



T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



YÜKSEK LİSANS TEZİ

GENETİK ALGORİTMA VE BULANIK MANTIK YAKLAŞIMI İLE
İNŞAAT PROJELERİNDE SÜRE-MALİYET OPTİMİZASYON
MODELİ

Hatice ACAR YILDIRIM

DANISMAN
Dr. Öğr. Üyesi Cemil AKÇAY

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

İnşaat Mühendisliği Programı

İSTANBUL-2018

Bu çalışma, 27.06.2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İnşaat Mühendisliği Programında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi


Dr. Öğr. Üyesi Cemil AKÇAY (Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi


Doç. Dr. Barış SAYIN
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi


Doç. Dr. Ümit IŞIKDAĞ
Mimar Sinan Üniversitesi
Enformatik Bölümü


Doç. Dr. Yusuf Sait TÜRKAN
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi


Dr. Öğr. Üyesi Barış YILDIZLAR
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi



20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi’nin aboneli olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

ÖNSÖZ

Hayatım boyunca hep yanımda olan değerli aileme, maddi ve manevi desteğiyle meslek hayatıma yön veren Acarlar Şirketler Grubu yönetim kurulu başkanı Sayın İsmet ACAR'a, çalışma konumun belirlenmesinde ve çalışmamın her aşamasında destek ve görüşlerini esirgemeyen değerli danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Cemil AKÇAY'a, lisans ve lisansüstü eğitimim sırasında yol gösteren değerli hocam Prof. Dr. Ekrem MANİSALI'ya, tezimin oluşmasında bana her zaman destek veren, değerli eleştiri ve önerileri ile çalışmamın şekillenmesinde beni yönlendiren ve tezimin yazımı esnasında teknik desteğini esirgemeyen değerli arkadaşlarım Dr. Öğr. Üyesi Sibel BAYAR'a, Araş. Gör. Dr. Cihan ÖSER'e, Araş. Gör. Dr. Osman Hürol TÜRKAĞIN'a ve İnş. Yük. Müh. Mohammad Lemar ZALMAI'ye ve yüksek lisans çalışmam süresince de gerek maddi gerek manevi teşvikleri ile her zaman yanımda yer alan değerli eşime teşekkür ederim.

Haziran 2018

Hatice ACAR YILDIRIM

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
ŞEKİL LİSTESİ	ix
TABLO LİSTESİ.....	xii
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ	xiv
ÖZET	xvi
SUMMARY	xviii
1. GİRİŞ	1
1.1. AMAÇ.....	2
1.2. TEZ KAPSAMI	3
2. GENEL KISIMLAR	4
2.1. LİTERATÜR ÇALIŞMASI	4
2.2. SÜRE-MALİYET YÖNETİMİ	5
2.2.1. İnşaat Sözleşmeleri	10
2.2.2. Süre Yönetimi	12
2.2.2.1. Faaliyet ve Proje Süresi	15
2.2.2.2. Faaliyet Süresinin PERT ile Hesaplanması	15
2.2.2.3. Şebeke Yöntemi	17
2.2.2.4. Proje Süresinin Kritik Yol Metodu (CPM) ile Hesaplanması	19
2.2.3. Maliyet Yönetimi.....	21
2.2.3.1. Sözleşme Maliyetleri.....	22
2.2.3.2. Yapım Maliyeti.....	22
2.2.3.3. Maliyet Kontrolü	24
2.2.4. Proje Programlama Yöntemleri	25
2.2.4.1. Gant Şeması Yöntemi.....	27
2.2.4.2. Kritik Yol Yöntemi	28
2.3. OPTİMİZASYON.....	30
2.3.1. Optimizasyonun Tarihsel Gelişimi	32
2.3.2. Optimizasyonun Özellikleri.....	33
2.3.3. Optimizasyon Problemleri	34

2.3.4. Optimizasyon Problemi Çözüm Algoritmaları.....	34
2.3.4.1. Matematiksel Programlama Modelleri	35
2.3.4.2. Metasezgisel Programlama Yöntemleri	36
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	38
3.1. GENETİK ALGORİTMALAR	39
3.1.1. Evrimsel Yöntemlerin Tarihçesi.....	40
3.1.2. Genetik Algoritmaların Uygulama Alanları	41
3.1.2.1. Genetik Algoritmalarda İşlem Akışı	42
3.1.3. Genetik Algoritmaların Yapısı	44
3.1.3.1. Gen	46
3.1.3.2. Kromozom.....	46
3.1.3.3. Popülasyon	47
3.1.4. Genetik Algoritma Operatörleri.....	48
3.1.4.1. Üreme (Reproduction).....	49
3.1.4.2. Çaprazlama	49
3.1.4.3. Mutasyon (Mutation).....	51
3.1.4.4. Genetik Algoritmanın Sonlandırma Koşulu	52
3.1.5. Genetik Algoritma Parametreler.....	53
3.1.5.1. Amaç Fonksiyonu	54
3.1.5.2. Uygunluk Fonksiyonu.....	54
3.1.5.3. Dinçlik Fonksiyonu.....	55
3.1.6. Genetik Algoritma Seçim Yöntemleri.....	55
3.1.6.1. Rastgelelik	55
3.1.6.2. Kağıt Çekme	57
3.1.6.3. Rulet Çarkı.....	58
3.1.6.4. Elitist Strateji.....	59
3.1.6.5. Sıralama Seçim.....	59
3.1.6.6. Stokastik Seçim	59
3.2. BULANIK MANTIK.....	59
3.2.1. Bulanık Mantık Uygulamaları	61
3.2.2. Bulanık Sistem.....	62
3.2.3. Bulanık Mantık Çıkarımı.....	63
3.2.4. Bulanık Kümeler ve Bulanık Kümelerde İşlemler	64
3.2.4.1. Birleşim İşlemi.....	65

3.2.4.2. <i>Kesişim İşlemi</i>	65
3.2.4.3. <i>Tümleyen İşlemi</i>	66
3.2.4.4. <i>Fark İşlemi</i>	66
3.2.4.5. <i>Çarpım İşlemi</i>	66
3.2.4.6. <i>Destek Keskin Kümesi</i>	66
3.2.4.7. <i>α-Kesim Kümesi</i>	67
3.2.4.8. <i>Seviye Kümesi</i>	67
3.2.5. <i>Üyelik Dereceleri ve Üyelik Fonksiyonları</i>	67
3.2.5.1. <i>Üyelik Derecelerinin Belirlenmesi</i>	69
3.2.5.2. <i>Üçgen Üyelik Fonksiyonu</i>	69
3.2.5.3. <i>Yamuk Üyelik Fonksiyonu</i>	70
3.2.6. <i>Bulanık Sayılar ve Bulanık Sayılarla İşlemler</i>	70
3.2.7. <i>Bulanık Sonuçların Durulaştırılması</i>	72
4. BULGULAR	73
4.1. SÜRE-MALİYET Dengeleme	73
4.1.1. <i>Faaliyet Süresi ile Maliyet Arasındaki İlişki</i>	74
4.1.2. <i>Proje Süresi ile Maliyet Arasındaki İlişki</i>	76
4.1.3. <i>Pareto Çözümü</i>	76
4.2. GENETİK ALGORİTMA VE BULANIK MANTIK TABANLI SÜRE MALİYET OPTİMİZASYON MODELİ	77
4.2.1. <i>Problemin Tanımı ve Model</i>	78
4.2.2. <i>Model Kabulleri</i>	79
4.2.3. <i>Modelin Matematiksel İfadesi</i>	82
4.2.3.1. <i>Faaliyet Süresi ve Maliyet Oluşturma Birimi</i>	83
4.2.3.2. <i>Proje Süresi ve Proje Maliyeti Hesaplama Birimi</i>	84
4.2.3.3. <i>Proje Süre-Maliyet Dengeleme Birimi</i>	84
4.2.3.4. <i>Çıktı Birimi</i>	85
4.3. MODEL UYGULAMASI	86
4.3.1. <i>Uygulama Örneği 1</i>	86
4.3.2. <i>Uygulama Örneği 2</i>	92
4.3.2.1. <i>Uygulama Projesinin Yaklaşık Maliyeti</i>	96
4.3.2.2. <i>Uygulama Projesindeki Hesap Detayları</i>	97
4.3.3. <i>Uygulama Projesinin Bulanık Süre Maliyet Eğrileri</i>	101
4.3.4. <i>Uygulama Projesinin Çözümleri</i>	102
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	108

KAYNAKLAR	109
EKLER	116
EK 1: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Birim Fiyat Analizleri (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017).	116
EK 2: Örnek Proje için Risk Seviyelerine Göre Proje Süre Maliyet Tabloları	141
EK 3: Risk Seviyelerine Göre Proje Süre Maliyet Tabloları	147
ÖZGEÇMİŞ	161



ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 2.1: Proje tanımlama, kontrol ve tamamlama yapısı (Albayrak, 2009).	6
Şekil 2.2: Maliyet - kalite - zaman üçgeni (Turner, 1991).	7
Şekil 2.3: Proje bileşenleri dengesi.	7
Şekil 2.4: Şebeke bağlantısı (Taha, 2007).	17
Şekil 2.5: Numaralandırma kuklası (d1).	18
Şekil 2.6: Mantıksal Kukla (d1,d2).	18
Şekil 2.7: Başlangıç kuklası (d1, d2, d3) - bitiş kuklası (d4, d5, d6).	18
Şekil 2.8: CPM şebekesinde bir faaliyetin gösterimi.	19
Şekil 2.9: CPM’de proje gösterimi.	20
Şekil 2.10: İnşaat projeleri için gider türleri.	25
Şekil 2.11: Şebeke diyagramı.	28
Şekil 2.12: Optimizasyon problemlerinin sınıflandırılması (Sarker & Newton, 2008).	31
Şekil 2.13: Optimizasyon problemlerinin sınıflandırılması (Zalmi, 2015).	34
Şekil 2.14: Optimizasyon algoritmalarının sınıflandırılması.	35
Şekil 3.1: Genetik algoritma akış diyagramı (Elmas, 2007).	43
Şekil 3.2: Basit genetik algoritma adımları (Şen 2004).	45
Şekil 3.3: Popülasyon yapısı (Elmas, 2007).	48
Şekil 3.4: Değişken: a) rastgele olmayan b) rastgele (Şen 2004).	56
Şekil 3.5: Üniorm dağılılı rastgele sayılar (Şen, 2004).	57
Şekil 3.6: Rulet çarkı (Şen, 2004).	58
Şekil 3.7: Genel bulanık sistem (Şen, 2009).	62
Şekil 3.8: TSK bulanık sistemi (Şen 2009).	63
Şekil 3.9: Bulanıklaştırma, durulaştırma birimli bulanık sistem (Şen, 2009).	63

Şekil 3.10: Bulanık kümelerde birleşim (Akçay, 2003).....	65
Şekil 3.11: Bulanık kümelerde kesişim (Akçay, 2003).....	66
Şekil 3.12: Bulanık küme (Şen, 2009).	67
Şekil 3.13: Üyelik fonksiyonu kısımları (Şen, 2009).....	68
Şekil 3.14: Sıcaklık bulanık alt kümeleri (Şen, 2009).	69
Şekil 3.15: Üçgen üyelik fonksiyonun (Şen, 2009).	70
Şekil 3.16: Yamuk üyelik fonksiyonu (Şen, 2009).....	70
Şekil 3.17: Yaklaşık 3 (Şen, 2009).	71
Şekil 3.18: Kesim seviyesi (Şen, 2009).	71
Şekil 4.1: Bir faaliyet için lineer süre-maliyet denge grafiği.....	74
Şekil 4.2: Proje süresi-maliyet ilişkisi.....	75
Şekil 4.3: Bir faaliyet için eğrisel süre maliyet denge grafiği.....	75
Şekil 4.4: Bir faaliyet için kesikli süre maliyet denge grafiği.....	75
Şekil 4.5: Çözüm vektörü adayları arasındaki baskınlık tercihi (1. Çeşit).....	76
Şekil 4.6: Çözüm vektörü adayları arasındaki baskınlık tercihi (2. Çeşit).....	77
Şekil 4.7: Pareto süre-maliyet çözüm seti.	77
Şekil 4.8: Bulanık faaliyet süresi 83	83
Şekil 4.9: Bulanık faaliyet maliyeti..... 83	83
Şekil 4.10: Ağırlık merkezi yöntemi. 84	84
Şekil 4.11: Bulanık optimizasyon modeli akış şeması (Jin, ve diğerleri 2005). 86	86
Şekil 4.12: Şantiye hazırlıkları faaliyetinin 1. Opsiyon süresinin bulanık gösterimi..... 88	88
Şekil 4.13: Şantiye hazırlıkları faaliyetinin 1. Opsiyon maliyetinin bulanık gösterimi. 89	89
Şekil 4.14: Ağırlık merkezi yöntemine göre faaliyet maliyeti. 90	90
Şekil 4.15: Örnek model çözüm sonuçları. 91	91
Şekil 4.16: Çatı plan görünüşü. 92	92
Şekil 4.17: B-B kesiti. 92	92
Şekil 4.18: A-A kesiti..... 93	93

Şekil 4.19: Orta çatı planı.	93
Şekil 4.20: Teras çatı kesiti.	93
Şekil 4.21: Uygulama projesinin CPM ok tipi şebeke diyagramı.....	95
Şekil 4.22: Bir faaliyetin bulanık süre gösterimi.	101
Şekil 4.23: Bir faaliyetin bulanık maliyet gösterimi.	102
Şekil 4.24: Risk seviyelerine göre iyimser sonuçlar.	103
Şekil 4.25: Farklı risk koşullarında minimum proje süre maliyet değerleri.	104
Şekil 4.26: Farklı risk koşullarında maksimum proje süre maliyet değerleri.	104
Şekil 4.27: Farklı risk seviyelerine göre kötümser proje süre maliyeti.	106
Şekil 4.28: Faaliyet süreleri yuvarlama farkı ($\alpha=0,20$ kötümser analiz sonuçları için).....	106
Şekil 4.29: Farklı alfa kesim seviyelerinde süre-maliyet dağılımı.....	107

TABLO LİSTESİ

	Sayfa No
Tablo 2.1: Faaliyet süreleri için uzman görüşleri.	16
Tablo 2.2: Bir proje için maliyet türleri.....	21
Tablo 2.3: Genel birim fiyat.	23
Tablo 2.4: Genel gider ve kar oranları.....	23
Tablo 2.5: PERT faaliyet bilgileri.	26
Tablo 2.6: Faaliyetler için faaliyet süresi ve varyans değerleri.....	27
Tablo 2.7: Gant şeması ile proje programlaması.....	27
Tablo 2.8: CPM çözüm sonuçları.	29
Tablo 3.1: Klasik yöntemlerle genetik algoritma arasındaki farklar.....	41
Tablo 3.2: Bulanık mantığın olumlu ve olumsuz yönleri.....	61
Tablo 3.3: Kesim seviyeleri (Şen, 2009).	72
Tablo 4.1: Bir faaliyetin yaklaşık faaliyet süresi.....	80
Tablo 4.2: Bir faaliyetin yaklaşık faaliyet maliyeti	80
Tablo 4.3: Bir faaliyetin normal süre- maliyeti	80
Tablo 4.4: Bir faaliyetin sıkıştırılmış süre- maliyeti.....	81
Tablo 4.5: Bir faaliyetin geciktirilmiş süre- maliyeti	82
Tablo 4.6: Uygulama örneği 1 için proje detayları.....	88
Tablo 4.7: $\alpha=0,0$ ve $\alpha=1$ risk seviyeleri için bulanık maliyet.....	90
Tablo 4.8: Uygulama projesinin farklı α değerleri için özet GA pareto çözümleri.....	91
Tablo 4.9: Proje kapsamındaki yapılacak faaliyetler ve hemen önceki faaliyetleri.	94
Tablo 4.10: Proje kapsamındaki faaliyetlerin toplam miktarları ve alternatif pozları.....	95
Tablo 4.11: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı birim fiyat analizi örneği.	96
Tablo 4.12: Örnek proje için seçilmiş bir yaklaşık maliyet.....	97

Tablo 4.13: Faaliyet maliyetleri ve hızları.....	98
Tablo 4.14: Faaliyetlerin yaklaşık maliyetleri ve ekip hızları	99
Tablo 4.15: Faaliyetlerin süre ve maliyetleri	100
Tablo 4.16: Model analiz bilgileri	103
Tablo 4.17: Farklı risk seviyelerinde minimum proje süre maliyet değerleri.	105
Tablo 4.18: Farklı risk seviyelerinde maksimum proje süre maliyet değerleri.	105
Tablo 4.19: PS= 56 gün için süre-maliyet karşılaştırması.....	107



SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
\tilde{C}	: Proje Toplam Maliyeti
\tilde{C}_{N_i}	: i Faaliyetinin Normal Maliyeti
\tilde{C}_{C_i}	: i Faaliyetinin Sıkıştırılmış Maliyeti
\tilde{N}_{J_i}	: i Faaliyetinin Dolaylı Maliyeti
\tilde{d}_i	: i Faaliyetinin Süresi
$\tilde{d}_{i_{low}}$: i faaliyetinin normal olarak bitirilebileceği minimum süre
$\tilde{d}_{i_{max}}$: i faaliyetinin sıkıştırılmış olarak bitirilebileceğin maksimum süre
\tilde{d}_{max}	: Kritik yol üzerindeki faaliyetlerin toplam süresi
D	: Gerekli proje süresi
\tilde{N}_i	: i faaliyetinin normal maliyet oranı
\tilde{N}_{C_i}	: i faaliyetinin sıkıştırılmış maliyet oranı
\tilde{N}_{J_i}	: i faaliyetinin dolaylı maliyet oranı
C^α	: α risk seviyesinde projenin toplam doğrudan maliyeti
T^α	: α risk seviyesinde projenin toplam süresi
$t_{i,j}^\alpha$: α risk seviyesinde i ve j faaliyetlerinin başlama zamanı
S_i	: α risk seviyesinde i faaliyetinin süresi
S_i	: i faaliyetinden sonra gelen faaliyetler kümesi
C_{di}^α	: d_i^α zamanında i faaliyetinin doğrudan maliyeti
M_i^α	: α risk seviyesinde i faaliyetinin sıkıştırılmış süresi
N_i^α	: α risk seviyesinde i faaliyetinin normal süresi
n	: faaliyetlerin toplam sayısı

Kısaltmalar**Açıklama**

CPM	: Kritik yol metodu (Critical Path Method)
Dur	: Faaliyet Süresi (Duration)
EF	: Erken Bitiş Süresi (Early Finish)
ES	: Erken Başlama Süresi (Early Start)
FF	: Serbest Bolluk (Free Float)
GA	: Genetik Algoritma
Höf	: Hemen Önceki Faaliyet
LF	: Geç Bitiş Süresi (Late Finish)
LS	: Geç Başlama Süresi (Late Start)
PERT	: Proje Değerlendirme ve Gözden Geçirme Tekniği
TF	: Toplam Bolluk (Total Float)

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GENETİK ALGORİTMA VE BULANIK MANTIK YAKLAŞIMI İLE İNŞAAT PROJELERİNDE SÜRE-MALİYET OPTİMİZASYON MODELİ

Hatice ACAR YILDIRIM

İstanbul Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Cemil AKÇAY

İnşaat sektöründeki rekabet koşullarında projelerin planlanan koşullarla zamanında tamamlanabilmesi önemli bir kıstas olmuştur. Bunun için etkili bir proje yönetimi projelerin başarısına destek olacaktır. Başarılı bir proje yönetimi için proje planlama tekniklerinden yararlanılmaktadır. Proje planlaması yapılırken çevresel faktörlerden dolayı ortaya çıkabilecek belirsizliklerin de dikkate alınması gereklidir.

Bu çalışmada, proje yönetiminin önemli bir basamağını oluşturan süre ve maliyet dengesi, proje planlama tekniklerinden CPM ve üçgensel bulanık sayılar kullanılarak optime edilmeye çalışılmıştır. Belirsiz bir ortamda süre-maliyet dengeleme probleminin çözümüne yeni bir yaklaşım sunmayı amaçlayan bu çalışmada yapım aşamasında karşılaşılan süre ve maliyet belirsizliklerini gidermek için bulanık sayılar kullanılmıştır. Bulanık kümeler teorisi daha sonra optimizasyon prosedürüne dahil edilerek genetik algoritma arama metodu kullanılıp çok amaçlı bulanık süre-maliyet optimizasyon modeli kurulmuştur.

Önerilen model, α -kesim yaklaşımını kullanarak karar vericiler tarafından kabul edilen farklı risk seviyelerine göre pareto çözümleri ve bu çözümlere ait ilgili faaliyetlerden seçilmiş opsiyonlarını belirler. Modelin uygulamasını ve performansını göstermek için, bir vaka örneği ve bir gerçek proje üzerinde uygulanması sunulmuştur.

Haziran 2018, 179. sayfa.

Anahtar kelimeler: Süre maliyet dengeleme, genetik algoritma, bulanık mantık, CPM, optimizasyon.



SUMMARY

M.Sc. THESIS

TIME COST OPTIMIZATION MODEL WITH GENETIC ALGORITHM AND FUZZY LOGIC APPROACH IN CONSTRUCTION PROJECT

Hatice ACAR YILDIRIM

İstanbul University

Institute of Graduate Studies in Science and Engineering

Department of Civil Engineering

Supervisor : Assist. Prof. Dr. Cemil AKÇAY

In the competition conditions in the construction sector, it is important that the projects be completed on time with planned conditions. Effective project management is needed for completing the project without delaying under pre-determined conditions. Project scheduling techniques are an essential tool for successful project management. While the process of scheduling, possible environmental originated uncertainties have to be taken into consideration.

In this study, an optimization of the project cost and project durations balance o by using the critical path method and triangular fuzzy numbers. In the novel approach of the solution of time-cost trade off in the indeterministic environment, fuzzy numbers are used for eliminating vagueness in time and cost values. The fuzzy set theory is utilized for optimization procedures as genetic algorithm method is used for modeling of multi-objective fuzzy time and cost optimization.

.June 2018, 179. pages.

Keywords: Time-cost trade off, genetic algorithms, fuzzy, CPM, optimization.

1. GİRİŞ

Büyük projelerin planlanması ve programlanmasında (scheduling) projenin tamamlanması için uygun süreyi belirlemek üzere geliştirilen CPM (Critical Path Method-Kritik Yol Metodu) analizleri 1950'lerde yaygınlaşmaya başladı. Bu nedenle planlama çalışmalarında proje süresi ile proje maliyeti (direct cost) arasındaki denge önem kazanmıştır. Planlamacılar denge-değişim oranını kullanarak en uygun (optimum) proje planlamasını ve programlarını oluşturmaktadır.

İnşaat projelerinde çalışmalar genel olarak ucuz kaynaklarla uzun zamanda tamamlama eğilimindedir. Bu durumda süre maliyet optimizasyonunda kritik olmayan faaliyetlerin ucuz kaynaklarla uzun zamanda tamamlanacak şekilde planlaması yapılmalıdır. (Feng & Burns, 1997)

İnşaat süre maliyet denge-değişim çözümleri için geliştirilmiş matematiksel ve sezgisel modeller deterministik durumlara odaklanmıştır. Deterministik olmayan yöntemler ise süre maliyet denge-değişimini nadiren dikkate almaktadır. Ancak projelerin uygulamaları sırasında hava koşulları, çalışan faktörleri gibi belirsiz değişkenler faaliyet süresini, süreye bağlı olarak da maliyeti etkilemektedir. Proje sürecindeki belirsizliklerin hesaplanması için sistematik programlar geliştirilmiştir. Bu çalışmada belirsizlik altında süre maliyet denge-değişim modeli geliştirmek için Genetik Algoritma ve Bulanık Mantık Teorisi yaklaşımları kullanılmıştır.

Son yıllarda geliştirilen optimizasyon tekniklerinin en yenisi evrim teorisi ve doğal seleksiyon ilkelerine dayalı genetik algoritma yöntemidir. Genetik Algoritma, ayrık süre-maliyet problemlerine uygulanan en bilinen metasezgisel optimizasyon yöntemidir (Zheng, Ng, & Kumaraswamy, 2004). Genetik algoritmalar, sınıflandırma, model seçimi ve diğer optimizasyon işlemleri için de kullanılmaktadır (Last & Eyal, 2005).

Genel olarak optimizasyon problemlerinin çözümü için uygun olan genetik algoritma diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında daha iyi çözümlere daha kısa zamanda sayısal örgünlük (kare, dikdörtgen, polinom vb.) ve rastgele düzen içinde gidebilmektedir (Şen, 2004). Genetik algoritma işlemleri yapılırken olasılık yöntemlerinden yararlanır. Genetik algoritmalarda klasik rastgeleliğe sayısal süreç eklenir.

Her probleme analitik veya sayısal olmayan yöntemlerle çözüm bulunamadığından problemin matematik ifadesinin belirlenmesi gereklidir. Bir problem matematiksel olarak ifade edilemediği durumlarda kullanılmak üzere bulanık mantık gibi sayısal algoritmalar geliştirilmiştir.

Tez çalışmasında inşaat sektöründeki programlama problemlerinde faaliyetlerin gerçekleşmesi için işgücü, malzeme ve ekipman gibi tespit edilebilir nicel kaynaklarla birlikte çevre koşulları ya da net bilgilerle ifade edilemeyen sözel bilgilerin işlenebilmesi için bulanık mantık tercih edilmiştir.

1.1. AMAÇ

Bu çalışmada inşaat projeleri için belirsizlik koşulları altında Genetik Algoritma ve Bulanık Küme Teorisi'nin birlikte çalıştığı bir süre maliyet dengeleme modeli önerilmektedir. Bu bağlamda, bir bina inşaat projesinde faaliyetlerin günlük çıktıları bulanıklaştırılıp Genetik Algoritma metodunda değerlendirilerek proje performans bileşenleri olan süre ve maliyet üzerinde en uygun çözümün bulunması amaçlanmaktadır. Bu model bina tipi inşaat projeleri için uygulanmaktadır. Projedeki faaliyetlerin normal süresi ve maliyeti Çevre ve Şehircilik Bakanlığı birim fiyat analizi tabloları verilerine göre belirlenmiştir. Bulanık süre maliyet çiftleri ise üçgen bulanık sayılar şeklinde tanımlanmıştır.

Süre ve maliyet analizi inşaat projelerinin planlaması ve kontrolünün en önemli unsurlarıdır. İnşaat planlamacıları bir faaliyetin gerçekleşmesi için uygun malzeme, uygun iş gücü sayısı, uygun ekipman ve uygun yöntemler gibi farklı kaynaklar ve teknolojiler arasından bir seçim yapar. Bu seçim sırasında projenin uygulandığı bölgeye göre ve inşaat uygulamalarındaki belirsizlikleri de dikkate alır. Bölgesel koşullar etkisinde seçilen tekniğe göre proje süresi ve proje maliyeti belirlenmiş olur.

İnşaat sektörü için artan rekabet ortamında içindeki en önemli kavramlardan birisi risk seviyesi kavramıdır. İnşaat faaliyetlerinin farklı hızlarda yapılması durumunda toplam maliyete etkileri ve belirsizlik durumları dikkate alınarak uygun bir risk seviyesinin tanımlanması gereklidir. Bu tez çalışmasındaki amaç ise CPM, genetik algoritma ve üçgensel bulanık sayılar kullanarak projenin süre-maliyet denge optimizasyon modelini kurarak proje programlama sorunlarına bir çözüm önerisi sunmaktır.

Şebeke programlama tekniğindeki belirsizliğin ve müphemliğin doğal bir sonucu olarak şebeke programlama tekniklerinde bulanık mantık yaklaşımı kullanılmasının (Maravas & Pantouvakis, 2011), uygulanabilir proje süresi aralığında belirli bir proje süresi boyunca projedeki minimum doğrudan maliyetleri aramak içinse genetik algoritmalar kullanılmasının (Leu, Chen, & Yang, 2001) uygun olacağı görülmüştür.

Bu çalışma ile bir projedeki faaliyetlerin farklı yapım teknikleri belirlenmiş, her bir yapım tekniği, projenin farklı risk düzeylerinde süre ve maliyet açısından değerlendirilerek tasarlanan genetik algoritma optimizasyon modeli ile en uygun süre-maliyet çiftlerinin bulunması amaçlanmıştır.

1.2. TEZ KAPSAMI

Bu çalışmada inşaat projeleri için belirsizlik koşulları altında Genetik Algoritma ve Bulanık Küme Teorisi'nin birlikte çalıştığı bir süre maliyet dengeleme modeli önerilmiştir. Bu modelde, faaliyet süresi, bulanık bir sayı ile karakterize edilerek kabul edilebilir minimum koşullar uygun bir risk seviyesi olarak tanımlanmıştır.

Tez kapsamında odak noktası karar vericiler tarafından tanımlanan farklı risk düzeylerine dayalı zaman-maliyet değişim eğrilerini bulunması için malzeme, ekipman ve iş gücü maliyetleri değerlendirilerek faaliyet süreleri belirlenmiştir.

Tez çalışması kapsamında dikkate alınacak proje, 4734 Sayılı Kamu İhale Kanunu'nda tanımlı yapım işleri kapsamındaki projeler; maliyet ise idare tarafından hazırlanan yaklaşık maliyettir.

2. GENEL KISIMLAR

Faaliyet süresi, kaynak ulaşılabilirliğinin, faaliyet maliyeti ise süre ve kaynağın bir fonksiyonudur. Ulaşılabilir kaynaklar olduğu sürece faaliyet gerçekleşir. Faaliyet gerçekleştikçe de maliyet ortaya çıkar. İnşaat projelerinde faaliyetlerin çoğunda farklı süre-kaynak ve süre-maliyet ilişkileri bulunduğu için projenin optimum çözümü seçilen süre-kaynak ya da süre-maliyet çiftine göre değişecektir (Türkan, 2014). Faaliyet süresini kısaltmak üzere çok sayıda işçi ya da ekipman kullanılması faaliyet maliyetini artırır.

Bu bölümde tez konusu ile ilgili proje planlama ilkelerinden süre yönetimi ve maliyet yönetimi kavramları özetlenerek literatür taramalarına yer verilmiştir.

Proje, farklı faaliyet alanları olan ve bittiğinde yatırımcıya farklı faydalar sağlayan faaliyetler bütünüdür. Projenin gerçekleşmesi için, başlangıcı, bitişi ve özel bir hedefi olan bir süreç gereklidir (Melton, 2007).

2.1. LİTERATÜR ÇALIŞMASI

İNşaat projelerinde planlama ve kontrolünde süre maliyet dengesi önemli bir konudur. Bu konu üzerine yapılan çalışmalar faaliyet sürelerinin belirli ya da belirsiz olması durumuna göre deterministik ya da deterministik olmayan modeller olarak ikiye ayrılır. Deterministik yöntemler ise analitik ve sezgisel yöntemler olarak ikiye ayrılır

Deterministik yöntemlere odaklanmış geleneksel çözüm modelleri hesaplamalarda lineer ve dinamik programlama kullanmıştır (Leu, Chen, & Yang, 2001). Literatürde süre maliyet dengedeğişimi problemlerinde kullanılan lineer ve dinamik programlama işlem sürelerinin uzun olması nedeniyle küçük çaplı projelerde tercih edilmiştir. Süre-maliyet ilişkisini lineer kabul ederek geliştirilen sezgisel yöntemlerse optimum (en iyi) sonucu sağlayamamıştır.

İNşaat uygulamalarının belirsiz değişkenler içermesi nedeniyle deterministik olmayan modellerin inşaat yönetimindeki önemini fark eden bazı araştırmacılar -(Ang, 1975), (Ahuja & Arunachalam, 1984), (Padilla & Carr, 1991), (Gong, 1993)- modellerini belirsizlik altında geliştirmişlerdir. Deterministik olmayan modeller süre maliyet dengeleme modellerinde proje süresindeki zaman varyasyonlarının etkisine ya da kaynak kısıtlarına odaklanmıştır.

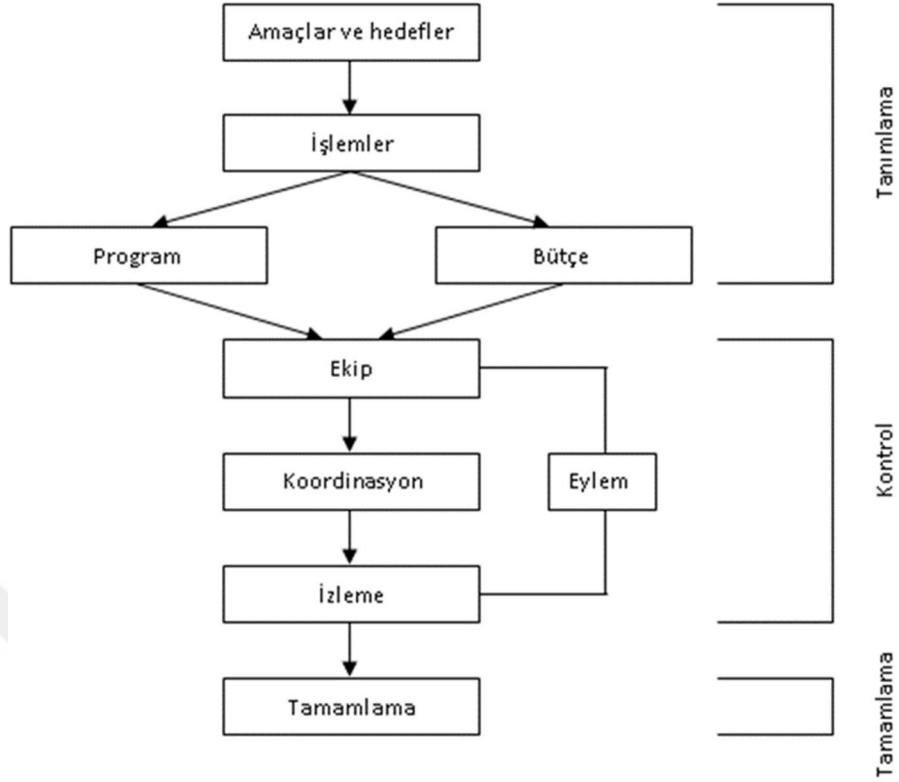
PERT, PNET ve olasılık teorisine dayanan Monte Carlo Simulasyonu gibi deterministik olmayan modeller büyük ölçekli CPM Ağlarını verimli bir şekilde çözemediğinden karmaşık problemlerin çözümünde metasezgisel algoritmalar geliştirilmiştir (Leu, Chen, & Yang, 2001). (Feng & Burns, 1997). Metasezgisel algoritmalar arasında genetik algoritmalar optimizasyon problemlerindeki başarılı olduğundan karmaşık problemlerin çözümünde tercih edilmiştir (Kahvecioğlu, 2004).

Proje planlama sürecindeki belirsizlikler nedeniyle zorlaşan faaliyet süresi ve maliyetinin belirlenmesi ile ilgili belirsizlikleri modellemede bulanık mantık teorisi kullanımı (Chanas & Kamburowski, 1981), (Lorterapong & Moselhi, 1996) ve (McCahon, 1993) tarafından önerilmiştir. (Ayyub & Haldar, 1984), (Hadipriono & Sun, 1990), (Wang, Chi, & Wan, 1993), (Wu & Hadipriono, 1994), (Hapke & Slowinski, 1996), (Lorterapong & Moselhi, 1996) ise belirsizlik altında inşaat planlama sorunlarının çözümü için bulanık mantığa dayalı modeller önermiştir (Leu, Chen, & Yang, 2001).

2.2. SÜRE-MALİYET YÖNETİMİ

Proje; genel anlamda zaman, iş gücü, malzeme, ekipman gibi kaynaklar kullanarak belirli bir bütçe ile amaca ulaşmak üzere yürütülen amaca özel tekrarı olmayan süreçlerin tümü olarak tanımlanabilir. Tez çalışması kapsamında proje terimi inşaat projeleri için kullanılacaktır. Bir inşaat projesi gerçekleştirilirken projeyi isteyen bir işveren, projeyi gerçekleştiren bir yüklenici olarak iki ana taraf vardır. Bunların yanı sıra süreç boyunca projeyi etkileyen ve projeden etkilenen işçiler, taşeronlar, proje komşuları, son kullanıcılar gibi geniş bir taraf kitlesi vardır. Mal sahibi ve yüklenici projenin başlangıcından bitimine kadar süreçlerin tamamında yer alarak süreçlerde olumlu ya da olumsuz etkilenebilirler.

İhtiyaçlar ve kaynaklar belirlenerek projenin tanımlanır. Belirlenen ihtiyaçları karşılamak için eldeki kaynaklara göre hazırlanan yol haritası ile devam eden süreç süre ve maliyet takibi ile kontrol edilir. Projenin tamamlanması; tanımlama ve kontroldeki başarıya bağlıdır. Belirlenen bütçe ile istenen hedeflere zamanında ulaşılma durumu en önemli değerlendirme kriteridir.

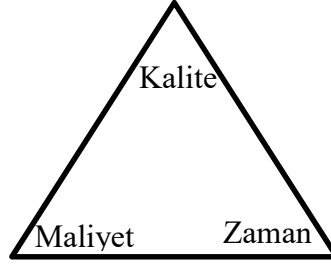


Şekil 2.1: Proje tanımlama, kontrol ve tamamlama yapısı (Albayrak, 2009).

Şekil 2.1’de görüldüğü gibi proje yeni bir işin tanımlanması, kontrol edilmesi ve tamamlanmasıdır. Bu üç unsur projenin başarısı için çok önemlidir.

Onay alan bir proje dört farklı aşamada yürütülür. Problem belirlenerek görüş ve öneriler değerlendirilmesi sonucu projenin başlamasına onay verilir. Bu onay sonrasında proje ile ilgili bilgi edinmek üzere fizibilite çalışmaları yapılır. Fizibilite çalışmalarının sonuçlarına göre projenin istenen sürede ve belirlenen maliyetle bitirilebilmesi için uygulama planları hazırlanır. Kontrol süreci ve uygulama birlikte devam eder. Son aşamada ise tamamlanan projenin teslimi yapılır. Ancak problem belirlenerek görüş ve öneriler değerlendirilmesi sonucunda projeden vazgeçilmesi durumunda ise o zamana kadar yapılan aşamaların hepsi tek başına bir proje olarak değerlendirilebilir.

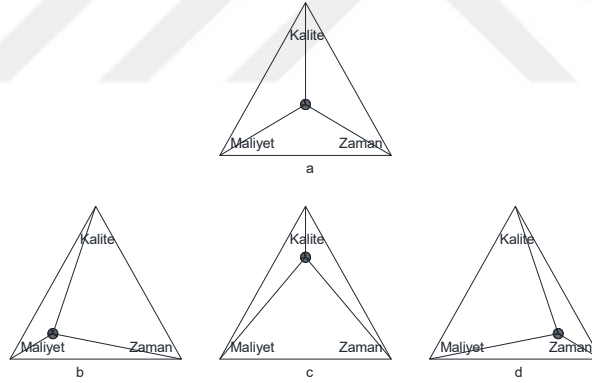
Ürün ya da hizmetin ait olduğu grup çok geniş olsa bile projenin kendine özgü olmasını sağlar. Proje uygulama sırasında tekrar edilen süreçler projenin benzersiz olmasını değiştirmez. Projelerin kaynaklarını insan ve insan dışındaki nesnelere oluşturur. Projeyi yönetmek aynı zamanda insan kaynaklarını etkin bir şekilde kullanmak demektir. Proje zaman, maliyet ve kalite bileşenlerinden oluşur. Bu üç bileşen birbiriyle sürekli iletişim halindedir.



Şekil 2.2: Maliyet - kalite - zaman üçgeni (Turner, 1991).

Şekil 2.2'de gereken şartları gösterir. Kalite kavramının içinde depreme dayanıklılık, birinci sınıf malzeme, kusursuz işçilik gibi parametreler düşünülebilir. Maliyet, projenin gerçekleşmesi için gerekli olan bütçeyi; zaman ise projenin gerçekleşmesi için gereken süreyi ifade eder. Projenin başarısı bu prensiplerin dengelenmesine bağlıdır (Albayrak, 2009).

Kamuda yapılan inşaat projelerinin ihale aşamasında sadece maliyet kriteri dikkate alınmaktadır (Akçay, 2003). Süre ve kalite kriterlerinin göz ardı edilmesi proje başarısını olumsuz etkilemektedir.



Şekil 2.3: Proje bileşenleri dengesi.

Proje yönetimi maliyet, kalite ve zaman birleşenlerinin dengesi üzerine kurulu bir sistemdir. Kalite kavramı güvenlikten estetiğe kadar çok geniş yelpazede değerlendirilebilir. Proje süresinin uzaması sabit giderleri, kısalması ise üretim giderlerini artırır. Proje süresince bu dengenin sağlanması gerekir.

Şekil 2.3'te genel olarak dört farklı denge durumu gösterilmiş olup kaliteye ilişkin varsayımlarda yapı ve kullanıcı güvenliği için gereken şartlardan taviz verilmediği varsayılarak açıklanacak olursa;

Şekil 2.3a'da proje bileşenlerinin denge durumu gösterilmiştir. Gerçekte projelerin bu denge durumunda olması çok zordur. Her projenin kendine özgü kısıt ve amaçları olduğu için denge durumu farklılıklar gösterecektir.

Şekil 2.3b'de maliyet bileşeninde bir koşul söz konusu olduğunda denge noktası maliyet tarafına kayacak kalite ve zaman değişken olacaktır. Düşük maliyet tercih edildiğinde daha uzun sürede nispeten düşük kalitede bir üretim kabul edilmiş olacaktır.

Şekil 2.3c'de kalite bileşeninde bir koşul söz konusu olduğunda denge noktası kalite tarafına kayacak maliyet ve zaman değişken olacaktır. Yüksek kalite tercih edildiğinde daha kısa sürede yüksek maliyetli bir üretim kabul edilmiş olacaktır.

Şekil 2.3d'de zaman bileşeninde bir koşul söz konusu olduğunda denge noktası zaman tarafına kayacak maliyet ve kalite değişken olacaktır. Kısa süre tercih edildiğinde kaliteli ve yüksek maliyetli bir üretim kabul edilmiş olacaktır.

İnşaat projeleri, kullanılacak kaynak ve zaman ile sınırları tanımlanmış özel faaliyetler olup kullanıcının barınma, ulaşım vb. ihtiyaçlarını karşılamak üzere yapılması planlanan bina, yol, köprü, baraj, liman gibi yapıları kapsar. (Dinç, 2005).

Barutçugil (1984)'e göre inşaat projelerinin özelliklerini aşağıdaki gibi sıralamıştır.

- İnşaat tipi, yeri ve koşulları her projede değişik olduğundan üretim metotları da değişir.
- Dış faktörler üretim üzerinde önemli etkiye sahiptir.
- Yönetimin kontrol edemediği dış faktörler nedeniyle, inşaat projelerinde risk ve belirsizlikler üst düzeydedir.
- İnşaat projeleri uzun süreli projelerdir.
- İnşaat işçileri genellikle geçici olarak çalışır ve işçilerin bilgi düzeyi düşük olduğu için verimliliğin sağlanması oldukça zordur.
- İnşaat sektöründe, imalat sektöründe olduğu gibi alıcının fiyat ve kaliteyi bir arada görmesine olanak yoktur.

İlgili kişi ve kuruluşlar için geçici faaliyetler olan inşaat projelerinde ilgili tarafları yatırımcı, yüklenici ve taşeronlardır. Yatırımcı, sonuçtaki imalatın sahibi ve kaynak sağlayıcısıdır.

Yüklenici, inşaatte uygulanacak her imalat kaleminin kontrolünü ve takibini yapar. Yüklenici firma işin bazı kalemlerini taşeron firmalarla sözleşme yaparak onlara devredebilir.

Projelerin en büyük sorunlarından biri belirsizliktir. Projede belirsizliğin yönetilmesinde projeyi yürüten organizasyonların uyumlu ve bütünleşik bir şekilde hareket edebilmesi önemlidir. Belirsizlik proje yaşam döngüsünün başlangıç aşamasında en yüksek düzeydedir. Belirsizliğin yüksek olmasından dolayı projenin bu aşamada tamamlanma olasılığı çok düşüktür.

Proje yaşam döngüsü, her aşamada yapılması gereken teknik çalışmaları ve bu aşamaların sorumlularını belirler. Projenin her aşamasında bir veya daha fazla karar-sonuçlandırma noktası vardır. Bu noktalarda proje hedeflerine ulaşılmasında önemli yer teşkil eden aktiviteler gerçekleştirilir. Bunlar, fizibilite raporu, proje devam ya da vazgeçme kararı, ayrıntılı tasarımların yapılması gibi kendilerinden sonra gelen aşamaları etkileyen önemli unsurlar içerirler. Bu nedenle, bunların her birinin bittiği veya teslim edildiği noktalar ile nitelikleri açık ve kesin olmalıdır.

Proje yönetimi, proje amaçlarına ulaşabilmek için gerçekleştirilen planlama, yönetme ve kontrol faaliyetlerinden oluşan bir disiplindir (Manisalı, 2010). Proje yönetimi ile amaçları gerçekleştirmek üzere kaynakların verimli kullanımını sağlayan katılımcı, sistematik, dinamik ve stratejik süreçtir (Albayrak, 2009). Proje yönetimi ile proje taraflarının projeden beklenenleri elde edebilmeleri için kullanılan bilgi, yetenek, araç ve tekniklerin bütünü olup projeyi etkileyen ve projeden etkilenen farklı grupların bütünleşmesi sağlanır.

Proje yönetimi bir projenin yol haritasıdır. Toplam projeyi, yapılabilir faaliyetlere ayırarak bu faaliyetlerin sırasını ve birbirileri ile olan ilişkilerini ortaya koyar (Albayrak, 2009). Önceden belirlenmiş bu iş ilişkileri. Proje süresince faaliyetlerin yürütülmesinde ortaya çıkabilecek olası sorunların önceden tespit edilmesini, gerekli önlemlerin alınmasını ve çözümlerin sunulmasını süre ve maliyet kontrolüne olanak sağlar.

İnşaat projelerinde, projenin bütçe sınırları içinde süresinde ve istenen kalitede tamamlanması önemli bir başarı ölçütüdür. Proje yönetiminde kontrolün amacı, süre ve maliyet kısıtları altında süreci yönetebilmektir.

Kalite kontrolü, hizmet ve ürün kalitesinin standartlara uygun yapılabilmesi için gereklidir. Zaman kontrolü, iş akışının izlenmesi ve işlerin önceden belirlenen süre içinde tamamlanmasını sağlamak için gereklidir. İyi bir maliyet kontrol sistemi ile projenin ilerlemesi ölçer, zaman maliyet planını ilişkilendirir, olası sorunların nedenlerini tanımlayarak proje yöneticisine fikir verir ve kilometre taşları denetlenebilir. Yapılan planlamada süre maliyet arasındaki olası sapmalar, planlanan işler ve gerçekleşen durum arasındaki durumu ortaya koyarak, zamanında müdahaleye olanak sağlar.

2.2.1. İnşaat Sözleşmeleri

Sözleşmeler iki ya da daha fazla taraf arasında, tarafların özgür iradeleriyle, belirli süre ve şartlar için yapılan anlaşmaları içerir. Sözleşmelere ilişkin şartlar, Borçlar Hukuku'nda yer almaktadır.

İnşaat sözleşmeleri Borçlar Kanununun 355 ve diğer maddelerinde düzenlemiş olduğu istisna (eser) sözleşmelerinin özel bir türüdür. İstisna sözleşmelerinin en çok uygulama alanı bulduğu alan inşaat sözleşmeleri alanıdır.

818 Sayılı Borçlar Kanunu (1926) tanımından yola çıkarak “İnşaat sözleşmesi; müteahhidin, iş sahibinin ödemeyi borçlandığı bedel karşılığında bir yapının tamamını veya bir kısmını inşa ederek teslim etmeyi borçlandığı sözleşmedir.” şeklinde tanımlanabilir. Bu tanıma göre müteahhidin asli edimi, bir yapının tamamını veya bir kısmını inşa ederek teslim etmek, inşaat sahibinin edimi de proje bedelini ödemektir. İnşa eseri insan eliyle yapılmış ve az veya çok, doğrudan doğruya veya dolaylı olarak toprağa bağlantılı her türlü bina ve diğer inşa (yapı) eserini ifade eder. İmar Kanununun 5. maddesinde inşa eseri “karada ve suda sürekli veya geçici, resmi ve özel yeraltı ve yerüstü inşaatı ile bunların ilave ve değişiklik ve tamirlerini içine alan sabit ve müteharrik eser” olarak tanımlanır.

