



İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

**PROJE YÖNETİMİ KAPSAMINDA RİSK TABANLI VE
YAPAY ZEKA DESTEKLİ BİR MALİYET TAHMİN
MODELİ**

İnş.Yük.Müh. Ersin NAMLI
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Endüstri Mühendisliği Programı

Danışman
Prof.Dr. Şakir ESNAF

İSTANBUL



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**PROJE YÖNETİMİ KAPSAMINDA RİSK TABANLI VE
YAPAY ZEKA DESTEKLİ BİR MALİYET TAHMİN
MODELİ**

**İnş.Yük.Müh. Ersin NAMLI
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Endüstri Mühendisliği Programı**

**Danışman
Prof.Dr. Şakir ESNAF**

İSTANBUL

Bu çalışma 19/04/2012 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Endüstri Mühendisliği programında Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi



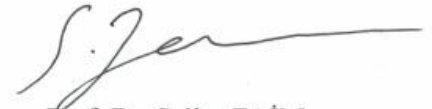
Prof. Dr. Sakir ESNAF (Danışman)
İstanbul Üniversitesi



Prof. Dr. Cengiz Kahraman
İstanbul Teknik Üniversitesi



Prof. Dr. Ekrem MANİSALI
İstanbul Üniversitesi



Prof. Dr. Selim ZAİM
Marmara Üniversitesi



Doç. Dr. Alp BARAY
İstanbul Üniversitesi

Bu alışma İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin 3944 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

Bu tezin hazırlanmasında ve akademik çalışmalarım esnasında yapmış olduğu katkılardan ötürü değerli hocam ve mensubu olduğum İstanbul Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü başkanı Prof. Dr. Şakir ESNAF'a, tez izleme komitemde bulunan ve hiçbir zaman yardımlarını esirgemeyen hocalarım Prof. Dr. Cengiz KAHRAMAN'a ve Prof. Dr. Ekrem MANİSALI'ya en değerli şükranlarımı sunarım. Yine Tezimin hazırlanması süresince destek ve yardımlarından dolayı sayın hocam Doç. Dr. Alp BARAY'a çok teşekkür ederim.

Ayrıca tez çalışmam için kurucu ortağı olduğu Ekyıl İnşaat şirketinin tüm imkanlarını ve özel arşivini kullanımına tahsis eden, değerli zamanını ayırarak sahip olduğu eşsiz bilgi ve deneyimlerini büyük bir özveri ve incelikle benimle paylaşan değerli dostum inşaat mühendisi sayın Sefa EKER'e şükranlarımı sunarım. Hiçbir zaman maddi ve manevi desteğini esirgemeyen bugünlere gelmemde en çok payın sahibi olan anne ve babama karşılıksız emekleri için minnettarlığımı belirtirim. Son olarak çalışmamın bütün yoğunluğunu ve sıkıntılarını benimle paylaşarak hiçbir fedakarlıktan kaçınmayan, moral ve yardımları ile bana en büyük desteği veren, tezimde benim kadar hakkı olan ve teşekkürün en büyüğünü hakeden değerli eşim Merve NAMLI'ya teşekkür ederim.

Nisan, 2012

Ersin NAMLI

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
TABLO LİSTESİ.....	viii
ÖZET.....	x
SUMMARY.....	xii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL KISIMLAR	5
2.1 PROJE YÖNETİMİ.....	5
2.1.1 Projenin Üç Önemli Boyutu.....	7
2.2 PROJE YAŞAM DÖNGÜSÜ.....	8
2.3 PROJE YÖNETİMİ SÜREÇLERİ.....	8
2.3.1 Başlangıç Süreçleri	8
2.3.2 Planlama Süreçleri	9
2.3.3 Yürütme Süreçleri	9
2.3.4 İzleme ve Kontrol Süreçleri	9
2.3.5 Kapanış Süreçleri	10
2.4 PROJE YÖNETİMİ BİLGİ ALANLARI.....	10
2.4.1 Proje Entegrasyon Yönetimi	11
2.4.2 Proje Kapsam Yönetimi	11
2.4.3 Proje Zaman Yönetimi	12
2.4.4 Proje Maliyet Yönetimi.....	13
2.4.5 Proje Kalite Yönetimi	14
2.4.6 Proje İnsan Kaynakları Yönetimi.....	14
2.4.7 Proje İletişim Yönetimi.....	15
2.4.8 Proje Risk Yönetimi.....	15

2.4.9 Proje Tedarik Yönetimi.....	16
2.5 PROJE ÇİZELGELEME.....	16
2.5.1 Şebeke Diyagramları.....	16
2.5.1.1 Gantt Şeması.....	16
2.5.1.1 Ok Tipi Diyagram.....	17
2.5.2 Kritik Yol Metodu (CPM).....	17
2.5.3 Program Değerlendirme ve Kontrol Tekniği (PERT).....	18
2.6 TAHMİN YÖNTEMLERİ	18
2.6.1 Proje Yönetimi Çerçevesinde Maliyet ve Süre Tahmin Yöntemleri	19
2.6.1.1 Parametrik Tahmin	19
2.6.1.2 Benzetime Dayalı Tahmin	19
2.6.1.3 Uzman Görüşü	20
2.6.1.4 Normalizasyon	20
2.6.1.5 Aşağıdan Yukarıya Tahmin.....	20
2.6.1.6 Üç Nokta Tahmini.....	21
2.6.1.7 Tedarikçi Fiyat Teklifleri Analizi.....	21
2.6.2 Performans Tabanlı Tahmin Yöntemleri	21
2.6.2.1 Kazanılmış Değer Metodu	21
2.6.2.2 Stokastik ve Olasılık Metotları.....	24
2.6.2.3 Deterministik Metodlar	26
2.6.2.4 İleri Hesaplama Metotları	27
2.6.2.5 Yapay Zeka, Uzman Sistemler ve Bulanık Mantık Metotları.....	28
2.6.2.6 Sezgisel Teoriler ve Yargısal Tahmin Tabanlı Metotlar	29
2.6.2.7 Diğer Metotlar	30
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	32
3.1 KAZANILMIŞ DEĞER YÖNETİMİ	32
3.1.1 Kazanılmış Değer Yönetiminin Rolü.....	33
3.1.2 Kazanılmış Değer Yönetiminin Tarihçesi.....	34
3.1.3 Kazanılmış Değer Yönetimi ve Proje Yönetim Süreci	35
3.1.4 Kazanılmış Değer Yönetiminin Temel Elemanları.....	36
3.1.5 KDY Elemanlarının Tanımları.....	36
3.1.5.1 Planlanmış Değer	36
3.1.5.2 Kazanılmış Değer.....	36
3.1.5.3 Gerçekleşen Maliyet.....	36
3.1.5.4 Zaman Çizelgesi Varyansı	37

3.1.5.5 Maliyet Varyansı.....	37
3.1.5.6 Çizelgesi Performans Endeksi	37
3.1.5.7 Maliyet Performans Endeksi.....	37
3.1.5.8 Tahmini Tamamlanma Maliyeti	38
3.1.5.9 Tamamlanma İçin Gerekli Performans Endeksi	38
3.1.6 Kazanılmış Değer Ölçüm Teknikleri	38
3.1.6.1 Sabit Formül	39
3.1.6.2 Ağırlıklandırılmış Kilometretaşları.....	39
3.1.6.3 Yüzde Tamamlanma	39
3.1.6.4 Paylaştırılmış Çaba	40
3.1.6.5 Çaba Düzeyi.....	40
3.1.7 Kazanılmış Değer Yönetimi Sistem Kriterleri.....	42
3.1.7.1 Organizasyon	42
3.1.7.2 Planlama ve Bütçeleme.....	42
3.1.7.3 Hesaplama İlgili Hususlar	43
3.1.7.4 Analiz Ve Yönetim Raporları	43
3.1.7.5 Revizyonlar ve Veri Bakımı.....	44
3.1.8 Kazanılmış Değer Yönetimi Adımları	44
3.1.9 Kazanılmış Değer Yönetimi Örnek Uygulaması	45
3.2 YAPAY SİNİR AĞLARI.....	48
3.2.1 Yapay Sinir Ağlarının Tarihçesi	49
3.2.2 Yapay Sinir Ağlarının Maliyet Tahmini Alanındaki Uygulamaları	50
3.2.3 Yapay Sinir Ağlarının Mühendislik Alanında Uygulamaları	51
3.3 DESTEK VEKTÖR MAKİNELERİ.....	52
3.3.1 Doğrusal Olarak Ayrılabilme Durumu	53
3.3.2 Doğrusal Olarak Ayrılamayan Destek Vektör Makineleri	55
3.3.3 Destek Vektör Makineleri Mühendislik Alanında Uygulamaları	58
3.3.4 Destek Vektör Makineleri Sınıflandırma ve Kümeleme Uygulamaları.....	59
3.3.5 Destek Vektör Makineleri Finans Sektöründe Uygulamaları	59
3.3.6 Destek Vektör Makineleri Tıp Alanında Uygulamaları.....	60
3.3.7 Destek Vektör Makineleri Yöntemi ile Diğer Tahmin Çalışmaları.....	60
3.4 METODOLOJİ.....	60
4. BULGULAR.....	68
4.1 VERİ KÜMESİ.....	69
4.2 ANALİZ YÖNTEMLERİ	74

4.2.1 Kazanılmış Değer Analizi	74
4.2.2 Destek Vektör Makineleri	74
4.2.3 Yapay Sinir Ağları	74
4.3 SONUÇLARIN KARŞILAŞTIRILMASI.....	75
4.3.1 A Projesi.....	75
4.3.2 B Projesi	79
4.3.3 C Projesi	83
4.3.4 D Projesi.....	87
4.3.5 E Projesi	91
4.3.6 F Projesi	96
4.3.7 G Projesi.....	100
4.3.8 H Projesi.....	104
4.3.9 I Projesi	108
4.3.10 J Projesi	112
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	118
KAYNAKLAR	127

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Gantt Şeması	17
Şekil 2.2 Ok Tipi Diyagram	17
Şekil 3.1 KDY [50]	38
Şekil 3.2 KDY Performans Ölçümü [131]	41
Şekil 3.3 KDY Örnek	46
Şekil 3.4 KDY Sonuçlar	46
Şekil 3.5 KDY Süre Hesapları	47
Şekil 3.6 KDY Maliyet Hesapları	47
Şekil 3.7 Basit nöron modeli. [116]	48
Şekil 3.8 Verilerin doğrusal ayrılma durumu [74]	53
Şekil 3.9 Verilerin doğrusal olarak ayrılamama durumu [74]	55
Şekil 3.10 Yapay Sinir Ağları Modeli	64
Şekil 3.11 Model Akış Şeması	67
Şekil 4.1 Proje zaman çizelge özeti	70
Şekil 4.2 A Projesi Hata Oranları kıyaslanması	77
Şekil 4.3 A Projesi Proje Maliyeti Tahmin Değerleri kıyaslanması	78
Şekil 4.4 A Projesi Kazanılmış Değer ve Gerçekleşen Maliyet Kıyaslanması	78
Şekil 4.5 A Projesi OMH ve HKOK Değerleri Grafikselsel Gösterim	79
Şekil 4.6 B Projesi Hata Oranları kıyaslanması	81
Şekil 4.7 B Projesi Proje Maliyeti Tahmin Değerleri kıyaslanması	82
Şekil 4.8 B Projesi Kazanılmış Değer ve Gerçekleşen Maliyet Kıyaslanması	82
Şekil 4.9 B Projesi OMH ve HKOK Değerleri Grafikselsel Gösterim	83
Şekil 4.10 C Projesi Hata Oranları kıyaslanması	85
Şekil 4.11 C Projesi Proje Maliyeti Tahmin Değerleri kıyaslanması	86
Şekil 4.12 C Projesi Kazanılmış Değer ve Gerçekleşen Maliyet Kıyaslanması	86
Şekil 4.13 C Projesi OMH ve HKOK Değerleri Grafikselsel Gösterim	87
Şekil 4.14 D Projesi Hata Oranları kıyaslanması	89
Şekil 4.15 D Projesi Proje Maliyeti Tahmin Değerleri kıyaslanması	90

Şekil 4.16 D Projesi Kazanılmış Değer ve Gerçekleşen Maliyet Kıyaslanması.....	90
Şekil 4.17 D Projesi OMH ve HKOK Değerleri Grafikselsel Gösterim	91
Şekil 4.18 E Projesi Hata Oranları kıyaslanması	93
Şekil 4.19 Proje Maliyeti Tahmin Değerleri kıyaslanması	94
Şekil 4.20 E Projesi Kazanılmış Değer ve Gerçekleşen Maliyet Kıyaslanması	95
Şekil 4.21 E Projesi OMH ve HKOK Değerleri Grafikselsel Gösterim	95
Şekil 4.22 F Projesi Hata Oranları kıyaslanması	98
Şekil 4.23 F Projesi Proje Maliyeti Tahmin Değerleri kıyaslanması.....	98
Şekil 4.24 F Projesi Kazanılmış Değer ve Gerçekleşen Maliyet Kıyaslanması	99
Şekil 4.25 F Projesi OMH ve HKOK Değerleri Grafikselsel Gösterim.....	99
Şekil 4.26 G Projesi Hata Oranları kıyaslanması.....	102
Şekil 4.27 G Projesi Proje Maliyeti Tahmin Değerleri kıyaslanması	103
Şekil 4.28 G Projesi Kazanılmış Değer ve Gerçekleşen Maliyet Kıyaslanması.....	103
Şekil 4.29 G Projesi OMH ve HKOK Değerleri Grafikselsel Gösterim	103
Şekil 4.30 H Projesi Hata Oranları kıyaslanması.....	106
Şekil 4.31 H Projesi Proje Maliyeti Tahmin Değerleri kıyaslanması	106
Şekil 4.32 H Projesi Kazanılmış Değer ve Gerçekleşen Maliyet Kıyaslanması.....	107
Şekil 4.33 H Projesi OMH ve HKOK Değerleri Grafikselsel Gösterim	107
Şekil 4.34 I Projesi Hata Oranları kıyaslanması	110
Şekil 4.35 I Projesi Proje Maliyeti Tahmin Değerleri kıyaslanması.....	110
Şekil 4.36 I Projesi Kazanılmış Değer ve Gerçekleşen Maliyet Kıyaslanması	111
Şekil 4.37 I Projesi OMH ve HKOK Değerleri Grafikselsel Gösterim.....	111
Şekil 4.38 J Projesi Hata Oranları kıyaslanması	114
Şekil 4.39 J Projesi Proje Maliyeti Tahmin Değerleri kıyaslanması	114
Şekil 4.40 J Projesi Kazanılmış Değer ve Gerçekleşen Maliyet Kıyaslanması	115
Şekil 4.41 J Projesi OMH ve HKOK Değerleri Grafikselsel Gösterim	115
Şekil 5.1 KDA, YSA+KD ve DVM+KD Tahmin ve Hata Değerleri.....	123
Şekil 5.2 KDA, YSA+KD ve DVM+KD Yöntemleri OMH ve HKOK Değerleri.....	125

TABLO LİSTESİ

Tablo2.1 Proje Yönetimi Kavramının Gelişimi[39]	7
Tablo2.2 Süreç Grubu ve Bilgi Alanı çapraz sınıflandırma tablosu [188].	10
Tablo 2.3 KDY ve Temel Proje Yönetimi Soruları	19
Tablo3.1 KDY ve Proje Yönetimi [131].....	35
Tablo 3.2 Kazanılmış Değer Ölçüm Teknikleri.....	39
Tablo 3.3 KDY ve Temel Proje Yönetimi Soruları.	41
Tablo 3.4 Temel KDY Performans Ölçümlerinin Yorumlanması.....	42
Tablo 4.3 A Projesi Kazanılmış Değer Analizi Hesaplamaları.....	75
Tablo 4.4 A Projesi Gerçekleşen Maliyet, Kazanılmış Değer, Planlanan Değer ve Proje Maliyetleri	76
Tablo 4.5 A Projesi Maliyet Tahmin ve Hata Değerleri	76
Tablo 4.6 A Projesi OMH ve HKOK Değerleri.....	77
Tablo 4.7 B Projesi Kazanılmış Değer Analizi Hesaplamaları.....	79
Tablo 4.8 B Projesi Proje Gerçekleşen Maliyet, Kazanılmış Değer, Planlanan Değer ve Proje Maliyetleri.....	80
Tablo 4.9 B Projesi Maliyet Tahmin ve Hata Değerleri	80
Tablo 4.10 B Projesi OMH ve HKOK Değerleri.....	81
Tablo 4.11 C Projesi Kazanılmış Değer Analizi Hesaplamaları.....	83
Tablo 4.12 C Projesi Proje Gerçekleşen Maliyet, Kazanılmış Değer, Planlanan Değer ve Proje Maliyetleri.....	84
Tablo 4.13 C Projesi Maliyet Tahmin ve Hata Değerleri	84
Tablo 4.14 C Projesi OMH ve HKOK Değerleri.....	85
Tablo 4.15 D Projesi Kazanılmış Değer Analizi Hesaplamaları.....	87
Tablo 4.16 D Projesi Gerçekleşen Maliyet, Kazanılmış Değer, Planlanan Değer ve Proje Maliyetleri	88
Tablo 4.17 D Projesi Maliyet Tahmin ve Hata Değerleri	88
Tablo 4.18 D Projesi OMH ve HKOK Değerleri.....	89
Tablo 4.19 E Projesi Kazanılmış Değer Analizi Hesaplamaları	91
Tablo 4.20 E Projesi Proje Gerçekleşen Maliyet, Kazanılmış Değer, Planlanan Değer ve Proje Maliyetleri.....	92
Tablo 4.21 E Projesi Maliyet Tahmin ve Hata Değerleri.....	92

Tablo 4.22 E Projesi OMH ve HKOK Değerleri	93
Tablo 4.23 F Projesi Kazanılmış Değer Analizi Hesaplamaları	96
Tablo 4.24 F Projesi Proje Gerçekleşen Maliyet, Kazanılmış Değer, Planlanan Değer ve Proje Maliyetleri.....	96
Tablo 4.25 F Projesi Maliyet Tahmin ve Hata Değerleri.....	97
Tablo 4.26 F Projesi OMH ve HKOK Değerleri	97
Tablo 4.27 G Projesi Kazanılmış Değer Analizi Hesaplamaları.....	100
Tablo 4.28 G Projesi Proje Gerçekleşen Maliyet, Kazanılmış Değer, Planlanan Değer ve Proje Maliyetleri.....	100
Tablo 4.29 G Projesi Maliyet Tahmin ve Hata Değerleri	101
Tablo 4.30 G Projesi OMH ve HKOK Değerleri.....	101
Tablo 4.31 H Projesi Kazanılmış Değer Analizi Hesaplamaları.....	104
Tablo 4.32 H Projesi Proje Gerçekleşen Maliyet, Kazanılmış Değer, Planlanan Değer ve Proje Maliyetleri.....	104
Tablo 4.33 H Projesi Maliyet Tahmin ve Hata Değerleri	105
Tablo 4.34 H Projesi OMH ve HKOK Değerleri.....	105
Tablo 4.35 I Projesi Kazanılmış Değer Analizi Hesaplamaları	108
Tablo 4.36 I Projesi Proje Gerçekleşen Maliyet, Kazanılmış Değer, Planlanan Değer ve Proje Maliyetleri.....	108
Tablo 4.37 I Projesi Maliyet Tahmin ve Hata Değerleri.....	109
Tablo 4.38 I Projesi OMH ve HKOK Değerleri	109
Tablo 4.39 J Projesi Kazanılmış Değer Analizi Hesaplamaları.....	112
Tablo 4.40 J Projesi Proje Gerçekleşen Maliyet, Kazanılmış Değer, Planlanan Değer ve Proje Maliyetleri.....	112
Tablo 4.41 J Projesi Maliyet Tahmin ve Hata Değerleri	113
Tablo 4.42 J Projesi OMH ve HKOK Değerleri	113
Tablo 4.43 OMH Değerleri Varyans Analizi Testi Sonuçları.....	116
Tablo 4.44 HKOK Değerleri Varyans Analizi Testi Sonuçları	116
Tablo 5.1 KDA, YSA+KD ve DVM+KD Tahmin ve Hata Değerleri.....	120
Tablo 5.1 KDA, YSA+KD ve DVM+KD yöntemleri OMH ve HKOK Değerleri	124

ÖZET

Sürekli artan rekabet ve hızlı değişim ortamında pazarda yer edinebilmek ve pazardaki mevcut konumun korunup geliştirilebilmesi hayati bir önem taşır. Bu durumda proje bazlı çalışan firmalarda etkin bir proje yönetimi anlayışı ve uygulaması gereklidir. Etkin bir proje yönetimi zaman, maliyet ve kalitenin optimizasyonuna ek olarak proje sürecinin iyi izlenmesine ve risklerin doğru yönetilmesine ihtiyaç duymaktadır. Proje sürecinin başarılı bir şekilde izlenmesi ve kontrol edilmesi, performans göstergelerinin doğru seçimi, şirketlerin kendi başarılarını ölçmelerine, rakipleriyle kıyaslamalarına ve böylece iyi bir yönetim altyapısına olanak sağlamaktadır.

Devam etmekte olan projelerin tamamlanma maliyetlerini doğru tahmin edebilmek şirket kaynaklarının ve bütçesinin verimli kullanılması açısından çok önemlidir. Proje yürütme safhasında gerçekleştirilen maliyet tahminleri düzeltici faaliyetlerin ve risk tepkilerinin oluşturulmasına olanak sağlamaktadır.

Projelerde maliyet ve süre tahminleri proje yönetimi performans ölçüm aracı olan kazanılmış değer analizi yöntemiyle yapılmaktadır. KDA yönteminde projenin tamamlanan kısmına ait performans verileri, proje geleceği ile ilgili tahmin hesaplamalarında kullanılmaktadır. KDA yöntemi doğrusal hesaplama sistemine dayalı olduğu için proje tahmini tamamlanma maliyet TTM değerinin hesaplanmasında yetersiz kalmaktadır. Geniş bir uygulama alanına sahip yapay zekâ teknikleri tahmin yöntemleri çalışmalarında da sıkça kullanılmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Tezde proje tamamlanma maliyetinin tahmini için optimizasyona dayalı sınıflandırma ve regresyon problemlerinde kullanılmakta olan destek vektör makineleri (DVM) yöntemi KD yöntemiyle entegre edilerek hibrit bir tahmin modeli geliştirilmiştir.

Tezin ilk bölümünde proje yönetimi ve tahmin yöntemleri anlatılarak performansa dayalı tahmin yöntemleri üzerinde durulmuştur. Daha sonra Kazanılmış değer analizi, destek vektör makineleri ve yapay sinir ağları (YSA) yöntemleri anlatımları ve literatür çalışmaları verilmiştir.

Uygulama bölümünde 10 adet konut projesi dokuz proje safhasına ayrılarak toplamda 90 veri ile çalışılmıştır. Her projenin her bir bölümünde analizler yapılarak günümüzde kullanımı devam eden, geleneksel yöntem olan KDA ile projelerin tahmini tamamlanma maliyet değerleri hesaplanmıştır. Daha sonra DVM+KD ve YSA+KD yöntemleri kullanılarak geliştirilen tahmin modeli ile proje maliyeti tahmin edilmiştir.

KDA, DVM+KD, YSA+KD yöntemleriyle elde edilen proje maliyeti tahmin sonuçları gerçekleşen proje maliyetleri ile kıyaslanarak ortalama mutlak hata (OMH) ve hata karelerinin ortalamasının kökü (HKOK) değerleri hesaplanmıştır. Sonuçlar grafik ve tablo şeklinde tezde sunulmuştur. Son olarak DVM+KD ve YSA+KD yöntemleri ile geliştirilen tahmin modelinin proje yönetimi disiplinine olan katkılarından bahsedilmiştir.

SUMMARY

In this increasing competition environment taking a new place furthermore protecting the current position in the market place have vital importance. In this case implementing an effective project management approach is required for project-based working companies. In addition to time, cost and quality optimization, it is also required to manage risks successfully and track project progress in detail. Tracking and control of a project process successfully and selection of appropriate performance indicators provide an opportunity to companies for comparison with others, measure their own success and thus companies have better management platform.

It's very important to make a right cost estimation for ongoing projects for effective use of companies' resources and budget. Cost estimations that made in project execution phase provide opportunity to form corrective actions and risk responses for project.

Earned value analysis method which is project management performance measurement tool used for cost and time estimation in projects. In EVA method project's performance data's of completed parts used for estimation calculations of project future values. EVA method is inadequate in estimate at complete (EAC) value because it's calculation method based on linear calculation system. Artificial intelligence techniques with wide application area also used in estimation studies and successful results obtained. In this thesis the optimization based classification and regression method support vector machines (SVM) method integrated with (EV) method so a hybrid estimation model developed for estimation of project completion cost.

In first part of thesis project management, estimation methods and performance based estimation methods are explained. After this literature studies and explanations of earned value analysis, support vector machines and artificial neural networks methods are given.

At the application section 10 resident projects separated to nine project phases and totally studied with 90 datas. Each part of every project analyzed with the current

method (EVA) and their (EAC) values calculated. After that the developed estimation method with (SVM+EV) and (ANN+EV) methods are used to estimate project cost.

Project costs estimation results that obtained with EVA, SVM+EV and ANN+EV methods are compared with actual project costs and mean absolute error and mean squared error values are calculated. Results are given with diagrams and charts. Finally contributions of the developed method with SVM+EV and ANN+EV methods to project management are explained.

1. GİRİŞ

Günümüzde piyasalardaki rekabet, ulaşım, iletişim kolaylığı ve küreselleşmenin etkisiyle ulusal çaptan uluslararası platforma taşınmıştır. Bu yoğun rekabet ortamında firmaların yürüttükleri projelerde başarılı olabilmeleri zamanı, maliyeti ve kısıtlı kaynakları başarılı bir şekilde yönetebilmelerine bağlıdır.

Bir projede kapsam, zaman ve maliyeti optimize ederek rekabet avantajı sağlamanın, verimliliği artırmanın yolu, kapsamı belirlenen bir projenin belirlenen zamanda planlanan bütçeyle ve istenilen kalitede yürütülmesi olarak tanımlanan proje yönetimi disiplini eksiksiz ve başarılı bir şekilde uygulamaktan geçer. proje başlangıcından tamamlanmasına kadar olan süreçte planlama, yürütme ve tüm süreci kapsayan izleme ve kontrol safhaları proje yaşam döngüsünü oluşturmaktadır. Proje performansının ölçülebilmesi ve değerlendirilmesi proje yaşam döngüsü dâhilindeki proje yönetimi araç ve teknikleriyle gerçekleştirilmektedir.

Yürütülmekte olan projelerde firmaların kendi yeteneklerini tanımaları, ayrıca kapasitelerinin ve performanslarının farkında olmaları gerekmektedir. Projeler dinamik yapıya sahiptirler, bu sebepten dolayı proje yürütme sürecinde performansın doğru bir şekilde ölçülebilmesi ve risklerin başarılı bir biçimde yönetilebilmesi için projenin izlenmesi ve kontrolü proje yönetiminin önemli bir odak noktasıdır. Proje ekibinin proje performansını artırabilmesi için öncelikle projeye ait verilerin elde edilmesi daha sonra bu verilerin işlenerek enformasyon ve bilgiye dönüştürülerek kilit performans göstergelerinin (KPG) belirlenmesi gerekmektedir.

Uzun yıllardan beri proje yönetimi çerçevesinde, projenin başlangıç aşamasından kapanışa kadar geçen tüm proje süreci olarak tanımlanan proje yaşam döngüsünün ilk bölümü olan proje planlama safhasında proje maliyetini ve proje süresini tahmin edebilmesi çok önemlidir. Bu yüzden uzun yıllardan beri birçok akademisyen,

araştırmacı ve firma bu kapsamda çeşitli çalışmalar yürütmektedirler. Özellikle son yıllarda maliyet tahminlerinde daha kesin sonuçlarına ulaşmak için araştırmacılar ve akademisyenler proje performansına dayalı tahmin yöntemleri geliştirilmesine odaklanmışlardır.

Proje yönetiminde performansa dayalı tahmin yöntemlerine ait kilit performans göstergeleri genelde proje süresi ve proje maliyeti olarak belirlenmiştir. Örnek vermek gerekirse bir firma için KPG müşteri memnuniyeti olurken bir diğeri için pazar payı olabilir. Detaylı bir planlamadan sonra süre ve maliyet verileri kullanılarak proje başlangıcından sonuna kadar veriler analiz edilerek proje performansı ölçülmektedir.

Bir tahmin sisteminin en önemli özelliği herhangi bir gelecek zamandaki kaynak kullanımı, süre ve maliyet gibi verileri veya tamamlanma verilerini doğru tahmin edebilen bir erken uyarı sistemi olmasıdır.

Günümüz projelerinde proje performansının ölçülmesi ve performansa dayalı maliyet tahmini kazanılmış değer analizi (KDA) kapsamında tahmini tamamlanma maliyeti (TTM) değerinin hesaplanmasıyla gerçekleştirilmektedir. KIM'e (2003) göre TTM teorik bir yöntemdir, ilk olarak maliyet yönetimi için geliştirilse de daha sonralarda tahmin amaçlı kullanılmıştır. Birçok araştırmacı TTM tahmini alanında çalışmış ve çeşitli metodolojiler geliştirmişlerdir.

KDA ile projenin herhangi bir zamanında yapılan analiz sonucunda projenin ne kadar maliyetle ve ne zaman biteceği ile ilgili tahminler yapılabilmektedir. Bu tahminler; proje planlanan değer, kazanılmış değer ve gerçekleşen maliyet kavramları ile hesaplanan proje performans göstergelerine dayanmaktadır. KDA geçmiş proje performansının ölçülmesi açısından çok başarılı ve kesin sonuç veren bir yöntemdir, fakat proje başlangıcından sonuna kadar olan süreçte proje geçmişindeki ve daha gerçekleşmemiş olan gelecekteki riskleri ayıramadığı için TTM tahminini başarılı bir şekilde yapamamaktadır. Projeler belirli bir plana bağlı olarak ilerliyor olsalar bile çok sayıda belirsizlik ve risk içerdiği için genellikle planlanan maliyet ve zaman değerleriyle tamamlanması mümkün olmamaktadır. Tezin uygulama alanı olarak seçilen inşaat endüstrisinde malzeme gecikmeleri, görülemeyen kapsam değişimi, düşük

verimlilik ve kötü hava koşulları gibi riskler inşaat sektöründe performansı etkileyen başlıca risklerdir.

KDA ile yöntemi ile yapılan tahminlerde proje analizine kadar olan proje performansı temel alınarak proje sonunda gerçekleşecek maliyet tahminleri yapılmaktadır. Her ne kadar literatürde ve piyasa geçerli olarak kullanılan yöntem KDA yöntemi olsa da proje risklerinin faaliyetlere düzgün olarak dağılmasının mümkün olmamasından dolayı proje ilk safhalarında hesaplanan performans endeksi maliyet tahmininde güvenilir sonuçlar vermemektedir. Proje başlangıcındaki maliyet sapmaları büyük fakat daha sonraları etkisi azalan riskler neticesinde düşük sapmalar meydana geliyorsa proje ilk safhalarında yapılan tahmin başlangıçtaki düşük performans göstergesine dayalı olarak yüksek bir değer olacaktır. Bunun tam tersi maliyet sapmalarına etki edecek riskler başlangıç faaliyetlerinde değil de proje son faaliyetlerinde ise başlangıçtaki yüksek performans göstergelerine bağlı olarak gerçekleşecek olan tamamlanma maliyetinde daha düşük değerler ortaya koyacaktır.

Günümüzde uzman sistemler ve yapay zekâ teknikleri ile birçok problemin çözümünde doğruya çok yakın sonuçlar kısa zamanda elde edilebilmektedir. Bu yöntemler, birçok farklı alanda başarıyla kullanıldığı gibi tahmin yöntemlerinin geliştirilmesinde de kullanılmış ve tatminkâr sonuçlar elde edilmiştir. 1960'lı yıllarda Vladimir Vapnik tarafından temeli atılan ve 1995 yılında yine Vapnik ve diğ. tarafından gelişimi tamamlanıp bugünkü haline getirilen optimizasyona dayalı sınıflandırma problemlerinde kullanılmakta olan destek vektör makineleri yöntemi ile regresyon problemlerinin analizinde de başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Deneyimli proje yöneticileri benzer projelerin geçmiş verilerine ve kendi deneyimlerine dayanarak devam etmekte olan projeler ile ilgili gerçekçi tahminler yürütebilmektedirler. Bu düşünceden yola çıkarak öğrenen sistemlerle insan zekâsını taklit eden projeler ile ilgili doğru ve gerçekçi tahminler yürütecek sadece deneyimli yöneticilere değil, deneyimi yetersiz kişilere de faydalı olabilecek bir sisteme ihtiyaç vardır.

Bu tezde destek vektör makineleri yöntemi kullanılarak inşaat konut projelerinde yapıların (TTM) tahmini tamamlanma maliyetleri tahmin edilmiştir. Tahmin sonuçları

yapay sinir ağıları ve kazanılmış değer analizi yöntemleri ile elde edilen tahmin sonuçlarıyla kıyaslanmıştır. Bu tez literatürde proje performansına dayalı tahmin yöntemlerinde DVM ve YSA kullanılarak yapılan ilk çalışma özelliği taşımaktadır. Ayrıca planlanan değer ile gerçekleşen maliyet değerlerinin yapay zeka ve uzman sistemler konuları kapsamında değerlendirilerek hibrit bir tahmin modeli geliştirilmiştir.

Tezin ilk bölümünde proje yönetimi, maliyet tahmin yöntemleri, performansa dayalı tahmin yöntemleri ile ilgili detaylı anlatımlar ve literatür çalışmalarına yer verilmiştir. Daha sonra ikinci bölümünde uygulamada kıyaslanan KDA, DVM ve YSA yöntemleri tanıtılmış ve konularla ilgili daha önce yapılan çalışmalar ortaya konmuştur.

Tezin uygulamada bölümünde İstanbul Esenyurt ilçesinde bulunan 10 adet aynı özelliğe sahip 15,50 m kota sahip 1 bodrum, 1 zemin ve 4 normal kattan oluşan ve aynı özelliklere sahip betonarme yapıların projeleri kullanılmıştır. Projeler fiziksel ilerleme durumlarına göre dokuz aşamaya bölünmüştür. Her aşama sonunda proje performans göstergeleri olan kazanılmış değer ve gerçekleşen maliyet verileri kayıt altına alınarak öncelikle KDA yöntemi ile tamamlanma maliyeti tahminleri yapılmış daha sonra literatürde ilk defa uygulanacak olan DVM ve YSA yöntemleriyle sistem geçmiş projelerle eğitilerek tamamlanma maliyetleri tahmin edilmiştir. Son olarak çalışma sonunda KDA, DVM + KDA ve YSA + KDA yöntemleriyle elde edilen tahmin sonuçları karşılaştırılmış ve DVM + KDA ile elde edilen sonuçların YSA + KDA ve KDA ile elde edilen sonuçlardan daha iyi olduğu gösterilmiştir.

2. GENEL KISIMLAR

2.1 PROJE YÖNETİMİ

Proje Yönetimi teorisi 1945 sonrası soğuk savaş silahlarının geliştirilmesi için uygulanan yeni organizasyonel biçimlerin anlaşılması sürecinde ortaya atılmış daha sonra Apollo uzay aracı görevi sırasında NASA tarafından geliştirilmiştir [182].

Proje, belirli bir başlangıç ve bitiş noktası, belirli bir bütçesi olan çok faaliyetli iştir. Proje yönetimi, kapsamı belirlenen bir projenin belirlenen zamanda planlanan bütçeyle ve istenilen kalitede yürütülmesi disiplindir.

PMI'a göre proje özgün bir ürün, hizmet veya sonuç elde etmek için yürütülen geçici bir girişimdir. Proje yönetimi ise bilgilerin, becerilerin, araçların ve tekniklerin, projenin gereksinimlerini yerine getirmek amacıyla proje faaliyetlerine uygulanması olarak tanımlamıştır [129].

Oberlender'e (2000) göre özgün bir projenin planlanan maliyette ve zamanında tamamlanması için insanları, gerekli malzemeleri, parayı ve zaman çizelgelerini koordine etme sanatı ve bilimidir [124].

Turner (1999) Proje Yönetimi yat sürmeye benzettiği örneğinde aşağıdaki maddeleri öne sürmüştür:

- Amaçlarınıza her zaman bir adımda ulaşamazsınız.
- Planınız devamlı olarak değişen koşullara cevap verebilecek şekilde adapte etmelisiniz.
- Detayları değil sadece stratejiyi planlayabilirsiniz.
- Detayların planlanamamasına rağmen hassas bir maliyet ve süre tahmini yapabilmek mümkündür.

- Kazananlar proje sürecinde karşılaşılan koşullara en iyi uyum sağlayabilen en iyi stratejik plana sahip en yetenekli takım olur [161].

Morris'e (1997) göre Proje Yönetimi Yönetim Sözlüğüne ilk 20. Yüzyılın ortalarında Program Değerlendirme ve Gözden geçirme Tekniği (PERT) ile girmiştir.

1960'ların başında iş ve diğer proje merkezli organizasyonlar işleri proje mantığıyla organize etmenin faydasını görmüş ve departmanlar arası iş entegrasyonunun ve iletişimin önemini anlamışlardır [115].

Sisk'e (2003) göre dünyada modern Proje Yönetimi 19. Yüzyılın ikinci yarısında işlerdeki karmaşıklığının ve profesyonelliğin artmasıyla kendisini göstermeye başlamıştır. 1917 yılında Henry Gantt iş operasyonları sırası üzerine detaylı çalışmalar yapmıştır. Süreç boyunca faaliyetlerin sırasını ve süresini gösterilmesini sağlayan kendi adını taşıyan Gantt şemasını bulmuştur [143]. Gantt şemalarının geliştirilmesinden neredeyse bir asır geçmesine rağmen günümüzde de kullanımını devam ettirmektedir.

Haughey (2011) proje yönetimi tarihi ile ilgili çalışmasında proje yönetimi açısından aşağıdaki önemli tarihlere değinmiştir.

- 1957 yılında Dupont Corporation tarafından faaliyet sıralamalarını analiz ederek proje süresinin tahmin edilmesini sağlayan Kritik Yol Metodu (CPM) geliştirilmiştir.
- Olasılıklı proje süresi tahmini yapan Program Değerlendirme ve Gözden geçirme Tekniği (PERT) 1958 yılında Amerikan Savunma Bakanlığına bağlı Amerikan Deniz Kuvvetleri Özel Projeler Bölümü tarafından geliştirilmiştir.
- 1962 yılında Amerikan Savunma Bakanlığı ilk defa balistik füze projesinde İş Kırılım Yapısı (İKY) tekniğini kullanmıştır.
- 1965 yılında 50'ye yakın proje Yönetimi Birliğini bünyesinde bulunduran Uluslararası Proje Yönetimi Birliği kurulmuştur. Birlik proje yöneticileri arasında bir ağ oluşturup bilgi alışverişini sağlamak amacıyla kurulmuştur.
- 1969: Proje Yönetimi Enstitüsü kurulmuştur. (PMI)

- 1975: PROMPTII Metodu Simpack Systems Limited tarafından PROMPTII Metodu geliştirilmiştir.
- 1987: PMI Proje Yönetimi Bilgi Birikimi Klavuzunu (PMBOK) yayınlamıştır.
- 1989: Kazanılmış Değer Yönetimi Amerikan Savunma Bakanlığı tarafından yürütülen projelerde kullanılmaya başlamıştır.
- 1989: İngiliz Devlet Ajansı (CCTA) tarafından PRINCE Proje Yönetimi Metodolojisi geliştirilmiştir.
- 1996: CCTA PRINCE2'yi yayınlamıştır.
- 1997: Eliyahu M. Goldratt 1984 kendisine ait olan Kısıtlar Teorisi kavramını temel alan Kritik Zincir Proje Yönetimi metodunu geliştirmiştir.
- 1998: Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü PMBOK'u Proje Yönetimi Standartları olarak kabul etmiştir.
- 2004: PMI tarafından PMBOK 3. Versiyon Basılmıştır.
- 2008: PMI tarafından PMBOK 4. Versiyon Basılmıştır.
- 2009: OGC tarafından PRINCE' revizyonu yapılmıştır [65].

Tablo2.1 Proje Yönetimi Kavramının Gelişimi[39]

Dönem	Kavram	Ana Dayanak	Alan
1960'lar	Çizelgeleme	Faaliyetlerin Koordinasyonu	Bilişim Teknolojileri, Planlama
1970'lar	Takım Çalışması	İştirakçiler Arasındaki Ortak Çalışma	Rol Tanımlama, Süreç Basitleştirme
1980'lar	Belirsizlik Azaltma	İstikrarlı Kararlar Verme	Veri Tarama, Seçici Lüzumsuzluk, Risk Yönetimi
1990'lar	Eşzamanlılık	İleri Sürülen Talepleri Planlamak	Cevap Verme, İş Birliği
2000'ler	Adaptasyon Stratejik Düzenleme Küreselleşme	Tek ölçü herşeye uymaz Proje Yönetimini iş dünyasına bağlamak Deniz Aşırı Projeler	Uyarlanabilir Yaklaşım Proje Stratejisi Oluşturma Görsel Koordinasyon

2.1.1 Projenin Üç Önemli Boyutu

Projeyi başarılı bir şekilde yönetebilmek Kalite, Zaman, Maliyet boyutlarının başarılı olarak optimize edilmesine bağlıdır. Proje süresince bu üç önemli kavram etkileşim içerisinde ve birbirinden ayrılmaz. Örneğin Zamanı kısaltmak istediğimizde işin

kalitesinin aynı kalması istenirse kaynakların artırılması gereksiniminden dolayı projeye ayrılan bütçe artırılmak zorundadır. Sabit bir proje bütçesiyle çalışmak zorundaysak daha kısa zamanı sadece proje kalitesini veya kapsamını değiştirerek elde edebiliriz.

Optimizasyonun biçimi gerçekleştirilecek olan proje tipine bağlı olarak değişmektedir. Örnek olarak bir hizmet binası mesela hastane, okul, yol gibi projelerde projenin ne kadar bütçe ile bitirileceğinden çok ne kadar kaliteli ve ne kadar kısa sürede tamamlanacağı daha önemlidir ya da yoğun rekabetin yaşandığı konut inşaatlarında proje bütçesi ve kalitesi süre kavramından daha ön plana çıkmaktadır.

2.2 PROJE YAŞAM DÖNGÜSÜ

Proje Yaşam Döngüsü projenin başlangıç aşamasından kapanışa kadar geçen tüm proje sürecidir. PMBOK'a (2008) göre Proje Yaşam Döngüsü sıralı ve iç içe geçen proje fazları grubudur. Yaşam Döngüsü projeye ilişkili özgün işlerden bağımsız bir şekilde proje yönetimine ilişkin temel çerçeveyi sağlar [129].

2.3 PROJE YÖNETİMİ SÜREÇLERİ

Bir fikrin proje olarak tanımlanması kaba olarak kapsamının ve tahmini kaynaklarının belirlenmesinin ardından detaylı planlama süreci başlar ve planlama sürecinin tamamlanmasından sonra proje planına bağlı olarak yürütme süreci başlamaktadır. Projeyi oluşturan tüm faaliyetlerin tamamlanması ve proje paydaşlarının onayı ile kapanış sürecine geçilir. Karşılaşılan riskler, proje belirsizlikleri ve kapsam değişikliği gibi olaylara cevap verebilmek ve projeyi başarılı bir şekilde yönetebilmek için izleme ve kontrol sürecinin proje başlangıcından tamamlanmasına kadar devam etmesi gerekmektedir.

2.3.1 Başlangıç Süreçleri

Proje kapsamının tanımlanmasıyla başlayan süreçte paydaşlar belirlenir proje için gerekli olan bütçe ve kaynaklar tahmin edilir ve proje takımı oluşturulur. Cooke'a (2011) göre Başlangıç süreçleri aşaması gerekli faaliyetlerin, proje amacının, proje

sonunda elde edilecek ürünün, varsayımların, kısıtların ve parametrelerin belirlenmesiyle devam eder [35].

2.3.2 Planlama Süreçleri

Proje planlama süreci proje amacı doğrultusunda kapsamı detaylı olarak belirlemek ve projenin yürütme sürecine geçişi için gerekli dokümanların hazırlığı sürecidir.

Westland’a (2006) göre proje planlama süreci aşağıdaki detayları içermektedir [180]:

Proje faaliyetlerinin, faaliyetler arası ilişkilerin ve sürelerinin belirlenmesi

- Malzeme, ekipman ve işçilik ihtiyacını içeren kaynak planlaması
- Malzeme, ekipman ve işçilik maliyetlerini içeren finansal planlama
- Kalite hedeflerini sağlayacak kalite planlaması
- Potansiyel risklerin belirlenerek bu risklere ait önlem planlarını içeren risk planlaması
- Müşterini tarafından onaylanan kesin plan
- Paydaşların bilgilendirmesi için gerekli olan iletişim planlaması
- Dış tedarikçilerden tedarik edilecek ürünler için tedarik planlaması

2.3.3 Yürütme Süreçleri

Proje kaynaklarının ve faaliyetlerin plana uygun bir biçimde gerçekleştirildiği, proje planında taahhüt edilen işlerin yerine getirildiği süreçtir. Proje yürütme süreci proje süreçleri arasındaki en fazla zamanı alan süreç grubudur.

2.3.4 İzleme ve Kontrol Süreçleri

İzleme ve kontrol süreçleri, proje yürütme sürecinin plana uygun olarak gerçekleştirilmesinin izlendiği ve kontrol edildiği süreç grubudur.

PMI’a (2008) göre izleme ve kontrol sürecinin başlıca faydası, proje performansını düzenli bir biçimde izleyerek proje planına uygun olmayan kısımları saptamasıdır. İzleme ve kontrol süreçleri aşağıdaki maddeleri içermektedir [129]:

- Değişikliklerin kontrolü ve oluşabilecek sorunların önceden tahmin edilerek önleyici faaliyetler tavsiye edilmesi.

- İlerlemekte olan proje faaliyetlerinin izlenerek proje planıyla ve proje performansı temel çizgisiyle kıyaslanması.
- Entegre değişiklik kontrolünü engelleyen faktörleri etkileyerek sadece kapul edilen değişikliklerin uygulanmasının sağlanması.

2.3.5 Kapanış Süreçleri

Proje paydaşlarının onayı ile proje planında taahhüt edilen tüm faaliyetlerin gerçekleştirilmesini ve proje amacına ulaşılmasını içeren süreç grubudur.

Westland'a (2006) göre proje kapanış süreci aşağıdaki detayları içermektedir [180]:

- Tüm proje tamamlanma kriterleri yerine getirildi mi?
- Herhangi bir beklenmeyen proje faaliyeti, risk veya sorun var mı?
- Tüm proje çıktıları ve dokümanları müşteriye teslim edildi mi?
- Tedarikçilerle olan sözleşmeler iptal edilip kullanılmayan kaynaklar başka yerlere sevk edildi mi?
- Proje paydaşları ile proje kapanma süreci görüşüldü mü?

2.4 PROJE YÖNETİMİ BİLGİ ALANLARI

Proje yönetimi bilgi alanları; proje kapsam yönetimi, proje entegrasyon yönetimi, proje tedarik yönetimi, proje maliyet yönetimi, proje kalite yönetimi, proje insan kaynakları yönetimi, proje iletişim yönetimi, proje risk yönetimi, proje zaman yönetimi başlıklı 9 ayrı alana ayrılır. Aşağıda bu alanlarla ilgili bilgiler verilmektedir. Tablo 2.2'de süreç grubu ve bilgi alanı çapraz sınıflandırılması gösterilmektedir.

Tablo2.2 Süreç Grubu ve Bilgi Alanı çapraz sınıflandırma tablosu [188].

	Başlangıç	Planlama	Yürütme	İzleme ve Kontrol	Kapanış
Entegrasyon		Plan Geliştirme	Plan Yürütme	Entegre Değişim Kontrolü	
Kapsam	Başlangıç	Kapsam Planlama Kapsam Tanımlama		Kapsam Tetkiki Kapsam Değişim Kontrolü	
Zaman		Faaliyet Tanımlama Faaliyet Sıralama Zaman Tahmini Çizelge		Çizelge Kontrol	

		Geliştirme			
Maliyet		Kaynak Planlama Maliyet Tahmini Maliyet Bütçeleme		Maliyet Kontrol	
Kalite		Kalite Planlama	Kalite Güvencesi	Kalite Kontrol	
İnsan Kaynakları		Organizasyonel Planlama	Takım Geliştirilmesi		
İletişim		İletişim Planlama	Bilgi Dağıtım	Performans Raporlama	İdari Kapanış
Risk		Risk Planlama Risk Tanımlama Nitel Risk Analizi Nicel Risk Analizi Risk Kaynak Planı		Risk İzleme ve Kontrol	
Tedarik			Talep Kaynak Seçimi Sözleşme Uygulama		Sözleşme Kapanış

2.4.1 Proje Entegrasyon Yönetimi

Proje Entegrasyon Yönetimi çeşitli proje yönetimi elemanlarının, proje hedeflerinin ve alternatiflerinin düzgün bir şekilde koordine edilmesini sağlamaktadır [68]. Aşağıdaki maddeler proje ekibinin yürüttüğü faaliyetlere örnek olarak gösterilebilir [129].

- Kapsamı analiz etmek ve anlamak
- Belirlenmiş bilgilerin proje planına nasıl dönüştürüleceğinin anlaşılması
- Proje teslimatlarını üretecek faaliyetlerin gerçekleştirilmesi
- Proje ilerleyişinin ölçülmesi, izlenmesi ve proje hedeflerine ulaşılması için gerekli faaliyetlerin yapılması

2.4.2 Proje Kapsam Yönetimi

Proje Kapsam Yönetimi projenin hedeflerine başarılı bir şekilde ulaşabilmesi için bütün fakat yalnızca gerekli olan işlerin yapılmasını sağlayan fonksiyon olarak tanımlanmıştır [40], [114].

Projeye nelerin dahil olacağı ve nelerin dahil olmayacağı bu süreçte belirlenir. Projenin iskeletini oluşturan İş Kırılma Yapısı (İKY) Proje Kapsam Yönetimi kapsamında hazırlanır. Turner'a (1999) göre elverişli veya yeterli miktarda iş yapılır, gereksiz işlerden kaçınılır ve yapılacak işler sadece belirlenmiş iş amacı doğrultusunda olmalıdır açıklamasıyla birlikte Kapsam Yönetimi için 4 ana adım olduğunu belirtmiştir [161]:

- Proje amacına göre konseptin geliştirilmesi (Ürün Kırılım Yapısı)
- İş kapsamının İş Kırılım Yapısına göre tanımlanması
- İş ve izleme sürecinin yürütülmesi ve yetkilendirme
- Ürünün üretilmesi ve fayda elde edilmesi için imkânların değerlendirilmesi

2.4.3 Proje Zaman Yönetimi

Zaman Yönetimi Proje Yönetiminin en önemli konularındandır. Zaman kavramının proje başarısının ölçülmesinde net bir ifade özelliği olmasından dolayı performans değerlendirme unsurlarından biri olarak gösterebiliriz. Proje zamanını iyi yönetebilmek sözleşme şartlarına uygun yönetim imkanı sağladığı gibi diğer rakip firmalara kıyasla net bir rekabet avantajı oluşturmaktadır.

Dinsmore (1993) çalışmasında Zaman Yönetiminin dörde ayrıldığını belirtmiştir; Planlama, Tahmin, Çizelgeleme ve kontrol. Planlama ne yapılacağına, nasıl yapılacağına ve bu eylemi gerçekleştirirken neler kullanılacağına başlıklarını içermektedir. Tahmin faaliyetleri gerçekleştirmek için gerekli sürelerin belirlenmesidir. Çizelgeleme faaliyetlerin zaman periyodlarının belirlenerek zaman ve kaynak kısıtlarının ortaya konmasıdır. Kontrol aşaması da projenin zamanında bitmesi için gerekli şartların yerine getirilmesini güvence altına alınmasını sağlayan zaman yönetiminin son aşamasıdır [40].

Wysocki'ye (2004) göre Proje Zaman Yönetimi 5 adet süreçten oluşur: Faaliyet tanımı, faaliyet sıralaması, faaliyet süresi tahmini, çizelge geliştirme ve çizelge kontrol [188].

1. Faaliyet Tanımı: Proje teslimatlarını üretebilmek için yapılması gereken eylemlerin belirlenmesidir. İş Kırılma Yapısının en alt seviyesidir.
2. Faaliyetlerin Sıralanması: Proje çizelgesini oluşturmak için gerekli olan başlangıç sürecidir. Faaliyetler arasındaki ilişkiler belirlenerek sıralanırlar.
3. Faaliyetlerin Sürelerinin Tahmini: Projeyi oluşturan her bir faaliyet için kapsamına ve kaynağına göre gerekli olan çalışma süresinin tahmin etme sürecidir.
4. Çizelge Geliştirme: Faaliyetlerin sıralanarak sürelerinin ve kaynak gereksinimlerinin belirlenmesi sürecidir.

5. Çizelge Kontrolü: Çizelgedeki ilerlemenin izlenmesi, güncellenmesi ve değişikliklerin yönetilmesi sürecidir.

2.4.4 Proje Maliyet Yönetimi

Proje Maliyet Yönetimi proje başarısını direk olarak yansıtan ve başarının ölçülmesini sağlayan Proje Yönetiminin en önemli iki unsurundan diğeridir. Maliyet Yönetimini kısaca özetlenmesi gerekirse ilk olarak faaliyetlere atanan kaynak maliyetleri ve diğer proje giderlerinin oluşturduğu proje maliyetleri tahmin edilir ve proje bütçesi belirlenir. Proje yürütme sürecinde de planlanan maliyetler ve gerçekleşen maliyetler karşılaştırılarak Kazanılmış Değer Yönetimi araçları ile proje maliyet performansı ölçülür ve gerekli eylemler gerçekleştirilir.

İşçilik, malzeme, tesis ve ekipman, taşeron, yönetim, Genel Giderler ve yönetim, vergi ve harç, enflasyon gibi giderler Proje Maliyetlerini oluşturan bileşenlerdir.

Turner'a (1999) göre Proje Maliyet Yönetiminde klasik kontrol sürecinin 4 adımı vardır [161];

- Gelecek performansın tahmin edilmesi
- Geçerli performansın tahmin edilmesi
- Varyansın hesaplanması
- Varyansın büyüklüğüne göre önlem almak

Heerkens (2002) maliyet yönetiminin sadece proje bütçesinin belirlenmesi değil proje maliyetinin zaman çizelgesinde de gösterilmesi olduğunu belirtmiştir [66]

Projeler için direk ve genel maliyetlerini de aşağıdaki gibi açıklamıştır.

Değişken Maliyetler: Projenin yürütülmesiyle gerçekleşen özgün ve değişken maliyetlerdir. İşçilik, Malzeme, Ekipman, Geçici Tesis, Eğitim, Seyahat maliyetleri değişken maliyetlerdir.

Sabit Giderler: Projenin yürütülmesinden bağımsız işletmenin idaresi için gerçekleştirilen maliyetlerdir. Kalıcı Tesisler, Yönetim Giderleri, Kira Giderleri, Sigorta Giderleri gibi örnekler Sabit Maliyetlerdir

2.4.5 Proje Kalite Yönetimi

Proje Kalite Yönetimi önemli proje çıktılarını ve müşteri beklentilerini karşılayarak proje amacı doğrultusunda ihtiyaçları karşılamaya yönelik kalite politikalarını ve hedeflerini içeren süreçleri içermektedir [129],[163],[135].

PMI Proje Kalite Yönetimini Kalitenin Planlanması, Kalite Güvencesinin Sağlanması ve Kalite Kontrolünün Gerçekleştirilmesi olarak 3 ana başlıkta toplamıştır.

Kalitenin Planlanması: Proje ve ürün için kalite gereksinimlerinin belirlenmesi ve projenin standartlara uygunluğunun nasıl gösterileceğinin belgelenmesi sürecidir. Aşağıda sıralanan yöntemler Kalitenin Planlanmasında kullanılan araç ve tekniklere örnek olarak gösterilebilir. Fayda-maliyet analizi, kalite maliyeti, kontrol grafikleri, kıyaslama, deney tasarımı, istatistiksel örnekleme, akış şeması, altı sigma gibi tescilli metodolojiler ve bunların yanında ek planlama araçları olarak beyin fırtınası, yakınlık şeması, kuvvet alanı analizi, nominal grup teknikleri matris diyagramlar [129],[113].

