazılım & Danışmanlık Ltd. Şti. – GENEL MÜDÜR
- Mayıs 2004 / Kasım 2004 – SUDAN / Gap İnşaat Cons.& Invest. Co. Ltd.-TEKNİK OFİS ŞEFİ
- Kasım 2002/Mayıs 2004 – İSTANBUL / Gap İnşaat Yatırım ve Dış Ticaret A.Ş – PLANLAMA UZMANI
- Ocak2001/Temmuz2002 – İSTANBUL / Teminat Grubu Proje Müh. Tic. Ltd. Şti. – ŞANTIYE ŞEFİ
- Haziran1998/Ocak2000 – DENİZLİ / Çoban İnşaat Tic. Ltd. Şti. – SAHA MÜHENDİSİ

### YABANCI DİL & BİLGİSAYAR BİLGİLERİ

---

Bilgisayar : PRIMAVERA, MS PROJECT, SURE TRAK, VISIO, NAVISWORKS, AVINAL, MATLAB, MICRO STRATEGY, BO

Yabancı Dil : İngilizce – Arapça

### UZMANLIK ALANLARI

---

- İnşaat Sektöründe İş Zekası ve ERP (Kurumsal Kaynak Planlaması) Uygulamaları
- İnşaat Projelerinde Süreç Yönetimi
- İhale Yönetimi ve Teklif Hazırlık
- Yapay Zeka Uygulamaları

## YAYINLAR

---

- **“Üst Yapı İnşaat Projelerinde, Öngörülemeyen Maliyetlerin Belirlenmesine Yönelik Bir Karar Destek Modeli”** Ö. Bisen, Ü. Dikmen, Yapı İşletmesi ve Yapım Yönetimi 5. Kongresi, 2009
- **“İnşaat Projelerinde Tahmini Maliyet Hesaplamalarında Yapay Zeka (Soft Computing) Yöntemlerinin Kullanımı”**, Ü.Dikmen, Ö.Bisen, M. Sönmez, Malatya, 2010
- **“İnşaat Projelerinde “Master Plan” Çalışmalarının Önemi, Kritik Başarı Faktörleri ve Hazırlık Güçlükleri”** Ö. Bisen, Ü. Dikmen, ODTU 1. Proje ve Yapım Yönetimi Kongresi, 2010
- **“Üst Yapı Projelerde, Maliyet Tahmin Çalışmalarında, Belirsizliklerin Yapay Zeka Teknikleriyle Analizi”** Ö. Bisen, Ü. Dikmen, , 6. İnşaat Proje Yönetim Kongresi, 2011
- **“İnşaat Projelerinde, 5 Boyutlu Proje Yönetim ve Takip Sistemi”** Ö. Bisen, 6. İnşaat Proje Yönetim Kongresi, Poster Sunumu, 2011