4734 Sayılı Kamu İhale Kanunu (2002) 4. Maddesinde yapım işi, “bina, karayolu, demiryolu, otoyol, havalimanı, rıhtım, liman, tersane, köprü, tünel, metro, viyadük, spor tesisi, alt yapı, boru iletim hattı, haberleşme ve enerji nakil hattı, baraj, enerji santrali, rafineri tesisi, sulama tesisi, toprak ıslahı, taşkın koruma ve dekupaj gibi her türlü inşaat işleri ve bu işlerle ilgili tesisat, imalat, ihzarat, nakliye, tamamlama, büyük onarım, restorasyon, çevre düzenlemesi, sondaj, yıkma, güçlendirme ve montaj işleri ile benzeri yapım işleri” olarak tanımlanır.

Kamuda yapım işleri 4734 Sayılı Kamu İhale Kanunu ve 4735 Sayılı Kamu İhale Sözleşmeleri Kanunu kapsamında Yapım İşleri Genel Şartnamesine göre yürütülmektedir.

4735 Sayılı Kamu İhale Sözleşmeleri Kanununda üç tip yapım sözleşmesi tanımlanmıştır.

- **Anahtar teslim götürü bedel sözleşmeler;** yapım işlerinde uygulama projeleri ve bunlara ilişkin mahal listelerine dayalı olarak, işin tamamı için isteklinin teklif ettiği toplam bedel üzerinden yapılan sözleşmelerdir.
- **Teklif birim fiyat sözleşmeler;** yapım işlerinde ön ya da kesin projelere ve bunlara ilişkin mahal listeleri ile birim fiyat tariflerine göre teklif birim fiyat üzerinden yapılan sözleşmelerdir.
- **Karma sözleşmeler;** yapım işlerinde; niteliği itibarıyla iş kalemlerinin bir kısmı için anahtar teslimi götürü bedel, bir kısmı için birim fiyat teklifi alma yöntemleri birlikte uygulanmak suretiyle gerçekleştirilen ihaleler sonucunda karma olarak düzenlenen sözleşmelerdir.

Genel olarak bakıldığında en az iki tarafın birbirine karşı sorumluluk ve yükümlülük kararlarını beyan ettikleri sözleşme hükümleri borçlar kanunu ve inşaat işlerine yönelik olarak 4735-Kamu İhale Sözleşmeleri Kanunu kapsamında düzenlenir.

İnşaat sözleşmelerinin tarafları yatırımcı, mimar, mühendis ve yüklenicidir. Bu taraflar ikili olarak yapılacak iş niteliğine göre sözleşme yaparlar. Yatırımcı – mimar projeye yönelik, mimar-mühendis yine proje dâhilinde disiplinler arası, yatırımcı – yüklenici ise projenin inşasına yönelik anlaşmalar yapar. Tez kapsamında yatırımcı-yüklenici arasındaki yapım işlerine yönelik sözleşmeler dikkate alınmıştır.

Sözleşmeler içerik olarak guruplara ayrılrsa da şekil itibarıyla benzerdirler. Genel hatlarıyla bir sözleşmede sözleşme tarafları ve iş tanıtılır, sözleşme bedeli ve süresi, tarafların yükümlülükleri, teminat ve ödeme koşulları, sözleşme kapsamındaki işin kabulüne yönelik şartlar yer alır.

Sonuç itibarıyla sözleşmeler, taraflar arasında ortak bir dil oluşturmuş, hukuki geçerliliği olan ve yanlış anlama ya da anlaşılmalari ortadan kaldıran en önemli belgedir.

İnşaat süresince en önemli belgeyi idare ve yüklenici arasında yapılmış sözleşme oluşturur. İdare ön görülemeyen risklere karşı kendini güvenceye almak istediğinden sözleşmelerde, teminat gibi garanti ve ödemeyle ilgili özel koşullar da yer alır.

Tezin çalışma temelini 4735 Sayılı Kamu İhaleleri Sözleşmeleri Kanun kapsamında düzenlenecek sözleşmelerde belirtilmesi zorunlu konulardan sözleşme bedeli ve süresi oluşturmaktadır.

2.2.2. Süre Yönetimi

Faaliyet seviyesinde yapılan kaynak atama kararları ile bir projenin süre ve maliyeti kontrol edilir. Kaynak ataması işgücü, malzeme ve ekipman olarak yapılır. Bu çalışmada işgücünün süre ve maliyet tabanlı tahminleri yapılırken adam-saat ya da adam-gün olarak adlandırılan verimlilik oranları kullanılmıştır. Verimlilik oranları proje boyunca Üretim miktarına bağlı olarak istihdam edilecek işgücü ihtiyacı, iş gücü ihtiyacının ne kadar süre gerekli olduğu ve çalışmalara bağlı maliyetlerin tespitinde bu değerler inşaat firmaları için bir temel oluşturur.

İnşaat projelerinde faaliyetlerin yapısından ve çevre koşullarından kaynaklı belirsizlikler nedeniyle faaliyet sürelerinin kesin tahminleri uzmanları zorlamaktadır. Projedekiyalıtım faaliyeti 15 günden fazla sürecektir gibi belirsiz bir süre tahmini ancak bulanık mantıkla beraber matematiksel ifade edilebilir (Akçay, 2003).

Sözleşme türüne bakılmaksızın proje süresi idareler tarafından belirlenmektedir. Proje sürelerinin doğru bir şekilde belirlenebilmesi için CPM çözümü yapılması uygun bir yöntemdir. CPM ile faaliyetler arası ilişkiler belirlenmiş olacağından risk takibi de doğru şekilde yapılacaktır. Kritik faaliyetler önceden bilindiği için maliyet dengelemede de uygun çözüm önerilerine ulaşım kolay olacaktır. Aksi durumda hangi işin ne zaman ve nasıl yapılacağı belirsiz ve değişken olacaktır. Bu belirsizlik proje yönetiminde kontrolü zorlaştıracaktır.

Verimlilik oranlarıyla elde edilen işgücü çalışma süreleri, aynı zamanda tümevarım yöntemiyle optimum proje süresini de ortaya çıkarmaktadır. İhale yapan işverenin istekleri doğrultusunda da belirlenebilmektedir. Fakat bu durumda bile, tündengelim yöntemiyle her bir faaliyet için ihtiyaç duyulan süre, yine bu oranlar yardımıyla, maliyet ve kapasite kavramları da göz önüne alınarak hesaplanmaktadır. Bu çalışmada, her faaliyetin tüm pozları için ilgili pozun ekibindeki performansı minimum olan işçinin hızına göre, ekibin adam-gün hesabı yapılmıştır.

1. Adam- Saat Kavramının Tanımı

İşgücü verimlilik oranı; belli bir faaliyeti, belirlenmiş bir süre içerisinde gerçekleştirmek için gerekli iş süresinin (saat ya da gün) aynı süre içerisinde üretilen iş miktarına oranıdır. Genellikle birim üretim başına düşen kaynak miktarı olarak bilinmektedir (Hanna, Russell, Gotzion, & Nordheim, 1999); (Thomas & Sanvido, 2000). Örneğin, 5 günde 125 m³ beton dökümü yapılan bir şantiyenin işgücü verimliliği 0,04 gün/m³'tür. İnşaat sektöründeki planlama mühendisleri planlamada, kıyaslanabilir bir veri olduğu için işgücü verimliliğini tercih eder.

Üretim verimliliği birim zamanda üretilen toplam üretim miktarının, üretim için gerekli süreye oranı olarak tanımlanabilir (Proverbs, Holt, & Olomolaiye, 1999); (Goodrum, Haas, & Glover, 2002). Örneğin yukarıdaki örnek; 5 günde 125 m³ beton dökümü yapılan bir şantiyenin üretim verimliliği $125m^3/5 \text{ gün} = 25 m^3/\text{gün}$ 'dür.

İnşaat sektöründe üretim değerleri heterojen bir yapıya sahiptir. Bu imalatlar uzunluk, alan, hacim, ağırlık ya da sayı cinsinden ölçülebilir. Örneklenecek olursa süpürgelik imalatları uzunluk (m), sıva imalatları alan (m²), beton imalatları hacim (m³) ve demir imalatları ağırlık (kg, ton), kapı menteşeleri sayı (adet) olarak ölçülür. Böylece üretim süreci ve ürüne ait bilgilerin, kendine özgü nedenlerle değişken olan fiyat kavramından bağımsız bir ölçükle standart hale gelir (Zalmai, 2015).

Kaynak kavramı ise genel verimlilikte; işgücü, sermaye, enerji ve malzemeyi kapsarken; işgücü verimliliğinde hem ortalama işçi sayısına, hem de ortalama süreye ulaşılmaktadır. Gerek işgücü verimliliğinde gerekse üretim verimliliğinde kaynak ve üretim değerleri birbirilerine dönüştürülerek kullanılabilir. Söz konusu işçi miktarı-süre-maliyet döngüsü üretim miktarı üzerinden yapılan bu dönüşümle gerçekleştirilir. Yani, belirli sürede belirli sayıda işçinin yaptığı imalat miktarı veya belirli sürede belirli miktardaki imalat yapmak için gerekli işçi sayısı, ya da belirli miktardaki imalatı yapmak için belirli sayıda işçinin çalışması gereken süre olarak, bu düşüncede verimlilik sabit kabul edilmektedir.

Örneğin; kalıp yapma işi için bir işçinin birim çalışma miktarı 1 işçi 1 günde 8 m² kalıp yapar şeklinde tanımlanan ve yapılacak toplam iş miktarı 80 m² olarak belirlenen bir şantiyede 5 işçi ile 2 günde tamamlamak ya da 2 işçi ile 5 günde tamamlamak şeklinde iki farklı çalışma programı yapılabilir.

Adam-saat değeri ile bir işçinin birim iş için çalışması gereken süre tanımlanır. Tamamlanması planlanan işin toplam miktarı ile tanımlanmış adam-saat değeri çarpılarak işin tamamlanması için gereken toplam süre bulunur.

Örneğin 211 m²'lik yarım tuğla duvar yapılacak bir şantiyede yarım tuğla duvar yapım işi için tanımlanmış adam saat değeri 1,52 saat/m² olması durumunda işin tamamlanması için gereken süre $1.52 \text{ saat/m}^2 \times 211 \text{ m}^2 = 320 \text{ saat}$ olarak hesaplanır. Bir işçinin bir günde 8 saat çalışması koşulu ile 4 işçi çalıştırıldığında bu iş 10 günde tamamlanır. Bir iş için kurulacak ekip süre ve maliyet faktörleri karşılaştırılarak belirlenir.

2. Adam-Saat Değerinin Hesaplanması

İnşaat planlamacıları veya proje yöneticileri bir iş programı yapmaya başladıkları zaman, öncelikle proje için gerekli olan bütün faaliyetleri tanımlar. Faaliyetler tanımlandıktan sonra her bir faaliyet için üretim miktarları hesaplanır. Mevcut kaynaklara, tahsis edilen bütçeye ve üretim miktarına bağlı olarak faaliyet sürelerini analitik yöntemler yardımıyla hesaplanır. Bu aşamada yararlanılan adam-saat değerlerine ulaşmak için planlama mühendislerinin; mevcut inşaat teknolojisi hakkında deneyimli ve belli bir bilgi birikimine sahip, ekipman ve makinelerin gerçek performanslarını işgücüyle birlikte düşünebilen, ve aynı zamanda işgücü performans ve gereksinimlerini etkileyen faktörler hakkında geniş tecrübeye sahip kişiler olmaları gerekmektedir.

İnşaat firmaları bu kararları verirken önceki projelerden benzetme yapma, danışman şirketlerden yardım alma, yeterince bilgi sahibi olan ilgili taşeronlarla doğrudan etkileşim içinde olma, tecrübeye dayalı kişisel öngörü yapma gibi yöntemler kullanırlar. Türkiye'de işgücünün ayrı ayrı her bir faaliyet için girdi değerlerini gösteren verimlilik oranlarıyla ilgili mevcut kullanımda olan hâlihazırdaki tek yazılı kaynak Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Birim Fiyat Analizleridir.

Rekabet koşulları, bu değerlerin sabit kalmayıp belli bir standart sistem içinde bir elde toplanarak hem şirket bazından hem de sektör çapında bir veri tabanı şeklinde bulunması ve belirli aralıklarla yenilenmesi gerektirir. Bu konu, firmalar ile üniversitelerin oluşturacağı ortak projeler çerçevesinde ele alınmalıdır.

2.2.2.1. Faaliyet ve Proje Süresi

Projelerin karakteristik özelliklerinden biri belirli bir süre içinde tamamlanmalarıdır. İnşaat projelerinin süresi faaliyetlerin tamamlanması gereken süre kadardır. Proje süresi hesaplanırken her bir faaliyet süresinin zincir yapılarak toplanması ile hesaplanması doğru bir yaklaşım değildir. İnşaat faaliyetlerinin yapım teknikleri dikkate alındığında, kimi faaliyetler zincir gibi birbirini takip ederek biri bitince diğeri başlayacak şekilde devam ederken, kimi faaliyetler eş zamanlı olarak devam eder. Buradan yola çıkarak faaliyetler arası mantık ilişkilerini doğru kurarak proje süresini daha gerçekçi bir şekilde hesaplayabiliriz.

Proje programlaması yapabilmek için her faaliyetin süresinin bilinmesi gereklidir. Faaliyet sürelerinin belirlenmesi için birim iş miktarında yola çıkarak adam-saat değerleri hesaplanır. Faaliyet süresine ilişkin bir diğeryöntem de PERT'tir. Proje değerlendirme ve gözden geçirmek tekniğı olarak biline bu yöntemde uzman görüşlerine başvurarak faaliyet süreleri için tahmini değerler üzerine istatistik hesaplar yaparak faaliyet süresi belirlenir.

Faaliyet süreleri belirlendikten sonra proje süresi hesaplama adımına geçirilir. Faaliyetler arasında mantık ilişkileri kurularak iş akış şemaları oluşturulur. Bu iş akış şemaları üzerinde CPM ile proje süresi hesaplanır.

Faaliyet süreleri, faaliyet ilişkileri ve proje süresi bilindikten sonra proje programlama ve proje takibi gerçekçi bir şekilde takip edilir.

2.2.2.2. Faaliyet Süresinin PERT ile Hesaplanması

1950'li yıllarda ABD Deniz Kuvvetleri tarafından geliştirilen PERT'in CPM ile temel farkı faaliyet sürelerinin belirsiz olmasıdır. PERT yönetiminde öncelikle faaliyetlerin sürelerinin belirlenmesi ve bunların proje başarısına etkisi incelenir.

Bir projenin başarılı bir şekilde yürütülmesi için faaliyet sürelerinin doğru belirlenmesi gerekmektedir. Faaliyet sürelerinin belirlenebilmesi için kullanılan Delphi Yöntemine göre bir grup uzman kişi bir faaliyetin süresi ile ilgili iyimser (optimistlik), kötümser (pesimistlik) ve normal koşullarda olmak üzere 3 farklı tahminde bulunur ve grup ortalamalarıyla faaliyet süresi belirlenir (Albayrak, 2009).

Bu yöntemin büyük projelerde uygulanması pratikte zaman kaybına neden olacağından, genelde riskli görülen veya projenin önemli aşamalarında uygulanır.

Faaliyet süreleri belirlenirken işin uzmanı bağımsız kişilerden faaliyet süresi ile ilgili tahmin alınır. Bu tahmin iyimser süre (a), kötümser süre (b) ve normal süre (m) olarak 3 farklı değer içerir. İyimser süre faaliyetin uygun koşullardaki gerçekleşme süresi, kötümser süre faaliyetin olumsuz koşullardaki gerçekleşme süresi, normal süre ise faaliyetin normal koşullardaki gerçekleşme süresi olarak tanımlanır.

Bu tahminler kullanılarak her faaliyetin tahmin edilen süresi içinde gerçekleşme olasılıkları belirlenir.

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

$$V = \left(\frac{b - a}{6}\right)^2 \quad (2.2)$$

Denklem (2.1) ile faaliyetin ortalama süresi, Denklem (2.2) ile de dağılımın varyansı hesaplanır. Varyansın 1'den büyük olması ($V > 1$) iyimser ve kötümser tahminlerin birbirinde çok farklı ve belirsizlik derecesinin yüksek olduğunu, 1'den küçük olması ($V < 1$) iyimser ve kötümser tahminlerin birbirine yakın ve belirsizlik derecesinin düşük olduğunu gösterir. Varyansın yüksek çıktığı tahminler işlem süresi üzerine olumsuz etki yapar ve projenin başarısız olmasına neden olur. Faaliyetlerin varyansları pozitif ise iş programından ileride gidildiğini, negatif çıkması iş programından gerisinde kaldığını, sıfır çıkması ise tam zamanında tamamlanacağı anlamına gelir.

Örnek olarak herhangi bir faaliyetin süresini belirlemek üzere beş uzman görüşü **Tablo 2.1**'de özetlenerek faaliyet süresi hesaplanmıştır. Örnek çözümü için (Albayrak, 2009)'dan yararlanılmıştır.

Tablo 2.1: Faaliyet süreleri için uzman görüşleri.

Uzmanlar	İyimser Süre – a (Gün)	Kötümser Süre –b (Gün)	Normal Süre – m (Gün)
A	2	5	4
B	4	9	6
C	3	7	5
D	4	8	6
E	2	6	4
Ortalama	3	7	5

Faaliyet Süresi: $S = \frac{a+b+4m}{6} = \frac{7+3+4 \times 5}{6} = 5$ gün olarak hesaplanır

Varyans: $V = \left(\frac{b-a}{6}\right)^2 = \left(\frac{7-3}{6}\right)^2 = 0,44$ olarak hesaplanır.

Faaliyet süresi ve Varyans dikkate alındığında bu faaliyet için $(5 - 0,44 \cong 4,5)$ gün ile $(5 + 0,44 \cong 5,5)$ gün arasında tamamlanabileceği öngörülebilir.

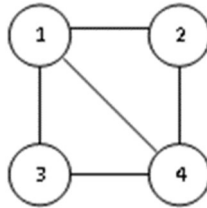
2.2.2.3. Şebeke Yöntemi

Proje programlamada yaygın olarak şebeke modelleri kullanılır (Taha, 2007). Şebeke yöntemleri projenin görsel özeti olup proje akışını mantıksal ve zamansal olarak ortaya koyar. Projenin zamanında bitirilmesini sağlar. Farklı problemler için farklı şebeke çözümleri vardır. Bu çözümlere şöyle örnekler verilebilir,

- Bir doğalgaz boru hattında inşaat maliyetlerinin düşürülmesi için minimum kapsayan ağaç,
- İki nokta arasında en kısa rotasının belirlenmesinde en kısa yol,
- Boru hatlarında minimum şebeke maliyet akışları için maksimum akış,
- İnşaat projelerinin başlangıç ve bitiş tarihlerinin belirlenmesinde kritik yol

Şebeke; bağlantı ya da dallarla birbirine bağlanmış bir dizi düğümden oluşur. $(N;A)$ ile tanımlanmış bir şebekede N , düğüm kümesi; A ; Bağlantı kümesidir (Taha, 2007).

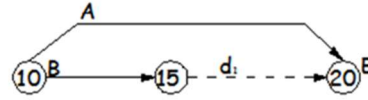
$N=\{1, 2, 3, 4\}$ ve $A=\{(1,2), (1,3), (2,3), (2,4)\}$



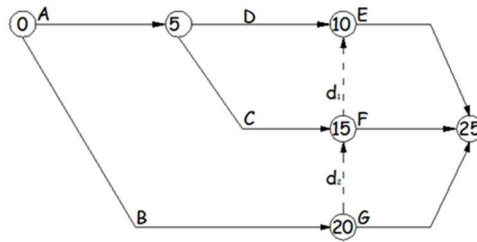
Şekil 2.4: Şebeke bağlantısı (Taha, 2007).

Şebeke gösteriminde; şebekedeki her faaliyet yalnızca bir ok ile gösterilir. Her faaliyet başlangıç ve bitiş olarak iki düğümlerle tanımlanır. Şebeke bir nokta ile başlar bir nokta ile biter. Faaliyetler zaman ve kaynak gereksinimi olan tanımlı işlerdir. Diğer faaliyetler arasındaki mantıksal bağlantıyı kuran kukla (dummy) faaliyetler kaynak ve zaman harcamayan kuramsal

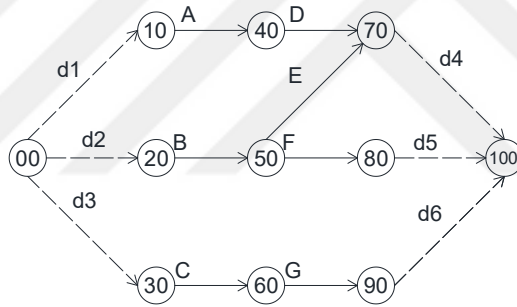
faaliyetlerdir. Bu kukla faaliyetler, numaralandırma (Şekil 2.5), mantıksal (Şekil 2.6) ve başlangıç bitiş kuklaları (Şekil 2.7) olarak farklı bağlantıları kurarlar.



Şekil 2.5: Numaralandırma kuklası (d1).



Şekil 2.6: Mantıksal Kukla (d1,d2).



Şekil 2.7: Başlangıç kuklası (d1, d2, d3) - bitiş kuklası (d4, d5, d6).

Şebeke planlamanın önemi Manisalı (2004) tarafından açıklanmıştır.

- Şebeke planlama, proje ve faaliyetlerin zaman içinde nasıl yol aldığını anlamayı sağlayan matematiksel bir modeldir.
- Proje üzerindeki olası değişikliklerin kısmen ya da bütün olarak projeye nasıl etki yaptığının incelenmesine ve “Eğer ise” analizlerine imkân sağlar
- İnşaatın doğası gereği taraflar arasındaki olası ihtilaflarda referans noktası olarak kullanılabilir.
- Maliyet kontrolü için işveren ve yüklenici açısından önemli bir araç olup, nakit akışlarında kullanılır.
- Proje süreçlerinin ve adımlarının önceden görülmesini sağlar.
- İnşaat maliyet muhasebelerinde kaçınılmaz referanstır.

2.2.2.4. Proje Süresinin Kritik Yol Metodu (CPM) ile Hesaplanması

Kritik Yol Metodu (CPM) 1957 yılında geliştirilmiş, projenin ve faaliyetlerin sürelerini belirlemede kullanılan bir yöntemdir (Albayrak, 2009). Genel anlamda projenin başlangıç ve bitişi düğümlerini birleştiren kritik faaliyetler zincirine kritik yol denir. Kritik yol üzerindeki faaliyetlerin süreleri toplamı proje süresini verir.

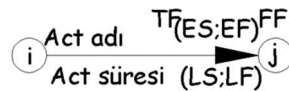
CPM zaman ve kaynak kullan, birbirleriyle ilişkili faaliyetler bütünü olup çizelgeleme faaliyetlerine analitik anlamlar kazandırır.

Bir şebekede doğru öncelik ilişkilerinin doğru kurulması için yeni bir faaliyet eklenirken aşağıdaki sorulara cevap aranmalıdır.

- Bu faaliyetten önce hangi faaliyetler tamamlanmalı?
- Bu faaliyetten sonra hangi faaliyetler devam etmeli?
- Bu faaliyetle beraber hangi faaliyetler yapılabilir?

İki faaliyet arasında başlangıç-bitiş ilişkisi varsa; bir faaliyet bittikten sonra diğer faaliyet başlar. İki faaliyet arasında paralel ilişkisi varsa; başlangıç ve bitiş zamanları aynı ya da farklı olsa da iki faaliyet birlikte devam edebilir. İki faaliyet arasında bitiş-bitiş ilişkisi varsa; bir faaliyet bittikten sonra diğer faaliyet de biter.

CPM şebekesinde her faaliyet başlangıç ve bitiş düğümü olarak 2 düğümlerle tanımlanır ve yalnızca bir okla gösterilir (Şekil 2.8). CPM hesapları yapılırken proje faaliyetlerinin öncelik ilişkileri ve zaman gereksinimleri belirlenir. Faaliyetler arasındaki ilişkileri gösterecek şekilde modellenen projenin zaman çizelgesinin geliştirilmesini sağlayacak şebeke hesapları yapılır.



Şekil 2.8: CPM şebekesinde bir faaliyetin gösterimi.

Proje süresi hesaplanırken bir faaliyet kendinden önceki faaliyetler tamamlandıktan sonra başladığı kabul edilerek İLERİ ve GERİ hesap olarak iki hesap yapılarak faaliyetlerin erken ve geç tamamlanma zamanları bulunur. CPM modelinde ilk faaliyetin t=0 zamanda başladığı kabul edilerek ileri hesaba başlanır. Başlama zamanına faaliyet süresi eklenerek faaliyetin bitme zamanı bulunur. Biten önceki faaliyetlerden en geç biten faaliyetin bitme zamanı sonraki

faaliyetlerin başlama zamanı olur. Son faaliyetlerden en geç biten faaliyetin bitme zamanı proje süresini verir.

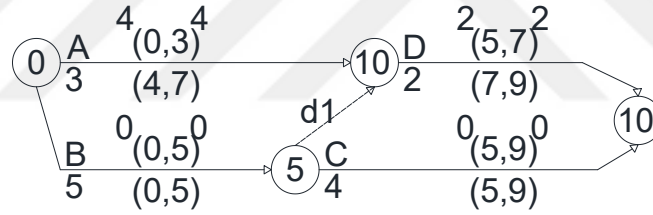
Erken Başlama (Early Start-ES_i): CPM şebekesinde ileri hesapla bulunan faaliyetlerin başlama zamanıdır.

- ✓ İlk faaliyet için $ES_i = 0$
- ✓ Diğer bütün faaliyetler için $ES_{i+1} = \max(EF_i) + Dur_{i+1}$

Erken Bitiş (Early Finish-EF_i): CPM şebekesinde ileri hesapla bulunan faaliyetlerin bitme zamanıdır.

- ✓ Bütün faaliyetler için $EF_i = ES_i + Dur_i$

Şekil 2.9'de CP Hesapları yapılarak şebekesi çizilmiş proje için hesap adımları aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 2.9: CPM'de proje gösterimi.

➤ İleri Hesap

A ve B faaliyetleri ilk faaliyetler olduğu için $t=0$ zamanında başladığı kabul edilerek Erken Başlama (Early Start- ES_A) ve Erken Bitiş (Early Finish- EF_A) sürelerinin hesaplanması;

$$\text{A Faaliyeti için } ES_A = 0 \qquad EF_A = ES_A + Dur_A \qquad EF_A = 0 + 3 = 3$$

$$\text{B Faaliyeti için } ES_B = 0 \qquad EF_B = ES_B + Dur_B \qquad EF_B = 0 + 5 = 5$$

$$\text{C Faaliyeti için } ES_C = EF_B = 5 \qquad EF_C = ES_C + Dur_C \qquad EF_C = 5 + 4 = 9$$

$$\text{D Faaliyeti için } ES_D = \max(EF_A, EF_B) = 5 \qquad EF_D = ES_D + Dur_D \qquad EF_D = 5 + 2 = 7$$

İleri hesap ile 9 gün olarak bulunan proje süresi son faaliyetlerin bitme zamanı kabul edilerek geri hesaba başlanır. Bitme zamanından faaliyet süresi çıkarılarak faaliyetin başlama zamanı bulunur. Başlayan sonraki faaliyetlerden en erken başlayan faaliyetin başlama zamanı önceki faaliyetlerin bitme zamanı olur. Başlama zamanı ileri ve geri hesapta sıfır olan faaliyetler projeyi başlatan kritik ilk faaliyetlerdir.

2.2.3. Maliyet Yönetimi

İnşaat sektöründe bütün bütçeleme teknikleri giderler üzerine kurulmuştur. Gider; elde edilen herhangi bir şey için ödenmesi gerektirir. Değer ise bahsi geçen şeylerin kullanımı ölçüsüdür. Satıcının bir eşya için istediği fiyat alıcıya gider olur ve genellikle para miktarı olarak belirtilir.

Bir yapının maliyeti, yapım maliyeti ve işletme maliyeti olarak ikiye ayrılır. Yapım maliyeti, yapının kullanıma hazır hale gelmesine kadar yapılan harcamaları kapsar. Tez kapsamında kontrol edilebilir süreç olduğu için yapım maliyeti dikkate alınacaktır. **Tablo 2.2**'de yapım maliyetleri ve tezde kullanım durumları verilmiştir.

Proje yaşam döngüsü başlangıç aşamasında; proje bileşenlerinin temel taşlarından biri olan maliyet düşükken projenin bitiş evresine doğru maliyet yükselir. Proje teslim sürecinde ise ani bir düşüş eğilimi içerisindedir.

Tablo 2.2: Bir proje için maliyet türleri.

Yapım öncesi Maliyetler	Arazi geliştirme Planlama ve fizibilite çalışmaları Mimari ve mühendislik Tasarımı	Tez çalışması kapsamında dikkate alınmamıştır.
Yapım Maliyeti	Malzeme, ekipman ve işgücü dâhil olmak üzere inşaat süreci	Tez çalışması kapsamında değerlendirilecektir.
	İnşaatın denetlenmesi İnşaatın finansmanı İnşaat sırasındaki sigorta ve vergiler	Tez çalışması kapsamında dolaylı maliyet kabul edilmiştir.
İşletme Maliyeti	Yatırımcının genel merkezi işletmesi İnşaata dâhil edilmeyen donanım ve tefrişat Denetleme ve test Yapıyı işleten personel maliyeti Bakım ve onarımda kullanılan malzeme ve çalışan personel maliyeti Periyodik yenileme çalışmaları Sigorta ve vergiler Finans maliyetleri Elektrik, su, doğalgaz gibi altyapı hizmetleri ve diğer harcamalar	Tez çalışması kapsamında dikkate alınmamıştır.

2.2.3.1. Sözleşme Maliyetleri

Sözleşme maliyetleri, yapım maliyetleriyle birlikte sözleşmeye tarafı olmak gereği projenin tamamlanmasına kadar o sözleşmeye gereği karşılanması olan maliyetleri içerir. Genel olarak sözleşme konusu proje kapsamında faaliyetlerle ilişkisi kurulan ve sözleşme gereği karşılanması gereken sigorta maliyetleri projeye doğrudan ilişkisi olmayan tasarım ve teknik destek maliyetleri gibi maliyetler inşaat genel giderlerini oluşturur.

Sözleşmeye göre ruhsat harçları vb. maliyetleri özellikle yüklenicinin karşılaması gerekirken sözleşmede geçici kabul kesintisi olarak tanımlanmış bir maliyet projenin tamamlanmasından sonra yükleniciye geri ödenebilecek maliyetler de proje süresince finanse edilmesi gereken genel yönetim giderleri olarak değerlendirilebilir.

2.2.3.2. Yapım Maliyeti

Projenin kontrolünde inşaat faaliyetleri ve ilgili nakit akışı tahminleri temel alınır. Projenin iş programının takibi için her bir aktivitede kaydedilen ilerleme ve tamamlanan aşamalar, projenin iş programında yapılması planlanan ilerleme ile karşılaştırılır. Projenin maliyet takibinde yapılmış olan bütçe tahmini sınırları içinde kalıp kalmadığına bakılır. Gerçekleşen maliyet, maliyet tahminlerini aşmamışsa proje finansal açıdan kontrol altında kabul edilir. Bazı maliyet gruplarında çok harcama yapılmış olması bir sorun olduğunu gösterir.

Yapım maliyetlerine ilişkin birim fiyat açıklamada yetkili kurum olan Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2017) birim fiyat analizlerinde her poz tarifinde, “*inşaat yerindeki yükleme, yatay ve düşey taşıma, boşaltma, her türlü malzeme ve zayıtı, işçilik, araç ve gereç giderleri, müteahhit genel giderleri ve kârı dâhil*” şeklinde açıklama ile yapım maliyetleri ve genel giderlerin faaliyet maliyetlerine dahil edildiğini göstermiştir.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı birim fiyatları malzeme, işçilik, makine gibi doğrudan maliyetler için rayiçleri belirler. Faaliyet maliyetleri bu rayiçlerden ve genel gider ve kar toplamından oluşur. Genel giderler ve yüklenici karı toplamı %25 olarak sabitlenmiştir. Bir faaliyetin birim fiyatı **Tablo 2.3**'te görüldüğü gibi doğrudan maliyet tutarı üzerinde %25 genel gider ve yüklenici karı eklenerek faaliyetin gerçek maliyeti belirlenir.

Tablo 2.3: Genel birim fiyat.

Faaliyet Birim Fiyatı	
Malzeme Giderleri	a
İşçilik Giderleri	b
Makine Giderleri	c
Giderler toplamı	$d=(a+b+c)$
Genel Gider ve Yüklenici Karı	$e=d \times 0,25$
Birim Fiyat	$BF=d+e \text{ TL/br}$

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Birim Fiyat analizlerinde öngörülen %25 genel giderler ve yüklenici karı içeriği **Tablo 2.4**'te verilmiştir.

Tablo 2.4: Genel gider ve kar oranları.

Faaliyet Birim Fiyatı Kâr ve Genel Giderlerin İçeriği	
Yüklenici kârı	%10
Noter masrafı	%1
Kesin teminat mektubu	%1
Sigorta primi ve vergisi	%7
Şantiye ve personel	%3
Araç ve akaryakıt	%1
Şantiye kurulması	%1
Avans mektubu gideri	%1

Maliyet tahmini detaylı bir şekilde hazırlanarak proje süresince kontrol amacıyla proje bütçesini oluşturmak için kullanılır. Proje bütçesi de, proje boyunca yöneticilere gidişat konusunda rehberlik eder. Proje boyunca yapılan harcamalar belirli maliyet hesaplarına kaydedilir ve bütçeden değerlerle karşılaştırılır.

Uygulama projesi üzerinden yapılması planlanan her bir imalatın poz tarifine ve ölçü yöntemine uygun olarak miktarları belirlenerek metrajları hazırlanır. Uygulama projesi üzerinden hazırlanan metrajların her bir imalat kendisine ait pozun birim fiyatıyla çapılarak imalatın maliyeti bulunur. Projenin imatlarının hesaplanan toplam parasal değerine yaklaşık maliyet denir. Yaklaşık maliyetin temelini metraj ve birim fiyatlar oluşturur. Uygulama projesinde belirlenen faaliyetlerin toplam maliyetinin yaklaşık maliyete oranlanmasıyla porsantaj değerleri hesaplanır. Her projede toplam porsantaj oranı %100'dür. İmatların porsantaj değeri ise projenin yaklaşık maliyetine ve imalatın miktarına göre değişiklik gösterir.

Kamu İhale Kanunu (2002) 9. Maddesinde “mal veya hizmet alımları ile yapım işlerinin ihalesi yapılmadan önce idarece, her türlü fiyat araştırması yapılarak katma değer vergisi hariç olmak

üzere yaklaşık maliyet belirlenir ve dayanaklarıyla birlikte bir hesap cetvelinde gösterilmesi istenir.

Kamu İhale Kanunu (2002) kapsamında ihale öncesi yaklaşık maliyet hazırlanması zorunludur. İdareler bir iş için belirlenmiş bütçe ile ihale yapar. Belirlenen bu bütçe projenin yaklaşık maliyetidir. Yapım işlerine ait planlar ve detaylar ihale öncesi netleşmiş anahtar teslim götürü bedel fiyat üzerinden ihale ve sözleşme yapılır. Anahtar teslim götürü bedel fiyatlı sözleşmeli işlerde projeni mali takibi işin ilerleme oranları üzerinden takip edilir. Tamamlanan her bir imalat için tamamlanma oranı %100 olarak kabul edilerek porsantaj değeri ve sözleşme bedeli ile çarpılarak mali ilerleme hesaplanır.

$$\text{Mali Kontrol} = \text{Sözleşme Bedeli} \times \text{Porsantaj} \times \text{Gerçekleşme Yüzdesi} \quad (2.3)$$

Sözleşme bedeli 2.560TL olan bir işte su yalıtımı imalatının porsantajı %12 ve gerçekleşme oranı % 30 ise su yalıtımı imalatı için gerçekleşme tutarı Denklem (2.3)'e göre $2.560 \times 0,12 \times 0,30 = 92,16 \text{ TL}$ olarak hesaplanır.

2.2.3.3. Maliyet Kontrolü

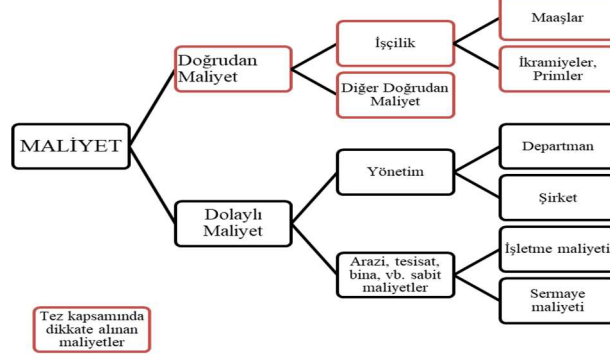
Projenin maliyet kontrolü proje süresince yapılması ve denetim altında tutulması için gereklidir. Maliyet kontrolü yapılırken hem finansal işlemler kayıt altına alınmış olur, hem de yöneticilere projenin ilerleme durumu ve karşılaşılan problemlerin tespit edilmesi konusunda yardımcı olur

Doğrudan maliyet; imalatın gerçekleştirilmesi sırasında direkt olarak kullanılan işçilik giderleri, malzeme giderleri, ekipman giderleri gibi kaynaklara ait giderlerdir.

Dolaylı maliyet ise doğrudan herhangi bir imalatın girdisi kabul edilmeyen ancak üretimin bütününe ilgilendiren giderlerdir. Bunlar şantiye kurulması ve işletilmesi, yönetim, finansman, satın alma ve pazarlama giderleri ile vergi ve tazminatlardan oluşan genel giderler olarak adlandırılmaktadır.

Bir projenin doğrudan maliyetleri; inşaat alanı denetimi maliyetleri, işçilik ve malzeme maliyetleri, ekipman nakliye, montaj, demontaj ve amortisman maliyetleri, tesis ve ekipman kiralama maliyetleri, proje tasarım ve teknik destek hizmeti maliyetleri, garanti maliyetleri olarak garanti kapsamında yapılan işler ve büyük onarımlara ilişkin öngörülen maliyetler ve

üçüncü kişilerin ödeme taleplerini kapsar. **Şekil 2.10**'da bahsedilen bu giderler özetlenerek tez kapsamında dikkate alınacak maliyetler belirtilmiştir.



Şekil 2.10: İnşaat projeleri için gider türleri.

Kamu İhale Kanunu (2002) kapsamında maliyet yaklaşık maliyetle, bütçe ödenek dilimleri ile tanımlanmıştır. Yaklaşık maliyeti ve KDV oranı toplamı kadar ödeneği olmayan projelere başlanmaz. Proje programlamaları da genelde ödenek dilimleri dikkate alınarak yapılır.

2.2.4. Proje Programlama Yöntemleri

Proje programlamada kullanılan yöntemler proje ile ilgili sorunların belirlenmesine, projenin tanımlanmasına, kontrol edilmesine ve gerekli önlemlerin alınmaması yardımcı araçlar olup projenin etkin biçimde yönetilmesini sağlar. Proje programlamanın amacı projenin tamamlanması için gerekli olan kaynak zaman ve bütçeyi belirlemektir.

Bir projede en önemli başarı kriteri, projenin zamanında tamamlanmasıdır. 4735 Sayılı Kamu İhale Sözleşmeleri Kanununda süresi içinde tamamlanmayan işler için ceza hükümleri tanımlar. İşlerin zamanında tamamlanmaması artan sabit giderlere ek olarak ceza maliyetlerini de ekleyerek proje maliyetini arttıracaktır.

En yaygın çizelgeleme ve ağ analiz tekniklerinden biri olan kritik yol yöntemi (CPM), ağ üzerinden uzun yolun belirlenmesini gerektirir. Bu yol projeyi tamamlamak için gereken en kısa proje süresini tanımlanmaktadır (Kerzner, 2009).

İnşaat projelerinin süre maliyet programlaması için çeşitli programlar geliştirilmiştir. Proje planlamada Gant Şeması, Kritik Yol Metodu (CPM), Proje Değerlendirme ve Gözden Geçirme

Tekniği (PERT) kullanılmaktadır. CPM ve PERT projelerin planlanması, çizelgelenmesi ve kontrolü için tasarlanmış şebeke modellerdir.

Projeyi oluşturan her bir faaliyetin süresi net olarak biliniyorsa proje süresi CPM ile hesaplanır. İnşaat projelerinde zaman çizelgesinin yapılması için kullanılan kritik yol metodu (CPM) faaliyetler arasındaki ilişkileri kritik yolu belirler. Bu yöntem yardımıyla projenin tamamlanması için gerekli süre ve süreye bağlı olarak da maliyetler belirlenebilir. İnşaat uygulamalarında CPM kullanılmasının nedenleri aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Faaliyetler arasındaki mantık ilişkileri belirlenmiş olduğundan inşaat maliyetlerinin en aza indirilmesi,
- En kısa rotanın belirlenmesi,
- En yüksek kapasitenin belirlenmesi
- Maliyet akış çizelgelerinin belirlenmesi
- Zaman çizelgelerinin belirlenmesi

Ancak faaliyet süreleri net olarak bilinmediği durumlarda teslim tarihleri bilinen projenin planlanması PERT ile yapılır. Faaliyetleri arasındaki öncelik ilişkileri ve süre tahminleri **Tablo 2.5**'te verilen bir projenin PERT ile faaliyet süreleri hesaplanarak proje programlama yöntemlerinde gösterilmiştir.

Tablo 2.5'te verilen süre tahminlerinden yola çıkarak denklem (2.1) ile faaliyetin ortalama süresi, denklem (2.2) ile de dağılımın varyansı hesaplanmıştır. PERT yöntemi ile faaliyet süreleri ve Varyans değeri hesaplanarak **Tablo 2.6**'da gösterilmiştir. PERT sürelerinde ortalama değeri faaliyet süresi alınmıştır.

Tablo 2.5: PERT faaliyet bilgileri.

Sıra	Act	Höf	Süre Tahminleri (a,b,m-gün)
1	A	-	18; 22; 20
2	B	-	19; 29; 21
3	C	A	14; 22; 15
4	D	B	9,5; 20,5; 10,5
5	E	B	15; 21; 18
6	F	E	3,5; 8,5; 4,5
7	G	C, D, F	8; 16; 15
8	H	E	18,5; 25,5; 19
9	I	-	32; 46; 33

Tablo 2.6: Faaliyetler için faaliyet süresi ve varyans değerleri.

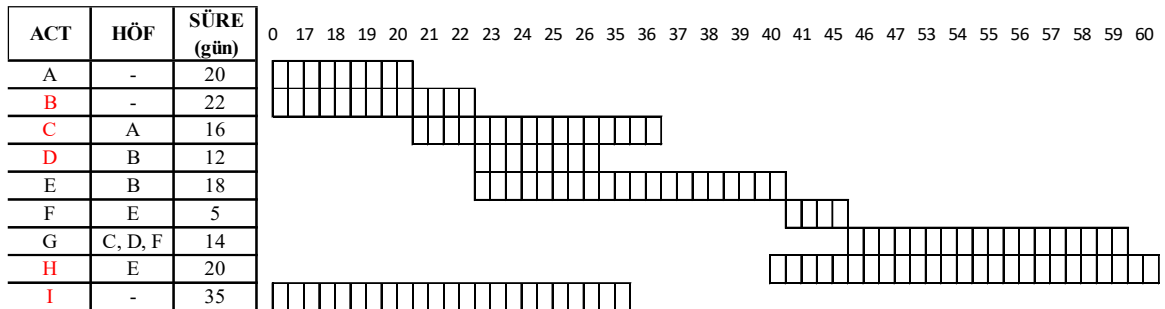
SIRA	ACT	HÖF	Faaliyet Süresi (Gün)	Varyans (V)	PERT Süreleri (Gün)		
					Erken	Ortalama	Geç
1	A	-	20	0,44	19,56	20	20,44
2	B	-	22	2,748	19,252	22	24,748
3	C	A	16	1,78	14,22	16	17,78
4	D	B	12	3,36	8,64	12	15,36
5	E	B	18	1	17	8	19
6	F	E	5	0,69	4,31	5	5,69
7	G	C, D, F	14	0,11	13,89	14	14,11
8	H	E	20	1,36	18,64	20	21,36
9	I	-	35	5,44	29,56	35	40,44

Varyans değeri B, C, D, H ve I faaliyetlerinde 1'den büyük oluğu için faaliyet süresi tahminlerinin birbirinden çok farklı ve belirsizlik derecesinin yüksek olduğu diğer faaliyetlerde ise belirsizlik derecesinin düşük olduğu görülmektedir.

2.2.4.1. Gant Şeması Yöntemi

Henry Gant tarafından 1918 yılında geliştirilen bu (Albayrak, 2009) proje planlama ve izleme aracıdır. Bir zaman çizgisi boyunca her bir proje faaliyetinin başlama ve bitiş tarihleri belirlenerek oluşturulur. Planlanan ve gerçekleşen zamanların belirlenmesiyle takip edilir. Küçük boyutlu projelerin takibi için uygundur. Çabuk ve kolay hazırlanabilse de faaliyetler arasındaki ilişkileri, kritik yolları gösteremez. Kaynak koordinasyonu sağlayamaz.

Faaliyet bilgileri **Tablo 2.5**'te verilen projenin programlaması ortalama süre dikkate alınarak yapılmıştır. Proje programının bir bölümü Gant şeması ile **Tablo 2.7**'de gösterilmiştir.

Tablo 2.7: Gant şeması ile proje programlaması.

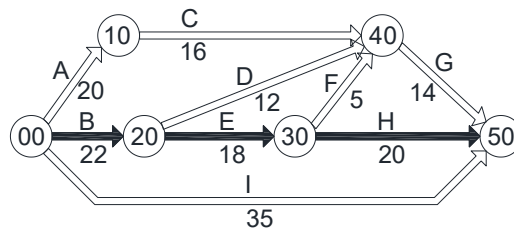
4734 Sayılı Kamu İhale Kanunu kapsamında yapılan işlerde idareler tarafından iş programı istenmektedir. Bu iş programları yaygın olarak ödeneklerin işin süresine oranlanması ile hazırlanan Gant Şeması programlarıdır. Bu programlamada faaliyetler arasındaki öncelik ilişkileri net olarak görülmez ve gerçeği yansıtmaz. Aylık ödenekleri karşılayabilmek adına rast gele dağıtılan faaliyet süreleri ve maliyetleri sonucunda faaliyetler arası ilişkide sorunlarla karşılaşmaktadır. Örneğin alüminyum doğrama imalatı çerçeve, cam, menteşe ve pencere kolu parça parça poz numaraları ile tanımlanarak üretilmiş olsa da yerine bir bütün olarak montajı yapılır. İş programına ödenek dilimlerini sağlamak adına farklı pozla tanımlanmış olan menteşe montajının doğrama imalatından aylar önce iş programında gerçekleşeceği şeklinde hatalar görülmüştür.

2.2.4.2. Kritik Yol Yöntemi

Proje programlaması için kullanılan bir yöntem olan çizelgeleme; bir projenin faaliyetlerin zamanlaması ve sıra değerlendirmesi olarak tanımlanabilir. Projenin tamamlanma tarihi belirlemesini kolaylaştırmaktadır (Mubarak, 2010).

Çizelgeleme sırasında, şebeke yöntemi çeşitli planlama yöntemlerin genel bir terimidir, her zaman yararlanılır. (Lock, 2007).

Bu kısımda **Tablo 2.5**'te PERT ile faaliyet süreleri hesaplanan projenin proje süresi **Şekil 2.11**'de görülen şebeke diyagramında CPM ile hesaplanmıştır.