Kalite Güvencesinin Sağlanması: Proje paydaşlarının ihtiyaçlarının karşılandığı kalite denetimleri ve süreç analizi teknikleriyle projenin kalite standartlarına uygun ilerlediğinin garantisinin sağlandığı kalite sürecidir. Kalite Güvencesi projenin ilk safhalarında planlanır [184].

Kalite Kontrolünün Gerçekleştirilmesi: performansı değerlendirip gerekli değişiklikleri önermek üzere kalite faaliyetlerinin yürütülmesinin sonuçlarını izleme ve kayıt altına alma sürecidir. Neden-Sonuç diyagramları, akış şeması, pareto analizi, trend analizi, istatistiksel örnekleme en sık kullanılan kalite kontrol araçlarıdır [129].

2.4.6 Proje İnsan Kaynakları Yönetimi

Proje organizasyonuna dahil olan ekibin organize edilerek yönetilmesi sürecidir [8]. Proje ekibinin doğru seçilmesi ve seçilen ekibe uygun görev ve sorumlulukların

atanması proje başarısını büyük etkisi olan süreçlerden biridir. Doğru işin doğru zamanda doğru kişiye yaptırılması proje verimliliğini artırmaktadır.

2.4.7 Proje İletişim Yönetimi

Başarılı bir proje yönetimi için öncelikle proje ekibinin aynı terminolojiyi konuşması gerekmektedir. Proje ile ilgili bilgilerin doğru zamanda belirli bir biçimde üretilmesi, saklanması, dağıtılması ve ulaşılması eylemlerinin dâhil olduğu süreçtir. Proje Yönetiminde etkin bir iletişim hataların önlenmesini, gereksiz iş tekrarlarının azalmasını sağlamaktadır.

2.4.8 Proje Risk Yönetimi

Proje Yönetiminin bir diğer tanımıda belirsizliğin yönetilmesidir. Risk yönetimi proje başlangıcından tamamlanmasına kadar olan süreçte istenmeyen ve beklenmeyen fakat proje sonuçlarını etkileyebilecek olayların tanımlanması, analiz edilmesi, bunlara karşı planlar yapılması ve bu olasılıklara karşı projenin izlenmesi sürecidir. Johnson ve Scholes (2002) Proje Risk Yönetimi gelişimine stratejik yönetim yaklaşımıyla Stratejik pozisyonu anlamak, stratejik seçimleri anlamak ve stratejiyi harekete çevirmek olarak üç başlıkta incelemiştir [80]. Preston ve diğ. Riskin her zaman için kaybetme olasılığı içerdiğini belirtmişlerdir [132].

Cooper ve diğ. (2004) Risk Yönetimim sürecinin amaçlarını şu şekilde özetlemiştir [37]:

- Organizasyonun yeteneğinin geliştirilmesi
- Organizasyonun Risk Yönetim sürecini genişleterek tüm projelerde tutarlı bir şekilde uygulanabilir hale getirmek.
- Çizelge, maliyet ve işletme performansı çerçevesinde riskleri azaltıp fırsatları yakalayarak daha iyi proje çıktıları elde etmek.

Çeşitli çalışmalarda proje Risk Yönetimi beş adıma ayrılmıştır: Risk kaynaklarının tanımlanması,Özgün risklere ait etkilerin belirlenmesi, Risklerin tüm projeye etkilerinin değerlendirilmesi, tanımlanmış risklerin kontrolü [36],[23],[142].

Winch (2002) Risk Yönetim sürecini şu dört başlıkta toplamıştır; Riskin tanımlanması ve sınıflandırılması, Risklerin kantitatif ve kalitatif tekniklerle analiz edilmesi, Risklerin

sigorta, kabullenme ve transfer şeklinde yanıtlanması, Risklerin gerçekleşme olasılıkları bitmeden tüm yaşam döngüsü boyunca izlenmesi [188].

Kalitatif risk analizi araçları Olasılık-Etki Matrisi, Varsayım Testi ve Kantitatif risk analiz araçları olarak Duyarlılık Analizi, Karar Ağaçları, Monte Carlo Simulasyonu olarak örneklendirilebilir [151],[22].

2.4.9 Proje Tedarik Yönetimi

Proje Tedarik Yönetimi ürün ve hizmetlerin proje ekibine dâhil olmayan dış tedarikçilerden, yüklenicilerden satın alınması sürecidir. Proje yaklaşımının geliştirilmesi sırasında biçimlendirilir ve proje planlama safhasında da somut halini alır [184], [35] .

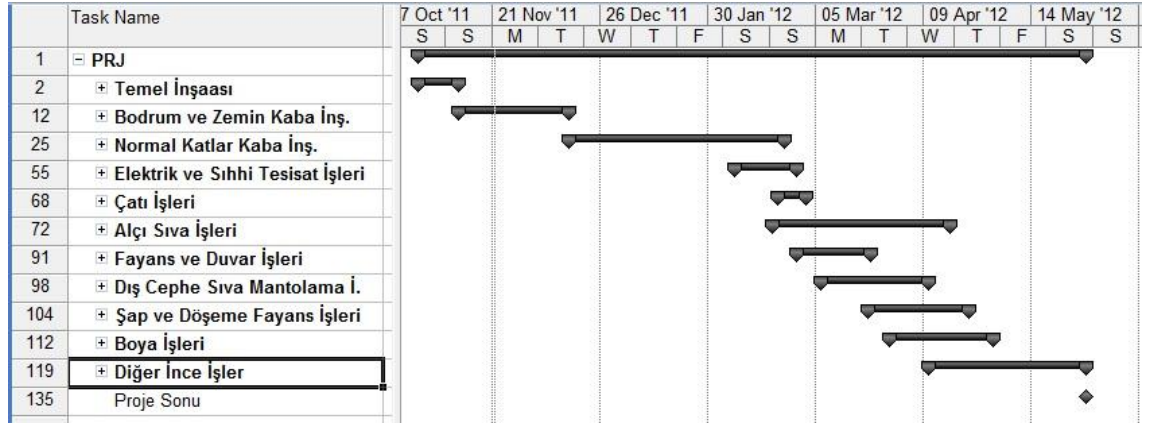
2.5 PROJE ÇİZELGELEME

Çizelgeleme, pek çok faaliyeti içeren bir işe ait faaliyetlerin, atanmasına yönelik bir karar sürecidir. Proje yönetiminde çizelgeleme projeyi oluşturan faaliyetlerin öncelik ilişkileri, süreleri ve kaynaklar dikkate alınarak atanması/sıralanmasıdır. Çizelgeleme aşamasında proje elemanlarının hepsi birden dikkate alınmalıdır. Proje temel öğelerini; faaliyetler, faaliyetler arasındaki ilişkiler ve kaynaklar oluşturmaktadır.

2.5.1 Şebeke Diyagramları

2.5.1.1 Gantt Şeması

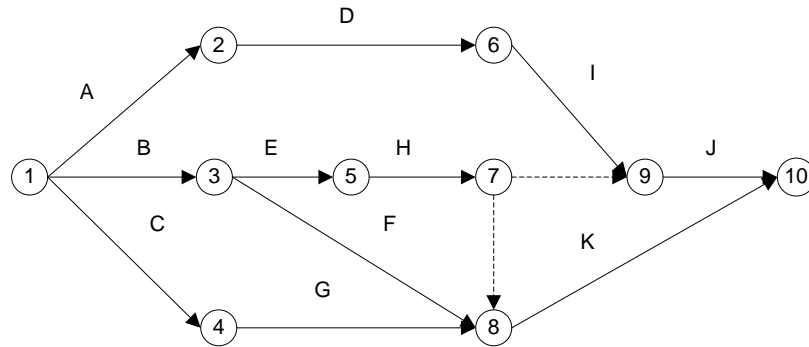
Proje yönetiminin temellerini atan Henry Gantt tarafından geliştirilen şema günümüzde de kullanılmaktadır. Şema, yatay eksen boyunca faaliyetlerlerdeki planlanan ve gerçekleşen ilerlemeyi göstermektedir. Faaliyetler, süreleri ve birbirlerini izleme sıraları göz önüne alınarak zaman ekseninde çubuklar ile gösterilmektedir. Bu nedenle Gantt şemaları, çubuk diyagramı olarak da isimlendirilmektedir. Şekil 2.1’de basit bir proje ve bu projeye MS Project yazılımı ile hazırlanmış Gantt şeması gösterilmiştir.



Şekil 2.1 Gantt Şeması

2.5.1.1 Ok Tipi Diyagram

Faaliyetlerin oklarda gösterildiği şebeke diyagramına ok tipi diyagramlar denir. Faaliyetlerin oklarda gösterildiği şebekelerde, öncelik ilişkilerinin karmaşaya sebebiyet verebileceği durumlarda kukla ya da diğer bir ifadeyle yapay faaliyetler kullanılmaktadır. Şekil 2.2’de ok tipi diyagram örneği görülmektedir.



Şekil 2.2 Ok Tipi Diyagram

2.5.2 Kritik Yol Metodu (CPM)

Kritik yol yöntemi bir projenin planlama ve denetimi için tüm geçerli bilgileri tek bir planda toplayarak onun tamamlanması için gereken işlemlerin sıra ve süreleri ile aralarındaki ilişkileri gösteren bir yönetim tekniğidir. Kritik yol, proje sonunun ağ diyagramındaki en kısa süresini belirleyen en uzun işlem sırasıdır. Yöntem projenin mümkün olan en kısa sürede tamamlanması amacıyla şebeke diyagramı üzerindeki en uzun yol olan kritik yolun tespit edilerek kaynakların bu aktivitelere yeniden atanması

ve kritik yol daha fazla kısalamayacak hale gelene kadar bu işleme devam edilmesi mantığına dayanır.

2.5.3 Program Değerlendirme ve Kontrol Tekniği (PERT)

PERT tekniği tıpkı CPM gibi 1950'lerde geliştirilen bir şebeke tekniğidir. CPM'de faaliyet süreleri kesin deterministik değerler iken PERT'de faaliyet süreleri olasılıklıdır ve projenin tamamlanma süresi beta dağılımına dayanmaktadır. Buna ek olarak proje süresinin olasılıklı tahminleri normal dağılım ile yorumlanmaktadır. PERT tekniğinde bir faaliyetin süresine ait üç değer dikkate alınır. Buna göre faaliyet süresinin belirlenmesinde aşağıdaki üç süre kullanılmaktadır;

a: İyimser Süre

m: Beklenen Süre

b: Kötümser Süre

Bu sürelerden iyimser süre, ilgili faaliyetin en hızlı şekilde tamamlanabileceği süredir. Kötümser süre, risklerin dikkate alınmasıyla yapılan en uzun süre tahminidir. Yani bir faaliyetin en kötü şartlarda tamamlanma süresidir. Denklem 2.1'de görülen beklenen süre ise faaliyetin gerçekleşmesinin beklendiği muhtemel süredir. Denklem 2.2 standart sapma formülü denklem 2.3 ise varyansın hesaplama yöntemi gösterilmiştir.

$$t = \frac{a + 4m + b}{6} \quad (2.1)$$

$$\sigma = \left(\frac{b - a}{6} \right) \quad (2.2)$$

$$\sigma^2 = \left(\frac{b - a}{6} \right)^2 \quad (2.3)$$

2.6 TAHMİN YÖNTEMLERİ

Geleceğe ait bir değeri veya durumu bilebilmek özellikle iş yaşamında sektördeki diğer firmalar karşısında rekabet avantajı ve kaynakların en iyi biçimde yönetilebilmesi imkanı sağlar [13], [126], [58], [117].

2.6.1 Proje Yönetimi Çerçevesinde Maliyet ve Süre Tahmin Yöntemleri

2.6.1.1 Parametrik Tahmin

Parametrik tahminde geçmiş veriler ile diğer değişkenler arasında istatistiksel ilişki kurularak maliyet, bütçe ve süre gibi faaliyet parametreleri için tahmini değerler elde edilir. Bu teknikle modelin karmaşıklık seviyesine ve modelin içerdiği temel verilere bağlı olarak daha yüksek kesinlik seviyelerine ulaşılır. Parametrik tahmin tekniği başka maliyet tahmin yöntemleriyle kullanılabilir ve projenin tamamına olduğu gibi belirli bir kısmına da uygulanabilir. [81]

Parametrik tahmin yönteminde bir bağımlı değişkenin süre ve maliyet tahmini bir veya daha fazla bağımsız değişken ile hesaplanmaktadır. Aşağıdaki tabloda nasıl uygulandığını gösterilmektedir [150].

Tablo 2.3 KDY ve Temel Proje Yönetimi Soruları

GİRDİ	ÇIKTI
Proje Tipi	Tasarım Maliyeti
Çerçeve Tipi	Yapı Maliyeti
Dış Cephe Malzemesi	Malzeme Maliyeti
Çatı Tipi	İşçi Sayısı
Zemin Koşulları	İşçilik Maliyeti
Oturum Alanı	Proje Süresi

2.6.1.2 Benzetime Dayalı Tahmin

Benzetime dayalı teknikler en basit tahmin yöntemleridir. Benzetime dayalı tahmin gerçekleştirilecek proje ile daha önce gerçekleştirilmiş ve veri tabanında bulunan, büyük benzerlik gösteren projelerin kıyaslanma imkanları olduğunda kullanılmaktadır. Oransal tahmin yöntemleri geçmiş proje verilerine dayanmalarından dolayı uzman tarafından doğru bir şekilde yorumlanması gerekmektedir [81].

PMI'a göre Benzetime dayalı maliyet tahmininde, daha önce yürütülmüş benzer bir projedeki kapsam, maliyet, bütçe ve süre gibi parametrelerin değeri ve büyüklük, ağırlık ve karmaşıklık gibi ölçek ölçümleri, mevcut projedeki aynı parametre ya da ölçümlerin tahmin edilmesinde kullanılır.[129]

Oransal Tahmin: oransal tahmin inşaat endüstrisinde oldukça sık kullanılan bir yöntemdir. Performans karakterleri ve fiziksel özellikleri benzer olan projelerde uygulanması daha kesin ve çabuk sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır. Daha önce tamamlanmış bir projenin gerçekleşen maliyetlerini belirli ağırlıklar ve ölçeklendirmeye göre gerçekleşecek olan projeye oranlanır. Oransal tahmin yönteminde eski verilerde, ortak veri tabanlarından, uzman görüşlerinden faydalanılır [71], [125].

Üç-çeyrek kuralı :Üç-çeyrek kuralı tasarlanan proje ile geçmiş projeye ait kapasiteleri kıyaslayarak toplam maliyetin tahmin edilmesinde kullanılan bir tahmin yöntemidir.

Karekök kuralı: Karekök tekniği var olan proje ile tasarlanan proje maliyetlerinin karşılaştırılmasını temel alarak tasarlanan projenin süresinin tahmin edilmesinde kullanılmaktadır.

İki-üç kuralı: eğer proje bir çok tekrar eden ve benzer faaliyetler içeriyorsa İki-üç tekniği proje yöneticisine süre konusunda daha net tahmin yapabilme imkanı sağlamaktadır [133].

2.6.1.3 Uzman Görüşü

Daha az deneyime sahip proje yöneticileri proje ile ilgili tahminlerde daha deneyimli yöneticilerden ve uzmanlardan bilgi alırlar.

Tarihsel bilgilere dayanan uzman görüşleri, eski benzer projelerden yola çıkarak piyasa koşulları konusunda değerli bir kavrayış ve bilgi birikimi sağlar [112].

2.6.1.4 Normalizasyon

Normalizasyon tekniğinde geçmiş verilerden ve projelerden yola çıkılarak yapılan tahminler tasarlanan projenin zamanına ve koşullarına uygun bir biçimde düzenlenir ve normalize edilir [76], [126].

2.6.1.5 Aşağıdan Yukarıya Tahmin

Çalışma bileşenlerini tahmin etme yöntemidir. Tüm faaliyetlerin maliyetleri yüksek düzeyde detaylandırılarak tahmin edildikten sonra detaylandırılan maliyet üst seviyelerde toplanarak maliyet tahmini yapılmaktadır [125], [185].

2.6.1.6 Üç Nokta Tahmini

PERT program değerlendirme ve gözden geçirme tekniği ile geliştirilen bir yöntemdir. İyimser maliyet, en olası maliyet ve kötümser maliyet olmak üzere 3 tahmin kullanılarak bir maliyet aralığı belirlenir [93], [85].

2.6.1.7 Tedarikçi Fiyat Teklifleri Analizi

Tedarikçi fiyat teklifleri analizi uygun tedarikçilerden alınan ihale dosyalarının değerlendirilerek bir maliyet analizi yapılmasıdır. Genelde iş sektöründe ana tahmin çalışmasının yanında buna yardımcı olacak ikinci bir tahmin yöntemi olarak kullanımı söz konusudur.

2.6.2 Performans Tabanlı Tahmin Yöntemleri

Proje Yönetimi araçlarıyla maliyet ve süre varyanslarını ölçmek ve izlemek mümkündür fakat proje süreci ve sonuçları ile ilgili karar verebilmek, düzeltici faaliyetleri hayata geçirmek, proje maliyetlerini ve süresini planlandığı gibi tamamlayabilmek için proje ile ilgili proje başlamadan ve proje ilerleyişi sırasında süre ve maliyet tahminleri yapabilmek hayati önem taşımaktadır. Proje performansı tahmin edilmesi alanında birçok çalışma yapılmaktadır yapılan önemli çalışmalardan örnekler aşağıda verilmiştir. Ahuja ve Diğ. (1994) Planlanan performans kapsamında beklenen varyansların minimize edilebilmesi için tahminin gerekliliğinin önemi üzerine durmuştur [2].

2.6.2.1 Kazanılmış Değer Metodu

Kazanılmış değer metodu proje yöneticileri tarafından proje performansının ölçülmesinde ve tamamlanma maliyetinin (TTM) hesaplanmasında en sık kullanılan yöntemdir. 3 önemli bileşeni olan planlanan değer, kazanılmış değer ve gerçekleşen maliyet değerleri kullanılarak proje kapsamında; tamamlanan işlerin maliyeti ne kadar oldu? Fakat ne kadar olarak planlanmıştı? Ve buna ek olarak planlanan süreyle gerçekleşen süre kıyaslanmasıyla proje ilerleyişinin, performansının ölçülmesinde oldukça iyi, anlaşılır sonuçlar veren proje yönetimi metodudur. Geçmişe yönelik verdiği başarılı değerlerin yanında proje geleceğine yönelik mesela tamamlanma maliyeti gibi değerler içinde geçmiş performans değerlerine dayanarak tahmin yürütme kabiliyetine sahiptir. Kazanılmış değer yönetimi ile ilgili geniş bilgi malzeme ve yöntem bölümünde detaylı bir şekilde anlatılmaktadır.

Seiler (1983) çizelge performansı ve maliyet tahmini için bir tahmin yöntemi önermiştir. Bu çalışma sürecin sonraki aşamalarında gelecek maliyet ve çizelge performansının verimliliğinin projenin bilinen koşullara göre normalize edilmesi gerekliliğini savunmuştur [139]. Eldin ve Hughes (1992) son maliyet tahmininde birim maliyetlerin kullanımını detaylı bir şekilde tartışmaya sunmuştur. Bu çalışmada proje son maliyetinin birim maliyetlerin miktarlara uygulanmasını taban alan iki yaklaşım üzerinde durulmuştur. İlk yaklaşımda gelecekteki birim maliyetlerin tahmin edilmesi için kümülatif güncel birim maliyeti kullanmıştır. İkinci yaklaşımda ise gelecek birim maliyet için en uygun tahminin mevcut dönem birim maliyetleri ile olduğunu varsaymaktadır [44].

Christensen ve Diğ. (1992) (1995) TTM formül ve modelleriyle ilgili 25 örnekle kapsamlı bir inceleme sunmuştur. TTM tahmini için indeks, regresyon ve sezgisel yöntemler geliştirmiştir. Karşılaştırmalı ve karşılaştırmalı olmayan TTM tahmin çalışmalarında şu sonuçlara ulaşmıştır [32],[31].

- 1- Her zaman en iyi sonucu bir formül veya bir model vermez.
- 2- Bu çalışma regresyon tabanlı modellerin geçerliliğini indeks tabanlı modeller üzerine kurmamıştır. Regresyon modelleri için ek çalışmalara ihtiyaç vardır.
- 3- Çalışmada İndeks tabanlı formüllerin sistemin bir fonksiyonu olduğu sonucuna varılmıştır.

Brown(1996) Gelecekteki maliyet performans oranlarındaki varyansı düzeltmek için Christensen'in önerdiği EAC'de bazı değişiklikler yapmıştır. Hazırlanacak bütçe çalışmasının kalan kısmı için tahmini maliyet performans indeksini sunmuştur [15].

Shtub ve diğ. (1994) Kümülatif maliyet ve program performans indekslerinin kalan proje süresi boyunca değişmemiş veya sabit kaldığını varsayan sürekli performans verimliliği modelini geliştirmiştir [141]. Fleming ve Koppelman(1999) ve Zwikael (2000) bu modelin diğer modellere dayalı kazanılmış değerlerden daha iyi olduğunu belirtmişlerdir [54],[204].

Flemming ve Koppelman(1994) sabit bütçe modelini önermiştir. Model; bütün maliyet aşımalarının proje bitiş tarihine göre düzeltici faaliyet yoluyla düzeltebileceğini ve son

maliyetin orijinal bütçeye eşit olabileceğini farz eder. En büyük dezavantajıysa modelin öne sürdüğü varyansının çok az sayıdaki projelere uygulanabilmesi ve çoğu durumda tamamlanma aşamasında fiili maliyetin bütçelenen maliyetten farklı olmasıdır [53].

Fleming ve Koppelman (1999) TTM tahmininde maliyet performans indeksinin (MPE) ve çizelge performans indeksinin (ÇPE) değerlerini kullanmıştır. Program performans modelini önermiştir. Bu model tahmin edilen tamamlanma maliyetinin, hem (MPE) nin hem de (ÇPE) nin bir fonksyonu olduğunu varsaymaktadır [55]. Al-Tabtabai (1996) proje performans endeksine etki eden 8 faktör öne sürerek performans tahmin yöntemi geliştirmiştir. Bu faktörler; Yönetim performansı, nakit akış durumu, malzeme ve ekipman durumu, iş gücü durumu ve verimliliği, hava ve diğer çevresel etkiler, yeniden işleme miktarı, ekstra iş, iş zorluğu, tamamlanmış çalışma yüzdesi, son projenin performans eğilimleridir. İndeks birçok öznel faktör içerdiğinden onun doğruluğu büyük ölçüde yargıların kalitesine ve projeye özel veri yakalama yeteneğine bağlıdır. Bu sınırlamanın inşaat endüstrisinde bilgi sunumu için alan uzmanları gibi iyi deneyimli profesyoneller seçerek bir dereceye kadar üstesinden gelinebildiği belirtilmiştir [6].

Anbari (2003) EAC tamamlanma maliyetini geliştirmek için üç farklı sistem hazırlanmıştır [7] ;

- 1- Mevcut analizin faaliyeti, iş paketini ve projeyi etkileyen değişen koşullar nedeniyle, orijinal tahmin altında yatan varsayım kusurlu ya da artık geçerli olmadığını gösterdiğinde
- 2- Mevcut analizin geçmişteki performansın gelecekteki performans tahmininde iyi bir gösterge olmadığını işaret ettiğinde
- 3- Mevcut analizin geçmişteki performansın gelecekteki performans tahmininde iyi bir gösterge olduğunu işaret ettiğinde

Vanhoucke ve Vandevoorde (2007) kazanılmış değer tabanlı metotlar geliştirerek toplam proje süresini tahmin etmeye çalışmışlardır. Sonuç olarak kazanılmış değer hesaplamalarıyla proje süresi arasındaki ilişkiyi güçlendirerek kazanılmış çizelgeleme (KÇ) metodunu geliştirmişlerdir [165]. Kim ve diğ. (2003) kazanılmış değer yönetiminin değişik yapıdaki organizasyonlarda ve projelerdeki performansını

geliştirebilmek için dört grubu (KDY kullanıcıları, KDY metodolojisi, proje çevresi ve uygulama süreci) hesaba alarak bir yaklaşım geliştirmişlerdir [89]. Cioffi (2006) kazanılmış değer hesaplamalarını daha şeffaf ve esnek hale getiren yeni bir formülasyon sistemi geliştirmiştir [33].

Vandevoorde ve Vanhoucke (2006) klasik kazanılmış değer performans göstergeleri olan ÇV ve ÇPE değerlerini yeni geliştirilen kazanılmış performans çizelge göstergeleri ÇV(t) ve ÇPE(t) ile kıyaslayarak değişik proje durumları için kabul gören çizelge tahmin formülü geliştirmiştir [164]. Vanhoucke (2010) proje performansını geliştirmek için kazanılmış değer analizi üzerine çalışmıştır [166]. Vanhoucke (2012) fiktif ve amprik proje verileri üzerinde monte carlo simülasyonu ile analiz çalışmaları yapmıştır. Çizelge risk analizi ve kazanılmış değer yöntemleriyle elde edilen sonuçları proje kontrolünde düzeltici faaliyetleri tetikleyen bir yöntem geliştirmiştir [168].

2.6.2.2 Stokastik ve Olasılık Metotları

Olasılıklı yaklaşım faaliyet maliyet ve sürelerinde değişkenlik olduğunu varsaymaktadır.

Farghal ve Everett (1997) zaman ya da devam eden çalışmanın kalan döngülerini tamamlamak için maliyet tahmin öğrenme eğrileri kullanmıştır. Bir öğrenme eğrisi döngü sayısının bir fonksiyonu olarak bir döngü tamamlamak için gereken saat veya maliyet çizilerek oluşturulur. Bu çalışmada pek çok yayımlanmış kaynaklardan 60 inşaat faaliyeti için geçmiş veriler kullanılmıştır. Güncel fiili maliyetleri (tamamlamak için tahmini kalan miktar ile birim maliyeti güncel çarpılarak elde edilen olduğu) doğrusal planlama kullanan diğer standart maliyet tahmin yöntemleri ile karşılaştırıldığında, önerilen öğrenme eğrisi yöntemi daha doğru olduğu gösterilmiştir. Önerilen yöntem öğrenme etkileri mevcuttur tekrarlayan faaliyetlerin gelecekteki performansını tahmin etmek için geçerlidir [49].

Barraza ve diğ. (2004) Stokastik S eğrileri (SS) kavramını kullanarak yeni bir yöntem uyguladılar; bu yöntem, proje yöneticisine projenin ilerleyişinin her % 10 artışında da proje tamamlanma maliyeti ve çizelge performansını tahmin etme olanağı sağlamaktaydı.

Bu yöntemin temel hedefi faaliyetlerin maliyeti ve süresi değişkenliğe dayalı stokastik S eğrileri oluşturmak için simülasyon yaklaşımı kullanmaktır. Yöntem her simülasyon iterasyonu için olası bir S eğrisi oluşturulmasını sağlar. Simülasyon yöntemi kullanarak, stokastik S-eğrileri maliyet ve zaman dağılımlarının herhangi bir gerçekleştirilen çalışma yüzdesinde elde edilebilmesini sağlamaktadır. Bu yöntemin temel amacı düzeltici faaliyet için ihtiyaç duyulacak tamamlanma performans değişikliklerini tahmin etmektir [10].

Lee (2005) Bir projenin kullanıcı tarafından verilen sürede tamamlanma olasılığını ölçebilen stokastik proje çizelgeleme simülasyonu (SPÇS) yazılımı geliştirmiştir. Bu yazılımda (SPÇS) proje kritik yolu hesaplayabilmektedir ve daha sonra proje çizelgesi kullanıcının belirlediği sayıda iterasyon yaparak her hangi bir zamandaki stokastik olasılığı hesaplayabilmektedir [99]. Lee ve Arditi CPM, PERT ve stokastik DES yöntemlerini aynı sistem içerisine entegre ederek Simülasyon tabanlı stokastik bir çizelgeleme sistemi (S3) geliştirmişlerdir. Geliştirilen S3 sistemi stokastik proje çizelgeleme simülasyonu (SPÇS) sistemine dayanmaktadır ve SPÇS'in özelliklerinden faydalanabilmektedir [98]. Vanhoucke (2011) proje çizelgeleme, risk analizi ve proje izleme parametrelerini proje başarısı ve başarısızlığı için anahtar parametreler olarak göstermiştir ve çalışmasında monte carlo simülasyonu ile kazanılmış değer performans ölçütlerini kıyaslamıştır [167].

Kim ve Reinschmidt (2009) performans kontrol çizelgesi ve devam eden projelerde risk yönetimi için olasılıklı bir tahmin metodu geliştirmişlerdir. Bayes BetaS- eğrisi (BBM) yöntemi tahminler üzerinde güven aralığı oluşturmaktadır. Bu aralıklar potansiyel çıktıların alanı ve başarının olasılığı bu sayede belirlenebilmektedir. (BBM) bayes mantıksal çıkarım ve beta dağılımına dayanmaktadır [88]. Chou ve diğ, (2010) proje performansını değerlendiren web tabanlı, görselleştirilmiş bir kazanılmış değer yönetimi sistemi geliştirmişlerdir. Uzmanlarla ve profesyonellerle olan görüşmelere dayanan olasılıklı çok kriterli karar verme sistemi kapsamında internet tabanlı veri tabanı yönetim sistemini geliştirerek kazanılmış değer yönetimini veri tabanı yönetimi sistemine entegre etmişlerdir [29].

2.6.2.3 Deterministik Metodlar

Deterministik yaklaşım, büyük olasılıklı değerleri kullanarak maliyet ve çizelgeyi tahmin etmek demektir. Özellikle deterministik metotların, inşaat organizasyonları tarafından daha yaygın kullanıldığı literatürde mevcuttur. Deterministik tahmin metotlarında genellikle performans trend analizini kullanmaktadır [119].

Teicholz (1993) değişken hareketli ortalama (sliding moving average) (SMA) yöntemini geliştirmiştir. Bu yöntem bir inşaat projesinin tamamlanma maliyetini tahmin eden değişken hareketli ortalama (DHO) ve güncel maliyet verilerini kullanır. Önerilen bu metot mevcut iki yöntemle karşılaştırılmış ve doğruluk, zaman ve tutarlılık açısından üstün olduğu gözlenmiştir. Proje analizlerinden elde edilen sonuçlar tek bir inşaat firması ile ilgili olması bu araştırmayı sınırlamıştır. Buna ek olarak önerilen metot diğer performans parametrelerini veya çizelge verilerine bağlantılı maliyet verilerini göz önünde tutmaksızın sadece maliyeti tahmin etmiştir [159]. Wheelwright (1995) Çeşitli öznal ve deterministik matematiksel yöntemler üzerine çalışmıştır. Bütün projelerde, bütün şartlar altında doğru ve üstün olacak tek bir deterministik tahmin metodunun olmadığı sonucunu çıkartmıştır. Buna rağmen araştırma hareketli ortalama gibi, karışık tekniklerden daha iyi tahminler üretebilecek hareketli ortalama gibi bazı basit teknikler saptamıştır [181].

Naswan ve Angelo (1997) inşaat planları ve maliyet endeks tahminlerini entegre ederek inşaat maliyetlerinin tahmin eden bir strateji için şartnameler geliştirmişlerdir. Tahmin modülü maliyet endekslerini şu altı tahmin tekniğini kullanarak bir öngörü sağlar; basit hareketli ortalama, Basit üstel düzeltme, üstel düzeltme, ayırma yöntemi. Ayırma yönteminin diğer tekniklere kıyasla daha iyi sonuçlar çıkardığı ve bu tekniğin yargısal geribildirimini son tahmin rakamlarına dönüştürme yeteneğine sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Bu çalışmadaki maliyet tahmini, proje tasarımının ilk evrelerinde ve inşaat başlamadan önceki gelecek harcamalarının tahmini ile sınırlıdır [118].

Lipke ve diğ. (2009) proje yöneticilerinin proje tamamlanma maliyetini ve proje süresini tahmin etmeleri için proje yöneticilerine doğru karar vermelerini sağlayan bir metot geliştirmişlerdir. Bu metot çizelge performans analizi, kazanılmış değer yönetimi için istatistiksel matematik kullanımı, Kazanılmış Çizelge (KÇ) İstatistiksel öngörü ve

test metotları özelliklerine sahiptir [100]. LEU ve LIN (2008) istatistiksel kontrol diyagramları tekniği ile geleneksel kazanılmış değer yönetiminin performansını artırmaya çalışmışlardır. Proje performans verilerini izlemeye yarayan ve bu sayede zaman içerisindeki olumsuz değişimlerin yakalanmasını sağlayan bir kontrol diyagramları aracı geliştirmişlerdir [102].

2.6.2.4 İleri Hesaplama Metotları

Al-Tabtabai (1998) PAFEX denilen bir çerçeve geliştirilmiştir (performans analizi ve uzman sistem tahmini) çerçeve iki modülden oluşur; ilk modül proje performansını analiz etmek için bir uzman sistem; İkinci modül ise Yapay sinir ağı uygulayarak proje performansı tahmin ile ilgilenir.

Sistem inşaat performansını yapay sinir ağları kullanarak maliyet ve çizelge açısından tahmin etmeye çalışmaktadır. Ardından inşaat proje yöneticisinin tahmin sürecini göstermek için uzman sistemlerin uygulamasını tanıtmıştır. Uzman bilgisi planlama uzmanlarından oluşan bir grup ile yapılan görüşme sonucu elde edilmiştir. Uzmanlardan proje tamamlanmasında maliyet ve çizelge performansına etki edebilecek faktörlerin tanımlanması istenmiştir[5]. Isidore ve Back (2002) aralık tahminini ve olasılık planlaması tekniklerini birbirleriyle ilişkilendirerek çoklu simülasyon analizi tekniği (ÇSAT) adı verilen yeni bir prosedür geliştirmişlerdir. Bu analitik olasılık maliyet ve her iki parametre için yüksek güven değerleri seçilebilmesine olanak sağlayan program veriler arasındaki karmaşık etkileşimleri ölçmek için geliştirilmiştir.

Bu çalışmada, yüksek güven düzeyine sahip bir çizelge değerini seçerek seçilen zamanlama değerine karşılık gelen ilgili maliyet tahmininin de aynı zamanda çizelge değeri gibi yüksek güvenilirliğinin aynı düzeyde olacağını garanti edilmediği belirtilmiştir.

(MSAT) stokastik maliyet tahmini ve zamanlama verileri arasındaki ilişkiyi modellemek için kesikli olay simülasyonu, regresyon analizi ve nümerik analiz yöntemlerini birleştirir. Model karar verecek olanlara yüksek olası çizelgeleme ve maliyet tahmininin seçimine olanak sağlamaktadır. Böylece doğru ve güvenilir tahminler elde edilir [75].

Vitner ve diğ. (2006) Proje performans tahmini çerçevesinde veri zarflama analizi üzerine çalışmışlar ve veri zarflama analizi (VZA) Yaklaşımı ile çoklu proje ortamlarında kazanılmış değer analizi sistemi (KDAS) ve çok boyutlu kontrol sistemi (ÇBKS) metotları ile proje performansını değerlendirebilmişlerdir [171]. Malgorzata ve Özgür (2009) proje yöneticilerini kazanılmış değer in karmaşık ve zor hesaplamalardan kurtarmayı amaçlayan KDY/öğrenme eğrisi adını verdikleri elektronik tablo tabanlı karar destek aracı geliştirmişlerdir [107]. Warburton (2011) geleneksel tahmini tamamlanma maliyeti hesaplamalarından farklı olarak daha az parametreye bağımlı olarak daha hızlı çözüm imkânı sağlamak amacıyla faaliyetlerin reddedilme oranı, reddedilen faaliyetlerin düzeltilmesi için harcanan zaman ve maliyet aşım parametreleri kısıtlarını kullanarak proje performans göstergeleri olan MPE ve ÇPE değerlerinin hesaplamıştır [179].

2.6.2.5 Yapay Zeka, Uzman Sistemler ve Bulanık Mantık Metotları

Nay ve Logcher (1986) iş paketi düzeyinde zaman ve maliyet farklarını tahmin eden bir yapay zekâ (YZ) sistemi sunmuştur [120]. Boussabaine ve Elhag (1999) proje düzeyinde nakit akışı tahmin etmek için öznel bir model geliştirmiştir. Bulanık üyelik fonksiyonları geliştirmek için her değerlendirme döneminde 30 olayla ilgili istatistiksel sonuçlar kullanılmıştır.

Her bir değerlendirme süresi kapsamını açıklamak için üç dilsel terim: "Orta", "Düşük" ve "Yüksek" terimleri kullanılmıştır ve Mevcut nakit akışı durumu "Orta İyimser", "Kötümser" ve "İyimser" olarak tanımlanmıştır [12].

Ng ve Diğ. (2001) nakit akış tahmin yeteneği olan bilgisayar tabanlı bir model oluşturmuştur. Modelde proje nakit akışının gelecekteki eğilimini tahmin etmek için bir program içerisinde iç karlılık oranı (İKO) ve sermaye gereksinimi nakit akış performansını belirlemek için kullanılır. Gerçek verilerden elde edilen sonuçlar modelin İKO ve projelerin sermaye ihtiyacı ile ilgili iyi bir tahmin verdiği yazar tarafından ifade edilmektedir [121]. Knight ve Fayek (2002) mühendislik tasarım projelerinde çalışan ve dolayısıyla karı tahmin eden maliyet aşımaları tahmin etmek için bir bulanık mantık modeli önermiştir. Bulanık ikili ilişki proje özellikleri ve diğer yandan risk olayların bir

arada yürütülmesi sonucunda on üç proje özelliği ve bir yandan sekiz risk olayı ve maliyet aşırımları arasındaki ilişkiyi modellemek için kullanılmıştır [94].

Skitmore ve diğ. (2003) inşaat zaman ve maliyet tahmini için bir tahmin modeli kurdu. Bu çalışma 93 Avustralya inşaat projelerinin gerçek verileri ile yapılmıştır. Modeli geliştirmek için, ileri çapraz doğrulama regresyon analizi kullanılmış ve çeşitli faktörler müşteri sektörü, yüklenici seçimi yöntemi, sözleşme düzenleme, proje tipi, sözleşme süresi ve sözleşme toplamı kullanılmıştır.

Model farklı müşteri sektörü, yüklenici seçimi yöntemi, sözleşme düzenleme ve proje türü risk ve belirsizliklere dayalı gerçek inşaat süresini ve maliyetini tahmin etmek için müşteriler ve yükleniciler için pratik araçlar sunar [144]. Li (2004) Proje bitiminde ve ara gelecek noktalarda proje maliyet ve süresini tahmin etmek için gösterge tabanlı bir bulanık tahmin yöntemi geliştirmiştir. Yöntem ve bulanık çıkarım süreci ve Genelleştirilmiş Modus Ponens (GMP) ilkesi türü mantık kullanılmıştır.

Model gelecek maliyet değerlerinin tahmininde giriş değişkenleri için gösterge olarak on üç terminali kullanmıştır. Proje süresi tahmin etmek için ise İki performans göstergesi kontrol nesnesi olarak kullanılmıştır. Geliştirilen sistem proje, kontrol-nesne ve bireysel kaynak olarak üç düzeyde raporlar oluşturabilmektedir [103]. Naeni ve diğ. (2010) sözel ifadelerle ve bulanık yaklaşımlarla kazanılmış değer endekslerini hesaplamışlardır [100].

2.6.2.6 Sezgisel Teoriler ve Yargısal Tahmin Tabanlı Metotlar

Hill (1970) Delphi tekniğine benzer yargısal tahmin teknikleri geliştirmiştir. Delphi tekniği uzmanlardan oluşan bir gruptan cevap almak için görüşün ortaya çıkartılmasında kullanılan bir araçtır. Delphi tekniği” birçok düşünce bir düşünceden daha iyidir” kuralını kullanır. Yargısal tahminde eksiklikler yaygın olarak eleştirilmiştir. Çoğu durumda bu tip tahminler sade şekilde yürütülmüştür ve sonuçlar çoğu zaman pek güvenilir değildir [70]. Diekmann ve Al-Tabtabai (1992) Proje performans tahmini için sosyal-yargısal teori kavramı yaklaşımını tanıtmışlardır. Bu yaklaşım matematiksel metotlar yerine yargıyı kullanır ve bir dizi bilgiye dayalı geleceğin tahmini için bilişsel

sistemin bir model oluşturması ile ilgilidir. Sosyal yargı metodu kişilerin yargılarını bağımlı değişken ve bağımsız değişken olarak ipuçları değerlerini temsil etmek için çoklu regresyonu kullanmaktadır.

Yargıların tahminleri ilerde belirtilecek olan varyans tipleri için geliştirilmiştir; miktar kullanım varyansı, işçilik-verimlilik varyansı, işçilik ücret-oranı varyansı, malzeme fiyat-oran varyansı, ekipman maliyet varyansı ve iş paketi-izelge varyansı.

Bu metodu kazanılmış değer tabanlı tekniklerden ayıran farklılıklar geleceği tahmin ederken sadece mevcut durumu göz önünde bulundurarak değil bunun yanında gelecekteki sonuçları etkileyebilecek diğer faktörleri de dikkate alıyor olmasıdır. Yöntemin en büyük dezavantajı ise proje yöneticilerinin uzmanlık ve deneyimlerine bağımlı olmasıdır. Eğer giriş verileri güvenilir olmazsa model tatmin edici sonuçlar üretememektedir [41]. Marques ve diğ. (2010) ok boyutlu proje performansı ölçüm sistemi olan MACBETH modelini geliştirmişleridir. Model proje performansına göre proje yöneticisinin karar verme davranışını yönlendiren karmaşık projelerde başarıyla uygulanmıştır [109]. Lauras ve diğ. (2010) karmaşık projelerdeki performans göstergelerinin çok sayıda olması problemi üzerinde durmuşlar ve çok kriterli bir yaklaşım metodu kullanarak performans faktörlerini bir araya getirmeye çalışmışlardır. Geliştirdikleri modelde proje faaliyetleri, performans gösterge kategorileri ve üç parçalı performans kırılımı (etkinlik, verimlilik ve uygunluk) faktörlerine odaklanmışlardır [96].

2.6.2.7 Diğer Metotlar

Khosrowshahi (1988) Proje maliyetleri ve gelir tahmini için müşteriler ve yükleniciler tarafından kullanılmak üzere bir matematiksel model geliştirilmiştir. Bu model projenin herhangi bir zamanında hızlı ve kolay tatminkâr bir tahmin üretme yeteneğine sahiptir. Model kullanıcılardan çok az veri girdisi talep etmesine rağmen kullanıcının bir çözüm geliştirmesine olanak sağlamaktadır. Model parametreleri için özgün proje özelliklerine sahip belirli kullanıcıların gereksinimlerini karşılamak için matematiksel ifade yapısını değiştirmeden adapte edilebilir [86].

Mazzini (1991) Harcama dinamikleri üzerine kurulmuş olan maliyet analizi yaklaşımına alternatif olarak, maliyet analizi, tahmin ve kontrol için bir momentum teorisi

uygulamıştır. Bu yeni teknik karakteristik ivme kalıpları içine geçmiş verileri dönüştürmek için bir çoklu-adım süreci içerir. Ortaya çıkan örnekler maliyet analistinin doğru bir gelecek tahmini yapmasına olanak verir [111].

3. MALZEME VE YÖNTEM

Tezin ikinci bölümünde tahmin yöntemleriyle ilgili bilgiler verildikten sonra geliştirilen tahmin yöntemi modeline ait metodolojide kullanılan yöntemlerle ilgili anlatımlar bulunmaktadır. Malzeme ve yöntem bölümü toplam dört alt bölümden oluşmaktadır ve öncelikle kazanılmış değer yönetimi detaylı bir biçimde incelenmiş, avantajları ve dezavantajları gösterilerek, tahmin hesaplamaları konusundaki eksik yönleri belirtilmiştir. Daha sonra yapay sinir ağları (YSA) ve destek vektör makineleri (DVM) konuları anlatılarak DVM ve YSA ile ilgili literatür çalışmaları yapılmıştır. Son olarak tezde kullanılan metodoloji hakkında bilgi verilmiştir.

3.1 KAZANILMIŞ DEĞER YÖNETİMİ

Kazanılmış değer yönetimi proje performansını bütçe ve süre açısından analiz eden bir proje yönetimi aracıdır. Kazanılmış değer; planlanan faaliyetin harcanılan çaba neticesinde fiziksel olarak tamamlanan faaliyetin parasal değeri olarak ifade edilir. Kazanılmış değer analizinde kazanılmış değeri (KD) planlanan bütçe ve gerçekleşen maliyet ile ya da başka bir deyişle planlanan işi tamamlamak için gerçekte harcanılan para ile kıyaslayarak projemizi yönetme başarısını, proje performansını ölçerek gelecek performans verileriyle ilgili tahminler yapılmasına olanak verir.

PMI'a (2005), (2008) göre kazanılmış değer yönetimi, çeşitli biçimleriyle, yaygın bir şekilde kullanılan bir performans ölçüm metodudur. Proje kapsamı, maliyeti ve zaman çizelgesi ölçümlerini entegre ederek proje yönetim ekibinin proje performansını ve ilerlemesini değerlendirmesine ve ölçmesine yardımcı olur. Proje süresince performansın karşılaştırılabileceği bir entegre temel çizginin oluşturulmasını gerektiren bir proje yönetimi tekniğidir. Kazanılmış değer yönetimi, her çalışma paketi ve kontrol hesabı için üç ana boyutun geliştirilmesini ve izlenmesini sağlar [131],[129].

Brandon’a (1998) göre kazanılmış değer (KD), bir iş için bir noktaya kadar bütçelenen veya planlanan değeri temel alan, genel olarak dolar bazında tanımlanan, o işin tamamlanmış değeridir ve çok güçlü bir proje yönetim tekniğidir. Eğer bir organizasyon, bu sistemi kendi prosedür ve yönetim bilgi sistemlerine uygun bir şekilde entegre edebilirse, zamanın ve maliyetin tahminlemesinde ve proje performansının ölçülmesinde bu sistemi muhtemelen en iyi tek yöntem olarak benimseyecektir [14].

Fleming ve Koppelman (2006) Kazanılmış değer genellikle proje program sistemiyle tanımlanan önceden onaylanmış bir performans değerlendirme planına ihtiyaç duyar. Fiziksel kazanılmış değer işiyle bu fiziksel işi tamamlamak için harcanan gerçek maliyetler ilişkilendirilir. Kazanılmış değer bir erken uyarı sistemi gibi proje yöneticisini uyarır ve fiziksel olarak tamamlanandan daha fazla para harcanacak projeye karşı kesin düzeltici tedbirleri almaya sevk eder. Kazanılmış değer analizi yapılmadan iyi bir proje yönetimi uygulanamayacağı gibi, iyi bir proje yönetimi olmadan da kazanılmış değer analizinin etkili olması düşünülemez [50].

Kazanılmış değer denildiğinde bir metodoloji anlaşılması gerekmektedir. Kazanılmış değer bu metodolojinin bir elemanı olmasına rağmen bu metodolojide anahtar bir role sahiptir. Kazanılmış değeri anlamamanın en basit yolu onu fiziksel ilerleyiş ile kıyaslamaktır. Adının da ifade ettiği gibi bir çaba neticesinde elde edilen kazançtır. Proje yönetiminde bu değer tamamlanan faaliyetlerle kazanılır[131].

3.1.1 Kazanılmış Değer Yönetiminin Rolü

Geri besleme her proje için kritik bir faktördür. Zamanlı ve hedef odaklı geri besleme proje yöneticilerine projeleri zamanında ve bütçesinde ilerleyişini korumak için problemlerin erkenden tanımlanması ve gerekli ayarlamaların yapılması imkânı sağlamaktadır.

Kazanılmış değer yönetimi projelerin yönetilmesinde en etkili performans ölçüm ve geri besleme araçları olarak kendisini kanıtlamıştır. KDY “Şeffaf yönetim” olarak ta adlandırılır çünkü bir projenin nerede olduğu ve nereye gittiğini açık ve nesnel şekilde göstererek nerede olması gerektiğiyle ve nereye gitmesi gerektiğiyle kıyaslayabilmektedir [50], [129], [52]

KDY organizasyonlara proje kapsamı, çizelgesi ve maliyeti yönetiminin entegrasyonu için gerekli olan metodolojiyi sağlar. KDY her projenin başarısı için kritik sayılan yönetim sorularını cevaplamada önemli rol oynar [131]:

- Çizelgenin gerisinde mi yoksa ilerisinde miyiz?
- Zamanı ne kadar verimli kullanmaktayız?
- Proje tahmini olarak ne zaman tamamlanacak?
- Proje bütçesinin altında mıyız yoksa bütçe aşıldı mı?
- Kaynaklarımızı ne kadar verimli kullanıyoruz?
- Kalan işin tahmini maliyeti ne kadar ?
- Tüm projenin tahmini maliyeti ne kadar?
- Proje sonunda proje maliyetinin ne kadar altında kalacağız veya bütçeyi ne kadar aşacağız?

Eğer bir projede KDY'nin uygulanması projenin çizelgenin gerisinde kaldığını ve bütçe aşımını ortaya çıkarırsa, Proje yöneticisi aşağıdaki soruların cevaplanmasında KDY metodolojisini kullanabilir:

- Problemler nerede meydana geliyor?
- Problemler kritik mi değil mi?
- Projeyi tekrar planlanan şeklinde yürütebilmek için ne gerekli?

3.1.2 Kazanılmış Değer Yönetiminin Tarihçesi

1960'lı yıllarda ABD Deniz ve Hava Kuvvetlerinin geliştirdiği PERT (Program Evaluation and Review Technique) sistemi zaman yönetimine kaynakların eklenmesiyle PERT-MALİYET olarak daha da geliştirilmesine rağmen, müteahhitlerin hükümetin projeleri nasıl yöneteceklerini belirlemesini istememeleri ve her tedarik makamının farklı bir PERT versiyonu kullanmasının yol açtığı karışıklıklar nedeniyle aksaklıklar yaşanması üzerine, Amerikan Hava Kuvvetleri, Boeing ve Lockheed firmalarından temsilcilerle, iyi bir proje yönetiminin karşılaması gereken kriterleri belirten yeni bir fikir geliştirmişlerdir.

Savunma Bakanlığı da bu fikrin temelleri üzerinde, maliyet/çizelge kontrol sistemleri kriteri (M/ÇKSK) sistemini geliştirmiş ve savunma sanayi müteahhitlerinin uyması gereken finansal yönetim kuralları olarak yayınlamıştır. ABD hükümetinin yüklenicilere tek taraflı zorunlu kıldığı karmaşık kurallardan sonra, 1995 yılında Amerikan Savunma Sanayicileri Birliğinin (NSIA) başlattığı çalışmalarla kurallar, daha anlaşılır bir metodoloji ile ortaya konuldu ve “kazanılmış değer proje yönetimi” (EVPM-Earned Value Project Management) olarak adlandırılmıştır. M/ÇKSK (Maliyet/Çizelge Kontrol Sistem Kriteri) ABD Savunma Bakanlığının 7000.2 numaralı talimatı ile tanımlanmış, 1997’de ise 5000.2-R sayılı yönetmelikle EVPM Kriterleri yayınlanmıştır [50],[56],[52].


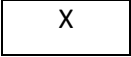

3.1.3 Kazanılmış Değer Yönetimi ve Proje Yönetim Süreci

Projelerde KDY’nin etkili bir biçimde kullanılabilmesi için projelerin Proje Yönetimi prensipleri ile yönetilmeleri gerekmektedir.

Proje Yönetimi ilk olarak işin planlanması, uygulaması ve kontrolü meselesini işlemektedir. Tablo 3.1’de KDY’nin temel olarak hangi proje yönetimi alanlarında kullanabileceği gösterilmektedir [131].

Tablo3.1 KDY ve Proje Yönetimi [131]

Bilgi Alanları	Süreç Grupları				
	Başlangıç	Planlama	Uygulama	Kontrol	Kapanış
Entegrasyon		X	X	X	
Kapsam		X		X	
Zaman		X		X	
Maliyet		X		X	
Kalite					
İnsan Kaynakları					
İletişim		X	X	X	
Risk		X		X	
Tedarik		X		X	

	KDY'nin öneminin az gözüktüğü bir veya daha fazla proje yönetimi süreçleri
	KDY'nin temel olarak uygulanabildiği bir veya daha fazla proje yönetimi süreçleri
	Eşleşebilen hiçbir yönetim süreci yoktur

3.1.4 Kazanılmış Değer Yönetiminin Temel Elemanları

Kazanılmış değer yönetimi 3 anahtar veri noktasına dayanır:

- Planlanmış Değer
- Kazanılmış Değer
- Gerçekleşen Maliyet

3.1.5 KDY Elemanlarının Tanımları

3.1.5.1 Planlanmış Değer

Planlanmış değer, bir faaliyetin tamamlanması için uygun görülmüş bütçedir. Projenin planlanan bütçesi faaliyetlerin planlanmış değerlerinin toplamıdır. MARMEL (2007) planlanmış değeri, bireysel görevlerin bütçelenmiş maliyetini çizelge oluştururken faaliyetlere atanmış kaynaklar ve sabit maliyetlerden gelen kısma dayalı olan bütçe olarak tanımlamıştır [108]. Geçerli güne kadar olan zaman fazla bütçedir. Geçerli güne kadar olan çizelgelenmiş işin bütçelenmiş maliyetini gösterir [152].

3.1.5.2 Kazanılmış Değer

Gösterilen efor neticesinde elde edilen fiziksel ilerleyişin maddi olarak gösterilmesidir. Projenin yüzde kaçının tamamlandığını maliyet tabanlı olarak ortaya koyar [158]. Kazanılmış değer kavramı bir faaliyet için tamamlanan işin maddi değer olarak ifade edilmesidir. Proje performans ölçümünün temel kavramlarından biridir, tamamlanan her faaliyetin planlanan değeriyle kazanılmış değeri eşit olmak zorundadır.

3.1.5.3 Gerçekleşen Maliyet

Gerçekleşen maliyet, bir faaliyetin gerçekleştirilmesi için yapılan toplam harcamadır. Fleming ve Koppelman'a (1999) göre KD' nin ölçtüğü çalışmaların tamamlanması için gerçekleştirilen toplam harcamalardır [56]. Proje sonundaki gerçekleşen maliyet değeri projenin toplam maliyetidir ve her hangi bir üst sınırlaması yoktur.