Şekil 2.11: Şebeke diyagramı

İleri hesapta A, B ve I faaliyetlerinin öncesine tamamlanması gereken faaliyetler olmadığı için başlangıç faaliyetleridir. Erken başlama zamanı sıfırdır. G faaliyetinden önce C,D ve F faaliyetlerinin tamamlanması gerektiği için G faaliyetinin erken başlama zamanı, hemen önceki faaliyetlerinden en geç biten F faaliyetinin erken bitme zamanıdır. G, H ve I faaliyetlerinin sonrasında devam eden faaliyetler olmadığı için son faaliyetlerdir. Proje süresi son

faaliyetlerden en geç biten zamanın erken bitme zamanıdır. Bu örnek için proje süresi 60 gündür.

Geri hesapta G, H ve I faaliyetlerinin sonrasında devam eden faaliyetler olmadığı için son faaliyetlerdir. Geç bitme zamanı proje süresi olan altmışıncı gündür. F ve H faaliyetinden önce E faaliyetinin tamamlanması gerektiği için E faaliyetinin en geç bitme zamanı, hemen sonraki F ve H faaliyetlerinden geç başlama zamanı erken olan H faaliyetinin geç başlama zamanıdır.

Tablo 2.8: CPM çözüm sonuçları.

ACT	HÖF	İŞLEM SÜRESİ	İleri Hesap		Geri Hesap		TF	FF	KRİTİK YOL
			ES	EF	LS	LF			
A	-	20	0	20	10	30	10	10	-
B	-	22	0	22	0	22	0	0	KY
C	A	16	20	36	30	46	10	10	-
D	B	12	22	34	34	46	12	12	-
E	B	18	22	40	22	40	0	0	KY
F	E	5	40	45	41	46	1	1	-
G	C, D, F	14	45	59	46	60	1	1	-
H	E	20	40	60	40	60	0	0	KY
I	-	35	0	35	25	60	25	25	-

Proje Süresi (Max(EF)) 60

CPM hesabı sonuçları **Tablo 2.8'**da özetlenmiştir. Bu proje için proje süresi altmış gün olup B, E ve H faaliyetleri kritik faaliyetlerdir.

Gant Şeması ve Kritik Yok Metodu programlamaları karşılaştırıldığında; Gant şemasında sadece faaliyetlere ilişkin başlama ve bitme zamanları görülmekte olup faaliyetler arası ilişkiler ve kritik faaliyetler görülmemektedir. Ancak CPM'de faaliyetler arası ilişkiler ve kritik faaliyetleri şebeke diyagramında net olarak görülmesi proje kontrolünü kolaylaştırmakta ve proje programlamasında öngörü imkanı sağlamaktadır.

2.3. OPTİMİZASYON

Optimizasyon, bir sistemi oluşturan işgücü, süre, süreçler, hammaddeler, kapasite, ekipman gibi kaynakların belirli amaçlara yönelik verimli kullanımını sağlayan bir çözüm yöntemidir (Gass, 2000). Optimizasyon problemleri belirli kısıtlarla maksimum ya da minimum amaca yönelik çözüm aranan problemlerdir. Problemden ulaşılmaması gereken çok sayıda amaç varsa çok amaçlı optimizasyon problemi olarak tanımlanır (Sarker & Newton, 2008).

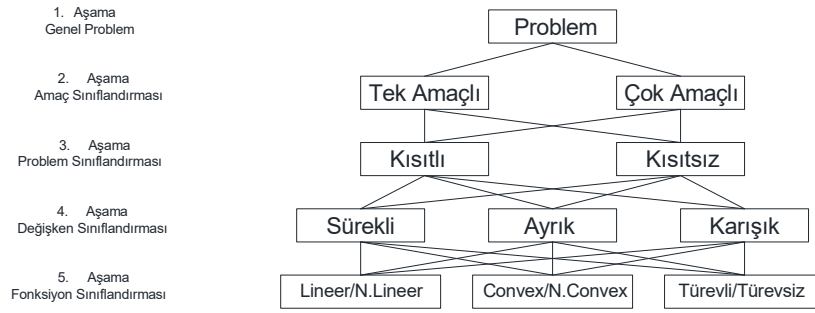
Optimizasyonun temeli modelleme bir problemin basitleştirilmiş ya da yaklaşık olarak çözümünü bulmak üzere matematik diline aktarılmasıdır. Problemin gerçek koşulları ile modeli arasında farklılıklar görülebilir.

Optimizasyon ile incelenecek birçok konu vardır. Bu konulara ilk örnek 1900 yılında makinelerde işleri planlamak için Gantt'ın grafik kullanımınıdır. Sipariş hattı için ürüne yönelik ekonomik miktarı belirlemek üzere Harris tarafından; otomatik telefon santralleri için arayanlar tarafından karşılaşılan sorunların analiz için Erlang tarafından matematiksel formülü geliştirilmiştir (Sarker & Newton, 2008).

2. Dünya Savaşı sırasında İngiliz hükümeti sınırlı kaynakları ile maksimum çaba sağlanmasını optimize etmek için sivil bilimsel grup oluşturdu. Doğrusal programlama problemlerinin çözümü için Dantzig 1947 yılında simpleks algoritması geliştirdi. Doğrusal programlama bilgisayar bilimcisi Lowsz, 1980 yılında DP optimizasyonun DP çözümlerindeki önemini temel teknik olduğunu gösterdi. Bu geleneksel optimizasyon tekniklerine ek olarak, tavlama benzetimi, tabu arama, genetik algoritmalar, sinirsel bilgisayar, bulanık mantık, karınca kolonisi optimizasyonu gibi sezgisel teknikler bazı sofistike uygulayıcılarla karmaşık durumların üstesinden gelmektedir.

Matematiksel olarak optimizasyon (eniyileme) kavramı, bir probleme olası en iyi çözümü arayan bir süreç olarak tanımlanır. Bu süreç genellikle verilen kısıtlar altında optimizasyon amacı maksimum ya da minimum olan bir fonksiyon için uygun çözümün elde edilmesidir.

Optimizasyonun iki önemli adımı modelleme ve çözümlenmedir. Modelleme, problemin matematik ifadesi; çözümlenme ise bu modeli sağlayan en iyi çözümü bulma sürecidir.



Şekil 2.12: Optimizasyon problemlerinin sınıflandırılması (Sarker & Newton, 2008).

Türkay (2018) çalışmasında optimizasyon teknolojisinin gelişimine yönelik geçmiş çalışmaları aşağıdaki gibi özetmiştir.

- Modellemeyle ilgili ilk çalışmalar Amerika Birleşik Devletleri'nin dış ticaretini ve ekonomik yapısını modellemek amacıyla Leontief tarafından,
- Üretim planlamasında en sıklıkla karşılaşılan problemlerin modellenmesine ve elde edilebilecek en iyi sonuçları bulma yöntemlerinde optimizasyon yönteminin gerekliliğine ilişkin çalışmalar Rus matematikçisi Kantorovich tarafından,
- Ulaşım sektörünün verimliliğini arttırmaya yönelik modelleme çalışmaları Kantorovich ve Gavurin tarafından,
- Ekonomi alanında optimum kapasite kullanımına yönelik özellikle ulaştırma sistemlerinde modelleme çalışmaları Koopmans, Reiter ve Bausch tarafından yapılmıştır.
- Optimizasyon problemlerinin çözümüne yönelik olarak simpleks algoritması Dantzig tarafından geliştirilmiştir.

Optimizasyon modelleri özellikle ekonomik sistemlerde üretim/dağıtım problemlerinin çözümünde yaygın olarak kullanılmakta ve optimizasyon genel çözüm algoritmaları geliştirilmeye devam etmektedir.

Optimizasyon teknolojileri ile problemlerin etkin, doğru ve gerçek zamanlı çözümünde karar süreçlerini hızlandırır ve karar kalitesini artırır (Winston, 2003). Optimizasyonun, ekonomik açıdan getirdiği kazançların yanı sıra karar sürecine, müşteri, işveren ve çalışanların tercih ya da kısıtlarının dahil edilmesi sistemde yer alan kaynakların kalitesinin yükseltilmesine olanak sağlar.

2.3.1. Optimizasyonun Tarihsel Gelişimi

Ey iyiyi yapma isteği uygarlık tarihi kadar eskidir. Nil Nehri'nin taşkın dönemlerinde değişen arazi sınırlarının yeniden düzenlenmesi için düzlem geometrisinin temel kavramlarının oluşturularak ölçme ve karar verme aracı olarak kullanılması optimizasyonun ilk adımlarındandır (Byron & Weisman, 1973). Yine Nil Nehri'nin taşkın dönemlerinde nehir kıyısından göçün ve sular çekildiğinde geri dönüşün doğru zamanda yapılabilmesi için sayma ve geometri konusundaki birikimlerini kullanarak bir tür takvim bile geliştirmeleri de bir optimizasyon örneğidir (Roger, 1997).

Calculus'un gelişmesi optimizasyon teorisi ile hem matematiksel bir fonksiyonlar için hem de bağımsız değişkenler için optimal koşullarının oluşturulmasına katkı sağlanmıştır. Kullanımı düzgün-davranışlı fonksiyonlarla sınırlandırılan Calculus, uygulamalarında cebirsel problemlerle karşılaşılması gerçek dünya problemlerinin optimizasyonunda yetersiz kalsa da bilgisayar teknolojisinin gelişmesi, nümerik tekniklere matematiksel analizin uygulanması optimizasyon tekniklerinin gelişmesine katkı sağlamıştır (Byron & Weisman, 1973).

Lagrange çarpanları yönteminin geliştirilmesi ve kısıtlanmış problemler için optimallik koşullarını bulunması ve II. Dünya Savaşı döneminde yöneylem araştırması gruplarının oluşturulması optimizasyon çalışmalarının önünü açmıştır (Zalmai, 2015)

Lineer programların çözümü için 1947'de G.B. Dantzig tarafından geliştirilen Simplex yöntem tarafından optimizasyon problemlerinin çözümünde önemli bir adım olmuştur. Optimizasyon problemlerinin çözümü için dinamik programlama, doğrusal olmayan programlama, kuadratik programlama, tam sayılı programlama, şans kısıtlı programlama modelleri geliştirildi. Sezgisel optimizasyon için yapay zeka ve yöneylem araştırması, hedef programlama modeli için çok ölçütlü karar verme, lineer programlama modellerinin çözümü için elips yöntemi geliştirilen diğer optimizasyon çözüm yöntemleridir. (Zalmai, 2015). 1992'de J.H. Holland tarafından geliştirilen bir diğer sezgisel optimizasyon tekniği ise genetik algoritmalar (Çetin, 2004).

Optimizasyon olarak da adlandırılan matematik programlama (Samuel & Bodily, 1998) optimizasyon modelinin kurulması ve çözümün elde edilmesi işlemi için kullanılan genel bir terim olsa da optimizasyon kavramıyla eşanlamli olarak kullanılmaktadır (Çetin, 2002).

2.3.2. Optimizasyonun Özellikleri

Optimizasyon belirli şartlar altında en uygun çözümü bulmak olarak algılanmaktadır. Her optimizasyon analizinde, incelenen problemin sistem veya sistemlerin geliştirilmesine yönelik bir amacı vardır. Bir sistemi geliştirebilmek için en az bir çözümün sistem için elde edilebilir olması gerekir. Böyle bir çözüm olmasa sistem tasarlanamaz, çalıştırılmaz veya kontrol edilemez ve optimizasyonun dışına çıkarılır.

Eğer sistem bütün yönleriyle tarif edilmiş, girdilerin özellikleri belirlenmişse sonuç sabittir. Mesela, silindir bir kürenin çapı ve yükseklikleri verilmişse silindirin hacmi kesinlikle bilinir. Bu sebeple, girdilerden bir tanesi değişken olmadıkça sistemde bir gelişim sağlanamaz. Bir sistem tam olarak belirlenmiş girdilerle tarif edilmemişse, bu sisteme *tanımlanmamış sistem* olarak adlandırılır ve prensip olarak sonsuz sayıda çözümü vardır. Bu girdilerden en az bir tanesinin kesin olarak tarif edilmemiş olması optimizasyon için gerekli şarttır.

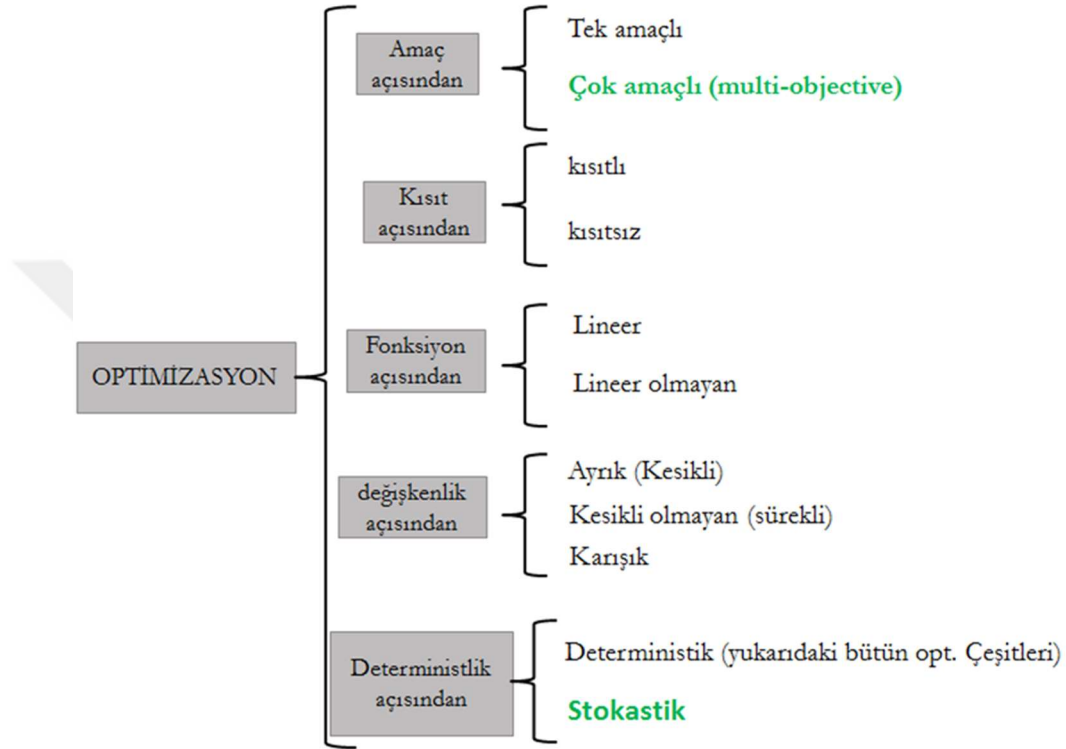
Normal olarak herhangi bir problem için tek bir cevap bulunmaz. Bu sebeple verilen bir problemde muhtemel çözümler seti arasında en iyi çözümün seçilmesi gerekir. Amaç bir her problem için değişken olduğundan öncelikle olası çözümler için problemin amacı belirlenmelidir. Endüstriyel problemler için bir makineden maksimum verimi almak ekonomik bir amaçken, maksimum dayanma gücünü sağlamak, minimum enerji kullanımını sağlamak, maksimum hızı sağlamak, minimum alanı elde edebilmek teknik amaç olabilir. Endüstriyel optimizasyon çalışmalarının ekonomiklik çerçevesi içerisinde yürütülmesi gereklidir. Bu çerçevede alternatiflerin seçilebilmesi için problemlerin kantitatif sonuç verecek biçimde formüle edilerek sonuçların kantitatif hale getirilmesi gereklidir.

Bir ürün emek yoğun sermaye ile üretilirse, yatırım tutarı düşük olacak, işçilik giderleri yüksek olacak fakat elde edilen mamulün kalitesi belli bir marjda dalgalanacağı için kalite birliği sağlanamayacaktır. Bu da rekabette önemli bir dezavantajdır. Buna karşılık aynı mamul bilgisayar bağlantılı otomasyonla üretiliyorsa bu kez kalite yükselecek yatırım tutarı artacak, fakat işçilik giderleri düşük olacaktır. Muhtemelen maliyetlerde bir artış olacaktır. Bunlardan hangi sistemin seçileceği kantitatif rakamlara dayalı olarak ekonomik açıdan mukayese edilerek yapılacaktır.

Burada önemli bir nokta da kısıtlılık halleridir. Verilen şartlar altında en iyi sonuç burada mutlak iyidir. Ancak uygun kısıtlılık durumlarına her zaman ulaşamaz.

2.3.3. Optimizasyon Problemleri

Kısıt şartlarını sağlayacak şekilde amaç değerini sağlaması gereken her problem optimizasyon problemidir. Optimizasyon problemleri yapılarına göre aşağıdaki Şekil 2.13’de gösterildiği gibi sınıflandırılmaktadır.



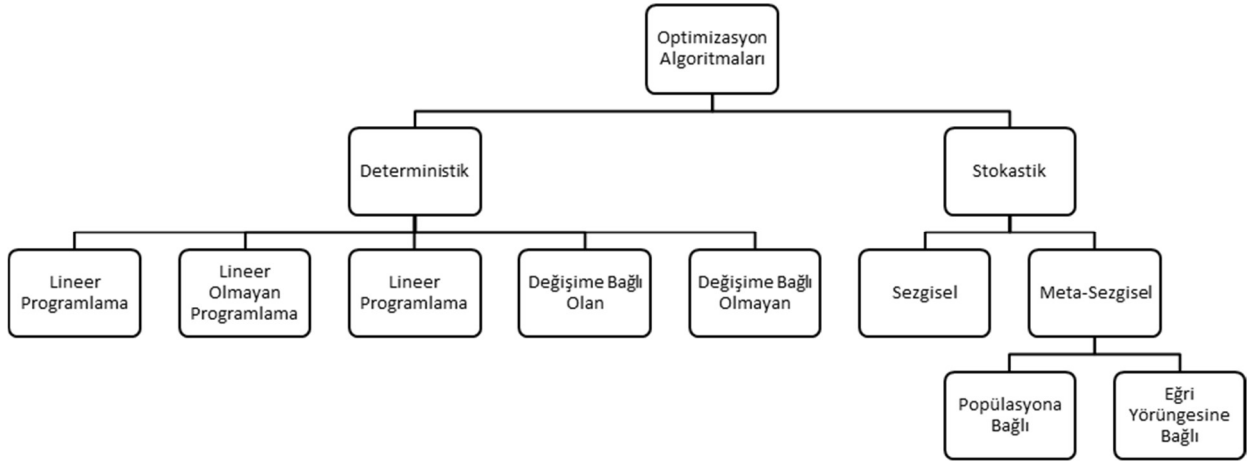
Şekil 2.13: Optimizasyon problemlerinin sınıflandırılması (Zalmai, 2015).

Bu tez kapsamında ele alınan problem, amaç açısından çok amaçlı (multi-objective) ve deterministik açısından ise, stokastik optimizasyon problemidir.

2.3.4. Optimizasyon Problemi Çözüm Algoritmaları

Genel olarak deterministik ve stokastik olarak iki ana kategoride ele alınan optimizasyon problemlerinin çözümünde deterministik yöntemlerle problemin belirlenebilen parametreleri dikkate alınır. Deterministik yöntemlerde ihmal edilen tasarım değişimleri stokastik yöntemlerde tasarım değişimleri dikkate alınır.

İnşaat projelerinde süre-maliyet dengeleme problemleri için mevcut teknikler sezgisel tarama ve matematiksel programlama olarak iki alanda kategorize edilebilir. Aşağıdaki bölümlerde kısaca bu yöntemler tanımlanarak, güçlü ve zayıf yönleri açıklanmaktadır.



Şekil 2.14: Optimizasyon algoritmalarının sınıflandırılması.

2.3.4.1. Matematiksel Programlama Modelleri

Optimizasyon problemlerinde alternatif karar değişkenleri bulunur. Değişkenler, kısıtlar ve amaç fonksiyonundan oluşan optimizasyon probleminin matematik modelinde çözüm sonrasında bütün kısıtları sağlayan ve amaç fonksiyonunun optimum değerini sağlayan karar değişkenlerinin değerleri bulunur (Taha, 2007). Matematiksel modelde amaç fonksiyonu ve kısıtlar tanımlanmış olmalıdır.

Amaç fonksiyonu maksimum ya da minimum değer elde etmeye yönelik bir fonksiyondur. $Max f(x)$ ya da $Min f(x)$ olarak gösterilir. Kısıt fonksiyonları ise amaç fonksiyonundaki karar değişkenlerinin sağlaması gereken koşulları ifade eder. $g_i(x) \leq gb_i$, $h_i(x) = hb_j$ ve $x \geq 0$ olarak gösterilir. Bu kısıtları sağlayan x değeri için maksimum ya da minimum amaç koşulları sağlanmış olur.

Bir modelin genel olarak matematiksel ifadesi (Sarker & Newton, 2008);

$$\begin{aligned}
 &Max f(x) \\
 &g_i(x) \leq gb_i \quad i=1, 2, \dots, m, \\
 &h_i(x) = hb_j \quad j=1, 2, \dots, p \\
 &X \geq 0
 \end{aligned}$$

Bu matematiksel ifadede g ve h fonksiyonları eşitlik ya da eşitsizlik sağlayan kısıt fonksiyonları olup fonksiyon değerinin ya da b_i kat sayılarının sıfır olması amaç fonksiyonunun kısıtsız olduğunu gösterir. Matematiksel programla amaç ve kısıt fonksiyonlarının yapısına göre lineer ya da lineer olmayan programlama olur.

Amaç fonksiyonunda karar değişkeni kar veya fayda gibi kavramlar olduğunda model maksimizasyon modeli, maliyet veya zarar gibi kavramlar olduğunda model minimasyon modeli olur. Matematiksel model kurulurken kısıt fonksiyonlarının sayısında sınırlama yoktur. Tanımlanan kısıtlar çözüm kümesindeki uygun alanı belirler.

İnşaat proje programlarında işçilik, malzeme, ekipman, şantiye alanı gibi konular kısıtları oluşturur. Amaç fonksiyonu ise maliyetin ve zamanın optimizasyonuna yöneliktir.

Matematiksel programlama yöntemleri, süre-maliyet dengeleme problemlerini matematiksel modellere dönüştürüp doğrusal programlama, tamsayı programlama ya da dinamik programlama yöntemleri ile çözmektedir. Süre-maliyet dengeleme problemlerinde, süre-maliyet ilişkilerinin lineer olduğu kabulüyle matematiksel modeller kurulmuştur (Kelly, 1961).

Süre-maliyet dengeleme problemlerinin çözümünde lineer süre-maliyet ilişkilerine sahip olan problemler için uygun olan lineer programlama ve doğrusal programlama, ayrık süre-maliyet ilişkilerine sahip olan problemler için başarısızdır. Lineer ve ayrık ilişkileri olan süre-maliyet problemlerini çözümünde karmaşık tamsayı programlama kullanılmıştır (Zalmai, 2015).

Optimizasyon problemlerinde kesin çözüme ulaşılamayan durumlarda sezgisel algoritmalar karar verici anlaşılabilir ve basit olması, kesin çözümü bulmaya yönelik öğrenen algoritmalar olması gibi nedenlerle sezgisel algoritmaların çözüm yöntemi olarak kullanılır.

2.3.4.2. Metasezgisel Programlama Yöntemleri

Metasezgisel (üst-sezgisel) yöntemler çözüm kümesinde etkili arama yapan temel sezgisel programların birleştirilmiş halidir. Metasezgisel, arama yöntemi yüksek kaliteli çözümlerini kapsayan bölgelerinde arama yaparak probleme özgü sezgisel yöntemlere rehberlik eder (Dorigo & Stützle, 2004)

Sezgisel algoritma çalışmalarında karar mekanizması olan metasezgisel algoritmalar bir problem için var olan farklı sezgisel yöntemler arasından en uygun yöntemin seçilmesine karar verir.

Problemin yapısına göre geliştirilen metasezgisel çözüm yöntemleri bir problem için çok sayıda yöntem arasından seçim yapma gereksinimini ortadan kaldırır. Kısaca metasezgisel

algoritma var olan yöntemler arasından en başarılı olan yöntemi istatistiksel verilere dayanarak seçer ve çözüm aramaya başlar.

Metasezgisel yöntemlerin özellikleri genel hatlarıyla aşağıdaki gibi listelenebilir.

- Arama süresince rehberlik eden yaklaşık algoritmalarıdır.
- Uygun çözümleri bulmak için çözüm uzayında hızlı arama yapar.
- Basit algoritmalarından karmaşık öğrenme algoritmalarına kadar geniş bir yelpazeyi içermektedir.
- Arama uzayındaki yerel çözümlere takılmayan genel yöntemlerdir.
- Probleme özgü bilgi kullanımına izin verirler.
- Arama sırasında elde edilen bilgiyi rehber olarak kullanır.
- Çeşitlendirme (diversification) ve yoğunlaşma (intensification) arasında dinamik denge oluşturur.

Kısacası, Metasezgisel yöntemler farklı yöntemlerle arama uzayının araştırılması başarılı algoritmalarıdır. Mühendislik problemlerinde yaygın olarak kullanılan metasezgisel yöntemler Genetik Algoritma, Parçacık Sürü Optimizasyonu, Karınca Kolonisi Algoritması, Harmoni Arama, Yapay Arı Kolonisi, Benzetilmiş Tavlama Algoritması ve Ateş Böceği Algoritması gibi algoritmalarıdır. Bu tez kapsamında Genetik Algoritma metodu kullanılmış ve detaylı olarak anlatılmıştır.

3. MALZEME VE YÖNTEM

Bilim insanları dünyayı anlamak ve kontrol etmek ister. Elektronik bilgisayarların gelişmesi bilim ve teknoloji tarihinin devrimidir. İlk bilgisayar bilimciler zekâ tabanlı bilgisayar çalışmalarına yoğunlaşmışlardır. Doğal sistemler incelenmiş, biyoloji ve psikoloji alanlarında çalışmalar yapılmıştır. Bilgisayarın ilk yıllarında çeşitli hesaplamalar ve askeri kodların yanı sıra beyin, mimik, insan öğrenmesi ve evrim gibi konular da bilgisayarlarda modelleniyordu.

1980lerde hesap yöntemlerinde öncelikle sinir ağları, ikinci olarak makine öğrenmesi ve üçüncü olarak da evrimsel yöntemler gelişti. Genetik algoritmalar ise evrimsel yöntemin özel durumudur. (Mitchell, 1999)

Proje yönetiminde süre maliyet optimizasyonuna yönelik kullanılan araç ve önerilen yöntemin önerildiği bu çalışmada inşaat projeleri için belirsizlik koşulları altında Genetik Algoritma (GA) ve Bulanık Mantık Teorisinin birlikte çalıştığı süre maliyet dengeleme modeli tasarlanmıştır.

Bu bağlamda, bir bina inşaat projesinde faaliyetlerin günlük çıktıları bulanıklaştırılıp Genetik Algoritma metodunda değerlendirilerek performans bileşenleri süre ve maliyet üzerinde en uygun çözüm modelinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bina tipi inşaat projeleri için tasarlanan bu modelde faaliyetlerin normal süresi ve maliyeti Çevre ve Şehircilik Bakanlığı birim fiyat analizi verilerine göre belirlenmiştir. Bulanık süre-maliyet çiftleri ise üçgen bulanık sayılar şeklinde tanımlanmıştır.

Süre ve maliyet analizi inşaat projelerinin planlaması ve kontrolünün en önemli parçasıdır. İnşaat planlamacıları proje süresi ve maliyetini belirlerken farklı kaynaklar ve teknolojiler arasından bir seçim yaparak karar vermektedir. Projenin uygulandığı bölgeye göre inşaat uygulamalarındaki belirsizlikleri de değerlendirerek faaliyetlerin gerçekleşmesi için uygun iş gücü sayısı, uygun ekipman ve uygun yöntemleri belirlemelidirler.

Günümüzün artan rekabet ortamı içindeki inşaat sektöründe en önemli kavramlardan birisi de risk seviyesi kavramıdır. İnşaat faaliyetlerinin farklı hızlarda yapılması durumunda toplam maliyete etkileri ve belirsizlik durumları dikkate alınarak uygun bir risk seviyesinin tanımlanması gereklidir. Bu çalışma ile bir projedeki faaliyetlerin farklı yapım teknikleri belirlenmiş, her bir yapım tekniği, projenin farklı risk düzeylerinde süre ve maliyet açısından

değerlendirilerek tasarlanan GA optimizasyon modeli ile en uygun süre-maliyet çiftlerinin bulunması amaçlanmıştır.

3.1. GENETİK ALGORİTMALAR

Genetik algoritmalar rastlantısal arama tekniklerini kullanarak iyi nesillerin hayatta kalması, kötü nesillerin elenmesi prensibine dayanır. Matematiksel modellemenin yapılamadığı ve kesin çözümün olmadığı problemlerde kullanılan bu yöntemin en önemli özelliği bir grup üzerinde çözüm arar ve en iyiyi seçmesidir (Elmas 2007).

Evrimsel ve genetik algoritmaların tarihsel gelişimine bakıldığında 1950 ve 1960'larda optimizasyon yöntemi olarak evrimsel sistemler üzerine çalışmalara başlanmıştır. Cihazların gerçek değer parametrelerini optimize etmek için evrim stratejisini sonrasında da evrimsel programlama geliştirildi. Genetik Algoritmalar ise Holland tarafından uygulanmaya başlanmıştır. Çizelgeleme problemlerinin çözümünde, iki makineli çizelgeleme problemine, atölye çizelgelemede bütünleşmiş imalat çevrimi içinde kullanılmış ve tek, 2 ve çok makineli sistemlere uygulanmıştır.

Optimizasyon tekniği olan genetik algoritmalar ayrık optimizasyon veya sabit optimizasyon problemlerinin çözümündeki başarıları ile ilgi odağı olmuştur (Sakawa, 2002). Genetik algoritmalar üzerine yapılan çalışmalarda iki noktalı çaprazlama operatörünün bir noktalı çaprazlama operatöründen daha etkili olduğu belirtilmiştir. literatürdeki diğer sezgisel yaklaşımlardan daha iyi sonuç verdiğini görülmüştür (Mitchell, 1999) ve (Elmas, 2007).

Genetik algoritmalar, çok sayıda kısıtı olan karmaşık problemlerin çözümünde doğal seleksiyon ve doğal genetik aşamalara uygun geliştirilmiş evrimsel algoritmalar (Paksoy, 2007). Genetik algoritmalarla her zaman kesin çözüm bulunamasa da yaklaşık çözüme ulaşan stokastik arama yöntemidir.

Rastgele seçilmiş bir birey popülasyonu ile başlayan genetik algoritmalarda, nüfusun her bir bireyi, göz önünde bulundurulmuş problemin bir çözümüdür. Bireyler, nesiller olarak adlandırılan birbirini izleyen iterasyonlarla evrimleşir. Bireyler, her yeni jenerasyonda, popülasyondaki birtakım uygunluk (fitness) ölçütleri kullanılarak değerlendirilir. Sonraki neslin nüfusu üreme, çaprazlama ve mutasyon gibi genetik operatörler aracılığıyla oluşturulur. Bu süreç algoritmanın durdurma koşulları sağlanana kadar devam eder.

Üremeler sonucu elde edilmiş daha iyi sonuç olan başarılı kromozomlar ile sürekli değişime uğrar (Huang, Zhang, & Liang, 2005). Genetik algoritmalarındaki bu değişim ile problemin çözüm alternatifleri artar. Böylece çözüm uzayı genişler ve en iyi çözüme ulaşma olasılığı artar.

Genetik operatörler, sezgisel ya da rastgele olma özelliği taşıdıkları için genetik algoritmalar sezgisel ve stokastik yöntemler olarak kabul edilmektedir (Paksoy, 2007).

3.1.1. Evrimsel Yöntemlerin Tarihçesi

Evrimsel yöntemler 1950'lerde 1960'larda mühendislik problemlerinin çözümünde optimizasyon aracı olarak kullanıldı. Doğal genetik çeşitlilik ve seçim yöntemleri kantitatif çözümler için bir yöntem oldu.

Genetik algoritma 1960'larda Michigan Üniversitesi'nde çalışmalarını yürüten John Holland tarafından geliştirildi. Genetik algoritma, evrimsel stratejiler ve evrimsel programlama gibi özel problemlere yönelik bir algoritma tasarımlarından farklı olarak doğada görülen adaptasyon fenomeninin bilgisayar sistemlerine adapte edilmesi üzerine bir çalışmaydı.

Holland'ın genetik algoritma yöntemi, kromozom popülasyonu üzerinden doğal seçim yöntemi ile yeni popülasyonlar oluşturuyordu. Yeni popülasyon operatörleri çaprazlama, mutasyon ya da değişme gibi genetik yöntemlerdi. Popülasyondaki her bir kromozom genlerden, her bir gen alellerden oluşmaktadır. Seçim operatörü ortalaması iyi olan kromozomları seçer. Çaprazlama iki kromozomun parçalarını değiştirir. Mutasyon ise rastgele bir aleli değiştirir.

Rechenberg'in geliştirdiği yönteme ebeveyn (parent) ve yavru (offspring) olarak iki bireyli popülasyon vardır. Yavru, ebeveynin mutasyonudur. Fogel, Owens ve Walsh'in önerdiği evrimsel programlamada sadece mutasyon operatörü kullanılmıştır. Holland geliştirdiği genetik algoritma ise tamamen genetik sistemin çalışma mantığına dayalı bir algoritmadır.

Çok büyük çözüm uzayı içine sonuca ulaşan problemlerin çözümü için eş zamanlı ve efektif çözümler sağladığı için evrimsel yöntemler tercih sebebi olmuştur. Birçok problem çevreye göre uyarlanabilen ve verimli çalışan bilgisayar programlarına ihtiyaç duyar. Bu programların bilimse gelişmelere cevap verebilecek düzeyde yeni ve orijinal olması gerekir.

Problemlerin karmaşık çözümler gerektirmesi programlamayı zorlaştırmaktadır. Yapay zekâ, karmaşık kuralları nedeniyle bilim insanları tarafında kodlanması zor bir yöntemdir. İletim

yöntemi ise sinir ağlarından esinlenmiştir. Evrimsel yöntemler ise doğal seçim kurallarını benimsediği için değişken çevreye uyum sağlayarak kaliteli ve yenilikçi çözümler sunar. Uygunluk (fitness) kriterine göre optimum çözüm kümesi olası çözüm kümesi içinde değişkenlik gösterir (Mitchell, 1999).

3.1.2. Genetik Algoritmaların Uygulama Alanları

İncelemesi ve çözümü kolay olan polinomial denklemler kısa sürede çözülebilen yöntemlerdir. Ancak polinomial olmayan denklemlerin çözümü zor ve zaman alıcıdır. Bu denklemlerin çözümünde gerçek olmayan ama geçerli çözümler bulan yaklaşık algoritmalar devreye girer. Gerçek çözümü kısa sürede bulan algoritmalar olmadığında gerçeğe en yakın çözümü bulan sezgisel algoritmalar geliştirilmiştir. Algoritmaların performans ölçütleri ise sonucu bulma süreleridir (Elmas, 2007).

Sezgisel bir yöntem olan genetik algoritmalarla her zaman kesin sonuca ulaşılmayabilir. Var olan yöntemlerle çözülemeyen veya uzun sürede çözüm bulunan problemlerde kesin sonuca yakın çözümler verebilir. Genetik algoritmalar fonksiyon, çizelgeleme, mekanik öğrenme, tasarım, hücresel üretim gibi alanlarda başarıyla uygulanabilmektedir (Elmas 2007). Genetik algoritmalar en uygun çözümü en kısa zamanda bulmak üzere geliştirilmiş bir yöntemdir.

Genetik algoritmalar istenen amaçlara ulaşmak üzere sınırlı kaynakların verimli kullanımına yönelik birleşik optimizasyon problemlerinde, şebeke çizelgeleme programlarının geliştirilmesinde kullanılır (Elmas 2007).

Genetik algoritma ve klasik optimizasyon yöntemlerinin farkları **Tablo 3.1**'de verilmiştir.

Tablo 3.1: Klasik yöntemlerle genetik algoritma arasındaki farklar.

Klasik Yöntemler	Genetik Algoritma
Belirgin (deterministik) yöntemdir	Belirsiz yöntemdir.
Rastgelelik yoktur.	Rastgelelik vardır.
İşleyişleri belirgindir.	İşleyişleri belirsizdir.
Aynı koşullarda aynı sonucu verir.	Aynı koşullarda sonuçlar farklılık gösterebilir.
Tek nokta ve tek yönde arama yapar.	Aynı anda paralel olarak birçok noktada arama yapar.
Optimum sonucu bulana kadar iz takip eder.	Yönlendirilmiş ve stokastik arama yöntemlerini içerir.

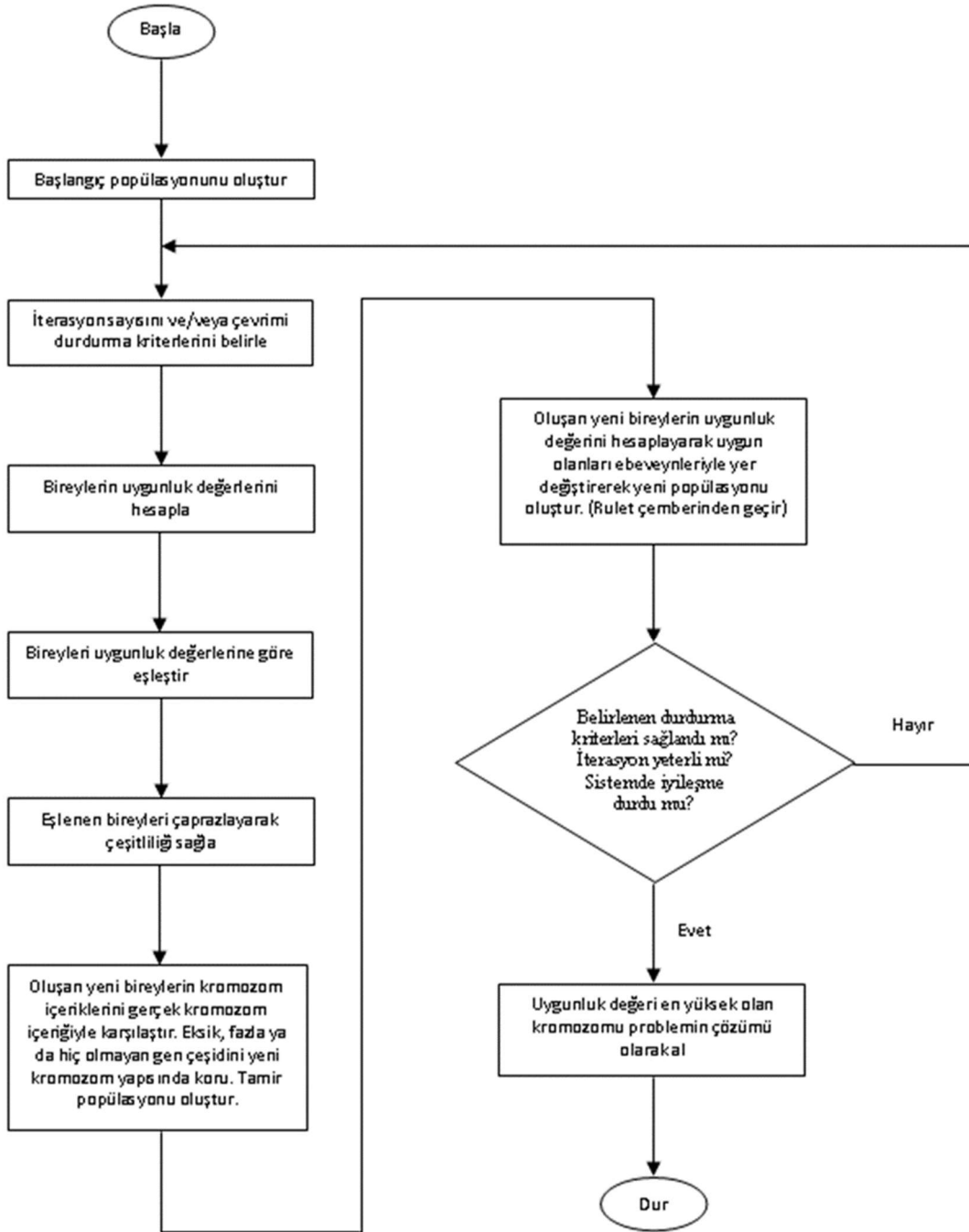
Genetik algoritmalar optimum sonucun kesin olarak bilinmediği durumlarda kullanılırlar. Genetik algoritmaların genel özellikleri aşağıda verilmiştir.

- Kesikli veya sürekli değişkenli problemlerin çözümünde kullanılır,
- Bütün hesaplar aritmetik işlemlere dayalıdır.
- Çözüm uzayında geniş alanlı çok sayıdaki noktada aynı anda araştırmaya başlanır.
- Genetik algoritmalar ne yaptığını değil nasıl yaptığını bilir.
- Çok sayıda değişkenle optimizasyon yapılabilir
- Paralel hesaplamalar için uygun yöntemdir.
- Çok sayıda uç değeri olan amaç fonksiyonlarında kullanılabilir.
- Yerel en küçüklemeyi sıçrayarak aşabilir.
- En iyi çözümler listesini verebilir.
- Parametrelerle değil parametre kodları ile ilgilenir. Karar değişkenlerini kodlayarak optimizasyon yapar.
- Deney verileri ya da analitik fonksiyonlar gibi üretilmiş genetik sayılarla çalışır.
- İşlemler sırasında olasılık ve Stokastik geçişler kullanılır.
- Operatörleri kesin ve belirgin değil rastlantısaldır.
- Sadece amaç fonksiyonu ve dinçlik dereceleri karar uzayındaki aramaları etkiler. Hata faktörü ve sapma değeri ile ilgilenmez.

3.1.2.1. Genetik Algoritmalarda İşlem Akışı

Genetik algoritmalar bir kromozom kümesi olan popülasyonla başlar. Başlangıç popülasyonun uygun olan iyi kromozomlarından yeni popülasyonlar oluşturulur. Bir genetik algoritma modelinde işlem süreçleri Mitchell & Taylor (1999) genel hatları ile aşağıdaki gibi açıklamıştır.

1. Problemin olası çözümlerinden (kromozom) oluşan başlangıç popülasyonunun oluşturulması,
2. Yeni popülasyon kromozomlarına genetik operatörlerin uygulanması
3. Oluşan yeni kromozomların popülasyondaki uygunluğunun değerlendirilerek yeni popülasyona aktarılması



Şekil 3.1: Genetik algoritma akış diyagramı (Elmas, 2007).

Sonuç olarak genetik algoritmalar, başlangıç çözüm uzayından genetik operatörle oluşturulan yeni çözüm uzayında amaç fonksiyonuna çözüm arama işlemidir.

3.1.3. Genetik Algoritmaların Yapısı

19. yüzyılda sadece 0 ve 1 rakamlarının kullanıldığı Boolean Cebiri adında 2'li sayı sistemi geliştirilmiştir (Şen, 2004). Ancak insanın el ve ayaklarında 10'ar tane parmakları olduğundan 10'luk sayısı sisteminin kullanımı daha kalıcı olmuştur.

10'luk sistemde 10 tane rakam (0-9) kullanılarak istenilen sayılar üretilebilir. Kullanımı kolay olsa da çarpım tablosunun öğrenilmesini gerektirmektedir.

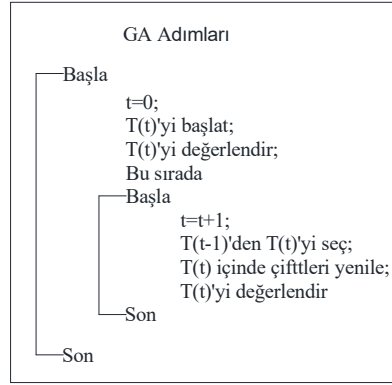
2'lik sistemi başlangıçta gereksiz iş olarak görülmüş olsa da 10'luk sistem ile karşılaştırıldığında 10'luk sistemin 36 kuraldan oluşan çarpım tablosu ile toplama, çıkarma, çarpma, bölme olarak 4 tane aritmetik işlem gerekirken, 2'lik sistemde $0 \times 1 = 0$, $1 \mp 0 = 1$ ve $1 \times 1 = 1$ olarak üç kural ve toplama ve çarpma olarak 2 tane aritmetik yeterlidir. Ancak 2'lik sistemde basamak sayısının fazla olması pratik değildir. Örneğin 10'luk sistemde 2 basamak ile ifade edilen 28 sayısı 2'lik sistemde 11100 şeklinde 5 basamak ile ifade edilir.

İnsanlar 2'lik sistemle işlem yapmaya alışık olmasa da bilgisayarlar 2'lik sisteme göre tasarlanmışlardır. İnsanlar ile bilgisayarlar arasında bu farklı sistemlerle iletişim kuran dönüştürücü birimler vardır. 10'luk ve 2'lik sistemler arasındaki dönüşümler genetik algoritma yöntemlerinin temelini oluşturur.

Genetik algoritmaların temel yapısında potansiyel problemi temsil eden N bireylerini içeren bir popülasyon bulunmaktadır.

$$S = S_1 S_2 \dots S_j \dots S_n$$

Popülasyondaki bireyler n uzunluğunda bir dizi ile tanımlanır. Kromozom olarak adlandırılan bu dizilerdeki her değer bir genidir. Genlerin farklı değerlerine alel denir. Bireyin genotipi olan kromozom problemin olası çözümü için fenotiptir. Kromozomlar genotipler ve fenotipler arasında bağlantı kurar. Fenotipten genotipe doğru yapılan eşlemelere kodlama (coding), genotipten fenotipe doğru yapılan eşlemelere kod çözme (decoding) denir (Sakawa, 2002). **Şekil 3.2**'de Goldeberg tarafından 1989'da geliştirilen genetik algoritma mekanizmasının genel yapısı görülmektedir (Şen 2004). Popülasyonun zamanla değişimini göstermek için t sembolü kullanılmıştır. Başlangıçtaki popülasyon $T(0)$, t anındaki popülasyon $T(t)$ olarak gösterilmektedir.



Şekil 3.2: Basit genetik algoritma adımları (Şen 2004).

Genetik algortmada aşağıdaki adımlar vardır:

- Problem çözümü olabilecek çözümlerin genetik sayılarla gösterilmesi,
- Başlangıç çözümün popülasyonunun değiştirilerek yeni bir popülasyon oluşturulması,
- Amaç fonksiyonunun ve dinçlik derecesinin değerlendirilmesi
- Çözümlerin yapısını geliştirecek mutasyon, çaprazlama gibi genetik işlemlerin yapılması,
- Genetik algortmada kullanılacak değişken değerlerin hesaplanması.

Fitness, genetik algortmalar ile çözülmesi gereken problem arasındaki bağlantıdır. Maksimizasyon problemlerinde, bir kromozomun fitness değeri genellikle fenotipinin amaç fonksiyonundaki $f(x)$ değeri ile aynıdır. Minimizasyon problemlerinde ise kromozomun fitness değeri amaç fonksiyonundaki $f(x)$ değeri ile ters orantılıdır. Amaç fonksiyon değeri azaldıkça fitness değeri artar. Genetik operatörlerle oluşturulan nesil fitness değerine göre bir sonraki nesli oluşturmak üzere gelişir. Birkaç çözüm sonrasında algortma algortmalar en iyi kromozoma yaklaşarak optimizasyon işlemine en uygun veya yaklaşık optimal çözümü temsil eder (Sakawa, 2002).

Genetik algortma modellemesinde kullanılan terimler bu bölümde açıklanmıştır. Genetik algortma çözümünde öncelikle problem yapısı sonrasında kullanılacak sayı sistemi belirlenir. Optimizasyon problemin de aşağıdaki bileşenler bulunur.

1. Karar değişkenleri: Problemi modelleyen değişkenlerdir. Tez çalışması kapsamında yapılacak uygulamada karar değişkenleri süre ve maliyettir.

2. Değişkenlerin değişim aralıkları: Çözüm uzayının sınırlarını belirler. Tez çalışması kapsamında süre için işin toplam süresi, maliyet için yaklaşık maliyet-sözleşme bedelidir.
3. Problemin sabitleri: Tez kapsamında dolaylı giderler.
4. Amaç fonksiyonu: Eğrisel olması uygundur.
5. Fonksiyonu optimum yapacak çözüm algoritması

Genetik algoritmada değişkenleri göstermek için kullanılan sayı türleri ve açıklamaları aşağıda verilmiştir. (Şen 2004).

3.1.3.1. Gen

Biyolojik açıdan bakıldığında kalıtımda fiziksel ve işlevsel bir yapı olan gen bir canlının genetik özelliklerini taşır. Her gen kromozom yapısında kendi başına genetik bilgi taşıyan en küçük birimdir (Şen, 2004). Optimizasyon açısından bakıldığında yapısı programcı tarafından belirlenen genler her bir karar değişkenin sayısal değeri olup 1234 şeklinde ifade edilir. Bir problemin gen sayısını karar değişkeni belirler (Paksoy, 2007).

Kromozomdaki yeri belli olan genler, değişkenleri temsil eder (Koza, 1995). Bu çalışmada karar değişkenleri süre ve maliyet olduğu için tasarlanan modelde gen, süre ve maliyeti temsil edecektir.

3.1.3.2. Kromozom

Genlerin bir araya gelerek oluşturdukları biyolojik yapıya kromozom denir. Optimizasyon modellerinde problemin karar değişkenler dizisi olan kromozomları {1234} şeklinde ifade edilir. (Şen, 2004)

Model oluşturulurken kromozomlara yerleştirilmesi karar değişkenlerine ait gen sırasının işlem süresince kesinlikle değiştirilmemelidir. Problemin çözüm alternatiflerini içeren çözüm kümesini oluşturan kromozomlarla başlayan algoritmada her kromozom temsil ettiği çözüme ait bilgileri dizi olarak kodlar (Paksoy, 2007). Kromozomdaki bu bilgiler; çözüm uzayında algoritmanın en iyi çözümü araması için gerekli bilgileri içerecek şekilde kodlanır (Mori & Tseng, 1997). Böylece genetik işlemler ile daha etkili sonuçları üretmek mümkün olmaktadır.

Genetik algoritmaların ilk uygulamalarında kromozom kodlamaları ikili sayı (binary) sisteminde yapılmış olsa da tamsayı ve reel sayılar da kullanılmıştır. Çok sayıda karar değişkeni olan problemlerde ve ikili sistem karşılığı uzun olan değişkenlerin olduğu problemlerde tamsayı ve reel sayıların kullanımı daha uygundur (Mitchell, 1999).

3.1.3.3. Popülasyon

Probleme ilişkin olası çözüm kodlarını içeren kromozomlardan oluşan popülasyon çözüm kümeleri topluluğu olup

$\begin{bmatrix} 1234 \\ 264505 \\ 46972 \end{bmatrix}$ şeklinde gösterilir (Şen, 2004).

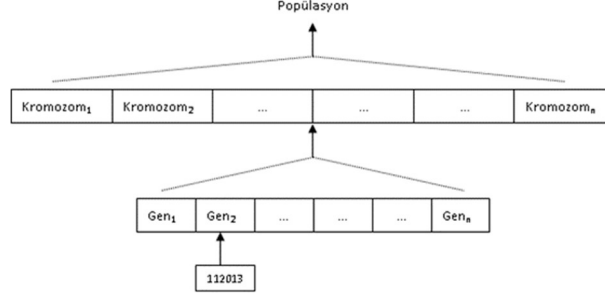
$$T = \begin{bmatrix} g_{1,1} & g_{1,2} & \cdot & \cdot & g_{1,N_{gen}} \\ g_{2,1} & g_{2,2} & \cdot & \cdot & g_{1,N_{gen}} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & g_{1,N_{gen}} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & g_{1,N_{gen}} \\ g_{N_{kro},1} & g_{N_{kro},2} & \cdot & \cdot & g_{N_{kro},N_{gen}} \end{bmatrix} \quad (3.1)$$

Problem özelliğine göre tasarımcı tarafından belirlenen kromozom sayısı popülasyonda sabittir. Genetik algoritma işlemleri sırasında çözüm sayısı artar ancak uygunluk değerine göre bir sonraki nesle aktarılan kromozom sayısı sabit kalır. Popülasyon içindeki kromozom sayısı çözüm süresini etkiler. Çok sayıda kromozomdan oluşan popülasyonda çözüm süresi uzarken az sayıda kromozomdan oluşan popülasyonda çözüm bulunamayabilir. Popülasyon büyüklüğünün belirlenmesinde Şen (2004) 15-20 kromozom; Elmas (2007) 30-100 kromozom önermektedir. Popülasyon büyüklüğü, optimum sonuca bulma süresine bağlı olarak genetik algoritmaların başarısını etkileyen önemli bir parametredir (Paksoy, 2007).

Genetik sayı yapılanmasında genin yapısındaki her rakamın sırası önemlidir. Bir kromozom yapısı içinde bulunan genlerin sırasının genetik algoritma işlemleri açısından önemi yoktur. Sadece kromozomdaki genin hangi karar değişkenini temsil ettiği bilinmelidir. Rastgele seçilen başlangıç kromozomlarının da sırasının önemi yoktur (Şen, 2004).

Gen uzunluklarının belirlenmesi için çözüm uzayı sınırlarının bilinmesi gereklidir. Hanelerde ondalık sayı kullanılması durumunda çözümden beklenen hassasiyete göre basamak sayısı belirlenir. Ancak hane sayısının artması bilgisayar hesaplama zamanını arttırır. Belirli bir sistematik içinde kalınması için genlerin aynı uzunlukta olması gereklidir. Genler aynı uzunlukta olunca kromozomlar da aynı uzunlukta olur ve karışıklık olmaz. N_{gen} sayıda genden

oluşan N_{kro} sayıda kromozom $N_{gen} \times N_{kro}$ büyüklüğünde bir popülasyon oluşturur. Popülasyon matrisi olarak gösterilirse, matrisin her elemanı bir gene, her satırı ise kromozoma karşılık gelir.



Şekil 3.3: Popülasyon yapısı (Elmas, 2007).

Çözüm uzayında rastgele sayıların üretilmesi çözüm için yararlıdır. Popülasyonda bulunan kromozom sayısı algoritmanın çözümlene süresini ve hassasiyetini etkiler. Kromozom sayısına yönelik bir kural olmasa da popülasyon büyüklüğünün için Şen (2004) 15-20 kromozom; Elmas (2007) 30–100 kromozom önermektedir.

Genetik algoritmaların davranış ve performansı giriş parametre değerleri olan gen büyüklüğü ve popülasyon büyüklüğü tarafından doğrudan etkilenir. Kötü parametre değerleri genellikle erken yakınsama sorununa yol açar (Last & Eyal, 2005).

3.1.4. Genetik Algoritma Operatörleri

Karmaşık problemlerin çözümünde başarılı olan genetik algoritmalarda üreme, çaprazlama ve mutasyon olarak üç temel genetik işlem vardır. Oluşacak yeni nesillerin önceki nesilden farklılaştırılması bu üç işlemle uyumlu kromozomların iyi özelliklerinin yeni popülasyona aktarılmasıyla sağlanır. Farklılaşan her nesille çözüm uzayının farklı noktalarında çözüm araması yapılabilir (Paksoy, 2007).

Popülasyondaki uygun kromozomlardan daha uygun kromozomlar elde etmek için genetik operatörlerin uygulanması gerekmektedir (Mori & Tseng, 1997).

3.1.4.1. Üreme (Reproduction)

Genetik algoritmalarda üreme, çözüme daha çok uygun bireylerin seçilerek daha az uygun olanların elenmesi ilkesine dayanır. Üreme, gelecek nesil için yavru yaratacak olan bireylerin nasıl seçileceğini ve her birinin kaç yavru üreteceğini belirler.

Fitness (uygunluk) değerine göre seçilen ebeveyn kromozom çiftinin özellikleri, üreme sonucunda yeni popülasyona aktarılır. Üreme yöntemi için Holland rulet yöntemi seçimini kullanmıştır (Paksoy, 2007) ve (Sakawa, 2002). Yeni popülasyonda tekrarlı sonuç ya da ebeveyn kopyası yeni bireylerin oluşmaması için kromozomlara çaprazlama ve mutasyon yapılır.

3.1.4.2. Çaprazlama

Mevcut popülasyondan yeni bireyler yaratan çaprazlama (crossover) genetik algoritmaların ana ayırt edici özelliğidir. Çaprazlama operatörü uygulamasıyla nüfus içindeki farklı bireylerden gelen bilgi parçalarının birleştirilir (Sakawa, 2002). Biyolojik süreçte olduğu gibi, ebeveyn genlerinin yeni oluşturulan bireylere aktarılmasıdır (Bolat, Erol, & Erdem, 2004). Yeni nesil popülasyona yavru oluşturmak için iki ebeveynin genetik materyalini yeniden birleştirir.

Holland, çaprazlama operatörünü üç aşamalı bir prosedür olarak tanımlamıştır (Sakawa, 2002). İlk olarak popülasyon içinden rastgele iki kromozom seçilir. İkinci adımda kromozom üzerinde bir ya da iki tane çaprazlama noktası belirlenir. Son olarak çaprazlama noktalarından kromozom parçaları değiştirilerek yeni bireyler oluşturulur. Değişim işlemi belirlenen çaprazlama noktasından sonraki genlerin yer değiştirmesi şeklinde olur.

Çaprazlama operatörünün kullanım sıklığı ve oluşacak nesiller model tasarımı sırasında belirlenen çaprazlama oranı ile kontrol edilir. Çaprazlama oranına ek olarak örtüşen popülasyon oluşabilmesi için De Jong tarafından nesil açıklığı (G-generation gap) oranı tanımlanmıştır. Bu oranın bire eşit olması popülasyonun örtüşmediğini, sıfır ile bir arasında olması ise popülasyonun örtüştüğünü gösterir.

Popülasyonun bütün bireyelerine çaprazlama yapılması şart değildir. λ_C Çaprazlama oranı ile doğru orantılı olarak çaprazlama yapılacak birey sayısı belirlenir. Popülasyon büyüklüğü P

olmak üzere çaprazlama yapılacak birey sayısı $P \times \lambda_c$ olarak belirlenir (Şen, 2004). Çaprazlama yapılacak kromozomlar rastgele seçim yöntemleri ile seçilir.

Çaprazlama oranının yüksek olması, popülasyonda işlem görece kromozom sayısını artırır (Kahvecioğlu, 2004). Çaprazlama oranını yüksek olduğunda çözüm uzayında hızlı arama sağlanırken iyi kromozomların bir sonraki popülasyona taşınmasını zorlaştırarak genetik algoritmaların performansının düşmesine neden olabilir (Nearchou, 1998). Çaprazlama oranı düşük olduğundaysa işlem görece kromozom sayısı azalacak ve algoritma yavaşlayacaktır. Çaprazlama oranı genel olarak 0,6 ile 0,9 arasında değişir (Sakawa, 2002).

Çaprazlama operatörleri, popülasyondaki kromozomların yapısına göre tek noktalı, çok noktalı, tekdüze (üniform) çaprazlama gibi farklı yöntemlerle uygulanabilir (Sakawa, 2002).

Tek noktalı çaprazlama, kromozomlar üzerinde belirlenen bir noktaya göre yapılan basit bir çaprazlama yöntemidir. Tek noktalı çaprazlama örneği Sakawa (2002)'dan alınmış ve kromozomdaki çaprazlama noktası ... | ... şeklinde gösterilmiştir.

Ebeveyn kromozomlar	Çaprazlama Operatörü	Yavru Kromozomlar
<i>EK1</i> : 11000 0001	→ Tek noktalı çaprazlama →	<i>YK1</i> : 11000 0100
<i>EK2</i> : 101110 0100		<i>YK2</i> : 101110 0001

Çok noktalı çaprazlama, kromozomlar üzerinde belirlenen bir ya da daha fazla noktaya göre yapılan çaprazlama yöntemidir. Çok noktalı çaprazlama operatörlerinde iki noktalı çaprazlama yaygın olarak kullanılır (Sakawa, 2002). İki noktalı çaprazlamada, çaprazlama noktaları arasında 3 kromozom parçası oluşur. Bu üç parçaların değişim kombinasyonlarına göre en fazla altı yeni kromozom oluşur (Paksoy, 2007).

İki noktalı çaprazlama örneği Sakawa (2002)'dan alınmış ve kromozomdaki çaprazlama noktası ... | ... | ... şeklinde gösterilmiştir. İki noktalı çaprazlamada çaprazlama noktaları arasında kalan kromozom parçası değiştirilir.

Ebeveyn kromozomlar	Çaprazlama Operatörü	Yavru Kromozomlar
$EK1: 11 0000 001$	→ İki noktalı çaprazlama →	$YK1: 11 1110 001$
$EK2: 10 1110 100$		$YK2: 10 0000 001$

Çok noktalı çaprazlama operatörünün en genel hali tekdüze çaprazlamadır. Bu yöntemde kromozomdaki gen sayısına uygun olarak rastgele seçilen ikilik sayı isteminde bir maske kromozom kullanılır. Maskedeki “1” değeri için ebeveyn kromozomlardaki genler yavru kromozomlara aynı şekilde aktarılırken, maskedeki “0” değeri için diğer kromozomdaki genler aktarılır (Sakawa, 2002).

Tekdüze çaprazlama örneği Sakawa (2002)’dan alınmış ve kromozomda değişen genler $\bar{\quad}$ şeklinde gösterilmiştir. İki noktalı çaprazlamada çaprazlama noktaları arasında kalan kromozom parçası değiştirilir.

Ebeveyn kromozomlar	Çaprazlama Operatörü	Yavru Kromozomlar
$EK1: 110000001$	→ Tekdüze çaprazlama →	$YK1: 1\bar{0}00\bar{1}00\bar{0}\bar{1}$
$EK2: 101110100$		$M: 101101101$

Çaprazlama operatörleri karşılaştırıldığında tekdüze çaprazlama yönteminin diğer yöntemlere göre daha etkili olduğu görülmüştür. Çaprazlama operatörlerinin daha özel hali olan tek noktalı ve iki noktalı çaprazlama karşılaştırıldığında iki noktalı çaprazlamanın daha etkili olduğu görülmüştür (Haupt & Haupt, 2004).

3.1.4.3. Mutasyon (Mutation)

Genetik algoritmalarda mutasyon operatörü rastgele seçilmeyi sağlayan bir işlemdir. Biyolojik mutasyonda olduğu gibi rastgele bir genin değişmesiyle farklı bir kromozom elde etmek için kullanılan bir operatördür (Chan, Chung, & Wadhwa, 2005).

Mutasyon tek kromozom üzerinde yapılan bir genetik operatör olup kromozom üzerinde herhangi bir gen değerinin değiştirilmesidir. İkinci türden hedef fonksiyonu yüzeyini araştırır. Mutasyon ile başlangıçta bulunmayan kromozom türleri elde edilerek çözüme yaklaşılır. Mutasyon yapılacak kromozom popülasyon içinde rastgele seçilir. Mutasyon ile yapılan gen

değişimi genellikle hedef değeri arttırır. Mutasyon işleminde rastgelelik olmaması için uygun mutasyon oranının 0.01-0.001 aralığında olmalıdır (Şen, 2004) ve (Sakawa, 2002). Bu oran model tasarımı sırasında belirlenmelidir. Genetik algoritma çözümlerinin tamamen rastgele olmaması için mutasyon oranının düşük seçilmesi gerekir.

Yüksek mutasyon oranı çok fazla rastgelelik nedeniyle çözüm uzayında farklılaşmaya neden olur. Düşük mutasyon oranı ise optimuma yakın çözümler verir (Nearchou, 1998).

λ_m mutasyon oranı ve P Popülasyon büyüklüğü olmak üzere mutasyon yapılacak birey sayısı $P \times \lambda_m$ olarak belirlenir.

Genetik algoritma işlemleri sırasında bireylerde mutasyon işlemi yapmanın en önemli sebebi çözüm uzayında olası alt çözüm uzaylarına girebilmek ve oralarda çözüm araştırmaları yapabilmek ve global çözümlere ulaşabilmektir. (Şen, 2004)

Kromozomda yapılan genetik bir değişimin geri alınamaz (Mitchell, 1999) özelliği iyi kromozomların tahrip olmasına neden olabilir. Popülasyonda kromozom yapıları benzeyen kromozomlar olması durumunda mutasyon uygulanmalıdır (Chan, Chung, & Wadhwa, 2005).

Paksoy (2007) çalışmasında mutasyon uygulanmış bir gende beklenen değişimi hesaplamıştır.

$$E(G) = \frac{1}{\lambda} \sum_{i=1}^{\lambda} \frac{1}{2^i} \quad (3.2)$$

$$(G) = \frac{1}{4} (0.5 + 0.25 + 0.125 + 0.0675) = 0.23563$$

Denklem (3.2)'de λ gen uzunluğu olmak üzere, uzunluğu $\lambda=4$ bit olan bir gende beklenen değişim 0,23563 olarak hesaplanmıştır.

3.1.4.4. Genetik Algoritmanın Sonlandırma Koşulu

Genetik algoritmalarla elde edilen optimum çözüm mevcut sonuçlar kümesindeki çözümlerle kıyaslanır. Genetik algoritma modelleri optimum çözüm için ne zaman duracaklarını bilmediği için durma kriterlerinin belirlenmesi gerekir.

Genetik algoritmalarla kaç yeni popülasyon oluşturulacağına ilişkin kesin bir yaklaşım yoktur (Mitchell & Taylor, 1999). Genetik algoritmalarla da kesin çözüm bulunacağı belli olmasa da

sürekli olarak en iyi çözüme yaklaşılr (Uçaner & Özdemir, 2002). Darwin'in evrim sürecini gibi seçilen her iyi popülasyondaki çözüm kümesinden daha iyi sonuçlar bulunur. Bu süreç beklenen sonuca ya da belirlenen nesil sayısına ulaşana kadar tekrarlanır.

Genetik algoritma işlemlerinin sonlandırılmasına ilişkin öne sürülen yaklaşımlardan birini Şen (2004) sonuçlar arasındaki bağıl fark oranı olarak tanımlayarak amaç fonksiyonunun art arda gelen son iki optimum değeri arasındaki bağıl farkın %5'ten küçük olması durumunda işlemlerin sonlandırmanın uygun olacağını belirtmiştir. Haupt & Haupt (2004) ve Kahvecioğlu (2004) ise çözümler arasındaki farkın kalmaması ya da önceden belirlenen bir değere yaklaşması durumunda sonlandırmanın uygun olacağını belirtmiştir. Çözümler arasında fark olmaması kromozomların değişim olmadan yeni popülasyona aktarıldığını ve uygunluk değerlerinin aynı olduğunu gösterir (Buckles & Petry, 1992). Bağıl hata denklem (3.3) ile hesaplanır (Şen, 2004).

$$\delta = 100 \times \frac{|f_{n-1} - f_n|}{f_n} \quad (3.3)$$

Genetik algoritmanın çözüm uzayında yaptığı aramaları kısıtlamak için işlem sayısı, yeni popülasyon sayısı ve algoritmanın çalışma süresi gibi farklı kriterler uygulanmaktadır (Wang & Lu, 2002), (Naphade, Wu, & Storer, 1997) ve (Brucker, Drexl, Möhring, Neumann, & Pesch, 1999).

Genetik algoritma iyi bir çözüme yaklaşmadığında genetik operatörlerde çaprazlama veya mutasyon oranlarında, genetik yapıda kromozom kodlama siteminde veya popülasyon büyüklüğünde değişiklik yapılarak genetik algoritma yeniden denenir (Haupt & Haupt, 2004).

3.1.5. Genetik Algoritma Parametreler

Genetik algoritmaların davranış ve performansı giriş parametre değerleri tarafından doğrudan etkilenir. Kötü parametre ayarları genellikle erken yakınsama gibi çeşitli sorunlara yol açar (Last & Eyal, 2005)

Genetik algoritma çözümlerine başlamadan önce, problem detaylı bir şekilde tanımlanmalı, problemle ilgili ön bilgilere, sözel ve özellikle sayısal bilgilere ulaşılmalı. Problem değişkenlerinin kromozom yapıları belirlenmeli ve değişkenlerden kromozomlara geçiş yapılmalı, amaç fonksiyonu ve değişkenlere bağlı analitik ifadesi belirlenmeli ve son olarak da

amaç fonksiyonundan her bir kromozoma karşılık gelecek derecelerin hesaplanmasını sağlayacak dönüşümler belirlenmelidir.

Genetik parametre değerleri probleme özgü olup her bir problem için etkin sonuç vermeyebilir (Ikeuchi, Ikkai, Araki, Ohkwa, & Komoda, 1998). Uygun parametrelerle yapılan genetik işlemler global sonuca ulaşma olasılığı arttırsa da global sonucu garanti edemez.

Genetik işlemler, popülasyon büyüklüğünden, çaprazlama ve mutasyon oranlarından etkilenmektedir. Bu parametreler çözüm uzayı için bir sınır oluşturduğu için genetik algoritmaların problem çözme başarısını etkiler (Paksoy, 2007).

3.1.5.1. Amaç Fonksiyonu

Karar değişkenlerinin 10'luk sistemde ortaklaşa karar uzayında aldıkları değerlere karşılık gelen amaç değeridir (Şen 2004). Basit optimizasyon problemlerinde amaç fonksiyonu sayısal bir değer olabilirken, çok amaçlı optimizasyon problemlerinde vektör olabilir. Bir amaç fonksiyonundan n tane amaç değer hesaplanır ve ne değerli bir sütun matrisi olarak gösterilir.

$$T = \begin{bmatrix} k_{1,1} \\ k_{2,1} \\ \cdot \\ \cdot \\ k_{n,1} \end{bmatrix} \quad (3.4)$$

Burada her satır bir kromozoma ait olup denklem(3.4)'te genlerle gösterilen matrisin sütun eş değer matrisidir.

3.1.5.2. Uygunluk Fonksiyonu

Uygunluk değeri amaç fonksiyonundan sıralama ya de ölçekleme ile elde edilir. Her kromozomun bir tane uygunluk değeri olacağından uygunluk fonksiyonu da sütun matrisi olarak gösterilir. Amaç fonksiyonunun işareti + ya da – olabilir ama uygunluk fonksiyonu her zaman + işaretlidir. Amaç Fonksiyonu sadece + değerli sonuçlar verirse uygunluk fonksiyonuna gerek kalmaz.

Popülasyondaki kromozomlar için uygunluk değeri doğrudan ya da fonksiyon olarak belirlenebilir (Chan, Chung, & Wadhwa, 2005). Uygunluk fonksiyonları analitik işlemler olmadan kurulabilir (Chen & Zalzal, 1997).

Popülasyondaki kromozomların çözüm kaliteleri uygunluk değerine göre ölçüldüğünden (Mori & Tseng, 1997) genetik algoritma sürecinde popülasyondaki kromozomların hepsi için uygunluk değerlendirmesi yapılarak sonraki popülasyona aktarılmasına karar verilir. genetik algoritmaları başarılı kılan bu çözüme uygun kromozomların seçilerek yeni popülasyona aktarılmasıdır (Buckles & Petry, 1992).

3.1.5.3. Dinçlik Fonksiyonu

Dinçlik değeri yüksek olan popülasyon çözüme daha yakındır ve yaşama ihtimali yüksektir. Popülasyon büyüklüğünün aynı kalması için her yeni nesilde dinçlik derecesi düşük olan bireyler popülasyondan çıkar yerlerine Dinçlik dereceleri yüksek bireyler gelir. Böylece optimuma giderek yaklaşan nesiller elde edilir. Amaç fonksiyonu sadece pozitif değerler verdiğinde dinçlik fonksiyonuna gerek kalmaz.

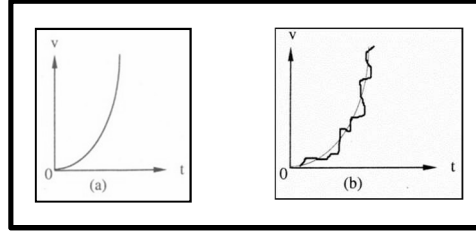
3.1.6. Genetik Algoritma Seçim Yöntemleri

Biyolojik evrim kurallarında güçlü olanın yaşaması ilkesi gibi genetik algoritmalarındaki seçim işlemi de popülasyon içindeki çözüme en yakın kromozomların bir sonraki popülasyona aktarılması olarak yapılır (Paksoy, 2007). Başlangıç popülasyonunda bazı kromozomlar olduğu gibi bir sonraki popülasyona aktarılırken bazı kromozomlar da ebeveyn kromozom olarak değerlendirilir ve genetik operatörlerle değiştirilerek uygunluk olanlar yeni topluma aktarılır. Bu seçim ve aktarım sonrasında başlangıç popülasyonu ile yeni popülasyondaki birey sayısı aynı kalır. Uygunluk fonksiyonu değerine göre en iyi olanlar yüksek seçilme şansı ile yeni topluma aktarılır. Genetik algoritmalarda yaygın olarak kullanılan seçim yöntemleri elit strateji, rulet çarkı ve sıralama (turnuva) yöntemleridir (Yeo & Agyei, 1998).

3.1.6.1. Rastgelelik

Rastgelelik bir problemin çözüm uzayına düşen sayılar örgün veya rastgele seçilebilir. Matematik veya klasik fizikteki değişkenlerin tümü belirlilik içerir ve değişkenler arasındaki ilişkiler uygun bir fonksiyon aracılığıyla ifade edilebilir. Örneğin; V :hız, t : zaman, g : sabit olmak üzere $v = g \times t^2$ şeklinde bir fonksiyon verildiğinde **Şekil 3.4a**'da görüldüğü gibi istenen her t değeri için v 'nin değeri kesin olarak bilinir. **Şekil 3.4b**'de görüldüğü gibi geometrik görünüm rastgele salınımlar içerirse istenen her t değeri için v 'nin değeri kesin olarak bulunamaz. Bu şekilde karmaşık görüntüye sahip değişkenlere rastgele değişken denir.

Rastgele değişkenlerin uzay eksenine göre değişimini gösteren grafiklere sinyal, zaman serisi ya da örnek fonksiyon gibi tanımlarla ifade edilir (Şen 2004).



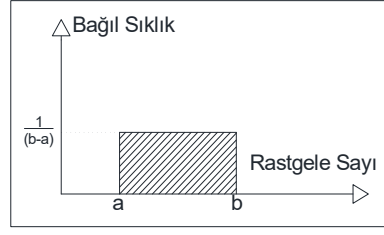
Şekil 3.4: Değişken: a) rastgele olmayan b) rastgele (Şen 2004).

Rastgelelik 3 şekilde ortaya çıkar.

- **Genel rastgelelik:** olabirlik sayıları ve her olabirliğe karşı gelen miktarlar rastgeledir. Bir bölgedeki kuraklık sayısı ve şiddeti rastgeledir.
- **Durum rastgeleliği:** olabirlik sayısı belli ancak olabirliğe karşı gelen miktarlar rastgeledir. Futbol karşılaşmalarında kazanma, yenilgi, beraberlik durumlarından birinin olacağı bellidir ama miktarları rastgeledir.
- **Miktar/şiddet rastgeleliği:** durumlar belirlidir ancak miktarlar rastgeledir. Paranın atılması durumunda yazı-tura uzayında ve 95 atışın sonunda toplam yazı tura miktarının belli olmasına karşılık kaçının yazı, kaçının tura olacağı belirsizdir.

Genetik algoritma çözümleme yöntemlerinde rastgeleliğin durumundan ve büyüklüğünden yararlanılır. Rastgele üretilen sayılar bu algoritmanın işleyişinde kullanılır. Rastgele sayıların bağıl frekans dağılımlarının göz önünde tutulması gereklidir. Genetik algoritma çözümlerinde üniform ve Gauss dağılımlı olmak üzere iki farklı bağıl dağılım frekansı kullanılır.

Genetik algoritma çözümlerinde a ve b gibi iki sayı aralığındaki bütün gerçek sayıların seçim üstünlüğü olmadan eşit ihtimalle seçilebilmesi için üniform dağılım daha yaygın kullanılmaktadır. Şekil 3.5'te Üniform Dağılı Rastgele Sayılar (Şen, 2004) görülen üniform dağılım frekans grafiği incelendiğinde rastgele sayılar verilen a-b aralığında ve yüksekliği $\frac{1}{(b-a)}$ 'ya eşit olan bir dikdörtgen alan içinde dağılım gösterir. Bu dikdörtgenin alanı tanım gereği 1'e eşittir.



Şekil 3.5: Üniorm dağılı rastgele sayılar (Şen, 2004).

Gauss dağılımında ise sayılar $+\infty$ ile $-\infty$ aralığında değer alan ve μ ortalama değer etrafında belirli bir σ standart sapmasına göre salınım yapar.

Ortalama değer $\mu = 0$ standart sapma $\sigma = 1$ olması durumunda Şekil 19'da görüldüğü gibi standart bir çan eğrisi elde edilir. Bu durumda ortalamaya yakın olan sayıların ortaya çıkma ihtimali yüksektir. Kuyruklara yaklaşmak ise rastgele sayının ekstrem değerler alması demektir.

Gauss dağılımında ise sayılar $+\infty$ ile $-\infty$ aralığında değer alan ve μ ortalama değer etrafında belirli bir σ standart sapmasına göre salınım yapar.

Ortalama değer $\mu=0$ standart sapma $\sigma=1$ olması durumunda Şekil 19'da görüldüğü gibi standart bir çan eğrisi elde edilir. Bu durumda ortalamaya yakın olan sayıların ortaya çıkma ihtimali yüksektir. Kuyruklara yaklaşmak ise rastgele sayının ekstrem değerler alması demektir.

3.1.6.2. Kağıt Çekme

Aynı özellikteki kâğıtlara yazılı sayılar kümesi rastgele karıştırılarak rastgele sayılar havuzu elde edilir. Bu havuzdan çekilen her bir kağıt rastgele sayısı temsil eder.

Birinci alternatif olarak çekilen kâğıt tekrar havuza konmaz ve birbirinden farklı rastgele sayıları elde edilir. Bu durumda her çekim de farklı sayı elde edilir. Ancak çekim sayısı havuzdaki kağıt sayısı ile sınırlıdır. İkinci alternatif olarak çekilen kağıt tekrar havuza konur ve başlangıçtaki kağıt sayısı arasından kâğıt çekilir. Bu durumda istenildiği kaçır çekim yapılabilir. Ancak birbirine benzer sayılar elde edilebilir.

Kâğıt çekme yönteminin dezavantajları aşağıda sıralanmıştır.

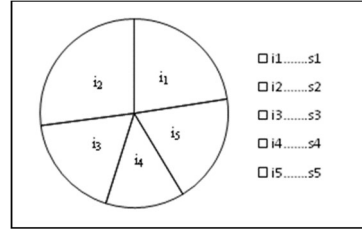
- Kâğıtlara yazılı sayılardan başka sayı elde etmek mümkün değildir.

- Çekilen kâğıtlar havuza geri konmazsa kâğıtların çekilme ihtimali birbirinden farklı olacaktır.
- Çekilen kâğıtlar havuza geri konarsa kâğıtların çekilme ihtimali birbirinin aynı olacaktır.
- Kâğıtların havuza konması ya da konmaması durumunda rastgeleliğin derecesini ayarlamam mümkün olmaz.
- Kâğıda yazılan büyük sayıların da küçük sayıların da çekilme ihtimali aynı olacağından birbirlerine karşı üstünlükleri olmayacaktır. Oysa ki maksimizasyon çözümlerinde büyük sayılar, minimizasyon çözümlerinde küçük sayılar tercih edilmelidir.

3.1.6.3. Rulet Çarkı

Rulet çarkı seçim yöntemi Hollanda tarafından önerilen bir yöntemdir (Sakawa, 2002). Kromozomların uygunluk derecesiyle orantılı olarak seçim olasılığı belirlenir. Dairesel bir rulet çarkı her kromozomun uygunluk değerine göre dilimine ayrılır. Kavramsal olarak popülasyondaki birey sayısı kadar döndürülen çarkın her dönüşünde, rulet çarkı işaretçisiyle işaretlenen kromozom ebeveyn olarak belirlenir.

$$p_i = \frac{f_i}{\sum_{j=1}^N f_j} \quad (3.5)$$



Şekil 3.6: Rulet çarkı (Şen, 2004).

Rulet çarkında stokastik hataları azaltmak için beklenen değer seçimi geliştirilmiştir. Bu yöntemde kromozomun uygunluk değeri popülasyonun uygunluk değeri ortalamasına bölünür (Sakawa, 2002).

$$N_i = \frac{f_i}{\sum_{i=1}^N f_i} \times N \quad (3.6)$$

N kromozomdan oluşan bir popülasyonda kromozomlardan beklenen uygunluk değeri denklem (3.6) ile hesaplanır. N_i 'nin tam sayı kısmı yeni popülasyonda korunacak kromozomların sayısını verir.

3.1.6.4. Elitist Strateji

Elitist strateji seçim yönteminde en uygun kromozomla en kötü kromozom yer değiştirerek daha iyi kromozomlardan oluşan bir popülasyon oluşturulur. Bu yöntemle iyi kromozomların bir sonraki popülasyona aktarılarak (Mendes, Gonçalves, & Resende, 2005); en iyi ya da en yakın çözüm değerine ulaşılır (Chen & Chen, 1997).

3.1.6.5. Sıralama Seçim

Kullanımı kolay olan sıralama seçim yönteminde popülasyonu oluşturan kromozomlar en iyiden en kötüye doğru sıralanarak yeni popülasyona aktarılır (Şen, 2004). Bu yöntemde seçim olasılığını kromozomun sıralamadaki sırası belirler (Sakawa, 2002). Bu yöntemle oluşturulan yeni popülasyonda önceki popülasyonun kötü bireyleri çıkarılmaktadır. Optimum çözüme hızlı erişim sağlanması açısından önemli bir yöntemdir (Paksoy, 2007).

3.1.6.6. Stokastik Seçim

Bu seçim tekniğinde en küçük yapıma ve sıfır taraflılık vardır. Her bir karar noktası bir doğru parçası ile ardı ardına gösterilir. Seçilecek sayı sayısı kadar eşit aralıklarla noktalar ilk rastgele noktasından sonra seçilir. Her eşit aralıklı noktanın denk geldiği sayı küme elemanı olarak alınır. Örneğin n tane nokta seçilecekse, ilk nokta 0- 1/n arasında rastgele bir sayı olarak belirlenip sonraki noktalar 1/n mesafeli aralıklarla belirlenir.

3.2. BULANIK MANTIK

Bulanık kelimesinin sözlük karşılığı “1. Bulanmış olan, duru olmayan, 2. Bulutlu, kapalı (hava). 3. Açık seçik görünmeyen, net olmayan: Bulanık görüntü. 4. Donuk, anlamsız, fersiz (bakış): 5. mec. Niteliği tam anlaşılmayan” şeklinde Türk Dil Kurumu’nda açıklanmıştır. Bilimsel açıdan kelime anlamına bakıldığında inceleme konusu ile ilgili verilerin araştırmacı tarafında bütünüyle bilinmemesi, eksik ya da belirsiz veri içermesi olarak tanımlanır (Şen, 2009) .

Bulanık mantık kavramını California Berkeley üniversitesinden Prof Lotfi A. Zadeh'in ilk kez 1965 yılında yaptığı çalışmalarla gündeme gelmiştir (Akçay, 2003). Bulanık küme belirsizliklerle çalışabilmek üzere belirsizlikleri ifade edebilmek için geliştirilmiş matematiksel bir kavramdır.

Bulanık küme teorisi klasik küme teorisinin alternatifi olmaktan çok geliştirilmiş hali olarak düşünülebilir. Aristo tarafından geliştirilen kümeler teorisinin genel kuralları aşağıdaki gibi açıklanmıştır (Akçay, 2003).

- X, bir kümenin ya elemanıdır ya da değildir.
- Bir kümenin elemanları ile diğerlerinin kesişimi boş kümedir.
- X bir kümenin elemanı değilse o kümeye ait değildir.
- Bir kümenin elemanları ile diğerlerinin birleşimi evrensel kümedir.

Bulanık mantık küme teorisinden önce bilgisayar çalışma prensibinde olduğu gibi 1 ve 0 rakamları ile siyah ve beyaz renklerden oluşan bakış açısı vardı. Zadeh'in bulanık küme teorisiyle 0 ile 1 arasındaki sayılar ve siyah ile beyaz arasındaki gri tonlar anlamlı bir şekilde matematik modellerde yerini almaya başladı. Bulanık küme teorisine anlam kazandıran üyelik fonksiyonu ile bir elemanın 0-1 arasında herhangi bir değerle bir kümeye ait olabilir. Akçay (2003)'ın örneklediği gibi boyu 1,70m'nin altında olan insanlar kısa boylu, üstünde olan insanlar uzun boyludur ifadesi klasik küme teorisine incelendiğinde 1,50 m ve 1,69m boyundaki insanlar kısa, 1,71m ve 1,90 boyundaki insanlar uzun olarak sınıflandırılır. Ancak bulanık küme teorisine incelediğimizde üyelik derecesi ile belirlenen aitlik kavramına göre 1,60m boyundaki bir insan 0,10 üyelik derecesi ile uzun boylular kümesine aitken 0,90 üyelik derecesiyle kısa boylular kümesine ait olur. Yine 1,60m boyundaki bir insan 1 üyelik derecesi ile orta boylular kümesine, 0 üyelik derecesi ile cüceler kümesine ait olabilir.

Bulanık mantığın temeli herhangi bir sistem denetimindeki insan düşüncesi ve sezgisel davranışının benzetimidir (Elmas 2007). Bulanık mantık değişkenleri biraz, çok gibi sözel ifadelerdir. Bu sözel ifadeler arasında mantıksal ilişkiler üzerine kurulmasına dayalı bulanık mantıkta sözel ifadeleri bilgisayara aktarırken bulanık küme olarak adlandırılan matematiksel kuram devreye girer.

İncelenen olay çok karmaşık olduğunda ve yeterli bilginin bulunamadığı durumlarda kişilerin görüş ve değer yargılarına yer verildiğinde ya da insan yargısına, kavrayışına ve karar

vermesine ihtiyaç duyulduğunda bulanık mantık geçerli olur. Bulanık mantığın özellikleri Zadeh tarafından şöyle sıralanmıştır (Elmas 2007):

- Kesin değerlere dayanan düşünme yerine yaklaşık düşünme kullanılır.
- Her şey $[0,1]$ aralığında belirli bir derece ile gösterilir.
- Bilgi büyük, küçük, çok az gibi sözel ifadeler şeklindedir.
- Çıkarım işlemi sözel ifadeler arasında tanımlanan kurallarla yapılır.
- Her mantıksal işlem bulanık olarak ifade edilir.
- Matematiksel modeli çok zor kurulan sistemler için uygundur.

Bulanıklık, tespit edilebilir belirsizlik olması yönünden olasılıktan farklıdır (Elmas, 2007). İstatistik yöntemler sözel belirsizliklerin olması durumunda kullanılamaz (Şen, 2009). Sıcak-soğuk gibi sayısal anlayışın sonucu olarak ortaya çıkan belirsizlikler rastgele değildir. Bu şekilde kelimelerin ima ettiği belirsizliklere bulanıklık denir.

Mühendislik modellerinde kesinliğin sağlanması maliyet artışına ve süre uzamasına neden olur. Ancak bulanık mantık ile incelenen bir olayda yapılacak çıkarımların kalacağı tolerans sınırları önceden belirlenir. Yüksek kesinlik yüksek maliyete ve karmaşık çözüme neden olur.

Tablo 3.2: Bulanık mantığın olumlu ve olumsuz yönleri.

Olumlu Yönleri	Olumsuz Yönleri
İnsan düşünce tarzına yakındır.	Kurallar uzman deneyimi ile hazırlanmalıdır.
Matematiksel modele ihtiyaç yoktur.	Üyelik fonksiyonlarının belirlenmesi için belirli bir yöntem yoktur. Deneme yanılma yöntemi ile belirlenir ve zaman alır.
Zamanla değişen ve doğrusal olmayan modellerde başarılıdır.	Kararlılık, gözlem ve denetleme analizi için kesin yöntem yoktur.
Geniş alana yayılı değerlerin az sayıda üyelik dereceleriyle ifade edilmesi sayesinde hızlı sonuç verir.	Üyelik değişkenleri sisteme özeldir. Başka sistemlerde kullanılamaz.

3.2.1. Bulanık Mantık Uygulamaları

Bulanık küme ve bulanık mantık kuramı ilk olarak 1965'te Lotfi A. Zadeh tarafından ortaya konmuştur. Bulanık mantığa dayalı ilk uygulama ise 1974'te Mamdani tarafından geliştirilen buhar makinesi denetim sistemidir. Daha sonra 1980'de Hollanda'da çimento fırınlarının denetiminde, 1983'te Fuji Elektrik Şirketi tarafından su arıtma sistemlerinde kimyasal püskürtme cihazlarında, 1987'de Japonya'da metro denetimlerinde kullanıldı (Elmas, 2007).

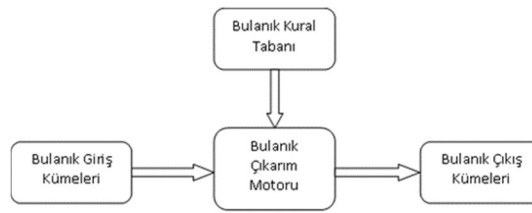
Bulanık mantığın inşaat mühendisliği alanında sözel ifadelerin matematik modelini oluşturabilme kolaylığı açısından inşaat yönetimi disiplinde uygulanmaya başlamıştır (Akçay, 2003).

3.2.2. Bulanık Sistem

Karmaşık sistemleri olduğu ve klasik yöntemlerle analiz yapılamayan, belirsiz ya da kesin olmayan verilerin olduğu durumlarda bulanık mantığa dayalı sistemler kullanılır (Elmas 2007). Bulanık mantık eksik veya tam olarak bilinmeyen bilgiler göre işlem yapma yeteneğine sahiptir.

Rastgele sistem herhangi bir değişkene bağlı olmadan rastgele sonuç verir. Ancak bulanık sistem ise en az bir değişkene ve uzman deneyimine bağlı olarak sonuç verir. Rastgele sistem ile bulanık sistem $[0,1]$ aralığında kesin olmayan sonuçlar verir.

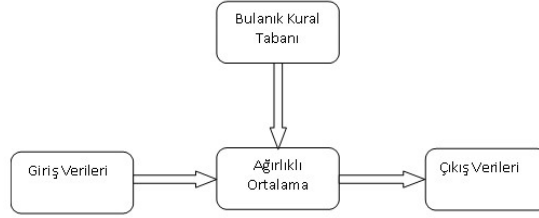
Bulanık sistemde her birim bulanık olmalıdır. Şekil 3.7’de genel bir bulanık sistem görülmektedir. Genel bilgi tabanı araştırma konusu hakkında girdi değişkenleri ve bu değişkenler hakkındaki sayısal sözel bilgileri içeren veri tabanıdır. Bulanık kural tabanı veri tabanındaki giriş değişkenleri ile çıkış değişkenleri mantıksal olarak birbirine bağlayan **eğer-ise** kurallar birimidir. Bulanık çıkarım motoru bulanık kural tabanındaki giriş-çıkış ilişkilerini bir araya toplayarak sistemin tek çıkışlı olmasını sağlar. Çıktı ise bulanık kural tabanı ile bulanık çıkarım motoru etkileşiminin sonucudur. Bulanık sistemler ile çoklu girdiler kural tabanı ve çıkarım motoru ile işlenerek tek çıktı haline dönüştürülür.



Şekil 3.7: Genel bulanık sistem (Şen, 2009).

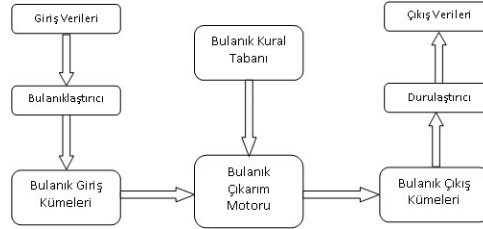
Bulanık sistemde sayısal veri tabanı bulanık sisteme giremez, bulanık sistemden elde edilen bulanık veriler ise doğrudan kullanılamaz. Bu eksikliğin giderilmesi için Takagi-Sugeno (1985) ve Sugeno-Kang (1988) tarafından geliştirilen TSK bulanık sistemi kullanılır. Bu sistemde girdiler birer sayı olup çıktılar bu sayıların doğrusal fonksiyonudur (Şen, 2009). Bu durumda kurallar;

“Eğer aracın x hızı yüksek ise gaza basma kuvveti y , $y = ax$ ” ya da “Eğer x_1 az ve x_2 yüksek ve x_3 geniş ise $y = a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3$ ” şeklinde olur. Bu şekilde ikinci kısımları doğrusal denklemlerden oluşan çıkarımlar doğrusal değildir. Bu durumda **Şekil 3.8**'de görüldüğü gibi bulanık çıkarım motoru yerine ağırlıklı çıkarım motoru gelir ve ağırlıklar üyelik derecesi olur.



Şekil 3.8: TSK bulanık sistemi (Şen 2009).

TSK bulanık çıkarım motorunda çıkarım kısmındaki matematiksel bağıntıda sözle veriler işlenemez. Bu sorunun çözümü için giriş verilerinde bulanıklaştırma, çıkış verilerinde durulaştırma işlemlerinin yapıldığı (**Şekil 3.9**) bir bulanık sistem oluşturulur (Şen 2009). Bulanıklaştırma birimi sayısal verileri bulanıklaştırır, durulaştırma birimi ise bulanık çıktıları sayısallaştırır.



Şekil 3.9: Bulanıklaştırma, durulaştırma birimli bulanık sistem (Şen, 2009).

Dilsel değişkenleri gösteren bulanık küme, fiziksel değişkenlerin bulanık kümeye üyelik derecelerini gösteren üyelik fonksiyonları, bulanık ifadeler arasındaki mantıksal ilişkileri kuran “eğer...ve/veya ... ise” bulanık operatörleri ve var olan kurallara dayanarak yeni bilgilerin elde edildiği bulanık çıkarım bulanık mantığın yapısını oluşturan adımlardır (Öztürk, 1999).

3.2.3. Bulanık Mantık Çıkarımı

Bir probleme ilişkin sözel ifadeler incelenerek problemle bağlantısı sağlamak üzere kurallar oluşturulur. Bu sözel kurallar bir netlik içermediğinde matematik ifadeleri zorlaştırır. Yaklaşık hesapların yapılabilmesi için bulanık küme ve altkümeleri arasındaki bağlantıyı sağlayabilecek

kuralların doğru bir şekilde düzenlenmesi gerekir. Bu kurallar genel olarak "Eğer ise..." şeklindedir (Şen, 2009).

Klasik Çıkarım

Önerme 1: Arabaların motoru vardır.
 Önerme 2: BMW de bir arabadır.
 Çıkarım: BMW'de de motor vardır.

Bulanık Çıkarım

Bilgi: İş yeri uzaksa, evden erken çık
 Gerçek: İş yeri ne çok uzak ne de çok yakın
 Çıkarım: Evden biraz erken çıkılmalı

Girdi ve çıktıların bulanık olduğu Mamdani Bulanık Çıkarım sisteminde etkili bir kural tabanının olmalıdır. Sistemi oluşturmak için bulanıklaştırma, çıkarım, birleştirme ve durulaştırma adımları takip edilir. Bulanıklaştırmada, sistem girdileri bulanık kümelerle ifade edilir. Çıkarımda, kural tabanındaki bulanık kümelerin verileri minimizasyon ya da çarpım yöntemi kullanılarak bulanık çıktılar oluşturulur. Birleştirmede, çıkarımlar değerlendirilerek tüm kurallar için ortak bir çıktı oluşturulur. Durulaştırmada, elde edilen sistem çıktısı bir tek sayıya dönüştürülür.