3.1.5.4 Zaman Çizelgesi Varyansı

Zaman çizelgesi varyansı, bir projedeki zaman çizelgesi performansının bir ölçümüdür. Kazanılmış değerden (KD) planlanmış değer (PD) çıkarılarak bulunur.

$$MV = KD - PD \quad (3.1)$$

3.1.5.5 Maliyet Varyansı

Maliyet varyansı, bir projede maliyet performansının ölçümüdür. Kazanılmış değerden (KD) gerçekleşen maliyet (GM) çıkarılarak bulunur. Projenin sonundaki maliyet varyansı, planlanan bütçe ile gerçekleşen harcama miktarı arasındaki farka eşit olacaktır [129].

$$MV = KD - GM \quad (3.2)$$

Çizelge varyansı (ÇV) ve maliyet varyansı (MV) devam etmekte olan projeler için performans yorumları yapılabilmesini sağlarlar. Proje bütçesi her projenin kendisine özgü bir değer olduğu için varyansların rakamsal değerleriyle başarıyı veya başarısızlığı anlamak mümkün değildir bu yüzden Kazanılmış değer raporlarında ve proje yönetimi yazılımlarında %ÇV ve %MV değerleride bulunmaktadır.

$$\%MV = MV/KD \times 100 \quad (3.3)$$

$$\%ÇV = ÇV/KD \times 100 \quad (3.4)$$

3.1.5.6 Çizelgesi Performans Endeksi

Çizelgesi performans endeksi (ÇPE) bir projede gerçekleştirilen ilerlemeyi, planlanan ilerlemeyle karşılaştırmaya yönelik bir ölçümdür. Çizelge performans endeksi KD'nin planlanmış değere oranına eşittir.

$$ÇPE = KD/PD \quad (3.5)$$

3.1.5.7 Maliyet Performans Endeksi

Maliyet performans endeksi (MPE), projede gerçekleştirilen maliyet ya da ilerlemeyi, kazanılmış değerle karşılaştırmaya yönelik bir ölçümdür. Yüzde değer olarak ifade edilir.

$$MPE = KD/GM \quad (3.6)$$

3.1.5.8 Tahmini Tamamlanma Maliyeti

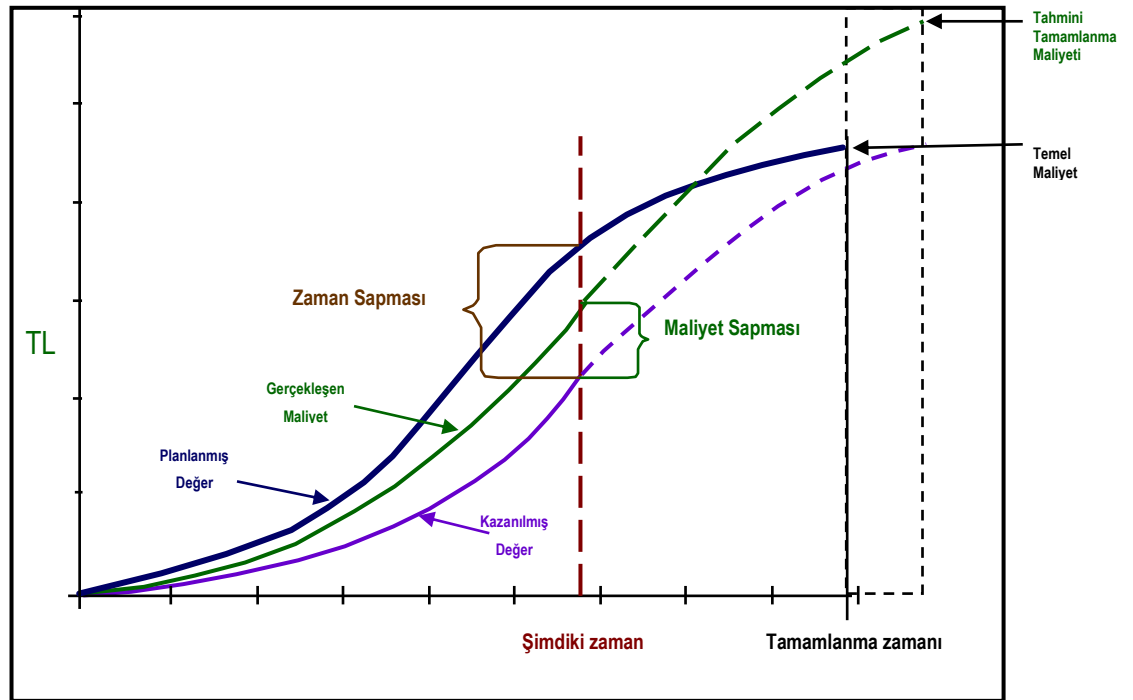
Tahmini tamamlanma maliyeti Projenin geçmiş performansına dayalı olarak yapılan proje maliyeti tahminidir. Tamamlanan faaliyetlerin performansları ölçülerek projenin elde edilen performans değerleriyle tamamlanacağı varsayılarak kalan faaliyetler için gerçekleşecek maliyetler hesaplanmaktadır.

$$TTM = GM + (TM - KD)/MPE \quad (3.7)$$

3.1.5.9 Tamamlanma İçin Gerekli Performans Endeksi

Tamamlanma İçin Gerekli Performans Endeksi (TGPE) projeyi planlanan proje maliyetinde tamamlayabilmek için kalan faaliyetlerde ulaşılması gereken maliyet performans endeksidir.

$$TGPE = (TM - KD) / (TM - GM) \quad (3.8)$$



Şekil 3.1 KDY [50]

3.1.6 Kazanılmış Değer Ölçüm Teknikleri

Kazanılmış Değer yapılan işin ölçülmesidir. Tamamlanan işin ölçülmesi için gerekli teknikler proje planlama safhasında seçilir ve yapılan seçim proje yürütme ve kontrol aşamaları süresince performans ölçümü için temel oluşturur. Kazanılmış Değer

teknikleri, işin anahtar niteliklerini temel alarak seçilmelidir. Tablo 3.2 [131]'de KD ölçüm teknikleri gösterilmiştir.

- 1- Gösterilen çabanın süresi
- 2- Elde edilen ürünün somutluğu

Tablo 3.2 Kazanılmış Değer Ölçüm Teknikleri

İşe ait Ürün	İşin Süresi	
	1-2 Ölçüm Periyotları	>2 Ölçüm Periyotları
Somut	Sabit Formül	Ağırlıklandırılmış Kilometre taşı Yüzde Tamamlanma
Soyut	Paylaştırılmış Çaba Çaba Düzeyi	

3.1.6.1 Sabit Formül

Sabit Formülün tipik bir örneği 50/50 tekniğidir. Bu metot ile işin başlangıcında işin %50'lik kısmı ölçüm periyodu için tamamlanma olarak kredilendirilir, gerçekte ne kadar işin tamamlandığı önemsenmez. Geriye kalan %50 ise iş tamamlandıktan sonra kredilendirilir. 25/75 ve 0/100 teknikleri Sabit Formül metodunun diğer varyasyonlarıdır. Sabit Formül teknikleri çoğunlukla küçük ve kısa süreli faaliyetlerde etkili bir biçimde kullanılır [50],[131],[103].

3.1.6.2 Ağırlıklandırılmış Kilometre taşları

Ağırlıklandırılmış Kilometre taşları tekniği bölümler halinde tamamlanması için işi her bir parçası gözlemlenebilir kilometre taşı olan bölümlere ayırır; daha sonra her bir kilometre taşına başarıya ulaşması için değer ataması yapar. Ağırlıklandırılmış Kilometre taşları tekniği orta ve somut sonuçları olan uzun süreli faaliyetler için uygundur [50],[131],[103].

3.1.6.3 Yüzde Tamamlanma

Yüzde Tamamlanma Tekniği diğerlerinin arasında en kolay ve en basitidir., fakat eğer kayıt altına alınabilecek öznel göstergeler yoksa bu teknik Kazanılmış Değer Analizi teknikleri içerisindeki en nesnel teknik olabilir. Bu durumda her ölçüm periyodunda

sorumlu işçi veya yönetici tamamlanan işin yüzdesinin tahminini yapar. Bu tahminler genellikle her bir faaliyet için plana karşı yapılan kümülatif ilerleme içindir. Ancak, eğer tamamlanma yüzdelere ulaşmak için kullanılabilecek öznel göstergeler varsa o zaman bu teknik çok kullanışlı bir teknik olmaktadır [51],[131],[52].

3.1.6.4 Paylaştırılmış Çaba

Proje çalışmalarına uygulanan ve söz konusu çalışma için kolayca münferit çabalara ayrılamayan, ama ölçülebilen münferit çalışma çabalarıyla doğru orantılı olan çabalar. Paylaştırılmış faaliyetlere örnek olarak kalite denetim ve denetleme faaliyetleri gösterilebilir [56],[131],[103].

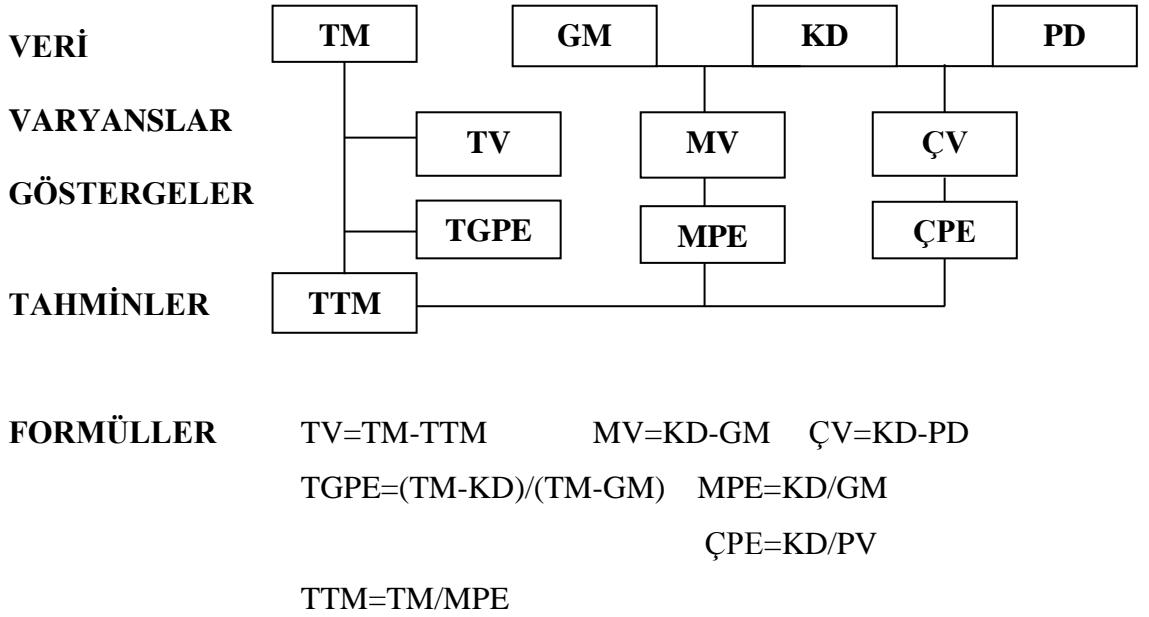
3.1.6.5 Çaba Düzeyi

Bazı proje faaliyetleri öznel olarak ölçülebilen somut sonuçlar üretemeyebilir. Örnek olarak Proje Yönetimi, müşteri irtibatı ve proje maliyet muhasebesi gösterilebilir. Bu faaliyetler proje kaynaklarını tüketir ve Kazanılmış Değer Yönetimi planlama ve ölçümüne dahil olmaları gerekmektedir. Bu durumda Kazanılmış Değeri belirlemek için Çaba Düzeyi tekniği kullanılır. Her bir ölçüm periyoduna ait Çaba Düzeyi faaliyeti için bir Planlanmış Değer atanır. Bu Planlanmış Değer ölçüm periyodunun sonunda otomatik olarak Kazanılmış Değer olarak kredilendirilir [56],[131],[103].

Tablo 3.3 KDY ve Temel Proje Yönetimi Soruları.

Proje Yönetimi Soruları	KDY Performans Ölçümü
Akıllı Zaman Kullanımını Nasıl Yapıyoruz?	Çizelge Analizi ve Öngörü
Çizelgenin ilerisinde mi yoksa gerisinde miyiz?	Çizelge Varyansı (ÇV)
Zamanı ne kadar verimli kullanıyoruz?	Çizelge Performans Endeksi (ÇPE)
İşin tahmini bitiş zamanı nedir?	Tahmini Tamamlanma Süresi (TTMt)
Akıllı Maliyet Kullanımını Nasıl Yapıyoruz?	Maliyet Analizi ve Öngörü
Planlanan bütçenin altında mıyız yoksa planlanan bütçeyi aştık mı?	Maliyet Varyansı (MV)
Kaynaklarımızı ne kadar verimli kullanıyoruz?	Maliyet Performans Endeksi (MPE)
Kalan kaynaklarımızı ne kadar verimli kullanmalıyız?	Tamamlama İçin Gerekli Performans Endeksi (TGPE)
Proje muhtemel maliyeti ne kadar olacak?	Tahmini Tamamlanma Maliyeti (TTM)
Planlanan bütçenin altında mı kalacak yoksa planlanan bütçeyi aşacak mı?	Tamamlanmadaki Varyans (TV)
Kalan işin maliyeti ne kadar olacak?	Tamamlanma İçin Gerekli Maliyet (TGM)

Tablo 3.3 [131]'de kritik proje yönetimi soruları KD disiplini ile cevaplandırılmıştır.



Şekil 3.2 KDY Performans Ölçümü [131]

Şekil 3.2'de KD yönetiminde kullanılan formüller özetlenmiştir. Tablo 3.4 [131]'de ise performans ölçümlerinin nasıl yorumlanması gerektiği gösterilmiştir

Tablo 3.4 Temel KDY Performans Ölçümlerinin Yorumlanması

Performans Ölçümü		Çizelge		
		ÇV>0 ve ÇPE>1.0	ÇV=0 ve ÇPE=1.0	ÇV<0 ve ÇPE<1.0
Maliyet	MV>0 & MPE>1.0	Çizelgenin ilerisinde Bütçenin altında	Çizelgeye uygun Bütçenin altında	Çizelgenin gerisinde Bütçenin altında
	MV=0 & MPE=1.0	Çizelgenin ilerisinde Bütçeye Uygun	Çizelgeye uygun Bütçeye Uygun	Çizelgenin gerisinde Bütçeye Uygun
	MV<0 & MPE<1.0	Çizelgenin ilerisinde Bütçe Aşılmış	Çizelgeye uygun Bütçe Aşılmış	Çizelgenin gerisinde Bütçe Aşılmış

3.1.7 Kazanılmış Değer Yönetimi Sistem Kriterleri

3.1.7.1 Organizasyon

- 1- Program için yetkili iş unsurlarının tanımlanması (İKY)
- 2- Programın organizasyon yapısının tanımlanması (OKY)
- 3- Şirkete ait planlama, çizelgeleme, bütçe, iş yetkilendirme ve maliyet birikimi süreçlerinin birbiriyle entegrasyonunun sağlanması.
- 4- Genel giderlerin kontrolü için şirket organizasyon veya fonksiyon sorumluluğunun tanımlanması. (Dolaylı maliyetler)
- 5- İş kırılma yapısının ve organizasyonel yapının entegrasyonu için maliyet ve çizelge performans ölçümüne izin veren bir usul sağlar.

3.1.7.2 Planlama ve Bütçeleme

- 1- Program gereksinimlerinin karşılanması için gerekli iş ilerleyişini açıklayan ve faaliyetler arasındaki ilişkileri tanımlayan yetkili işin bir usul ile çizelgelenmesi.
- 2- İlerlemenin ölçülmesinde kullanılacak fiziksel ürünlerin, kilometre taşlarının, teknik performans hedeflerinin ve diğer göstergelerin tanımlanması
- 3- Program performansının ölçülebileceği hesap seviyesi kontrolünde bir zaman safhalı bütçe temelini tespiti
- 4- İç yönetim ve taşeronların kontrolü için ihtiyaç duyulan önemli maliyet unsurlarının (işçilik, malzeme, vb.) tanımlanması ile ilgili işler için bütçelerin saptanması
- 5- Kapsama göre ilgili işlerin ayrık iş paketleri halinde tanımlanması pratik olmaktadır. Bu iş paketleri için bütçenin dolar, saat veya diğer ölçülebilir birimler açısından tespit edilmesi

- 6- Tüm iş paketlerinin toplam bütçesinin planlama paketlerinin bütçesi ile toplamının hesap kontrol bütçesine eşitliğinin sağlanması
- 7- Tanımlama ve kontrol amacı için tespit edilmiş zaman-safhalı bütçelerle efor faaliyet seviyesinin tanımlanması ve kontrolü
- 8- Dolaylı maliyetler haline gelecek harcamaları oluşturan şirketin organizasyonel bileşenleri için genel giderleri tespit edilmesi
- 9- Yönetim rezervlerinin ve dağıtılmamış bütçenin yönetilmesi
- 10- Program hedef maliyetinin amacı ile tüm iç program bütçelerin toplamının ve yönetim rezervlerinin uzlaşımı sağlanması

3.1.7.3 Hesaplama ile İlgili Hususlar

- 1- Direkt maliyetlerin uygun bir usulde kaydedilmesi
- 2- İş kırılma yapısı (İKY) kullanıldığında direkt maliyetlerin kontrol hesaplamalarından İKY'ye özetlenmesi
- 3- Direkt maliyetlerin kontrol hesaplamalarından müteahhit organizasyonel unsurlarına özetlenmesi
- 4- Kontrata tahsis edilecek tüm dolaylı maliyetlerin kaydedilmesi
- 5- Birim maliyetlerin, eşdeğer birim maliyetlerin veya ihtiyaç duyulduğunda lot maliyetlerinin tanımlanması
- 6- Altıncı husus dört maddeden oluşmaktadır
 - KDYS için, malzeme hesaplama sistemi aşağıdaki malzemeler için sağlanacaktır
 - Doğru maliyet birikimi ve kabul edilebilir maliyetlendirme teknikleri le uygun usul içinde hesapların kontrolü için maliyetlerin atanması
 - İlgili malzeme kategorisi için en uygun zaman noktasında maliyet performans ölçümü
 - Fazla stokun dâhil olduğu program için tüm satın alınan malzemenin tam hesaplanması

3.1.7.4 Analiz Ve Yönetim Raporları

- 1- Birinci rapor iki bölümden oluşmaktadır
 - Planlanmış bütçe miktarı ile tamamlanan iş için kazanılan bütçe miktarının karşılaştırılması. Bu karşılaştırma çizelge varyansını verir.

- Kazanılmış bütçe miktarı ile aynı işin gerçek direk maliyetlerinin karşılaştırılması. Bu karşılaştırma maliyet varyansını verir.
- 2- En azından aylık planlanan ve gerçek çizelge performansı ve maliyet performansı arasındaki önemli farklılıkların tanımlanması ve program yönetimi tarafından ihtiyaç duyulan detaylardaki varyanslar için sebeplerin sağlanması
- 3- Etkili kontrol için yönetimin ihtiyaç duyduğu seviyede bütçelenmiş ve dolaylı maliyetlerin tanımlanması
- 4- Veri unsurlarının ve program organizasyonu boyunca ilişkili varyansların ve/veya yönetim ihtiyaçlarının desteklenmesi için İKY'nin ve sözleşmede belirtilen müşteri raporlamanın özetlenmesi
- 5- Yönetimsel faaliyetlerin kazanılmış değer bilgi sonucu olarak alınmasının gerçekleştirilmesi
- 6- Tamamlanmadaki maliyetin proje güncel durumuna kadar olan performansına, taahhüt edilen malzemelere ve gelecekteki koşulların tahminlerine dayalı revize edilmiş tahminlerin geliştirilmesi

3.1.7.5 Revizyonlar ve Veri Bakımı

- 1- Yetkili değişimlerin zaman çerçevesinde birleştirilmesi, bütçe ve çizelge değişim etkilerinin kaydedilmesi
- 2- Etkili kontrol için yönetim tarafından ihtiyaç duyulduğu detayda yetkili iş ve dâhili yeniden planlama çerçevesinde Güncel bütçelerle önceden planlanmış bütçelerin uzlaştırılması
- 3- Gerçekleştirilmiş işe ait geçmişe dönük değişimlerin kontrolü
- 4- Yetkili değişimler haricindeki program bütçesine karşı olan revizyonların önlenmesi
- 5- Değişimlerin performans ölçüm temeline göre belgelenmesi

3.1.8 Kazanılmış Değer Yönetimi Adımları

Etkin proje planlaması başarılı proje yönetiminin ilk şartı ama tek şartı değildir. Etkin proje denetimi de en az onun kadar önemlidir. Projelerin planlandığı şekliyle hayata geçirilebileceğini düşünmek imkânsızdır. Kazanılmış değer proje yönetimini uygulamanın sebebi zaten plandan ayrılmaya engel olmak ya da kısa sürede tekrar arzu edilen seviyeye ulaşmaktır. Projelerde kazanılmış değer uygulaması aşağıdaki adımlarda yapılmalıdır;

- 1- Projeye mümkün olduğunca geniş açıdan bakmak için kapsamın tamamı tanımlanmalıdır (KDY 1. Kriter),
- 2- Tüm ana kritik ihtiyaçların teşhisini içeren belirtilen işi kimin yapacağına karar verilmelidir (KDY 2. Kriter),
- 3- Tanımlanan işe ait program planlanmalıdır (KDY 6. Kriter),
- 4- Gerekli kaynaklar tahmin edilmeli, bütçe resmi olarak onaylanmalıdır (KDY 9. Kriter)
- 5- Planlanmış değeri kazanılmış değere dönüştürmek için metriğe karar verilmelidir (KDY 7. Kriter),
- 6- Bir proje şablonu oluşturulmalı, yönetim kontrol noktaları belirlenmeli ve hesap kontrol planı onaylanmalıdır (KDY 8. Kriter),
- 7- Onaylanmış esas bütçeyle projeye ait tüm direk maliyetler sürekli kayıt altında tutulmalı, proje içi organizasyonların genel hesap defterleriyle uyum içinde bulunmasına dikkat edilmelidir (KDY 16. Kriter),
- 8- Başlangıç planındaki maliyet ve program istisnalarını saptamak için kazanılmış değer uygulaması aralıksız denetlenmelidir (KDY 22. Kriter),
- 9- Kazanılmış değer verisi kullanılmalı, gerçek performansı esas alan tamamlanma maliyet ihtiyaçları sürekli tahmin edilmeli ve pansuman tedbir ve faaliyetlerin uygulanması için gerekiyorsa yönetim tarafından proje birimlerine bildirim yapılması sağlanmalıdır (KDY 27 . Kriter),
- 10- Onaylanan ya da reddedilen tüm değişiklikleri içeren belirlenmiş esas faaliyet alanı kontrol altında bulundurulmalıdır (KDY 27 . Kriter) [50].

3.1.9 Kazanılmış Değer Yönetimi Örnek Uygulaması

Kazanılmış değer analizi ile örnek bir projenin süre ve maliyet tabanlı performans değerlendirmesini ve projenin belli bir noktasındayken projenin tamamlanma maliyeti ile ilgili yapılan tahmini değerlendirelim. Kullanılan proje yönetimi yazılımı İngilizce olduğundan şekillerde görülen başlıklar Türkçe ifadeleri şekil sonlarında açıklanmaktadır.

Örnek proje 1'er günlük 4 ayrı faaliyetten oluşmaktadır ve bu faaliyetler sırası ile birbirlerine bitiş- başlangıç ilişki tipi ile bağlanmışlardır. Her bir faaliyetin maliyeti 1000 TL'dir böylece toplam proje maliyeti 4000 TL olarak planlanmıştır.

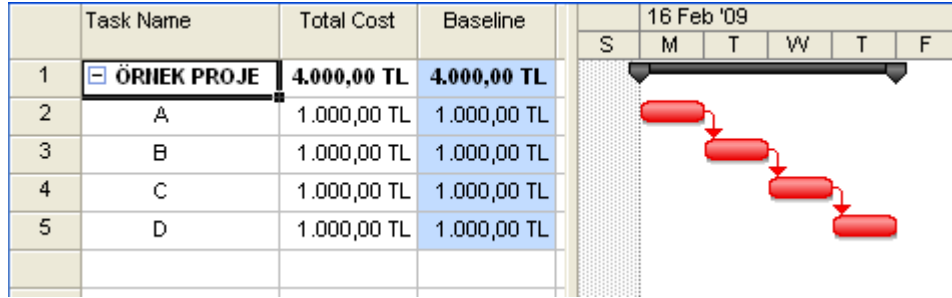
Proje başladıktan 3 gün sonra tamamlanan faaliyetleri ve gerçekleşen maliyetleri inceleyecek olursak 3 faaliyetin tamamlanması gerekirken yalnızca 2 faaliyetin tamamlandığını ve gerçekleşen maliyetin 2000 TL olması gerekirken 4000 TL olduğunu düşünelim. Elimizdeki verilere göre proje performansını inceleyecek olursak;

Planlanmış Değer (PD): 3000TL

Kazanılmış Değer (KD): 2000TL

Gerçekleşen Maliyet (GM): 4000TL

Şekil 3.3'te örnek proje faaliyetleri, faaliyetler arasındaki ilişkiler ve maliyetler çizelge üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 3.3 KDY Örnek

Task Name: Faaliyet Adı, Total Cost: Toplam Maliyet, Baseline: Temel Maliyet

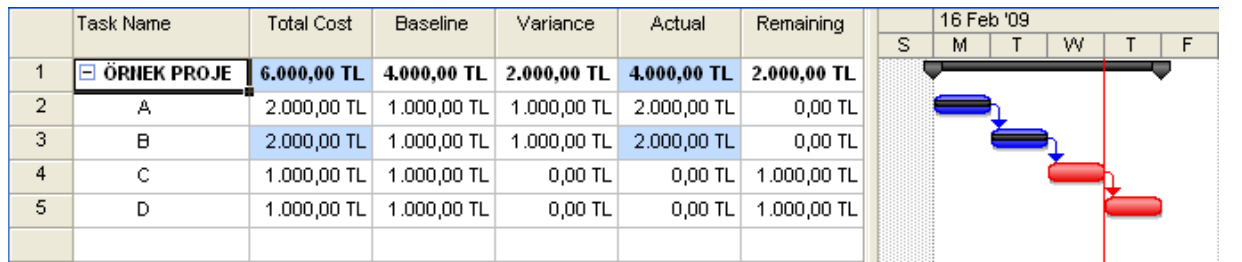
Maliyet Sapması (MV) = KD-GM → 2000-4000= - 2000 TL

Maliyet Performans Endeksi (MPE) = KD/GM → 2000/4000 = 0,5

Çizelge Varyansı(ÇV) = KD – PD → 2000 – 3000 = -1000 TL

Çizelge Performans Endeksi (ÇPE) → 2000/3000 = 0,66

(TTM) = GM + (TM - KD) / MPE → 4000+(4000 - 2000) / 0,5= **8000TL**



Şekil 3.4 KDY Sonuçlar

Task Name: Faaliyet Adı, Total Cost: Toplam Maliyet, Baseline: Temel Maliyet, Variance: Varyans, Actual: Gerçekleşen Maliyet, Remaining: Kalan Maliyet.

Projede maliyet performans endeksi (MPE) değerinin %50 çıkması projeyi sorguladığımız zamana kadar olan harcamalarımızın öngördüğümüz yani planladığımız harcamalarımızdan %50 fazla olması manasına gelmektedir sonuç olarak proje başlangıcında göremediğimiz maliyetlerdir. Şekil 3.4'te faaliyet varyansları ve toplam maliyet gösterilmektedir.

Literatürde geçerli olan geleneksel hesaplama metodu ile örnekte incelenen projenin 8000 TL'ye tamamlanacağı tahmin edilmektedir.

Task Name	Planned Value - PV (BCWS)	Earned Value - EV (BCWP)	AC (ACWP)	SV	CV	EAC	BAC	VAC
1 ÖRNEK PROJE	3.000,00 TL	2.000,00 TL	4.000,00 TL	-1.000,00 TL	-2.000,00 TL	8.000,00 TL	4.000,00 TL	-4.000,00 TL
2 A	1.000,00 TL	1.000,00 TL	2.000,00 TL	0,00 TL	-1.000,00 TL	2.000,00 TL	1.000,00 TL	-1.000,00 TL
3 B	1.000,00 TL	1.000,00 TL	2.000,00 TL	0,00 TL	-1.000,00 TL	2.000,00 TL	1.000,00 TL	-1.000,00 TL
4 C	1.000,00 TL	0,00 TL	0,00 TL	-1.000,00 TL	0,00 TL	1.000,00 TL	1.000,00 TL	0,00 TL
5 D	0,00 TL	0,00 TL	0,00 TL	0,00 TL	0,00 TL	1.000,00 TL	1.000,00 TL	0,00 TL

Şekil 3.5 KDY Süre Hesapları

Task name: faaliyet adı, planned value: planlanmış değer, AC: GM, SV: ÇV, CV: MV, EAC: TTM, BAC: TM, VAC: TV.

Task Name	Planned Value - PV (BCWS)	Earned Value - EV (BCWP)	CV	CV%	CPI	BAC	EAC	VAC
1 ÖRNEK PROJE	3.000,00 TL	2.000,00 TL	-2.000,00 TL	-100%	0,5	4.000,00 TL	8.000,00 TL	-4.000,00 TL
2 A	1.000,00 TL	1.000,00 TL	-1.000,00 TL	-100%	0,5	1.000,00 TL	2.000,00 TL	-1.000,00 TL
3 B	1.000,00 TL	1.000,00 TL	-1.000,00 TL	-100%	0,5	1.000,00 TL	2.000,00 TL	-1.000,00 TL
4 C	1.000,00 TL	0,00 TL	0,00 TL	0%	0	1.000,00 TL	1.000,00 TL	0,00 TL
5 D	0,00 TL	0,00 TL	0,00 TL	0%	0	1.000,00 TL	1.000,00 TL	0,00 TL

Şekil 3.6 KDY Maliyet Hesapları

Task name: faaliyet adı, planned value: planlanmış değer, EV: KD, CV: MV, CV%: MV%, CPI: MPE, EAC: TTM, BAC: TM, VAC: TV.

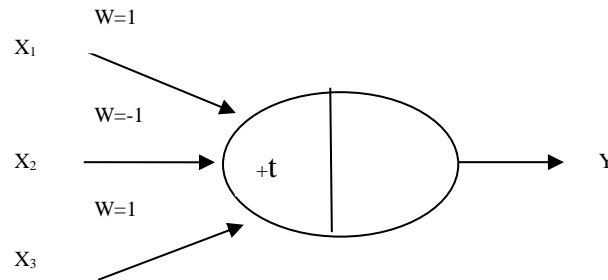
Projede “D” faaliyetinin maliyeti 1000TL olarak planlanmıştı daha sonra elde edilen MPE değeri ile “D” faaliyetinin de 2000 TL'ye tamamlanacağı tahmin edildi. Şekil 3.5

ve şekil 3.6’da KDY maliyet ve süre hesaplamaları bulunmaktadır. Örnek projede tahmin sonuçlarının doğru çıkabilmesi için faaliyetlerin içerdiği risklerin aynı olduğu ve kesinlikle gerçekleşeceği varsayılmak zorundadır.

3.2 YAPAY SİNİR AĞLARI

Esnağ’a (2011) göre genel anlamda yapay sinir ağları, beynin bir işlevi yerine getirme yöntemini modellemek için tasarlanan bir sistem olarak tanımlanabilir. YSA, yapay sinir hücrelerinin birbirleri ile çeşitli şekillerde bağlanmasından oluşur ve genellikle katmanlar şeklinde düzenlenir. Donanım olarak elektronik devrelerle yada bilgisayarlarda yazılım olarak gerçekleştirilebilir. Beynin bilgi işleme yöntemine uygun olarak YSA, bir öğrenme sürecinden sonra bilgi toplama, hücreler arasındaki bağlantı ağırlıkları ile bu bilgiyi saklama ve genelleme yeteneğine paralel dağılmış bir işlemcidir. Öğrenme süreci, arzu edilen amaca ulaşmak için YSA ağırlıklarının yenilenmesini sağlayan öğrenme algoritmalarını ihtiva eder [48].

Elmas’a (2007) göre Yapay sinir ağları (YSA), insan beyninden esinlenerek geliştirilmiş, ağırlıklı bağlantılar aracılığıyla birbirine bağlanan ve her biri kendi belleğine sahip işlem elemanlarından oluşan paralel ve dağıtılmış bilgi işleme yapılarıdır. Yapay sinir ağları, başka bir ifadeyle, biyolojik sinir ağlarını taklit eden bilgisayar programlarıdır. Yapay sinir ağları zaman zaman bağlantıcılık, paralel dağıtılmış işlem, sinirsel-işlem, doğal zeka sistemleri ve makine öğrenme algoritmaları gibi isimlerle de anılmaktadır [46]. Basitleştirilmiş biyolojik modele dayanan sanal nöronun biçimsel tanımı Mc Culloch ve Pits tarafından formüle edilmiştir. Nöronun Mc Culloch ve Pits modeli şekil 3.7’de gösterilmiştir [116]



Şekil 3.7 Basit nöron modeli. [116]

Yapay sinir ağıları, insan beyninin özelliklerinden olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler türetebilme, yeni bilgiler oluşturabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri herhangi bir yardım almadan otomatik olarak gerçekleştirmek amacı ile geliştirilen bilgisayar sistemleridir. Bu yetenekleri geleneksel programlama yöntemleri ile gerçekleştirmek oldukça zordur veya mümkün değildir. O nedenle, yapay sinir ağıları bilim dalının, programlanması çok zor veya mümkün olmayan olaylar için geliştirilmiş adaptif bilgi işleme ile ilgilenen bir bilgisayar bilim dalı olduğu söylenebilir.

Yapay sinir ağıları, olayların örneklerine bakmakta, onlardan ilgili olay hakkında genellemeler yapmakta, bilgiler toplamakta ve daha sonra hiç görmediği örnekler ile karşılaşınca öğrendiği bilgileri kullanarak o örnekler hakkında karar verebilmektedir. 1990'lı yıllardan beri bilgisayarların öğrenmesini sağlayan Yapay Sinir Ağları teknolojisinde oldukça hızlı bir gelişme görülmüştür. Yapay sinir ağıları, insan beyninin özelliklerinden olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler türetebilme, yeni bilgiler oluşturabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri herhangi bir yardım almadan otomatik olarak gerçekleştirmek amacı ile geliştirilen bilgisayar sistemleridir. Bu yüzden hem yeni gelişmelere neden oldular hem de nasıl çalıştığı bilinmeyen insan beyni hakkında yapılan araştırmalara da önemli katkılar sağladılar ve sağlamaktadırlar [193].

3.2.1 Yapay Sinir Ağlarının Tarihçesi

İlk YSA modeli 1943 yılında, bir sinir hekimi olan Warren McCulloch ile bir matematikçi olan Walter Pitts tarafından gerçekleştirilmiştir. McCulloch ve Pitts, insan beyninin hesaplama yeteneğinden esinlenerek, elektrik devreleriyle basit bir sinir ağı modellemişlerdir.

1948 yılında Wiener "Cybernetics" isimi kitabında, sinirlerin çalışması ve davranış özelliklerine değinmiş, 1949 yılında ise Hebb "Organization of Behavior" adlı eserinde öğrenme ile ilgili temel teoriyi ele almıştır.

1957 yılında Frank Rosenblatt'ın Perceptron'u geliştirmesinden sonra, YSA'ı ile ilgili çalışmalar hız kazanmıştır. "Perceptron"; beyin işlevlerini modelleyebilmek amacıyla yapılan çalışmalar neticesinde ortaya çıkan tek katmanlı, eğitilebilen ve tek çıkışa sahip bir yapay sinir ağıdır. 1969 yılında Minsky ve Papert Perceptron'un yetersizliğini

görmüşler ve XOR problemini çözemediğini ispatlayarak iki katmanlı ileri beslemeli ağların kullanılabileceğini söylemişler ve tek katmanlı ağlardaki birçok sınırlamanın ortadan kalktığını savunmuşlardır.

1982 yılında Hopfield ağların önemli sınıflarının matematik temellerini geliştirmiştir. 1984 yılında Kohonen sinirlerin düzenli sıralanışına eşleme özelliği için danışmansız öğrenme ağlarını geliştirmiş. 1986 yılında Rumelhart ve Mc Clelland karmaşık ve çok katmanlı ağlar için geriye yaymalı öğrenme algoritması ortaya koymuştur [46].

3.2.2 Yapay Sinir Ağlarının Maliyet Tahmini Alanındaki Uygulamaları

Yapay sinir ağları yöntemi kullanılarak maliyet tahmini üzerine birçok çalışma yapılmıştır aşağıda bu çalışmalardan birtakım örnekler bulunmaktadır. Hegazy (1998) otoyol projeleri üzerinde çalışarak parametrik maliyet tahmini için sinir ağları modeli geliştirmiştir [67]. Wang (2006) işbirliği ile oluşturulan üretim ortamında YSA tekniğinin kullanarak bir maliyet mühendisliği metodu geliştirmiştir [175]. Yine Wang ve Stockton (2000),(2001) YSA içeren modelleme tekniklerinin maliyet modellerinin oluşturulmasındaki kısıtlara getirdiği çözümlerden bahsetmişlerdir [176],[177]. Duran ve diğ. (2009) kaplama ve tüp ısı değiştiricilerinin erken tasarım evresindeki veri yetersizliğine rağmen YSA uygulamasıyla bir maliyet tahmin modeli sunmuşlardır [42]. Kim ve diğ. (2006) konut yapılarının maliyet tahmini için sinir ağları ve genetik algoritma tabanlı hibrit bir model geliştirmişlerdir [92]. Caputo ve Pelagagge (2007) büyük hacimli ve kompleks şekle sahip basınç kanallarının üretim maliyetlerinin tahmininde parametrik fonksiyonlarla yapay sinir ağları yöntemini karşılaştırmıştır [19]. Zhang ve diğ. (1996) ve Zhang ve Fuh (1998) ürün boyutuna göre paketleme maliyetinin tahmin edilmesinde YSA yöntemini kullanmışlardır [201],[199]. Seo ve diğ. (2002) ürün tasarım evresinde iken yaşam süreci maliyet tahmini için YSA ve istatistiksel korelasyon metotlarını kullanmıştır [140]. Cavalieri ve diğ. (2004) mekanik elemanların üretim maliyetlerinin tahmininde YDA yöntemi kullanarak bir model geliştirmiştir [20]. Cheng ve diğ. (2010) inşaat endüstrisine ait projeler için sinir ağları ve bulanık mantık yöntemleri ile hibrit bir model geliştirerek yapı tamamlanma maliyetlerini tahmin etmeye çalışmışlardır [26]. Gündüz ve diğ. (2011) 17 parametre kullanarak 16 proje üzerinde çalışmışlar ve hafif raylı sistem ve metro hattı inşaatlarında maliyet tahmini için kullanılmak üzere YSA tekniği ile bir maliyet tahmin modeli

geliştirmişlerdir [63]. Che (2010) plastik enjeksiyonla kalıp üretimi ve ürün imalatı ile ilgili YSA ve sürü zekası tekniklerini kullanarak maliyet tahmin modeli geliştirmiştir [24]. Tatari ve Küçükvar (2011) tescilli yeşil yapılar için sinir ağları yaklaşımıyla bir proje maliyeti tahmin modeli geliştirmişlerdir [157]. Smith ve Mason (1999) maliyet tahmini üzerine regresyon tekniği ile YSA tekniğini karşılaştırmış bir çalışma sunmuştur [145]. Zhang and Fuh (1998) değişik boyutlardaki ürünlerin paketlenmesi işlemi için YSA kullanarak bir maliyet tahmin modeli geliştirmiştir [200]. Adeli and Wu (1998) otoyol inşaat maliyetlerinin tahmini için YSA tabanlı bir sistem geliştirmişlerdir [1]. Kim, Sung-Hoon ve Kyung-In (2004) inşaat maliyet tahmininde YSA ve çoklu regresyon analizi tekniklerini karşılaştırmış ve YSA tekniğinin daha iyi sonuçlar verdiğini ispatlamıştır [90]. Günaydın ve Doğan (2004) proje tasarım aşamasında kullanılmak üzere sekiz tasarım parametresi kullanarak, YSA tabanlı bir inşaat maliyeti tahmin modeli geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri bu modelle %93'lük bir tahmin başarısı elde etmişlerdir [62]. Sönmez (2004) Kim ve diğ. gibi inşaat maliyetleri tahmininde regresyon analizi ve YSA tekniklerini karşılaştırmıştır [148]. Uğur (2007) YSA tekniği ile betonarme konut projeleri maliyet tahmini yapmış ve 10 parametrelilik bir model kurmuştur [162].

3.2.3 Yapay Sinir Ağlarının Mühendislik Alanında Uygulamaları

Fonseca (2003) YSA tabanlı bir model kurarak üretim zamanları konusunda simülasyon metamodelleme üzerine çalışma yapmıştır [57]. Yang (2000) yaptığı çalışmada akışkan yataklı katalitik reaktörlerde ölçülemeyen girdileri kullanarak hata teşhisi için YSA tabanlı bir modelleme geliştirmiştir. [192]. Sohrabi ve diğ. (2000) hidrokarbon yapılarını oluşturmak için gerekli karbon sayısını YSA tekniği kullanarak hesaplamışlardır [146]. Zobel ve Cook (2011) üretim alanında dinamik süreç kontrolleri için etkili değişkenlerin tespit edilmesinde YSA tekniğini kullanmışlardır [203]. Dvir ve diğ. (2006) Savunma projelerini etkileyen kritik yönetim faktörlerinin belirlenmesinde YSA ve regresyon analizi tekniklerini kıyaslamışlardır [43]. Aitkenhead ve McDonald (2003) YSA tekniği ile yüz tanıma sistemi üzerine çalışmışlar, geliştirdikleri FADER adlı yüz tanıma yazılımı ile 2000 adet veri kullanarak %94,7 oranında bir başarı elde etmişler [3]. Cheng ve diğ. (2010) YSA ve bulanık tabanlı hibrit bir model geliştirerek projelerde nakit akışın kontrolünü sağlayan bir yazılım geliştirmişlerdir [27]. Wu ve Chiang (2009) ile Wu ve Liu (2008) YSA tekniği ile motor arızalarının tespiti üzerine

alışmalar ve başarılı sonuçlar elde etmişlerdir [186], [187]. Niska ve diğ. (2004) şehir trafiğinden dolayı doğaya salınan nitrojen dioksit miktarının tahmin edilmesi için YSA tekniğini kullanarak bir model geliştirmişlerdir [123]. Hui (2001) servis görevlilerinin yerinde tespit maliyetini engellemek için müşteri cevaplarını YSA yöntemi ile analiz ederek web tabanlı çalışan akıllı bir hata tespit sistemi geliştirmişlerdir [73]. Nguyen ve diğ. (2005) petrol üretimini tahmin etmek için YSA tabanlı bir tahmin modeli geliştirmişlerdir [122].

3.3 DESTEK VEKTÖR MAKİNELERİ

Destek vektör makineleri (DVM) (support vector machines), sınıflandırma ve regresyon problemlerinin analizinde kullanılan istatistiksel bir yöntemdir. DVM'nin yönteminin temelleri 1960'lı yılların sonlarında Vapnik tarafından atılmıştır. 1996 yılına kadar yaptığı çalışmalara yöntemi geliştirmiştir. Sınıflandırma ve regresyon problemlerinin analizinde kullanılan istatistiksel bir yöntemdir. [183],[170], [169].

DVM sınıflandırmayı doğrusal veya doğrusal olmayan bir fonksiyon yardımıyla gerçekleştirilir. DVM yöntemi, veriyi birbirinden ayırmak için en uygun fonksiyonun tahmin edilmesi esasına dayanmaktadır.

Bir H_0 hiper düzlemi üzerindeki noktalar cinsinden denklem 3.9'da görüldüğü gibi ifade edilir.

$$H_0 = W^T X + b = 0 \quad (3.9)$$

Bu hiper düzlemin iki yanındaki H_1 ve H_2 düzlemleri arasındaki boşluk maksimize edilmek istenirse, $y_i(w^T x_i + b) > 1$ ($i=1,2,...,n$) kısıtı altında 3.10'da görülen denklemin çözülmesi gerekmektedir [127].

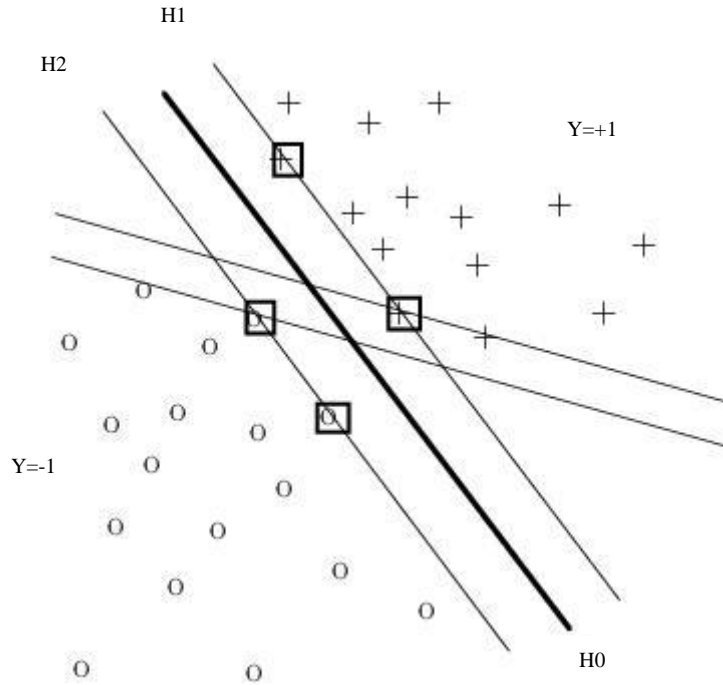
$$w^T w / 2 \quad (3.10)$$

DVM ile optimum ayırıcı düzlem bulunurken, önce ortaya çıkan optimizasyon problemi formüleleştirilir daha sonra bu problem ikinci derece programlama (quadratic) ile çözülür. Örnek (eğitim) vektörler doğrusal olarak bir ayırıcı düzlem ile ayrılamıyorsa,

bu örnekler giriş uzayından çok boyutlu öznitelik uzayına haritalanır ve bu uzayda en uygun ayırt edici düzlem aranır. Öznitelik uzayında yüksek dereceli işlem yükünden kurtulmak için çekirdek (kernel) fonksiyonları kullanılır ve en uygun ayırt edici düzlem bulunur [137].

3.3.1 Doğrusal Olarak Ayrılabilme Durumu

Başarılı bir sınıflandırma gerçekleştirilebilmesi için iki farklı veri sınıfı arasından geçecek olan hiperdüzlemin sınırının maksimum olması gerekmektedir. Şekil 3.8’de görüldüğü gibi iki farklı veri sınıfına en yakın düzlemler H_1 ve H_2 düzlemleridir. Veri sınıfları birbirlerinden doğrusal olarak ayrılmaktadırlar.



Şekil 3.8 Verilerin doğrusal ayrılma durumu [74]

Şekil 3.8’de iki veri sınıfını ayıran H_1 ve H_2 hiperdüzlemleri ortasında kalan H_0 hiperdüzlemi iki sınıfı ayıran optimal ayırma hiper düzlemi adı verilen doğrusal hiper düzlemdir.

l tane örnekten oluşan bir eğitim kümesi varsayalım.

$$(x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n), \quad x_i \in R^d, \quad y_i \in \{-1, +1\} \quad (3.11)$$

uygun w ağırlık vektörü ve b eşik değeri için aşağıdaki eşitsizlikleri sağlıyorsa o zaman denklem (3.10)'da ki eğitim kümesi doğrusal olarak ayrılabilir.

$$\begin{aligned} w \cdot x_i + b &\geq 1 & y_i &= 1 \\ w \cdot x_i + b &\leq -1 & y_i &= -1 \end{aligned} \quad (3.12)$$

Denklem (3.11)'deki eşitsizlik aşağıdaki şekilde genelleştirilebilir.

$$y_i(w \cdot x_i + b) \geq 1, \quad i = 1, \dots, l \quad (3.13)$$

En uygun ayırıcı düzlem ise karar sınırı denklem (3.14) ile gösterilen doğrudur.

$$w \cdot x + b = 0 \quad (3.14)$$

En uygun ayırıcı düzlem tektir (unique) ve eğitim verilerini en büyük sınır ile ayırır. Sınır (margin), ayırıcı düzlem ile eğitim verileri arasındaki en kısa uzaklık olarak tanımlanır. Eğer sınır maksimum uzunlukta ise ayırıcı düzlem en uygun (optimum) olur.

Ayırt edici düzlem üzerinde iki karar sınırı arasındaki d mesafesi aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$d = \frac{2}{\|w\|} \quad (3.15)$$

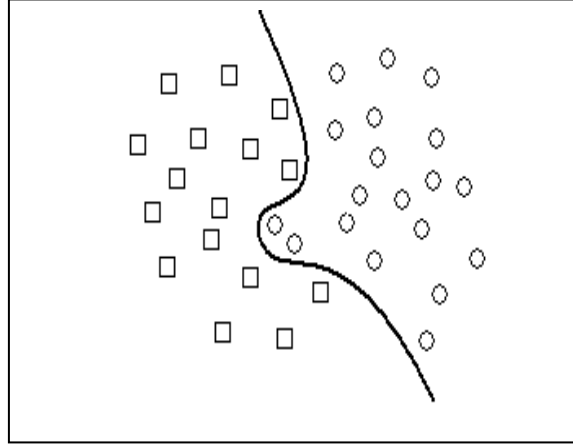
$\|w\|$ sembolü, w 'nin normunu göstermektedir. d mesafesinin maksimizasyonu $\|w\|$ 'in minimizasyonuna eşit olduğu için en uygun ayırt edici düzlem denklem (3.11)'deki kısıtları sağlayan ve $\|w\|$ 'yi minimize eden optimizasyon problemi ile elde edilebilir[127] .

3.3.2 Doğrusal Olarak Ayrılamayan Destek Vektör Makineleri

Verilerin doğrusal olarak ayrılmama durumu, negatif olmayan ve hataları ifade eden ξ gevşek değişkenlerin optimizasyon modeline eklenmesi sağlanarak çözülür.

Verilerin doğrusal olarak ayrılmadığı durumlarda doğrusal sınıflandırıcı yerine doğrusal olmayan sınıflandırıcılar kullanılmaktadır. Doğrusal olarak verilerin ayırt edilemediği durumlarda verileri daha büyük boyutlara uzaylara taşıyarak çözümlemek için ϕ fonksiyonları kullanılabilir. Bu amaçla çekirdek fonksiyonlardan yararlanılır [127].

Eğitim verileri her zaman hatasız olarak ayrılamayabilir. Bu tür durumlarda verilerin en az sayıda hata ile ayrılmalrı istenir. Şekil 3.9’da doğrusal olarak ayrılmayan durum gösterilmiştir.



Şekil 3.9 Verilerin doğrusal olarak ayrılmama durumu [74]

Verilerin doğrusal olarak ayrılmadığı durumlarda en iyi ayırt edici düzlem ξ_i gevşek değişkenler tanımlanarak sağlanır [44]. ξ_i gevşek değişkeni herhangi bir eğitim örneği için uygun olan sınıfın sınırdan olan sapma miktarıdır (Şekil 3.9). Ayırt edici düzlemde sınırın içine düşen veya karar sınırın yanlış sınıfa ait tarafta bulunan eğitim verileri için genelleme yapılırsa, ayırt edici düzlem kısıtları olan denklem (3.13)’deki ifadeye ξ_i pozitif gevşek değerleri eklenir.

$$\begin{aligned} y_i(w \cdot x_i + b) &\geq 1 - \xi_i, & i = 1, \dots, l \\ \xi_i &\geq 0 & i = 1, \dots, l \end{aligned} \quad (3.16)$$

Bir hatanın oluşması için ξ_i biri geçmelidir. $\sum_i \xi_i$ ise eğitim hataları sayısının üst sınırıdır. Bu durumda en genel anlamda en büyük sınır ile en iyi ayırt edici düzlem,

$$P = \frac{1}{2} \|w\|^2 + C \sum_{i=1}^l \xi_i \quad (3.17)$$

Denklem (3.17)'deki kısıtlara bağlı olarak, P eşitliğini en küçük yapan w ve b parametreleri ile tanımlanır. Burada C parametresi düzenleyici parametresi olup herhangi sabit bir değer seçilebilir. Denklem (3.18) probleminin çözümü için, problem Lagrange çarpanları ile ikili probleme dönüştürülmelidir.

$$L(\alpha) = \sum_{i=1}^l \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^l \alpha_i \alpha_j y_i y_j (x_i x_j) \quad (3.18)$$

$$\sum_{i=1}^l \alpha_i y_i \text{ ve } 0 \leq \alpha_i \leq C \quad i = 1, \dots, l \quad (3.19)$$

(3.19) denklemi maksimum yapılarak, sınıflandırma için gerekli olan parametreler hesaplanır.

3.3.3 Destek Vektör Regresyonu

Bir fonksiyonun tahmin edilmesi (öğrenilmesi) regresyon problemi olarak adlandırılabilir.

$$f(x, \lambda): X(\mathfrak{R}^d) \rightarrow \mathfrak{R} \quad (3.20)$$

$X \subset \mathfrak{R}^d$ gibi bir veri uzayını temsil etmektedir. $\lambda \in A$, A bağımsız özdeş dağılımlı N adet örneği olan parametreler kümesi iken

$$(x_1, x_2), \dots, (x_N, x_N), \quad x_i \in X(\mathfrak{R}^d), \quad y_i \in \mathfrak{R}, \quad (3.21)$$

örnekleri bilinmeyen bir $P(x, y)$ dağılımındandır. Burada amaç öyle bir $f(x, \lambda)$ fonksiyonu bulmaktır ki beklenen risk (expected risk) olarak mümkün olan en küçük değer elde edilebilsin.

$$R[\lambda] = \int l(y, f(x, \lambda)) P(x, y) dx dy, \quad (3.22)$$

Denklem (3.22)'da l kayıp fonksiyonudur (loss function). Genellikle olasılık dağılımı $P(x, y)$ bilinmediğinden beklenen riski $R[\lambda]$ hesap etmek ve minimize etmek olanaksızdır. Fakat denklem (3.21)'deki örneklerden dolayı $P(x, y)$ hakkında bilgi sahibi olunabilir. Böylece beklenen riskin olasılıklı bir yaklaşımı olarak denklem (3.23)'daki deneysel riski (empirical risk) hesap edilebilir.

$$R_{emp}[\lambda] = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N l(y_i, f(x_i, \lambda)) \quad (3.23)$$

Sadece deneysel riski minimize etmek küçük örneklemeden dolayı tahminde yanılgı gibi problemlere neden olmaktadır. Bu problem istatistiksel teori (statistical theory) veya Vapnik and Chervonenkis teorisi yardımıyla çözülür. VC teorisi denklem (3.24)'deki beklenen risk ile deneysel riskin sınırlarını $1 - \eta$ olasılıkla belirler.

$$R[\lambda] \leq R_{emp}[\lambda] + \sqrt{\frac{h \left(\ln \frac{2N}{h} + 1 \right) - \ln \frac{\eta}{4}}{N}}, \quad \forall \lambda \in A \quad (3.24)$$

Denklem (3.24)'de h $f(x, \lambda)$ fonksiyonunun VC-boyutudur (VC-dimension). Beklenen riskin minimize olması için VC-boyutunun küçük olması gerekmektedir. Belirli sayısı olan bir örnek için optimal bir VC-boyutu vardır. Veri sayısının az olduğu örneklerde h in doğru seçimi çok önemlidir. Bu yüzden Vapnik tarafından yapısal risk minimizasyonu geliştirilmiştir. Destek vektör makineleri YRM prensiplerini tamamlamak için geliştirilmiştir. Regresyon yapan DVM destek vektör regresyonu (support vector regression) DVR olarak adlandırılmaktadır. DVR'nda amaç denklem (3.24)'deki regresyon riskini minimize ederek bir $f(x, w, b)$ fonksiyonu bulmaktır.

$$R_{reg}(f) = \frac{1}{2} \langle w, w \rangle + C \sum_{i=1}^N l(f(x_i), y_i) \quad (3.25)$$

Denklem (3.25)'deki ilk terim DVM'ndeki sınırı ifade eder, C ise hatanın maliyetidir (cost of error). Burada $\langle w, w \rangle$ i minimize etmek fonksiyonumuzu mümkün olduğunca

düzleştirecektir (flatness). Fonksiyonumuz denklem (3.25)'de tanımlanmıştır. $\Phi(x): x \rightarrow \Omega$ olmak üzere,

$$f(x, w, b) = \langle w, \Phi(x) \rangle + b \quad (3.25)$$

denklemini $x \in X(\mathbb{R}^d)$ i gösterir, burada Ω yüksek boyutlu bir uzayı gösterir, ayrıca $b \in \mathbb{R}$ dir [47].

3.3.4 Destek Vektör Makineleri Mühendislik Alanında Uygulamaları

Maden Mühendisliği alanında Cao ve diğ. (2008) kömür madenlerindeki metan gazı tehlikesi için DVM tabanlı bir tahmin ve uyarı modeli geliştirmişlerdir [159]. Yu ve diğ. Maden bölgelerinde yer göçmesi hesaplamalarında destek vektör regresyonu kullanmışlardır [194].

İnşaat Mühendisliği ve Mimarlık alanında Chan ve diğ. (2001) lineer olmayan dinamik sistemlerin modellenmesinde destek vektör makineleri yöntemini kullanmışlardır [21]. Karaçalı ve diğ. (2004) DVM yöntemi ile yapısal risk minimizasyonu konusunda karşılaştırmalı analiz çalışması yapmışlardır [82].

Elektrik Elektronik Mühendisliği alanında Ashkan ve diğ. (2011) Elektrik güç kablolarındaki buz birikimlerinin tahmini için DVM tabanlı bir algoritma ile nümerik tabanlı bir hava tahmin modeli geliştirmişlerdir [79]. Zhang ve diğ. (2004) DVM ile radar sinyali tanınması üzerine çalışmalar yapmışlardır [197].

Makine Mühendisliği alanında Chi ve diğ. (2006) pahalı bir ölçüm sistemi olan Dinamometre ile ölçüm tekniği yerine geçmiş verileri kullanarak motor gücü ve torkunu DVM tabanlı bir ölçüm modeli geliştirmişlerdir [28]. Jack ve Nandi, (2002) Yuan ve Chu (2007) DVM ile hata tespiti üzerine çalışmışlardır [78], [195]. Rojas ve Nandi, (2006) Samanta ve diğ. (2003), Jack ve Nandi (2001) DVM yöntemini kullanarak rulman yataklarında meydana gelen hataların tespiti ve hata karakteristikleri üzerine çalışmalar yapmışlardır [134], [136], [77]. Yan ve Shao hata tespiti için DVM yöntemini kullanmışlardır [190].

Bilgisayar Mühendisliği alanında Martinez ve diğ. (2006) İmza tanımlanmasında çok katmanlı yapay sinir ağları ile destek vektör makineleri yöntemlerini kıyaslamışlardır [110]. Gorgevik ve diğ. (2001) DVM yöntemi ile el yazısı tanımlanması üzerine çalışmışlardır [59]. Guo ve diğ. (2000) İle Buciu ve diğ. (2001) DVM ile yüz tanımlama algoritması geliştirmişlerdir [61], [16]. Kikuchi ve Abe (2005) hibrit bir model geliştirerek bulanık mantık tabanlı DVM ile örüntü tanıma çalışması yapmışlardır [87]. Pontil ve Veri'nin (1998) DVM ile 3 boyutlu obje tanıma alanında çalışmışlardır [130].

3.3.5 Destek Vektör Makineleri Sınıflandırma ve Kümeleme Uygulamaları

Destek vektör makinaları (DVM), akıllı yöntemler içerisinde oldukça yeni bir yöntemdir. Son dönemlerde DVM kullanım alanı genişleyerek artmaktadır. Gunn (1998) sınıflandırma ve regresyon problemleri için destek vektör makineleri yöntemini kullanmıştır [66]. Wang ve diğ. DVM tabanlı bir ses sınıflandırılması sistemi tasarlayıp uygulamışlardır [178]. Sun ve diğ. (2008) DVM sınıflandırma tekniği kullanarak dengesiz yazı sınıflandırması üzerine çalışmışlardır [154]. Zhang ve diğ. (2008) DVM ile yazı sınıflandırması yapmışlardır [97]. Song ve diğ. Balistik biliminde DVM kullanarak mermi deliklerine ait resimlerin sınıflandırılması üzerine çalışma yapmışlardır [147]. Juan ve diğ. (2001) ile Jia ve diğ. (2006) parmak izi tespitlerinde, eşleştirilmesi işlemlerinde ve sınıflandırılmasında DVM yöntemini kullanmışlardır [79], [9]. Lessmann ve Vob (2008) müşteri merkezli veri madenciliğinde hiyerarşik atıf temelli destek vektör makineleri sınıflandırması uygulaması yapmışlardır [101].

3.3.6 Destek Vektör Makineleri Finans Sektöründe Uygulamaları

Lee (2007) kredi derecelendirmesi alanında DVM yöntemi ile tahminler yapmıştır [199]. Kim (2003) DVM yöntemini kullanarak, finansal zaman serileri öngörüsü üzerine çalışmıştır [91]. Tay ve Cao (2001) finansal zaman serilerinin tahmininde destek DVM kullanmışlardır [156]. Huang ve Tsai (2009), Tang ve diğerleri (2009), Trafalis ve İnce (2000) borsa ile ilgili tahmin çalışmaları yapmışlardır [72], [155], [160]. Bellotti ve Crook (2009) ise DVM'ni geniş bir kredi kartı veri tabanı üzerinde kredi değerlendirme sınıflandırması için kullanmışlardır [11]. Xu ve arkadaşları (2009) ise DVM ile kredi puanlaması konusunda çalışmışlardır [204]. Erdal (2011) DVM yöntemi ile tahmine dayalı modelleme konusunda çalışmıştır. Türkiye'de 2007-2010 dönemine

ait 21 ana imalat sanayi aylık sektörel kapasite kullanım oranlarının tahminini yapmıştır [47].

3.3.7 Destek Vektör Makineleri Tıp Alanında Uygulamaları

Wan ve Campbell (2000) konuşmacıların doğrulanması ve tanımlanmasında destek vektör makineleri destekli bir model kullanmışlardır. [172]. Chen ve diğ. (2007) ile Wang ve diğ. (2000) patolojik seslerin tanımlanması işlemi için DVM tabanlı bir model geliştirmişlerdir [25], [174]. Sebalt ve Bucklew (2001) DVM ile çoklu hipotez test problemleri üzerine çalışmışlardır [138]. Yang ve diğ. beyin aktivasyonlarının algılanmasında DVM yöntemini kullanmışlardır [191]. Caorsi ve diğ. (2003) İle Aliaksei ve diğ. (2006) DVM ve hibrit teknikler kullanarak tıp alanında çalışmalar yapmışlardır [18], [4].

3.3.8 Destek Vektör Makineleri Yöntemi ile Diğer Tahmin Çalışmaları

Pai ve Hong (2005) bölgesel elektrik yükü tahmini için DVM tekniğini kullanmıştır [128]. Wang ve diğ. (2009), elektrik talep tahmini için DVM tabanlı model geliştirmişlerdir [173]. Stanislaw ve Konrad (2007) günlük meteorolojik kirliliğin tahmini için dalga ve DVM yöntemlerini kullanmışlardır [149]. Lau ve Wu (2008) Durağan olmayan zaman serileri tahmininde yerel çözümler ile ilgili çalışmalar yapmışlardır [95]. Erdal (2011) DVM yöntemi ile tahmine dayalı modelleme konusunda çalışmıştır. Türkiye’de 2007-2010 dönemine ait 21 ana imalat sanayi aylık sektörel kapasite kullanım oranlarının tahminini yapmıştır [47].

3.4 METODOLOJİ

Proje yönetimi kapsamında yürütülen projelerde proje zaman çizelgesi ile proje paydaşlarına proje süresi, proje maliyeti, nakit akış diyagramları, S-eğrileri, kaynak tahsisleri ve periyodik iş emirleri gibi bir çok faydalı bilgi elde edilebilmektedir. Bunların yanında proje yönetimi performans ölçüm aracı olan KDA yöntemi ile zaman ve maliyet eksenli proje performansı ölçülebilmektedir.

KDA yöntemi ile proje ilerleyişi sırasında herhangi bir zamanda faaliyetlere ait beklenen ve gerçekleşen süre ve maliyet verileri kullanılarak proje performansı ile ilgili

sonuçlar elde edilmektedir. Proje başlangıcından analiz yapılan zamana kadar olan süreçte proje performansını, maliyet ve çizelge performans endeks değerleriyle net bir şekilde ortaya koymaktadır. KDA yöntemi çerçevesinde planlanan değerler ile performans endeksleri kullanılarak projenin gelecek bir zamandaki maliyeti ve süresi ile ilgili tahminler yapılabilmektedir.

KDA yönteminin tamamlanmış bir proje performans verilerini net bir biçimde yansıtması açısından çok etkili bir performans ölçüm aracı olduğu görülmektedir. Proje tamamlandıktan sonra proje performans verileri incelenerek hataların ortaya çıkarılması gelecekteki projelerde aynı hataların tekrarlanmaması için faydalı bir yöntem olabilir. Fakat rekabetin yoğun olarak yaşandığı bir ortamda proje performansını doğru bir şekilde değerlendirerek devam etmekte olan projelerin nasıl sonlanacağını doğru ve güvenilir bir biçimde tahmin edebilmek rekabet avantajı ve karlılık sağlayacaktır.

KDA yönteminin geniş bir kullanım alanı ve literatürde geçerliliği olmasına rağmen projelerde gerçekleşebilecek olası risklerin projeyi oluşturan tüm faaliyetlere homojen ve düzgün dağılmadığı için proje ilk safhasında hesaplanan performans endeksi ile tamamlanma maliyetinin tahmininde gerçeğe yakın sonuçlar elde edilememektedir. Proje başlangıcındaki maliyet sapmaları büyük fakat daha sonraları etkisi azalan riskler neticesinde düşük sapmalar meydana geliyorsa proje ilk safhalarında yapılan tahmin başlangıçtaki düşük performans göstergesine dayalı olarak yüksek bir değer olacaktır. Bunun tam tersi maliyet sapmalarına etki edecek riskler başlangıç faaliyetlerinde değil de proje son faaliyetlerinde ise başlangıçtaki yüksek performans göstergelerine bağlı olarak gerçekleşecek olan tamamlanma maliyetinde daha düşük değerler ortaya koyacaktır.

Verilen bilgilerden anlaşılabileceği gibi uzun süren ve homojen bir faaliyette KDA yöntemi geçmiş sapmaları temel alarak faaliyet sonundaki sapma miktarını doğru verebilme olasılığı yüksektir fakat hemen hemen tüm projeler birbirinden tamamen bağımsız birçok faaliyetten oluşmaktadır. KDA ile tahmin edilen projenin gelecekteki sapma değerleri doğrusal bir hesaplama yöntemine dayalı olduğu için güvenilirliği düşük bir yöntemdir. Bu nedenle proje yöneticileri ve uzmanlar geleceğe yönelik

tahminlerde tahmini tamamlanma maliyeti TTM değerini yalnızca KDA yöntemiyle değil buna ek olarak geçmiş verileri ve deneyimlerini kullanmaktadırlar.

Uzman sistemler ve yapay zekâ teknikleri insan zekâsını taklit eden sistem ve tekniklerdir ve karmaşık problemler yapay zekâ teknikleriyle kısa sürede ve ihmal edilebilecek hata oranlarıyla çözülebilmektedir. Tahmin yöntemlerinde de yapay zeka teknikleriyle elde edilen başarılı sonuçlar tezin daha önceki bölümlerinde yer alan literatür çalışmalarında gösterilmiştir.

Tezde KDA yönteminin yetersiz kaldığı proje tahmini tamamlanma maliyet değerinin hesaplanması için optimizasyona dayalı sınıflandırma ve regresyon problemlerinde kullanılmakta olan Destek Vektör Makineleri yöntemi KDA yöntemine entegre edilerek hibrit bir tahmin modeli geliştirilmiştir.

Metodolojiye ait adımlar ve akış şeması aşağıda verilmiştir:

- 1- Proje faaliyetlerinin ve faaliyet sürelerinin belirlenmesi
 - 2- Proje zaman çizelgesinin hazırlanması
 - 3- Faaliyetlere beklenen maliyetlerin atanması
 - 4- Proje maliyetinin ve kritik yolun hesaplanması
 - 5- Projenin fiziksel özelliklerine göre yüzdelik dilimlere ayrılması
 - 6- Proje ilerleyişine göre faaliyetlere ait gerçekleşen maliyetlerin girilmesi
 - 7- Tüm projelere ait yüzdelik kısımların KDA hesaplamalarının yapılması.
- Gerçekleştirilen KDA hesaplamaları aşağıda gösterilmiştir:

$$\bullet \text{ Temel Maliyet (TM) = Planlanan proje maliyeti} \quad (3.26)$$

$$\bullet \text{ Maliyet Varyansı (MV) = KD-GM} \quad (3.27)$$

$$\bullet \text{ Maliyet Performans Endeksi (MPE) = KD/GM} \quad (3.28)$$

$$\bullet \text{ Çizelge Performans Endeksi (ÇPE) = KD/PD} \quad (3.29)$$

$$\bullet \text{ Tahmini Tamamlanma Maliyeti (TTM) = GM + (TM - KD) / MPE} \quad (3.30)$$

- Tamamlanma İçin Gerekli Performans Endeksi

$$(TGPE) = (TM - KD) / (TM - GM) \quad (3.31)$$

KD: kazanılmış değer, GM: gerçekleşen maliyet, TM: temel maliyet, TTM: tahmini tamamlanma maliyeti, MPE: maliyet performans endeksi, TGPE: tamamlama İçin gerekli performans endeksi, MV: maliyet varyansı, PD: planlanmış değer.

8- Geçmiş projelerden elde edilen GM ve KD değerleri kullanılarak yapay sinir ağları ile kazanılmış değer (YSA+KDA) ve destek vektör makineleri ile kazanılmış değer (DVM+KDA) yöntemleriyle devam etmekte olan bir projenin tamamlanma maliyetinin tahmin edilmesi

$$f(x, w, b) = \langle w, \Phi(x) \rangle + b \quad (3.32)$$

$$(x_1, x_2), \dots, (x_N, x_N), \quad x_i \in X(\mathfrak{R}^d), \quad y_i \in \mathfrak{R}, \quad (3.33)$$

$$R[\lambda] = \int l(y, f(x, \lambda)) P(x, y) dx dy, \quad (3.34)$$

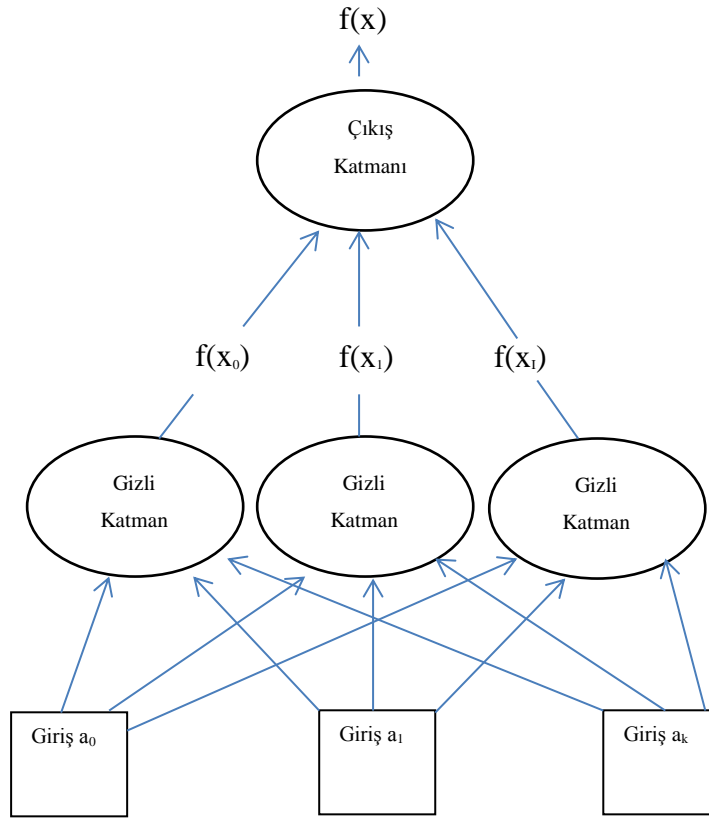
$$R_{emp}[\lambda] = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N l(y_i, f(x_i, \lambda)) \quad (3.35)$$

$$R[\lambda] \leq R_{emp}[\lambda] + \sqrt{\frac{h \left(\ln \frac{2N}{h} + 1 \right) - \ln \frac{\eta}{4}}{N}}, \quad \forall \lambda \in A \quad (3.36)$$

$$R_{reg}(f) = \frac{1}{2} \langle w, w \rangle + C \sum_{i=1}^N l(f(x_i), y_i) \quad (3.37)$$

$$f(x, \lambda): \quad X(\mathfrak{R}^d) \rightarrow \mathfrak{R} \quad (3.38)$$

Denklem 3.32, 3.33, 3.34, 3.35, 3.36, 3.37, 3.38’de destek vektör regresyonuna ait denklemler gösterilmektedir. Şekil 3.10’da ise yapay sinir ağları modeli bulunmaktadır.

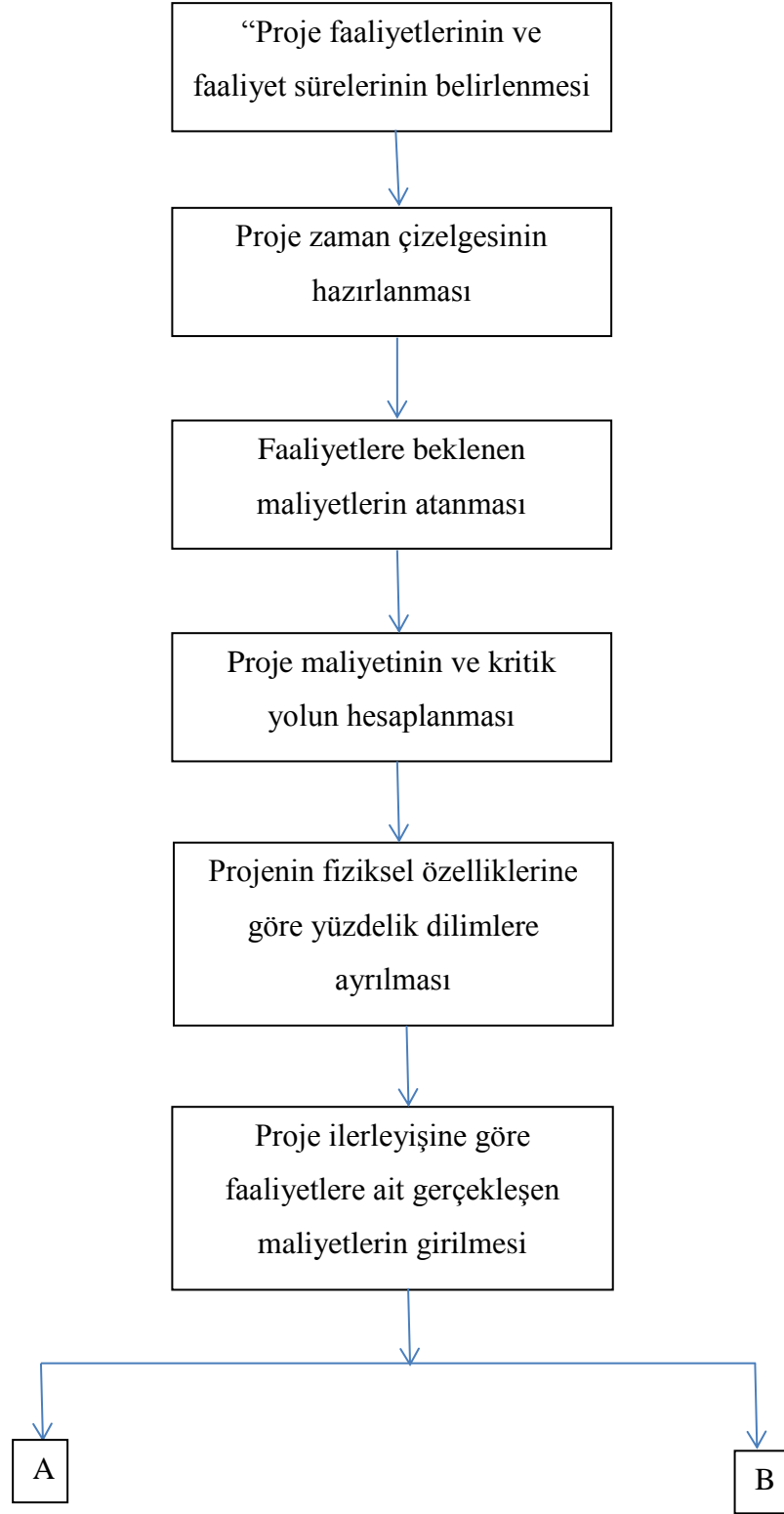


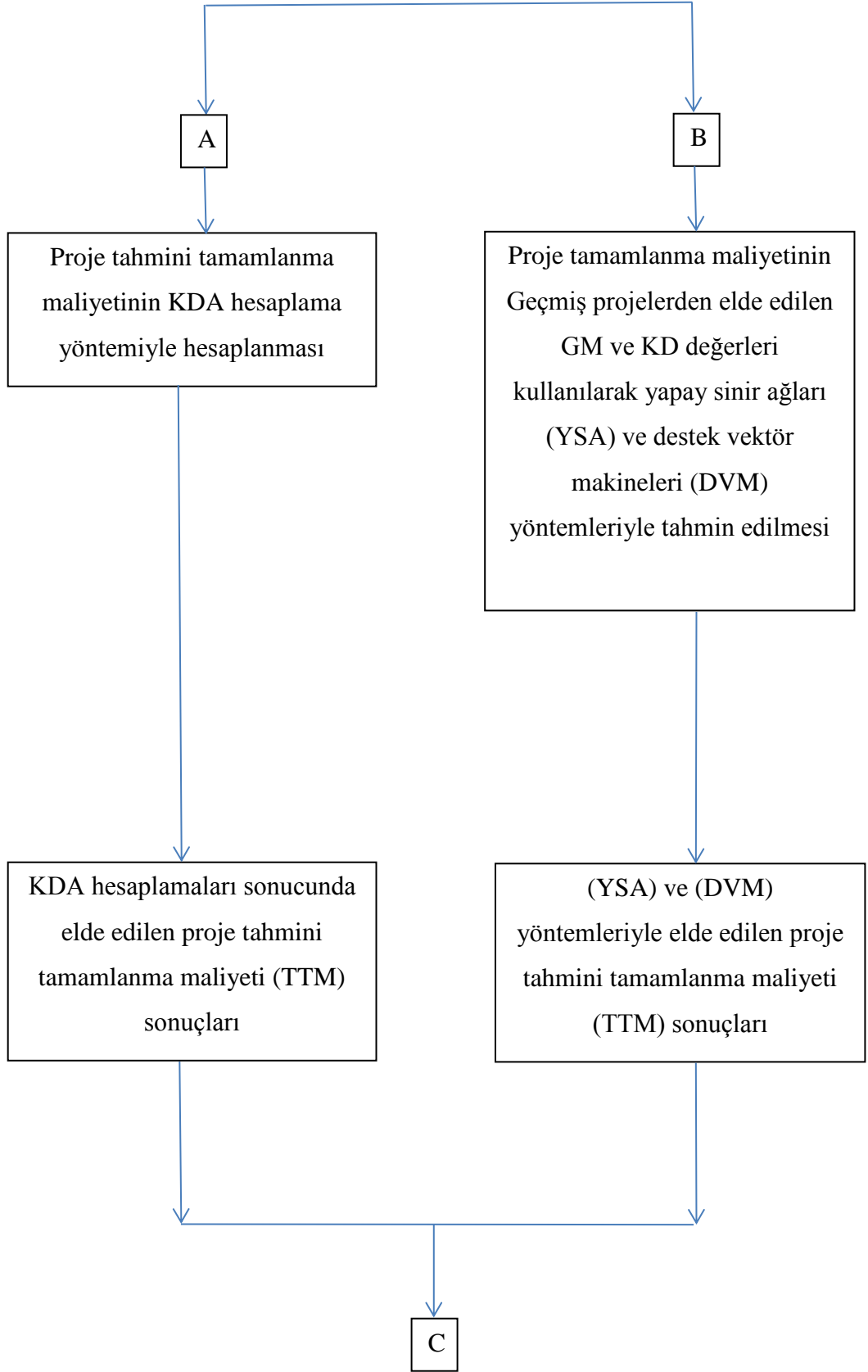
Şekil 3.10 Yapay Sinir Ağları Modeli

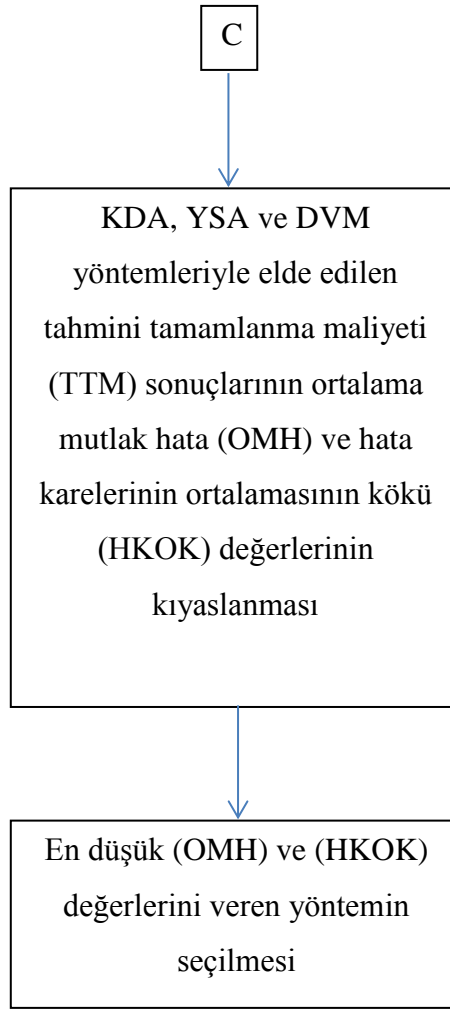
9- KDA, YSA+KD ve DVM+KD yöntemleriyle elde edilen tahmini tamamlanma maliyeti (TTM) sonuçlarının ortalama mutlak hata (OMH) ve hata karelerinin ortalamasının kökü (HKOK) değerlerinin kıyaslanması

10- En düşük (OMH) ve (HKOK) değerlerini veren üç yöntemden ((KDA), (YSA+KDA), (SVM+KDA)) birinin seçilmesi

Oluşturulan modelin akış şeması aşağıda gösterilmiştir.







Şekil 3.11 Model Akış Şeması

4. BULGULAR

Tezde uygulama alanı olarak ülkemizin en gelişmiş sektörü ve ülke ekonomisinde önemli bir paya sahip olan inşaat endüstrisi seçilmiştir. Proje yönetimi kapsamında bir konut projesi detaylı bir şekilde incelenerek çizelgeleme ve faaliyet bazlı maliyetlendirme işlemleri yapılmıştır. Bu bölümde aynı imar haklarına sahip İstanbul'un Esenyurt ilçesinde inşaa edilen 1 bodrum, 1 zemin ve 4 normal kattan oluşuna ve toplam 15,50 m'lik kota sahip 10 adet konut inşaatı incelenmiştir. Çalışmada kullanılan veriler hazırlanan detaylı iş programı neticesinde yapıların toplam süreleri kritik yolları, S-Eğrileri ve nakit akış diyagramları hesaplanarak belirli dönemlerinde kazanılmış değer yönetimi çerçevesinde analiz edilmiştir. Yapılan hesaplamalar ve analizler neticesinde toplamda 90 adetlik veri kümesi elde edilmiştir.

Tezde kullanılan konut projesi fiziksel özellikleri ve içerdikleri risk tipleri bakımından %2, %11, %23, %34, %40, %60, %71, %82, %89'luk zaman dilimleri olarak dokuz ayrı bölüme ayrılmıştır. Her bir proje için belirlenen zaman dilimleri sonlarında KDA hesaplamaları yapılmıştır; projenin %2'lik kısmı tamamlandıktan sonra projenin planlanan ve gerçekleşen maliyet değerleri kullanılarak KDA yöntemiyle projenin TTM değeri hesaplanmıştır ve daha sonra bu hesaplama işlemleri %11, %23, %34, %40, %60, %71, %82, %89'luk kısımlar içinde gerçekleştirilmiştir. Toplam 10 adet proje için 90 adet KDA kapsamında TTM değeri elde edilmiştir.

Elde edilen verilerin her biri için analiz edildiği dönemlerdeki kazanılmış değer (KD), planlanmış değer (PD) ve gerçekleşen maliyet (GM) değerleri kullanılarak literatürde geçerli olan KDA hesaplama yöntemi ile tahmini tamamlanma maliyetleri (TTM) değerleri hesaplanmıştır. Buna ek olarak yine kazanılmış değer yönetimi kapsamında projelerin her bir analiz döneminde maliyet performans endeksi (MPE) ve tamamlanmadaki varyans değerleri hesaplanmıştır.

Projelerden elde edilen dönemlik kazanılmış değer ve gerçekleşen maliyet verileri, destek vektör makineleri (DVM) ve yapay sinir ağları (YSA) yöntemleri ile analiz edilerek proje tamamlanma maliyetleri tahmin edilmiştir. Daha sonra DVM+KD ve

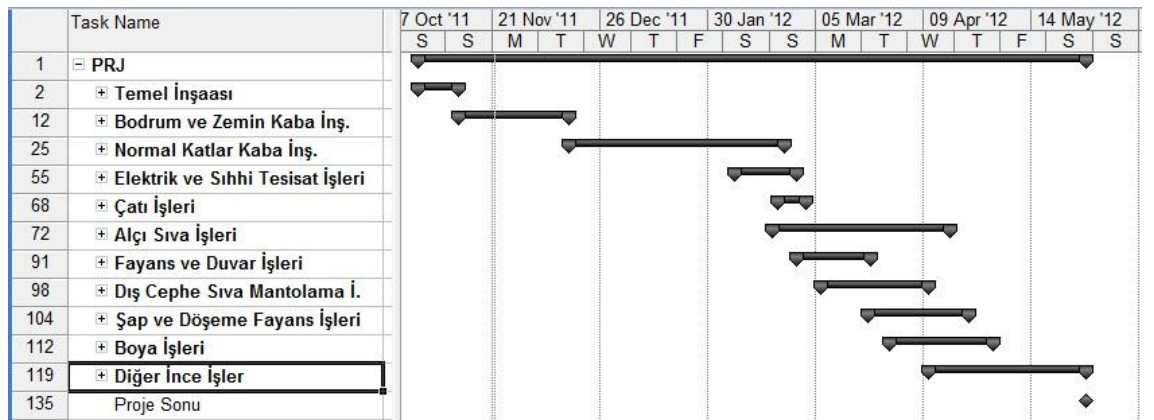
YSA+KD ile elde edilen tahmin sonuçları ortalama mutlak hata (OMH), hata karelerinin ortalamasının kökü (HKOK) değerleri kıyaslanarak her bir TTM tahminin gerçekleşen proje maliyeti değeriyle olan farkı verilmiştir.

Son olarak DVM+KD ve YSA+KD yöntemleriyle elde edilen proje tamamlanma maliyeti değerleri literatürde kullanılan KDA hesaplama yöntemleriyle hesaplanmış TTM değerleriyle kıyaslanarak elde edilen sonuçlar tablolar ve grafikler üzerinde gösterilmiştir.

4.1 VERİ KÜMESİ

Çalışmada kullanılan veriler proje, ruhsat, yapı denetim, harita mühendisliği, zemin mühendisliği ve müteahhitlik hizmeti veren Ekyıl İnşaat Ltd. Şti. firmasından alınmıştır. Kullanılan veriler 2011 senesi içerisinde Esenyurt ilçesinde inşaa edilen mimari ve statik projeleri Esenyurt Belediyesi ve İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul şubesi tarafından onaylanmış 1 bodrum, 1 zemin ve 4 normal kattan oluşuna ve toplam 15.50 m kot değerine sahip konut yapılarıdır.

Her bir yapı için başlangıcından tamamlanmasına kadar olan süreç içerisinde 9 ayrı safhada veri toplanmış ve toplam 90 adet veri elde edilmiştir. Şekil 4.1’de görüldüğü gibi yapılar 11 başlık altında toplanan toplam 123 adet faaliyetten oluşmaktadır. İncelenen projelerde her bir faaliyete gerekli olan sabit ve değişken maliyetler atanmış ve ayrı ayrı bütçelendirilmiştir. Daha sonra faaliyet süreleri belirlenerek faaliyetler arasındaki ilişkiler tanımlanmıştır. Hazırlanan çizelgenin sonucunda her bir proje için planlanmış değer yani öngörülen toplam proje bütçesi elde edilmiştir.



Şekil 4.1 Proje zaman çizelge özeti

Son olarak proje ilerleyişi sırasında faaliyetlerin içerdiği riskler ve özelliklerine göre belirli zaman aralıklarında analizler yapılmıştır. Analiz zamanları ve yapının fiziksel durumu tablo 4.1’de verilmiştir.

Her bir projeye ait bölümler içerdikleri risk çeşitleri açısından faaliyet gruplarına ayrılmıştır. Proje bölümleri %2, %11, %23, %34, %40, %60, %71, %82, %89’luk zaman dilimleri olarak 9 ayrı bölümde ifade edilmiştir. Projeleri oluşturan faaliyetler ve bölüm detayları tablo 4.1’de görülmektedir.

Tablo 4.1 Proje Faaliyetleri

Faaliyetler	
Temel İnşaatı	2%
Projelendirme ve Ruhsat İleri	
Köşe Kazıkların Çakılması	
Hafriyat	
Grobeton Dökülmesi	
Temelaltı Yalıtım	
Bina Koordinatlarının Belirlenmesi	
Temel Kalıbının Çakılması	
Temel Donatı İşçiliği	
Temel Betonunun Dökülmesi	
Bodrum ve Zemin Kaba İnş.	11%
Kolon Akslarının Çakılması	
Bodrum Kat Perde Kalıbı	
Bodrum Kat Perde Donatı	
Bodrum Kat Perde ve Kolon Betonu	
Bodrum Kat Tabliyesi Kalıp	
Bodrum Kat Tabliyesi Donatı	
Bodrum Kat Tabliye Betonu	
Zemin Kat Kolon Kalıbı	
Zemin Kat Tabliyesi Kalıp	
Zemin Kat Kolon Donatı	
Zemin Kat Tabliyesi Donatı	
Zemin Kat Tabliye Betonu	
Normal Katlar Kaba İnş.	2%
1. Kat Kolon Kalıbı	

1. Kat Tabliyesi Kalıp	34%
1. Kat Kolon Donatı	
1. Kat Tabliyesi Donatı	
1. Kat Tabliye Betonu	
Perde Yalıtımları	
Kanalın Bağlanması ve Dolgu	
2. Kat Kolon Kalıbı	
2. Kat Tabliyesi Kalıp	
2. Kat Kolon Donatı	
2. Kat Tabliyesi Donatı	
2. Kat Tabliye Betonu	
3. Kat Kolon Kalıbı	
3. Kat Tabliyesi Kalıp	
3. Kat Kolon Donatı	
3. Kat Tabliyesi Donatı	
3. Kat Tabliye Betonu	
Bodrum Kat Duvar İşçiliği	34%
Zemin Kat Duvar İşçiliği	
1. Kat Duvar İşçiliği	
2. Kat Duvar İşçiliği	
4. Kat Kolon Kalıbı	
4. Kat Tabliyesi Kalıp	
4. Kat Kolon Donatı	
4. Kat Tabliyesi Donatı	
4. Kat Tabliye Betonu	
3. Kat Duvar İşçiliği	
4. Kat Duvar İşçiliği	40%
Pencere Balkon Denizlik Montajı	
Elektrik ve Sıhhi Tesisat İşleri	
Bodrum Kat Elektrik Tesisat İşçiliği	
Bodrum Kat Sıhhi Tesisat İşçiliği	
Zemin Kat Elektrik Tesisat İşçiliği	
Zemin Kat Sıhhi Tesisat İşçiliği	
1. Kat Elektrik Tesisat İşçiliği	
1. Kat Sıhhi Tesisat ve doğalgaz İşçiliği	
2. Kat Elektrik Tesisat İşçiliği	
2. Kat Sıhhi Tesisat İşçiliği	
3. Kat Elektrik Tesisat İşçiliği	
3. Kat Sıhhi Tesisat İşçiliği	
4. Kat Elektrik Tesisat İşçiliği	
4. Kat Sıhhi Tesisat İşçiliği	

Çatı İşleri	60%
Çatı Duvar İşçiliği	
Çatı Ahşap İşçiliği	
Çatı İzolasyon	
Alçı Sıva İşleri	
Bodrum Kat Alçı Sıva İşleri	
Zemin Kat Alçı Sıva İşleri	
1. Kat Alçı Sıva İşleri	
2. Kat Alçı Sıva İşleri	
3. Kat Alçı Sıva İşleri	
4. Kat Alçı Sıva İşleri	
Bodrum Kat Kartonpiyer İşleri	
Zemin Kat Kartonpiyer İşleri	
1. Kat Kartonpiyer İşleri	
2. Kat Kartonpiyer İşleri	
3. Kat Kartonpiyer İşleri	
4. Kat Kartonpiyer İşleri	
Bodrum Kat Kaba Sıva İşleri	
Zemin Kat Kaba Sıva İşleri	
1. Kat Kaba Sıva İşleri	
2. Kat Kaba Sıva İşleri	
3. Kat Kaba Sıva İşleri	
4. Kat Kaba Sıva İşleri	
Fayans ve Duvar İşleri	71%
Banyo, Fayans ve Duvar İşçiliği	
Banyo, Fayans ve Duvar İşçiliği	
Banyo, Fayans ve Duvar İşçiliği	
Banyo, Fayans ve Duvar İşçiliği	
Banyo, Fayans ve Duvar İşçiliği	
Banyo, Fayans ve Duvar İşçiliği	
Dış Cephe Sıva Mantolama İ.	
Dış Cephe İskele Kurulması	
Dış Cephe Kaba Sıva	
Dış Cephe Mantolama ve Boya	
İskelenin sökülmesi	
PVC Pencere Doğrama Montajı	
Şap ve Döşeme Fayans İşleri	
Şap Atılması	
Döşeme Fayans İşleri	82%
Döşeme Fayans İşleri	
Döşeme Fayans İşleri	
Döşeme Fayans İşleri	

Döşeme Fayans İşleri	
Döşeme Fayans İşleri	
Boya İşleri	
Boya İşleri	
Boya İşleri	
Boya İşleri	
Boya İşleri	
Boya İşleri	
Boya İşleri	
Boya İşleri	
Diğer İnce İşler	89%
Küpeşte Montajı	
PVC Pencere Camları Montajı	
Merdiven Mermer Montajı	
Çelik Kapı Montajı	
Mutfak Dolaplarının Montajı	
Mutfak Tezgah Montajı	
Laminant Parke Montajı	
İç Kapı Montajı	
Elektrik Montaj	100%
Petek ve Musluk Montajı	
Merdiven Korkulukları Montajı	
Ankastre Montajı	
Asansör Kurulumu	
Duşa Kabin Montaj	
Boya Tadilat İşleri	
Proje Sonu	

Tablo 4.2 Proje Planlanan değerleri ve Gerçekleşen Maliyetleri

Proje	GM ve PM	KD ve PD
A	470.532,00 TL	483.202,00 TL
B	430.672,00 TL	441.262,00 TL
C	419.433,00 TL	432.173,00 TL
D	492.318,00 TL	506.343,00 TL
E	504.369,00 TL	519.852,00 TL
F	411.750,00 TL	422.728,00 TL
G	441.179,00 TL	452.851,00 TL
H	596.800,00 TL	621.880,00 TL
I	502.145,00 TL	521.160,00 TL

J	481.891,00 TL	498.337,00 TL
---	---------------	---------------

GM: Gerçekleşen Maliyet, PM: Proje maliyeti, KD: Kazanılmış değer, PD: Planlanan değer.

4.2 ANALİZ YÖNTEMLERİ

4.2.1 Kazanılmış Değer Analizi

Kazanılmış değer analizi kapsamında elde edilen sonuçlarda literatürde geçerli olan formüller uygulanmıştır. Uygulamada kullanılan formüller şu şekildedir:

$$MV = KD - GM$$

$$MPE = KD/GM$$

$$TTM = GM + (TM - KD) \setminus MPE.$$

$$TGPE = (TM - KD) / (TM - GM).$$

KD: kazanılmış değer, GM: gerçekleşen maliyet, TM: temel maliyet, TTM: tahmini tamamlanma maliyeti, MPE: maliyet performans endeksi, TGPE: tamamlama için gerekli performans endeksi, MV: maliyet varyansı.

4.2.2 Destek Vektör Makineleri

Tezde destek vektör makineleri hesaplamalarında Weka yazılımının 3.5.8 versiyonu kullanılmıştır. Birçok deneme sonucunda en iyi tahminin elde edilebildiği DVM parametreleri şu şekildedir: Veriler normalize edilmiştir, ve son olarak çekirdek fonksyonu polinom çekirdek (the polynomial kernel) olarak tanımlanmıştır.

4.2.3 Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağları hesaplamalarında da açık kaynak kodlu Weka yazılımının 3.5.8 versiyonu kullanılmıştır. Yine yapılan birçok deneme sonucunda en iyi tahminin elde edilebildiği YSA parametreleri şu şekildedir: Veriler normalize edilmiştir. Uygulamada gizli katman sayısı $h=5$ seçilmiş ve 1000 iterasyon yapılmıştır.

4.3 SONUÇLARIN KARŞILAŞTIRILMASI

Tez çalışmasının değerlendirme kısmında KDA, DVM+KD ve YSA+KD yöntemleri ile tahmin edilen proje tamamlanma maliyeti değerleri gerçek verilerle kıyaslanmıştır. Kullanılan üç yöntemin başarılarının ölçülebilmesi ve kıyaslanabilmesi için ortalama mutlak hata (OMH) ve hata karelerinin ortalamasının kökü (HKOK) kriterleri kullanılmıştır.

KDA, DVM+KD ve YSA+KD uygulamalarıyla yapılan tahmin sonuçları proje tabanlı olarak aşağıdaki tablolarda ve şekillerde gösterilmiştir.

4.3.1 A Projesi

Tablo 4.3 A Projesi Kazanılmış Değer Analizi Hesaplamaları

prj	TAM	GM	KD	MV	MPE	TTM	TV	TGPE
A1	2%	60.160,00 TL	56.160,00 TL	4.000,00 TL	0,93	504.045,68 TL	33.513,68 TL	1,01
A2	11%	98.913,00 TL	92.513,00 TL	6.400,00 TL	0,94	503.083,15 TL	32.551,15 TL	1,02
A3	23%	146.677,00 TL	138.177,00 TL	8.500,00 TL	0,94	499.476,92 TL	28.944,92 TL	1,03
A4	34%	175.132,00 TL	166.367,00 TL	8.765,00 TL	0,95	495.321,85 TL	24.789,85 TL	1,03
A5	40%	226.907,00 TL	216.217,00 TL	10.690,00 TL	0,95	493.795,61 TL	23.263,61 TL	1,04
A6	60%	279.756,00 TL	268.066,00 TL	11.690,00 TL	0,96	491.051,27 TL	20.519,27 TL	1,06
A7	71%	323.586,00 TL	311.496,00 TL	12.090,00 TL	0,96	488.794,62 TL	18.262,62 TL	1,08
A8	82%	346.067,00 TL	333.627,00 TL	12.440,00 TL	0,96	488.076,80 TL	17.544,80 TL	1,10
A9	89%	412.227,00 TL	399.557,00 TL	12.670,00 TL	0,97	485.452,63 TL	14.920,63 TL	1,22

A projesi için temel maliyet (TM) 470.532 TL ve proje gerçekleşen maliyeti (PM) 483.202 TL'dir. Kazanılmış değer analizi hesaplamalarında maliyet performans endeksi MPE değerleri 0,93 ile 0,97 arasında değişmektedir. Projenin %2'lik bölümünde gerçekleşen maliyet planlanan değerden çok daha fazla olduğu için hesaplana 0,93'lük MPE değeri proje ilerleyen kısımlarda planlanan değer ve gerçekleşen maliyet arasında daha düşük varyanslar oluşmasından dolayı düşmektedir. Yapılan hesaplamaların sonucunda A projesinin Tahmini Tamamlanma Maliyeti 504.045,68'den başlayarak 485.452,63 TL'ye kadar düşmüştür. Tablo 4.3'de A projesi için KDA+KD hesaplamaları bulunmaktadır.

Tablo 4.4 A Projesi Gerçekleşen Maliyet, Kazanılmış Değer, Planlanan Değer ve Proje Maliyetleri

TAM.	GM ve PM	KD vePD
2%	60.160,00	56.160,00
11%	98.913,00	92.513,00
23%	146.677,00	138.177,00
34%	175.132,00	166.367,00
40%	226.907,00	216.217,00
60%	279.756,00	268.066,00
71%	323.586,00	311.496,00
82%	346.067,00	333.627,00
89%	412.227,00	399.557,00
100%	483.202,00	470.532,00

Tablo 4.4'te A projesi için her yüzdelik dilimde yapılan analiz sonuçları gerçekleşen maliyet ve kazanılmış değer değerleri maliyet cinsinden verilmiştir. A projesi için planlanan değer 470.532 TL iken proje 483.202 TL'ye tamamlanmıştır. 12.670 TL'lik bir maliyet varyansı söz konusudur.

Tablo 4.5 A Projesi Maliyet Tahmin ve Hata Değerleri

TAM.	KDA TAH.	KDA HATA	YSA+KD TAH.	YSA+KD HATA	DVM+KD TAH.	DVM+KD HATA
2%	504.045,68	20.843,68	474.534,46	8.667,54	483.894,51	692,51
11%	503.083,15	19.881,15	475.385,11	7.816,90	484.693,77	1.491,77
23%	499.476,92	16.274,92	476.397,27	6.804,73	485.139,49	1.937,49
34%	495.321,85	12.119,85	476.852,98	6.349,02	484.826,24	1.624,24
40%	493.795,61	10.593,61	478.220,86	4.981,14	484.980,68	1.778,68
60%	491.051,27	7.849,27	479.101,34	4.100,66	484.719,66	1.517,66
71%	488.794,62	5.592,62	480.040,13	3.161,87	484.145,01	943,01
82%	488.076,80	4.874,80	480.349,21	2.852,79	484.021,86	819,86
89%	485.452,63	2.250,63	482.091,14	1.110,86	482.773,31	428,69

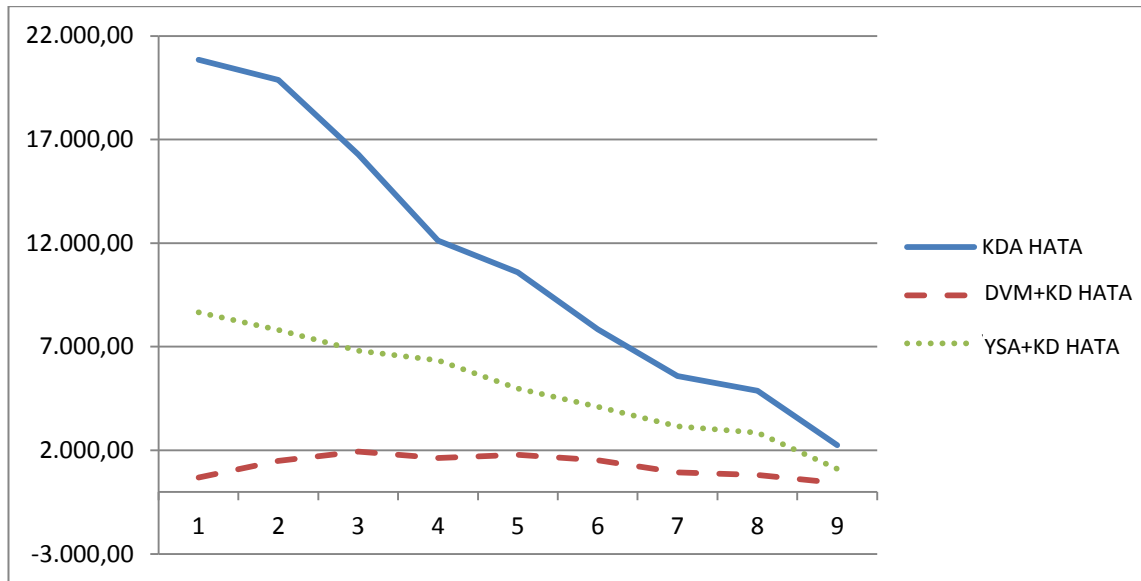
KDA, YSA+KD ve DVM+KD ile elde edilen A projesine ait tahmin değerleri gerçekleşen değerlerle karşılaştırılarak OMH ve HKOK değerleri hesaplanmıştır. Tablo 4.5'te A projesine ait belirlenen yüzdelik dilimlerde yapılan analizlerin ve tahminlerin sonucunda KDA, YSA+KD ve DVM+KD ile elde edilen tahminler ve hata değerleri görülmektedir. Elde edilen sonuçlarda KDA ve YSA+KD ile yapılan tahminlerin hata değerleri büyükten küçüğe doğru azalan ve projenin ilerleyişiyle iyileşen bir eğriye

sahiptir. Tüm yüzdelik dilimlerde gerçekleşen sonuca en yakın tahminler DVM+KD ile elde edilen sonuçlar olmuştur.

Tablo 4.6 A Projesi OMH ve HKOK Değerleri

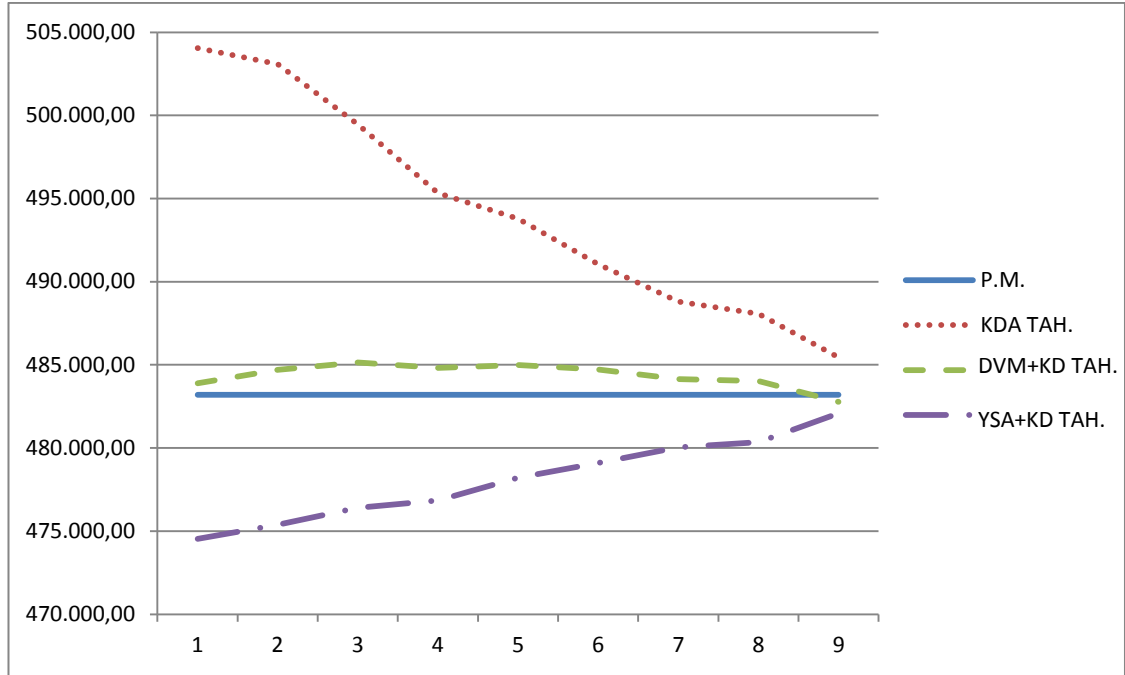
Proje A	KDA	YSA+KD	DVM+KD
OMH	11.142,28	5.093,95	1.248,21
HKOK	12.233,72	5.615,87	1.346,15

A projesi için elde edilen tahmin sonuçlarını tüm proje bölümleri için değerlendirecek olursak Tablo 4.6’te görüldüğü gibi ortalama mutlak hata (OMH) değerleri KDA’da 11.142,28 iken YSA+KD’da 5093,95 ve DVM+KD’de 1.248,21’dir. Yine hata karelerinin ortalamasının kökü (HKOK) değerlerinde DVM+KD 1.346,15 ile en iyi sonucu vermiştir. YSA+KD için HKOK değeri 5.615,87 iken KDA için ise 12.233,72’dir.



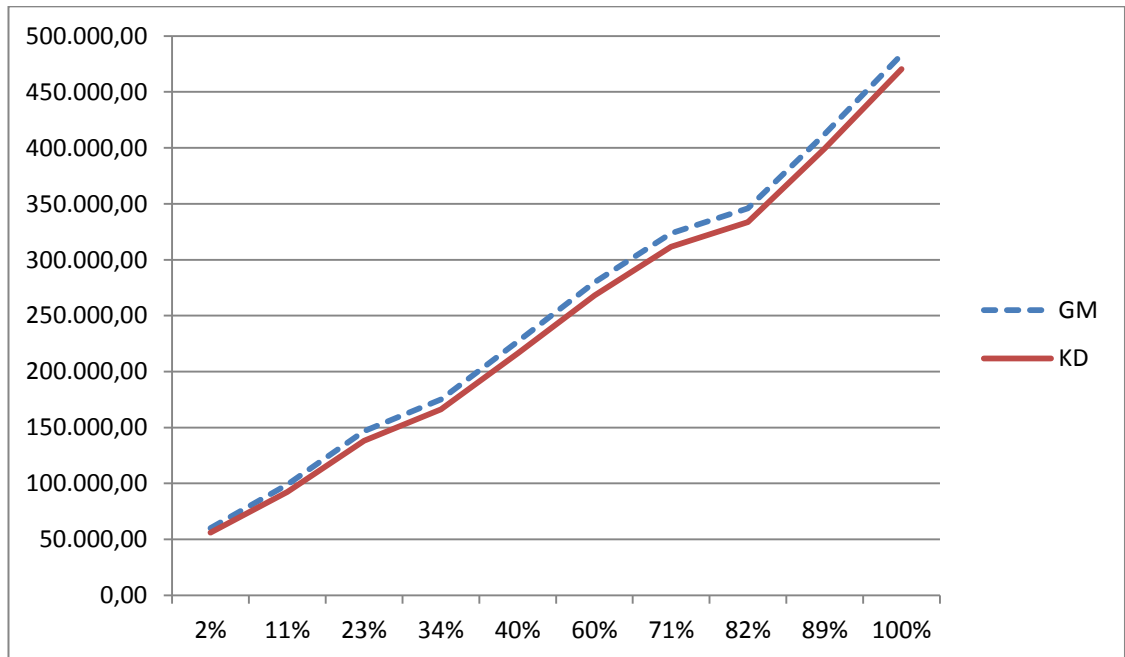
Şekil 4.2 A Projesi Hata Oranları kıyaslanması

Şekil 4.2’de KDA, YSA+KD ve DVM+KD ile yapılan tahmin hataları grafiksel olarak A projesinin her safhası için gösterilmiştir. DVM+KD sonuçlarının tüm proje süreci boyunca sürekli olarak en az hata oranına sahip olduğu grafikte görülmektedir.



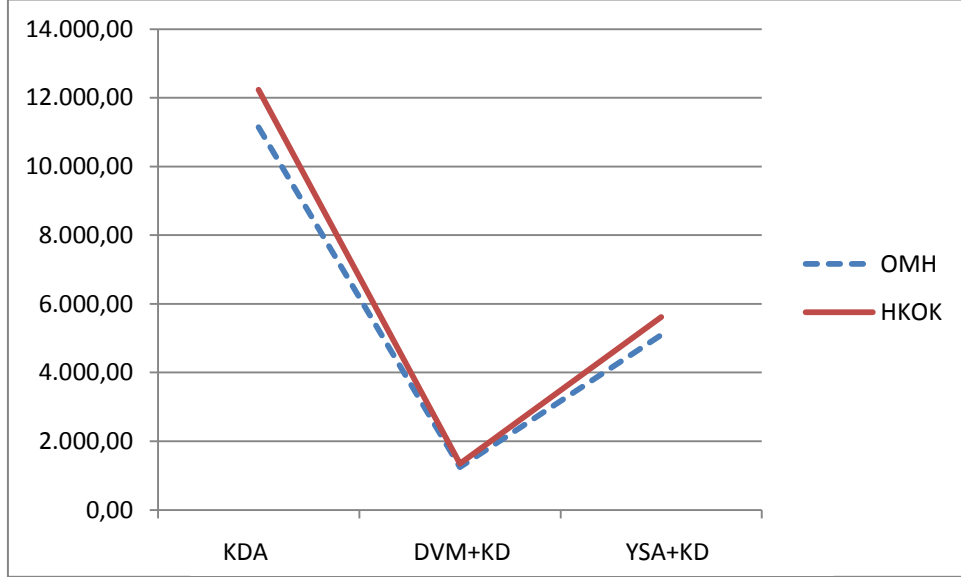
Şekil 4.3 A Projesi Proje Maliyeti Tahmin Değerleri kıyaslanması

Şekil 4.3'te A projesinin maliyeti, KDA, YSA+KD ve DVM+KD ile elde edilen tahmin sonuçları grafiksel olarak sunulmuştur. Grafikten anlaşılabileceği gibi YSA+KD tahminleri başlangıç safhalarında proje gerçek maliyetinin daha altında tahminler yaparak KDA tahmin eğrisinin tam tersi olarak proje ilerleyişiyle proje gerçekleşen maliyetine eksi değerden yaklaşan bir eğriye sahiptir.