3.2.4. Bulanık Kümeler ve Bulanık Kümelerde İşlemler

Bulanık mantık matematiksel olarak modellenemeyen sözel nitelikli matematiksel kurama dayalıdır. Bulanık kümelerin üyelik fonksiyonları sayısal ve işlevsel olarak 2 şekilde tanımlanır. Sayısal tanımlama üyelik fonksiyonu ve üyelik derecesi boyutu uzaydaki süresiz eleman sayısına bağlı belirten vektörel sayılardır. İşlevsel tanımlama ise; uzaydaki her bir eleman için üyelik derecesi hesaplanabilen üçgen, yamuk gibi analitik fonksiyonlardır (Elmas 2007).

Aristo mantığına dayalı klasik küme kavramında bir elemanın kümeye ait oluşu 1, olmayışı 0 olarak kabul edilmiştir. Zadeh tarafından geliştirilen Bulanık Küme Teorisi'nde ise elemanların üyelik dereceleri 0-1 aralığında değişen üyelik kavramları söz konusudur (Şen, 2009). Bir bulanık ifadenin üyelik derecelerinin oluşturduğu bir küme normal olma, monoton olma ve simetrik olma özelliklerini sağlamalıdır.

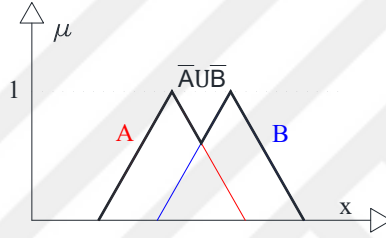
Bulanık bir kümenin gösterimi $\tilde{A} = \left\{ \frac{\mu(x_1)}{x_1} + \frac{\mu(x_2)}{x_2} + \dots + \frac{\mu(x_n)}{x_n} \right\}$ şeklindedir. $\frac{\mu(x_1)}{x_1}$ ifadesinin anlamı; \tilde{A} bulanık kümesinde x_1 elemanına $\mu(x_1)$ üyelik derecesi karşılık gelir.

3.2.4.1. Birleşim İşlemi

\tilde{A} ve \tilde{B} birer bulanık küme olmak üzere \tilde{A} veya \tilde{B} bulanık kümelerinde bulunan elemanların oluşturduğu $\tilde{A} \vee \tilde{B}$ kümesidir. İki kümede de olan elemanlardan üyelik derecesi yüksek olan eleman birleşim kümesine alınır. Matematiksel ifadesi;

$$\mu_{\tilde{A} \vee \tilde{B}}(x) = \max[\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x)]$$

Örnek: $\tilde{A} = \left\{ \frac{0,1}{a} + \frac{0,5}{b} + \frac{0,7}{c} + \frac{1,0}{d} \right\}$ ve $\tilde{B} = \left\{ \frac{0,3}{a} + \frac{0,6}{m} + \frac{0,4}{c} + \frac{1,0}{n} \right\}$ gibi iki bulanık küme verildiğinde, $\tilde{A} \vee \tilde{B} = \left\{ \frac{0,3}{a} + \frac{0,5}{b} + \frac{0,7}{c} + \frac{1,0}{d} + \frac{0,6}{m} + \frac{1,0}{n} \right\}$ olur.



Şekil 3.10: Bulanık kümelerde birleşim (Akçay, 2003).

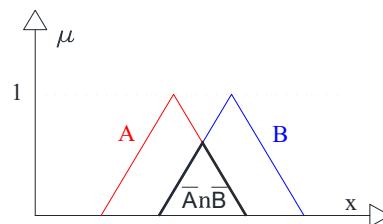
3.2.4.2. Kesişim İşlemi

\tilde{A} ve \tilde{B} birer bulanık küme olmak üzere \tilde{A} ve \tilde{B} bulanık kümelerinde bulunan elemanların oluşturduğu $\tilde{A} \wedge \tilde{B}$ kümesidir. İki kümede de olan elemanlardan üyelik derecesi düşük olan eleman kesişim kümesine alınır. Matematiksel ifadesi;

$$\mu_{\tilde{A} \wedge \tilde{B}}(x) = \min[\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x)]$$

Örnek: $\tilde{A} = \left\{ \frac{0,1}{a} + \frac{0,5}{b} + \frac{0,7}{c} + \frac{1,0}{d} \right\}$ ve $\tilde{B} = \left\{ \frac{0,3}{a} + \frac{0,6}{m} + \frac{0,4}{c} + \frac{1,0}{n} \right\}$ gibi iki bulanık küme verildiğinde,

$\tilde{A} \wedge \tilde{B} = \left\{ \frac{0,1}{a} + \frac{0,5}{b} + \frac{0,4}{c} + \frac{1,0}{d} + \frac{0,6}{m} + \frac{1,0}{n} \right\}$ olur.



Şekil 3.11: Bulanık kümelerde kesişim (Akçay, 2003).

3.2.4.3. Tümlenme İşlemi

\tilde{E} Evrensel kümesinde alt küme olarak bulunan \tilde{A} kümesinin elemanları dışındaki diğer bütün \tilde{E} evrensel kümesi elemanlarına \tilde{A} kümesinin tümleneni denir ve $\overline{\tilde{A}}$ olarak gösterilir. Matematiksel olarak gösterimi $\mu_{\overline{\tilde{A}}}(x) = 1 - \mu_{\tilde{A}}(x)$ şeklindedir. Bir kümenin tümleninin tümleneni kendisidir.

3.2.4.4. Fark İşlemi

A ve B birer klasik küme olmak üzere A kümesine ait olup B kümesine ait olmayan elemanların oluşturduğu A-B kümesidir. Aynı şekilde B kümesine ait olup A kümesine ait olmayan elemanların oluşturduğu B-A kümesi olup A-B \neq B-A'dir. Klasik kümelerdeki bu fark ilişkisi bulanık kümelerde geçerli değildir.

3.2.4.5. Çarpım İşlemi

\tilde{A} ve \tilde{B} birer bulanık küme olmak üzere \tilde{A} ve \tilde{B} bulanık kümelerinde bulunan elemanların tekrarı olmayan mümkün olan eşleştirmeler şeklinde oluşturduğu $\tilde{A}\tilde{B}$ kümesidir. Çarpım kümesinde eşleşen elemanlardan üyelik derecesi düşük olan eşleşmenin üyelik derecesi olarak belirlenir. Matematiksel ifadesi;

$$\mu_{\tilde{A}\tilde{B}}(x) = \min[\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x)]$$

Örnek:

$\tilde{A} = \left\{ \frac{0,1}{a} + \frac{0,5}{b} + \frac{0,7}{c} + \frac{1,0}{d} \right\}$ ve $\tilde{B} = \left\{ \frac{0,3}{k} + \frac{0,6}{l} + \frac{0,4}{p} + \frac{1,0}{q} \right\}$ gibi iki bulanık verildiğinde, çarpma işlemi sonucu $\tilde{A} \times \tilde{B} = \left\{ \frac{0,1}{(a,k)} + \frac{0,5}{(b,l)} + \frac{0,4}{(c,p)} + \frac{1,0}{(d,q)} \right\}$ olur.

3.2.4.6. Destek Keskin Kümesi

\tilde{E} Evrensel kümesinde alt küme olarak bulunan \tilde{A} kümesinin destek kümesi \tilde{E} evrensel kümesinin \tilde{A} kümesinde 0'dan farklı üyelik derecesine sahip elemanların oluşturduğu kümesidir. $\text{Supp}A = \{x \in X: \mu_A(x) > 0\}$

3.2.4.7. α -Kesim Kümesi

\tilde{E} Evrensel kümesinde alt küme olarak bulunan \tilde{A} kümesinin α özel değerine eşit ya da büyük üyelik dereceli elemanlarının oluşturduğu kümesidir.

$$A_\alpha = \{x \in X: \mu_A(x) \geq \alpha\}$$

3.2.4.8. Seviye Kümesi

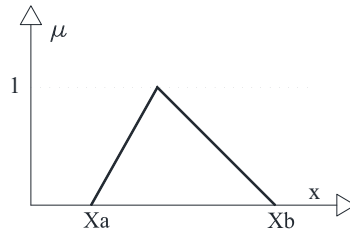
\tilde{E} Evrensel kümesinde alt küme olarak bulunan \tilde{A} kümesinin α özel değerine eşit üyelik dereceli elemanlarının oluşturduğu kümesidir.

$$\Lambda_\alpha = \{x: \mu_A(x) = \alpha, x \in X\}$$

3.2.5. Üyelik Dereceleri ve Üyelik Fonksiyonları

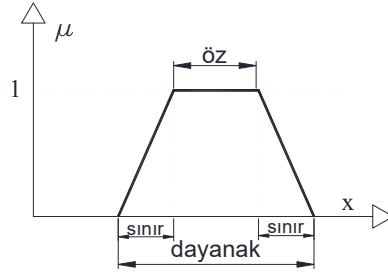
Normal kümede küme elemanlarından en az bir tanesinin üyelik derecesi en büyük 1'dir. Monoton kümede üyelik derecesi 1 olan elemana yakın olan elemanların üyelik dereceleri de 1'e yakın olmalıdır. Simetrik kümede üyelik derecesi 1 olan elemandan sağa ya da sola eşit mesafede gidildiğinde bulunan elemanların üyelik dereceleri birbirine eşit olmalıdır. Bulanık bir problemi temsil eden sayısal aralık uzmanlar tarafından belirlenir.

Genel olarak her alt aralığın üyeli fonksiyonunun X_a ve X_b gibi alt ve üst sınırları vardır. Bu durumda X değişkeninin her değerine ayrı bir $\mu(x)$ üyelik derecesi atanır. $X_a - X_b$ aralığındaki bütün X değerleri X değişkeninin alt kümelerini oluşturur. Bu alt kümelerin oluşturduğu eğriye üyelik fonksiyonu denir. $\mu(x) = 1$ olan elemanların oluşturduğu alt kümeye öz denir ve alt kümenin orta kısmında toplanırlar. Bir bulanık kümede $\mu(x) > 0$ elemanlarının oluşturduğu alt küme fonksiyonun dayanağıdır. $0 < \mu(x) < 1$ elemanlarından oluşan alt küme fonksiyonun sınırlarını oluşturur.



Şekil 3.12: Bulanık küme (Şen, 2009).

$\mu(x) = 1$ olan elemanların oluşturduğu alt kümeye öz denir ve alt kümenin orta kısmında toplanırlar. Bir bulanık kümede $\mu(x) > 0$ elemanlarının oluşturduğu alt küme fonksiyonun dayanağıdır. $0 < \mu(x) < 1$ elemanlarından oluşan alt küme fonksiyonun sınırlarını oluşturur.



Şekil 3.13: Üyelik fonksiyonu kısımları (Şen, 2009).

Bir bulanık kümenin normal olması için en az bir tane tane $\mu(x) = 1$ olan elemanı olmalıdır. Ayrıca bulanık küme konveks olmalıdır. Yani üyelik fonksiyonu dayanak üzerinde sürekli artmalı ya da azalmalıdır.

\tilde{A} bulanık kümesinde, $x, y, z \in \tilde{A}$ ve $x < y < z$ olmak üzere; $\mu(y) \geq \min[\mu(x), \mu(z)]$ koşulu sağlanıyorsa konveks bulanık kümedir. $\mu(x) = 0,5$ noktası geçiş noktasıdır. $\mu(x)$ 'in maksimum olduğu nokta bulanık kümenin yüksekliğidir. Normal bulanık kümelerde yükseklik 1'e eşittir. Normal olmayan bulanık kümelerin bütün elemanlarının üyelik dereceleri kümenin en yüksek üyelik derecesine bölünerek kümeler normalleştirilir ve bulanık sistemlerde kullanılır.

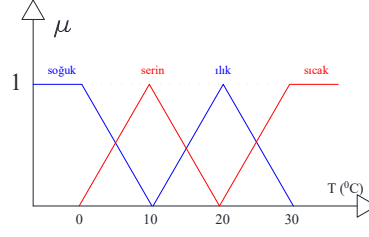
Klasik kümede sadece bir tane dikdörtgen üyelik fonksiyonu vardır. Bulanık kümede ise üçgen, yamuk, Gauss gibi farklı fonksiyonlar vardır. Bulanık üyelikte simetri özelliği sağlanamayabilir.

Üyelik dereceleri 3, 5, 7 gibi tek sayılarla etiketlenir (Elmas 2007). Bu etiketleme küçük, az, çok gibi sözel değişkenlerin derecelendirmeleri dikkate alınır. Örnek bir etiketleme aşağıda verilmiştir.

3 Aşamalı Etiketleme: Küçük – orta – büyük

5 Aşamalı Etiketleme: Küçük – orta küçük – orta – orta büyük – büyük

7 Aşamalı Etiketleme: Çok Küçük – küçük – az küçük – sıfır – az büyük – büyük – çok büyük



Şekil 3.14: Sıcaklık bulanık alt kümeleri (Şen, 2009).

3.2.5.1. Üyelik Derecelerinin Belirlenmesi

Bulanık değişkenlerinin üyelik dereceleri birçok yöntemle belirlenebilir. Üyelik derecesi belirleme yöntemlerini Timoty (1997) sezgisel, sonuç çıkarma, tercih düzenleme, açısız bulanık kümeler, sınır ağları ve genetik algoritma-yapay zeka olarak sıralamıştır.

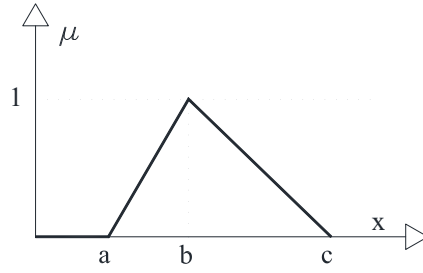
Sezgisel yöntemle üyelik dereceleri belirlenirken bilgiye gerek yoktur. Konu ile ilgili bağlam ve anlam üzerine ifadeler içerir ve dilbilimsel değerler de bulunabilir (Akçay, 2003). Sonuç çıkarma yönteminde bilgi tümünden gelim değerlendirmeler yapabilmek için kullanılır. Çok miktarda olgu ve bilgiye dayalı sonuca ulaşılır. Tercihlerin değerlendirilmesi yönteminde değişkenlerin üyelik dereceleri tercihte öncelikli olmalarına bağlı olarak belirlenir. Açısız bulanık kümeler yönteminde dilbilimsel değişkenlerin koordinatlarla nicel tanımlamaları yapılır.

3.2.5.2. Üçgen Üyelik Fonksiyonu

Üyelik fonksiyonlarının temel hali olup matematiksel olarak denklem (3.7) ve (3.8) ile gösterilir. Grafik görünümü ise Şekil 3.15’de görüldüğü gibidir.

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & , \quad x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a} & , \quad a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b} & , \quad b \leq x \leq c \\ 0 & , \quad c \leq x \end{cases} \quad (3.7)$$

$$\mu(x) = \max \left[\min \left(\frac{x-a}{b-a}, \frac{c-x}{c-b}, 0 \right) \right] \quad (3.8)$$



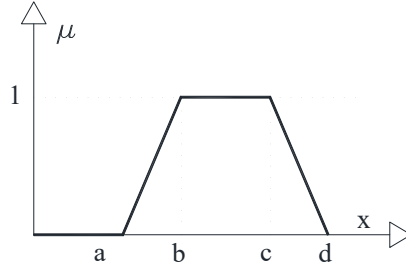
Şekil 3.15: Üçgen üyelik fonksiyonun (Şen, 2009).

3.2.5.3. Yamuk Üyelik Fonksiyonu

Üyelik fonksiyonlarının daha genel hali olup matematiksel olarak denklem (3.7) ve (3.8) ile gösterilir. Grafik görünümü ise Şekil 3.15’de görüldüğü gibidir.

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & , & 0 \\ \frac{x-a}{b-a} & , & a \leq x \leq b \\ 1 & , & b \leq x \leq c \\ \frac{c-x}{c-b} & , & c \leq x \leq d \\ 0 & , & d \leq x \end{cases} \quad (3.9)$$

$$\mu(x) = \max \left[\min \left(\frac{x-a}{b-a}, 1, \frac{c-x}{c-b}, 0 \right) \right] \quad (3.10)$$

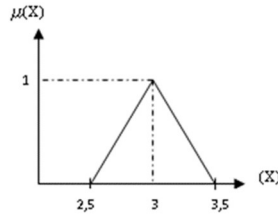


Şekil 3.16: Yamuk üyelik fonksiyonu (Şen, 2009).

3.2.6. Bulanık Sayılar ve Bulanık Sayılarla İşlemler

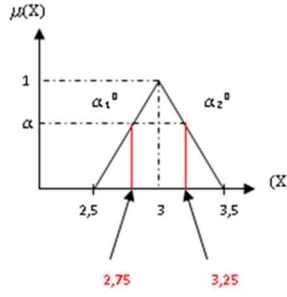
Bulanık sayılar, bulanık kümeler gibi dayanağı boyunca normal ve dışbükey olmalıdırlar. Üyelik fonksiyonları da bulanık kümlerde olduğu gibi yine normal ve dışbükeydir.

Şekil 3.17’de bulanık sayı olarak 3 görülmektedir. 2,5 ve 3,5 sayılarının üyelik dereceleri 0, 3 sayısının ise 1’dir. 2,8 ya da 3,2 sayıları farklı üyelik dereceleri ile yaklaşık olarak 3 kümesine aittir. $\mu(3)=1$ olup bulanık sayının özü, 2,5–3,5 ise bulanık sayının dayanağını oluşturur.



Şekil 3.17: Yaklaşık 3 (Şen, 2009).

Üyelik derecesi 0'dan 1'e doğru artması güven aralığını daraltır. Böylece 3 sayısına daha da yaklaşılır. Herhangi bir α seviyesinde güven aralığı $[\alpha_1^0, \alpha_2^0]$ olurken $\alpha=0$ seviyesinde $[2,5, 3,5]$; $\alpha=1$ seviyesinde ise $[3,3]$ 'tür.



Şekil 3.18: Kesim seviyesi (Şen, 2009).

Aynı olan bulanık sayının $\alpha=0$ seviyesinden elde edilmesinde yapılması gereken işler şöyle sıralanabilir:

- Kesin kümeler her elemanın üyelik derecesi 1 olan aralıklar olarak yazılır.
- Her bir kesin aralık sayısını ortaya çıkaran α değeri ile çarpılır.
- Bu bulanık sayıların birleşim kümesi oluşturulur.

Örnek: \tilde{A} bulanık bir sayı ve $A = \left\{ \frac{0,3}{2} + \frac{0,5}{3} + \frac{0,8}{4} + \frac{1,0}{5} \right\}$ \tilde{A} 'nın ayırık elemanlarını ve üyelik dereceleri, $\alpha = 0,3; 0,5; 0,8; 1,0$ seviyelerine karşılık gelen sayı aralıkları $A_{0,3} = \{2,3,4,5\}$; $A_{0,4} = \{3,4,5\}$; $A_{0,8} = \{4,5\}$; $A_{1,0} = \{5\}$ olur.

Bulanık sayılarla bilinen aritmetik işlemler yapılamaz (Şen, 2009). Bulanık sayılara işlem yapılabilmesi için bulanık sayı kümesinin öncelikle normal olması, sınırlı desteği olması, her üyelik derecesinde kapalı ve sonlu olması gereklidir. Pratikte genellikle üçgen ya da yamuk bulanık sayılar kullanılmaktadır. Bu durumda üçgen üyelik derecesi;

Tablo 3.3: Kesim seviyeleri (Şen, 2009).

α	A_α (Kesin Kümeler)	αA_α (Bulanık Kümeler)
0,3	$A = \left\{ \frac{1,0}{2} + \frac{1,0}{3} + \frac{1,0}{4} + \frac{1,0}{5} \right\}$	$A = \left\{ \frac{0,3}{2} + \frac{0,3}{3} + \frac{0,3}{4} + \frac{0,3}{5} \right\}$
0,5	$A = \left\{ \frac{1,0}{3} + \frac{1,0}{4} + \frac{1,0}{5} \right\}$	$A = \left\{ \frac{0,5}{3} + \frac{0,5}{4} + \frac{0,5}{5} \right\}$
0,8	$A = \left\{ \frac{1,0}{4} + \frac{1,0}{5} \right\}$	$A = \left\{ \frac{0,8}{4} + \frac{0,8}{5} \right\}$
1,0	$A = \left\{ \frac{1,0}{5} \right\}$	$A = \left\{ \frac{1,0}{5} \right\}$
Kümelerin Birleşim İşlemi		$A = \left\{ \frac{0,3}{2} + \frac{0,5}{3} + \frac{0,8}{4} + \frac{1,0}{5} \right\}$

$$\mu_A(x) = \mu_A(x; a, b, c) = \begin{cases} 0 & , \quad x < a \text{ veya } c < x \\ \frac{x-a}{b-a} & , \quad a \leq x < b \\ \frac{c-x}{c-b} & , \quad b \leq x \leq c \end{cases}$$

şeklinde gösterilir. Burada a ve c küme dayanağının alt ve üst sınırlarını, b ise üyelik derecesi 1 olan elemanın üyelik derecesini gösterir. Benzer şekilde yamuk üyelik derecesi

$$\mu_A(x) = \mu_A(x; a, b, c, d) = \begin{cases} 0 & , \quad x < a \text{ veya } d < x \\ \frac{x-a}{b-a} & , \quad a \leq x < b \\ 1 & , \quad b \leq x < c \\ \frac{d-x}{d-c} & , \quad c < x \leq d \end{cases}$$

şeklinde gösterilir. Burada ise a ve d küme dayanağının alt ve üst sınırlarını, b ve c ise bu aralıkta üyelik derecesi 1 olan elemanların üyelik derecelerini gösterir.

3.2.7. Bulanık Sonuçların Durulaştırılması

Bulanık veri kümeleri ile yapılan işlemler sonucunda bulanık sonuç kümeleri elde edilir. Bu bulanık sonuç kümelerini durulaştırmak için maksimum üyelik, ağırlıklı ortalama, ağırlık merkezi, ortalama maksimum üyelik, toplamların merkezi, maksimum alanın merkezi, maksimum üyeliğin ilk ya da son değeri (first/last of maxima), aritmetik ortalama gibi yöntemler vardır. Tez kapsamında maksimum üyeliğin ilk ve son değeri yöntemi kullanılarak durulaştırma yapılacaktır. İlk değer projenin erken tamamlanma koşullarını, son değer geç tamamlanma koşullarını belirleyecektir.

4. BULGULAR

4.1. SÜRE-MALİYET DENGEME

İnşaat projelerinin hem süre hem maliyet azaltılması bugünün pazar odaklı ekonomisinde çok önemlidir. İnşaat projelerinin süre ve maliyet arasındaki bu ilişkiyi süre-maliyet dengeleme (time-cost trade-off) kararları denir. Bu kavram inşaat yönetimi literatüründe yaygın olarak araştırılmıştır. Süre-maliyet dengeleme kararları çok karmaşık ve her bir faaliyet için uygun inşaat yöntemi seçimini gerektirir. Aslında, belirli bir süre içinde bir projenin çizelgelemesi mümkün olmadığı ve kritik yol yöntemi sınırlamalarından birini aştığı durumlarda, süre-maliyet dengeleme çok önemli bir yönetim aracıdır.

Proje programlamada faaliyet süreleri kaynak kullanımına bağlı olarak düzenlenebilir. Süre-maliyet dengeleme problemlerinde proje süresi ile proje maliyeti dengelenir. Bir faaliyetin tamamlanma süresi kullanılan kaynaklara bağlıdır. Genel olarak, birim zaman içinde daha çok kaynak kullanımı maliyeti yükseltirken, faaliyet süresini azaltır. Bu nedenle proje programlama uygulamalarda süre-maliyet dengeleme (time-cost trade-off) olarak modellenir.

Maliyet-süre dengeleme problemleri faaliyet için kullanılacak kaynak yapısına göre ayrık veya sürekli olabilir. Maliyet-süre dengeleme problemi ayrık olduğunda, her bir süre-maliyet çiftine karşı gelen nokta bir mod (mode) olarak tanımlanır. Çok sayıda moda faaliyetlerin olduğu proje programlama problemlere multimode problemler denir. Çok sayıda projenin ortak kaynaklarla yürütülmesi durumunda ise çok projeli (multi-project) programlama problemleri karşımıza çıkar.

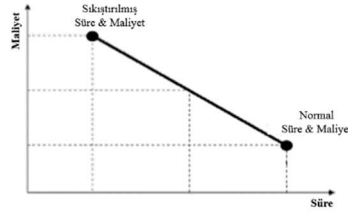
Proje programlamalarında kullanılan kaynak dengeleme (resource-resource trade-off) ile faaliyetin süresi tutularak farklı kaynaklar kullanılır. Makineli bir kanal kazısı yerine kalabalık bir işçi ekibi ile elle kazı yapılabilmesi gibi pahalı kaynakların yerine ucuz kaynaklar tercih edilebilir.

4.1.1. Faaliyet Süresi ile Maliyet Arasındaki İlişki

Genel olarak, bir faaliyeti tamamlamak için faaliyetin süresi ile doğrudan maliyeti arasındaki bir dengeleme vardır. Kaynakları daha ucuz olanlar, faaliyeti tamamlamak için daha büyük süreye ihtiyaç duyarlar. Bir faaliyetin süresini kısaltmak için, normalde direk maliyetini artıracaktır, ki bu maliyet işgücü, ekipman ve malzemenin maliyetini içermektedir. Bu kavram dağıtılan kaynakların miktarı ile faaliyetin süresi ters ilişkili anlamına gelmemektedir. Dolayısıyla 16 hafta içinde bir işçi tarafından yapılabilir iş miktarı, otomatik olarak, bir hafta içinde 16 işçi ile yapılabilir varsayımı asla yapılmamalı.

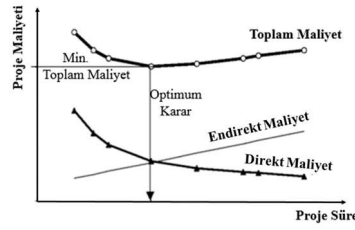
Bir faaliyetin süresi ve doğrudan maliyetleri arasındaki olası ilişkinin basit bir gösterimi **Şekil 4.1**'de gösterilmektedir.

Proje tamamlanma tarihine referans bir tarih verilmeden sadece bu faaliyeti yalnız olarak göz önüne alındığında, yönetici tarafından asgari doğrudan maliyet ile faaliyetin imal süresi seçilsin, bu süre faaliyetin normal süresi olarak adlandırılır. Diğer uçta, yönetici faaliyetin minimum tamamlanma süresini seçebilir ama bu durumda maliyet maksimum olur. Bu süreye faaliyetin sıkıştırılmış süresi denir.



Şekil 4.1: Bir faaliyet için lineer süre-maliyet denge grafiği.

Bu iki nokta arasında **Şekil 4.1**'te gösterilen doğrusal ilişki, herhangi bir ara süresi de tercih edilebilir olduğunu göstermektedir. Bazı ara noktaların bu faaliyet için süre ve maliyet arasındaki ideal veya optimum dengelemeyi temsil etmesi mümkündür. Normal noktası (alt noktası) ile sıkıştırılmış noktasını (üst noktası) bağlayan çizginin eğimi faaliyetin maliyet eğimi denir. Bu çizginin eğimi normal ve sıkıştırılmış noktaların koordinatlarını bilerek matematiksel olarak hesaplanabilir.

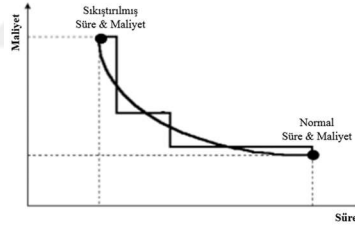


Şekil 4.2: Proje süresi-maliyet ilişkisi.

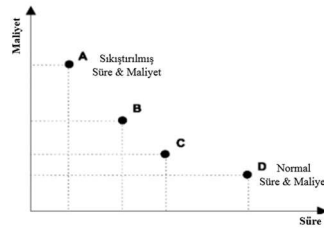
Projenin toplam süre-maliyet grafiğinin Şekil 4.2’te görüldüğü üzere doğrudan ve dolaylı maliyet değerleri birlikte toplayarak belirlenmektedir. Optimum proje süresi, en az proje maliyetine sonuçlanan proje süresi olarak tespit edilebilmektedir.

$$\text{Maliyet Eğimi} = \frac{\text{sıkıştırılmış maliyeti} - \text{normal maliyet}}{\text{(normal süresi} - \text{sıkıştırılmış süresi)}} \quad (4.1)$$

Şekil 4.2, Şekil 4.3 ve Şekil 4.4 gösterildiği gibi, bir faaliyeti tamamlamak için gereken en az doğrudan maliyete, normal maliyet (asgari maliyet) denir ve bu maliyete karşılık gelen süreye, normal süresi denir. Faaliyeti tamamlamak için gerekli en kısa süreye sıkıştırılmış süresi denir ve karşılık gelen maliyetine de sıkıştırılmış maliyeti denir.



Şekil 4.3: Bir faaliyet için eğrisel süre maliyet denge grafiği.



Şekil 4.4: Bir faaliyet için kesikli süre maliyet denge grafiği.

4.1.2. Proje Süresi ile Maliyet Arasındaki İlişki

Toplam proje maliyeti, doğrudan maliyetleri ve projenin faaliyetleri yerine getirmek için gereken dolaylı maliyetleri ikisini içermektedir. Proje için doğrudan maliyetler malzeme, işçilik, ekipman ve taşeron maliyetleri içerir. Diğer taraftan, dolaylı maliyetler ise, belirli faaliyetle ilgisi olmayan ve hatta bazı durumlarda belirli proje ile ilgili olmayan gerekli maliyetlerdir.

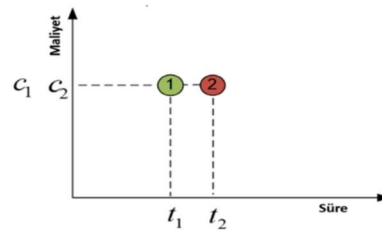
Eğer bütün faaliyetler minimum doğrudan maliyet sürelerine göre çizelgelenirse, bu durumda projenin tamamlanma süresi çok uzun olur ve dolayısıyla gecikmeden dolayı çok ciddi ve önemli cezalar gerçekleşebilir. Böylece, planlamacılar proje süresini kısaltmak için süre-maliyet dengeleme analizi denilen yöntemle kritik yolu üzerindeki bazı faaliyetleri seçerek süresini kısaltmaktadır.

Projenin doğrudan maliyeti faaliyetlerin doğrudan maliyetlerinin toplamına eşittir, dolayısıyla projenin doğrudan maliyeti proje süresinin kısaltılması ile artmaktadır. Öte yandan, projenin dolaylı maliyetleri, proje süresinin kısaltılması ile azalmaktadır. Genellikle dolaylı maliyetler proje süresi ile lineer bir fonksiyondur. **Şekil 4.2**'da projenin doğrudan ve dolaylı maliyetleri arasındaki ilişkileri gösterilmiştir.

4.1.3. Pareto Çözümü

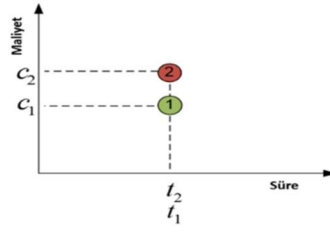
Çok amaçlı (Multi-objective) optimizasyon problemlerinde eğer 1 aday başka bir adaydan daha iyi ise, aday 1 kesinlikle aday 2'ye baskındır denilmektedir, ve çözüm tercih sebebidir.

Bu tez kapsamındaki uygulama projesinin çözüm adayları arasında iki çeşit baskınlık tercihi vardır;



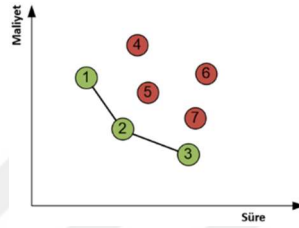
Şekil 4.5: Çözüm vektörü adayları arasındaki baskınlık tercihi (1. Çeşit).

Şekil 4.5'te gösterildiği gibi eğer $c_1 \leq c_2$ ve $t_1 < t_2$ ise, aday 1 aday 2'ye baskındır.



Şekil 4.6: Çözüm vektörü adayları arasındaki baskınlık tercihi (2. Çeşit).

Şekil 4.6'de görüldüğü gibi eğer $c_1 < c_2$ and $t_1 \leq t_2$ ise aday 1 aday 2'ye baskındır..



Şekil 4.7: Pareto süre-maliyet çözüm seti.

Yukarıdaki 2 baskınlık tercihimizden dolayı Pareto çözüm seti (en uygun çözümlerin seti) aşağıdaki Şekil 4.7'de gösterilmiştir. Burada Pareto çözümlerimiz yeşil ile gösterilen 1, 2 ve 3 nolu çözümlerdir.

4.2. GENETİK ALGORİTMA VE BULANIK MANTIK TABANLI SÜRE MALİYET OPTİMİZASYON MODELİ

İnşaat projelerinde faaliyetlerin çoğunda farklı süre-kaynak ve süre-maliyet ilişkileri bulunduğu için projenin optimum çözümü seçilen süre-kaynak ya da süre-maliyet çiftine göre değişecektir. Mevcut süre-maliyet denge-değişim modellerinde süre maliyet ilişkisinin deterministik olduğu varsayılır. Ancak gerçek hayatta hava koşulları, alan sıkışmaları (space congestion), verimlilik düzeyi gibi birçok çevresel faktör proje süresini etkiler. Bulanık mantıkta söz konusu belirsiz çevresel faktörler nedeniyle faaliyet süreleri bulanık ifade edilir. Tez kapsamında geliştirilmiş modelde α -risk seviyesi uygun minimum koşullar olarak kabul edilmiştir.

Zaman grafiği normal süre bölgesi, sıkıştırılmış süre bölgesi ve çakışık süre bölgesi olarak üçe ayrılmıştır. Normal süre bölgesinde faaliyetler normal süresi içinde bitirilir. Sıkıştırılmış süre bölgesinde faaliyet mümkün olduğunca kısa süre içinde bitirmeye çalışılır. Bu da maliyetin artması anlamına gelir. Çakışık süre bölgesinde faaliyetler sıkıştırılmış ya da normal sürede bitirilebilir. Çakışık süre bölgesinde faaliyetlerin sıkıştırılmış sürede bitirilmesi maliyet artışına

neden olacaktır. Bu durum süre maliyet dengeleme ilkesine uygun olmayacağından faaliyetler bu bölgede mümkün olduğunca normal süre ile bitirilmelidir. Sonuç olarak α -risk seviyesinin 0-1 aralığında değiştiği varsayılarak, normal durumda faaliyet süresi iyimser çizginin sağındaysa normal süre ile bitirilir.

4734 sayılı Kamu İhale Kanunu ile yapım işlerinde faaliyetler ana yüklenici, yükümlülüğünde ana yüklenici olanakları ile gerçekleştirebileceği gibi kısmen ya da tamamen alt yüklenici (taşeron) olanaklarıyla da gerçekleştirebilir. Proje tamamen taşeron devredildiğinde ana yüklenici iş koordinasyonu ve genel saha hizmetlerini sağlar. Genelde ana yüklenici projedeki temel faaliyetleri kendi gerçekleştirir, özel işleri ise taşeron devreder. Taşeron devir durumunda götürür bedel ya da birim fiyat sözleşmeler yapılır. Bu çalışma kapsamında birim fiyat sözleşmeler dikkate alınmış ve birim fiyat TL/Birim olarak belirlenmiştir.

$$\text{Doğrudan Maliyet} = \text{Üretilen Toplam Miktar} \times \text{Birim üretim Maliyeti} \quad (4.2)$$

Önerilen bulanık inşaat süre maliyet değişim-denge modelinde doğrudan maliyetler işin yapım yöntemine göre değişmektedir.

4.2.1. Problemin Tanımı ve Model

İnşaat faaliyetleri yürütülürken birçok alternatif ve belirsizlikle karşılaşılır. Proje planlama ve programlamada faaliyetlerin hangi yöntemle yapılacağı ve ne kadar sürede tamamlanacağı planlamacılar için önemli bir sorudur. Çatı örtüsünün nasıl yapılacağına ilişkin verilen “Kiremit veya bakır kaplama yapılabilir.” cevabı alternatif önerileri ve ne zaman tamamlanacağına ilişkin verilen “Bir hafta, on güne biter.” cevabı ise çatı örtüsü yapılması faaliyetinin süresindeki belirsizliği ve oluşturur. Bu alternatif yöntemleri ve süre belirsizliklerini proje programlamada modelleyebilmek için faaliyet süreleri bulanıklaştırılır.

Faaliyetler arasındaki öncelik ilişkisi değişmeden kalsa da tercih edilen alternatif yöntemlere göre süre ve maliyet değişecek dolayısıyla proje programı da bu tercihlere göre şekil alacaktır. Faaliyet ve alternatif sayısı arttıkça proje programı karmaşık bir yapıya dönüşecek ve çözüm süresi uzayacaktır. Kısa sürede en uygun çözümü bulabilmek için genetik algoritma yöntemi kullanılarak her alternatife göre süre-maliyet çiftleri değerlendirilerek elde edilen proje süreleri Pareto yöntemi ile değerlendirilerek uygun çözümler elde edilir.

Ey uygun çözümlerin olduğu çözüm kümesinde planlamacılar öncelikle projenin tamamlanması için kabul edilebilir risk seviyesini belirler. Belirlenen risk seviyesi içinde projenin tamamlanabileceği süre-maliyet çözümünü seçer. Bu seçimlerin ardından her çözüm içerisinde faaliyetler için belirlenmiş alternatif yöntemle projeyi gerçekleştirir.

4.2.2. Model Kabulleri

Uygulama projesindeki iş kalemleri için tanımlanan her bir faaliyet Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2017 yılı birim fiyat kitabından alınmıştır. Birim fiyat analizlerindeki işçilik süreleri kullanılarak birim iş miktarı için çalışılması gereken süre bulunmuştur. Çalışılması gereken süreler göre her faaliyete ekip ataması yapılarak faaliyetlerin uygulama süreleri bulunur. Atanan ekipler ve çalışanlar eş değer kabul edilmiştir.

Faaliyetlerin uygulama süresi hesaplanırken günlük 8 saat çalışma süresi esas alınmıştır. Şantiyede normal çalışma süre günlük 10 saattir. Ekip ücretleri 8 saat günlük çalışma ücreti birim fiyat analiz değerleri ile 8 saat üstündeki her saat için çalışma ücreti birim fiyat analiz değerlerinin 1,5 katı mesai ücreti hesaplanmıştır. Günlük 10 saat çalışan bir ekibe 8 saat için normal ücret 2 saat için mesai ücreti ödenir. İyimsen koşullarda faaliyet sürelerini sıkıştırmak için sıkıştırılmış çalışma süresi günlük 12 saattir. Günlük 12 saat çalışan bir ekibe 8 saat için normal ücret 4 saat için mesai ücreti ödenir. Kötümser koşullarda ekipler günde 8 saat çalışır.

Ekip atamaları ile işlenmiş faaliyet süreleri olan normal faaliyet süresi, sıkıştırılmış faaliyet süresi ve geciktirilmiş faaliyet süresi hesaplanır. İşlenmiş faaliyet süreleri hesaplanırken aşağıdaki kabuller yapılmıştır.

1. Genel Çalışma Koşulları

- a. Sahada çalışma yapılırken minimum 1, maksimum 6 ekip çalışabilir.
- b. Her işin ekip niteliği farklı olabilir ancak aynı iş için eş değer ekip çalışır.
- c. Her faaliyet tam gün sürer. Hesaplarda ondalıklı çıkan faaliyet süreleri bir üst tam sayıya yuvarlanır.
- d. Faaliyetlerin yaklaşık süreleri hesaplanırken faaliyet hızı ile faaliyet miktarı çarpılır. (**Tablo 4.1**)
- e. Faaliyetlerin yaklaşık maliyetleri hesaplanırken faaliyet birim fiyat ile faaliyet miktarı çarpılır. (**Tablo 4.2**)

Tablo 4.1: Bir faaliyetin yaklaşık faaliyet süresi

Sıra No	Faaliyet	Opsiyon No.	Poz	Faaliyet Hızı	Metraj	1 ekip için toplam saat	Yaklaşık Faaliyet Süresi
1	Ahşap Oturtma Çatı	1	Y.21.101/01	0,280	650	182,00	23
		2	Y.21.101/02	0,260	650	169,00	22

Tablo 4.2: Bir faaliyetin yaklaşık faaliyet maliyeti

Sıra No	Faaliyet	Opsiyon No.	Poz	Metraj	Birim Fiyat	Yaklaşık Maliyet
1	Ahşap Oturtma Çatı	1	Y.21.101/01	650	80,39	52.253,50
		2	Y.21.101/02	650	77,85	50.602,50

2. Normal Çalışma Koşullarında

- Günlük 10 saat çalışılır. 8 saat normal ücret, 2 saat mesai ücreti ödenir.
- Faaliyetlerin normal maliyeti hesaplanırken faaliyetlerin malzeme maliyeti ve ekip sayına ve çalışma süresine bağlı işçilik maliyeti ve günlük 300 TL günlük dolaylı maliyet hesaplanır.

Tablo 4.3'te bir faaliyetin farklı opsiyonları için normal süre-maliyet hesap özeti görülmektedir. Birinci faaliyetin birinci opsiyonu için normal faaliyet maliyet hesaplanacak olursa;

$$\text{İşçilik} = (83,93 \text{ TL/sa} \times 8 \text{ sa}) + (125,89 \text{ TL/sa} \times 2 \text{ sa}) = 923,21 \text{ TL/Ekip - gün}$$

$$\text{İşçilik} = 923,21 \text{ TL/Ekip - gün} \times 3 \text{ Ekip} \times 7 \text{ Gün} = 19.387,50 \text{ TL}$$

$$\text{Malzeme} = 56,89 \text{ TL/m}^2 \times 650 \text{ m}^2 = 36.978,50 \text{ TL}$$

$$\text{Günlük dolaylı maliyet} = 300 \text{ TL} \times 7 \text{ gün} = 2.100 \text{ TL}$$

$$\text{Toplam maliyet} = 58.466,00 \text{ TL}$$

Tablo 4.3: Bir faaliyetin normal süre- maliyeti

Sıra No	Opsiyon No.	Poz	Metraj	Dolaylı Maliyet (TL)	Malzeme Maliyeti (TL)	İşçilik Maliyeti (TL/sa-br)	Çalışma süresi (sa)	Mesai Maliyeti (TL/sa)	Mesai süresi (sa)	Ekip	Normal Süre	Normal Maliyet
1	1	Y.21.101/01	650	300,00	56,89	83,93	8	125,89	2	3	7	58.466,00
	2	Y.21.101/02	650	300,00	54,35	90,38	8	135,58	2	3	6	55.023,66

3. Sıkıştırılmış Çalışma Koşulları

- Günlük 12 saat çalışılır. 8 saat normal ücret, 4 saat mesai ücreti ödenir.

- b. Faaliyetlerin normal maliyeti hesaplanırken faaliyetlerin malzeme maliyeti ve ekip sayına ve çalışma süresine bağlı işçilik maliyeti ve günlük 300 TL günlük dolaylı maliyet hesaplanır.

$$\text{İşçilik} = (83,93 \text{ TL/sa} \times 8 \text{ sa}) + (125,89 \text{ TL/sa} \times 4 \text{ sa}) = 1.175,00 \text{ TL/Ekip - gün}$$

$$\text{İşçilik} = 1.175,00 \text{ TL/Ekip - gün} \times 3 \text{ Ekip} \times 6 \text{ Gün} = 21.150 \text{ TL}$$

$$\text{Malzeme} = 56,89 \text{ TL/m}^2 \times 650 \text{ m}^2 = 36.978,50 \text{ TL}$$

$$\text{Günlük dolaylı maliyet} = 300 \text{ TL} \times 6 \text{ gün} = 1.800 \text{ TL}$$

$$\text{Toplam maliyet} = 59.928,50 \text{ TL}$$

Tablo 4.4'te bir faaliyetin farklı opsiyonları için normal süre-maliyet hesap özeti görülmektedir. Birinci faaliyetin birinci opsiyonu için normal faaliyet maliyet hesaplanacak olursa;

Tablo 4.4: Bir faaliyetin sıkıştırılmış süre- maliyeti

Sıra No	Opsiyon No.	Poz	Metraj	Dolaylı Maliyet (TL)	Malzeme Maliyeti (TL)	İşçilik Maliyeti (TL/sa-br)	Çalışma süresi (sa)	Mesai Maliyeti (TL/sa)	Mesai süresi (sa)	Ekip	Normal Süre	Normal Maliyet
1	1	Y.21.101/01	650	300,00	56,89	83,93	8	125,89	4	3	6	59.928,50
	2	Y.21.101/02	650	300,00	54,35	90,38	8	135,58	4	3	5	55.808,27

4. Geciktirilmiş Çalışma Koşulları

- a. Günlük 8 saat çalışılır. 8 saat normal ücret ödenir.
- b. Faaliyetlerin normal maliyeti hesaplanırken faaliyetlerin malzeme maliyeti ve ekip sayına ve çalışma süresine bağlı işçilik maliyeti ve günlük 300 TL günlük dolaylı maliyet hesaplanır.

$$\text{İşçilik} = (83,93 \text{ TL/sa} \times 8 \text{ sa}) = 671,43 \text{ TL/Ekip - gün}$$

$$\text{İşçilik} = 671,43 \text{ TL/Ekip - gün} \times 3 \text{ Ekip} \times 8 \text{ Gün} = 16.114,00 \text{ TL}$$

$$\text{Malzeme} = 56,89 \text{ TL/m}^2 \times 650 \text{ m}^2 = 36.978,50 \text{ TL}$$

$$\text{Günlük dolaylı maliyet} = 300 \text{ TL} \times 8 \text{ gün} = 2.400 \text{ TL}$$

$$\text{Toplam maliyet} = 55.492,79 \text{ TL}$$

Tablo 4.5'te bir faaliyetin farklı opsiyonları için normal süre-maliyet hesap özeti görülmektedir. Birinci faaliyetin birinci opsiyonu için normal faaliyet maliyet hesaplanacak olursa;

Tablo 4.5: Bir faaliyetin geciktirilmiş süre- maliyeti

Sıra No	Opsiyon No.	Poz	Metraj	Dolaylı Maliyet (TL)	Malzeme Maliyeti (TL)	İşçilik Maliyeti (TL/sa-br)	Çalışma süresi (sa)	Mesai Maliyeti (TL/sa)	Mesai süresi (sa)	Ekip	Normal Süre	Normal Maliyet
1	1	Y.21.101/01	650	300,00	56,89	83,93	8	125,89	-	3	8	55.492,79
	2	Y.21.101/02	650	300,00	54,35	90,38	8	135,58	-	3	7	52.612,12

4.2.3. Modelin Matematiksel İfadesi

Genetik algoritma tabanlı bulanık süre maliyet dengeleme modelinde amaç belirli bir proje süresi içinde proje maliyetini minimum yapmaktır (Leu, Chen ve Yang 2001).

$$\min C_T^\alpha = \sum_{i=1}^n C_{di}^\alpha \quad (4.3)$$

$$T^\alpha = \max\{t_i^\alpha + d_i^\alpha; i = 1, 2, \dots, n\} \quad (4.4)$$

$$\begin{aligned} \text{ST. } t_j^\alpha - t_i^\alpha - d_i^\alpha &\geq 0, \forall j \in S_i \\ M_i^\alpha &\leq d_i^\alpha \leq N_i^\alpha \end{aligned} \quad (4.5)$$

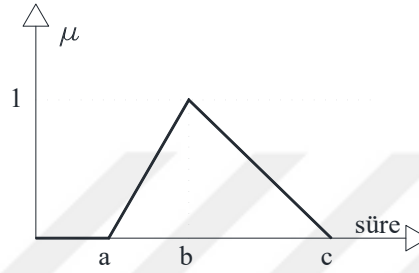
$$t_i^\alpha, d_i^\alpha \geq 0, i = 1, 2, \dots, n \quad (4.6)$$

Yukarıdaki denklemlerde C^α : α risk seviyesinde projenin toplam doğrudan maliyeti, C_{di}^α : d_i^α zamanında i faaliyetinin doğrudan maliyeti, d_i^α : α risk seviyesinde i faaliyetinin süresi, T^α : α risk seviyesinde projenin toplam süresi, t_i^α : α risk seviyesinde i faaliyetlerinin başlama zamanı, n : faaliyetlerin toplam sayısı, S_i : i faaliyetinden sonra gelen faaliyetler kümesi, M_i^α : α risk seviyesinde i faaliyetinin sıkıştırılmış süresi ve N_i^α : α risk seviyesinde i faaliyetinin normal süresini temsil eder.