Şekil 4.4 A Projesi Kazanılmış Değer ve Gerçekleşen Maliyet Kıyaslanması

Şekil 4.4'te A projesinin tüm safhaları için gerçekleşen maliyet ve kazanılmış değer eğrileri görülmektedir. Proje sonunda 12.670 TL'lik bir maliyet varyansı meydana gelmiştir.



Şekil 4.5 A Projesi OMH ve HKOK Değerleri Grafiksel Gösterim

Şekil 4.5'te KDA, YSA+KD ve DVM+KD ile A projesi için yapılan tahminlerin OMH ve HKOK değerleri grafiksel olarak gösterilmiştir.

4.3.2 B Projesi

Tablo 4.7 B Projesi Kazanılmış Değer Analizi Hesaplamaları

prj	TAM	GM	KD	MV	MPE	TTM	TV	TGPE
B1	2%	54.644,00 TL	51.854,00 TL	2.790,00 TL	0,95	453.844,27 TL	23.172,27 TL	1,01
B2	11%	89.809,00 TL	85.279,00 TL	4.530,00 TL	0,95	454.602,31 TL	22.930,31 TL	1,01
B3	23%	133.389,00 TL	127.179,00 TL	6.210,00 TL	0,95	452.750,03 TL	21.078,03 TL	1,02
B4	34%	159.367,00 TL	151.637,00 TL	7.730,00 TL	0,95	453.677,35 TL	22.005,35 TL	1,03
B5	40%	202.925,00 TL	194.000,00 TL	8.925,00 TL	0,96	451.531,14 TL	19.859,14 TL	1,04
B6	60%	251.527,00 TL	241.852,00 TL	9.675,00 TL	0,96	448.940,52 TL	17.268,52 TL	1,05
B7	71%	291.442,00 TL	281.392,00 TL	10.050,00 TL	0,97	447.089,30 TL	15.417,30 TL	1,07
B8	82%	309.022,00 TL	298.592,00 TL	10.430,00 TL	0,97	446.750,57 TL	15.078,57 TL	1,09
B9	89%	371.232,00 TL	360.642,00 TL	10.590,00 TL	0,97	444.347,75 TL	12.675,75 TL	1,18

Tablo 4.7'de B projesi kazanılmış değer analizi hesaplamaları görülmektedir. B projesi için temel maliyet (TM) 430.672 TL ve proje gerçekleşen maliyeti (PM) 441.262

TL'dir. KDA hesaplamalarında MPE değerleri 0,95 ile 0,97 arasında değişmektedir. Proje tahmini tamamlanma maliyeti de 453.844 TL'den 444.675 TL'ye kadar düşerek gerçekleşen maliyete 3.085 TL'lik bir hata miktarı kadar yaklaşmıştır.

Tablo 4.8 B Projesi Proje Gerçekleşen Maliyet, Kazanılmış Değer, Planlanan Değer ve Proje Maliyetleri

TAM.	GM ve PM	KD vePD
2%	54.644,00	51.854,00
11%	89.809,00	85.279,00
23%	133.389,00	127.179,00
34%	159.367,00	151.637,00
40%	202.925,00	194.000,00
60%	251.527,00	241.852,00
71%	291.442,00	281.392,00
82%	309.022,00	298.592,00
89%	371.232,00	360.642,00
100%	441.262,00	430.672,00

Tablo 4.8'de B projesi için her yüzdelik dilimde yapılan analiz sonuçları gerçekleşen maliyet ve kazanılmış değer değerleri maliyet cinsinden verilmiştir. B projesi için planlanan değer 430.672 TL iken proje gerçekleşen maliyeti 441.262 TL'dir. 10.590 TL'lik bir maliyet varyansı meydana gelmiştir.

Tablo 4.9 B Projesi Maliyet Tahmin ve Hata Değerleri

TAM.	KDA TAH.	KDA HATA	YSA+KD TAH.	YSA+KD HATA	DVM+KD TAH.	DVM+KD HATA
2%	453.844,27	12.582,27	438.929,21	2.332,79	441.221,19	40,82
11%	454.602,31	13.340,31	439.656,25	1.605,75	442.772,97	1.510,97
23%	452.750,03	11.488,03	439.179,19	2.082,81	443.085,33	1.823,33
34%	453.677,35	12.415,35	438.472,55	2.789,45	443.648,01	2.386,01
40%	451.531,14	10.269,14	438.337,22	2.924,78	443.590,84	2.328,84
60%	448.940,52	7.678,52	439.264,74	1.997,26	443.234,58	1.972,58
71%	447.089,30	5.827,30	439.199,75	2.062,25	442.740,02	1.478,02
82%	446.750,57	5.488,57	438.285,63	2.976,37	442.712,08	1.450,08
89%	444.347,75	3.085,75	439.596,46	1.665,54	441.581,11	319,11

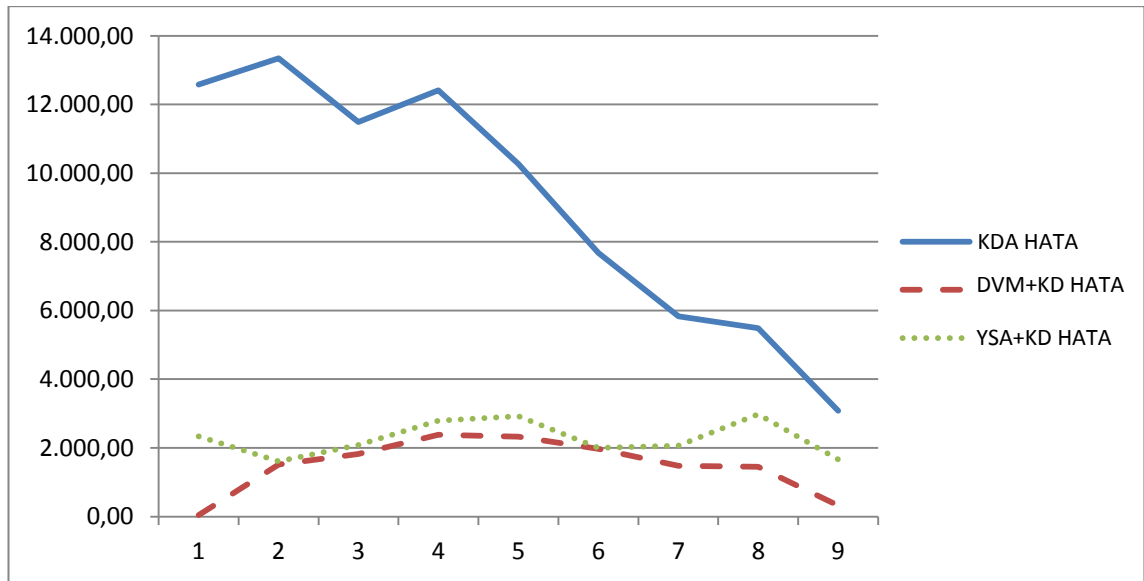
KDA, YSA+KD ve DVM+KD ile elde edilen B projesine ait tahmin değerleri gerçekleşen değerlerle karşılaştırılarak OMH ve HKOK değerleri hesaplanmıştır. Tablo 4.9'de B projesine ait her yüzdelik dilim analizleri sonucunda KDA, YSA+KD ve DVM+KD ile yapılan tahminler ve hata değerleri görülmektedir. Elde edilen analiz

sonuçlarına göre her adım için en iyi tahmin sonuçlar DVM+KD ile elde edilmiştir YSA+KD sonuçları da KDA tahmin sonuçlarına kıyasla daha iyidir.

Tablo 4.10 B Projesi OMH ve HKOK Değerleri

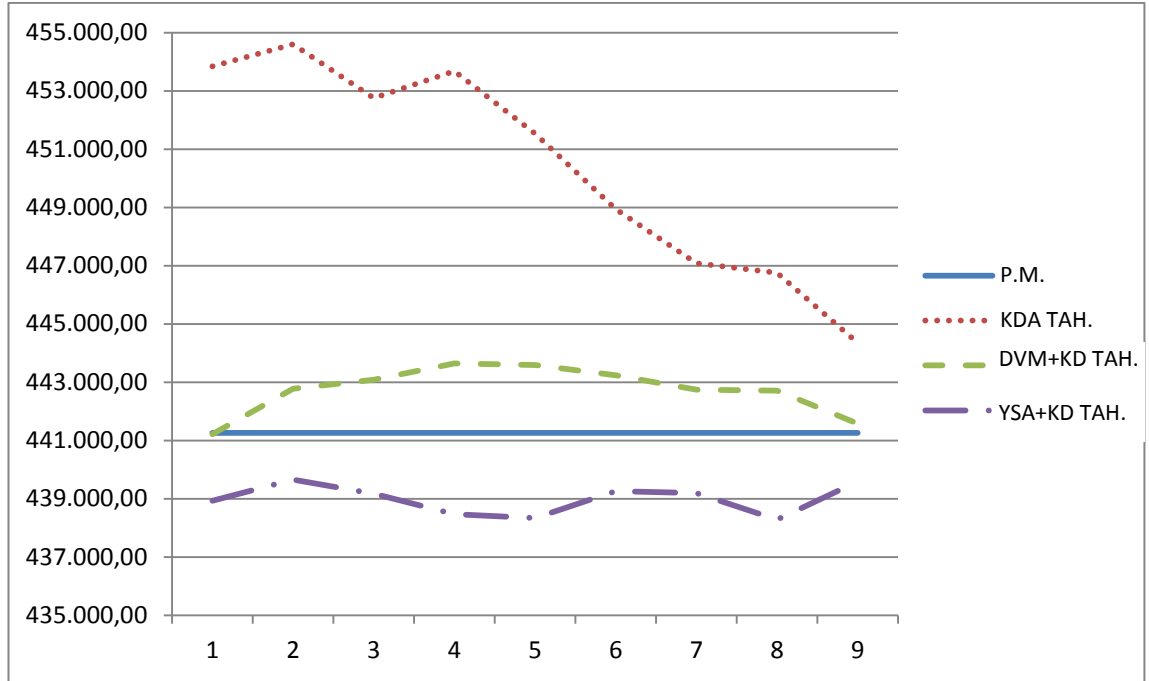
Proje B	KDA	YSA+KD	DVM+KD
OMH	9.130,58	2.270,78	1.632,77
HKOK	9.777,59	2.323,04	1.798,45

Tablo 4.10’da görüldüğü gibi B projesi için ortalama mutlak hata (OMH) değerleri KDA’da 9.130,58, iken YSA+KD’da 2.270,78 ve DVM+KD’de 1.632,77’dir. Yine hata karelerinin ortalamasının kökü (HKOK) değerlerinde DVM+KD 1.798,45 ile en iyi sonucu vermiştir. YSA+KD için HKOK değeri 2.323,04 iken KDA için ise 9.777,59’dur.



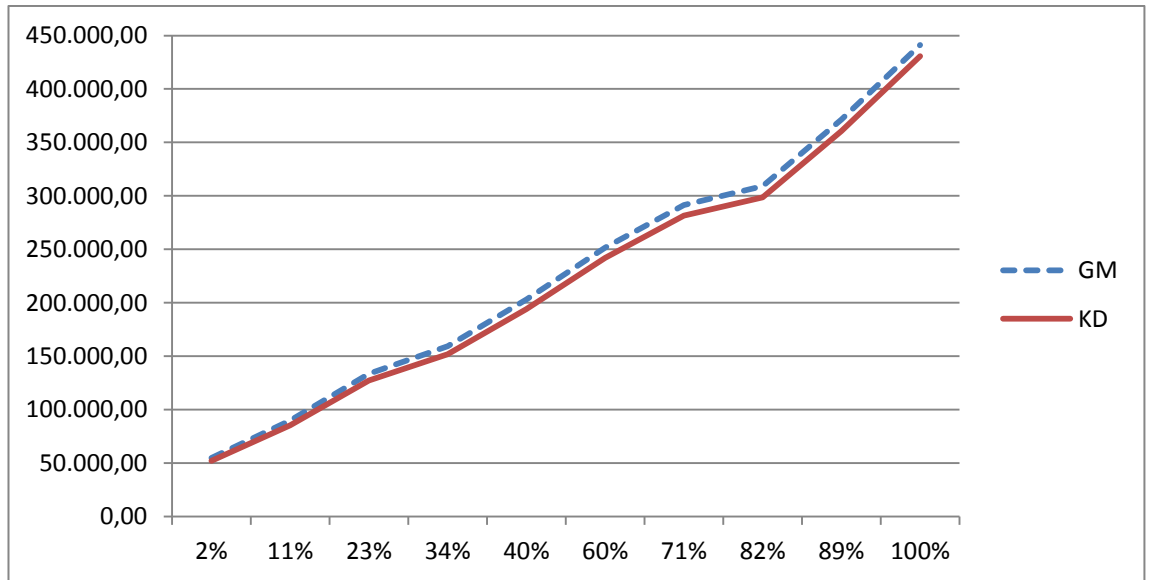
Şekil 4.6 B Projesi Hata Oranları kıyaslanması

Şekil 4.6’da KDA, YSA+KD ve DVM+KD ile yapılan tahmin hataları grafiksel olarak B projesinin her safhası için gösterilmiştir. DVM+KD sonuçları proje başlangıcında ve sonunda çok düşük hata oranına sahip iken YSA+KD hata eğrisi proje boyunca artan ve azalan sahiptir. DVM+KD hata sonuçlarının tüm proje süreci boyunca sürekli olarak en az hata oranına sahip olduğu grafikte görülmektedir.



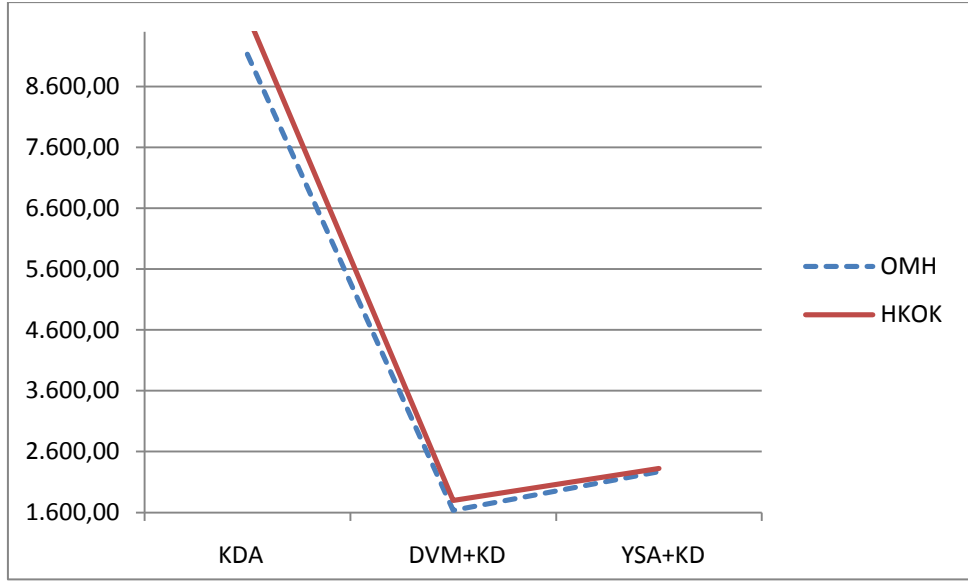
Şekil 4.7 B Projesi Proje Maliyeti Tahmin Değerleri kıyaslanması

Şekil 4.7’de B projesinin maliyeti KDA, YSA+KD ve DVM+KD ile elde edilen tahmin sonuçları ile grafiksel olarak sunulmuştur.



Şekil 4.8 B Projesi Kazanılmış Değer ve Gerçekleşen Maliyet Kıyaslanması

Şekil 4.8’de B projesinin tüm safhaları için gerçekleşen maliyet ve kazanılmış değer eğrileri görülmektedir. Proje sonunda 10.590 TL’lik bir maliyet varyansı meydana gelmiştir.



Şekil 4.9 B Projesi OMH ve HKOK Değerleri Grafiksel Gösterim

Şekil 4.9’da KDA, YSA+KD ve DVM+KD ile B projesi için yapılan tahminlerin OMH ve HKOK değerleri grafiksel olarak gösterilmiştir.

4.3.3 C Projesi

Tablo 4.11 C Projesi Kazanılmış Değer Analizi Hesaplamaları

prj	TAM	GM	KD	MV	MPE	TTM	TV	TGPE
C1	2%	44.900,00 TL	40.500,00 TL	4.400,00 TL	0,90	465.001,03 TL	45.568,03 TL	1,01
C2	11%	78.870,00 TL	72.620,00 TL	6.250,00 TL	0,92	455.531,27 TL	36.098,27 TL	1,02
C3	23%	120.600,00 TL	113.120,00 TL	7.480,00 TL	0,94	447.167,78 TL	27.734,78 TL	1,03
C4	34%	146.785,00 TL	136.865,00 TL	9.920,00 TL	0,93	449.833,58 TL	30.400,58 TL	1,04
C5	40%	190.318,00 TL	179.498,00 TL	10.820,00 TL	0,94	444.716,10 TL	25.283,10 TL	1,05
C6	60%	237.379,00 TL	225.709,00 TL	11.670,00 TL	0,95	441.119,26 TL	21.686,26 TL	1,06
C7	71%	277.584,00 TL	265.489,00 TL	12.095,00 TL	0,96	438.541,30 TL	19.108,30 TL	1,09
C8	82%	297.824,00 TL	285.289,00 TL	12.535,00 TL	0,96	437.862,01 TL	18.429,01 TL	1,10
C9	89%	363.049,00 TL	350.309,00 TL	12.740,00 TL	0,96	434.686,89 TL	15.253,89 TL	1,23

Tablo 4.11’de C projesi kazanılmış değer analizi hesaplamaları görülmektedir. C projesi için temel maliyet (TM) 419.433 TL ve proje gerçekleşen maliyeti (PM) 432.173 TL’dir. KDA hesaplamalarında MPE değerleri 0,90 ile 0,96 arasında değişmektedir. Projenin %2’lik bölümünde maliyet varyansı planlanan maliyetin

%10'undan fazla olduğu için maliyet performansı Endeksi 0,90 gibi düşük bir değer çıkmıştır. Proje tahmini tamamlanma maliyeti MPE değerine bağlı olduğu için 432.173 TL'ye tamamlanan proje için KDA 465.001,03 TL gibi bir değerle gerçekleşen değerden çok uzak bir değer çıkmıştır.

Tablo 4.12 C Projesi Proje Gerçekleşen Maliyet, Kazanılmış Değer, Planlanan Değer ve Proje Maliyetleri

TAM.	GM ve PM	KD vePD
2%	44.900,00	40.500,00
11%	78.870,00	72.620,00
23%	120.600,00	113.120,00
34%	146.785,00	136.865,00
40%	190.318,00	179.498,00
60%	237.379,00	225.709,00
71%	277.584,00	265.489,00
82%	297.824,00	285.289,00
89%	363.049,00	350.309,00
100%	432.173,00	419.433,00

Tablo 4.12'de C projesi için her yüzdelik dilimde yapılan analiz sonuçları gerçekleşen maliyet ve kazanılmış değer değerleri maliyet cinsinden verilmiştir. C projesi için planlanan değer 419.433 TL iken proje 432.173 TL'ye tamamlanmıştır. 12.740 TL'lik bir maliyet varyansı söz konusudur.

Tablo 4.13 C Projesi Maliyet Tahmin ve Hata Değerleri

TAM.	KDA TAH.	KDA HATA	YSA+KD TAH.	YSA+KD HATA	DVM+KD TAH.	DVM+KD HATA
2%	465.001,03	32.828,03	428.828,04	3.344,96	430.891,27	1.281,73
11%	455.531,27	23.358,27	429.065,15	3.107,85	431.476,11	696,89
23%	447.167,78	14.994,78	429.223,82	2.949,18	431.448,64	724,36
34%	449.833,58	17.660,58	429.480,81	2.692,19	432.453,86	280,86
40%	444.716,10	12.543,10	429.699,41	2.473,59	432.386,82	213,82
60%	441.119,26	8.946,26	429.750,76	2.422,24	431.766,20	406,80
71%	438.541,30	6.368,30	429.843,32	2.329,68	431.238,88	934,12
82%	437.862,01	5.689,01	429.858,71	2.314,29	430.940,55	1.232,45
89%	434.686,89	2.513,89	430.085,57	2.087,43	430.125,90	2.047,10

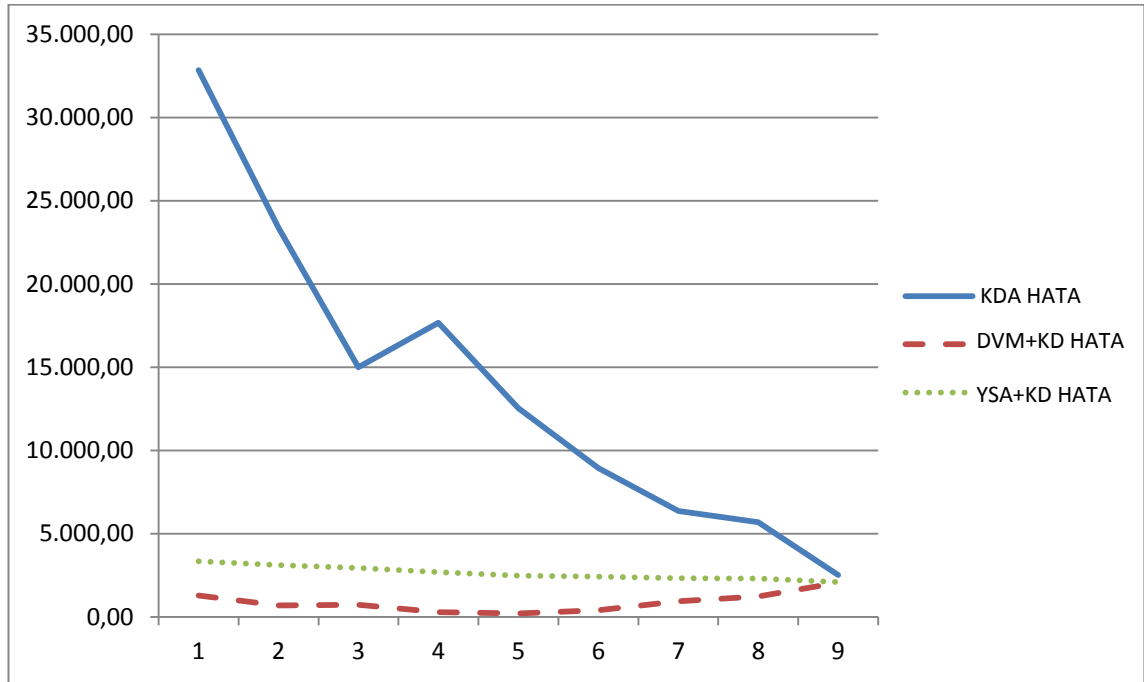
KDA, YSA+KD ve DVM+KD ile elde edilen C projesine ait tahmin değerleri gerçekleşen değerlerle karşılaştırılarak OMH ve HKOK değerleri hesaplanmıştır. Tablo 4.13'de C projesine ait her yüzdelik dilim analizleri sonucunda KDA, YSA+KD ve

DVM+KD ile yapılan tahminler ve hata değerleri görülmektedir. Elde edilen analiz sonuçlarına göre her adım için en iyi tahmin sonuçlar DVM+KD ile elde edilmiştir YSA+KD sonuçları da KDA tahmin sonuçlarına kıyasla daha iyidir.

Tablo 4.14 C Projesi OMH ve HKOK Değerleri

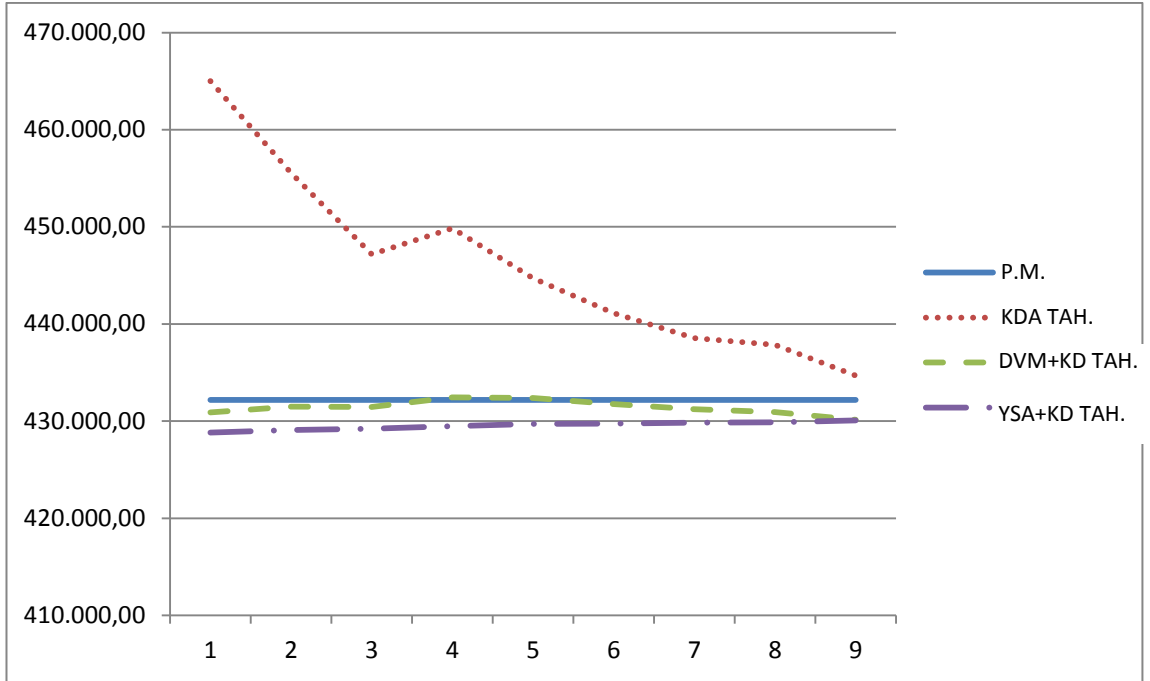
Proje C	KDA	YSA+KD	DVM+KD
OMH	13.878,02	2.635,71	868,68
HKOK	16.588,59	2.664,99	1.028,77

Tablo 4.14’te görüldüğü gibi C projesi için ortalama mutlak hata (OMH) değerleri KDA’da 13.878,02 iken YSA+KD’da 2.635,71 ve DVM+KD’de 868,68’dir. Yine hata karelerinin ortalamasının kökü (HKOK) değerlerinde DVM+KD 1.028,77 ile en iyi sonucu vermiştir. YSA+KD için HKOK değeri 2.664,99 iken KDA için ise 16.588,59’dır.



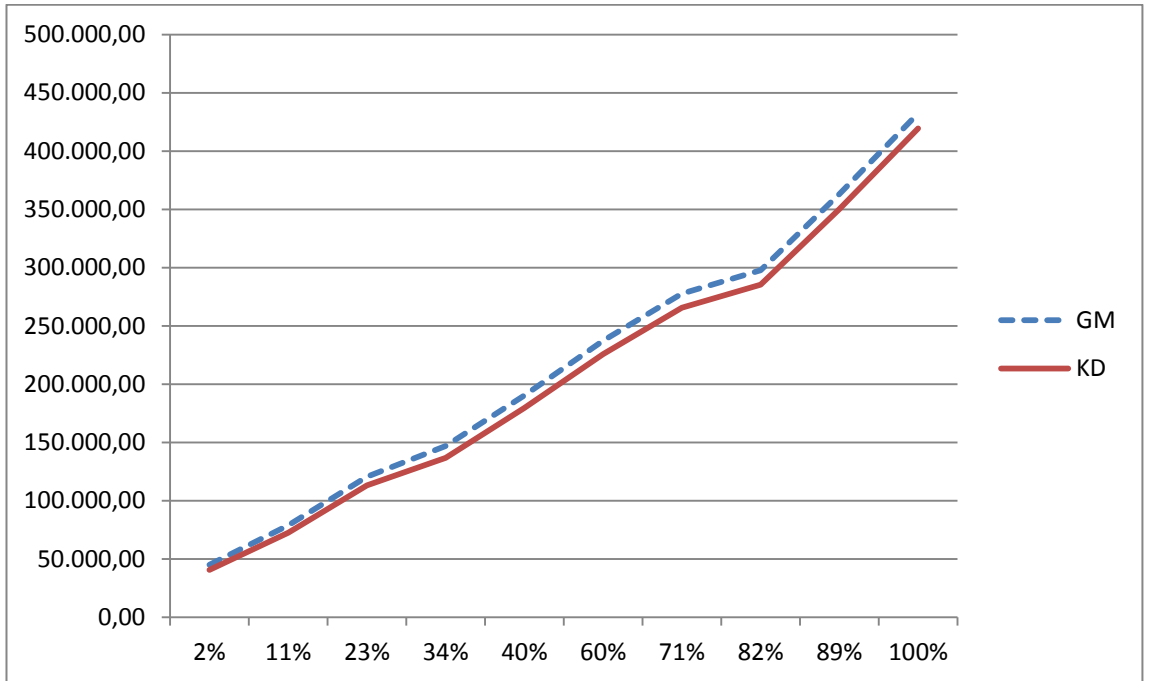
Şekil 4.10 C Projesi Hata Oranları kıyaslanması

Şekil 4.10’da KDA, YSA+KD ve DVM+KD ile yapılan tahmin hataları grafiksel olarak C projesinin her safhası için gösterilmiştir. Proje son safhasında hata oranları çok düşük olmasına rağmen en iyi sonuçlar DVM+KD ile elde edilmiştir.



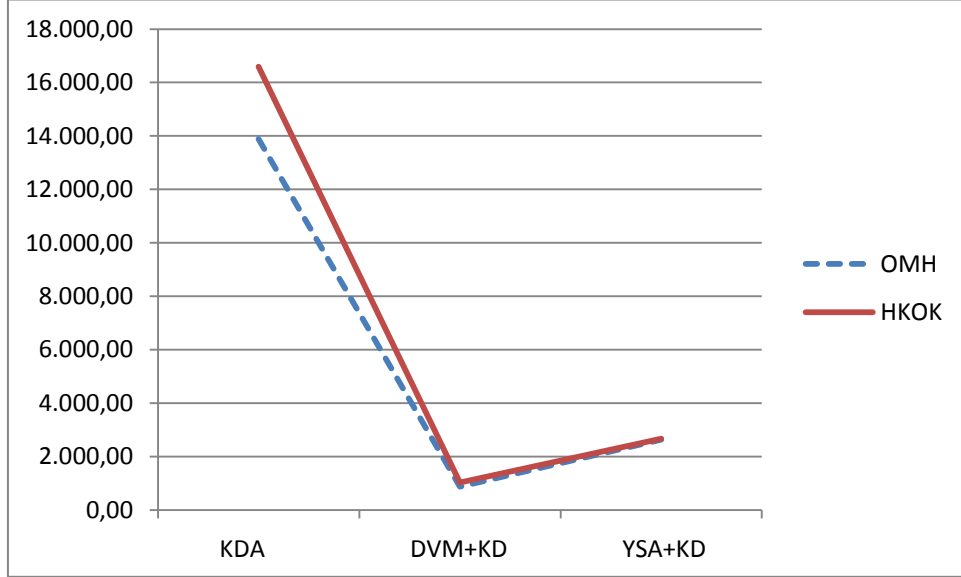
Şekil 4.11 C Projesi Proje Maliyeti Tahmin Değerleri kıyaslanması

Şekil 4.11’de C projesinin maliyeti, KDA, YSA+KD ve DVM+KD ile elde edilen tahmin sonuçları ile grafiksel olarak sunulmuştur.



Şekil 4.12 C Projesi Kazanılmış Değer ve Gerçekleşen Maliyet Kıyaslanması

Şekil 4.12’de C projesinin tüm safhaları için gerçekleşen maliyet ve kazanılmış değer eğrileri görülmektedir. Proje sonunda 12.740 TL’lik bir maliyet varyansı meydana gelmiştir.



Şekil 4.13 C Projesi OMH ve HKOK Değerleri Grafiksel Gösterim

Şekil 4.13’de KDA, YSA+KD ve DVM+KD ile C projesi için yapılan tahminlerin OMH ve HKOK değerleri grafiksel olarak gösterilmiştir.

4.3.4 D Projesi

Tablo 4.15 D Projesi Kazanılmış Değer Analizi Hesaplamaları

prj	TAM	GM	KD	MV	MPE	TTM	TV	TGPE
D1	2%	63.516,00 TL	60.416,00 TL	3.100,00 TL	0,95	517.579,29 TL	25.261,29 TL	1,01
D2	11%	104.254,00 TL	98.374,00 TL	5.880,00 TL	0,94	521.744,78 TL	29.426,78 TL	1,02
D3	23%	154.924,00 TL	146.894,00 TL	8.030,00 TL	0,95	519.230,70 TL	26.912,70 TL	1,02
D4	34%	187.754,00 TL	177.794,00 TL	9.960,00 TL	0,95	519.897,60 TL	27.579,60 TL	1,03
D5	40%	240.798,00 TL	229.438,00 TL	11.360,00 TL	0,95	516.693,79 TL	24.375,79 TL	1,05
D6	60%	295.993,00 TL	283.483,00 TL	12.510,00 TL	0,96	514.043,81 TL	21.725,81 TL	1,06
D7	71%	344.243,00 TL	330.983,00 TL	13.260,00 TL	0,96	512.041,48 TL	19.723,48 TL	1,09
D8	82%	368.963,00 TL	355.103,00 TL	13.860,00 TL	0,96	511.533,63 TL	19.215,63 TL	1,11
D9	89%	435.223,00 TL	421.198,00 TL	14.025,00 TL	0,97	508.711,15 TL	16.393,15 TL	1,25

Tablo 4.15’de D projesi kazanılmış değer analizi hesaplamaları görülmektedir. D projesi için temel maliyet (TM) 492.318 TL ve proje gerçekleşen maliyeti (PM) 506.343

TL'dir. KDA hesaplamalarında MPE değerleri 0,95 ile 0,97 arasında değişmektedir. Proje ilk safhasında proje tahmini maliyeti ve gerçekleşen değer arasında 11.236 TL iken proje son safhasında KDA ile yapılan tahmin ile gerçekleşen maliyet arasındaki fark 2.368 TL'ye düşmüştür.

Tablo 4.16 D Projesi Gerçekleşen Maliyet, Kazanılmış Değer, Planlanan Değer ve Proje Maliyetleri

TAM.	GM ve PM	KD vePD
2%	63.516,00	60.416,00
11%	104.254,00	98.374,00
23%	154.924,00	146.894,00
34%	187.754,00	177.794,00
40%	240.798,00	229.438,00
60%	295.993,00	283.483,00
71%	344.243,00	330.983,00
82%	368.963,00	355.103,00
89%	435.223,00	421.198,00
100%	506.343,00	492.318,00

Tablo 4.16'da D projesi için her yüzdelik dilimde yapılan analiz sonuçları gerçekleşen maliyet ve kazanılmış değer değerleri maliyet cinsinden verilmiştir. D projesi için planlanan değer 492.318 TL iken proje gerçekleşen maliyeti 492.318 TL'dir. 14.025 TL'lik bir maliyet varyansı söz konusudur.

Tablo 4.17 D Projesi Maliyet Tahmin ve Hata Değerleri

TAM.	KDA TAH.	KDA HATA	YSA+KD TAH.	YSA+KD HATA	DVM+KD TAH.	DVM+KD HATA
2%	517.579,29	11.236,29	509.181,09	2.838,09	505.961,94	381,06
11%	521.744,78	15.401,78	509.062,31	2.719,31	507.011,16	668,16
23%	519.230,70	12.887,70	508.839,75	2.496,75	507.469,76	1.126,76
34%	519.897,60	13.554,60	508.721,25	2.378,25	508.136,20	1.793,20
40%	516.693,79	10.350,79	508.451,42	2.108,42	508.022,29	1.679,29
60%	514.043,81	7.700,81	508.125,98	1.782,98	507.788,26	1.445,26
71%	512.041,48	5.698,48	507.839,49	1.496,49	507.377,78	1.034,78
82%	511.533,63	5.190,63	507.692,24	1.349,24	507.340,77	997,77
89%	508.711,15	2.368,15	507.272,00	929,00	506.164,39	178,61

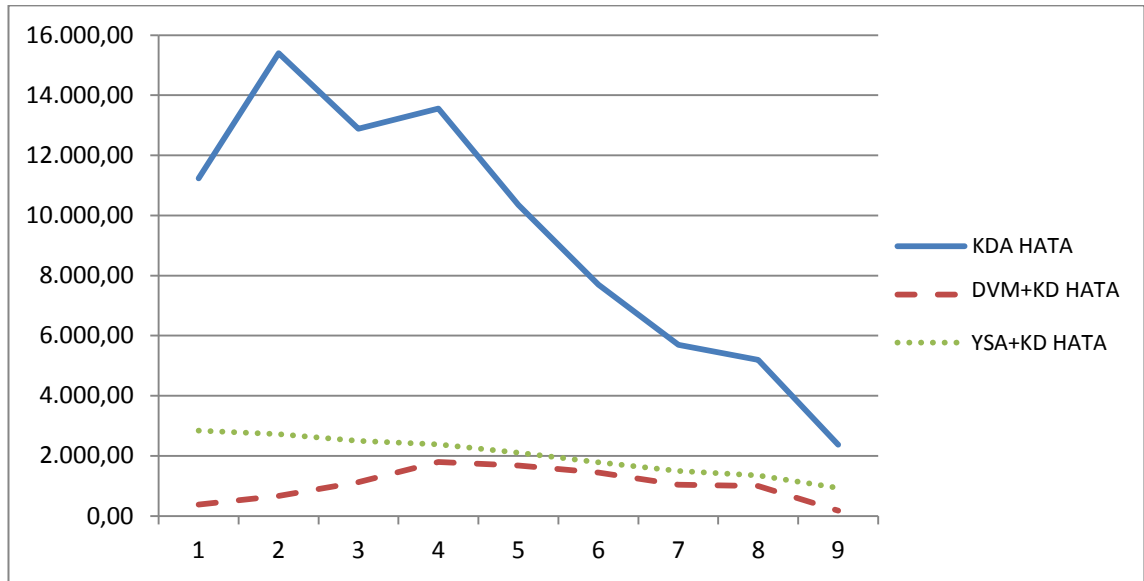
KDA, YSA+KD ve DVM+KD ile elde edilen D projesine ait tahmin değerleri gerçekleşen değerlerle karşılaştırılarak OMH ve HKOK değerleri hesaplanmıştır. Tablo 4.17'de D projesine ait her yüzdelik dilim analizleri sonucunda KDA, YSA+KD ve

DVM+KD ile yapılan tahminler ve hata değerleri görülmektedir. Elde edilen analiz sonuçlarına göre her adım için en iyi tahmin sonuçlar DVM+KD ile elde edilmiştir YSA+KD sonuçları da KDA tahmin sonuçlarına kıyasla daha iyidir.

Tablo 4.18 D Projesi OMH ve HKOK Değerleri

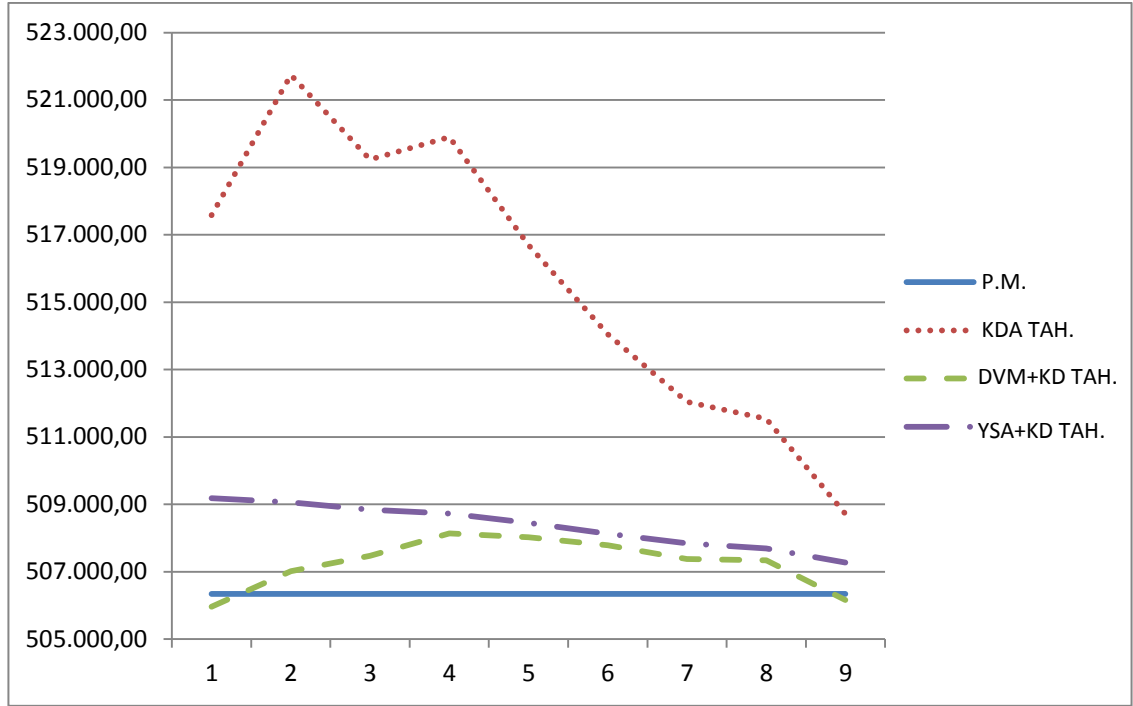
Proje D	KDA	YSA+KD	DVM+KD
OMH	9.376,58	2.010,94	1.033,87
HKOK	10.245,61	2.105,19	1.158,72

Tablo 4.18’de görüldüğü gibi D projesi için ortalama mutlak hata (OMH) değerleri KDA’da 9.376,58 iken YSA+KD’da 2.010,94 ve DVM+KD’de 1.033,87’dir. Yine hata karelerinin ortalamasının kökü (HKOK) değerlerinde DVM+KD 1.158,72 ile en iyi sonucu vermiştir. YSA+KD için HKOK değeri 2.105,19 iken KDA için ise 10.245,61’dir.



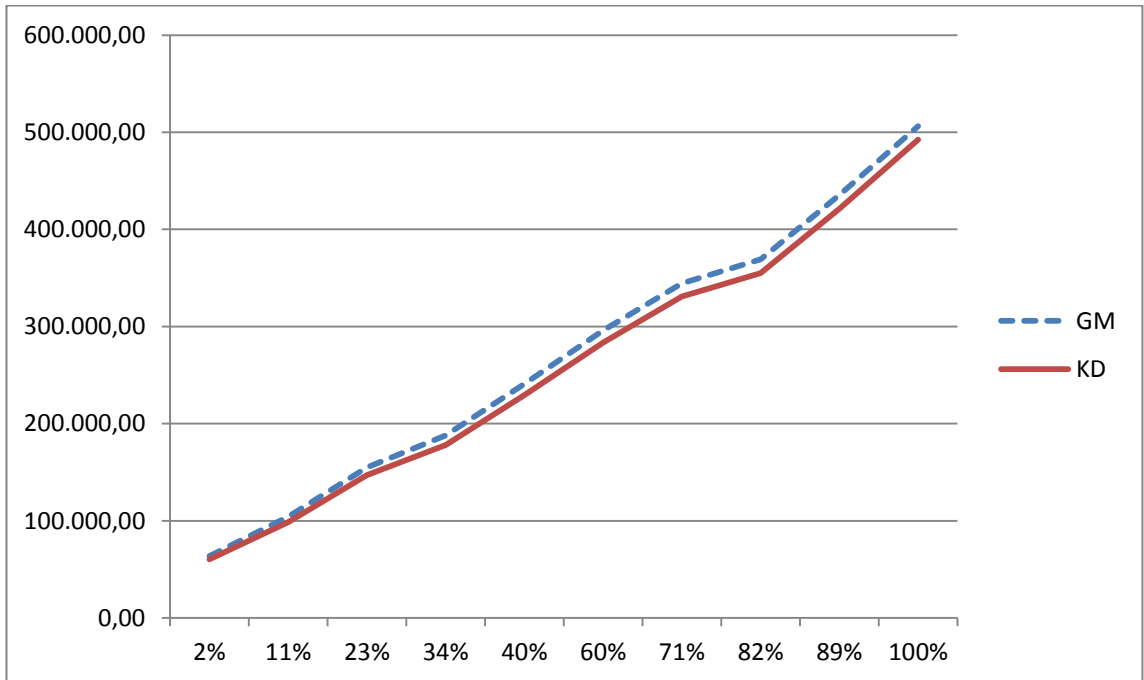
Şekil 4.14 D Projesi Hata Oranları kıyaslanması

Şekil 4.14’de KDA, YSA+KD ve DVM+KD ile yapılan tahmin hataları grafiksel olarak D projesinin her safhası için gösterilmiştir. Gerçekleşen maliyete en yakın sonuçlar DVM+KD ile elde edilmiştir.



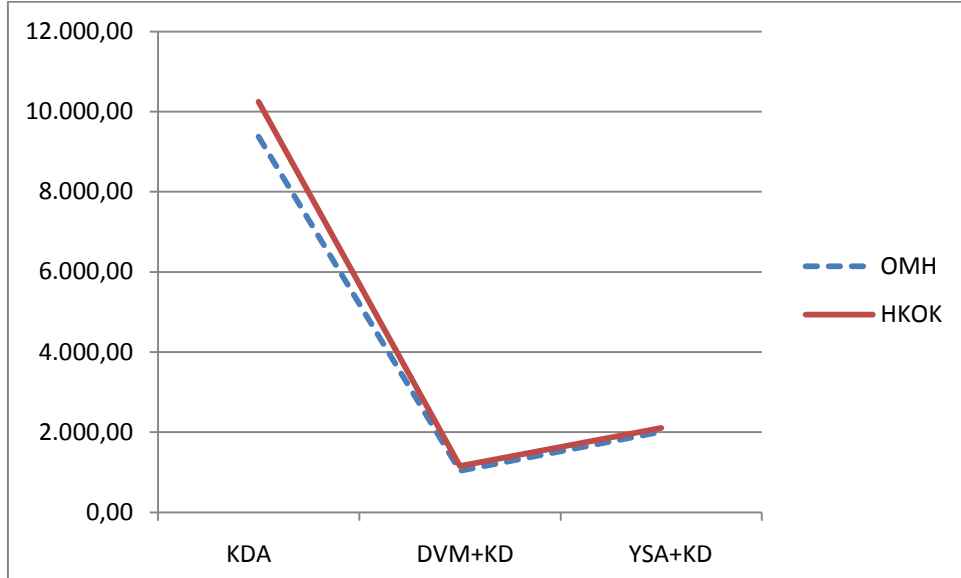
Şekil 4.15 D Projesi Proje Maliyeti Tahmin Değerleri kıyaslanması

Şekil 4.15'te D projesinin maliyeti, KDA, YSA+KD ve DVM+KD ile elde edilen tahmin sonuçları ile grafiksel olarak sunulmuştur.



Şekil 4.16 D Projesi Kazanılmış Değer ve Gerçekleşen Maliyet Kıyaslanması

Şekil 4.16’da D projesinin tüm safhaları için gerçekleşen maliyet ve kazanılmış değer eğrileri görülmektedir. Proje sonunda 14.025 TL’lik bir maliyet varyansı meydana gelmiştir.



Şekil 4.17 D Projesi OMH ve HKOK Değerleri Grafiksel Gösterim

Şekil 4.17’de KDA, YSA+KD ve DVM+KD ile D projesi için yapılan tahminlerin OMH ve HKOK değerleri grafiksel olarak gösterilmiştir.

4.3.5 E Projesi

Tablo 4.19 E Projesi Kazanılmış Değer Analizi Hesaplamaları

prj	TAM	GM	KD	MV	MPE	TTM	TV	TGPE
E1	2%	67.362,00 TL	62.512,00 TL	4.850,00 TL	0,93	543.500,52 TL	39.131,52 TL	1,01
E2	11%	107.912,00 TL	100.712,00 TL	7.200,00 TL	0,93	540.426,84 TL	36.057,84 TL	1,02
E3	23%	159.612,00 TL	150.462,00 TL	9.150,00 TL	0,94	535.041,04 TL	30.672,04 TL	1,03
E4	34%	194.212,00 TL	182.462,00 TL	11.750,00 TL	0,94	536.848,84 TL	32.479,84 TL	1,04
E5	40%	248.575,00 TL	235.447,00 TL	13.128,00 TL	0,95	532.491,49 TL	28.122,49 TL	1,05
E6	60%	304.675,00 TL	290.447,00 TL	14.228,00 TL	0,95	529.076,30 TL	24.707,30 TL	1,07
E7	71%	355.030,00 TL	340.322,00 TL	14.708,00 TL	0,96	526.166,77 TL	21.797,77 TL	1,10
E8	82%	382.030,00 TL	366.722,00 TL	15.308,00 TL	0,96	525.422,77 TL	21.053,77 TL	1,13
E9	89%	449.792,00 TL	434.309,00 TL	15.483,00 TL	0,97	522.349,62 TL	17.980,62 TL	1,28

Tablo 4.19’da E projesi kazanılmış değer analizi hesaplamaları görülmektedir. E projesi için temel maliyet (TM) 504.369 TL ve proje gerçekleşen maliyeti (PM) 519.852 TL’dir. KDA hesaplamalarında MPE değerleri 0,93 ile 0,97 arasında değişmektedir. E projesi için KDA ile yapılan tahminler sonucunda tahmin aralığı 543.500 TL ile 522.349 TL arasında değişmektedir. E projesinde de başlangıç maliyet sapmalarının yüksek olduğu görülmektedir.

Tablo 4.20 E Projesi Proje Gerçekleşen Maliyet, Kazanılmış Değer, Planlanan Değer ve Proje Maliyetleri

TAM.	GM ve PM	KD vePD
2%	67.362,00	62.512,00
11%	107.912,00	100.712,00
23%	159.612,00	150.462,00
34%	194.212,00	182.462,00
40%	248.575,00	235.447,00
60%	304.675,00	290.447,00
71%	355.030,00	340.322,00
82%	382.030,00	366.722,00
89%	449.792,00	434.309,00
100%	519.852,00	504.369,00

Tablo 4.20’de E projesi için her yüzdelik dilimde yapılan analiz sonuçları gerçekleşen maliyet ve kazanılmış değer değerleri maliyet cinsinden verilmiştir. E projesi için planlanan değer 504.369 TL iken proje 519.852 TL’ye tamamlanmıştır. 15.483 TL’lik bir maliyet varyansı söz konusudur.

Tablo 4.21 E Projesi Maliyet Tahmin ve Hata Değerleri

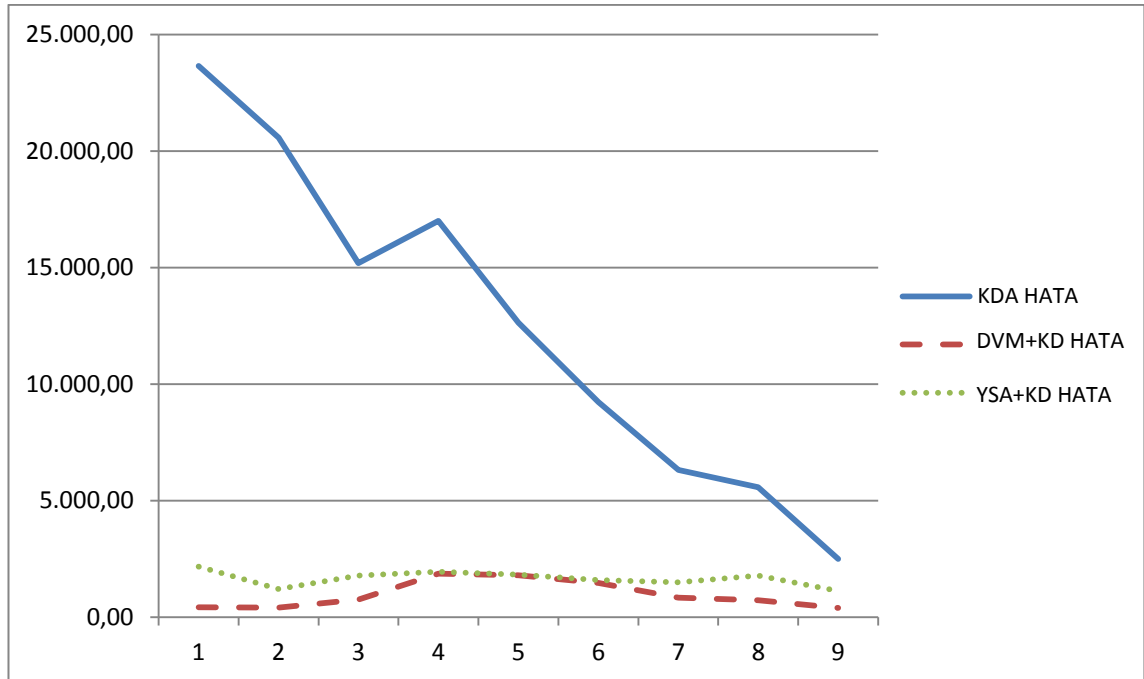
TAM.	KDA TAH.	KDA HATA	YSA+KD TAH.	YSA+KD HATA	DVM+KD TAH.	DVM+KD HATA
2%	543.500,52	23.648,52	517.688,75	2.163,25	519.423,08	428,92
11%	540.426,84	20.574,84	518.651,43	1.200,57	520.258,35	406,35
23%	535.041,04	15.189,04	518.070,66	1.781,34	520.609,49	757,49
34%	536.848,84	16.996,84	517.908,29	1.943,71	521.713,62	1.861,62
40%	532.491,49	12.639,49	518.025,11	1.826,89	521.651,77	1.799,77
60%	529.076,30	9.224,30	518.258,18	1.593,82	521.313,80	1.461,80
71%	526.166,77	6.314,77	518.357,53	1.494,47	520.693,01	841,01
82%	525.422,77	5.570,77	518.074,78	1.777,22	520.572,90	720,90
89%	522.349,62	2.497,62	518.723,55	1.128,45	519.448,25	403,76

KDA, YSA+KD ve DVM+KD ile elde edilen E projesine ait tahmin değerleri gerçekleşen değerlerle karşılaştırılarak OMH ve HKOK değerleri hesaplanmıştır. Tablo 4.21’de E projesine ait her yüzdelik dilim analizleri sonucunda KDA, YSA+KD ve DVM+KD ile yapılan tahminler ve hata değerleri görülmektedir. Elde edilen analiz sonuçlarına göre her adım için en iyi tahmin sonuçlar DVM+KD ile elde edilmiştir YSA+KD sonuçları da KDA tahmin sonuçlarına kıyasla daha iyidir.

Tablo 4.22 E Projesi OMH ve HKOK Değerleri

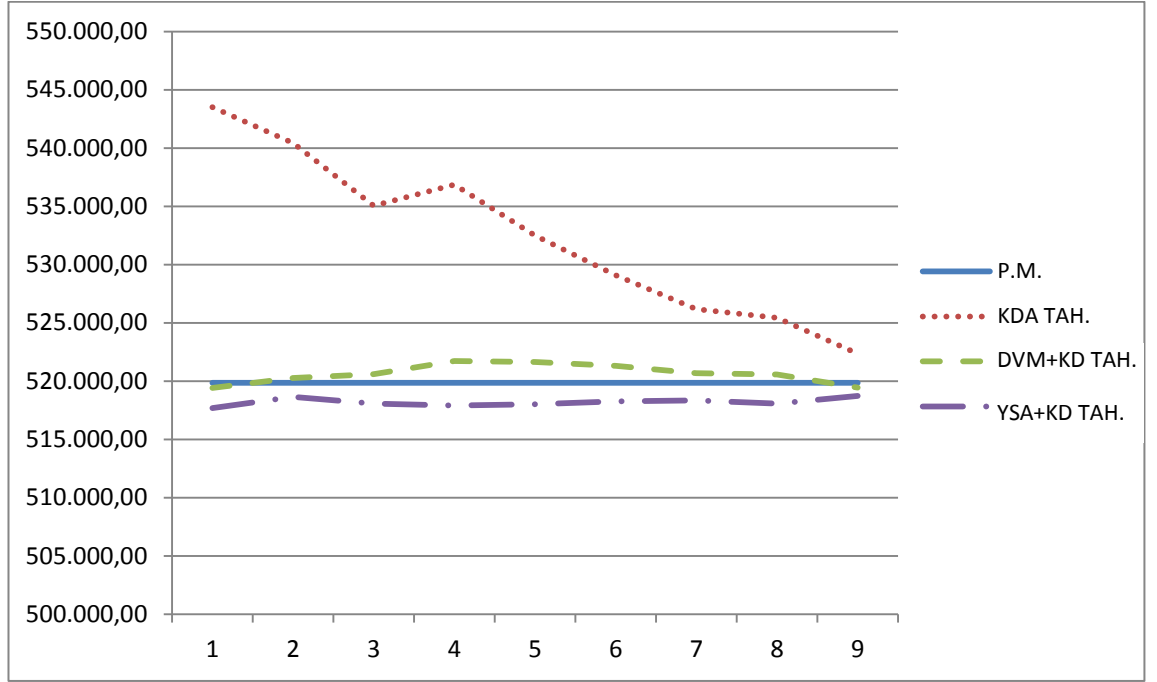
Proje E	KDA	YSA+KD	DVM+KD
OMH	12.517,35	1.656,64	964,62
HKOK	14.236,76	1.687,05	1.113,28

Tablo 4.22’de görüldüğü gibi E projesi için ortalama mutlak hata (OMH) değeri KDA’da 12.517,35 iken YSA+KD’da 1.656,64 ve DVM+KD’de 964,62’dir. Yine hata karelerinin ortalamasının kökü (HKOK) değerlerinde DVM+KD 1.113,28 ile en iyi sonucu vermiştir. YSA+KD için HKOK değeri 1.687,05 iken KDA için ise 14.236,76’dir.



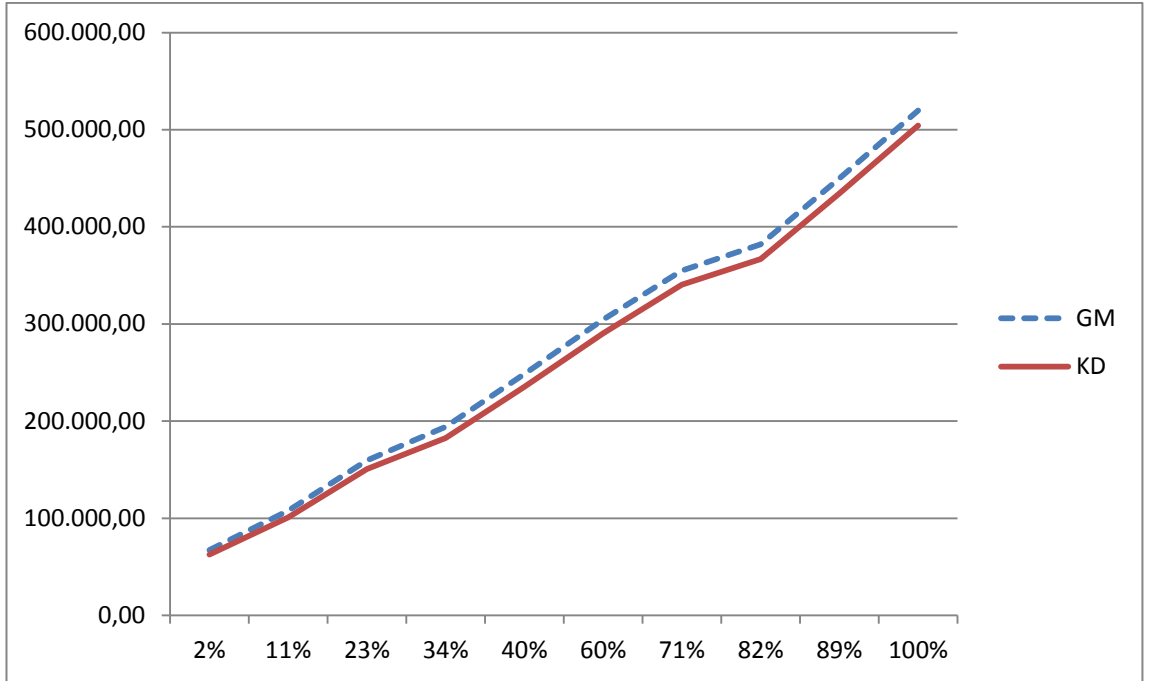
Şekil 4.18 E Projesi Hata Oranları kıyaslanması

Şekil 4.18’de KDA, YSA+KD ve DVM+KD ile yapılan tahmin hataları grafiksel olarak E projesinin her safhası için gösterilmiştir. DVM+KD sonuçlarının tüm proje süreci boyunca sürekli olarak en az hata oranına sahip olduğu grafikte görülmektedir.



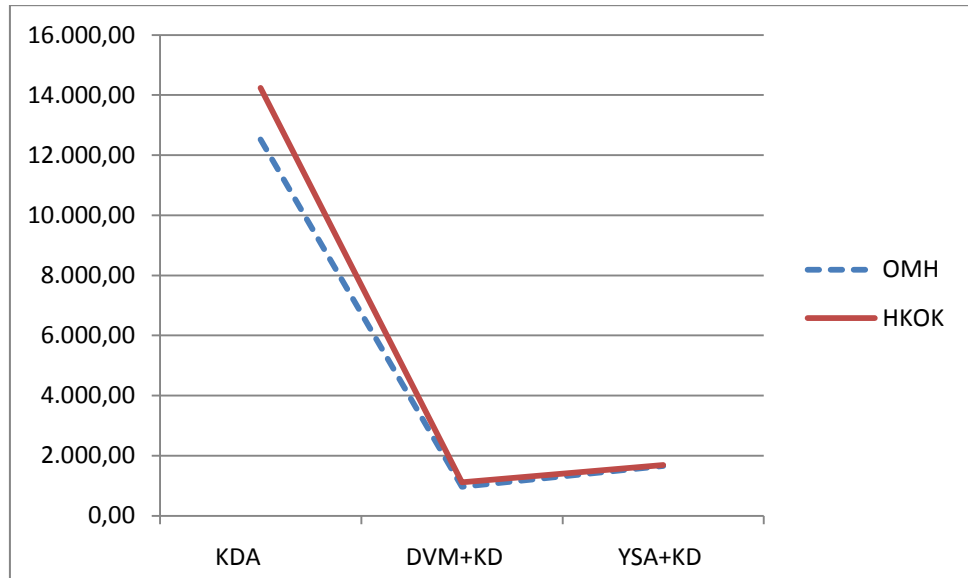
Şekil 4.19 Proje Maliyeti Tahmin Değerleri kıyaslanması

Şekil 4.19’da E projesinin maliyeti KDA, YSA+KD ve DVM+KD ile elde edilen tahmin sonuçları ile grafiksel olarak sunulmuştur.



Şekil 4.20 E Projesi Kazanılmış Değer ve Gerçekleşen Maliyet Kıyaslanması

Şekil 4.20’de E projesinin tüm safhaları için gerçekleşen maliyet ve kazanılmış değer eğrileri görülmektedir. Proje sonunda 15.483 TL’lik bir maliyet varyansı meydana gelmiştir.



Şekil 4.21 E Projesi OMH ve HKOK Değerleri Grafikselsel Gösterim

Şekil 4.21’de KDA, YSA+KD ve DVM+KD ile E projesi için yapılan tahminlerin OMH ve HKOK değerleri grafikselsel olarak gösterilmiştir.

4.3.6 F Projesi

Tablo 4.23 F Projesi Kazanılmış Değer Analizi Hesaplamaları

prj	TAM.	GM	KD	MV	MPE	TTM	TV	TGPE
F1	2%	48.750,00 TL	45.250,00 TL	3.500,00 TL	0,93	443.598,07 TL	31.848,07 TL	1,01
F2	11%	80.650,00 TL	75.750,00 TL	4.900,00 TL	0,94	438.384,65 TL	26.634,65 TL	1,01
F3	23%	121.050,00 TL	114.950,00 TL	6.100,00 TL	0,95	433.600,15 TL	21.850,15 TL	1,02
F4	34%	145.880,00 TL	138.400,00 TL	7.480,00 TL	0,95	434.003,54 TL	22.253,54 TL	1,03
F5	40%	190.840,00 TL	182.260,00 TL	8.580,00 TL	0,96	431.133,38 TL	19.383,38 TL	1,04
F6	60%	236.840,00 TL	227.360,00 TL	9.480,00 TL	0,96	428.918,32 TL	17.168,32 TL	1,05
F7	71%	275.108,00 TL	265.160,00 TL	9.948,00 TL	0,96	427.197,61 TL	15.447,61 TL	1,07
F8	82%	293.838,00 TL	283.050,00 TL	10.788,00 TL	0,96	427.443,20 TL	15.693,20 TL	1,09
F9	89%	355.728,00 TL	344.750,00 TL	10.978,00 TL	0,97	424.861,51 TL	13.111,51 TL	1,20

Tablo 4.23’de F projesi kazanılmış değer analizi hesaplamaları görülmektedir. F projesi için temel maliyet (TM) 411.750 TL ve proje gerçekleşen maliyeti (PM) 422.728 TL’dir. KDA hesaplamalarında MPE değerleri 0,93 ile 0,97 arasında değişmektedir. F projesi gerçekleşen maliyeti 422.728 TL iken KDA ile yapılan maksimum tahmin değeri 443.598 TL ve minimum değer ise 424.861 TL’dir.

Tablo 4.24 F Projesi Proje Gerçekleşen Maliyet, Kazanılmış Değer, Planlanan Değer ve Proje Maliyetleri

TAM.	GM ve PM	KD ve PD
2%	48.750,00	45.250,00
11%	80.650,00	75.750,00
23%	121.050,00	114.950,00
34%	145.880,00	138.400,00
40%	190.840,00	182.260,00
60%	236.840,00	227.360,00
71%	275.108,00	265.160,00
82%	293.838,00	283.050,00
89%	355.728,00	344.750,00
100%	422.728,00	411.750,00

Tablo 4.24’te F projesi için her yüzdelik dilimde yapılan analiz sonuçları gerçekleşen maliyet ve kazanılmış değer değerleri maliyet cinsinden verilmiştir. F projesi için planlanan değer 411.750TL iken proje 422.728 TL’ye tamamlanmıştır. 10.978 TL’lik bir maliyet varyansı söz konusudur.

Tablo 4.25 F Projesi Maliyet Tahmin ve Hata Değerleri

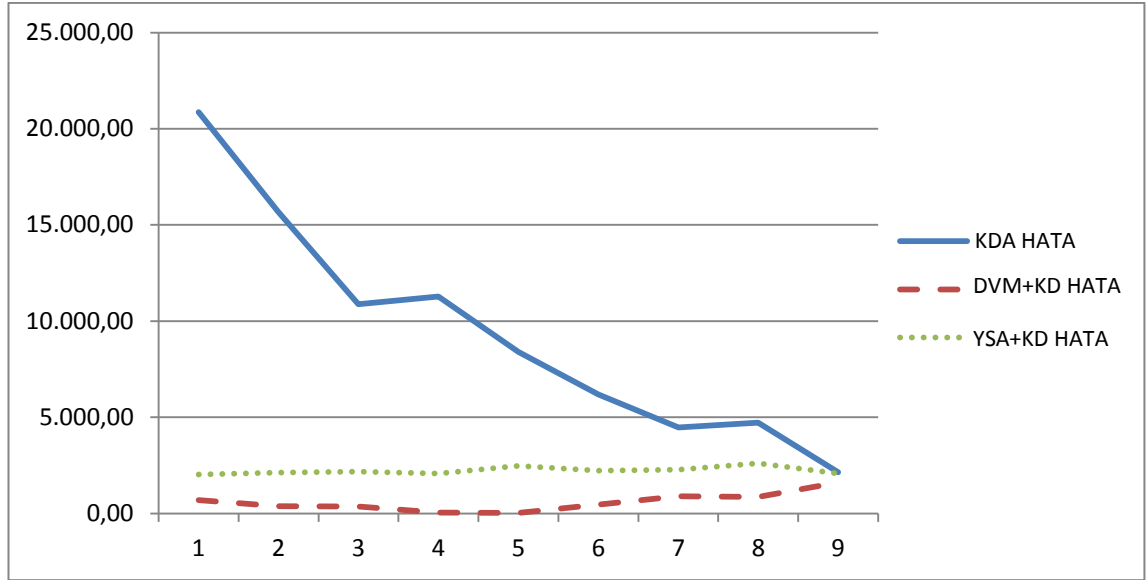
TAM.	KDA TAH.	KDA HATA	YSA+KD TAH.	YSA+KD HATA	DVM+KD TAH.	DVM+KD HATA
2%	443.598,07	20.870,07	424.757,98	2.029,98	422.031,50	696,50
11%	438.384,65	15.656,65	424.846,04	2.118,04	422.355,39	372,61
23%	433.600,15	10.872,15	424.905,66	2.177,66	422.363,47	364,53
34%	434.003,54	11.275,54	424.807,70	2.079,70	422.692,82	35,18
40%	431.133,38	8.405,38	425.196,38	2.468,38	422.760,15	32,15
60%	428.918,32	6.190,32	424.956,93	2.228,93	422.270,18	457,82
71%	427.197,61	4.469,61	425.000,74	2.272,74	421.840,05	887,95
82%	427.443,20	4.715,20	425.331,42	2.603,42	421.874,21	853,79
89%	424.861,51	2.133,51	424.796,14	2.068,14	421.115,61	1.612,39

KDA, YSA+KD ve DVM+KD ile elde edilen F projesine ait tahmin değerleri gerçekleşen değerlerle karşılaştırılarak OMH ve HKOK değerleri hesaplanmıştır. Tablo 4.25’de F projesine ait her yüzdelik dilim analizleri sonucunda KDA, YSA+KD ve DVM+KD ile yapılan tahminler ve hata değerleri görülmektedir. Elde edilen analiz sonuçlarına göre her adım için en iyi tahmin sonuçlar DVM+KD ile elde edilmiştir YSA+KD sonuçları da KDA tahmin sonuçlarına kıyasla daha iyidir.

Tablo 4.26 F Projesi OMH ve HKOK Değerleri

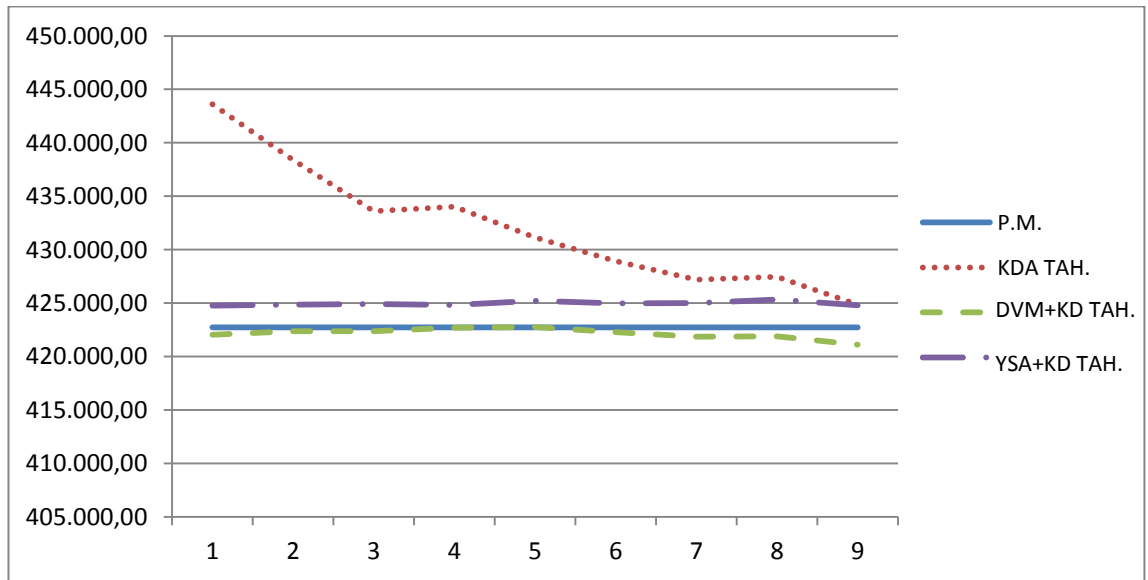
Proje F	KDA	YSA+KD	DVM+KD
OMH	9.398,71	2.227,44	590,32
HKOK	10.963,40	2.234,96	751,73

Tablo 4.26’da görüldüğü gibi F projesi için ortalama mutlak hata (OMH) değerleri KDA’da 9.398,71 iken YSA+KD’da 2.227,44 ve DVM+KD’de 590,32’dir. Yine hata karelerinin ortalamasının kökü (HKOK) değerlerinde DVM+KD 751,73 ile en iyi sonucu vermiştir. YSA+KD için HKOK değeri 2.234,96 iken KDA için ise 10.963,40’dır.



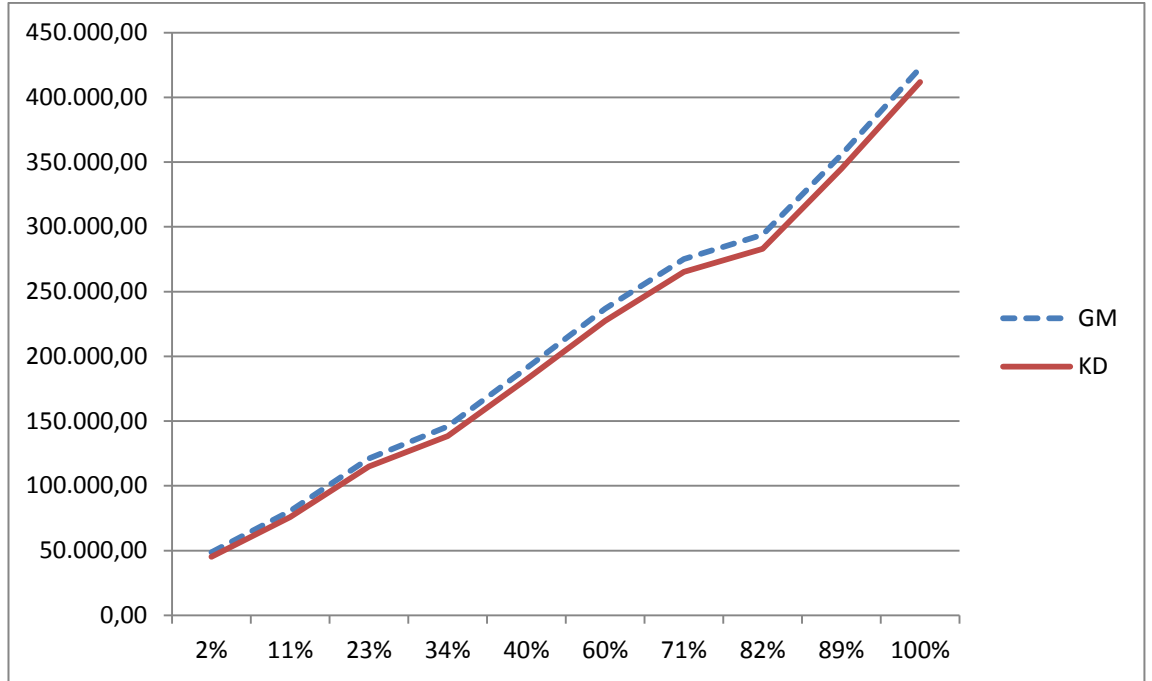
Şekil 4.22 F Projesi Hata Oranları kıyaslanması

Şekil 4.22’de KDA, YSA+KD ve DVM+KD ile yapılan tahmin hataları grafiksel olarak F projesinin her safhası için gösterilmiştir. DVM+KD sonuçlarının proje son bölümü haricinde gerçekleşen maliyete çok yakın tahmin değerleri vererek süreç boyunca en iyi değerleri vermiştir.



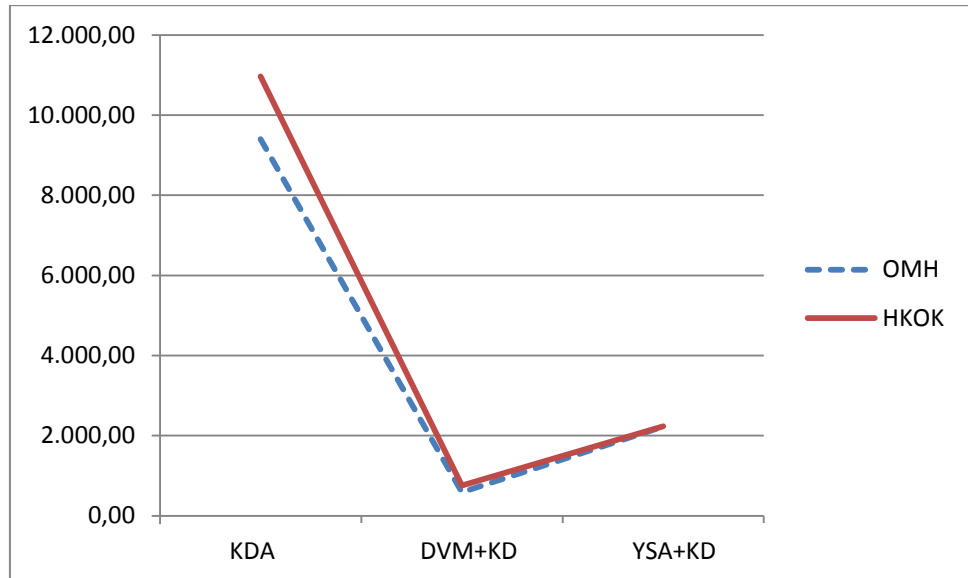
Şekil 4.23 F Projesi Proje Maliyeti Tahmin Değerleri kıyaslanması

Şekil 4.23’te F projesinin maliyeti KDA, YSA+KD ve DVM+KD ile elde edilen tahmin sonuçları ile grafiksel olarak sunulmuştur.



Şekil 4.24 F Projesi Kazanılmış Değer ve Gerçekleşen Maliyet Kıyaslanması

Şekil 4.24’de F projesinin tüm safhaları için gerçekleşen maliyet ve kazanılmış değer eğrileri görülmektedir. Proje sonunda 10.978 TL’lik bir maliyet varyansı meydana gelmiştir.



Şekil 4.25 F Projesi OMH ve HKOK Değerleri Grafikselsel Gösterim

Şekil 4.25’te KDA, YSA+KD ve DVM+KD ile F projesi için yapılan tahminlerin OMH ve HKOK değerleri grafikselsel olarak gösterilmiştir.

4.3.7 G Projesi

Tablo 4.27 G Projesi Kazanılmış Değer Analizi Hesaplamaları

prj	TAM.	GM	KD	MV	MPE	TTM	TV	TGPE
G1	2%	49.900,00 TL	46.800,00 TL	3.100,00 TL	0,94	470.402,40 TL	29.223,40 TL	1,01
G2	11%	84.010,00 TL	79.300,00 TL	4.710,00 TL	0,94	467.382,70 TL	26.203,70 TL	1,01
G3	23%	127.360,00 TL	121.900,00 TL	5.460,00 TL	0,96	460.939,77 TL	19.760,77 TL	1,02
G4	34%	154.805,00 TL	147.795,00 TL	7.010,00 TL	0,95	462.104,37 TL	20.925,37 TL	1,02
G5	40%	203.789,00 TL	194.779,00 TL	9.010,00 TL	0,96	461.586,86 TL	20.407,86 TL	1,04
G6	60%	253.489,00 TL	243.379,00 TL	10.110,00 TL	0,96	459.505,64 TL	18.326,64 TL	1,05
G7	71%	295.439,00 TL	284.579,00 TL	10.860,00 TL	0,96	458.015,11 TL	16.836,11 TL	1,07
G8	82%	317.151,00 TL	305.679,00 TL	11.472,00 TL	0,96	457.736,26 TL	16.557,26 TL	1,09
G9	89%	380.351,00 TL	368.679,00 TL	11.672,00 TL	0,97	455.146,28 TL	13.967,28 TL	1,19

Tablo 4.27’de G projesi kazanılmış değer analizi hesaplamaları görülmektedir. G projesi için temel maliyet (TM) 441.179 TL ve proje gerçekleşen maliyeti (PM) 452.851 TL’dir. KDA hesaplamalarında MPE değerinin 0,94 ile 0,97 arasında değişmektedir. G projesi gerçekleşen maliyeti 452.851 TL iken KDA ile yapılan maksimum tahmin değeri 470.402 TL ve minimum değer ise 455.146 TL’dir.

Tablo 4.28 G Projesi Proje Gerçekleşen Maliyet, Kazanılmış Değer, Planlanan Değer ve Proje Maliyetleri

TAM.	GM ve PM	KD vePD
2%	49.900,00	46.800,00
11%	84.010,00	79.300,00
23%	127.360,00	121.900,00
34%	154.805,00	147.795,00
40%	203.789,00	194.779,00
60%	253.489,00	243.379,00
71%	295.439,00	284.579,00
82%	317.151,00	305.679,00
89%	380.351,00	368.679,00
100%	452.851,00	441.179,00

Tablo 4.28’de G projesi için her yüzdelik dilimde yapılan analiz sonuçları gerçekleşen maliyet ve kazanılmış değer değerleri maliyet cinsinden verilmiştir. G projesi için planlanan değer 441.179 TL iken proje 452.851 TL’ye tamamlanmıştır. 11.672 TL’lik bir maliyet varyansı söz konusudur.

Tablo 4.29 G Projesi Maliyet Tahmin ve Hata Değerleri

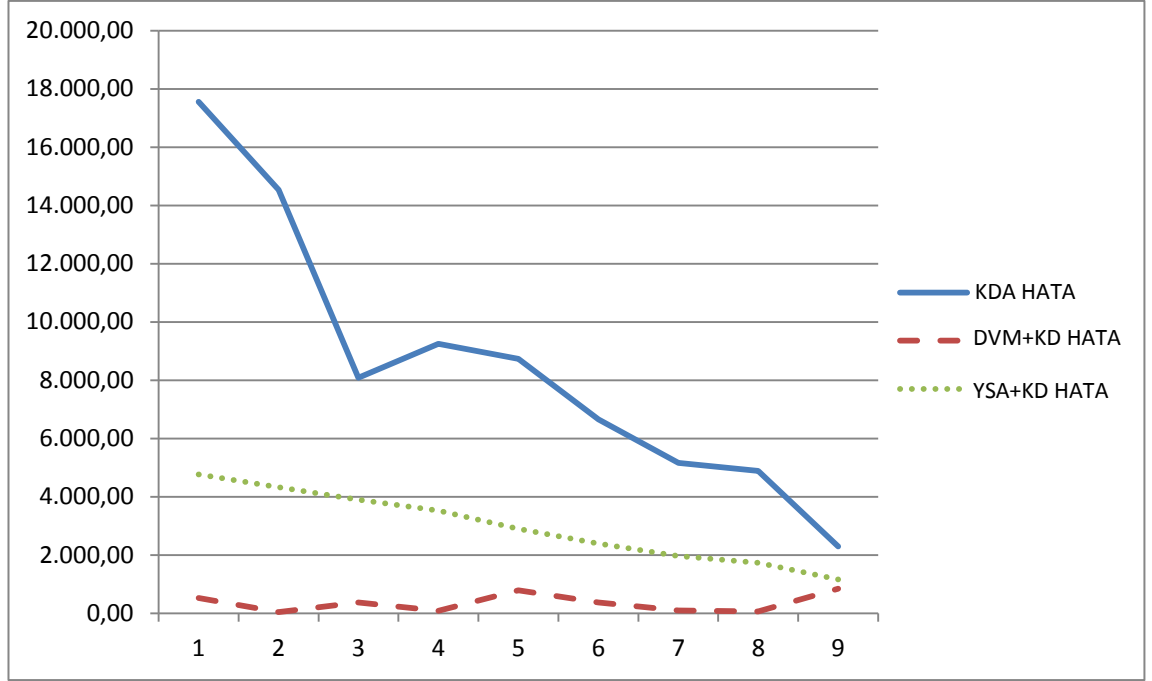
TAM.	KDA TAH.	KDA HATA	YSA+KD TAH.	YSA+KD HATA	DVM+KD TAH.	DVM+KD HATA
2%	470.402,40	17.551,40	448.086,08	4.764,92	452.322,79	528,21
11%	467.382,70	14.531,70	448.526,09	4.324,91	452.811,07	39,93
23%	460.939,77	8.088,77	448.948,78	3.902,22	452.481,10	369,90
34%	462.104,37	9.253,37	449.322,97	3.528,03	452.935,07	84,07
40%	461.586,86	8.735,86	449.955,97	2.895,03	453.636,63	785,63
60%	459.505,64	6.654,64	450.459,51	2.391,49	453.228,39	377,39
71%	458.015,11	5.164,11	450.885,96	1.965,04	452.946,39	95,39
82%	457.736,26	4.885,26	451.118,80	1.732,20	452.789,13	61,87
89%	455.146,28	2.295,28	451.689,41	1.161,59	452.006,17	844,83

KDA, YSA+KD ve DVM+KD ile elde edilen G projesine ait tahmin değerleri gerçekleşen değerlerle karşılaştırılarak OMH ve HKOK değerleri hesaplanmıştır. Tablo 4.29’da G projesine ait her yüzdelik dilim analizleri sonucunda KDA, DVM+KD ve YSA+KD ile yapılan tahminler ve hata değerleri görülmektedir. Elde edilen analiz sonuçlarına göre her adım için en iyi tahmin sonuçlar DVM+KD ile elde edilmiştir YSA+KD sonuçları da KDA tahmin sonuçlarına kıyasla daha iyidir.

Tablo 4.30 G Projesi OMH ve HKOK Değerleri

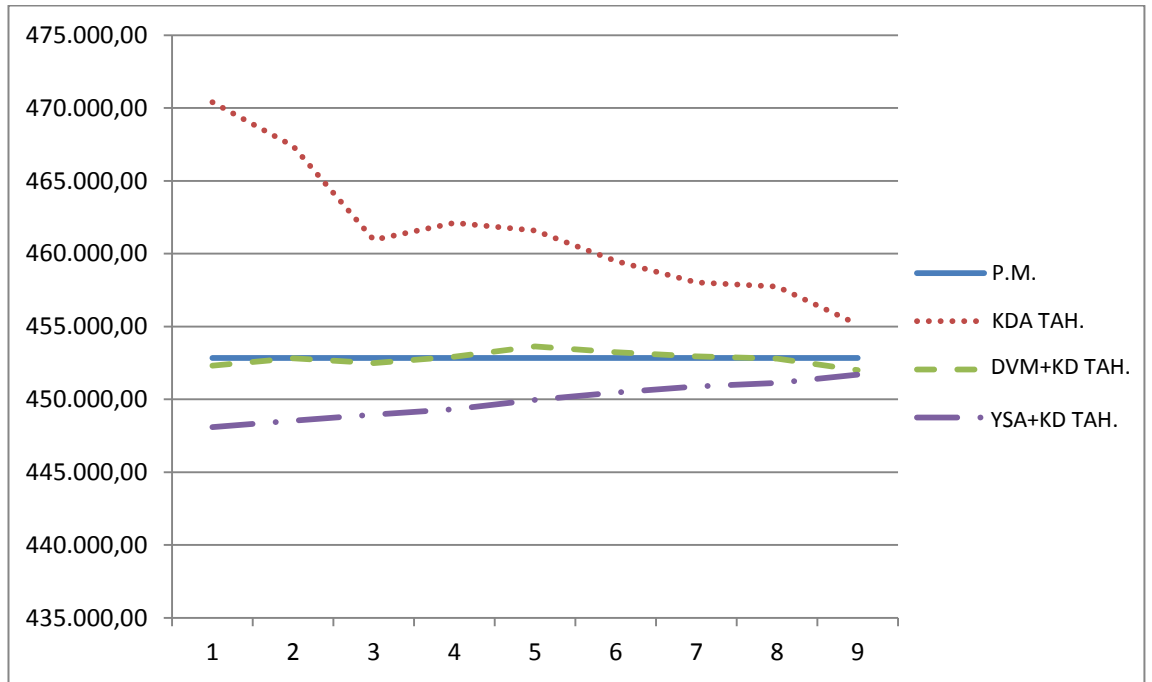
Proje G	KDA	YSA+KD	DVM+KD
OMH	8.573,37	2.962,82	354,14
HKOK	9.699,23	3.186,69	460,77

Tablo 4.30’da görüldüğü gibi G projesi için ortalama mutlak hata (OMH) değerleri KDA’da 8.573,37 iken YSA+KD’da 2.962,82 ve DVM+KD’de 354,14’tür. Yine hata karelerinin ortalamasının kökü (HKOK) değerlerinde DVM+KD 460,77 ile en iyi sonucu vermiştir. YSA+KD için HKOK değeri 3.186,69 iken KDA için ise 9.699,23’tür.



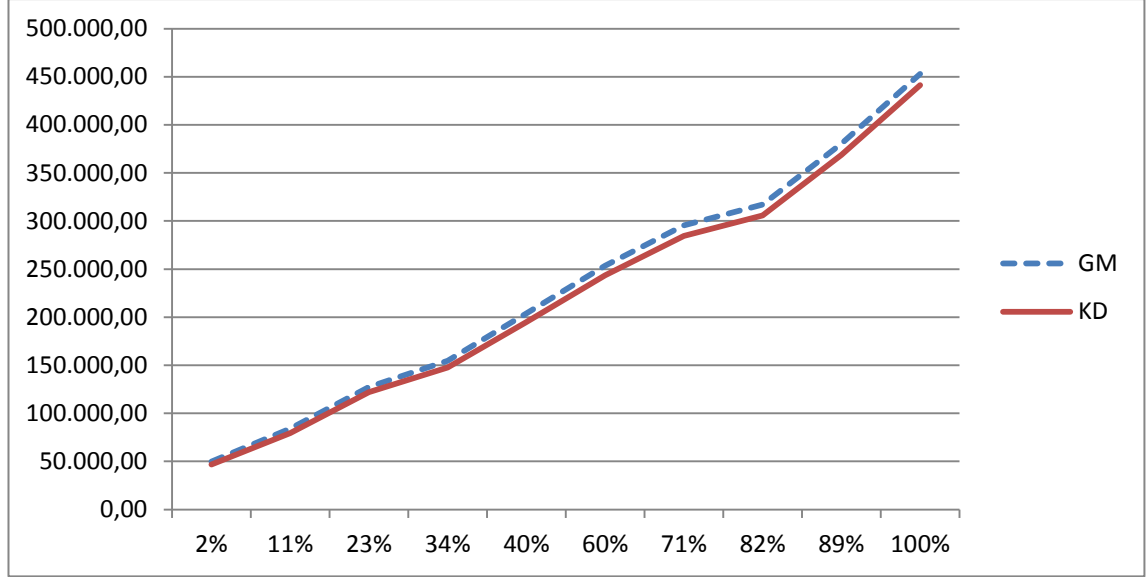
Şekil 4.26 G Projesi Hata Oranları kıyaslanması

Şekil 4.26’da KDA, YSA+KD ve DVM+KD ile yapılan tahmin hataları grafiksel olarak G projesinin her safhası için gösterilmiştir. Tüm proje sürecinde az hata oranları DVM+KD ile gerçekleştirilen tahminler sonucu elde edilmiştir.



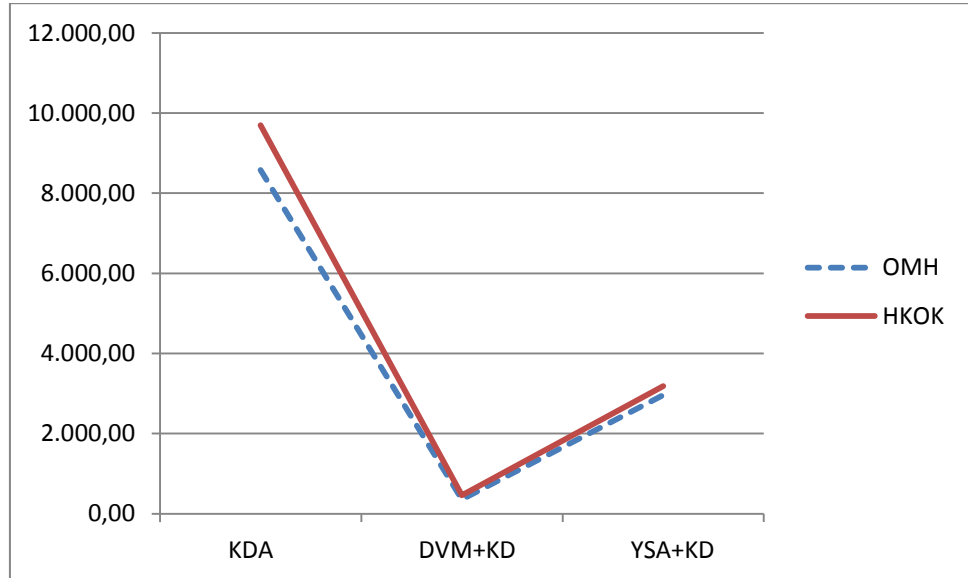
Şekil 4.27 G Projesi Proje Maliyeti Tahmin Değerleri kıyaslanması

Şekil 4.27’de G projesinin maliyeti KDA, YSA+KD ve DVM+KD ile elde edilen tahmin sonuçları ile grafiksel olarak sunulmuştur.



Şekil 4.28 G Projesi Kazanılmış Değer ve Gerçekleşen Maliyet Kıyaslanması

Şekil 4.28’de G projesinin tüm safhaları için gerçekleşen maliyet ve kazanılmış değer eğrileri görülmektedir. Proje sonunda 11.672 TL’lik bir maliyet varyansı meydana gelmiştir.



Şekil 4.29 G Projesi OMH ve HKOK Değerleri Grafiksel Gösterim

Şekil 4.29’da KDA, YSA+KD ve DVM+KD ile G projesi için yapılan tahminlerin OMH ve HKOK değerleri grafiksel olarak gösterilmiştir.

4.3.8 H Projesi

Tablo 4.31 H Projesi Kazanılmış Değer Analizi Hesaplamaları

prj	TAM.	GM	KD	MV	MPE	TTM	TV	TGPE
H1	2%	83.000,00 TL	71.000,00 TL	12.000,00 TL	0,86	697.667,61 TL	100.867,61 TL	1,02
H2	11%	139.700,00 TL	125.200,00 TL	14.500,00 TL	0,90	665.918,21 TL	69.118,21 TL	1,03
H3	23%	205.400,00 TL	188.700,00 TL	16.700,00 TL	0,92	649.616,96 TL	52.816,96 TL	1,04
H4	34%	248.240,00 TL	228.740,00 TL	19.500,00 TL	0,92	647.676,98 TL	50.876,98 TL	1,06
H5	40%	314.540,00 TL	293.040,00 TL	21.500,00 TL	0,93	640.586,51 TL	43.786,51 TL	1,08
H6	60%	380.380,00 TL	356.910,00 TL	23.470,00 TL	0,94	636.044,90 TL	39.244,90 TL	1,11
H7	71%	436.440,00 TL	412.340,00 TL	24.100,00 TL	0,94	631.681,12 TL	34.881,12 TL	1,15
H8	82%	471.050,00 TL	446.200,00 TL	24.850,00 TL	0,95	630.037,29 TL	33.237,29 TL	1,20
H9	89%	546.880,00 TL	521.800,00 TL	25.080,00 TL	0,95	625.484,83 TL	28.684,83 TL	1,50

Tablo 4.31’de H projesi kazanılmış değer analizi hesaplamaları görülmektedir. H projesi için temel maliyet (TM) 596.800 TL ve proje gerçekleşen maliyeti (PM) 621.880 TL’dir. KDA hesaplamalarında MPE değerinin 0,86 ile 0,95 arasında değişmektedir. Projenin %2’lik kısımda planlanan değer %20’si kadar bir sapma meydana gelmiştir bu sebepten dolayı ilk maliyet tahmini gerçekleşen maliyetten çok daha yüksek çıkmıştır. H projesi gerçekleşen maliyeti 621.880 TL iken KDA ile yapılan maksimum tahmin değeri 697.667 TL ve minimum değer ise 625.484 TL’dir.

Tablo 4.32 H Projesi Proje Gerçekleşen Maliyet, Kazanılmış Değer, Planlanan Değer ve Proje Maliyetleri

TAM.	GM ve PM	KD vePD
2%	83.000,00	71.000,00
11%	139.700,00	125.200,00
23%	205.400,00	188.700,00
34%	248.240,00	228.740,00
40%	314.540,00	293.040,00
60%	380.380,00	356.910,00
71%	436.440,00	412.340,00
82%	471.050,00	446.200,00
89%	546.880,00	521.800,00
100%	621.880,00	596.800,00

Tablo 4.32’de H projesi için her yüzdelik dilimde yapılan analiz sonuçları gerçekleşen maliyet ve kazanılmış değer değerleri maliyet cinsinden verilmiştir. H projesi için

planlanan değer 596.800 TL iken proje 621.880TL'ye tamamlanmıştır. 25.080 TL'lik bir maliyet varyansı söz konusudur.

Tablo 4.33 H Projesi Maliyet Tahmin ve Hata Değerleri

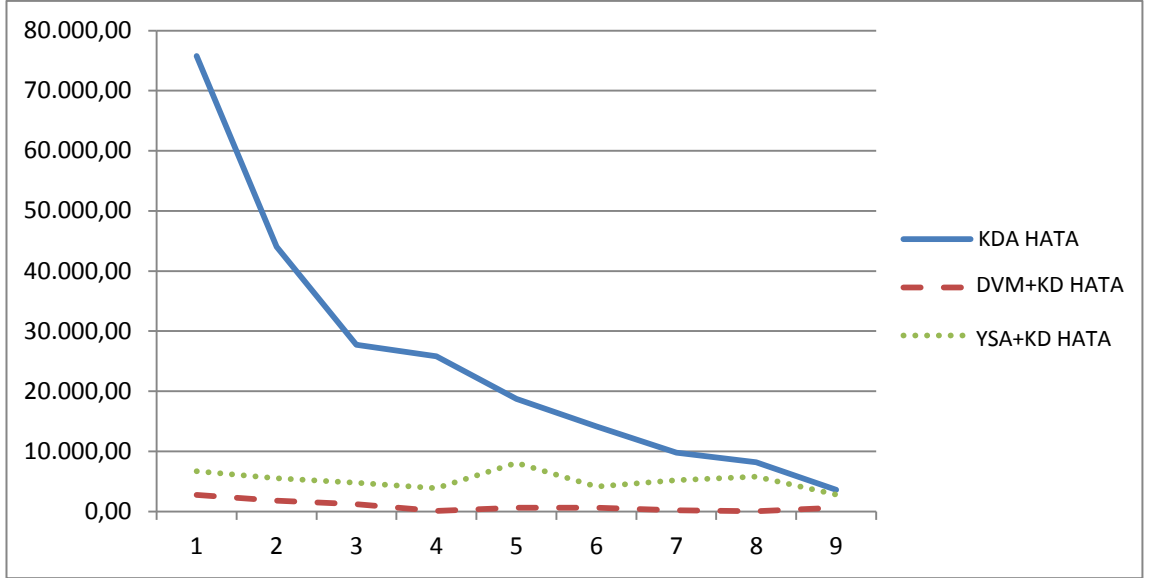
TAM.	KDA TAH.	KDA HATA	YSA+KD TAH.	YSA+KD HATA	DVM+KD TAH.	DVM+KD HATA
2%	697.667,61	75.787,61	615.202,20	6.677,80	619.153,76	2.726,24
11%	665.918,21	44.038,21	616.379,44	5.500,56	620.106,02	1.773,98
23%	649.616,96	27.736,96	617.119,60	4.760,40	620.656,73	1.223,27
34%	647.676,98	25.796,98	618.032,74	3.847,26	621.808,70	71,30
40%	640.586,51	18.706,51	613.796,49	8.083,51	622.496,36	616,36
60%	636.044,90	14.164,90	617.756,26	4.123,74	622.516,65	636,65
71%	631.681,12	9.801,12	616.704,28	5.175,72	622.092,49	212,49
82%	630.037,29	8.157,29	616.099,01	5.780,99	621.883,95	3,95
89%	625.484,83	3.604,83	619.083,19	2.796,81	621.247,38	632,62

KDA, YSA+KD ve DVM+KD ile elde edilen H projesine ait tahmin değerleri gerçekleşen değerlerle karşılaştırılarak OMH ve HKOK değerleri hesaplanmıştır. Tablo 4.33'de I projesine ait her yüzdelik dilim analizleri sonucunda KDA, DVM+KD ve YSA+KD ile yapılan tahminler ve hata değerleri görülmektedir. Elde edilen analiz sonuçlarına göre her adım için en iyi tahmin sonuçlar DVM+KD ile elde edilmiştir YSA+KD sonuçları da KDA tahmin sonuçlarına kıyasla daha iyidir.

Tablo 4.34 H Projesi OMH ve HKOK Değerleri

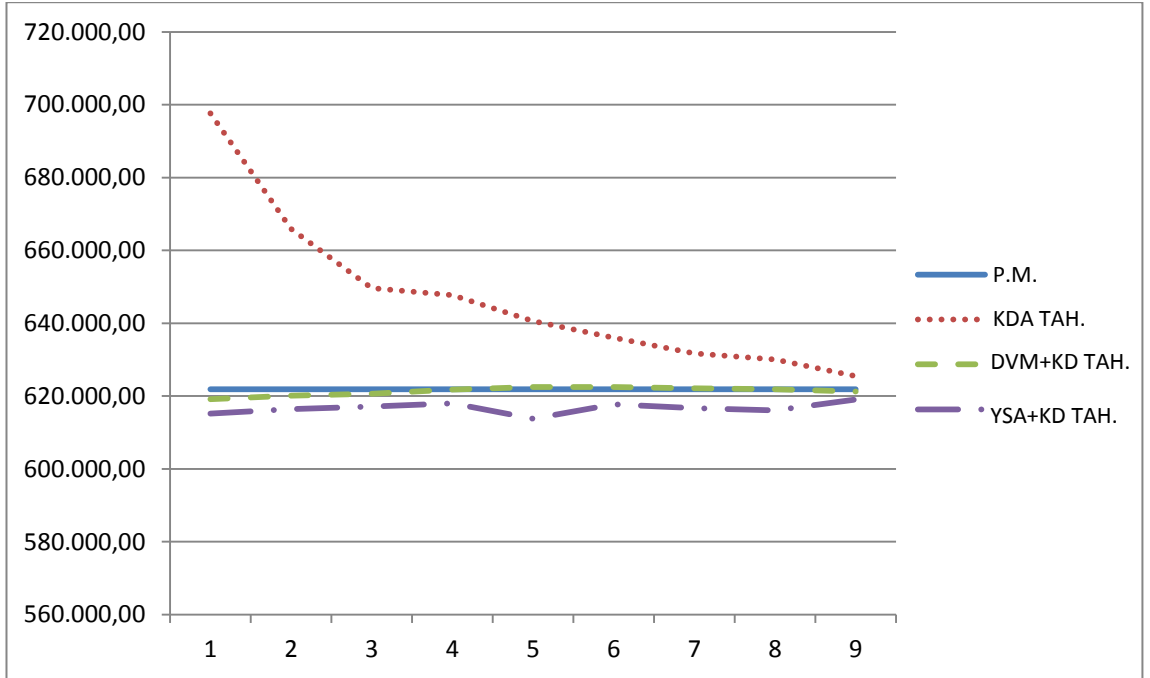
Proje H	KDA	YSA+KD	DVM+KD
OMH	25.310,49	5.194,09	877,42
HKOK	33.072,52	5.402,57	1.216,16

Tablo 4.34'te görüldüğü gibi H projesi için Ortalama Mutlak Hata (OMH) değeri DVM+KD'de 877,42 iken YSA+KD'da 1.216,16 ve KDA'da 25.310,49 sonuçları elde edilmiştir. Yine hata karelerinin ortalamasının kökü (HKOK) değerlerinde DVM+KD 1.216,16 ile en iyi sonucu vermiştir. YSA+KD için HKOK değeri 5.402,57 iken KDA için ise 33.072,52'dir.



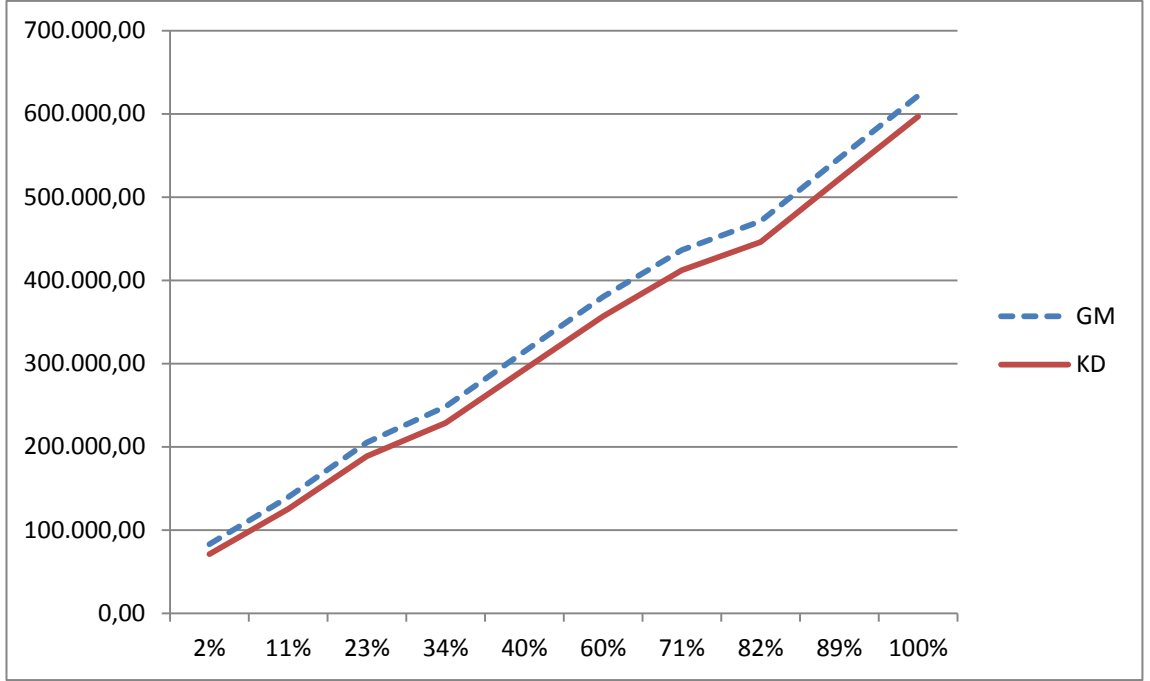
Şekil 4.30 H Projesi Hata Oranları kıyaslanması

Şekil 4.30’da KDA, YSA+KD ve DVM+KD ile yapılan tahmin hataları grafiksel olarak H projesinin her safhası için gösterilmiştir. DVM+KD hata grafiğinin H projesinin her safhasında çok düşük ve istikrarlı YSA+KD ve KDA sonuçlarından daha iyi olduğu grafikte görülmektedir.



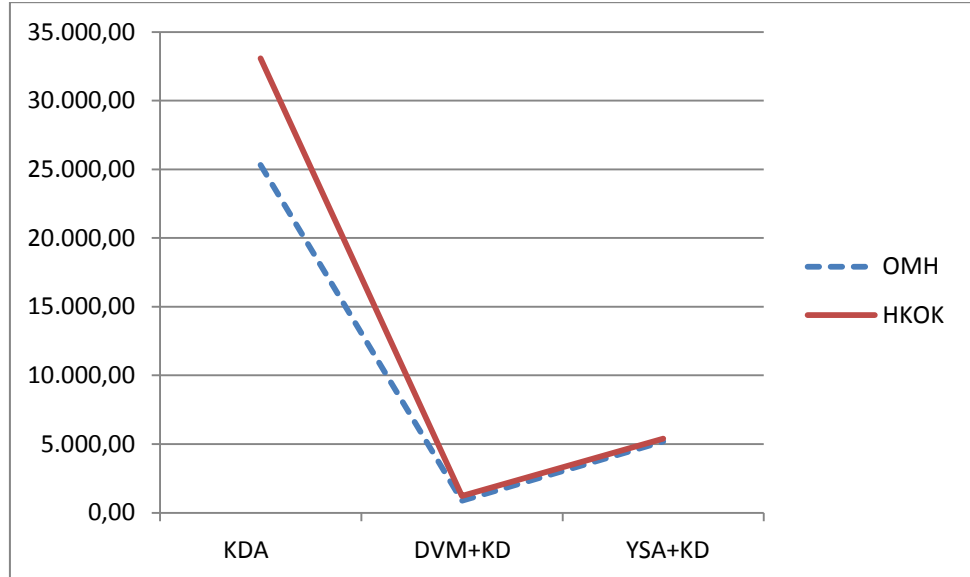
Şekil 4.31 H Projesi Proje Maliyeti Tahmin Değerleri kıyaslanması

Şekil 4.31’de H projesinin maliyeti KDA, YSA+KD ve DVM+KD ile elde edilen tahmin sonuçları ile grafiksel olarak sunulmuştur.



Şekil 4.32 H Projesi Kazanılmış Değer ve Gerçekleşen Maliyet Kıyaslanması

Şekil 4.32’de H projesinin tüm safhaları için gerçekleşen maliyet ve kazanılmış değer eğrileri görülmektedir. Proje sonunda 25.080 TL’lik bir maliyet varyansı meydana gelmiştir.



Şekil 4.33 H Projesi OMH ve HKOK Değerleri Grafikselsel Gösterim

Şekil 4.33’de KDA, YSA+KD ve DVM+KD ile H projesi için yapılan tahminlerin OMH ve HKOK değerleri grafikselsel olarak gösterilmiştir.

4.3.9 I Projesi

Tablo 4.35 I Projesi Kazanılmış Değer Analizi Hesaplamaları

prj	TAM.	GM	KD	MV	MPE	TTM	TV	TGPE
I1	2%	69.580,00 TL	63.480,00 TL	6.100,00 TL	0,91	550.397,75 TL	48.252,75 TL	1,01
I2	11%	109.780,00 TL	101.680,00 TL	8.100,00 TL	0,93	542.146,72 TL	40.001,72 TL	1,02
I3	23%	161.630,00 TL	150.930,00 TL	10.700,00 TL	0,93	537.743,96 TL	35.598,96 TL	1,03
I4	34%	196.985,00 TL	184.030,00 TL	12.955,00 TL	0,93	537.494,07 TL	35.349,07 TL	1,04
I5	40%	251.420,00 TL	236.480,00 TL	14.940,00 TL	0,94	533.868,81 TL	31.723,81 TL	1,06
I6	60%	308.035,00 TL	290.845,00 TL	17.190,00 TL	0,94	531.823,60 TL	29.678,60 TL	1,09
I7	71%	360.085,00 TL	342.145,00 TL	17.940,00 TL	0,95	528.474,43 TL	26.329,43 TL	1,13
I8	82%	385.410,00 TL	366.645,00 TL	18.765,00 TL	0,95	527.844,93 TL	25.699,93 TL	1,16
I9	89%	453.160,00 TL	434.145,00 TL	19.015,00 TL	0,96	524.138,31 TL	21.993,31 TL	1,39

Tablo 4.35’de I projesi kazanılmış değer analizi hesaplamaları görülmektedir. I projesi için temel maliyet (TM) 502.145 TL ve proje gerçekleşen maliyeti (PM) 521.160 TL’dir. KDA hesaplamalarında MPE değerinin 0,91 ile 0,96 arasında değişmektedir. I projesi gerçekleşen maliyeti 521.160 TL iken KDA ile yapılan maksimum tahmin değeri 550.397 TL ve minimum değer ise 524.138 TL’dir.