Denklem (4.3) ile projenin bulanık doğrudan maliyeti, denklem (4.4) ile projenin bulanık toplam süresi, denklem (4.5) ile bağlı olan iki düğüm arasındaki zaman farkını hesaplanır. En fazla bağlanan faaliyetin süresi kadar olmalıdır. Denklem (4.6) ise her bir faaliyetin süresini sıkıştırılmış zaman aralığında kısıtlar. Önerilen model 4 alt birimden oluşmaktadır.

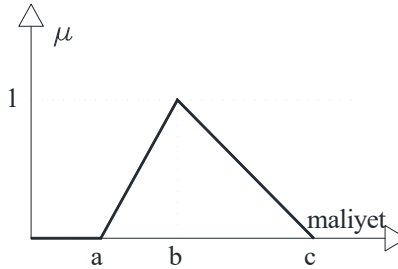
4.2.3.1. Faaliyet Süresi ve Maliyet Oluşturma Birimi

Bu birim olası faaliyet süresi nesillerini oluşturur. Kromozomun her bir karakteri ilgili faaliyetin süresini gösterir. Karakter değeri α risk seviyesine göre sıkıştırılmış ve geciktirilmiş değerler arasında sınırlandırılmıştır. Faaliyet süreleri sıkıştırılmış süre, normal süre ve geciktirilmiş süre olarak üç gruba ayrılır. Her bir opsiyon süre üçgen bulanık fonksiyonla bulanıklaştırılır.



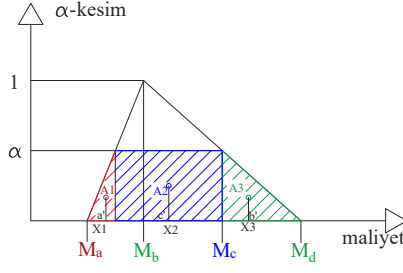
Şekil 4.8: Bulanık faaliyet süresi

Her faaliyet için uzman/kullanıcı tarafından belirlenen faaliyet sıkıştırılmış, normal ve geciktirilmiş süreler üçgen üyelik formülleri ile bulanıklaştırılır.



Şekil 4.9: Bulanık faaliyet maliyeti.

Herhangi bir risk seviyesinde faaliyet süresini ve maliyetini belirlemek için Mamdani bulanık çıkarım sistemi olan ağırlık merkezi yöntemi kullanılır.



Şekil 4.10: Ağırlık merkezi yöntemi.

$$\frac{1}{(M_b - M_a)} = \frac{\alpha}{a'}$$

$$a' = \alpha (M_b - M_a) \quad (4.7)$$

$$\frac{1}{(M_d - M_b)} = \frac{\alpha}{b'}$$

$$b' = \alpha (M_d - M_b) \quad (4.8)$$

$$c' = (M_d - M_a) - (a' + b') \quad (4.9)$$

$$G_x = \frac{\sum X_i \cdot A_i}{\sum A_i}$$

$$G_x = \frac{X_1 \cdot A_1 + X_2 \cdot A_2 + X_3 \cdot A_3}{A_1 + A_2 + A_3} \quad (4.10)$$

Ağırlık merkezi yöntemi üçgen bulanık kümeye uygulandığında α -kesimi altında kalan yamuk alanın ağırlık merkezi α -kesimindeki süre veya maliyet değerini verir.

4.2.3.2. Proje Süresi ve Proje Maliyeti Hesaplama Birimi

Her bir faaliyetin farklı seçenekleri ile belirlenen risk seviyesindeki proje süreleri ve maliyetleri için genetik algoritma yardımı ile CPM hesapları yapılarak proje süre-maliyet çiftleri oluşturularak genetik algoritma işlemleri için olası çözümler bulunur.

4.2.3.3. Proje Süre-Maliyet Dengeleme Birimi

Hesaplanan proje süresi için projenin minimum doğrudan maliyeti aranır. Birim çaprazlama ve mutasyon operatörlerini kullanarak olası yeni nesil kromozomlarını oluşturur. Hesaplanan proje

maliyetlerinden Rulet çarkı prensibine göre yeni kromozomlar seçilir. Bir k kromozomunun seçilme olasılığı denklem (4.11) ile hesaplanır.

$$k = \frac{f_k}{\sum_j^{\text{pop.size}} f_j} \quad (4.11)$$

4.2.3.4. Çıktı Birimi

Süre maliyet dengeleme birimi sonunda optimum ya da optimuma yakın sonuçları elde etmek için Pareto çözümleri kullanılarak farklı risk seviyeleri için uygun alternatif proje maliyet çiftleri bulunur. Uzman/karar verici Pareto sonuçlarını değerlendirerek uygun yapım yöntemini seçer.

$$\min \tilde{C} = \sum_{\forall i} (\tilde{C}_{N_i} + \tilde{C}_{C_i} + \tilde{C}_{J_i}) \quad (4.12)$$

$$\tilde{C}_{N_i} = \tilde{d}_i \times \tilde{N}_i$$

$$\tilde{C}_{C_i} = \max(\tilde{d}_{i_{low}} - \tilde{d}_i, 0) \times \tilde{N}_{C_i} \quad (4.13)$$

$$\tilde{C}_{J_i} = \tilde{d}_i \times \tilde{N}_{J_i}$$

$$S.T. \quad \tilde{d}_{max} \leq D$$

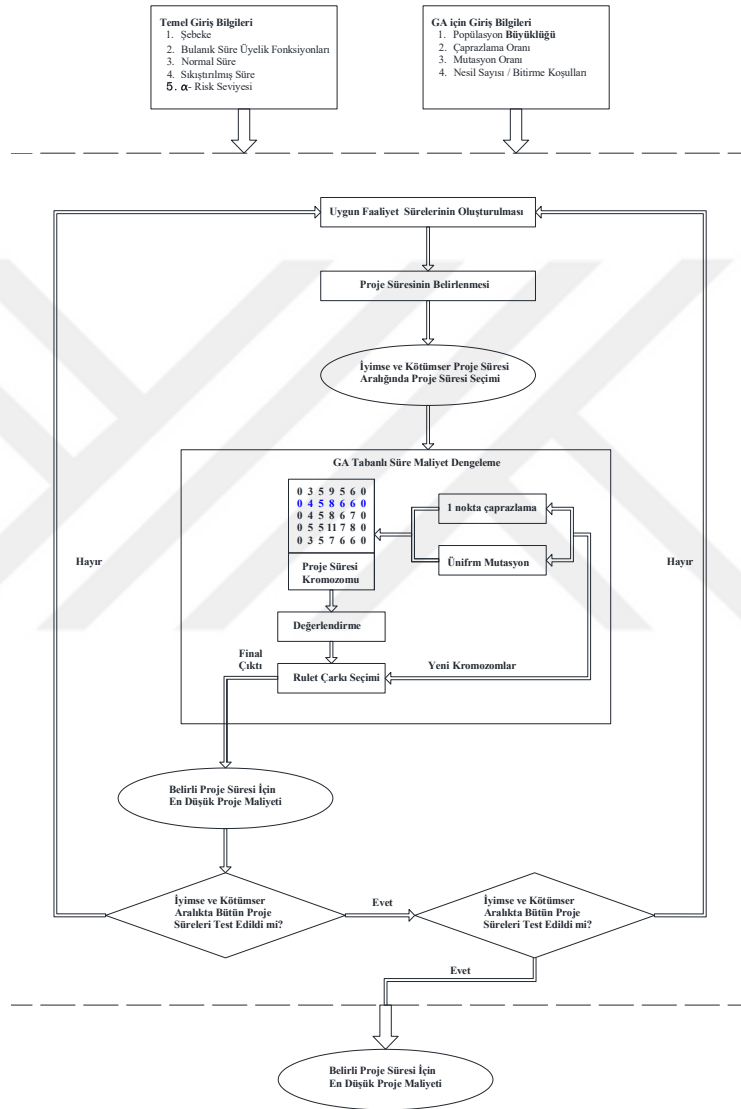
$$\tilde{d}_{i_{min}} \leq \tilde{d}_i \leq \tilde{d}_{i_{max}} \quad (4.14)$$

Yukarıdaki denklemlerde \tilde{C} : Proje toplam maliyeti, \tilde{C}_{N_i} : i faaliyetinin normal maliyeti, \tilde{C}_{C_i} : i faaliyetinin sıkıştırılmış maliyeti, \tilde{C}_{J_i} : i faaliyetinin dolaylı maliyeti, \tilde{d}_i : i faaliyetinin süresi, \tilde{N}_i : i faaliyetinin normal maliyet oranı, $\tilde{d}_{i_{low}}$: i faaliyetinin normal olarak bitirilebileceği minimum süre, \tilde{N}_{C_i} : i faaliyetinin sıkıştırılmış maliyet oranı, \tilde{N}_{J_i} : i faaliyetinin dolaylı maliyet oranı, D : gerekli proje süresi, $\tilde{d}_{i_{min}}$: i faaliyetinin sıkıştırılmış olarak bitirilebileceğin maksimum süre ve $\tilde{d}_{i_{max}}$: kritik yol üzerindeki faaliyetlerin toplam süresini temsil eder.

Denklem (4.12) ile projenin toplam bulanık maliyeti hesaplanır. Denklem (4.13) ile projenin gerekli süre içinde bitmesini kısıtlar. Denklem (4.14) ile faaliyet süresini minimum sıkıştırılmış süre ile maksimum normal süre arasında kısıtlar.

4.3. MODEL UYGULAMASI

Stokastik bir ortamda süre maliyet dengeleme problemi için kurulan modelin temel kavramı ve performansını göstermek için, kabul edilen farklı risk seviyeleri ile iki farklı uygulama örneği seçilmiştir.



Şekil 4.11: Bulanık optimizasyon modeli akış şeması (Jin, ve diğerleri 2005).

4.3.1. Uygulama Örneği 1

Birinci örnek (Zheng & Ng, 2005) çalışmasındaki 7 faaliyetli örnek uygulamadan uyarlanmıştır. Tablo 4.6'da gösterildiği gibi her faaliyetin seçileceği üç ila beş opsiyonu vardır. Her opsiyonun süre ve maliyeti üçgen bulanık sayılar olarak tanımlanmıştır. Her opsiyonda,

süre ve maliyet için birinci ve üçüncü değerler sırasıyla en düşük ve en yüksek olası değerleri ifade eder. Ancak ikinci değer, bu opsiyonlar için en olası süre ve/veya maliyeti tanımlar. Önerilen model için dolaylı maliyet (Zheng & Ng, 2005) çalışmasında olduğu gibi 500 \$ / gün olarak tanımlanmıştır.

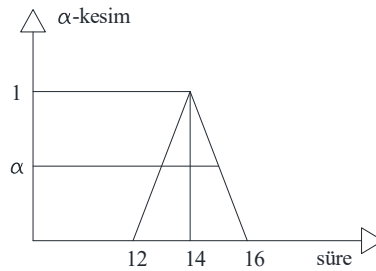
Önerilen modelin amacı, her iki kriterin (süre ve maliyet) baskın tüm olası kombinasyonlarını tanımlamak için Pareto çözümlerini kullanılmıştır. Ortaya çıkan Pareto sonuçları, karar vericiler için çözüm adayı olarak değerlendirilebilir.

Ancak stokastik süre maliyet optimizasyonu probleminde çok sınırlı bir araştırma mevcuttur. Bu nedenle, model performans değerlendirmesi sadece farklı α seviyeleri altında mümkün olacaktır. 0 ile 1 arasında değişen α seviyesi için modelin sonuçları **Şekil 4.15**'te görülmektedir. Her bir α değeri (yani $\alpha = 0, 0.2, 0.4, 0.5, 0.6, 0.8$ ve 1) için tüm pareto çözümler tanımlanmıştır.

Tablo 4.6'da verilen örnek projede birinci faaliyetin birinci opsiyonunun üçgen bulanık gösterimi **Şekil 4.12** ve **Şekil 4.13** görüldüğü gibidir. Bulanık sürelerde ikizkenar üçgen olduğu için herhangi bir α kesimi için faaliyet süresi ağırlık merkezi yöntemi sonucu olarak ortalama değerde kalacaktır. Bulanık maliyetlerde ise ikizkenar üçgen olmayacağı için her α kesimi için faaliyet maliyeti ağırlık merkezi yöntemi sonucu olarak farklı değerler alacaktır.

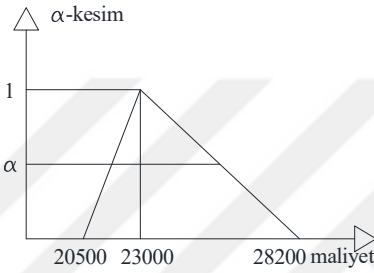
Tablo 4.6: Uygulama örneği 1 için proje detayları.

No	Faaliyet	HÖF	Opsiyon No.	Süre (a)	Süre (b=c)	Süre (d)	Maliyet (a)	Maliyet (b=c)	Maliyet (d)
1	Şantiye Hazırlıkları	-	1	12	14	16	20500	23000	28200
			2	17	20	23	16200	18000	21200
			3	19	24	29	11500	12000	13500
2	Kalıp ve Demir	1	1	12	15	18	2870	3000	3580
			2	13	18	23	2260	2400	2900
			3	15	20	25	1500	1800	2150
			4	23	30	37	1080	1200	1900
			5	54	60	66	500	600	720
3	Kazı	1	1	10	15	20	4200	4500	4950
			2	20	22	24	3750	4000	4500
			3	28	33	38	2900	3200	3750
4	Prekast Beton Kirişler	1	1	10	12	14	43500	45000	48850
			2	12	16	20	33620	35000	38900
			3	17	20	23	28500	30000	34500
5	Temel Betonu ve Köprü Ayakları	2	1	16	22	28	18100	20000	23500
			2	20	24	28	15200	17500	21000
			3	23	28	33	13700	15000	18500
			4	25	30	35	8750	10000	11800
6	Prekast Kirişlerin sahaya ulaşması	4	1	12	14	16	38500	40000	49500
			2	15	18	21	30250	32000	36200
			3	20	24	28	16800	18000	21050
7	Kirişlerin Montajı	6	1	7	9	11	28400	30000	34500
			2	13	15	17	22200	24000	26800
			3	15	18	21	21000	22000	23250

**Şekil 4.12:** Şantiye hazırlıkları faaliyetinin 1. Opsiyon süresinin bulanık gösterimi.

Birinci faaliyetin birinci opsiyon süresinin α kesimi değerleri hesaplanacak olursa;

Aralık	Koşul	Fonksiyon	x	İşlem	α kesimi
[0,11]	$x < a$	$\alpha = 0$			0
[12,14]	$a \leq x \leq b$	$\frac{x-a}{b-a}$	12	$\frac{12-12}{14-12}$	0
			13	$\frac{13-12}{14-12}$	0,5
			14	$\frac{14-12}{14-12}$	1
[14,16]	$b \leq x \leq c$	$\frac{c-x}{c-b}$	14	$\frac{16-14}{16-14}$	1
			15	$\frac{16-15}{16-14}$	0,5
			16	$\frac{16-16}{16-14}$	0



Şekil 4.13: Şantiye hazırlıkları faaliyetinin 1. Opsiyon maliyetinin bulanık gösterimi.

Birinci faaliyetin birinci opsiyon maliyetinin opsiyon süresi α kesimindeki değerleri hesaplanacak olursa;

Aralık	Koşul	α kesimi	Süre	Fonksiyon	İşlem	Maliyet
[0,20500]	$x < a$	0		$\alpha = 0$		0
[20500,23000]	$a \leq x \leq b$	0	12	$\alpha * (b - a) + a$	$0 * (23000 - 20500) + 20500$	20500
		0,5	13		$0,5 * (23000 - 20500) + 20500$	21750
		1	14		$1 * (23000 - 20500) + 20500$	23000
[23000,28200]	$b \leq x \leq c$	1	14	$c - [\alpha * (c - b)]$	$28200 - (1 * (28200 - 23000))$	23000
		0,5	15		$28200 - (0,5 * (28200 - 23000))$	25600
		0	16		$28200 - (0 * (28200 - 23000))$	28200

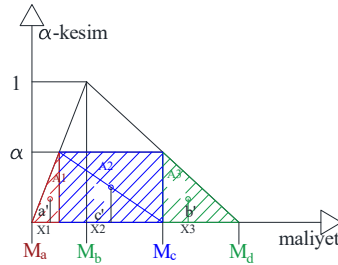
Önerilen modelde aynı süre için farklı maliyet opsiyonları arasında seçim yapılarak uygun proje süresi- proje maliyeti çifti aranır.

Bu çözümlerin süre ve maliyet değerleri **EK 2'**nin ikinci ve üçüncü sütunlarında sunulmaktadır. ayrıca aynı tablonun son sütununda her faaliyet için önerilen optimum opsiyonlar yer almaktadır. **Tablo 4.7'**de $\alpha=0,0$ ve $\alpha=1$ risk seviyeleri için bulanık maliyet değerleri verilmiştir.

Tablo 4.7: $\alpha=0,0$ ve $\alpha=1$ risk seviyeleri için bulanık maliyet.

No	Faaliyet	HÖF	Opsiyon No.	$\alpha=0$ süre	$\alpha=0$ Maliyet	$\alpha=1$ süre	$\alpha=1$ Maliyet
1	Şantiye Hazırlıkları	-	1	14	20500	14	23000
			2	20	16200	20	18000
			3	24	11500	24	12000
2	Kalıp ve Demir	1	1	15	2870	15	3000
			2	18	2260	18	2400
			3	20	1500	20	1800
			4	30	1080	30	1200
			5	60	500	60	600
3	Kazı	1	1	15	4200	15	4500
			2	22	3750	22	4000
			3	33	2900	33	3200
4	Prekast Beton Kirişler	1	1	12	43500	12	45000
			2	16	33620	16	35000
			3	20	28500	20	30000
5	Temel Beton ve Köprü Ayakları	2	1	22	18100	22	20000
			2	24	15200	24	17500
			3	28	13700	28	15000
			4	30	8750	30	10000
6	Prekast Kirişlerin sahaya ulaşması	4	1	14	38500	14	40000
			2	18	30250	18	32000
			3	24	16800	24	18000
7	Kirişlerin Montajı	6	1	9	28400	9	30000
			2	15	22200	15	24000
			3	18	21000	18	22000

Bulanık sürelerde ikizkenar üçgen olduğu için $\alpha=0$ ve $\alpha=1$ kesimi için faaliyet süresi ortalama değer olup faaliyet maliyeti $\alpha=0$ kesimi için yüksek maliyet ve $\alpha=1$ kesimi için optimum maliyet değeri alınmıştır.

**Şekil 4.14:** Ağırlık merkezi yöntemine göre faaliyet maliyeti.

$$\frac{1}{(M_b - M_a)} = \frac{\alpha}{a'} \quad a' = \alpha (M_b - M_a) \quad (4.15)$$

$$\frac{1}{(M_d - M_b)} = \frac{\alpha}{b'} \quad b' = \alpha (M_d - M_b) \quad (4.16)$$

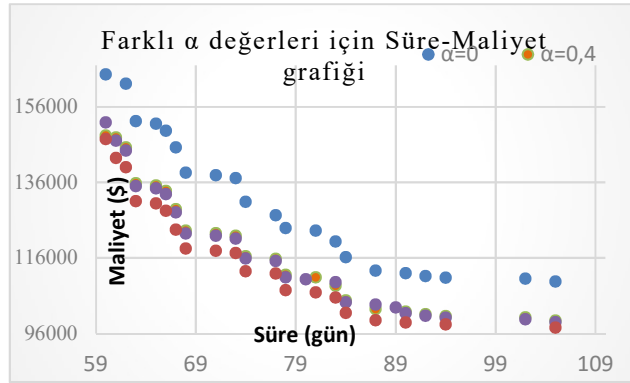
$$c' = (M_d - M_a) - (a' + b') \quad (4.17)$$

$$G_x = \frac{\sum X_i \cdot A_i}{\sum A_i} \quad G_X = \frac{X_1 \cdot A_1 + X_2 \cdot A_2 + X_3 \cdot A_3}{A_1 + A_2 + A_3} \quad (4.18)$$

$\alpha = 1$ için problem deterministik bir duruma dönüşür ki bu durumda elde edilen sonuçlar (Zhang et al. 2004) sonuçları ile kolayca kıyaslanabilmektedir. $\alpha = 1$ için toplam pareto sonuçları 21 adettir, bu sonuçlar için proje süresi 47 ile 87gün arasında değişmektedir, buna karşı ilgili maliyetleri ise sırasıyla 90530\$ ile 137940\$ arasında değişmektedir. Dolayısıyla önerilen algoritma, (Zheng, Ng, & Kumaraswamy, 2004) tarafından uygulananlara kıyasla çok daha iyi sonuçlar vermektedir.

Tablo 4.8: Uygulama projesinin farklı α değerleri için özet GA pareto çözümleri.

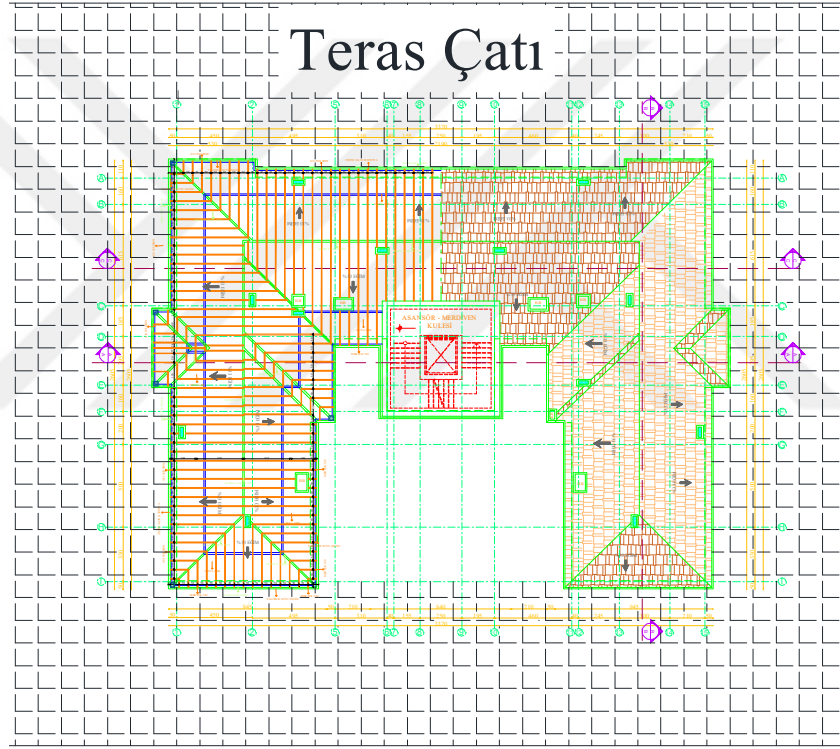
α	Süre (gün)	Maliyet (\$)	Her faaliyet için seçilmiş ilgili Opsiyonlar						
			1	2	3	4	5	6	7
0	60	164630	3	1	1	3	4	3	3
	90	111950	3	1	1	3	4	3	1
0,40	60	148400	1	1	1	1	1	3	1
	90	101823	3	2	1	3	4	3	3
0,80	60	151899	1	1	1	2	1	2	1
	90	101365	3	2	1	3	4	3	3
1	60	147500	1	1	1	2	1	2	1
	90	98900	3	2	1	3	4	3	3



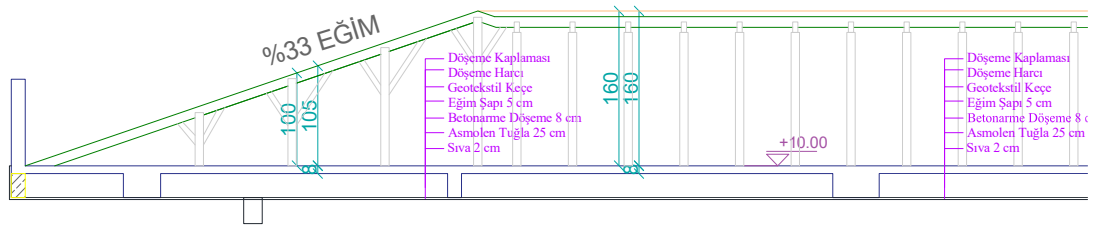
Şekil 4.15: Örnek model çözüm sonuçları.

4.3.2. Uygulama Örneği 2

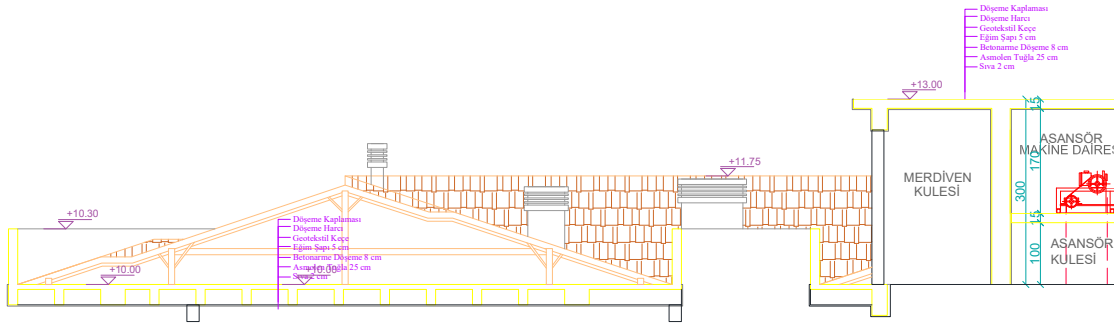
Bu çalışma kapsamında kurulan model gerçek bir inşaat projesi ile test edilmiş ve modelden çıkan sonuçlar değerlendirilmiştir. Uygulama çalışması olarak bir binada farklı iki kotta bulunan teras ve oturma çatılarının imalat kısımları modellenmiştir. Uygulama projesi imalatlarına yapıdaki son döşeme betonu dökümünden sonraki imalatlarla başlamıştır. Betonarme imalatlar ve çatı imatları haricindeki imalatlar modelde değerlendirilmemiştir. Elektrik, mekanik ve ince yapı çalışmaları teknik donanımları, tedarik süreçleri ve uygulama detayları için disiplinler arası çalışma gerektiğinden çalışma dışı bırakılmıştır.



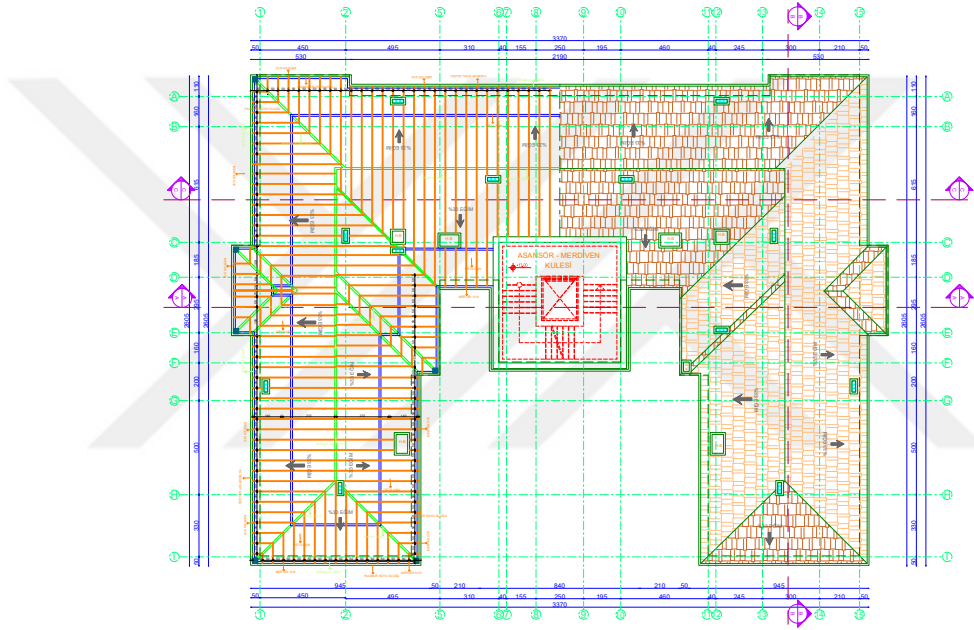
Şekil 4.16: Çatı plan görünüşü.



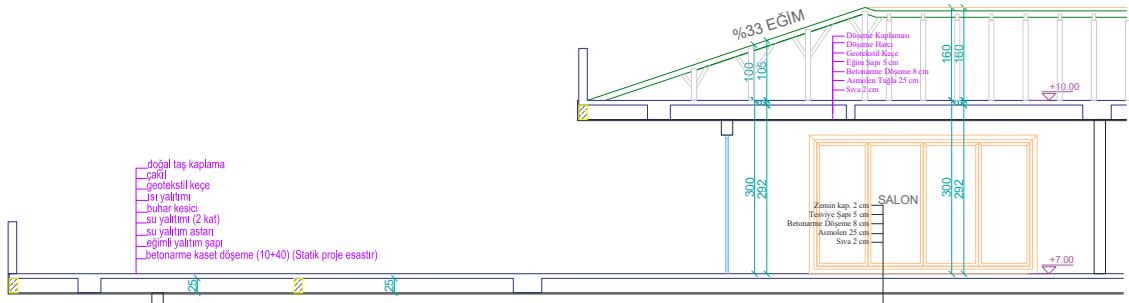
Şekil 4.17: B-B kesiti.



Şekil 4.18: A-A kesiti.



Şekil 4.19: Orta çatı planı.



Şekil 4.20: Teras çatı kesiti.

İlk olarak çatıların fen ve sanat kurallarına uygun olarak hizmet verebilmesi için gereken inşaat faaliyetleri belirlenerek faaliyetler arasındaki ilişkileri tanımlanmıştır. Faaliyetler arasındaki ilişkilere bağlı olarak projenin CPM şebekesi aşağıdaki kabullere göre çizilerek faaliyetlerin metrajları çıkarılmıştır.

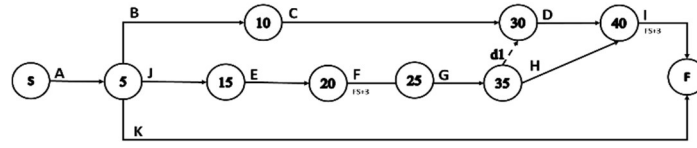
1. Her faaliyetin benzer süre-maliyet ilişkisi vardır.
2. Faaliyetler ana yüklenici tarafından ya da taşeron tarafından birim fiyat sözleşme ile gerçekleştirilir.
3. Normal ve sıkıştırılmış maliyet değerleri net olarak bilinir.
4. Faaliyet süreleri çevresel faktörler nedeniyle bulanıktır. Normal ve sıkıştırılmış süreler ve maliyetler temel alınarak üçgen bulanık sayılar kurallarına göre opsiyonların bulanık sayıları belirlenmiştir.
5. Faaliyetler arasında ilişkiler bitiş-başlama şeklindedir. Bir faaliyet bittikten sonra sonraki faaliyet başlar.

Proje kapsamına giren faaliyetler, faaliyetlerin metrajları, faaliyetler arasındaki ilişkiler **Tablo 4.9**'da gösterilmiştir.

Tablo 4.9: Proje kapsamındaki yapılacak faaliyetler ve hemen önceki faaliyetleri.

No.	Faaliyet Kodu	Faaliyetin İsmi	Hemen Önceki Faaliyet
1	A	Ahşap Oturtma Çatı	-
2	B	Çatı Isı Yalıtımı	A
3	C	Çatı Su Yalıtımı	B
4	D	Çatı Kaplama	C, G
5	E	Teras Tesviye Şapı	J
6	F	Teras Su Yalıtımı	E
7	G	Teras Isı Yalıtımı	F
8	H	Teras Yalıtım Şapı	G
9	I	Teras Mermer Kaplaması	D, H
10	J	Parapet Yapılması	A
11	K	Gizli Dere/ Oluk	A

Bu çalışma kapsamındaki kurulan model, modele girilen girdiler ve modelden çıkan sonuçları ve bulguları aşağıdaki bir yapının çatı ve teras işleri projesi üzerindeki örnek uygulama ile adım adım anlatılmaktadır.



Şekil 4.21: Uygulama projesinin CPM ok tipi şebeke diyagramı.

Projenin teknik şartnamesine ve idarece onaylanmış iş programına göre ilk etapta oturtma çatı işleri yapılmıştır. İş sağlığı ve güvenliği de dikkate alınarak çatı işleri devam ederken teras işleri de paralel bir şekilde yürütülmüştür. Projenin CPM iş programı **Şekil 4.21** gösterilmiştir.

CPM şebekesi oluşturulduktan sonra projedeki her bir faaliyet için farklı yapım teknikleri araştırılmış ve buna göre her bir faaliyet için, Çevre ve Şehircilik Bakanlığının Birim Fiyat Analizi kitabından alternatif pozlar belirlenerek her bir poz için süre-maliyet verileri belirlenmiştir.

Tablo 4.10: Proje kapsamındaki faaliyetlerin toplam miktarları ve alternatif pozları.

No.	Faaliyet Kodu	Faaliyetin İsmi	Faaliyetin HÖF	Yaklaşık Metraji	Faaliyetin Alternatif Pozları (ÇSB-2017)'ye göre
1	A	Ahşap Oturtma Çatı	-	650 m ²	(Y.21.101/01), (Y.21.101/02)
2	B	Çatı Isı Yalıtımı	A	715 m ²	(Y.19.061/001)
3	C	Çatı Su Yalıtımı	B	715 m ²	(Y.18.245/006), (18.246/1), (18.246/2)
4	D	Çatı Kaplama	C, G	155 m ²	(Y.18.201/A101), (Y.18.201/A105), (18.232), (18.233/1)
5	E	Teras Tesviye Şapı	J	1600 m ²	(Y.27.581)
6	F	Teras Su Yalıtımı	E	1600 m ²	(18.465/2), (18.468/2), (Y.19.085/027)
7	G	Teras Isı Yalıtımı	F	1600 m ²	(19.057), (19.048/9)
8	H	Teras Yalıtım Şapı	G	1600 m ²	(19.101/MK)
9	I	Teras Kaplaması	D, H	1600 m ²	(Y.26.020/003A), (Y.26.020/103A), (26.211/MK)
10	J	Parapet Yapılması	A	60 m ²	(Y.26.020/051A), (Y.26.020/151A), (26.752)
11	K	Gizli Dere/ Oluk	A	150 m	(24.052), (24.053)

Uygulama projesi imatları için Çevre Ve Şehircilik Bakanlığı tarafından belirlenen alternatif pozlar ve miktarları **Tablo 4.10**'da görülmektedir. Opsiyonların farklı seçimlerine göre $2 \times 1 \times 3 \times 4 \times 1 \times 3 \times 2 \times 1 \times 4 \times 3 \times 2 = 3456$ tane yaklaşık maliyet hesaplanır. Pratikte en iyi çözümü bulmak üzere klasik yöntemlerle 3456 tane farklı kombinasyona göre yaklaşık maliyet hesaplamak emek ve süre açısından verimli olmayacaktır. Önerilen model yardımıyla kısa

sürede en iyi çözüm bulunacaktır. Proje süresini belirlemek için süreç içindeki belirsizlikleri tanımlayabilmek için bulanık süre-maliyet çiftleri hesaplanacaktır. Bulanık süre-maliyet çiftleri yardımıyla projenin farklı risk düzeylerine göre en iyi süre-maliyet çiftleri tasarlanan genetik algoritma optimizasyon modelinin çıktısı olacaktır.

4.3.2.1. Uygulama Projesinin Yaklaşık Maliyeti

Birim fiyat analiz tablosundan (**Tablo 4.11**) poz numarası, pozun tanımı, ölçü birimi, bir ekibin eleman sayısı, tüm işçilerin birim hızı (ölçü birimi/saat) ve işin birim maliyet bilgileri elde edilir. Bir imalat için farklı malzeme ve yapım teknikleri ile tanımlanmış farklı pozlar bulunabilir.

Tablo 4.11: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı birim fiyat analizi örneği.

Analiz Format No: 1	İNŞAAT İŞ KALEMLERİ BİRİM FİYAT ANALİZLERİ				
İş Kalemi /İş Grubu No: Y.19.061/001	Analizin Adı: Çatı arasına döşeme üzerine, 6 cm kalınlıkta camyünü şilte (camyünü şilte - 18 kg/m ³ yoğunlukta) ve üzerine su buharı geçişine açık su yalıtım örtüsü serilmesi				Ölçü Birimi: M2
Poz No:	GİRDİLER	Ölçü Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı	Tutarı
04.734/A13	Cam yünü (18kg/m ³ -6cm)	M2	1,05	2,95	3,10
04.608/2	Su buharına geçişine açık su yalıtım örtüsü	M2	1,1	3,40	3,74
01.210	Yalıtımcı usta yardımcısı	SA	0,3	8,10	2,43
Karsız Toplam					9,27
%25 Kar ve Genel Giderler					2,32
Toplam Tutar					11,59
Tarifi: İdarece onaylanmış proje ve detaylarına göre, 6 cm kalınlıkta camyünü şiltenin çatı arasına döşeme üzerine aralarında boşluk kalmaksızın serilmesi, istendiğinde çatı kenarındaki aşıklara çitalarla tespit edilmesi, üzerine su buharı geçişine açık su yalıtım örtüsünün birbiri üzerine en az 10 cm binecek şekilde serilmesi, çatı arasında istenen yere ulaşımın sağlanması için takozlar üzerine kalasların döşenmesi, inşaat yerindeki yükleme, yatay ve düşey taşıma, boşaltma, her türlü malzeme ve zaiyatı, (çita, takoz, kalas ve çivi bedelleri hariç) işçilik araç ve gereç giderleri, müteahhit genel giderleri ve karı dahil 1 m ² fiyatı: ÖLÇÜ: Projedeki ölçülere göre yalıtım yapılan bütün yüzeyler hesaplanır. NOT: Camyünü şiltenin kalınlığı yapılacak ısı hesabına göre tespit edilecektir.					

Faaliyetler için rastgele bir poz seçilerek hesaplanan yaklaşık maliyet **Tablo 4.12**'de görülmektedir. Önerilen model ile hızlı ve etkili bir şekilde çözüme ulaşılır.

Tablo 4.12: Örnek proje için seçilmiş bir yaklaşık maliyet

YAKLAŞIK MALİYET					
Sıra No	Poz No	Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı	Tutar
1	18.232	M2	715	102,54	73.316,10
2	18.246/1	M2	715	9,85	7.042,75
3	18.465/2	M2	1600	35,49	56.784,00
4	19.057	M2	715	12,40	8.866,00
5	19.101/MK	M2	1600	28,48	45.568,00
6	24.052	MT	150	114,05	17.107,50
7	24.053	MT	150	112,96	16.944,00
8	26.752	M2	60	141,20	8.472,00
9	Y.19.061/001	M2	715	11,59	8.286,85
10	Y.21.101/01	M2	650	80,39	52.253,50
11	Y.26.020/003A	M2	1600	120,35	192.560,00
12	Y.27.581	M2	1600	13,11	20.976,00
TOPLAM					508.176,70

4.3.2.2. Uygulama Projesindeki Hesap Detayları

Bu çalışmada, her faaliyet için Çevre ve Şehircilik Bakanlığı birim fiyat analizi kitabındaki, her bir faaliyetle ilgili bütün pozlar incelenerek farklı yapılaş yöntemleri belirlenmiştir. Benzer pozlardan aynı işlevi yerine getiren ama işin birim maliyeti veya işin yapım hızı açısından farklılık gösteren pozlar seçilmiştir.

Faaliyetlerin hızı ile toplam iş miktarı çarpılarak yaklaşık faaliyet süresi hesaplanmıştır. Hesaplanan faaliyet sürelerine göre uzman kişilerin deneyimlerinden yararlanarak faaliyetler için ekip ataması yapılmıştır.

Tablo 4.13 incelendiğinde örneğin teras ısı yalıtımı işi için 19.057 ve 19.048./9 pozlarını seçilmiştir. Bu pozlar teras yalıtım işi için belirlenmiş olup aynı işlevi yerine getirmektedir. Analiz detaylarına bakıldığında ekip hızları ve maliyetleri farklılık göstermektedir. İki imalat her ne kadar aynı işlevi yerine getirse de malzeme ve uygulama yöntemi olarak farklılık göstermektedir. Bu farklılıklar faaliyetin süresini ve maliyetini etkiler.

Faaliyetlerin hızı ile toplam iş miktarı çarpılarak yaklaşık faaliyet süresi hesaplanmıştır. Hesaplanan faaliyet sürelerine göre uzman kişilerin deneyimlerinden yararlanarak faaliyetler için ekip ataması yapılmıştır.

Tablo 4.13: Faaliyet maliyetleri ve hızları.

Sıra No	Faaliyet	Opsiyon No.	Poz	Birim Fiyat (TL)	Malzeme Maliyeti (TL)	İşçilik Maliyeti (TL)	Faaliyet Hızı (sa)
1	Ahşap Oturtma Çatı	1	Y.21.101/01	80,39	56,89	23,50	0,280
		2	Y.21.101/02	77,85	54,35	23,50	0,260
2	Çatı ısı yalıtımı	1	Y.19.061/001	11,59	8,55	3,04	0,300
3	Çatı su yalıtımı	1	18.246/1	9,85	6,50	3,35	0,200
		2	18.246/2	11,09	7,74	3,35	0,200
		3	Y.18.245/006	17,68	10,27	7,41	0,300
4	Çatı kaplama	1	18.232	102,54	51,24	51,30	1,420
		2	18.233/1	90,16	30,95	59,21	1,230
		3	Y.18.201/A102	89,28	63,42	25,86	1,000
		4	Y.18.201/A105	52,41	28,91	23,50	1,100
5	Teras Tesviye Betonu	1	Y.27.581	13,11	2,35	10,76	0,450
6	Teras Su Yalıtımı	1	18.465/2	35,99	24,53	11,46	0,500
		2	18.468/2	31,18	19,72	11,46	0,500
		3	Y.19.085/027	25,86	11,03	14,83	0,600
7	Teras Isı Yalıtımı	1	19.057	12,40	10,81	1,59	0,060
		2	19.048/9	11,71	5,83	5,88	0,250
8	Teras Yalıtım Şapı	1	19.101/MK	32,60	4,80	27,80	1,160
9	Teras Kaplama	1	26.007/145A	42	10,76	30,98	0,450
		2	26.211/MK	130,15	56,76	73,39	0,763
		3	Y.26.020/003A	120,35	66,99	53,36	0,750
		4	Y.26.020/103A	139,11	85,75	53,36	0,773
10	Parapet	1	26.752	149,98	54,19	95,79	1,303
		2	Y.26.020/051A	170,00	60,70	109,30	4,590
		3	Y.26.020/151A	186,66	77,36	109,30	4,590
11	Gizli dere/oluk	1	24.052	114,05	62,82	51,23	1,150
		2	24.053	112,96	84,76	28,20	1,200

Atölyede imal edilmesi gereken malzemelerin kullanımını gerekli kılan ahşap oturtma çatı pozu veya sahada imal edilmesi gereken yardımcı malzemelerin olduğu alt analizli pozlarda, malzemenin sahada hazır olduğu varsayımıyla sadece uygulama işçiliği dikkate alınarak faaliyet hızı hesaplanmıştır.

Faaliyetlerin işçilik maliyetleri faaliyet hızını oluşturan işçi maliyetlerinden hesaplanmıştır. Malzeme maliyeti ise birim fiyattan işçilik maliyeti çıkarılarak hesaplanmıştır. Birim fiyat analizlerinden hesaplanan bütün maliyetlere %25 yüklenici karı eklenmiştir.

2017 birim fiyat listesinde olmayan rayiçlerin 2017 yılı fiyatları Yİ-ÜFE katsayısı ile güncellenerek analizlere eklenmiştir.

Tüm faaliyetlerin bütün alternatif pozları için her bir ekibin ortalama günlük çalışma hızı hesaplanmıştır. Ekibin günlük çalışma hızına bağlı olarak her bir poz için toplam imalat miktarının tamamlanması için bir ekibin çalışması gereken süre hesaplanarak **Tablo 4.14**'te özetlenmiştir.

Tablo 4.14: Faaliyetlerin yaklaşık maliyetleri ve ekip hızları

Sıra No	Faaliyet	Opsiyon No.	Poz	Metraj	Birim Fiyat (TL)	Yaklaşık Maliyet	Faaliyet Hızı (sa)	Yapım Süresi (sa)	Yaklaşık Süre (Gün)
1	Ahşap Oturtma Çatı	1	Y.21.101/01	650	80,39	52.253,50	0,280	182,00	23
		2	Y.21.101/02	650	77,85	50.602,50	0,260	169,00	22
2	Çatı ısı yalıtımı	1	Y.19.061/001	715	11,59	8.286,85	0,300	214,50	27
3	Çatı su yalıtımı	1	18.246/1	715	9,85	7.042,75	0,200	143,00	18
		2	18.246/2	715	11,09	7.929,35	0,200	143,00	18
		3	Y.18.245/006	715	17,68	12.641,20	0,300	214,50	27
4	Çatı kaplama	1	18.232	715	102,54	73.316,10	1,420	1015,30	127
		2	18.233/1	715	90,16	64.464,40	1,230	879,45	110
		3	Y.18.201/A102	715	89,28	63.835,20	1,000	715,00	90
		4	Y.18.201/A105	715	52,41	37.473,15	1,100	786,50	99
5	Teras Tesviye Beton	1	Y.27.581	1600	13,11	20.976,00	0,450	720,00	90
6	Teras Su Yalıtımı	1	18.465/2	1600	35,99	57.584,00	0,500	800,00	100
		2	18.468/2	1600	31,18	49.888,00	0,500	800,00	100
		3	Y.19.085/027	1600	25,86	41.376,00	0,600	960,00	120
7	Teras Isı Yalıtımı	1	19.057	1600	12,40	19.840,00	0,060	96,00	12
		2	19.048/9	1600	11,71	18.736,00	0,250	400,00	50
8	Teras Yalıtım Şapı	1	19.101/MK	1600	32,60	52.160,00	1,160	1856,00	232
9	Teras Kaplama	1	26.007/145A	1600	41,74	66.784	0,450	720,00	90
		2	26.211/MK	1600	130,15	208.240,00	0,763	1220,00	153
		3	Y.26.020/003A	1600	120,35	192560,00	0,750	1200,00	150
		4	Y.26.020/103A	1600	139,11	222576,00	0,773	1237,33	155
10	Parapet	1	26.752	60	149,98	8.998,80	1,303	78,20	10
		2	Y.26.020/051A	60	170,00	10.200,00	4,590	275,40	35
		3	Y.26.020/151A	60	186,66	11.199,60	4,590	275,40	35
11	Gizli dere/oluk	1	24.052	150	114,05	17.107,50	1,150	172,50	22
		2	24.053	150	112,96	16.944,00	1,200	180,00	23

Toplam üretim miktarı değişmediğinde proje maliyetini işçilik maliyetleri etkilemektedir. Faaliyetlerin normal faaliyet süreleri Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2017) Birim fiyat analizlerindeki işçilik değerlerine göre belirlenen ekip sayısı ile hesaplanan sürelerdir. Ekip sayısı, uzman kişiler tarafından deneyimlere dayanarak belirlenmiştir. Şantiye koşulları ve yüklenici tercihi olarak farklılık gösterebilir.

Bu projenin yapıldığı şantiyede normal çalışma, sıkıştırılmış çalışma ve geciktirilmiş çalışma olarak üç yöntemle çalışılabilmektedir. Normal ve sıkıştırılmış çalışma koşullarında ek çalışma süreleri için İş kanununda belirtildiği gibi normal ücretin 1,5 katı olarak mesai ücreti ödemesi

yapılırken geciktirilmiş çalışma koşullarında işçilik için herhangi bir ek ücret ödemesi yapılmamaktadır. **Tablo 4.15**'te faaliyetlerin süre ve işçilik maliyeti özetleri görülmektedir.

Tablo 4.15: Faaliyetlerin süre ve maliyetleri

Sıra No	Faaliyet	Opsiyon No.	Poz	Dolaylı Maliyet	Ekip Sayısı	Normal		Sıkıştırılmış		Geciktirilmiş	
						Süre (gün)	Günlük İşçilik Maliyet (TL)	Süre (gün)	Günlük İşçilik Maliyet (TL)	Süre (gün)	Günlük İşçilik Maliyet (TL)
1	Ahşap Oturtma Çatı	1	Y.21.101/01	300 TL	3	7	923,21	6	1.175,00	8	671,43
		2	Y.21.101/02		3	6	994,23	5	1.265,38	7	723,08
2	Çatı ısı yalıtımı	1	Y.19.061/001		5	7	111,47	6	141,87	6	81,07
3	Çatı su yalıtımı	1	18.246/1		2	8	184,25	7	234,50	9	134,00
		2	18.246/2		2	8	184,25	7	234,50	9	134,00
		3	Y.18.245/006		4	6	271,70	5	345,80	7	197,60
4	Çatı kaplama	1	18.232		5	21	397,39	17	505,77	26	289,01
		2	18.233/1		5	18	529,52	15	673,93	22	385,11
		3	Y.18.201/A102		6	12	284,46	10	362,04	15	206,88
		4	Y.18.201/A105		5	16	235,00	14	299,09	20	170,91
5	Teras Tesviye Betonu	1	Y.27.581		6	12	263,02	10	334,76	15	191,29
6	Teras Su Yalıtımı	1	18.465/2		6	14	252,12	12	320,88	17	183,36
		2	18.468/2		6	14	252,12	12	320,88	17	183,36
		3	Y.19.085/027		6	16	271,88	14	346,03	20	197,73
7	Teras Isı Yalıtımı	1	19.057		1	10	291,50	9	371,00	11	212,00
		2	19.048/9		3	14	258,72	12	329,28	17	188,16
8	Teras Yalıtım Şapı	1	19.101/MK		5	35	263,62	31	335,52	40	191,72
9	Teras Kaplama	1	26.007/145A		5	15	757,29	12	963,82	18	550,76
		2	26.211/MK		5	25	1.058,74	21	1.347,49	31	769,99
		3	Y.26.020/003A		5	24	782,61	20	996,05	30	569,17
		4	Y.26.020/103A	5	25	759,00	21	966,00	31	552,00	
10	Parapet	1	26.752	2	4	808,46	4	1.028,95	5	587,97	
		2	Y.26.020/051A	3	9	261,94	8	333,38	11	190,50	
		3	Y.26.020/151A	3	9	261,94	8	333,38	11	190,50	
11	Gizli dere/oluk	1	24.052	4	9	490,03	8	623,67	6	356,38	
		2	24.053	4	6	258,50	5	329,00	6	188,00	

Normal çalışma koşullarında her faaliyet için her ekibin günde 10 saat çalıştığı kabul edilmiştir. Faaliyet maliyeti için işçilik ücreti her bir ekip için ilgili pozdaki işçilik maliyetine göre günlük 8 saat için normal ücret, 2 saat için de mesai ücreti ödenmiştir.

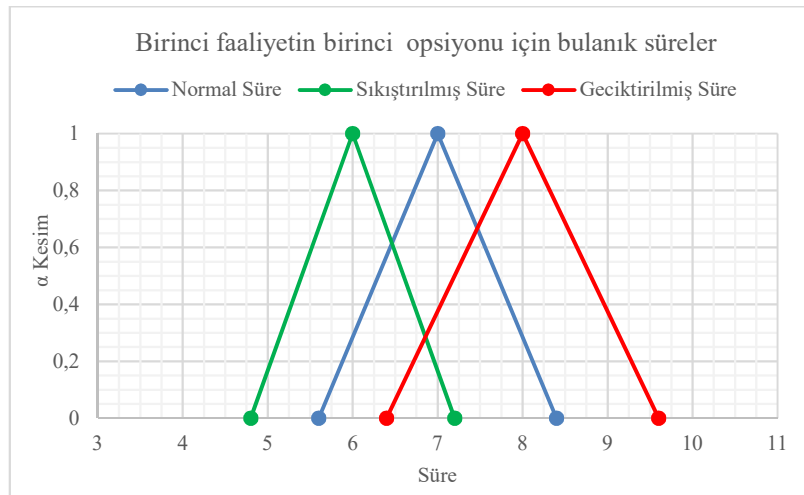
Faaliyetlerin sıkıştırılmış faaliyet süreleri ekip sayısı değiştirilmeden günlük 12 saat çalışıldığı kabul edilerek hesaplanmıştır. Faaliyet maliyeti için işçilik ücreti her bir ekip için ilgili pozdaki işçilik maliyetine göre günlük 8 saat için normal ücret, 4 saat için de mesai ücreti ödenmiştir. Faaliyetlerin sıkıştırılmış çalışma koşulları uzman kişiler tarafından deneyimlere dayanarak belirlenmiştir. Şantiye koşulları ve yüklenici tercihi olarak farklılık gösterebilir. Projenin iyimser koşullarda tamamlanmasına katkı sağlar.

Faaliyetlerin geciktirilmiş faaliyet süreleri ekip sayısı değiştirilmeden günlük 8 saat çalışıldığı kabul edilerek hesaplanmıştır. Faaliyet maliyeti için işçilik ücreti her bir ekip için ilgili pozdaki işçilik maliyetine göre günlük 8 saat için normal ücret ödenmiştir. Faaliyetlerin geciktirilmiş çalışma koşulları uzman kişiler tarafından deneyimlere dayanarak belirlenmiştir. Şantiye koşulları ve yüklenici tercihi olarak farklılık gösterebilir. Projenin kötümser koşullarda tamamlanmasına neden olur.

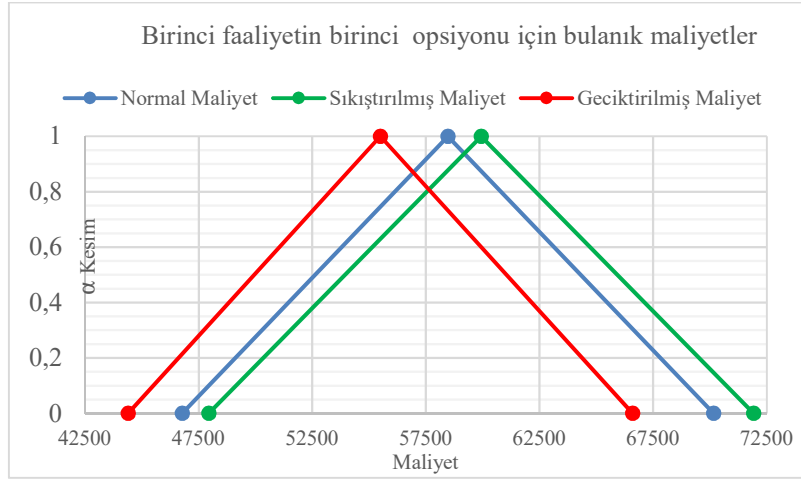
Şantiyenin dolaylı maliyeti her çalışma koşulunda 300TL kabul edilmiştir.

4.3.3. Uygulama Projesinin Bulanık Süre Maliyet Eğrileri

Uygulama projesinde yapılması planlanan faaliyetler için farklı yapım teknikleri ve farklı tamamlanma süreleri belirlenerek opsiyonlar oluşturulmuştur. Her faaliyet süresi ve faaliyet maliyeti $\pm\%20$ olarak bulanıklaştırılmıştır. Şekil 4.22 ve Şekil 4.23'te bir faaliyet için bulanık süre maliyet kümleleri görülmektedir.



Şekil 4.22: Bir faaliyetin bulanık süre gösterimi.



Şekil 4.23: Bir faaliyetin bulanık maliyet gösterimi.

Bulanıklaştırılan faaliyet süre-maliyet çiftlerinden oluşan popülasyonda genetik algoritma yardımı ile farklı risk seviyelerine göre CPM çözümleri bulunacaktır. Bu çözümler Pareto yöntemi ile değerlendirilerek optimum “proje süresi-proje maliyeti” çözümü aranacaktır. Optimum sonuçlar içinde seçilen her bir “proje süresi-proje maliyeti” çözümünü proje yapımında kullanılacak faaliyet opsiyonlarını da gösterecektir.

4.3.4. Uygulama Projesinin Çözümleri

Projenin iyimser ve kötümser olarak iki farklı çözüm kümesi vardır. İyimser çözüm yaklaşımında faaliyetlerin ve dolayısıyla projenin beklenen zamanda veya öncesinde biteceği öngörülür. Projenin erken bitmesi faaliyetlerin işçilik maliyetlerini arttırsa da proje erken biteceği için genel giderler azalacaktır. Projenin kısa sürede bitmesi risk oluşturacağı için projenin tamamlanma maliyeti yükselecektir.

Kötümser çözüm yaklaşımında faaliyetlerin ve dolayısıyla projenin beklenen zamandan geç biteceği öngörülür. Projenin geç bitmesi faaliyetlerin işçilik maliyetlerini düşürse de proje geç biteceği için genel giderler artacaktır. Projenin uzun sürede bitmesi risk oluşturmadığı için projenin tamamlanma maliyeti düşecektir.

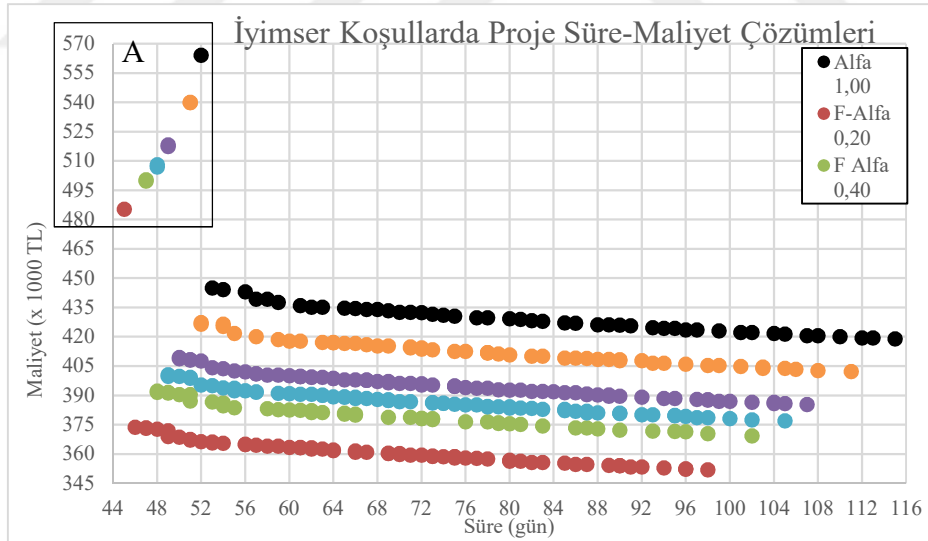
Bulanık süre-maliyet kümelerinde genetik algoritma ile yapılan aramada proje-süre maliyet dengeleme için optimum çözüm aranmıştır. Çözüm aramada 1000 popülasyon oluşturulmuş ve 1000 saniyede sonuca ulaşılmıştır. Bulunan çözümler Pareto Çözümüne göre değerlendirilmiştir. Genetik algoritma ile her risk seviyesinde ortalama 120 jenerasyon

oluşturulmuştur. Her risk seviyesinde ortalama 58 Pareto sonucu optimum çözüm olarak seçilmiştir.

Tablo 4.16: Model analiz bilgileri

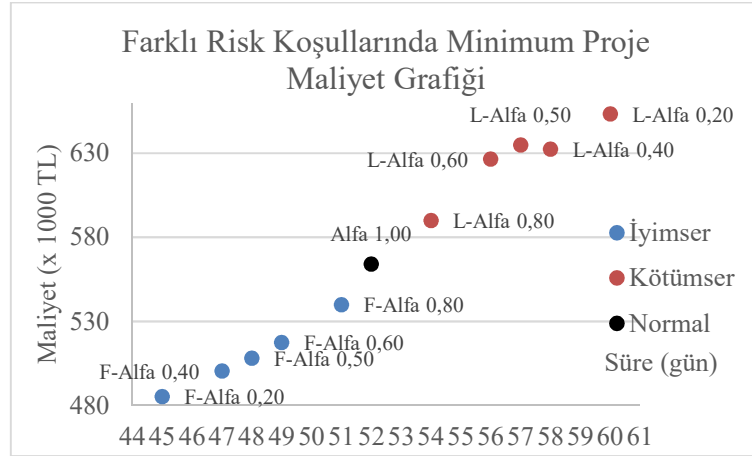
Alfa Seviyesi	İterasyon Sayısı / Çözüm Süresi	İyimser Sonuçlar		Kötümser Sonuçlar	
		Jenerasyon Sayısı	Pareto Çözüm Sayısı	Jenerasyon Sayısı	Pareto Çözüm Sayısı
0,20	1000/1000	107	62	102	62
0,40		109	46	113	73
0,50		148	66	110	50
0,60		125	70	107	59
0,80		116	53	114	62
1,00		119	49	119	49
Ortalama			120	58	110

Problemin bütün sonuçlarının görüldüğü **Şekil 4.24** incelendiğinde, iyimser sonuçların normal sonuç eğrisinin altında kaldığı görülmektedir. Proje sürecinde iyimser koşullarda alfa kesim seviyesi arttıkça belirsizlikler ve riskler azaltılarak proje daha geç veya yüksek maliyette tamamlanacağı anlamına gelmektedir. İyimse sınırlara yakın çalışıldığında projenin normal maliyetlerin altında ve daha kısa sürede tamamlanacağı anlamına gelir.



Şekil 4.24: Risk seviyelerine göre iyimser sonuçlar.

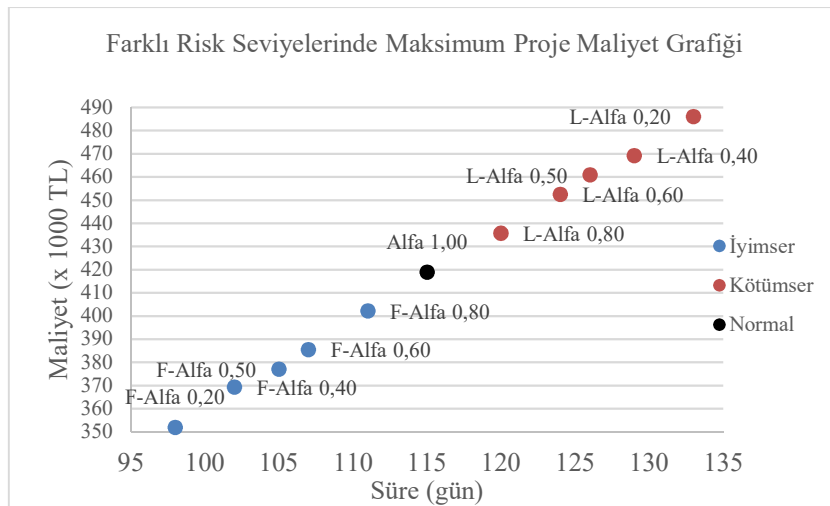
Yapılan analizlerde proje sürecine bakıldığında bulanıklaştırılmış faaliyet sürelerinde α - kesim seviyesi arttıkça faaliyet süresinin kısaldığı, maliyetin arttığı görülmüştür.



Şekil 4.25: Farklı risk koşullarında minimum proje süre maliyet değerleri.

Bulanık faaliyet sürelerinde α -kesim seviyesi arttıkça iyimser ve kötümser faaliyet süreleri arasındaki fark azalacak, projenin zamanında tamamlanmasındaki risk ve proje maliyeti artacaktır.

Bulanıklaştırılmış süre- maliyet ilişkilerinde α -kesim seviyesi yükseldikçe projedeki belirsizlikler azalır. **Şekil 4.25** ve **Şekil 4.26**'da alfa 1,00 olan normal koşullara göre iyimser ve kötümser proje süresinin en erken ve en geç bitme süre-maliyet ilişkileri gösterilmiştir. α -kesim seviyesinin düşük olduğu durumlarda iyimser koşullarla kötümser koşullar arasında süre ve maliyet farkları ve yüksek ve belirsizlik ortamı çok fazladır.



Şekil 4.26: Farklı risk koşullarında maksimum proje süre maliyet değerleri.

Alfa kesim seviyesinin 1'e yaklaşması iyimser koşullarda belirsizliklerin azalarak faaliyet sürelerinin ve proje sürelerinin daha doğru olarak tahmin edildiği anlamına gelir. Faaliyet sürelerinin daha kesinlik kazanması süreçteki belirsizliklerin azaltılması için yapım maliyetlerini artırır.

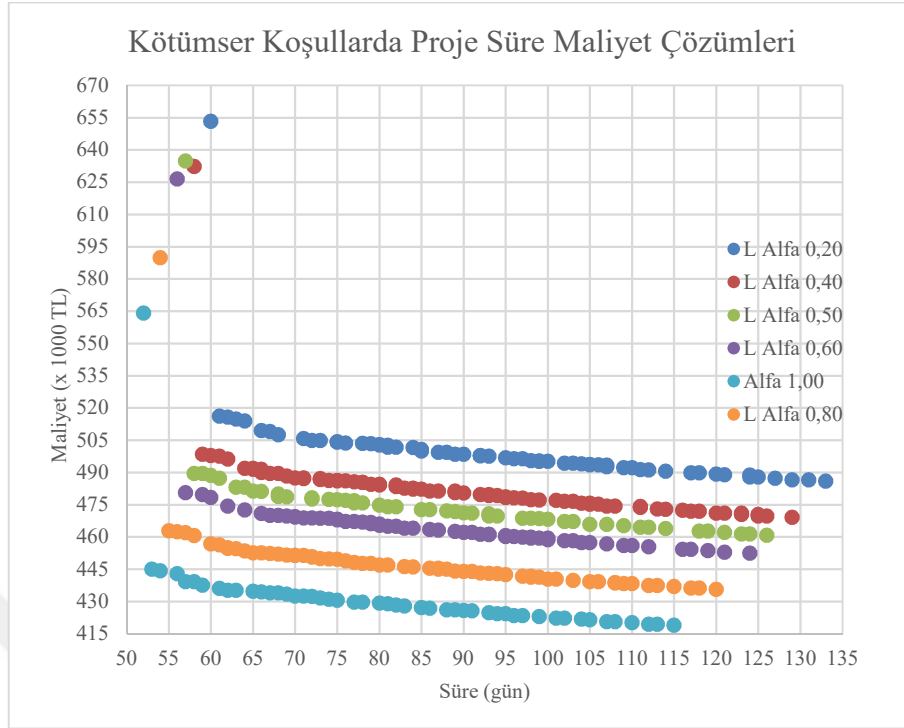
Tablo 4.17: Farklı risk seviyelerinde minimum proje süre maliyet değerleri.

Koşullar	Alfa Kesim	Süre	R-Süre	Maliyet	Faaliyet Opsiyonları										
					1 (A)	2 (B)	3 (C)	4 (D)	5 (E)	6 (F)	7 (G)	8 (H)	9 (I)	10 (J)	11 (K)
İyimser	F-Alfa 0,20	44,64	45	485.374,68 TL	2	3	3	11	2	5	2	2	5	5	3
	F-Alfa 0,40	46,48	47	500.435,76 TL	2	3	3	11	2	5	2	2	8	8	2
	F-Alfa 0,50	47,4	48	508.134,60 TL	2	3	4	10	2	5	2	2	8	5	3
	F-Alfa 0,60	48,76	49	517.435,60 TL	2	3	3	10	2	5	2	2	8	5	3
	F-Alfa 0,80	50,88	51	539.932,80 TL	2	3	3	10	2	5	2	2	8	5	3
Normal	Alfa 1,00	52	52	564.092,00 TL	2	3	3	11	2	5	2	2	8	5	4
Kötümser	L-Alfa 0,80	53,84	54	589.941,04 TL	2	2	6	11	2	5	2	2	8	5	3
	L-Alfa 0,60	55,68	56	626.481,00 TL	2	3	4	10	2	5	2	2	5	5	4
	L-Alfa 0,50	56,6	57	634.810,00 TL	2	3	3	11	2	5	2	2	5	5	6
	L-Alfa 0,40	57,52	58	632.345,28 TL	2	3	4	10	2	5	2	2	8	5	3
	L-Alfa 0,20	59,36	60	653.334,04 TL	2	3	3	11	2	5	2	2	8	5	3

Alfa kesim seviyesinin 0'a yaklaşması kötümser koşullarda belirsizliklerin artarak faaliyet sürelerinin ve proje sürelerinin tahminlerinin yanıltıcı olduğu ve süreç belirsizliklerinin fazla olduğu anlamına gelir. Uzayan proje süreleri dolaylı maliyetleri arttırdığı için proje daha uzun sürede daha yüksek maliyetle tamamlanır. **Tablo 4.17** ve **Tablo 4.18**'de farklı alfa kesim seviyelerinde minimum proje tamamlanma süresi ve faaliyet opsiyonları görülmektedir.

Tablo 4.18: Farklı risk seviyelerinde maksimum proje süre maliyet değerleri.

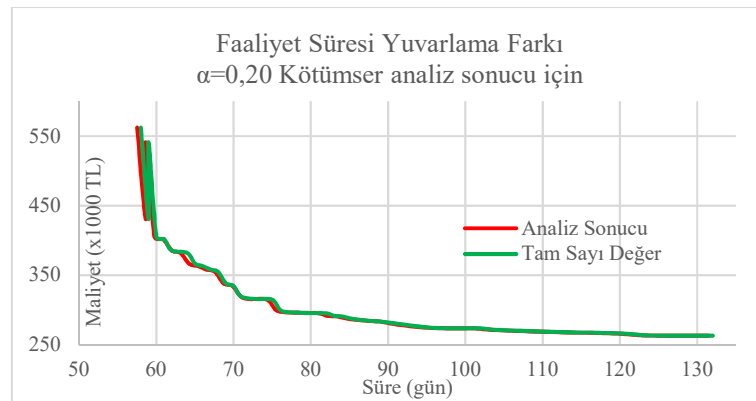
Koşullar	Alfa Kesim	Süre	R-Süre	Maliyet	Faaliyet Opsiyonları										
					1 (A)	2 (B)	3 (C)	4 (D)	5 (E)	6 (F)	7 (G)	8 (H)	9 (I)	10 (J)	11 (K)
İyimser	F-Alfa 0,20	97,56	98	351.894,48 TL	3	3	3	12	3	9	3	3	3	6	6
	F-Alfa 0,40	101,92	102	369.291,12 TL	3	3	3	12	3	9	3	3	3	6	3
	F-Alfa 0,50	104,1	105	377.029,80 TL	3	3	3	12	3	9	3	3	3	6	6
	F-Alfa 0,60	106,28	107	385.408,24 TL	3	3	3	12	3	9	3	3	3	6	6
	F-Alfa 0,80	110,64	111	402.165,12 TL	3	3	3	12	3	9	3	3	3	6	6
Normal	Alfa 1,00	115	115	418.922,00 TL	3	3	3	12	3	9	3	3	3	6	6
Kötümser	L-Alfa 0,80	119,36	120	435.678,88 TL	3	3	3	12	3	9	3	3	3	6	6
	L-Alfa 0,60	123,72	124	452.435,76 TL	3	3	3	12	3	9	3	3	3	6	6
	L-Alfa 0,50	125,9	126	460.814,20 TL	3	3	3	12	3	9	3	3	3	6	6
	L-Alfa 0,40	128,08	129	469.192,64 TL	3	3	3	12	3	9	3	3	3	6	6
	L-Alfa 0,20	132,44	133	485.949,52 TL	3	3	3	12	3	9	3	3	3	6	6



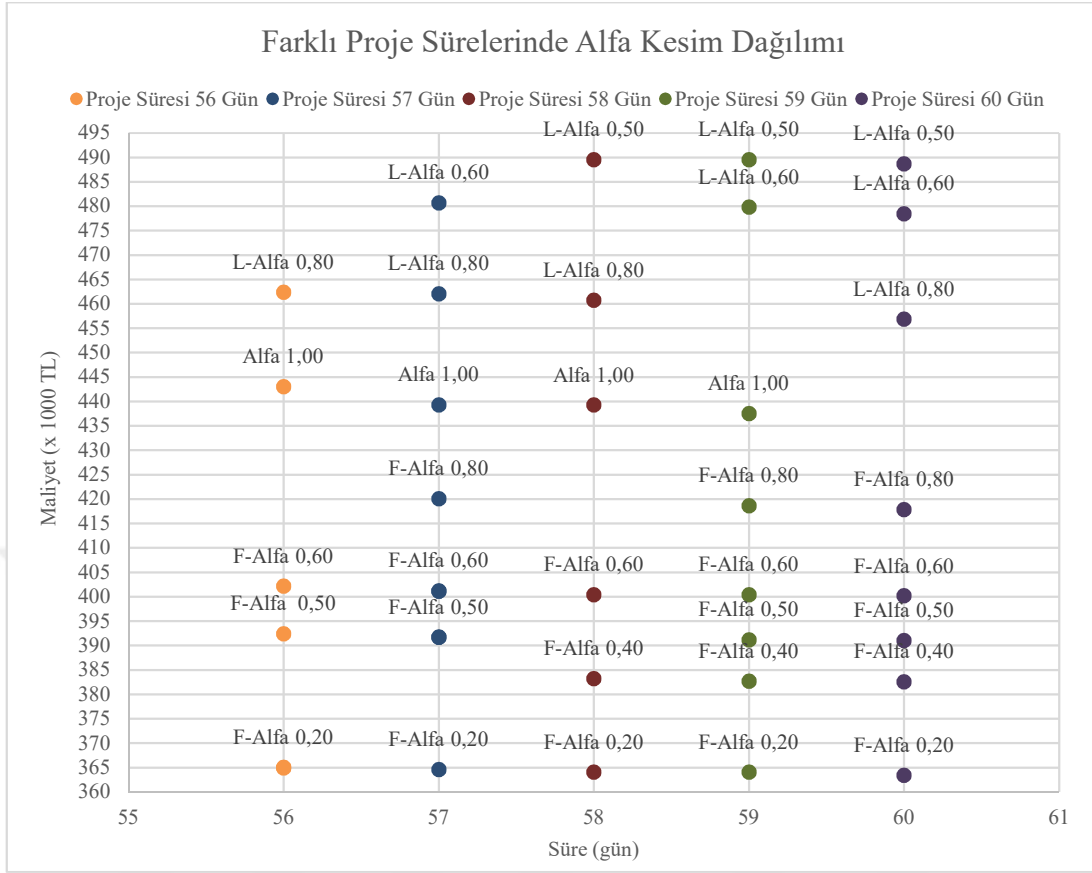
Şekil 4.27: Farklı risk seviyelerine göre kötümser proje süre maliyeti.

Şekil 4.27 incelendiğinde kötümser yaklaşımda alınan riskin artmasıyla faaliyet süresi kısaldığı maliyet artsa da $\alpha=1$ durumuna göre projenin daha uzun sürede daha yüksek maliyetle tamamlanabileceği görülmektedir.

Faaliyet sürelerinin bulanıklaştırılması iş süresi birimi olan “gün” için ondalıklı değerler vermektedir. Projenin gene çalışma koşullarına bağlı olarak ondalıklı faaliyet süreleri bir üst sayıya yuvarlanarak atanmıştır. Pareto sonuçları karşılaştırıldığında bu yuvarlamanın sonucu etkilemeyecek kadar az bir fark oluşturduğu görülmüştür.



Şekil 4.28: Faaliyet süreleri yuvarlama farkı ($\alpha=0,20$ kötümser analiz sonuçları için).



Şekil 4.29: Farklı alfa kesim seviyelerinde süre-maliyet dağılımı.

Proje süresi sabitlendiğinde maliyet değişimi iyimser bölgede risk seviyesi arttıkça, kötümser bölgede risk seviyesi azaldıkça artış eğilimindedir. $\alpha=1,00$ seviyesi referans alındığında ise iyimser maliyetlerin düşük, kötümser maliyetlerin yüksek olduğu görülmüştür.

Tablo 4.19: PS= 56 gün için süre-maliyet karşılaştırması

Alfa Kesim	Süre	R-Süre	Maliyet	1 (A)	2 (B)	3 (C)	4 (D)	5 (E)	6 (F)	7 (G)	8 (H)	9 (I)	10 (J)	11 (K)
Alfa 1,00	56	56	443.013,00 TL	2	3	3	10	2	5	2	2	2	6	6
F-Alfa 0,20	55,08	56	365.052,24 TL	1	3	3	12	2	8	2	2	2	6	6
F-Alfa 0,20	55,92	56	364.917,00 TL	2	3	3	12	2	8	2	2	1	6	6
F-Alfa 0,50	55,2	56	392.411,70 TL	2	3	3	12	2	8	1	2	2	4	6
F-Alfa 0,60	55,44	56	402.134,76 TL	2	3	2	12	2	8	2	2	2	4	6
L-Alfa 0,60	55,68	56	626.481,00 TL	2	3	4	10	2	5	2	2	5	5	4
L-Alfa 0,80	55,92	56	462.386,08 TL	2	3	3	11	2	5	2	2	2	4	6

Tablo 4.19'da proje süresinin 56 gün olması durumunda farklı risk seviyelerine göre projenin tamamlanma maliyetleri ve faaliyet opsiyonları görülmektedir. Risk seviyesi ve faaliyetler için seçilen yapım yöntemi proje maliyetini doğrudan etkilemektedir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bulanık kümeler, eksik ve/veya belirsiz verilerden kaynaklanan belirsizliklerin etkisini simüle etmek için uyarlanmıştır. Önerilen yaklaşım, bulanık küme teorisini kullanarak zaman ve maliyet içindeki istatistiksel olmayan belirsizlikleri tamamen modelleme yapısının içine katmıştır.

Baskın olmayan sonuçları tespit etmek için, sonuçların olası çıktılarını bulanıklaştırma ile karşılaştırması, olası zaman ve maliyet değişimlerinin tüm aralıklarını hesaba katmaya yardımcı olur. Önerilen yaklaşım, proje yöneticisinin nihai kararda kabul edilebilir risk seviyesini açıkça değerlendirmektedir.

Bulanık sayıların karşılaştırması ve genetik algoritma, Pareto çözümlerinin gelişmesi için kullanılmaktadır.

Bu çalışma ile önerilen yaklaşım, bulanık küme teorisini kullanarak süre ve maliyet içinde istatistiksel olmayan belirsizlikleri modelleme yapısının içine tamamen dahil etmiştir. Bulanık sayıların karşılaştırması ve genetik algoritma, Pareto çözümlerinin gelişmesi için kullanılmaktadır.

Proje yöneticisinin risk kabul seviyesine göre, yeni etkin çözümleri ve farklı çizelgeleri içeren farklı Pareto çözümlerini sunar. Farklı risk seviyelerinde sunulan farklı optimum Pareto çözümleri proje yöneticilerini risk kabul seviyesi seçiminde ve faaliyetlerin uygun opsiyonlarının seçim kararlarına yardımcı olmaktadır. Proje yöneticisi belirlediği risk seviyesine göre istediği çözüm kümesini kullanabilir, ayrıca çözüm kümesindeki bileşenleri istediği gibi değiştirip modeli tekrar analiz edebilir.

α sıfırdan bire arttıkça (daha fazla risk kabul düzeyi), pareto çözümleri, daha düşük süre ve maliyet olarak karşımıza çıkar. Uygulama projemizdeki modelden çıkan sonuçlara bakıldığında, proje uygulama riskinin, maliyet ve/veya süredeki belirli bir artışla azaltılabileceğini ortaya koymuştur.

Önerilen modelden sadece belirsizlik ve risk yönetimi ile ilgili temel kavramlarını bilen proje yöneticileri faydalanabilmektedir.

KAYNAKLAR

- 4734 Sayılı Kamu İhale Kanunu. (2002, 01 22). (24648). Resmi Gazete.
- 4735 Sayılı Kamu İhale Sözleşmeleri Kanunu. (2002, 02 22). (29116). Resmi Gazete.
- 818 Sayılı Borçlar Kanunu. (1926, 04 29). (359). Resmi Gazete.
- Agdas, D., Warne, D., & Norgaard, J. (2018). Utility of Genetic Algorithms for Solving Large-Scale Construction Time-Cost Trade-Off Problems. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 1-10.
- Ahuja, H., & Arunachalam, V. (1984). Risk evaluation in resource allocation. *Journal of Construction Engineering and Management, ASCE*, 324-36.
- Al-Harbi, K. M.-S. (1998). Sharing fractions in cost-plus-incentive-fee contracts. (No. 2), 73-80.
- Akçay, C. (2003). İnşaat Mühendisliğinde Fuzzy Lojik Uygulama Örnekleri. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Albayrak, B. (2009). *Proje Yönetimi ve Analizi*. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Aminbakhsh, S., Sönmez, R., & Bilir, M. (3-5 Kasım 2016). Tamsayı Doğrusal Programlama Yöntemiyle Kesikli Zaman-Maliyet Ödünleşim Probleminin Optimal Pareto Çözüm. 4. *Proje ve Yapım Yönetimi*, (s. 281-292). Eskişehir.
- Ang, A. (1975). Analysis of activity network under uncertainty. *Journal of Engineering Mechanics, ASCE*, 373-87.
- Ayyub, B., & Haldar, A. (1984). Project scheduling using fuzzy set concepts. *Journal of Construction Engineering and Management, ASCE*, 189-203.
- Barutçugil, İ. (1984). *İnşaat Sanaiinde Sevk ve İdare* (4. b.). İstanbul: Enka Vakfı.
- Biswas, S., Karmaker, C., & Biswas, T. (2016). Time-Cost Trade-Off Analysis in a Construction Project Problem: Case Study. *International Journal of Computational Engineering Research*, 32-38.
- Bolat, B., Erol, K., & Erdem, C. (2004). Mühendislik Uygulamalarında Genetik Algoritma ve Operatörlerin İşlevleri. *Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, Sigma*, 264-271.
- Brucker, P., Drexl, A., Möhring, R., Neumann, K., & Pesch, E. (1999). Resource-constrained project scheduling: Notation. *European Journal of Operational*, 3-41.
- Buckles, B., & Petry, F. (1992). *Genetic Algorithms*. Washington: IEEE Computer Society Press, Technology Series.
- Butcher, W. (1967). Dynamic programming for project cost-time curve. *Journal of Construction Division, ASCE*, 59-73.

- Byron, S., & Weisman, J. (1973). *Introduction to optimization theory*. New Jersey: Prentice Hall Inc.
- Chan, F., Chung, S., & Wadhwa, S. (2005). A hybrid genetic algorithm for production and distribution. *The International Journal of Management Science*, 345-555.
- Chanas, S., & Kamburowski, J. (1981). The use of fuzzy variables in PERT. *Fuzzy Sets and Systems*, 11-19.
- Chen, M., & Zalzal, A. (1997). A genetic approach to motion planning of redundant mobile manipulator systems considering safety and configuration. *Journal of Robotic Systems*, 529-544.
- Chen, T.-y., & Chen, C.-J. (1997). Improvements of simple genetic algorithm in structural design. *Int. Journal for Numerical Methods in Engineering*, 1323-1334.
- Cordon, O., Herrera, F., Hoffman, F., & Magdalena, L. (2001). *Genetic Fuzzy Systems*. London: World Scientific Publishing.
- Cordon, O., Herrera, F., Hoffmann, F., & Magdalena, L. (2001). *Genetic Fuzzy Systems Evolutionary Tuning and Learning of Fuzzy Knowledge Bases*. Singapore: World Scientific Publishing Co Pte Ltd.
- Çetin, N. (2002). Genetik Algoritma. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2017). *2017 Yılı İnşaat ve Tesisat Birim Fiyat Kitabı*. Ankara: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.
- Dinç, D. (2005). *İNŞAAT PROJE YÖNETİMİ: Bir Baraj ve Hidroelektrik Santral Projesi Üzerine Uygulama*. Ankara: TC Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Dorigo, M., & Stützle, T. (2004). *Ant Colony Optimization*. Massachusetts: The MIT Press.
- Elmas, Ç. (2007). *Yapay Zeka Uygulamaları* (1. Baskı b.). Ankara: Seçkin Yayın ılık.
- Eshtehardian, E., Afshar, A., & Abbasnia, R. (2008). Time–Cost Optimization: Using GA and Fuzzy Sets Theory for Uncertainties in Cost. *Construction Management and Economics*, 67-691.
- Eshtehardian, E., Afshar, A., & Abbasnia, R. (2009). Fuzzy-Based MOGA Approach to Stochastic Time–Cost Trade-Off Problem. *Automation in Construction*, 692-701.
- Feng, C.-W., & Burns, L. L. (1997, July). Using Genetic Algorithms To Solve Construction Time-Cost Trade-Off Problems. *Journal of Computing in civil Engineering*, 184-189.
- Feng, C.-W., Liu, L., & Burns, S. (2000). Stochastic Construction Time-Cost Trade-Off Analysis. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 117-126.

- Fondahl, J. (1961). *A non-computer approach to the critical path method for the construction industry*. Stanford University: The Construction Institute, Department of Civil Engineering.
- Goldberg, D. (1992). *Sizing populations for serial and parallel genetic algorithms*. Washington: IEEE Computer Society Press, Technology Series.
- Gong, D. (1993). *Risk analysis oriented network scheduling backward pass calculation and time disturbance analysis, Ph.D Thesis*. Department of Civil Engineering, Norwegian Institute of Technology.
- Goodrum, P., Haas, C., & Glover, R. W. (2002). The divergence in aggregate and activity estimates of us construction productivity. *Construction Management and Economics*, 415-423.
- Hadipriono, C., & Sun, K. (1990). Angular fuzzy set models for linguistic value. *Civil Engineering Systems*, 148-56.
- Hanna, A., Russell, J., Gotzion, T. W., & Nordheim, E. V. (1999). Impact of change orders on labor efficiency for mechanical construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 176-184.
- Hapke, M., & Slowinski, R. (1996). Fuzzy priority heuristics for project scheduling. *Fuzzy Sets and Systems*, 291-9.
- Haupt, R., & Haupt, S. (2004). *Practical Genetic Algorithms* (Second edition b.). New Jersey: Jhon Wiley & Sons Inc.
- Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2005). *Introduction to operations research* (8. b.). New York: McGraw Hill.
- Huang, G., Zhang, X., & Liang, L. (2005). Towards integrated optimal configuration of platform products, manufacturing processes and supply chains. *Journal of Operations Management*, 267-290.
- Ikeuchi, T., Ikkai, Y., Araki, D., Ohkwa, T., & Komoda, N. (1998). Project scheduling using a genetic algorithm with adaptable changing genetic operators. *Electrial Engieering in Japan*, 36-42.
- Jin, C.-G., Ji, Z.-S., Zhao, Y.-M., & Huang, Z.-D. (2005). Research on the fully fuzzy time-cost trade-off based on genetic algorithms. *Journal og Marine Science and Application*, 4(3), 18-23.
- Kahvecioğlu, A. (2004). Onarılabilir Elemanlara Önleyici Bakımın Etkisi ve Optimizasyonu. *Mühendis ve Makine*, 43-51.
- Kamu İhale Kurumu*. (2015, Eylül 3). www.kik.gov.tr: <http://www.kik.gov.tr/Mevzuat.aspx> adresinden alındı

- Ke, H., & Liu, B. (2007). Project Scheduling Problem with Mixed Uncertainty of Randomness and Fuzziness. *European Journal of Operational Research*, 135-147.
- Kelly, J. (1961). Critical path planning and scheduling: mathematical basis. *Operations Research*, 167-179.
- Kerzner, H. (2009). *Project Management: A systems approach to planning, scheduling and controlling*. New York: John Wiley & Sons.
- Koza, J. (1995). Two ways of discovering the size and shape of a computer program to solve a problem. *Proceedings of the Sixth International Conference on Genetic Algorithm*, 287-294.
- Last, M., & Eyal, S. (2005). A fuzzy-based lifetime extension of genetic algorithms. *Fuzzy Sets and Systems*, 149, 131-147.
- Leontief, W. (1933). The use of indifference curves in the analysis of foreign trade. *The quarterly journal of economics*, 493-503.
- Leontief, W. (1936). Quantitative input and output relations in the economic system of the united states. *Review of economic statistics*, 105-125.
- Lester, A. (2006). *Project Management, Planning And Control* (5. b.). Heinemann: Butterworth.
- Leu, S.-S., Chen, A.-T., & Yang, C.-H. (2001). A GA-based fuzzy optimal model for construction time cost trade-off. *International Journal of Project Management*, 47-58.
- Lock, D. (2007). *Project management* (9nd Ed b.). USA: Gower.
- Lorterapong, P., & Moselhi, O. (1996). Project-network analysis using fuzzy sets theory. *Journal of Construction Engineering and Management*, 308-18.
- Manisalı, E. (2004). *Yapı İşletmesi Ders Notları*. İstanbul.
- Manisalı, E. (2006). *Proje Yönetimi Ders Notları*. E. Manisalı . içinde İstanbul.
- Manisalı, E. (2010). *Bilgisayar Destekli Proje Yönetimi Uygulamaları Ders Notları*. İstanbul.
- Maravas, A., & Pantouvakis, J.-P. (2011). Project cash flow analysis in the presence of uncertainty in activity duration and cost. *International Journal of Project Management*, doi:10.1016/j.ijproman.2011.08.005.
- McCahon, C. (1993). Using PERT as an approximation of fuzzy project-network analysis. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 146-53.
- Melton, T. (2007). *Project Management Toolkit: The Basics for Project Success* (2. b.). Heinemann: Butterworth .

- Mendes, J., Gonçalves, J., & Resende, M. (2005). *Random key based genetic algorithm for the resource constrained project scheduling problem*. Technical Report TD-6DUK2C: AT&T Labs Research.
- Meyer, W., & Shaffer, L. (1965). Extending CPM for multiform project time±cost curves. *Journal of the Construction Division, ASCE*, 45-67.
- Mitchell, M. (1999). *An Introduction to Genetic Algorithms*. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology.
- Mitchell, M., & Taylor, C. E. (1999). Evolutionary computations: an overview. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 593-616.
- Mori, M., & Tseng, C. (1997). A genetic algorithm for multi-mode resource constrained project scheduling problem. *European Journal of Operational Research*, 134-141.
- Moselhi, O. (1993). Schedule compression using the direct stiffness method. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 65-72.
- Mubarak, S. (2010). *Construction Project Scheduling and Control*. USA: John Wiley & Sons.
- Nabiyev, V. V. (2005). *Yapay Zeka (2. b.)*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Naphade, K., Wu, D., & Storer, R. (1997). Problem space search algorithms for resource constrained project scheduling. *Annals of Operations Research*, 307-326.
- Nasab, H., Pourkheradmand, M., & Shahsavaripour, N. (2017). Solving Multi-Mode Time-Cost-Quality Trade-off Problem in Uncertainty Condition Using a Novel Genetic. *International Journal of Management and Fuzzy Systems*, 32-40.
- Nearchou, A. (1998). Path planning of mobile robot using genetic heuristics. *Robotica*, 575-588.
- Nomer, H. (tarih yok). *Kontrat Hukuku Notları*.
- Öztürk, R. (1999). Fuzzy Karar Verme. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Padilla, E., & Carr, R. (1991). Resource strategies for dynamic project management. *Journal of Construction Engineering and Management*, 279-93.
- Paksoy, S. (2007). Genetik Algoritma ile Proje Çizelgeleme. *Doktora Tezi*. Adana: Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Proverbs, D. G., Holt, G. D., & Olomolaiye, P. O. (1999). Construction resource/method factors influencing productivity for high rise concrete construction. *Construction Management and Economics*, 577-587.
- Reiner, L. E. (1972). *Handbook of Construction Management*. New Jersey: Prentice Hall INC.
- Roger, C. (1997). *The history of mathematics: a brief course*. Canada: John Wiley & Sons Inc.

- Rosenau, M. D. (1992). *Successful Project Management*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Ross, T. J. (2004). *Fuzzy Logic With Engineering Applivation* (2. b.). West Sussex: John Wiley & Sonst Ltd.
- Sakawa, M. (2002). *Genetic Algorithms and Multiobjective Optimization*. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Samuel, E., & Bodily, V. D. (1998). *Quantitative business analysis: text and cases*. USA: McGraw-Hill.
- Sarker, R. A., & Newton, C. S. (2008). *Optimization Modelling A Practical Approach*. Florida: CRC Press Taylor & Francis Group.
- Siemens, N. (1971). A simple CPM time±cost trade-o algorithm. *Management Science*, 354.
- Şen, Z. (2004). *Genetik Algoritmalar ve En İyileme Yöntemleri* (1. b.). İstanbul: Su Vakfi.
- Şen, Z. (2009). *Mühendislikte Bulanık (Fuzzy) Mantık ile Modelleme Prensipleri* (3. b.). İstanbul: Su Vakfi.
- Taha, H. A. (2007). *Yöneylem Araştırması* (4. Baskı b.). (Ş. A. Baray, & Ş. Esnaf, Çev.) İstanbul: Literatür Yayınları.
- Talbot, F. (1982). Resource-constrained project scheduling with time±. *Management Science*, 1197-210.
- Thomas, H., & Sanvido, V. E. (2000). Role of the fabricator in labor productivity. *Journal of constrution engineering and management*, 358-365.
- Timoty, J. (1997). *Fuzzy Logic with Engineering Applications*. Singapore: McGraqw Hill.
- Turner, J. R. (1991). *The Handbook of Project-Based Management*. London: The McGreaw-Hill Companies.
- Türkay, M. (2018, 05 22). *Optimizasyon Modelleri ve Çözüm Metodları*. Koç Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü: <http://home.ku.edu.tr/~mturkay/indr501/Optimizasyon.pdf> adresinden alındı
- Uçaner, M., & Özdemir, O. (2002). Genetic algoritmalar ile içme suyu şebekelerinde ek klorlama optimizasyonu. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 157-170.
- Vose, M. (1999). *The Simple Genetic Algorithm: Foundations and Theory*. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology Press.
- Wang, K., Chi, J., & Wan, E. (1993). Decision making of project under fuzzy information. *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, 533-41.

- Wang, P.-Y., & Lu, M. (2002). Genetic algorithm optimized resource activity critical path method. *Proceedings of the First Conference on Machine Learning and Cybernetics*, 1978-1982.
- Winston, W. L. (2003). *Operations research: applicatios and algorithms*. Belmont, Canada: Thomson .
- Wu, R., & Hadipriono, F. (1994). Fuzzy modus ponens deduction technique for construction scheduling. *Journal of Construction Engineering and Management, ASCE*, 162-79.
- Yeo, M., & Agyei, E. (1998). Optimising engineering problems using genetic algorithms. *Engineering Computations*, 268-280.
- Yıldız, S. (2001). *Proje Yönetiminde Kaynak Dengelemesi ve Kazanılmış Değer Analizi: İnşaat Sektöründe Bir Uygulama*. Ankara: TC Başkent Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Zalmai, M. L. (2015). İnşaat Projelerinde Harmoni Arama Yaklaşımıyla Bir Performans Modelinin Geliştirilmesi. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Zheng, D. X., & Ng, S. T. (2005). Stochastic Time–Cost Optimization Model Incorporating Fuzzy Sets. *Journal of Construction Engineering and Management*, 176-186.
- Zheng, D. X., Ng, S. T., & Kumaraswamy, M. M. (2004). Applying a Genetic Algorithm-Based Multiobjective Approach for Time-Cost Optimization. *Journal Of Construction Engineering And Management*, 168-176.

EKLER

EK 1: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Birim Fiyat Analizleri (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017).