Tablo 4.36 I Projesi Proje Gerçekleşen Maliyet, Kazanılmış Değer, Planlanan Değer ve Proje Maliyetleri

TAM.	GM ve PM	KD vePD
2%	69.580,00	63.480,00
11%	109.780,00	101.680,00
23%	161.630,00	150.930,00
34%	196.985,00	184.030,00
40%	251.420,00	236.480,00
60%	308.035,00	290.845,00
71%	360.085,00	342.145,00
82%	385.410,00	366.645,00
89%	453.160,00	434.145,00
100%	521.160,00	502.145,00

Tablo 4.36’da I projesi için her yüzdelik dilimde yapılan analiz sonuçları gerçekleşen maliyet ve kazanılmış değer değerleri maliyet cinsinden verilmiştir. I projesi için

planlanan değer 502.145 TL iken proje 521.160 TL'ye tamamlanmıştır. 19.015 TL'lik bir maliyet varyansı söz konusudur.

Tablo 4.37 I Projesi Maliyet Tahmin ve Hata Değerleri

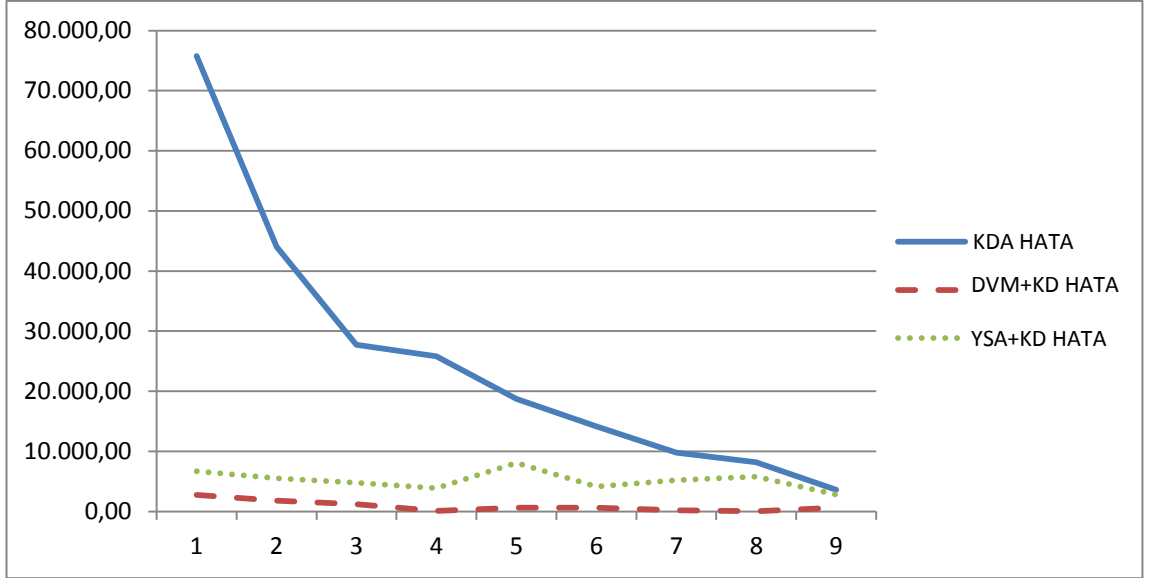
TAM.	KDA TAH.	KDA HATA	YSA+KD TAH.	YSA+KD HATA	DVM+KD TAH.	DVM+KD HATA
2%	550.397,75	29.237,75	510.753,84	10.406,16	517.745,84	3.414,16
11%	542.146,72	20.986,72	512.722,72	8.437,28	518.310,94	2.849,06
23%	537.743,96	16.583,96	515.501,71	5.658,29	519.046,40	2.113,60
34%	537.494,07	16.334,07	518.925,50	2.234,50	519.813,56	1.346,44
40%	533.868,81	12.708,81	531.812,42	10.652,42	520.213,65	946,35
60%	531.823,60	10.663,60	530.951,90	9.791,90	520.516,09	643,91
71%	528.474,43	7.314,43	527.575,10	6.415,10	520.062,14	1.097,86
82%	527.844,93	6.684,93	525.226,01	4.066,01	520.044,39	1.115,61
89%	524.138,31	2.978,31	518.388,97	2.771,03	519.105,70	2.054,30

KDA, YSA+KD ve DVM+KD ile elde edilen I projesine ait tahmin değerleri gerçekleşen değerlerle karşılaştırılarak OMH ve HKOK değerleri hesaplanmıştır. Tablo 4.37'de I projesine ait her yüzdelik dilim analizleri sonucunda KDA, DVM+KD ve YSA+KD ile yapılan tahminler ve hata değerleri görülmektedir. Elde edilen analiz sonuçlarına göre her adım için en iyi tahmin sonuçlar DVM+KD ile elde edilmiştir. YSA+KD sonuçları da KDA tahmin sonuçlarına kıyasla daha iyidir.

Tablo 4.38 I Projesi OMH ve HKOK Değerleri

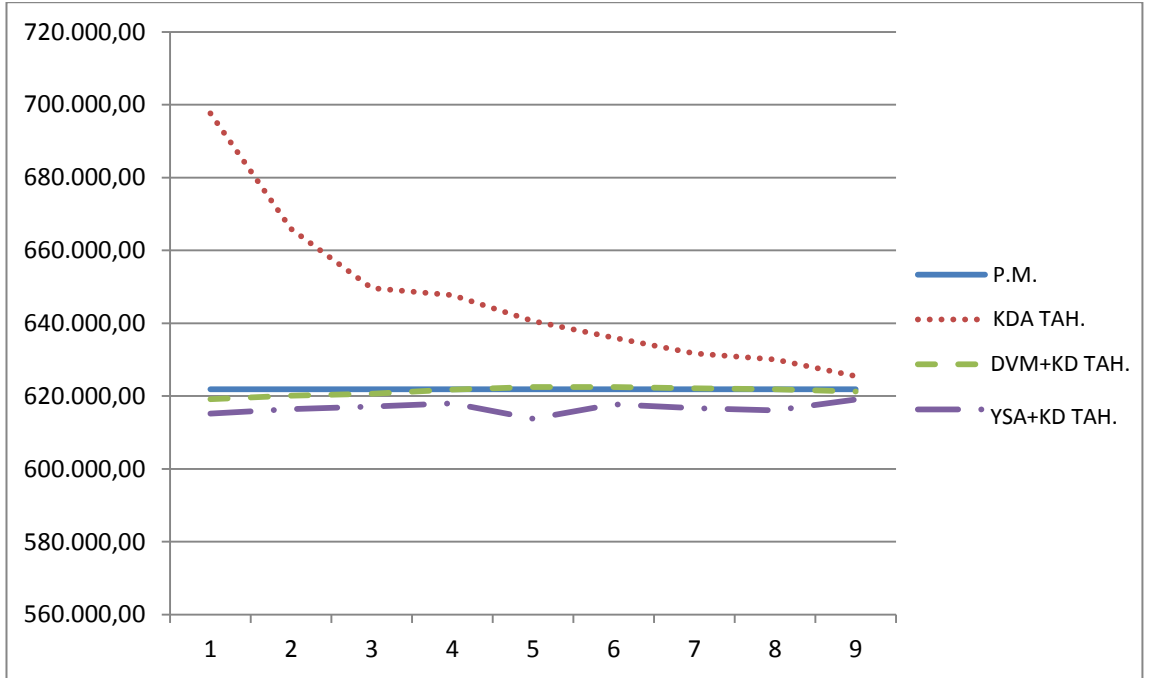
Proje I	KDA	YSA+KD	DVM+KD
OMH	13.721,40	6.714,74	1.731,25
HKOK	15.703,51	7.387,71	1.944,62

Tablo 4.38'de görüldüğü gibi I projesi için ortalama mutlak hata (OMH) değeri DVM+KD'de 1.731,25 iken YSA+KD'da 6.714,74 ve KDA'da 13.721,40 sonuçları elde edilmiştir. Yine hata karelerinin ortalamasının kökü (HKOK) değerlerinde DVM+KD 1.944,62 ile en iyi sonucu vermiştir. YSA+KD için HKOK değeri 7.387,71 iken KDA için ise 15.703,51'dir.



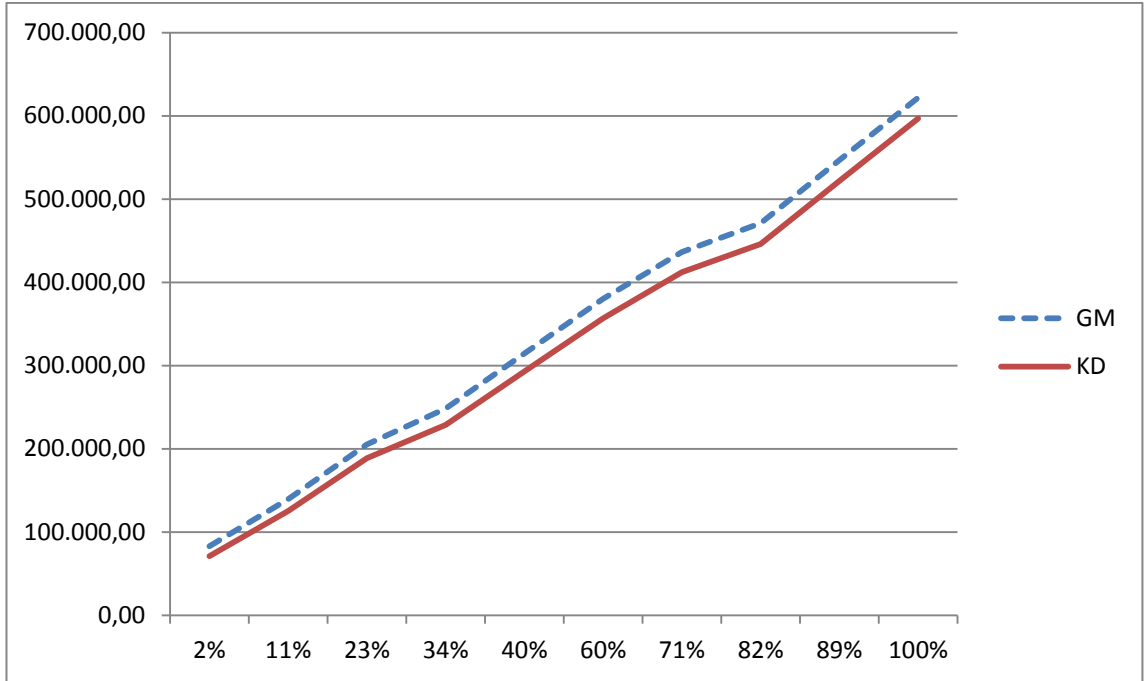
Şekil 4.34 I Projesi Hata Oranları kıyaslanması

Şekil 4.34’de KDA, YSA+KD ve DVM+KD ile yapılan tahmin hataları grafiksel olarak I projesinin her safhası için gösterilmiştir. YSA+KD ve DVM+KD eğrileri proje boyunca tutarlı bir eğriye sahiptir.



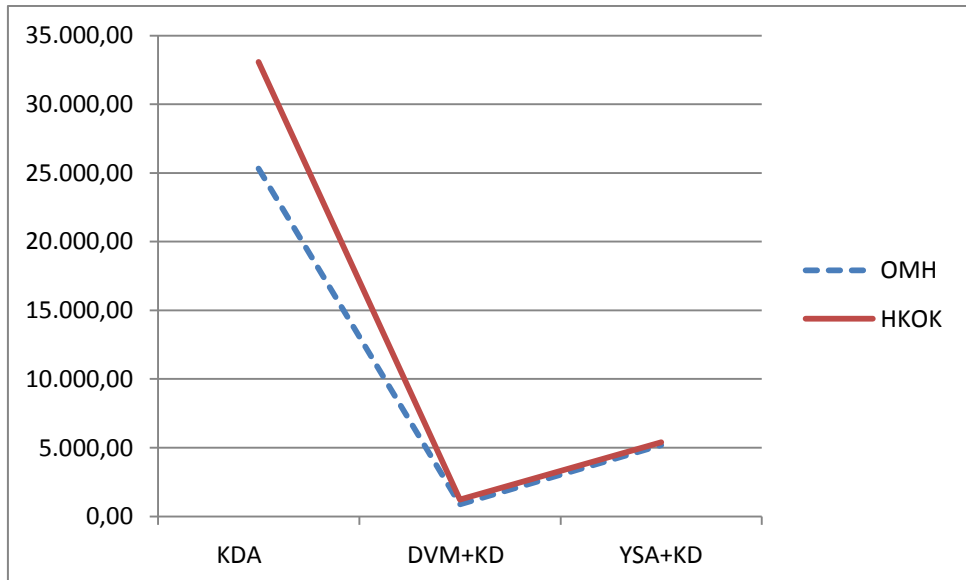
Şekil 4.35 I Projesi Proje Maliyeti Tahmin Değerleri kıyaslanması

Şekil 4.35’te I projesinin maliyeti KDA, YSA+KD ve DVM+KD ile elde edilen tahmin sonuçları ile grafiksel olarak sunulmuştur.



Şekil 4.36 I Projesi Kazanılmış Değer ve Gerçekleşen Maliyet Kıyaslanması

Şekil 4.36’da I projesinin tüm safhaları için gerçekleşen maliyet ve kazanılmış değer eğrileri görülmektedir. Proje sonunda 19.015 TL’lik bir maliyet varyansı meydana gelmiştir.



Şekil 4.37 I Projesi OMH ve HKOK Değerleri Grafikselsel Gösterim

Şekil 4.37’de KDA, YSA+KD ve DVM+KD ile I projesi için yapılan tahminlerin OMH ve HKOK değerleri grafikselsel olarak gösterilmiştir.

4.3.10 J Projesi

Tablo 4.39 J Projesi Kazanılmış Değer Analizi Hesaplamaları

prj	TAM.	GM	KD	MV	MPE	TTM	TV	TGPE
J1	2%	63.000,00 TL	57.900,00 TL	5.100,00 TL	0,92	524.337,36 TL	42.446,36 TL	1,01
J2	11%	103.050,00 TL	96.100,00 TL	6.950,00 TL	0,93	516.741,60 TL	34.850,60 TL	1,02
J3	23%	152.670,00 TL	143.220,00 TL	9.450,00 TL	0,94	513.687,33 TL	31.796,33 TL	1,03
J4	34%	184.540,00 TL	172.740,00 TL	11.800,00 TL	0,94	514.809,34 TL	32.918,34 TL	1,04
J5	40%	236.665,00 TL	223.770,00 TL	12.895,00 TL	0,95	509.660,52 TL	27.769,52 TL	1,05
J6	60%	293.145,00 TL	278.270,00 TL	14.875,00 TL	0,95	507.650,62 TL	25.759,62 TL	1,08
J7	71%	338.110,00 TL	322.470,00 TL	15.640,00 TL	0,95	505.263,02 TL	23.372,02 TL	1,11
J8	82%	360.396,00 TL	344.270,00 TL	16.126,00 TL	0,96	504.463,32 TL	22.572,32 TL	1,13
J9	89%	427.137,00 TL	410.691,00 TL	16.446,00 TL	0,96	501.188,18 TL	19.297,18 TL	1,30

Tablo 4.39’da J projesi kazanılmış değer analizi hesaplamaları görülmektedir. J projesi için temel maliyet (TM) 481.891 TL ve proje gerçekleşen maliyeti (PM) 498.337 TL’dir. KDA hesaplamalarında MPE değerinin 0,92 ile 0,96 arasında değişmektedir. I projesi gerçekleşen maliyeti 498.337 TL iken KDA ile yapılan maksimum tahmin değeri 524.337 TL ve minimum değer ise 501.188 TL’dir.

Tablo 4.40 J Projesi Proje Gerçekleşen Maliyet, Kazanılmış Değer, Planlanan Değer ve Proje Maliyetleri

TAM.	GM ve PM	KD vePD
2%	63.000,00	57.900,00
11%	103.050,00	96.100,00
23%	152.670,00	143.220,00
34%	184.540,00	172.740,00
40%	236.665,00	223.770,00
60%	293.145,00	278.270,00
71%	338.110,00	322.470,00
82%	360.396,00	344.270,00
89%	427.137,00	410.691,00
100%	498.337,00	481.891,00

Tablo 4.40’da J projesi için her yüzdelik dilimde yapılan analiz sonuçları gerçekleşen maliyet ve kazanılmış değer değerleri maliyet cinsinden verilmiştir. J projesi için

planlanan değer 596.800 TL iken proje 621.880 TL'ye tamamlanmıştır. 16.446 TL'lik bir maliyet varyansı söz konusudur.

Tablo 4.41 J Projesi Maliyet Tahmin ve Hata Değerleri

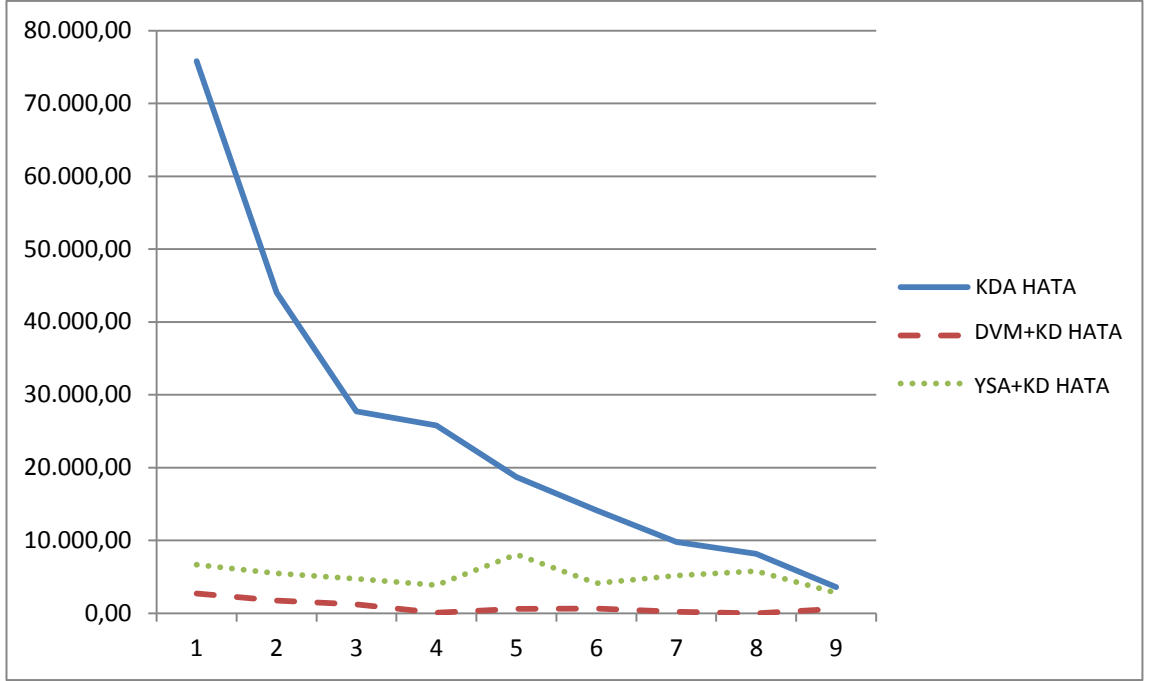
TAM.	KDA TAH.	KDA HATA	YSA+KD TAH.	YSA+KD HATA	DVM+KD TAH.	DVM+KD HATA
2%	524.337,36	26.000,36	495.927,90	2.409,10	495.944,83	2.392,17
11%	516.741,60	18.404,60	496.374,68	1.962,32	496.479,14	1.857,86
23%	513.687,33	15.350,33	496.925,25	1.411,75	497.280,66	1.056,34
34%	514.809,34	16.472,34	497.288,25	1.048,75	498.294,13	42,87
40%	509.660,52	11.323,52	497.832,61	504,39	498.109,70	227,30
60%	507.650,62	9.313,62	498.517,08	180,08	498.409,83	72,83
71%	505.263,02	6.926,02	499.029,82	692,82	498.109,43	227,57
82%	504.463,32	6.126,32	499.336,21	999,21	498.016,03	320,97
89%	501.188,18	2.851,18	500.004,29	1.667,29	497.041,93	1.295,07

KDA, YSA+KD ve DVM+KD ile elde edilen J projesine ait tahmin değerleri gerçekleşen değerlerle karşılaştırılarak OMH ve HKOK değerleri hesaplanmıştır. Tablo 4.41'de J projesine ait her yüzdelik dilim analizleri sonucunda KDA, YSA+KD ve DVM+KD ile yapılan tahminler ve hata değerleri görülmektedir. Elde edilen analiz sonuçlarına göre her adım için en iyi tahmin sonuçlar DVM+KD ile elde edilmiştir YSA+KD sonuçları da KDA tahmin sonuçlarına kıyasla daha iyidir.

Tablo 4.42 J Projesi OMH ve HKOK Değerleri

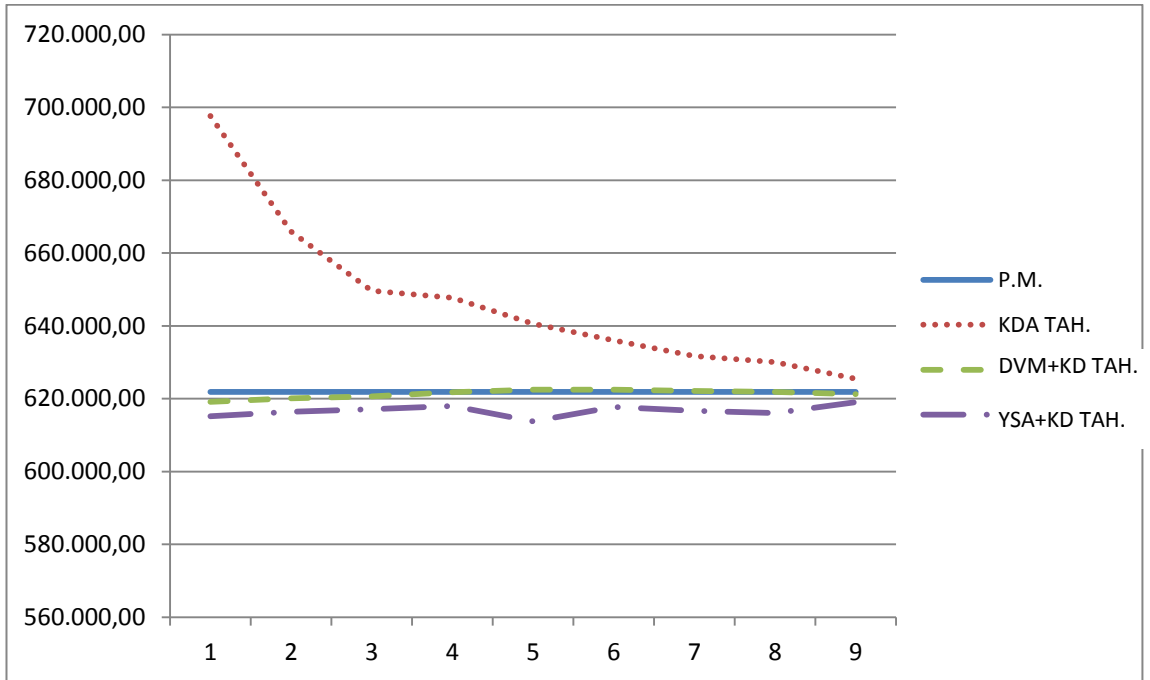
Proje J	KDA	YSA+KD	DVM+KD
OMH	12.529,81	1.208,41	832,55
HKOK	14.260,73	1.386,13	1.163,36

Tablo 4.42'de görüldüğü gibi J projesi için ortalama mutlak hata (OMH) değeri DVM+KD'de 832,55 iken YSA+KD'da 1.208,41 ve KDA'da 12.529,81 sonuçları elde edilmiştir. Yine hata karelerinin ortalamasının kökü (HKOK) değerlerinde DVM+KD 1.163,36 ile en iyi sonucu vermiştir. YSA+KD için HKOK değeri 1.386,13 iken KDA için ise 14.260,73'tür.



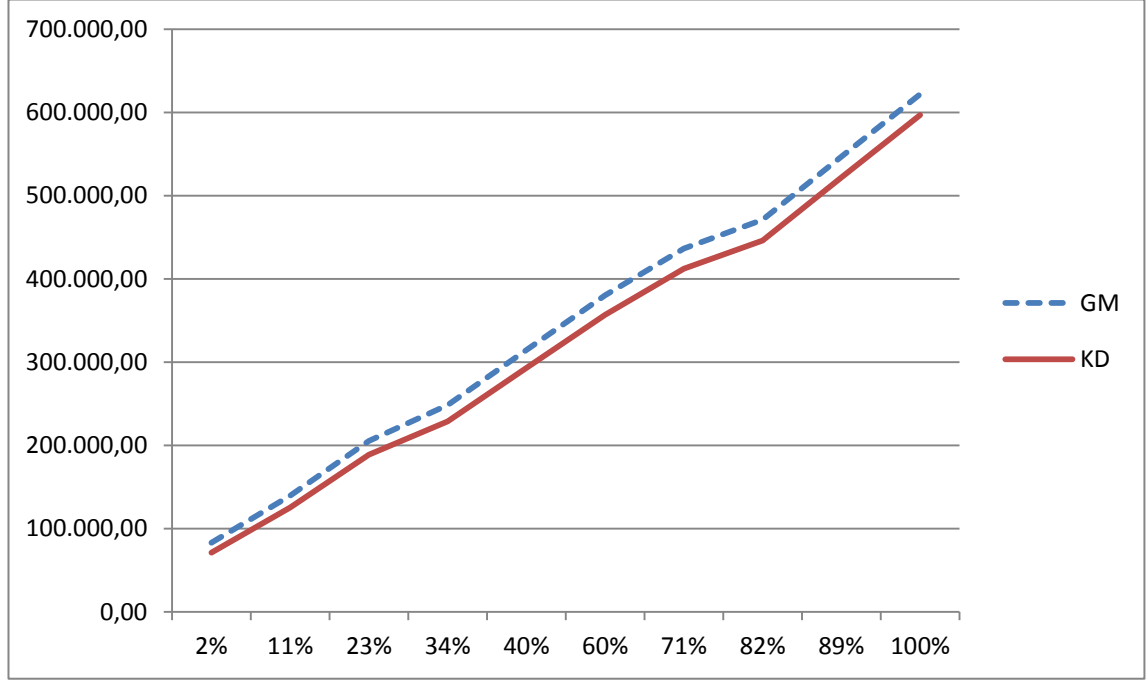
Şekil 4.38 J Projesi Hata Oranları kıyaslanması

Şekil 4.38’de KDA, YSA+KD ve DVM+KD ile yapılan tahmin hataları grafiksel olarak D projesinin her safhası için gösterilmiştir. Gerçekleşen maliyete en yakın sonuçlar DVM+KD ile elde edilmiştir.



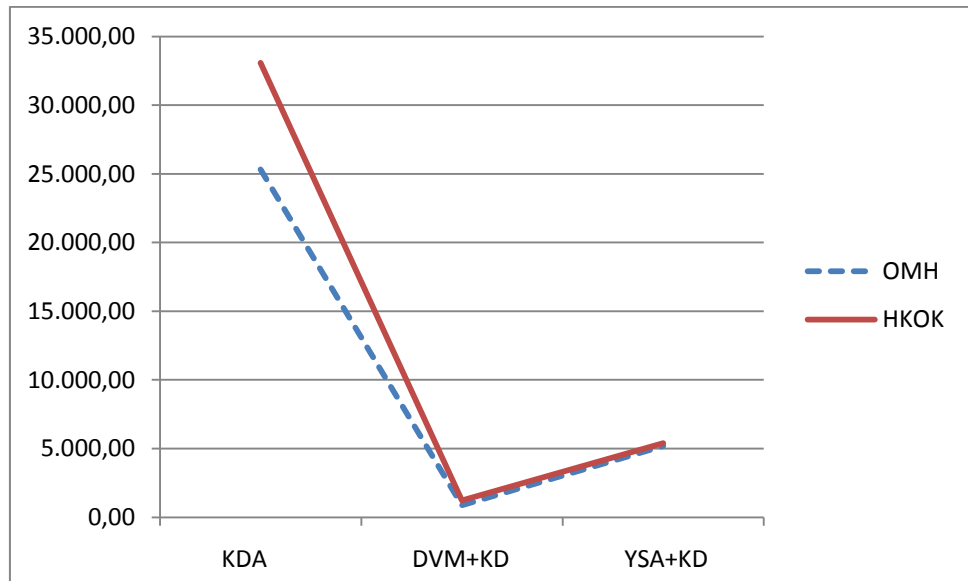
Şekil 4.39 J Projesi Proje Maliyeti Tahmin Değerleri kıyaslanması

Şekil 4.39'da J projesinin maliyeti KDA, YSA+KD ve DVM+KD ile elde edilen tahmin sonuçları ile grafiksel olarak sunulmuştur.



Şekil 4.40 J Projesi Kazanılmış Değer ve Gerçekleşen Maliyet Kıyaslanması

Şekil 4.40'da J projesinin tüm safhaları için gerçekleşen maliyet ve kazanılmış değer eğrileri görülmektedir. Proje sonunda 16.446 TL'lik bir maliyet varyansı meydana gelmiştir.



Şekil 4.41 J Projesi OMH ve HKOK Değerleri Grafiksel Gösterim

Şekil 4.41’te KDA, YSA+KD ve DVM+KD ile J projesi için yapılan tahminlerin OMH ve HKOK değerleri grafiksel olarak gösterilmiştir.

Tablo 4.43 OMH Değerleri Varyans Analizi Testi Sonuçları

Anova: Tek Etken				
<i>Gruplar</i>	<i>Say</i>	<i>Toplam</i>	<i>Ortalama</i>	<i>Varyans</i>
KDA	10	128697,2	12869,723	22722725
YSA+KD	10	31404,72	3140,472	3473749
DVM+KD	10	10508,13	1050,813	161334,3

ANOVA						
<i>Varyans Kaynağı</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-değeri</i>	<i>F ölçütü</i>
Gruplar Arasında	795705444,5	2	397852722	45,28291	2,4E-09	3,354131
Gruplar İçinde	237220275,3	27	8785936,1			
Toplam	1032925720	29				

Tüm projeler OMH değerleri için ANOVA testi yapılmıştır. Yöntem gereği sıfır hipotezi önermesi sonuçları test edilmiştir.

Sıfır hipotezi: Sütunlar (analiz yöntemleri; KDA, YSA+KD, DVM+KD) arasında hiçbir fark yoktur.

$2,4E-09 < 0,05$: Sıfır hipotezi reddedilmiştir.

Tüm OMH değerleri için sıfır hipotezi reddedilmiştir dolayısıyla analiz yöntemleri arasında fark vardır. Sütün1 (KDA) toplam: 128697,2 ortalama: 12869,723 > sütün 2 (YSA+KD) toplam: 31404,72 ortalama: 3140,472 > sütün 3 (DVM+KD) toplam: 10508,13 ortalama: 1050,813. OMH değerleri ne kadar küçük olursa sonuçların o kadar iyi olarak değerlendirildiği daha önce belirtilmişti. Sonuçlara göre en iyi yöntemin DVM+KD, ikinci yöntemin YSA+KD üçüncü yöntemin KDA olduğu gözükmemektedir.

Tablo 4.44 HKOK Değerleri Varyans Analizi Testi Sonuçları

Anova: Tek Etken

<i>Gruplar</i>	<i>Say</i>	<i>Toplam</i>	<i>Ortalama</i>	<i>Varyans</i>
KDA	10	150055	15005,502	46330452
YSA+KD	10	33446,29	3344,629	4237525
DVM+KD	10	12343,56	1234,356	168476,3

ANOVA

<i>Varyans Kaynağı</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-değeri</i>	<i>F ölçütü</i>
Gruplar Arasında	1100245578	2	550122789	32,52826	6,44E-08	3,354131
Gruplar İçinde	456628079,1	27	16912151,08			
Toplam	1556873657	29				

Tüm projeler HKOK değerleri için ANOVA testi yapılmıştır.

6,44E-08<0,05: Sıfır hipotezi reddedilmiştir.

Tüm projeler için HKOK değerleri için sıfır hipotezi reddedilmiştir dolayısıyla analiz yöntemleri arasında fark vardır. Sütun1 (KDA) toplam: 150055 ortalama: 15005,502> sütun 2 (YSA+KD) toplam: 33446,29 ortalama: 3344,629 > sütun 3 (DVM+KD) toplam: 12343,56 ortalama: 1234,356. Sonuçlara göre en iyi yöntemin DVM+KD, ikinci yöntemin YSA+KD üçüncü yöntemin KDA olduğu gözükmemektedir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu tezde devam etmekte olan konut projelerinde destek vektör makineleri yöntemi ile kazanılmış değer yöntemi entegre edilerek tahmini tamamlanma maliyetlerinin tahmini için bir model geliştirilmiştir. Tezin uygulamasında İstanbul Esenyurt ilçesinde 2011 yılı içerisinde yapımı gerçekleştirilen 10 adet benzer konut projesi kullanılmıştır. Tezde destek vektör makineleri ile elde edilen tahmin sonuçları kazanılmış değer analizi ve yapay sinir ağları yöntemlerinden elde edilen tahmin sonuçları ile kıyaslanmıştır.

Tezde ilk olarak genel kısımlarda proje yönetimi kavramının tarihsel gelişimi, proje yaşam süreçleri, proje yönetimi bilgi alanları ile ilgili bilgiler ve çalışmalar sunulmuştur. Daha sonra tahmin yöntemleri incelenerek proje yönetimi çerçevesinde kullanılan tahmin yöntemlerine değinilmiştir. Tahmin yöntemleri kapsamında performansa dayalı tahmin yöntemleri, kazanılmış değer, stokastik ve olasılıklı, deterministik, ileri hesaplama, yapay zeka ve uzman sistemler ile yargısal ve sezgisel metotlar olmak üzere altı ayrı kategoriye ayrılarak tüm kategorilerle ilgili geçmiş çalışmalar incelenmiş ve metotlar ile ilgili literatür çalışması yapılmıştır.

Tezin malzeme ve yöntem bölümünde proje performans analizi ve projelerin gelecek durumları ile ilgili tahminler yürütmeye yarayan ve maliyet yönetimi aracı olan kazanılmış değer analizi konusu ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Kazanılmış değer analizi tarihçesi, kullanım alanları, uygulama şartları, avantaj ve dezavantajlarından bahsedilerek konu ile ilgili kilit kavramlar açıklanmış ve bir örnek uygulama gösterilmiştir.

Kazanılmış değer konusunun ardından destek vektör makineleri ayrıntılı olarak anlatılmış ve literatür çalışması yapılmıştır. Daha sonra yapay sinir ağları yöntemi incelenerek daha önceki çalışmalar ve mühendislik alanındaki uygulamalardan

bahsedilmiştir. Malzeme ve yöntem kısmının son bölümünde de tezde kullanılan metodoloji anlatılmıştır.

Uygulama alanı olarak özellikle ülkemizin en gelişmiş sektörlerinden biri olan inşaat endüstrisi seçilmiştir. Dünyanın uluslararası faaliyet gösteren en büyük 225 müteahhitlik hizmeti veren firmalar içerisinde 33 firmayla Türkiye ikinci sırada yer almaktadır. Sektörün GSYİH içerisindeki payı da 2010 verilerine göre %5,6 civarındadır. Geliştirilen modelin uygulanması sonucu ülkemiz ekonomisinde önemli bir yere ve etkiye sahip inşaat sektöründe yapılabilecek iyileştirmelerin ekonomiye etkili, iyi ve çabuk bir şekilde yansıtacağı ve ülkemize uluslararası rekabette avantaj sağlayacağı düşünülmüştür. Ayrıca maliyetlerin yüksek olduğu inşaat endüstrisinde birçok projenin birlikte yürütülmesi inşaat maliyet yönetiminin şirket başarısını etkileyen kilit bir faktör olduğu bilinmektedir.

Dördüncü kısım olan bulgular kısmında ise veri kümesi olarak İstanbul Esenyurt ilçesinde 2011 yılı içerisinde yapımı gerçekleştirilen 10 adet benzer konut projesi kullanılmıştır. Aynı yapısal özelliklere sahip on adet konut projesi fiziksel özelliklerine göre 9 bölüme ayrılmıştır. %2, %11, %23, %34, %40, %60, %71, %82, %89'luk bölümlerde her bir proje için maliyet analizleri gerçekleştirilmiş proje için planlanan değer ve gerçekleşen değerler kullanılarak öncelikle kazanılmış değer yönetimi kapsamında analizler yapılarak maliyet performans göstergesi, maliyet varyansı, tahmini tamamlanma maliyeti, tamamlama için gerekli performans endeksi hesaplamaları yapılmıştır.

KDA sonuçlarının elde edilmesinden sonra DVM+KD ve YSA+KD yöntemleriyle her bir proje için proje tamamlanma maliyetleri tahminleri yapılmıştır. Tahmin değerleri proje gerçekleşen maliyeti ile kıyaslanıp tahminlerdeki hata oranları bulunmuştur. Her bir proje için KDA, YSA+KD ve DVM+KD yöntemleriyle elde edilen ortalama mutlak hata (OMH) ve hata karelerinin ortalamasının kökü (HKOK) değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar tablo ve grafik şeklinde sunularak sonuçlar karşılaştırılmıştır.

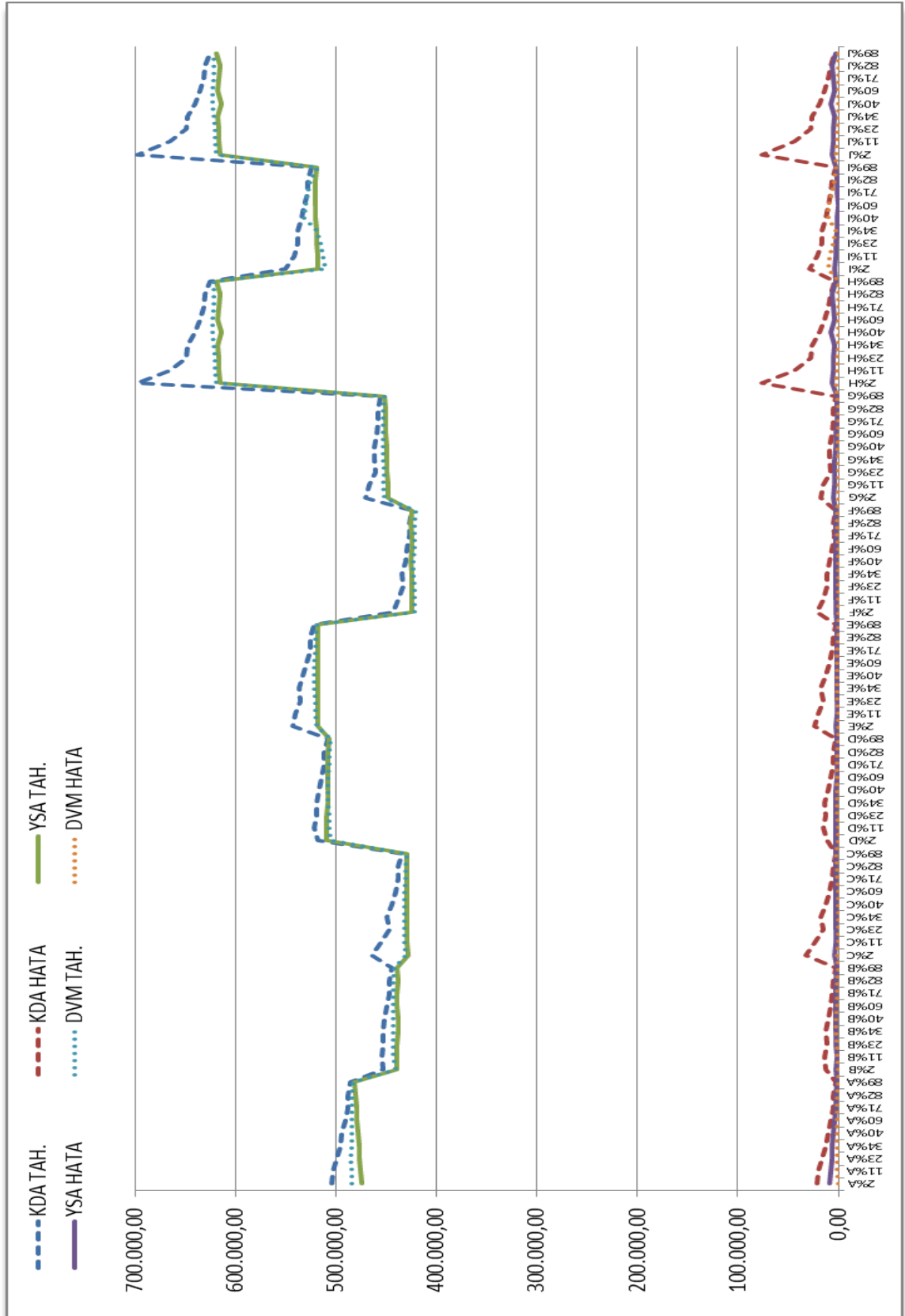
Tezin uygulaması sonucu elde edilen sonuçlara göre DVM+KD yöntemi ile gerçekleştirilen tahminlerin OMH ve HKOK değerleri, YSA+KD ve KDA ile elde edilen değerlerden daha düşük çıkmış ve gerçek proje tamamlanma maliyetine en yakın sonuçları vermiştir. YSA+KD ile yapılan tahmin sonuçlarından elde edilen OMH ve HKOK değerleri KDA ile elde edilen sonuçlardan daha başarılı olduğu görülmüştür. Bu sonuçlara göre projelerde en başarılı tahminler DVM+KD yöntemi ile gerçekleştirilirken YSA+KD yönteminin de KDA yönteminden daha başarılı olduğu gözlenmiştir. KDA, YSA+KD ve DVM+KD Tahmin ve Hata Değerleri tablo 5.1 ve şekil 5.1’de gösterilmiştir.

Tablo 5.1 KDA, YSA+KD ve DVM+KD Tahmin ve Hata Değerleri

TAM.	KDA TAH.	KDA HATA	YSA+KD TAH.	YSA+KD HATA	DVM+KD TAH.	DVM+KD HATA
2%A	504.045,68	20.843,68	474.534,46	8.667,54	483.894,51	692,51
11%A	503.083,15	19.881,15	475.385,11	7.816,90	484.693,77	1.491,77
23%A	499.476,92	16.274,92	476.397,27	6.804,73	485.139,49	1.937,49
34%A	495.321,85	12.119,85	476.852,98	6.349,02	484.826,24	1.624,24
40%A	493.795,61	10.593,61	478.220,86	4.981,14	484.980,68	1.778,68
60%A	491.051,27	7.849,27	479.101,34	4.100,66	484.719,66	1.517,66
71%A	488.794,62	5.592,62	480.040,13	3.161,87	484.145,01	943,01
82%A	488.076,80	4.874,80	480.349,21	2.852,79	484.021,86	819,86
89%A	485.452,63	2.250,63	482.091,14	1.110,86	482.773,31	428,69
2%B	453.844,27	12.582,27	438.929,21	2.332,79	441.221,19	40,82
11%B	454.602,31	13.340,31	439.656,25	1.605,75	442.772,97	1.510,97
23%B	452.750,03	11.488,03	439.179,19	2.082,81	443.085,33	1.823,33
34%B	453.677,35	12.415,35	438.472,55	2.789,45	443.648,01	2.386,01
40%B	451.531,14	10.269,14	438.337,22	2.924,78	443.590,84	2.328,84
60%B	448.940,52	7.678,52	439.264,74	1.997,26	443.234,58	1.972,58
71%B	447.089,30	5.827,30	439.199,75	2.062,25	442.740,02	1.478,02
82%B	446.750,57	5.488,57	438.285,63	2.976,37	442.712,08	1.450,08
89%B	444.347,75	3.085,75	439.596,46	1.665,54	441.581,11	319,11
2%C	465.001,03	32.828,03	428.828,04	3.344,96	430.891,27	1.281,73
11%C	455.531,27	23.358,27	429.065,15	3.107,85	431.476,11	696,89
23%C	447.167,78	14.994,78	429.223,82	2.949,18	431.448,64	724,36
34%C	449.833,58	17.660,58	429.480,81	2.692,19	432.453,86	280,86
40%C	444.716,10	12.543,10	429.699,41	2.473,59	432.386,82	213,82
60%C	441.119,26	8.946,26	429.750,76	2.422,24	431.766,20	406,8

71%C	438.541,30	6.368,30	429.843,32	2.329,68	431.238,88	934,12
82%C	437.862,01	5.689,01	429.858,71	2.314,29	430.940,55	1.232,45
89%C	434.686,89	2.513,89	430.085,57	2.087,43	430.125,90	2.047,10
2%D	517.579,29	11.236,29	509.181,09	2.838,09	505.961,94	381,06
11%D	521.744,78	15.401,78	509.062,31	2.719,31	507.011,16	668,16
23%D	519.230,70	12.887,70	508.839,75	2.496,75	507.469,76	1.126,76
34%D	519.897,60	13.554,60	508.721,25	2.378,25	508.136,20	1.793,20
40%D	516.693,79	10.350,79	508.451,42	2.108,42	508.022,29	1.679,29
60%D	514.043,81	7.700,81	508.125,98	1.782,98	507.788,26	1.445,26
71%D	512.041,48	5.698,48	507.839,49	1.496,49	507.377,78	1.034,78
82%D	511.533,63	5.190,63	507.692,24	1.349,24	507.340,77	997,77
89%D	508.711,15	2.368,15	507.272,00	929	506.164,39	178,61
2%E	543.500,52	23.648,52	517.688,75	2.163,25	519.423,08	428,92
11%E	540.426,84	20.574,84	518.651,43	1.200,57	520.258,35	406,35
23%E	535.041,04	15.189,04	518.070,66	1.781,34	520.609,49	757,49
34%E	536.848,84	16.996,84	517.908,29	1.943,71	521.713,62	1.861,62
40%E	532.491,49	12.639,49	518.025,11	1.826,89	521.651,77	1.799,77
60%E	529.076,30	9.224,30	518.258,18	1.593,82	521.313,80	1.461,80
71%E	526.166,77	6.314,77	518.357,53	1.494,47	520.693,01	841,01
82%E	525.422,77	5.570,77	518.074,78	1.777,22	520.572,90	720,9
89%E	522.349,62	2.497,62	518.723,55	1.128,45	519.448,25	403,76
2%F	443.598,07	20.870,07	424.757,98	2.029,98	422.031,50	696,5
11%F	438.384,65	15.656,65	424.846,04	2.118,04	422.355,39	372,61
23%F	433.600,15	10.872,15	424.905,66	2.177,66	422.363,47	364,53
34%F	434.003,54	11.275,54	424.807,70	2.079,70	422.692,82	35,18
40%F	431.133,38	8.405,38	425.196,38	2.468,38	422.760,15	32,15
60%F	428.918,32	6.190,32	424.956,93	2.228,93	422.270,18	457,82
71%F	427.197,61	4.469,61	425.000,74	2.272,74	421.840,05	887,95
82%F	427.443,20	4.715,20	425.331,42	2.603,42	421.874,21	853,79
89%F	424.861,51	2.133,51	424.796,14	2.068,14	421.115,61	1.612,39
2%G	470.402,40	17.551,40	448.086,08	4.764,92	452.322,79	528,21
11%G	467.382,70	14.531,70	448.526,09	4.324,91	452.811,07	39,93
23%G	460.939,77	8.088,77	448.948,78	3.902,22	452.481,10	369,9
34%G	462.104,37	9.253,37	449.322,97	3.528,03	452.935,07	84,07
40%G	461.586,86	8.735,86	449.955,97	2.895,03	453.636,63	785,63
60%G	459.505,64	6.654,64	450.459,51	2.391,49	453.228,39	377,39
71%G	458.015,11	5.164,11	450.885,96	1.965,04	452.946,39	95,39
82%G	457.736,26	4.885,26	451.118,80	1.732,20	452.789,13	61,87
89%G	455.146,28	2.295,28	451.689,41	1.161,59	452.006,17	844,83
2%H	697.667,61	75.787,61	615.202,20	6.677,80	619.153,76	2.726,24

11%H	665.918,21	44.038,21	616.379,44	5.500,56	620.106,02	1.773,98
23%H	649.616,96	27.736,96	617.119,60	4.760,40	620.656,73	1.223,27
34%H	647.676,98	25.796,98	618.032,74	3.847,26	621.808,70	71,3
40%H	640.586,51	18.706,51	613.796,49	8.083,51	622.496,36	616,36
60%H	636.044,90	14.164,90	617.756,26	4.123,74	622.516,65	636,65
71%H	631.681,12	9.801,12	616.704,28	5.175,72	622.092,49	212,49
82%H	630.037,29	8.157,29	616.099,01	5.780,99	621.883,95	3,95
89%H	625.484,83	3.604,83	619.083,19	2.796,81	621.247,38	632,62
2%I	550.397,75	29.237,75	517.745,84	3.414,16	510.753,84	10.406,16
11%I	542.146,72	20.986,72	518.310,94	2.849,06	512.722,72	8.437,28
23%I	537.743,96	16.583,96	519.046,40	2.113,60	515.501,71	5.658,29
34%I	537.494,07	16.334,07	519.813,56	1.346,44	518.925,50	2.234,50
40%I	533.868,81	12.708,81	520.213,65	946,35	531.812,42	10.652,42
60%I	531.823,60	10.663,60	520.516,09	643,91	530.951,90	9.791,90
71%I	528.474,43	7.314,43	520.062,14	1.097,86	527.575,10	6.415,10
82%I	527.844,93	6.684,93	520.044,39	1.115,61	525.226,01	4.066,01
89%I	524.138,31	2.978,31	519.105,70	2.054,30	518.388,97	2.771,03
2%J	697.667,61	75.787,61	615.202,20	6.677,80	619.153,76	2.726,24
11%J	665.918,21	44.038,21	616.379,44	5.500,56	620.106,02	1.773,98
23%J	649.616,96	27.736,96	617.119,60	4.760,40	620.656,73	1.223,27
34%J	647.676,98	25.796,98	618.032,74	3.847,26	621.808,70	71,3
40%J	640.586,51	18.706,51	613.796,49	8.083,51	622.496,36	616,36
60%J	636.044,90	14.164,90	617.756,26	4.123,74	622.516,65	636,65
71%J	631.681,12	9.801,12	616.704,28	5.175,72	622.092,49	212,49
82%J	630.037,29	8.157,29	616.099,01	5.780,99	621.883,95	3,95
89%J	625.484,83	3.604,83	619.083,19	2.796,81	621.247,38	632,62

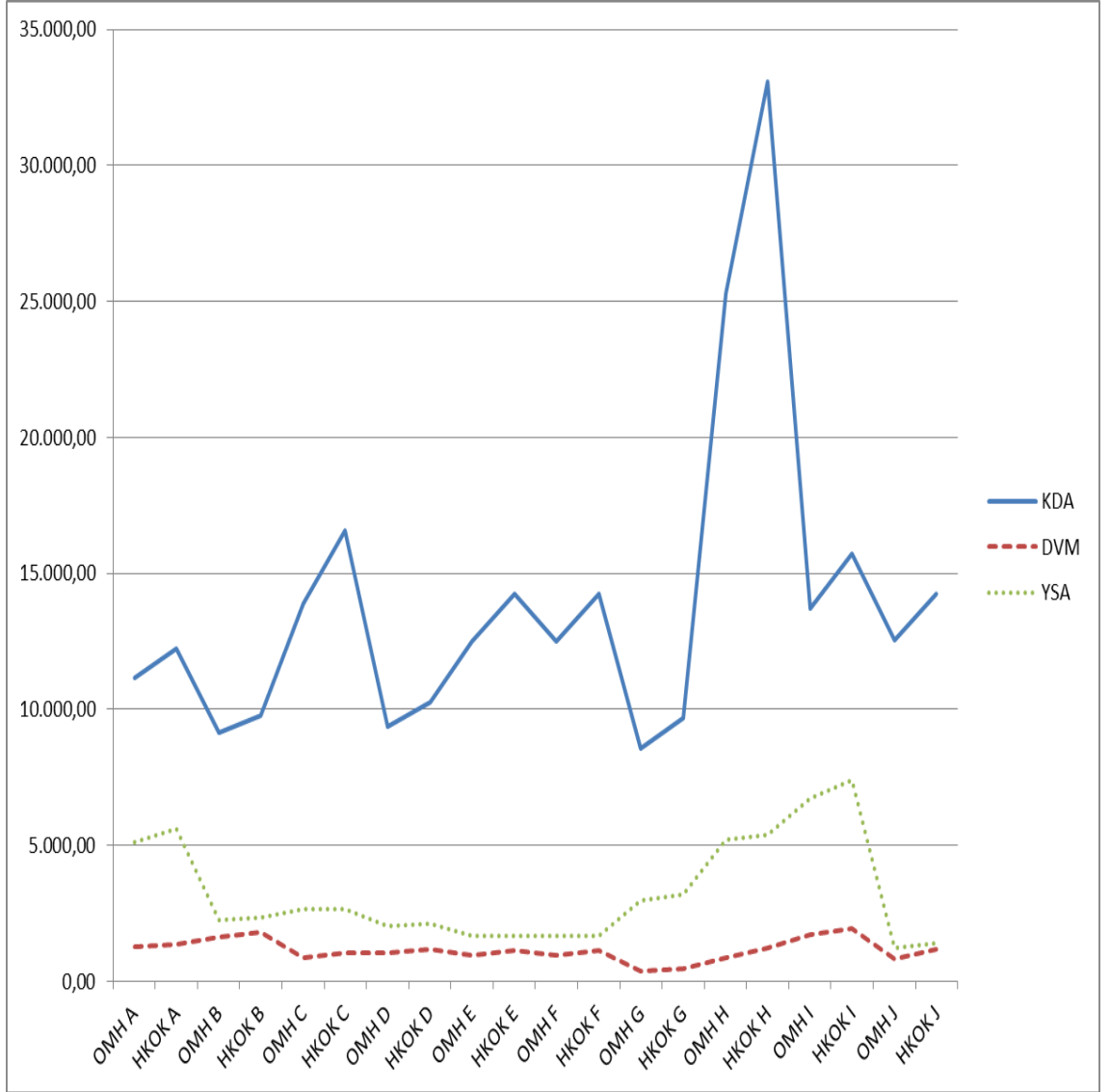


Şekil 5.1 KDA, YSA+KD ve DVM+KD Tahmin ve Hata Değerleri

KDA, YSA+KD ve DVM+KD yöntemleri OMH ve HKOK Değerleri tablo 5.2 ve şekil 5.2’de gösterilmiştir.

Tablo 5.1 KDA, YSA+KD ve DVM+KD yöntemleri OMH ve HKOK Değerleri

PROJE	KDA	DVM+KD	YSA+KD
OMH A	11.142,28	1.248,21	5.093,95
HKOK A	12.233,72	1.346,15	5.615,87
OMH B	9.130,58	1.632,77	2.270,78
HKOK B	9.777,59	1.798,45	2.323,04
OMH C	13.878,02	868,68	2.635,71
HKOK C	16.588,59	1.028,77	2.664,99
OMH D	9.376,58	1.033,87	2.010,94
HKOK D	10.245,61	1.158,72	2.105,19
OMH E	12.517,35	964,62	1.656,64
HKOK E	14.236,76	1.113,28	1.687,05
OMH F	12.517,35	964,62	1.656,64
HKOK F	14.236,76	1.113,28	1.687,05
OMH G	8.573,37	354,14	2.962,82
HKOK G	9.699,23	460,77	3.186,69
OMH H	25.310,49	877,42	5.194,09
HKOK H	33.072,52	1.216,16	5.402,57
OMH I	13.721,40	1.731,25	6.714,74
HKOK I	15.703,51	1.944,62	7.387,71
OMH J	12.529,81	832,55	1.208,41
HKOK J	14.260,73	1.163,36	1.386,13



Şekil 5.2 KDA, YSA+KD ve DVM+KD Yöntemleri OMH ve HKOK Değerleri

Projelerde karşılaşılan risklerin projenin hangi aşamasında olduğu, proje tamamlanma maliyetine olan etkisine dayanarak sadece o proje ilgili eğitilmiş ve deneyimli yöneticiler tarafından kabaca yapılabilen tahmini tamamlanma maliyeti tahmini proje risklerini ve maliyete etkisini öğrenebilen ve tahmin yürütebilen bilimsel bir model geliştirilerek literatüre sunulmuştur.

Sonuç olarak birçok araştırmacı ve akademisyenin üzerinde çalıştığı proje tahmini tamamlanma maliyeti, proje planlanan değer ve gerçekleşen maliyet değerleri ile ilk defa yapay zekâ ve uzman sistemler kapsamında destek vektör makineleri yöntemi

kullanılmış ve devam etmekte olan projelerin tahmini tamamlanma maliyeti tahmini için hibrit bir tahmin modeli geliştirilmiştir. Proje yönetimi çerçevesinde yürütülen tüm projelerde uygulanabilir olan bu model literatürde ilk olma özelliğini taşımaktadır.

Tezin sonucunda geliştirilen tahmin yöntemi ile devam etmekte olan projelerin tamamlanma maliyetleri geleneksel yöntemlerle yapılan tahminlere göre daha iyi tahmin edilerek, firmalara bünyelerindeki maddi kaynakları daha verimli bir biçimde yönetebilme imkânı sağlamıştır.

KAYNAKLAR

- [1] ADELI, H., & WU, M. (1998). Regularization neural network for construction cost estimation. *Journal of Construction Engineering Management*, Vol. 124 (1), 18–24.
- [2] AHUJA, H. N., DOZZI, S. P., ABOURIZK, S. M. 1994, *Project management*, 2nd Ed., Wiley New York.
- [3] AITKENHEAD, M.J. A.J.S. MCDONALD, 2003, A neural network face recognition system. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. Vol. 16 (3) 167-176
- [4] ALIAKSEI K., MIRCO R., ANDREA B., ANDREA M., 2006, A SVM-based approach to microwave breast cancer detection. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. Vol 19, 807-818.
- [5] AL-TABTABAI, H.M., 1996, Modelling Knowledge and Experience to Predict Project Performance. *Project Management Institute*. 27th Annual Seminar/Symposium, Boston , Massachussetts, 95-98.
- [6] AL-TABTABAI, H.M. (1998). “A framework for Developing an Expert Analysis and Forecasting System for Construction Projects” *Expert System With Applications*, Vol. 14 (3), 259-273.
- [7] ANBARI, F.T., 2003, Earned Value Project Management Method and Extensions. *Project Management Journal*, Vol. 34 (4), 12-23.
- [8] ARMSTRONG, M, 2006, *A Handbook of Human Resource Management Practice* (10th ed.). London, Kogan Page. ISBN 0-7494-4631- 6
- [9] ASHKAN, Z., PETR, M., XIAOYU S., XIAODI, K., HUA, HE., RUSSELL, G., 2011, Learning to predict ice accretion on electric power lines. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*.
- [10] BARAZZA , GABRIELA., B., W.EDWARD, MATA, F., 2004, Probabilistic Forecasting of Project Performance Using Stochastic S Curves. *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, Vol. 130 (1), 25-32.
- [11] BELLOTTI, T., CROOK, J., 2009, Support vector machines for credit scoring and discovery of significant features. *Expert Systems with Applications*, Vol. 36 (2), pp. 3302-3308.

- [12] BOUSSABAIN, A.H., and ELHAG, T., 1999, Applying Fuzzy Techniques to Cash Flow Analysis” *Construction Management and Economics*, Vol. 17 (6),745-755.
- [13] BOVAS A., JOHANNES L. 2005, Statistical Methods for Forecasting. *John Wiley & Sons*. Hoboken, New Jersey.
- [14] BRANDON, D. M., 1998, Implementing Earned Value Easily and Effectively. *Project Management Journal*. Vol. 29, 11-18.
- [15] BROWN, JOSEPH M., 1996, Going for Goal, Forecasting AACE Transactions, C&S/M&C.1, *AACE International*, Morgantown, WV.
- [16] BUCIU, I., KOTROPOULOS, C., PITAS, I., 2001, Combining support vector machines for accurate face detection. In: *Proceedings of IEEE International Conference on Image Processing*. pp. 1054–1057.
- [17] CAO, SG., LIU, YB., WANG, YP., 2008, A forecasting and forewarning model for methane hazard in working face of coal mine based on LS-SVM. *J China Univ Min Technology*, Vol. 18 (2),172–6.
- [18] CAORSI, S., ANGUITA, D., BERMANI, E., BONI, A., DONELLI, M., MASSA, A., 2003, A comparative study of NN and SVM-based electromagnetic inverse scattering approaches to on-line detection of buried objects. *ACES Journal* Vol. 18 (2).
- [19] CAPUTO, C. A., PELAGAGGE, M., 2008, Parametric and neural methods for cost estimation of process vessels. *International Journal of Production Economics*. Vol.112 (2), 932-954.
- [20] CAVALIERI, S., MACCARRONE, P., PINTO, R., 2004, Parametric vs. neural network models for the estimation of reduction costs: A case study in the automotive industry. *International Journal of Production Economics*. 91, pp. 165–177.
- [21] CHAN, W.C., CHAN, C. W., CHEUNG, K.C., HARRIS, C.J. 2001, On the modeling of nonlinear dynamic systems using support vector neural networks, *Eng. Appl. Artif. Intell.* 14, 105–113.
- [22] CHAPMAN, C., WARD, S., 2003, Project Risk Management: Process, techniques and insights 2nd e. *John Wiley & Sons, Inc.* Chichester, 978-0-470-85355-9
- [23] CHAPMAN, C., WARD, S., 2003, Project Risk Management: Processes, Techniques and Insights, 2nd Edition. *John Wiley & Sons, Inc.* 978-0-470-85355-9.

- [24] CHE, Z. H., 2010, PSO-based back-propagation artificial neural network for product and mold cost estimation of plastic injection molding. *Computers & Industrial Engineering* vol.58, no.4, 625–637.
- [25] CHEN W, PENG C, ZHU X, WAN B, WEI D. SVM-based identification of pathological voices. In: Engineering in Medicine and Biology Society. EMBS 2007. *29th Annual International Conference of the IEEE*. August 22–26, 2007:3786–3789.
- [26] CHENG, M., TSAI, H., SUDJONO, E., 2010, Conceptual cost estimates using evolutionary fuzzy hybrid neural network for projects in construction industry. *Expert Systems with Applications*. vol.37, 4224–4231.
- [27] CHENG, Y., HSING-CHIH TSAI, ERICK SUDJONO, 2010, Evolutionary fuzzy hybrid neural network for project cash flow control. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. Vol. 23 (4), June 604-613.
- [28] CHI-MAN, V., PAK-KIN W., YI-PING L., 2006, Prediction of automotive engine power and torque using least squares support vector machines and Bayesian inference. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. Vol. 19, pp. 277-287.
- [29] CHOU, J., CHEN H., HOU C., LIN C., 2010, Visualized EVM system for assessing project performance. *Automation in Construction*. Vol. 19 (5), Pp. 596-607.
- [30] CHRISTENSEN, D., 1993, The Estimate At Completion Problem: A Review of Three Studies, *Project Management Journal*, pp24-42. Project Management Institute.
- [31] CHRISTENSEN, David S., 1992, Determining an Accurate Estimate at Completion. *National Contract Management Journal*, 25: 17-25.
- [32] CHRISTENSEN, David S., Antolini, Richard C., and McKinney, John W., 1995, "A Review of Estimate at Completion Research. *Journal of Cost Analysis and Management*, Spring , 41-62.
- [33] CIOFFI, D.F., 2006, Designing project management: a scientific notation and an improved formalism for earned value calculations. *International Journal of Project Management*. Vol. 24 (2) 136–144.
- [34] CLELAND I. D., IRELAND, R. L., 2008, Project Manager's Handbook. *The McGraw-Hill Companies*. Pp. 62, New York, 0-07-148442-6.
- [35] COOKE, H., TATE, K., 2005, 36-Hour Project Management Course. *The McGraw-Hill Companies, Inc.* New York, 0-07-146692-4.
- [36] COOPER, D., CHAPMAN, C., 1987, Risk analysis for large projects, Models, Methods & Cases. *John Wiley & Sons, Inc.* 978-0471912477.

- [38] COOPER, F. D., GREY, S., RAYMOND, G., WALKER, P., 2004, Project Risk Management Guidelenes. *John Wiley & Sons, Inc.* P.14, West Sussex, 0-470-02281-7.
- [39] DENNIS, P. S., DAVID I. C., JEFFREY K. P., 2008, Innovations. *Project Management Institute*. Pennsylvania, 1-930699-59-4.
- [40] DINSMORE, P. C., BREWIN, J., C, 2010, The AMA Handbook of Project Management. *Amacom Books*. Pp.32, 9780814415429.
- [41] Diekmann, J.E., and Al-Tabtabai, H., 1992, Knowledge-Based Approach to Construction Project Control. *International Journal of Project Management*. Vol. 10 (1), 23-30.
- [42] DURAN, O., RODRÍGUEZ, N., ve CONSALTER, L. A., Neural Networks for Cost Estimation of Shell and Tube Heat Exchangers. *Expert Systems with Applications*. Vol. 36, 7435–7440.
- [43] DVIR, D., ARIE BEN-DAVID, ARIK SADEH, AARON J. SHENHAR, 2006, Critical managerial factors affecting defense projects success: A comparison. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. Vol. 19 (5), 535-543 between neural network and regression analysis.
- [44] ELDIN, N. N., and HUGHES, R. K., 1992, An Algorithm for Tracking Labor Cost. *Cost Engineering*. Vol. 34. (4)
- [46] ELMAS, Ç., 2003, Yapay Sinir Ağları Kuram, Mimari, Eğitim, Uygulama, *Seçkin Yayıncılık*, Ankara, pp.27-28, ISBN: 9789753476126
- [47] ERDAL, H., İ., 2011, Destek Vektör Makineleri ile Tahmine Dayalı Modelleme ve Bir Uygulama. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi.
- [48] ESNAF, Ş., 2011, Yapay Zeka ve uzman sistemler Ders Notları. *Endüstri Mühendisliği İÜ*. Yayınlanmamış.
- [49] FARGHAL, SHERIF H., and EVERETT, JOHN G., 1997, Learning Curves: Accuracy in Predicting Future Performance. *Journal of Construction Engineering and Mangement*. ASCE, 123(1), 41-45.
- [50] FLEMING Q., KOPPELMAN, J. M., 2000, Earned value project management 2nd ed. *Project Management Institute*. Pp. 157-180, Pennsylvania, 1-880410-27-3.
- [51] FLEMING, Q. W. And KOPPELMAN J. M., 2006, Start With “Simple” Earned Value On All Your Project.
- [52] FLEMING, Q., KOPPELMAN, J., 2005, Earned Value Project Management (3rd Edition). *Project Management Institute*. 1-930699-89-1.

- [53] FLEMING, Q. W., and KOPPELMAN, J. M., 1994, The Essence of Evaluation of Earned Value. *Cost Engineering*, AACE, Vol. 36 (11), 21-27.
- [54] FLEMING, Q. W., and KOPPELMAN, J. M., 1999, The Earned Value Body of Knowledge. *Proceeding of the 30th Annual Project Management Institute*.
- [55] FLEMING, QUENTIN W., and KOPPELMAN, JOEL M., 1999, The Earned Value Body of Knowledge. *Proceeding of the 30th Annual Project Management Institute*.
- [56] FLEMING Q., KOPPELMAN, J. M., 1999, Earned Value Project Management an Introduction. *The Journal of Defense Software Engineering*, Primavera System Inc.
- [57] FONSECA, D. J., NAVARESE, D. O., ve MOYNIHAN G. P., Simulation meta modeling through artificial neural networks Engineering. *Applications of Artificial Intelligence*. Vol. 16 (3), 177-183.
- [58] Forecasting Principles and Application, 1998, Stephen A. DeLurgio, *McGraw-Hill*, ISBN: 0-256-13433-2.
- [59] GORGEVIK, D., CAKMAKOV, D., RADEVSKI, V., 2001, Handwritten digit recognition by combining support vector machines using rule-based reasoning. In: *Proceedings of the 23rd International Conference Information Technology Interfaces (ITI)*. pp. 139–144.
- [60] GUNN, S., 1998, Support vector machines for classification and regression, University of Southampton, Southampton, UK, *Image Speech and Intelligent Systems (ISIS) Group*, Technical Report.
- [61] GUO, G., LI, S. Z., CHAN, K., 2000, Face recognition by support vector machines. In: *Proceedings of Fourth IEEE International Conference on Face and Gesture Recognition*. pp. 196–201.
- [62] GÜNAYDIN, H. M., & DOĞAN, Z. S., 2004, A neural network approach for early cost estimation of structural system of building. *International Journal Project Management*. Vol. 22, 595–602.
- [63] GÜNDÜZ, M., UĞUR , ÖZTÜRK, E., Parametric cost estimation system for light rail transit and metro trackworks. *Expert Systems with Applications*. Vol. 38, 2873-2877.
- [64] Harvard Business School. 1997, Project Management Manual. IPS Associates. pp. 25-30, California.
- [65] HAUGHEY, D. 2011, A Brief History of Project Management. <http://www.projectsmart.co.uk/brief-history-of-project-management.html>

- [66] HEERKENS, R. G., 2002, Project Management. *The McGraw-Hill Companies*. Pp. 121-140, New York, 0-07-139449-4.
- [67] HEGAZY, T., AYED, A., 1998, Neural network model for parametric cost estimation of highway projects. *Journal of Construction Engineering and Management*. Vol.124 no.3, 210-218.
- [68] HELDMAN, K., 2002, Project Management Professional Study Guide. *Sybex*. Pp.43, Alameda, 0-7821-4106-4.
- [69] HILL M. G., 2008, The Complete Project Management Office Handbook. *Auerbach Publications Taylor & Francis Group*. Pp. 125, New York, 978-1-
- [70] HILL, LAWRENCE S., 1970, The Delphi Process: A Tool for Business Forecasting. *RACE Transactions, AACE International*, Morgantown, WV, pp. 101-104. 4200-4680-9.
- [71] HOLT, C., C., 2004, Forecasting seasonals and trends by exponentially weighted moving averages. *International Journal of Forecasting*. Vol. 20, (1).
- [72] HUANG, C. L., TSAI, C. Y., 2009, A hybrid SOFM-SVR with a filter-based feature selection for stock market forecasting, *Expert Systems with Applications*, Vol. 36, 2, Part 1, pp. 1529-1539.
- [73] HUI, A.C.M. FONG, G. JHA, 2001, A web-based intelligent fault diagnosis system for customer service support. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. Vol. 14 (4) 537-548.
- [74] Introduction to Support Vector Machine (SVM) Models. <http://www.dtrek.com/svm.htm>. (23.06.2011)
- [75] ISIDORE, LEROY J., and BACK, W. EDWARD, (2002). "Multiple Simulation Analysis for Probabilistic Cost and Schedule Integration. *Journal of Construction Engineering and Management*. ASCE, Vol. 128 (3), 211-219.
- [76] ISPA, 2003, Parametric Estimating Handbook. International Society of Parametric Analysts and the Society of Cost Estimating and Analysis. Vienna. <http://www.ispa-cost.org/>.
- [77] JACK, L.B., NANDI, A.K., 2001. Support vector machines for detection and characterization of rolling element bearing faults. *Proc. Inst. Mech. Eng. C J. Mech. Eng. Sc.* Vol. 215 (9), 1065–1074.
- [78] JACK, L.B., NANDI, A.K., 2002, Fault detection using support vector machines and artificial neural networks, augmented by genetic algorithms. *Mech. Syst. Signal Process*. Vol. 16 (2-3), 373–390.
- [79] JIA, J., LIANHONG C., PINYAN L., XUHUI L., 2006, Fingerprint matching based on weighting method and the SVM. *Neurocomputing*. Vol 70, 849–858.

- [80] JOHNSON, G., SCHOLLES, K., 2002, Exploring Corporate Strategy. Prentice Hall. 0-13-570680-7.
- [81] KAHN, B. K., 1998, Revisiting Top-Down Versus Bottom-Up Forecasting. The Journal of Business Forecasting Methods and Systems. Vol. 17(2):14–19.
- [82] KARAÇALI, B., R. RAMANATH, W.E. SNYDER, A comparative analysis of structural risk minimization by support vector machines and nearest neighbor rule, Pattern Recognition Lett. 25 (1) (2004) 63–71.
- [83] KERZNER H., 2001, Strategic Planning For Project Management Using A Project Management Maturity Model. John Wiley & Sons, Inc. Pp. 67-80, New York,
- [84] KERZNER H., 2010, Project Management Best Practices Second Edition. John Wiley & Sons, Inc. Pp. 338-371, New York, 978-0-470-52829-7.
- [85] KERZNER, H., 2003, Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling (8th Ed. ed.). John Wiley & Sons, Inc.. ISBN 0-471-22577-0.
- [86] KHOSROWSHAHI, FARZAD, 1988, "Construction Project Budgeting and Forecasting. RACE Transactions, C.3, AACE International, Morgantown, WV.
- [87] KIKUCHI, T., ABE, S., 2005, Comparison between error correcting output codes and fuzzy support vector machines, Pattern Recognition Letters, Vol. 26, 12, pp. 1937-1945
- [88] KIM, B.C., K.F. REINSCHMIDT, 2009, Probabilistic forecasting of project duration using Bayesian inference and the beta distribution, Journal of Construction Engineering and Management 135 (3) 178–186.
- [89] KIM, E.H. W.G. WELLS Jr., M.R. DUFFEY, A model for effective implementation of earned value management methodology, International Journal of Project Management 21 (5) (2003) 375–382.
- [90] KIM, G. H., SUNG-HOON, A., KYUNG-IN, K. 2004, Comparison of construction cost estimating models based on regression analysis, neural networks, and casebased reasoning. Building and Environment. Vol. 39 (10), 1235-1242.
- [91] KIM, K., 2003, Financial time series forecasting using support vector machines Neurocomputing, 55(1-2), 307-319.
- [92] KIM, G. H., SEO, D. S., ve KANG, K. I., 2005, Hybrid models of neural networks and genetic algorithms for predicting preliminary cost estimates. *Journal of Computing in Civil Engineering*. Vol.19 (2) 208–211.

- [93] KLASTORIN, T., 2003, Project Management: Tools and Trade-offs (3rd ed. *John Wiley & Sons, Inc.* ISBN 978-0471413844.
- [94] KNIGHT, K. and FAYEK, A. R., 2002, Use of Fuzzy Logic for Predicting Design Cost Overruns on Building Projects. *Journal of Construction Engineering and Management*. ASCE, 128(6), 503-512.
- [95] LAU, K.W., WU, Q.H., 2008, Local prediction of non-linear time series using support vector regression, *Pattern Recognition*. Vol. 41, (5) pp. 1539-1547.
- [96] LAURAS L., MARQUES, G., GOURC, D., 2010, Towards a multi-dimensional project Performance Measurement System. *Decision Support Systems*. Vol. 48, 342–353.
- [97] LEE Y., 2007, Application of support vector machines to corporate credit rating prediction *Expert Systems with Applications*. Vol. 33 (1), 67-74.
- [98] LEE, D.E., ARDITI, D., 2006, Automated statistical analysis in stochastic project scheduling simulation. *Journal of Construction Engineering and Management* Vol. 132 (3) 268–277.
- [99] LEE, D.E., 2005, Probability of project completion using stochastic project scheduling simulation. *Journal of Construction Engineering and Management*. Vol. 131 (3) 310–318.
- [100] LEILA M., SHAHRAM S., AMIR S., 2011, A fuzzy approach for the earned value management. *International Journal of Project Management* . Vol. 29, 764–772.
- [101] LESSMANN, S., VOB, S., 2008, A Reference Model for Customer-Centric Data Mining with Support Vector Machines, *European Journal of Operational Research*, In Press, Accepted Manuscript, Available online 25 December 2008
- [102] LEU, S.S. Y.C. LIN, 2008, Project performance evaluation based on statistical process control techniques, *Journal of Construction Engineering and Management*. Vol.134 (10) 813–819.
- [103] LEWIS, P. J., 2000, The Project Manager's Desk Reference. *The McGraw-Hill Companies, Inc.* Boston, Pp. 193-200, 0071379150.
- [104] LEWIS, P. J., 2001, Project Planning Scheduling and Control. *The McGraw-Hill Companies*. Pp. 340-360, New York, 0-07-136838-8.
- [105] LI, J., 2004, Web-based Integrated Project Control, Doctoral Dissertation, Concordia University, Montreal, Canada.
- [106] LIPKE, W., O. ZWIKAEI, K. HENDERSON, F. ANBARI, 2009, Prediction of project outcome: the application of statistical methods to earned value

- management and earned schedule performance indices, *International Journal of Project Management*. Vol.27 (4) 400–407.
- [107] MALGORZATA P., ÖZGÜR T., 2009, A model-based DSS for integrating the impact of learning in project control. *Decision Support Systems* Vol. 47, 488–499.
- [108] MARMEL, E., 2007, How to Do Everything With MS Project 2007. *The McGraw- Hill Companies, Inc.* Osborne, pp. 234-248, 978-975-297-939-0.
- [109] MARQUES, G., GOURC, D., LAURAS L., 2010, Multi-criteria performance analysis for decision making in project management. *International Journal of Project Management*. Vol. 29,1057–1069.
- [110] MARTINEZ, E., SANCHEZ, A., VELEZ J., 2006, Support vector machines versus multi-layer perceptrons for efficient off-line signature recognition. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. Vol 19, pp. 693-704.
- [111] MAZZINI, R. A., 1991, "Momentum Theory: A New Technique for Cost Analysis." RACE Transactions, 1.4, *AACE International*, Morgantown, WV.
- [112] MICHAEL A., E., 1996, Gazing Into the Oracle: The Delphi Method and Its Application to Social Policy and Public Health, London: *Kingsley Publishers*, 978-185-3021046.
- [113] MILOSEVIC, Z. D., 2003, Project Management Toolbox. *John Wiley & Sons, Inc.* New York, 0-471-20822-1.
- [114] MILOSEVIC, Z. D., 2003, Project Management ToolBox: Tools and Techniques for the Practicing Project Manager. *Wiley*. ISBN 978-0-471-20822-8.
- [115] MORRIS, P. W. G., 1997, The Management of Projects. *ThomasTelford*. London, 0-7277-2593-9.
- [116] NABIYEV V., 2010, Yapay Zeka İnsan- Bilgisayar Etkileşimi 3. Baskı. *Seçkin Yayıncılık*. İstanbul, pp. 554-555, 978-975-02-1156-0.
- [117] NAHMIAS, S., 2009, Production and Operations Analysis. ISBN: 978-073018652.
- [118] NASHWAN, D., ANGELO, M., 1997, An Integrated Approach to Cost Forecasting and Construction Planning for the Construction Industry. *Proceedings of the Fourth Congress on Computing in Civil Engineering*, Philadelphia, Pennsylvania, June 16-18, pp. 535-542.
- [119] NASIRA, S. R. M., ABD.MAJID. Z. M., 2006, Project Cost Performance Forecasting System. *Proceedings of the 6th Asia-Pacific Structural Engineering and Construction Conference*. 5 – 6 September 2006, Kuala Lumpur, Malaysia.

- [120] NAY, L.B. and LOGCHER R.D., 1986, Proposed Operation of an Expert Systems for Analyzing Construction Project Risks. *Proceedings of the Ninth Conference on Electronic Computation*, ASCE, edited by Kenneth M. Will, February 23-26, pp.65-76.
- [121] NG, G.H, and TIONG, R.L.K., 2001, Model on Cash Flow Forecasting and Risk Analysis for Contracting Firms. *International Journal of Project Management*, 20, 351-363.
- [122] NGUYEN, H., CHRISTINE W. CHAN, 2005, Applications of data analysis techniques for oil production prediction. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, Vol. 18(5), 549-558.
- [123] NISKA, TERI HILTUNEN, ARI KARPPINEN, JUHANI RUUSKANEN, MIKKO KOLEHMAINEN, 2004, Evolving the neural network model for forecasting air pollution. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. Vol. 17(2) 159-167.
- [124] OBERLENDER D., G., 2000, Project managemenet for engineering and construction. *The McGraw-Hill Companies*. Pp. 8, New York, 0-07-039362-1.
- [125] OSTWALD, P.F., 1991, Engineering Cost Estimating, 3rd. ed. Englewood Cliffs, *Prentice Hall*. New Jersey.
- [126] ÖZDEMİR, A. A., Talep tahminlemede kullanılan yöntemlerin karşılaştırılması. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi. İşletme Bölümü*.
- [127] ÖZKAN Y. 2008, Veri madenciliği yöntemleri. *Papatya Yayıncılık Eğitim A.Ş.* pp. 185-206, İstanbul, 978-975-6797-82-2.
- [128] PAI, P. & HONG, W., 2005, Forecasting regional electricity load based on recurrent support vector machines with genetic algorithms. *Electric Power Systems Research*. 74(3), 417-425.
- [129] PMI, 2008, A Guide To The Project Management Body Of Knowledge 4th Edition. *Project Management Institute*, pp. 5-15, Pennsylvania, 978-1-933890-51-7.
- [130] PONTIL, M., Verri, A., 1998, Support vector machines for 3D object recognition, *Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 20, (6) pp. 637-646 ISSN: 0162-8828.
- [131] Practice Standard for Earned Value Management., 2005, *Project Management Institute, Inc.* 1-930699-42-5.
- [132] PRESTON G. S., ve GUY M. M., 2004, Proactive Risk Management: Controlling Uncertainty in Product Development. Productivity Press, New York, 1-56327-265-2.

- [133] RAD. F. P., 2002, Project Estimating and Cost Management. *Management Concepts, Inc.* Leesburg, pp. 60-70, 1-56726-144-2.
- [134] ROJAS, A., NANDI, A., 2006. Practical scheme for fast detection and classification of rolling-element bearing faults using support vector machines. *Mech. Syst. Signal Process.* Vol. 20 (7), 1523–1536.
- [135] ROSE K., 2005, Project quality management : why, what and how. *J. Ross Publishing, Inc.* 1-932159-48-7.
- [136] SAMANTA, B., AL-BALUSHI, K.R., AL-ARAIMI, S.A., 2003. Artificial neural networks and support vector machines with genetic algorithm for bearing fault detection. *Eng. Appl. Artif. Intell.* Vol. 16 (7-8), 657–665.
- [137] SCHÖLKOPF, B., 1998, Support vector machine, *IEEE Intelligent System.* Vol. 13(4):18-21
- [138] SEBALD, D.J., BUCKLEW, J.A., 2001, Support vector machines and the multiple hypothesis test problem, *IEEE Trans. Signal Process.* Vol. 49 (11) 2865–2872.
- [139] SEILER, J., 1983, Cost and Schedule Data Analysis and Forecasting. *Project Management Institute Symposium.* Houston, USA, 17-19.
- [140] SEO, K.K., PARK, J.H., JANG, D.S., WALLACE, D., 2002. Prediction of the life cycle cost using statistical and artificial neural network methods in conceptual product design. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* Vol. 15 (6), 541–554.
- [141] SHTUB, A., BARD, J. F., and GOLBERSON, S., (1994). Project Management-Engineering, Technology and Implementation, *Prentice Hall. Inc.* Englewood Cliffs, N.J.
- [142] SIMON, P., HILLSON, D. ve NEWLAND, K., 1997, Project risk analysis and management guide. *Association for Project Management.* 9780953159000.
- [143] SISK, T, 2003, History of Project Management. Project Managers in Pharmaceuticals. <http://www.projmgr.org/pdf/articles>.
- [144] SKITMORE, R.M., and Ng, S.T., 2003, Forecast Model for Actual Construction Time and Cost. *Journal of Building and Environment* Vol. 38, 1075-1083.
- [145] SMITH, A. E., MASON, A. K., 1999, Cost estimation predictive modeling: Regression versus neural networks. *Engineering Economist.* Vol. 42 (2), 137–161.
- [146] SOHRABI, M.R., MIRZAI, A.R. VE MASSOUMI A., 2000, Application of expert systems and neural networks for the design of hydro-carbon structures. *Engineering Applications of Artificial Intelligence.* Vol. 13 (3), 371-377.

- [147] SONG, Q., W.J. HU, W.F. XIE, 2002, Robust support vector machine for bullet hole image classification, *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics – Part C* Vol. 32 (4), 440–448.
- [148] SÖNMEZ, R., 2004, Conceptual cost estimation of building projects with regression analysis and neural networks. *Canadian Journal of Civil Engineering*, Vol. 31(4), 677–683.
- [149] STANISLAW O. ve KONRAD G., 2007, Forecasting of the daily meteorological pollution using wavelets and support vector machine. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. Vol. 20, 745–755.
- [150] STEWART, R.D., R.M. WYSKIDA, and J.D. JOHANNES, 1991, Cost Estimator? Reference Manual, 2nd Ed. *John Wiley & Sons*. New York.
- [151] STINCHCOMBE, A. L., ve HEIMER, C. A., 1985, Organization Theory and Project Management. *Norwegian University Press*. Oslo.
- [152] Successfully Presenting Earned Value Management, 2005, *KIDASA Software, Inc.*
- [153] SUMARA J., 1997, Earned Value The Next Generation A Practical Application for Commercial Projects. *Project Management Institute*. 28th Annual Seminars and Symposium.
- [154] SUN, A., LIM, P., LIU, Y., 2008, On strategies for imbalanced text classification using SVM: A comparative study. *Decision Support Systems*. Vol. 48 (1), 191–201.
- [155] TANG, L. B., TANG, L. X., SHENG, H. Y., 2009, Forecasting volatility based on wavelet support vector machine. *Expert Systems with Applications*, Vol. 36, 2, Part 2, pp. 2901–2909.
- [157] TATARI, Ö., KÜÇÜKVAR, M., 2011, Cost premium prediction of certified green buildings: A neural network approach. *Building and Environment*. Vol. 46 (5), 1081–1086.
- [156] TAY, F.E.H., CAO, L.J., 2001, Application of support vector machines in financial time series forecasting, *Omega*, Vol 29 (4), 309–317.
- [159] TEICHOLZ, P., 1993, Forecasting Final Cost and Budget of Construction Projects. *Journal of Computing in Civil Engineering*, ASCE, Vol. 7 (4), 511–529.
- [158] TOWN, C, 1998, Project Control and Earned Value Management Management Accounting. *Journal of the Institute of Cost and Works Accountants* 76:22–24.
- [160] TRAFALIS, T. B., İNCE, H., 2000, Support Vector Machine for Regression and Applications to Financial Forecasting, In: *IJCNN 2000: Proceedings of the IEEE-INNS-ENNS International Joint Conference on Neural Networks*. Vol. 6 edited by Shun-Ichi Amari, ve diğ., p. 6348.

- [161] TUNER j.R., 1999, The Handbook of Project-Based Management Second Edition. *The McGraw-Hill Companies*. P10, 0-07-709161-2.
- [162] UĞUR, L. O., 2007, Analysis of construction of costs with artificial neural networks. *Thesis presented to Gazi University, Ankara, Doktora Tezi*.
- [163] ULMER, K., 2002, Project Time Management Study Notes. *IBM Education and Training Worldwide Certified Material*.
- [164] VANDEVOORDE, S., M. VANHOUCKE, 2006, A comparison of different project duration forecasting methods using earned value metrics, *International Journal of Project Management* Vol. 24 (4) 289–302.
- [165] VANHOUCKE, M. S. VANDEVOORDE, 2007, A simulation and evaluation of earned valuemetrics to forecast the project duration, *Journal of the Operational Research Society* Vol. 58 (10) 1361–1374.
- [166] VANHOUCKE, M., 2010, Measuring time — improving project performance using earned value management. *International Series in Operations Research and Management Science*, Vol. 136.
- [167] VANHOUCKE, M., 2011, On the dynamic use of project performance and schedule risk information during project tracking. *Omega* Vol. 39, 416–426.
- [168] VANHOUCKE, M., 2012, Measuring the efficiency of project control using fictitious and empirical project data. *International Journal of Project Management* Vol. 30, 252–263.
- [169] VAPNIK, V. N., 1995, The Nature of Statistical Learning Theory, *Springer*, 0-387-98780-0.
- [170] VAPNIK, V. N., LERNER, A., 1963, Pattern recognition using generalized portrait method, *Automation and Remote Control*, Vol. 24 pp.774–780.
- [171] VITNER, G., S. ROZENES, S. SPRAGGETT, 2006, Using data envelope analysis to compare project efficiency in a multi-project environment, *International Journal of ProjectManagement*. Vol 24 (4) 323–329.
- [172] WAN V, CAMPBELL W. 2000, Support vector machines for speaker verification and identification. In: *Neural Networks Signal Processing Proceedings of IEEE*. December 11–13, 2, 775–784.
- [173] WANG J., ZHU W., ZHANG W., SUN D., 2009, A trend fixed on firstly and seasonal adjustment model combined with the ε -SVR for short-term forecasting of electricity demand. *Energy Policy*, Vol 37 (11), 4901-4909.

- [174] WANG, ., ZHANG, J., ve YAN, Y., 2009, Discrimination Between Pathological and Normal Voices Using GMM-SVM Approach. *Journal of Voice*, Vol. 25 (1), pp. 38-43.
- [175] WANG, Q., 2007, Artificial neural networks as cost engineering methods in a collaborative manufacturing environment, *International Journal of Production Economics* Vol. 109 pp. 53–64.
- [176] WANG, Q., STOCKTON, D.J., 2000. Process cost modelling using neural networks. *International Journal of Production Research* Vol 38 (16), 3811–3821.
- [177] WANG, Q., STOCKTON, D.J., 2001. Cost model development using artificial neural networks. *Journal of Aircraft Engineering and Aerospace Technology* Vol. 73 (6), 536–541.
- [178] WANG, S., TANG, Z., LI, S., 2011, Design and Implementation of an Audio Classification System Based on SVM. *Advanced in Control Engineering and Information Science*. Vol. 15, 4031-4035.
- [179] WARBURTON, R., 2011, A time-dependent earned value model for software projects. *International Journal of Project Management*. Vol. 29, 1082–1090.
- [180] WESTLAND, J., (2006), Project Management Life Cycle. *Kogan Page Limited*. London, 0-7494-4555-6.
- [181] Wheelwright, C., (1995). *Forecasting Method for Management*, 4th ed., Wiley, New York.
- [182] WHINCH, M.G., 2004, Rethinking Project Management: Project Organizations as Information Processing Systems?. *Project Management Institute*., Innovations: project management research, 1-930699-59-7.
- [183] WIKIPEDIA, Support Vector Machines ,http://en.wikipedia.org/wiki/Support_vector_machine, [Ziyaret Tarihi: 21.04.2010]
- [184] WILLIAMS M., 2008, The Principles of Project Management. SitePoint Pty. Ltd. pp. 1-17, *Collingwood*, 978-0-9802858-6-4.
- [185] WILLIAMS, D. B., WALLER, A. M., 2011, Top-Down Versus Bottom-Up DemandForecasts: The Value of Shared Point-of-Sale Data in the Retail Suooly Chain. *Journal of Business Logistics*. Vol. 32. (1) p. 17-26.
- [186] WU, J. D., CHIANG, P. H., 2009, Application of Wigner–Ville distribution and probability neural network for scooter engine fault diagnosis, *Expert Systems with Applications*. Vol. 36, (2), 2187-2199.
- [187] WU, J. D., LIU, C. H., 2008, Investigation of engine fault diagnosis using discrete wavelet transform and neural network, *Expert Systems with Applications*, Vol. 35, (3), pp. 1200-1213.

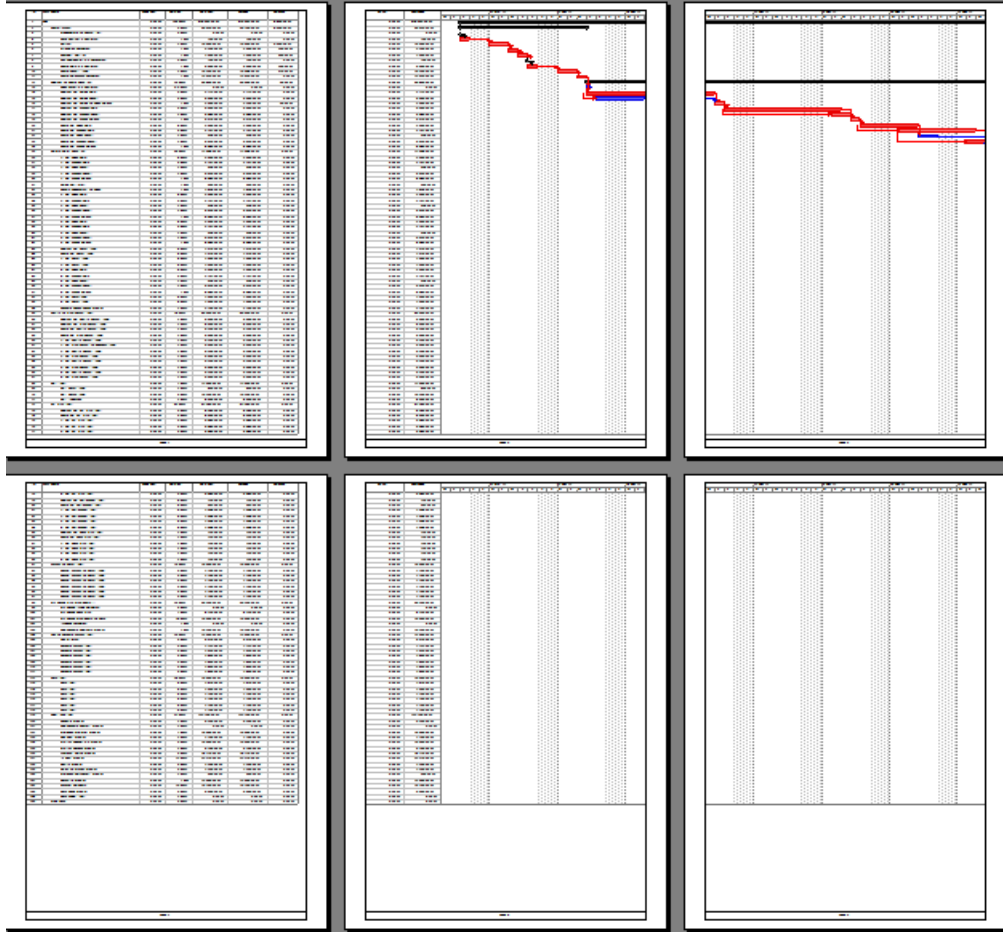
- [188] WYSOCKI R. K., 2004, Project Management Process Improvement. *Artech House*. Boston, pp. 28, Boston, 1-58053-717-0.
- [189] XU, X., ZHOU, C., WANG, Z., 2009, Credit scoring algorithm based on link analysis ranking with support vector machine, *Expert Systems with Applications*, Vol. 36, (2) pp. 2625-2632.
- [190] YAN, W., SHAO, H., 2002, Application of support vector machine nonlinear classifier to fault diagnoses, Proceedings of the Fourth World Congress *Intelligent Control and Automation*, Shanghai, China, pp. 2697–2670.
- [191] YANG, J., NING Z., PEIPENG L., JUE W., YIYU Y., SHENGFU L., 2010, Brain activation detection by neighborhood one-class SVM. *Cognitive Systems Research*. Vol. 11, 16–24.
- [192] YANG, S.H., CHEN, B.H. VE WANG, X.Z., 2000, Neural network based fault diagnosis using unmeasurable inputs. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, Vol. 13 (3), 345-356.
- [193] Yapay Zeka Ansiklopedisi. <http://www.yapay-zeka.org>. (01.08.2011)
- [194] YU NF, YANG HC, DENG KZ, ZHANG SB. 2008, Calculation of ground subsidence coefficient in mining areas using support vector machine regression. *J Liaoning ech Univ*. Vol. 27 (3):365–7.
- [195] YUAN, S.-F., CHU, F.-L., 2007b. Fault diagnosis based on particle optimisation and support vector machines. *Mech. Syst. Signal Process*. Vol. 21 (4), 1787–1798.
- [196] YUAN, Y., PAOLO, F., MASSIMILIANO, P., 2001, Fingerprint classification with combinations of support vector machines, *Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 2091, Springer, pp. 253–258.
- [197] ZHANG, G., JIN, W., HU, L., 2004, Radar emitter signal recognition based on support vector machines. *Control, Automation, Robotics and Vision Conference, ICARCV 2004 8th* Vol. 2, 6-9 Dec. Vol. 2 pp. 826 – 831.
- [198] ZHANG, G., JIN, W., HU, L., 2004, Radar emitter signal recognition based on support vector machines, *Control, Automation, Robotics and Vision Conference*. Vol. 2 (2) 826 – 831.
- [199] ZHANG, W., YOSHIDA, T., TANG, X., 2008, Text classification based on multi-word with support vector machine, *Knowledge-Based Systems*, Vol. 21 (8), 879-886.
- [200] ZHANG, Y. F., FUH, J. Y. H. (1998). A neural network approach for early cost estimation of packaging products. *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 34 (2–4), 433–450.

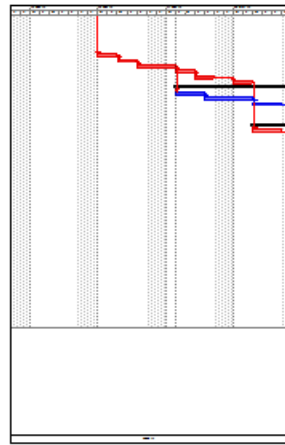
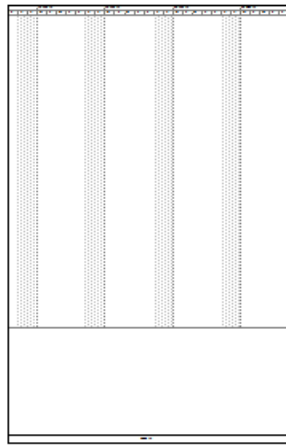
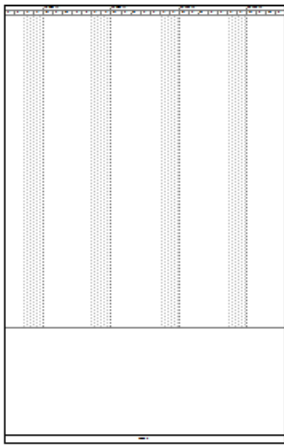
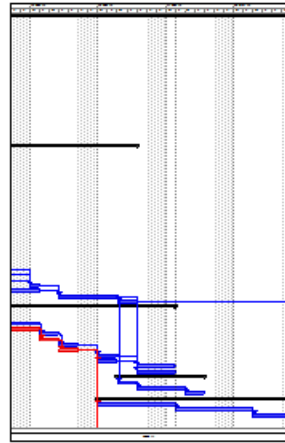
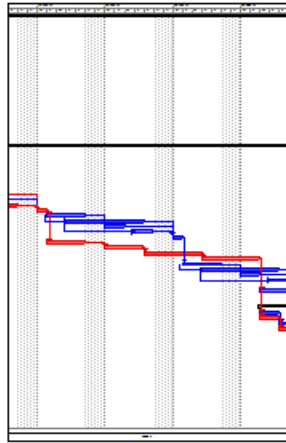
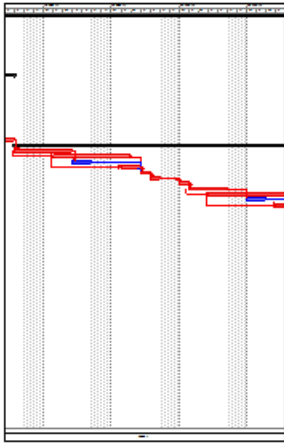
- [201] ZHANG, Y.F., FUH, J.Y., ve CHAN, W.T., 1996, Feature-based cost estimation for packaging products using neural networks. *Computers in Industry* Vol. 32, 95–113.
- [202] ZHANG, Y.F., FUH, J.Y.H., 1998, A neural network approach for early cost estimation of packaging products. *Computers and Industrial Engineering* vol.34 (2), 433–450.
- [203] ZOBEL, W. C., COOK, F. D., 2011, Evaluation of neural network variable influence measures for process control. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. Vol. 24 (5), 803-812
- [204] ZWIKAEI, O., GLOBERSON, S., RAZ, T., 2000, "Evaluation of Models for Forecasting the Final Cost of a Project. *Project Management Journal*, Vol. 31(1), 53-57.

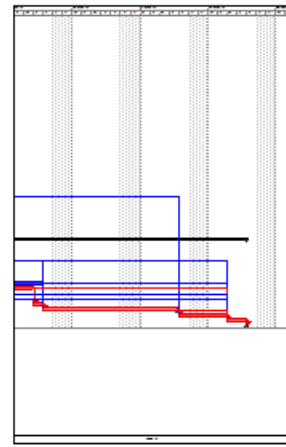
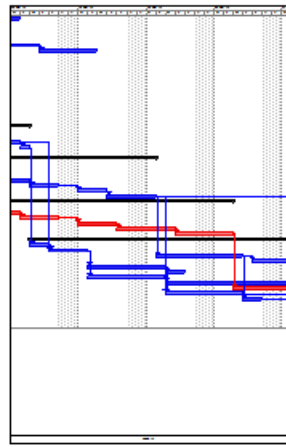
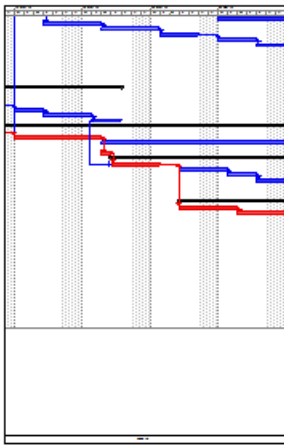
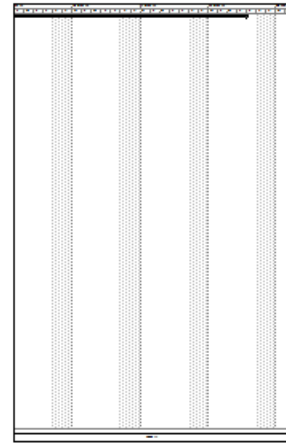
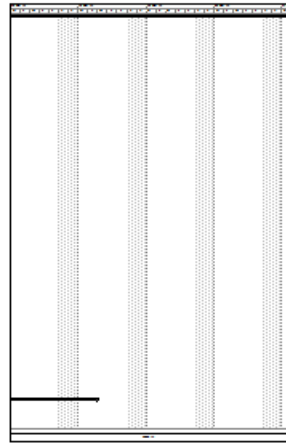
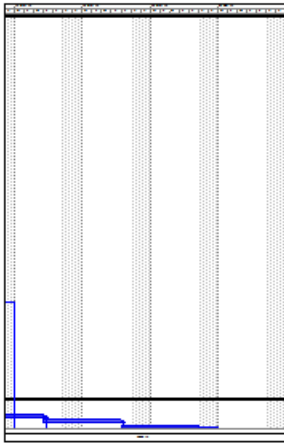
EKLER

Tezin uygulama bölümünde kullanılan konut projelerinden bir örneğin MS Project yazılımı çıktıları eklerde görülmektedir.

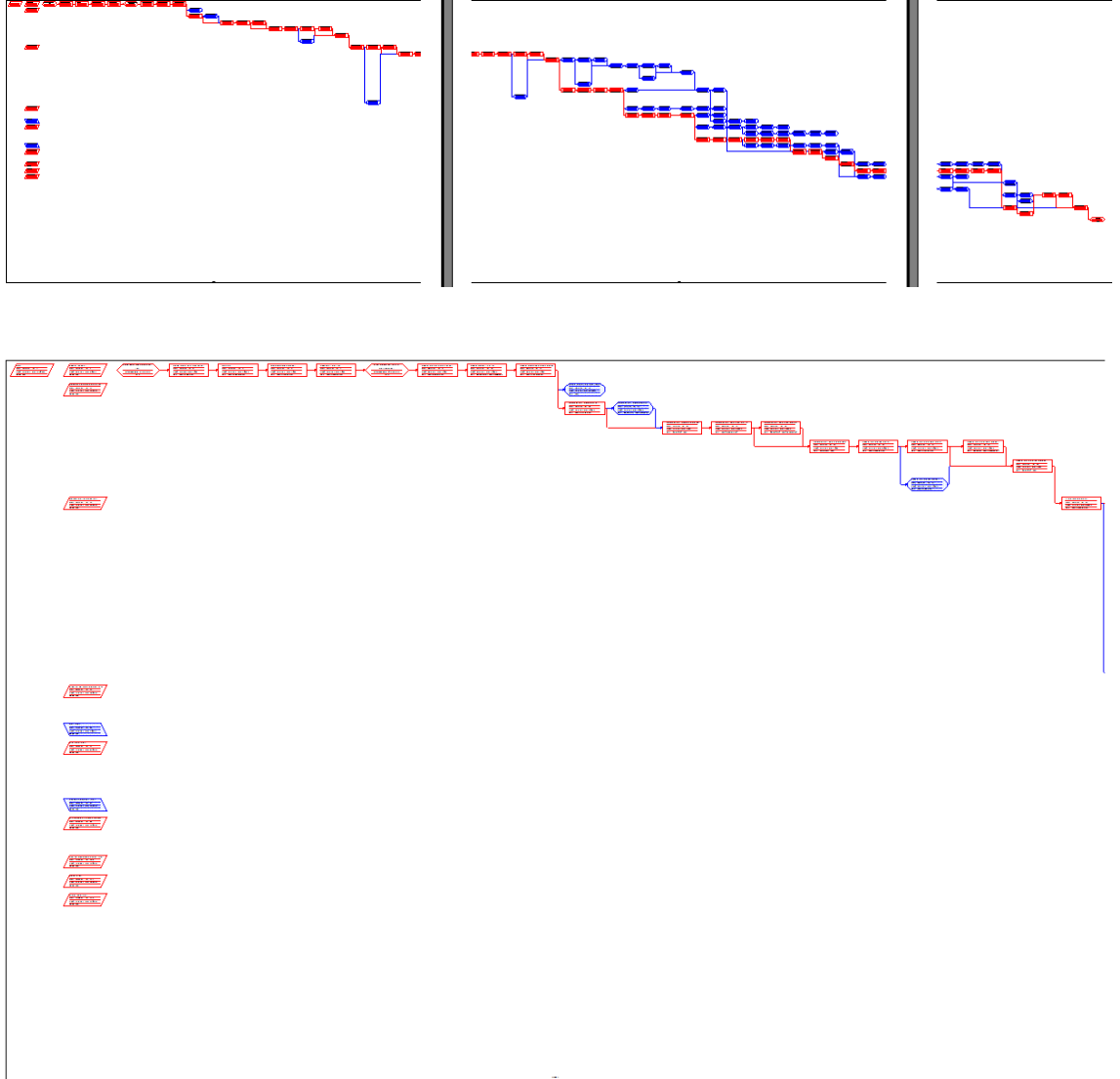
ÖRNEK PROJE GANTT ŞEMASI

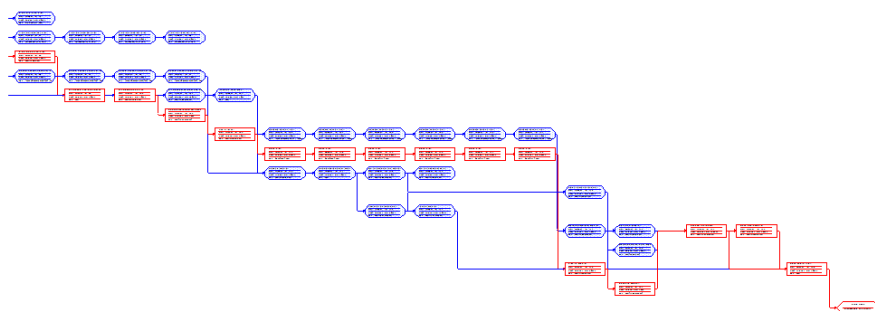
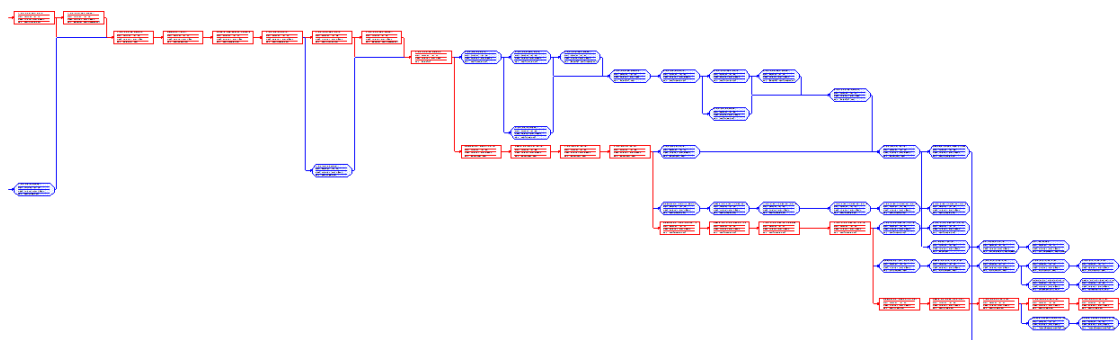




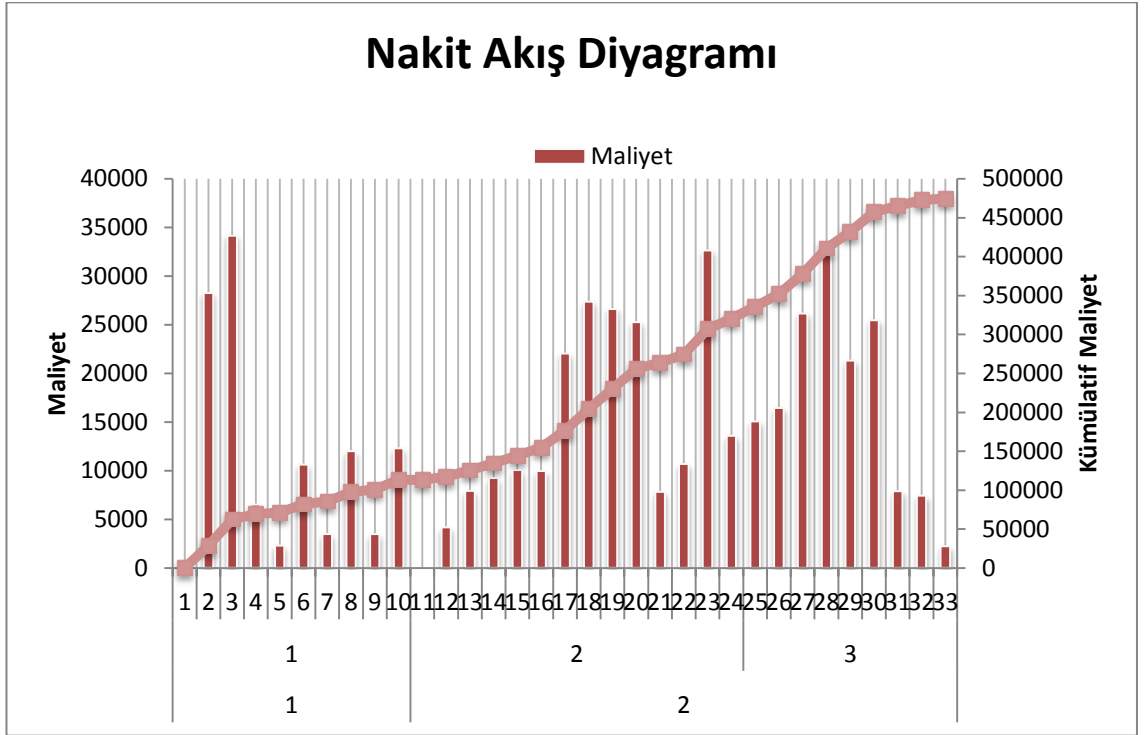


ÖRNEK PROJE AĞ DİYAGRAMI





ÖRNEK PROJE NAKİT AKIŞ DİYAGRAMI



ÖZGEÇMİŞ

Ersin NAMLI 1978 yılında İstanbul’da doğmuştur. Orta ve lise eğitimini Özel Kültür Lisesinde tamamlamıştır. 1998 yılında lisans eğitimine başladığı İstanbul Kültür Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünden 2002 yılında mezun olup, yine aynı yıl İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yapı İşletmesi Yüksek Lisans Programında Yüksek Lisans eğitimine başlamıştır. 2004 yılında İstanbul Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalında Araştırma Görevlisi olarak meslek hayatına adım atmıştır. 2005 yılında Yüksek Lisans eğitimini tamamlayıp yine aynı yıl İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı Endüstri Mühendisliği Doktora Programına başlamıştır. Ersin NAMLI çok iyi derecede İngilizce bilmekte olup, evlidir.