Analiz Format No: 1	İNŞAAT İŞ KALEMLERİ BİRİM FİYAT ANALİZLERİ				
İş Kalemi /İş Grubu No: 18.232	Analizin Adı: Ahşap çatı üzerine 10.nolu çinkodan çatı örtüsü yapılması				Ölçü Birimi: M2
Poz No:	GİRDİLER	Ölçü Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı	Tutarı
04.604	Bitümlü karton (ts 13047) (tip 1)	KG	1,15	0,40	0,46
04.263	Çinko levha	KG	4,725	8,00	37,80
01.026	Tenekeci ustası	SA	2,5	10,85	27,13
04.271	Galvanizli çivi (ts 155)	KG	0,1	4,24	0,42
01.503	Çıracak	SA	1,5	7,95	11,93
04.152	Çam kerestesi 2.sınıf	M3	0,003	765,00	2,30
01.501	Düz işçi (inşaat işçisi)	SA	0,25	7,95	1,99
Karsız Toplam					82,03
%25 Kar ve Genel Giderler					20,51
Toplam Tutar					102,54
Tarifi: Mevcut ahşap çatı döşemesi üzerine şartnamesine uygun bitümlü karton döşenmesi, çivilenmesi 5x5 cm ebadında ikinci sınıf çam keresteden konik ahşap kadronların çinko levha genişliğine göre döşemeye tes-piti, proje ve detay resimlerine göre 0,50 mm kalınlıkta çinko levhaların sürgü ve kenetlerinin yapılması, mahyası ile beraber yerlerine tespiti, inşaat yerindeki yükleme, yatay ve düşey taşıma, boşaltma, her türlü malzeme ve zayıyatı, işçilik, araç ve gereç giderleri, müteahhit genel giderleri ve kârı dâhil, ahşap çatı üzerine 0,50 mm kalınlıkta 10 no lu çinkodan çatı örtüsü yapılmasınının 1 m ² fiyatı:					
ÖLÇÜ: Meyilli satıh üzerinden hesaplanır.					

EK 1 (Devam): Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Birim Fiyat Analizleri

Analiz Format No: 1	İNŞAAT İŞ KALEMLERİ BİRİM FİYAT ANALİZLERİ					
İş Kalemi /İş Grubu No: 18.233/1	Analizin Adı: Ahşap çatı üz.0.70 mm düz alüm.levha ile çatı örtüsü yapılması.				Ölçü Birimi: M2	
Poz No:	GİRDİLER	Ölçü Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı	Tutarı	
04.715/A3C	0.70 mm alüminyum düz levha (en aw 3003-almn1cu)	KG	2,565	8,35	21,42	
04.702	Maden kömürü	KG	0,003	0,38		
04.610/C	Asfalt ts.105,tip 3 (yumuşama noktası:85-96)	KG	0,15	0,65	0,10	
01.032	Alüminyum ustası	SA	2,75	10,85	29,84	
04.606	Bitümlü karton (ts 13047) (tip 3)	M2	1,15	0,45	0,52	
01.010	Yalıtımcı ustası	SA	0,15	10,85	1,63	
04.271	Galvanizli çivi (ts 155)	KG	0,1	4,24	0,42	
01.503	Çırak	SA	1,75	7,95	13,91	
04.152	Çam kerestesi 2.sınıf	M3	0,003	765,00	2,30	
01.501	Düz işçi (inşaat işçisi)	SA	0,25	7,95	1,99	
Karsız Toplam					72,13	
%25 Kar ve Genel Giderler					18,03	
Toplam Tutar					90,16	
Tarifi:						
Mevcut ahşap çatı üzerine bir kat bitümlü kartonun (TS 114 tip 36) 10 cm. bindirilmek ve ek yerleri asfalt (TS 105 tip III) ile yapıştırılmak suretiyle döşenmesi, çivilenmesi, rendeli 5x5 cm. ebadında konik kadronların (Poz. No: 04.152) alüminyum levha genişliğine göre döşemeye tespiti, proje ve detay resimlerine göre mm.lik düz alüminyum (Poz. No: 04.715) levhalara sürgü, kenetlerinin yapılması, mahyası ile beraber yerine tespiti, inşaat yerindeki yükleme, yatay ve düşey taşıma, boşaltma, her türlü malzeme ve zayıtı, işçilik, araç ve gereç giderleri, müteahhit kârı ve genel giderler dahil ahşap çatı üzerine 1 m ² mm. kalınlıkta düz alüminyum levha ile çatı örtüsü yapılması fiyatı:						
Ö L Ç Ü: Meyilli satıh üzerinden hesaplanır.						

EK 1 (Devam): Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Birim Fiyat Analizleri

Analiz Format No: 1	İNŞAAT İŞ KALEMLERİ BİRİM FİYAT ANALİZLERİ					
İş Kalemi /İş Grubu No: 18.246/1	Analizin Adı: Eğimli çat. krmt. ve met.çatı ört.alt.iki yüz.poli.film kap.cam tül.taş.lam.pol.bit.örtü su ylt.yap.				Ölçü Birimi: M2	
Poz No:	GİRDİLER	Ölçü Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı	Tutarı	
04.605/A	Eğ.çatı kapl.malz.alt.kul. iki yüzü polietilen film kaplı camtülü taşıy.laminesiz polimer bitümlü örtü	M2	1,1	4,50	4,95	
01.010	Yalıtımcı ustası	SA	0,1	10,85	1,09	
04.271	Galvanizli çivi (ts 155)	KG	0,06	4,24	0,25	
01.501	Düz işçi (inşaat işçisi)	SA	0,2	7,95	1,59	
Karsız Toplam					7,88	
%25 Kar ve Genel Giderler					1,97	
Toplam Tutar					9,85	
Tarifi: Tasdikli detay projesine göre ve mevcut çatı üzerine iki yüzü polietilen film kaplı cam tülü taşıyıcı laminesiz polimer bitümlü örtünün saçak çizgisine paralel olarak ve birbiri üzerine en az 10 cm bindirilerek ek yerlerinin altından, 10 cm aralıklı olarak geniş başlı galvanizli çivilerle çakılması için, inşaat yerindeki yükleme, yatay ve düşey taşıma, boşaltma, her türlü mal-zeme ve zayıtı, işçilik, araç ve gereç giderleri, müteahhit genel giderleri ve kârı dâhil, 1 m ² fiyatı:						
ÖLÇÜ: Meyilli sath üzerinden hesaplanır.						

EK 1 (Devam): Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Birim Fiyat Analizleri

Analiz Format No: 1	İNŞAAT İŞ KALEMLERİ BİRİM FİYAT ANALİZLERİ					
İş Kalemi /İş Grubu No: 18.246/2	Analizin Adı: Eğimli çat. krmt. ve met.çatı ört.alt.iki yüz.poli.film kap.polyester keçe taş.laminesiz polimer ile				Ölçü Birimi: M2	
Poz No:	GİRDİLER	Ölçü Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı	Tutarı	
04.606/A	Eğ.çatı kapl.malz.alt.k. min. 0,60 mm kalınlıkta 2 yüzü polietilen film kap.polyester keçe taş.laminesiz polimer bitümlü ört	M2	1,1	5,40	5,94	
01.010	Yalıtımcı ustası	SA	0,1	10,85	1,09	
04.271	Galvanizli çivi (ts 155)	KG	0,06	4,24	0,25	
01.501	Düz işçi (inşaat işçisi)	SA	0,2	7,95	1,59	
Karsız Toplam					8,87	
%25 Kar ve Genel Giderler					2,22	
Toplam Tutar					11,09	
Tarifi: Tasdikli detay projesine göre ve mevcut çatı üzerine iki yüzü polietilen film kaplı polyester keçe taşıyıcılı laminesiz polimer bitümlü örtünün saçak çizgisine paralel olarak ve birbiri üzerine en az 10 cm bindirilerek ek yerlerinin altından, 10 cm aralıklı olarak geniş başlı galvanizli çivilerle çakılması için, inşaat yerindeki yükleme, yatay ve düşey taşıma, boşaltma, her türlü mal-zeme ve zayiati, işçilik, araç ve gereç giderleri, müteahhit genel giderleri ve kârı dâhil. 1 m ² fiyatı: ÖLÇÜ: Meyilli sath üzerinden hesaplanır.						

EK 1 (Devam): Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Birim Fiyat Analizleri

Analiz Format No: 1	İNŞAAT İŞ KALEMLERİ BİRİM FİYAT ANALİZLERİ					
İş Kalemi /İş Grubu No: 18.465/2	Analizin Adı: 3mm kalınlıkta elastomer esaslı cam tülü taş. 3 mm.kal.elas.esas.poly.keçe taş.pol.bit. ört.iki kat su yal. yapılması				Ölçü Birimi: M2	
Poz No:	GİRDİLER	Ölçü Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı	Tutarı	
04.611/1A	Katyonik asfalt emülsiyonu (crs-1 tipi)	KG	0,4	0,99	0,40	
01.210	Yalıtımcı usta yardımcısı	SA	0,4	8,10	3,24	
04.626/4A	3 mm. elastomer polyester keçe taşıyıcılı örtü	M2	1,15	8,25	9,49	
04.626/3B	3.0 mm. elastomer cam tülü örtüler	M2	1,15	6,95	7,99	
04.107/1	Likit petrol gazı (lpg)	KG	0,4	4,34	1,74	
01.010	Yalıtımcı ustası	SA	0,4	10,85	4,34	
01.501	Düz işçi (inşaat işçisi)	SA	0,2	7,95	1,59	
Karsız Toplam					28,79	
%25 Kar ve Genel Giderler					7,20	
Toplam Tutar					35,99	
Tarifi:						
Onaylanmış detay projesine uygun, ahşap mala perdahlı olarak hazırlanmış beton yüzeyin iyice temizlenmesi ve kuru durumda iken astar olarak m2 ye en az 0,400 kg sarf edilecek biçimde soğuk uygulamalı asfalt sürülmesi, astar kurduktan sonra şalımo alevi ile örtü polimer asfaltını alevlendirmeden elastomer esaslı polimer bitümlü 3mm kalınlığında cam tülü taşıyıcılı örtünün, ek yerlerinin en az 10 cm bindirilerek yapıştırılması, ikinci kat olarak elastomer esaslı polimer bitümlü 3mm kalınlığında polyester keçe taşıyıcılı örtünün, ek yerleri en az 10 cm bindirilerek yapıştırılması, inşaat yerinde yükleme, yatay ve düşey taşıma, boşaltma, her türlü malzeme zayiati, işçilik araç ve gereç giderleri, müteahhit genel giderleri ve kârı dâhil, 1 m ² fiyatı:						
ÖLÇÜ: Meyilli yüzey üzerinden ölçülür.						
NOT: Yalıtım örtüleri için gerekli koruma önlemleri alınmalı ve bedelleri kendi pozundan ödenmelidir.						

EK 1 (Devam): Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Birim Fiyat Analizleri

Analiz Format No: 1	İNŞAAT İŞ KALEMLERİ BİRİM FİYAT ANALİZLERİ					
İş Kalemi /İş Grubu No: 18.468/2	Analizin Adı: 2 mm. pvc esaslı jeomembran düztip malz. su yalıtımı yapılması				Ölçü Birimi: M2	
Poz No:	GİRDİLER	Ölçü Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı	Tutarı	
04.632/01C	2 mm kalınlıkta jeomembran (ts en 13956, ts en 13967)	M2	1,15	13,65	15,70	
01.210	Yalıtımcı usta yardımcısı	SA	0,4	8,10	3,24	
01.010	Yalıtımcı ustası	SA	0,4	10,85	4,34	
04.112	Elektrik enerjisi	kWh	0,2	0,33	0,07	
01.501	Düz işçi (inşaat işçisi)	SA	0,2	7,95	1,59	
Karsız Toplam					24,94	
%25 Kar ve Genel Giderler					6,24	
Toplam Tutar					31,18	
<p>Tarifi: Tasdikli projesine göre su yalıtımı tatbik olunacak beton yüzeyin iyice temizlenmesi ve 2,00 mm kalınlığında PVC esaslı jeomembran düz tip her renk malzeme ile m² ye en az 1,15 m² malzeme sarfı ile birbiri üzerine en az 10 cm bindirmeli olarak ısı kaynakla yapıştırılarak döşenmesi, inşaat yerinde yükleme, yatay ve düşey taşıma, boşaltma, her türlü malzeme zayiati, işçilik araç ve gereç giderleri, müteahhit genel giderleri ve kârı dâhil, 1 m² fiyatı:</p>						
<p>ÖLÇÜ: Kaplama yapılan yüzeyler hesaplanır.</p>						

EK 1 (Devam): Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Birim Fiyat Analizleri

Analiz Format No: 1	İNŞAAT İŞ KALEMLERİ BİRİM FİYAT ANALİZLERİ					
İş Kalemi /İş Grubu No: 19.048/9	Analizin Adı: 3cm ekspande polistren köp. ile çatılarda ısı yalıtımı yapılması ve üzerine bir kat bit.karton ser				Ölçü Birimi: M2	
Poz No:	GİRDİLER	Ölçü Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı	Tutarı	
04.612/2B	Polistren köpüğü 20 kg/m3	M3	0,0315	132,00	4,16	
04.604	Bitümlü karton (ts 13047) (tip 1)	KG	1,27	0,40	0,51	
01.010	Yalıtımcı ustası	SA	0,25	10,85	2,71	
01.501	Düz işçi (inşaat işçisi)	SA	0,25	7,95	1,99	
Karsız Toplam					9,37	
%25 Kar ve Genel Giderler					2,34	
Toplam Tutar					11,71	
Tarifi: Buhar difüzyon basıncı hesaplarına göre uygulanmış bulunan buhar tutucu katı üstündeki mevcut asfalt soğuyup katılaşmadan üzerine projesinde belirtilen cins ve 3,00 cm kalınlıktaki ekspande polistren köpük levhaların, projedeki gösterilen yerlere, aralarında boşluk kalmayacak şekilde döşenerek iyice yapıştırılması, üstüne bitümlü karton (Tip I) birbiri üzerine en az 10 cm bindirilerek ve ek yerlerine m ² ye 0,150 kg gidecek şekilde asfaltla yapıştırılarak serilmesi, inşaat yerindeki yükleme, yatay ve düşey taşıma, boşaltma, her türlü malzeme ve zayiati, işçilik araç ve gereç giderleri, müteahhit genel giderleri ve kârı dâhil, 1 m ² fiyatı:						
ÖLÇÜ: Projedeki boyutlar üzerinden hesaplanır.						
NOT: 1) Ekspande polistren köpüğün cins ve kalınlığı yapılacak ısı yalıtım hesabına göre tespit edilecektir.						
2) Meyilli çatı örtüleri altına uygulanır.						

EK 1 (Devam): Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Birim Fiyat Analizleri

Analiz Format No: 1	İNŞAAT İŞ KALEMLERİ BİRİM FİYAT ANALİZLERİ					
İş Kalemi /İş Grubu No:	Analizin Adı:				Ölçü Birimi:	
19.057	Teras döşemelerine 2 kat (2.5 cm) lik polistren köpüğü ile ısı yalıtımı				M2	
Poz No:	GİRDİLER	Ölçü Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı	Tutarı	
04.612/2C	Polistren köpüğü 30 kg/m3	M3	0,05	173,00	8,65	
01.010	Yalıtımcı ustası	SA	0,08	10,85	0,87	
01.501	Düz işçi (inşaat işçisi)	SA	0,05	7,95	0,40	
Karsız Toplam					9,92	
%25 Kar ve Genel Giderler					2,48	
Toplam Tutar					12,40	
Tarifi:						
Mevcut betonarme döşemenin üzerinde idarece seçilerek yapılmış ve su buhar difüzyon tecridinin üzerine 2,50 cm kalınlıkta ekspande polistren köpük yalıtım levhalarının aralarında boşluk kalmayacak şekilde döşenmesi ve üzerine idarece seçilecek su tecridinin yapılması ve bu tecridin üzerine aralarında açıklık kalmayacak şekilde 2,50 cm kalınlığında ekspande polistren köpük yalıtım levhalarının döşenmesi. üzerine idarece seçilmiş son kat su yalıtımının yapılması ve istenilen döşeme tipine göre işlem yapılması, inşaat yerindeki yükleme, yatay ve düşey taşıma, boşaltma, her türlü malzeme ve zayıtı, işçilik araç ve gereç giderleri, müteahhit genel giderleri ve kârı dâhil, 1 m ² fiyatı:						
ÖLÇÜ: Projedeki boyutlar üzerinden hesaplanır. Boşluklar düşülür.						
NOT: 1) Yalıtım malzemesinin önüne örülen duvar bedeli, kendi pozundan ödenir.						
2) Ekspande polistren köpüğün kalınlığı yapılacak ısı hesabına göre tespit edilecektir.						

EK 1 (Devam): Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Birim Fiyat Analizleri

Analiz Format No: 1	İNŞAAT İŞ KALEMLERİ BİRİM FİYAT ANALİZLERİ					
İş Kalemi /İş Grubu No: 19.101/MK	Analizin Adı: Harç içine karışan maddelerle yalıtım şapı yapılması.				Ölçü Birimi: M2	
Poz No:	GİRDİLER	Ölçü Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı	Tutarı	
04.002/2B	Kum (tuvenan,elenmiş,yıkanmış)(08.009/1)(makina ile temin)	M3	0.035	13,92	0,49	
04.008/2A	Portland çimentosu (Torbali) (TS EN 197-1 CEM I 42.5 N)	TON	0.014	176,00	2,46	
04.613/A	Harçta su geçirimsizlik katkısı	KG	0.42			
04.031	Su	M3	0.0091	5,60	0,05	
01.012	Sıvacı ustası	SA	1.3	10,85	14,11	
01.501	Düz işçi (inşaat işçisi)	SA	1.023	7,95	8,13	
Karsız Toplam					25,24	
%25 Kar ve Genel Giderler					6,31	
Toplam Tutar					31,55	
Tarifi: Tecrit yapılacak sathın temizlenmesi, derzlerin ayıklanıp yıkanması, 1 m ³ harç'a (1 m ³ kum, 400 kg- çimento) 12 kg- katkı maddesi kullanılarak elde edilen harçla ortalama 3,50 cm kalınlıkta ve iki aşamada olmak üzere teknik şartnameye uygun yalıtım şapı yapılması, su-lanması, her türlü malzeme ve zayıtı, işçilik, iş yerinde yükleme, yatay ve düşey taşıma, boşaltma, müteahhit genel giderleri ve kârı dâhil, 1 m2 fiyatı:						
ÖLÇÜ: Tecrit yapılan bütün satırlar projesinden ölçülür.						
NOT: 1) İdarenin yazılı izni ile uygulanır.						
2) Kullanılacak gereçlerin orijinal ambalajlı olması, laboratuvar raporu bulunması şarttır.						

EK 1 (Devam): Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Birim Fiyat Analizleri

Analiz Format No: 1	İNŞAAT İŞ KALEMLERİ BİRİM FİYAT ANALİZLERİ				
İş Kalemi /İş Grubu No: 24.052	Analizin Adı: 0.50 mm bakır levhayla ø155 mm yağmur oluğu yapılması ve yerine tespiti				Ölçü Birimi: MT
Poz No:	GİRDİLER	Ölçü Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı	Tutarı
04.265	Bakır levha ve profiller	KG	2,476	18,00	44,57
04.606	Bitümlü karton (ts 13047) (tip 3)	M2	0,3	0,45	0,14
04.255	Lamalar (ts en 10058)	KG	1,672	1,76	2,94
01.018	Sıcak demirci ustası	SA	0,38	10,85	4,12
04.297	Lehim (ts en 9453)	KG	0,09	28,90	2,60
01.026	Tenekeci ustası	SA	1,8	10,85	19,53
01.503	Çıracak	SA	2,18	7,95	17,33
Karsız Toplam					91,24
%25 Kar ve Genel Giderler					22,81
Toplam Tutar					114,05
Tarifi : 0,50 mm kalınlığındaki bakır levhadan yuvarlak ya da dikdörtgen kesitte, etek çapı ya da projesine göre asma oluk ve etek yapılması, serbest kenara kaval çekilmesi, iç ve dıştan iyice lehimlenmesi, etek altına bir kat bitümlü karton konması, bakır tel veya bakırdan süzgeç konması, metrede iki adet galvanizli 5x30 mm kesitindeki demir kancalarla yerine konması, her türlü malzeme ve zayıatı, işçilik, inşaat yerindeki yükleme, yatay ve düşey taşıma ve boşaltma, müteahhit genel giderleri ve kârı dâhil, 1 m fiyatı:					
ÖLÇÜ: Yerine takılmış boru ekseninin boyu üzerinden ölçülür ve eğri kısımlara bir misli zam verilir.					

EK 1 (Devam): Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Birim Fiyat Analizleri

Analiz Format No: 1	İNŞAAT İŞ KALEMLERİ BİRİM FİYAT ANALİZLERİ					
İş Kalemi /İş Grubu No: 24.053	Analizin Adı: 0.50 mm bakır levhadan çatı deresi yapılması ve yerine tespiti				Ölçü Birimi: MT	
Poz No:	GİRDİLER	Ölçü Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı	Tutarı	
04.265	Bakır levha ve profiller	KG	3,6	18,00	64,80	
04.606	Bitümlü karton (ts 13047) (tip 3)	M2	0,9	0,45	0,41	
04.297	Lehim (ts en 9453)	KG	0,09	28,90	2,60	
01.026	Tenekeci ustası	SA	1,2	10,85	13,02	
01.503	Çırak	SA	1,2	7,95	9,54	
Karsız Toplam					90,37	
%25 Kar ve Genel Giderler					22,59	
Toplam Tutar					112,96	
Tarifi: 0,50 mm kalınlığındaki bakır levhaların 66 cm genişlikte kesilmesi, kenarlarının kıvrılması çinko dere altında 1,00 m genişlikte bitümlü karton konulması, bileşim yerlerinde 5 cm birbirine bindirilerek yerlerine konulması, icabında alt tabakaya tespiti, ek yerlerinin 1,5 mm kalınlığında su sızdırmayacak şekilde lehimlenmesi, için her türlü malzeme ve zayiati, işçilik, işyerinde yükleme, taşıma, boşaltma, müteahhit genel giderleri ve kârı dâhil, 1 m fiyatı:						
ÖLÇÜ: Projesinden eğimli olarak hesaplanır.						

EK 1 (Devam): Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Birim Fiyat Analizleri

Analiz Format No: 1	İNŞAAT İŞ KALEMLERİ BİRİM FİYAT ANALİZLERİ					
İş Kalemi /İş Grubu No: 26.211/MK	Analizin Adı: 4 cm andezit plaklarla döşeme kaplaması yapılması (mucartalı)(30 cm x serbestboy)				Ölçü Birimi: M2	
Poz No:	GİRDİLER	Ölçü Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı	Tutarı	
04.008/2C	Portland çimentosu (Torbali) TS EN 197-1 CEM I 42.5 R)	TON	0,0006	176,00	0,11	
04.008	Portland çimentosu (Torbali) (TS EN 197-1 CEM I 32.5 N)	TON	0,012			
04.002/2B	Kum (tuvenan,elenmiş,yıkanmış)(08.009/1)(makina ile temin)	M3	0,03	13,92	0,42	
04.425/2B8	Andezit plaklar (ts 10835) 4cm kalınlığında 30cm x serbest boy	M2	1,05	40,40	42,42	
01.005	Mermer kaplama ustası	SA	3,5	10,85	37,98	
04.031	Su	M3	0,0188	5,60	0,11	
01.501	Düz işçi (inşaat işçisi)	SA	2,607	7,95	20,73	
Karsız Toplam					101,77	
%25 Kar ve Genel Giderler					25,44	
Toplam Tutar					127,21	
Tarifi: Şartnamesine uygun olarak yapılmış tesviye betonu yüzünün temizlenmesi, ıslatılması, üzerine 3 cm kalınlıkta (Poz No: 10.009-10.009/MK) 400 kg çimento dozlu bir tabaka yapılması, bunun üzerine aralıkları en çok 2 mm olmak üzere 4 kalınlıkta, 30 cm x serbest boy ebadında andezit levhaların projesindeki şekil ve taksimatına göre döşenmesi, derzlerin normal veya renkli çimento şerbetiyle doldurulması, döşeme esnasında kırılan çatlayan levhaların değiştirilmesi, döşeme yüzünün harç boşluklarından temizlenmesi, silinmesi, her türlü malzeme ve zayıyatı, işyerinde yükleme, yatay ve düşey taşıma, boşaltma, işçilik, müteahhit genel giderleri ve kârı dâhil, 1 m2 fiyatı: ÖLÇÜ: Andezit döşenen bütün yüzey varsa süpürgelikler projesi üzerinden hesaplanır.						

EK 1 (Devam): Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Birim Fiyat Analizleri

Analiz Format No: 1	İNŞAAT İŞ KALEMLERİ BİRİM FİYAT ANALİZLERİ					
İş Kalemi /İş Grubu No: 26.752	Analizin Adı : 3 cm lik renkli mermer plaklarla parapet yapılması				Ölçü Birimi: M2	
Poz No:	GİRDİLER	Ölçü Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı	Tutarı	
04.416/A001	Beyaz mermer	M2	1.05	34,50	36,23	
10.001	200 kg çimento dozlu tesviye harcı yapılması (tesviye işlerinde)	M3	0.055	28,56	1,57	
10.009	400 kg çimento dozlu harç yapılması (suni taş sıva)	M3	0.035	29,29	1,03	
01.005	Mermer kaplama ustası	SA	2	10,85	21,70	
01.005	Mermer kaplama ustası	SA	3	10,85	32,55	
01.501	Düz işçi (inşaat işçisi)	SA	2	7,95	15,90	
01.501	Düz işçi (inşaat işçisi)	SA	0.5	7,95	3,98	
Karsız Toplam					112,96	
%25 Kar ve Genel Giderler					28,24	
Toplam Tutar					141,20	
Tarifi: Prapet yapılacak kısma şartnamesine uygun olarak ortalama 5 cm. tesviye harcı yapılması, bunun üzerine ortalama 3 cm. kalınlıkta 400 kg. çimento dozlu harçla 3 cm.lik mermer levhaların projesine göre oyuğu hazırlanmış parapetin yerine konması, harç bulaşıklarının temizlenmesi, silinmesi, her türlü malzeme ve zayıyatı, işyerinde yükleme, yatay ve düşey taşıma, boşaltma, işçilik, müteahhit kârı ve genel giderler dahil, 1 m ² fiyatı: Ö L Ç Ü: Projesi üzerinden ölçülür.						

EK 1 (Devam): Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Birim Fiyat Analizleri

Analiz Format No: 1	İNŞAAT İŞ KALEMLERİ BİRİM FİYAT ANALİZLERİ					
İş Kalemi /İş Grubu No: Y.18.201/A101	Analizin Adı: Üst ve alt kiremit (alaturka) ile çatı örtüsü yapılması (Sızdırmazlık Sınıfı: Grup 1) (150 donma-çözülme çevrimine dayanıklı) (3 Latah sistem)				Ölçü Birimi: M2	
Poz No :	GİRDİLER	Ölçü Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı	Tutarı	
04.271	Galvanizli çivi (ts 155)	KG	0,12	4,24	0,51	
04.040/03I	Alaturka kiremit tespit aparatı	AD	30	0,20	6,00	
04.039/A101	Üst ve alt kiremit (Alaturka) (150 donma-çözülme çevrimine dayanıklı)	M2	1,05	29,00	30,45	
01.016	Kiremit tipi çatı kaplamacısı	SA	1,1	10,85	11,94	
04.152	Çam kerestesi 2.sınıf	M3	0,018	765,00	13,77	
01.501	Düz işçi (inşaat işçisi)	SA	1,1	7,95	8,75	
Karsız Toplam					71,42	
%25 Kar ve Genel Giderler					17,86	
Toplam Tutar					89,28	
Tarifi: Mevcut ahşap kaplama tahtası, OSB kaplama, öndökümlü hazır beton plak yada eğimli betonarme döşeme üzerine, 5x5 cm ölçülerinde ahşap lataların saçak hattına dik olacak şekilde ortalama 60 cm aralıklarla çatı altyapısına çivi veya vida ile sabitlenmesi, bu lataların üzerine alt kiremitlerin monte edileceği 3x5 cm ölçülerinde ahşap lataların saçak hattına paralel olacak şekilde ve ortalama 33 cm aralıklarla çivi veya vida ile sabitlenmesi, 2. sıra lataların üzerine saçak hattına dik olacak şekilde üst kiremitlerin monte edileceği 2.5x6 cm ebatlarında latanın ortalama 19 cm aralıklarla sabitlenmesi, standardına göre sızdırmazlık sınıfı Grup 1 olan ve 150 donma çözülme çevrimine dayanıklı alt ve üst kiremitlerin (alaturka) her birinin tespit aparatı ve çivi/vida yardımı ile birbiri üzerine enaz 8 cm binecek şekilde latalara tespit edilmesi, inşaat yerindeki yükleme, yatay ve düşey taşıma, boşaltma, her türlü malzeme ve zayıtı, işçilik, araç ve gereç giderleri, müteahhit genel giderleri ve kârı dâhil, 1 m ² fiyatı:						
ÖLÇÜ: Eğimli alanlar projesi üzerinden hesaplanır. 0,10 m2 ve daha küçük boşluklar düşülmez.						
NOT:						
1. %20 den küçük çatı eğiminin olduğu yerlerde uygulanmaz. Eğimin %20-29.99 arasında olduğu yerlerde kiremit örtüsü altına su yalıtımı yapılmalıdır.						
2. Çatıda yapılacak ısı ve/veya su yalıtımları kendi pozlarından ayrıca ödenecektir.						
3. İlk sıra latalar arasına ısı yalıtım malzemesi uygulanması halinde, lata yüksekliği ısı yalıtım malzemesi kalınlığından 2,5 cm yukarıda olacak şekilde belirlenmelidir.						
4. İkinci sıra lataların saçak hattına gelen ilk parçası diğer latalardan 2cm daha yüksek olmalıdır.						
5. Ahşap altyapıya sahip çatılarda, saçak hattına dik olarak uygulanan ilk sıra latalar, mertekler üzerine gelecek şekilde monte edilmelidir. 6- İmalat tarifinde belirtilen 2. ve 3. sıra lata aralıkları ve yükseklikleri kullanılacak kiremitin boyutlarına göre ayarlanmalıdır.						

EK 1 (Devam): Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Birim Fiyat Analizleri

Analiz Format No: 1	İNŞAAT İŞ KALEMLERİ BİRİM FİYAT ANALİZLERİ				
İş Kalemi /İş Grubu No: Y.18.201/A105	Analizin Adı: Yan ve üst kenarından kenetlenen kiremit ile çatı örtüsü yapılması (Sızdırmazlık Sınıfı: Grup 1) (150 donma-çözülme çevrimine dayanıklı) (2 Latalı sistem)				Ölçü Birimi: M2
Poz No:	GİRDİLER	Ölçü Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı	Tutarı
04.039/A105	Yan ve üst kenarından kenetli kiremit (150 donma-çözülme çevrimine dayanıklı)	M2	1,05	14,50	15,23
04.271	Galvanizli çivi (ts 155)	KG	0,06	4,24	0,25
01.016	Kiremit tipi çatı kaplamacısı	SA	1	10,85	10,85
04.152	Çam kerestesi 2.sınıf	M3	0,01	765,00	7,65
01.501	Düz işçi (inşaat işçisi)	SA	1	7,95	7,95
Karsız Toplam					41,93
%25 Kar ve Genel Giderler					10,48
Toplam Tutar					52,41
Tarifi: Mevcut ahşap kaplama tahtası, OSB kaplama, öndökümlü hazır beton plak yada eğimli betonarme döşeme üzerine, 5x5 cm ölçülerinde ahşap lataların saçak hattına dik olacak şekilde ortalama 60 cm aralıklarla çatı altyapısına çivi veya vida ile sabitlenmesi, bu lataların üzerine 3x5 cm ölçülerinde ahşap lataların saçak hattına paralel olacak şekilde ve ortalama 33 cm aralıklarla çivi veya vida ile sabitlenmesi, standardına göre sızdırmazlık sınıfı Grup 1 olan ve 150 donma çözülme çevrimine dayanıklı yan ve üst kenarından kenetlenen kiremitlerin projesine uygun olacak şekilde ahşap latalar üzerine döşenmesi, saçak ve yan saçak hattında yer alan ilk iki sıra kiremitin çivi veya vida ile sabitlenmesi, inşaat yerindeki yükleme, yatay ve düşey taşıma, boşaltma, her türlü malzeme ve zayıyatı, işçilik, araç ve gereç giderleri, müteahhit genel giderleri ve kârı dâhil, 1 m ² fiyatı: ÖLÇÜ: Eğimli alanlar projesi üzerinden hesaplanır. 0,10 m2 ve daha küçük boşluklar düşülmez. NOT: 1. %20 den küçük çatı eğiminin olduğu yerlerde uygulanmaz. Eğimin %20-29.99 arasında olduğu yerlerde kiremit örtüsü altına su yalıtımı yapılmalıdır. 2. Etkili rüzgara sahip bölgelerde ve/veya eğimin %100 den fazla olduğu detaylarda kiremitler yukarıdaki açıklamalara ek olarak birer sıra atlayarak çivi ile sabitlenir. Bölgenin etkin rüzgar alanı sayılması idarenin yazılı iznine tabidir. 3. Çatıda yapılacak ısı ve/veya su yalıtımları kendi pozlarından ayrıca ödenecektir. 4. İlk sıra latalar arasına ısı yalıtım malzemesi uygulanması halinde, lata yüksekliği ısı yalıtım malzemesi kalınlığından 2,5 cm yukarıda olacak şekilde belirlenmelidir. 5. İkinci sıra lataların saçak hattına gelen ilk parçası diğer latalardan 2cm daha yüksek olmalıdır. 6. Ahşap altyapıya sahip çatılarda, saçak hattına dik olarak uygulanan ilk sıra latalar, mertekler üzerine gelecek şekilde monte edilmelidir. 7- İmalat tarifinde belirtilen 2. sıra lata aralıkları kullanılacak kiremitin boyutlarına göre ayarlanmalıdır.					

Analiz Format No: 1	İNŞAAT İŞ KALEMLERİ BİRİM FİYAT ANALİZLERİ					
İş Kalemi /İş Grubu No: Y.18.245/006	Analizin Adı: Eğimli çatılarda, çatı örtüsü altına, 3 mm kalınlıkta elastomer esaslı, cam tülü taşıyıcılı polimer bitümlü örtü (-20 c soğukta bükülmeli) ile su yalıtımı yapılması				Ölçü Birimi: M2	
Poz No:	GİRDİLER	Ölçü Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı	Tutarı	
04.626/3B	3.0 mm. elastomer cam tülü örtüler	M2	1,1	6,95	7,65	
04.271/01	Geniş başlı galvanizli çivi (ts 155) (shingle çivisi)	KG	0,03	4,24	0,13	
04.107/1	Likit petrol gazı (lpg)	KG	0,1	4,34	0,43	
01.010	Yalıtımcı ustası	SA	0,4	10,85	4,34	
01.501	Düz işçi (inşaat işçisi)	SA	0,2	7,95	1,59	
Karsız Toplam					14,14	
%25 Kar ve Genel Giderler					3,54	
Toplam Tutar					17,68	
Tarifi: Onaylanmış detay projesine uygun, eğimli çatı yüzeyinin temizlenmesi, 3 mm kalınlıkta elastomer esaslı cam tülü taşıyıcılı polimer bitümlü örtünün saçak çizgisine paralel olarak ve birbiri üzerine en az 10 cm binecek şekilde serilmesi, ek yerlerinin altından en fazla 10 cm aralıklarla geniş başlı galvanizli çivilerle çakılması ve ek yerlerinin şalümo alevi ile yapıştırılması, inşaat yerinde yükleme, yatay düşey taşıma ve boşaltma, her türlü malzeme ve zaiyatı, işçilik araç ve gereç giderleri, müteahhit genel giderleri ve karı dahil 1 m ² fiyatı: ÖLÇÜ: Projedeki ölçülere göre yalıtım yapılan yüzeyler hesaplanır.						

EK 1 (Devam): Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Birim Fiyat Analizleri

Analiz Format No: 1	İNŞAAT İŞ KALEMLERİ BİRİM FİYAT ANALİZLERİ				
İş Kalemi /İş Grubu No: Y.19.061/001	Analizin Adı: Çatı arasına döşeme üzerine, 6 cm kalınlıkta camyünü şilte (camyünü şilte - 18 kg/m3 yoğunlukta) ve üzerine su buharı geçişine açık su yalıtım örtüsü serilmesi				Ölçü Birimi: M2
Poz No :	GİRDİLER	Ölçü Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı	Tutarı
04.734/A13	Cam yünü (18kg/m3-6cm)	M2	1,05	2,95	3,10
04.608/2	Su buharına geçişine açık su yalıtım örtüsü	M2	1,1	3,40	3,74
01.210	Yalıtımcı usta yardımcısı	SA	0,3	8,10	2,43
Karsız Toplam					9,27
%25 Kar ve Genel Giderler					2,32
Toplam Tutar					11,59
Tarifi: İdarece onaylanmış proje ve detaylarına göre, 6 cm kalınlıktaki camyünü şiltenin çatı arasına döşeme üzerine aralarında boşluk kalmaksızın serilmesi, istendiğinde çatı kenarındaki aşıklara çitalarla tespit edilmesi, üzerine su buharı geçişine açık su yalıtım örtüsünün birbiri üzerine en az 10 cm binecek şekilde serilmesi, çatı arasında istenen yere ulaşımın sağlanması için takozlar üzerine kalasların döşenmesi, inşaat yerindeki yükleme, yatay ve düşey taşıma, boşaltma, her türlü malzeme ve zaiyatı, (çita, takoz, kalas ve çivi bedelleri hariç) işçilik araç ve gereç giderleri, müteahhit genel giderleri ve karı dahil 1 m ² fiyatı: ÖLÇÜ: Projedeki ölçülere göre yalıtım yapılan bütün yüzeyler hesaplanır. NOT: Camyünü şiltenin kalınlığı yapılacak ısı hesabına göre tespit edilecektir.					

EK 1 (Devam): Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Birim Fiyat Analizleri

Analiz Format No: 1	İNŞAAT İŞ KALEMLERİ BİRİM FİYAT ANALİZLERİ				
İş Kalemi /İş Grubu No: Y.19.085/027	Analizin Adı: Çimento esaslı polimer modifiyeli iki bileşenli kullanıma hazır yalıtım harcı ile 3 kat halinde toplam 2 mm kalınlıkta su yalıtımı yapılması				Ölçü Birimi: M2
Poz No :	GİRDİLER	Ölçü Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı	Tutarı
04.379/103	Çimento esaslı, elastik (iki bileşenli) su yalıtım harcı (ts en 1504-2)	KG	4	2,20	8,80
01.010	Yalıtımcı ustası	SA	0,8	10,85	8,68
04.031	Su	M3	0,005	5,60	0,03
01.501	Düz işçi (inşaat işçisi)	SA	0,4	7,95	3,18
Karsız Toplam					20,69
%25 Kar ve Genel Giderler					5,17
Toplam Tutar					25,86
Tarifi:					
Tasdikli detay projesine göre hazırlanmış yüzeylerin oynak, kırık, çatlak parçalardan, yağ, toz ve benzeri yapışmayı engelleyecek kalıntılardan arındırılması ve ürün teknik uygulama şartlarına uygun şekilde yıkanması, çimento esaslı polimer modifiyeli iki bileşenli yalıtım harcının A ve B bileşenlerinin ürün teknik uygulama şartlarına uygun oranlarda, topaksız, homojen bir hale getirilinceye kadar karıştırılması ve elde edilen harcın, kurumuş yüzey üzerine, birinci kat olarak fırça, mala yada püskürtme yöntemi ile aynı doğrultuda uygulanması, ikinci ve üçüncü katlarda, çimento esaslı polimer modifiyeli iki bileşenli yalıtım harcının, ürün teknik uygulama şartlarına uygun süreler dikkate alınarak bir önceki uygulamaya dik şekilde fırça, mala yada püskürtme yöntemi ile yüzeye uygulanması, her türlü malzeme ve zaiyatı, işçilik araç ve gereç giderleri, iş yerinde yükleme, yatay ve düşey taşıma, boşaltma, gerektiğinde çalışma sehpaları kurulması ve sökülmesi ile müteahhit genel giderleri ve karı dahil 1 m ² fiyatı:					
ÖLÇÜ: Projedeki ölçülere göre yalıtım yapılan bütün yüzeyler hesaplanır.					

EK 1 (Devam): Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Birim Fiyat Analizleri

Analiz Format No: 1	İNŞAAT İŞ KALEMLERİ BİRİM FİYAT ANALİZLERİ					
İş Kalemi /İş Grubu No: Y.21.101/01	Analizin Adı: Ahşaptan oturtma çatı yapılması (çatı örtüsü altı tahta kaplamalı)				Ölçü Birimi: M2	
Poz No:	GİRDİLER	Ölçü Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı	Tutarı	
04.255	Lamalar (ts en 10058)	KG	0,1815	1,76	0,32	
01.503	Çırak	SA	0,06	7,95	0,48	
01.018	Sıcak demirci ustası	SA	0,06	10,85	0,65	
04.270	Çiviler (ts 155)	KG	0,5	2,15	1,08	
04.152	Çam kerestesi 2.sınıf	M3	0,05	765,00	38,25	
04.112	Elektrik enerjisi	kWh	0,24	0,33	0,08	
04.031	Su	M3	0,01	5,60	0,06	
04.109	Mazot (motorin)	KG	0,02984	4,55	0,14	
03.161(Y)	Forklift (4 ton 40 HP)	AD	0,000000484	56.400,00	0,03	
01.404	Operatör makinist	SA	0,0024	12,75	0,03	
03.104/3(Y)	Ahşap doğrama imalat atelyesi	AD	0,00000232	330.000,00	0,77	
01.409	Formen	SA	0,02	15,95	0,32	
01.209	Marangoz usta yardımcısı	SA	0,02	8,10	0,16	
01.009	Marangoz ustası	SA	0,12	10,85	1,30	
01.008	Doğramacı ustası	SA	0,06	10,85	0,65	
01.501	Düz işçi (inşaat işçisi)	SA	1,124	7,95	8,94	
01.017	Dülger ustası	SA	1,02	10,85	11,07	
Karsız Toplam					64,31	
%25 Kar ve Genel Giderler					16,08	
Toplam Tutar					80,39	
Tarifi:						
İdarece onanmış projesine göre II. sınıf çam kerestesinden rendesiz ahşap oturtma çatı yapılması, üzerine aralıksız olarak en az 18 mm kalınlıkta tahta döşenmesi, bu işler için lüzumlu lata, mertek, aşık dikme, payanda kuşak, çivi, demir bağlantı malzemesi ve zayıtı, araç, gereç, işçilik, inşaat yerindeki yükleme, yatay ve düşey taşıma, boşaltma, müteahhit genel giderleri ve kârı dâhil, 1 m ² fiyatı:						
ÖLÇÜ:						
1. Çatının onanmış projesinden yatay düzlemdeki izdüşümü saçak dışından saçak dışına (oluk hariç) ölçülerek m2 olarak hesaplanır.						
2. Gizli dereli çatılarda ölçü aynıdır.						
3. Baca boşluktan düşülmez.						
4. Çatı kapağı bedeli çatı fiyatına dâhildir.						
NOT:						
1. Çatı elemanları dışında kalacak imalât kendi pozlarından ödenir.						
2. Atıka duvarlı çatılarda babaların boy farkları için ayrıca bir zam verilmez.						
3. 1/3 ten fazla meyilli çatılarda bu birim fiyat % 10 artırılarak uygulanır.						

EK 1 (Devam): Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Birim Fiyat Analizleri

Analiz Format No: 1	İNŞAAT İŞ KALEMLERİ BİRİM FİYAT ANALİZLERİ				
İş Kalemi /İş Grubu No: Y.21.101/02	Analizin Adı: Ahşaptan oturtma çatı yapılması (çatı örtüsünün altı osb/3 kaplamalı)				Ölçü Birimi: M2
Poz No:	GİRDİLER	Ölçü Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı	Tutarı
04.172/2E	18 mm kalınlığında yönlendirilmiş lifli levhalar (nemli şartlarda)	M2	1,1	13,35	14,69
04.255	Lamalar (ts en 10058)	KG	0,1815	1,76	0,32
01.503	Çıрак	SA	0,06	7,95	0,48
01.018	Sıcak demirci ustası	SA	0,06	10,85	0,65
04.270	Çiviler (ts 155)	KG	0,5	2,15	1,08
04.152	Çam kerestesi 2.sınıf	M3	0,03	765,00	22,95
04.112	Elektrik enerjisi	kWh	0,168	0,33	0,06
04.031	Su	M3	0,007	5,60	0,04
04.109	Mazot (motorin)	KG	0,020888	4,55	0,10
03.161(Y)	Forklift (4 ton 40 HP)	AD	0,0000003388	56.400,00	0,02
01.404	Operatör makinist	SA	0,00168	12,75	0,02
03.104/3(Y)	Ahşap doğrama imalat atelyesi	AD	0,000001624	330.000,00	0,54
01.409	Formen	SA	0,014	15,95	0,22
01.209	Marangoz usta yardımcısı	SA	0,014	8,10	0,11
01.009	Marangoz ustası	SA	0,084	10,85	0,91
01.008	Doğramacı ustası	SA	0,042	10,85	0,46
01.501	Düz işçi (inşaat işçisi)	SA	1,0868	7,95	8,64
01.017	Dülger ustası	SA	1,014	10,85	11,00
Karsız Toplam					62,28
%25 Kar ve Genel Giderler					15,57
Toplam Tutar					77,85
Tarifi:					
İdarece onanmış projesine göre II. sınıf çam kerestesinden rendesiz ahşap oturtma çatı yapılması, üzerine aralıksız olarak en az 18 mm kalınlıkta OSB/3 döşenmesi, bu işler için lüzumlu lata, mertek, aşık dikme, payanda kuşak, çivi, demir bağlantı malzemesi ve zayıtı, işçilik, inşaat yerindeki yükleme, yatay ve düşey taşıma, boşaltma, müteahhit genel giderleri ve kârı dâhil, 1 m ² fiyatı:					
ÖLÇÜ:					
1. Çatının onanmış projesinden yatay düzlemdeki izdüşümü saçak dışından saçak dışına (oluk hariç) ölçülerek m2 olarak hesaplanır.					
2. Gizli dereli çatılarda ölçü aynıdır.					
3. Baca boşluktan düşülmez.					
4. Çatı kapağı bedeli çatı fiyatına dâhildir.					
NOT:					
1. Çatı elemanları dışında kalacak imalât kendi pozlarından ödenir.					
2. Atika duvarlı çatılarda babaların boy farkları için ayrıca bir zam verilmez.					
3. 1/3 ten fazla meyilli çatılarda bu birim fiyat % 10 artırılarak uygulanır.					

EK 1 (Devam): Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Birim Fiyat Analizleri

Analiz Format No: 1	İNŞAAT İŞ KALEMLERİ BİRİM FİYAT ANALİZLERİ					
İş Kalemi /İş Grubu No: Y.26.020/003A	Analizin Adı: 4 cm kalınlığında beyaz mermer levha ile döşeme kaplaması yapılması (4cmx30-40-50cmxserbest boy) (honlu veya cilalı)				Ölçü Birimi: M2	
Poz No:	GİRDİLER	Ölçü Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı	Tutarı	
04.008/2C	Portland çimentosu (Torbali) TS EN 197-1 CEM I 42.5 R)	TON	0,016	176,00	2,82	
04.001/052	63 mm'ye kadar kırmataş (en az iki tane sınıfı karıştırılarak hazırlanmış)	M3	0,028	24,00	0,67	
04.001/022	Kum (tuvenan agregadan elenmiş ve yıkanmış)	M3	0,012	16,00	0,19	
04.416/A001	Beyaz mermer	M2	1,43	34,50	49,34	
04.380/051	Çimento esaslı, standart performanslı derz dolgusu (ts en 13888 - cg1)	KG	0,5	0,90	0,45	
01.005	Mermer kaplama ustası	SA	2	10,85	21,70	
04.031	Su	M3	0,0204	5,60	0,11	
01.501	Düz işçi (inşaat işçisi)	SA	2,64	7,95	20,99	
Karsız Toplam					96,28	
%25 Kar ve Genel Giderler					24,07	
Toplam Tutar					120,35	
Tarifi: Şartnamesine uygun yapılmış tesviye betonu yüzünün temizlenmesi, ıslatılması, 4 cm kalınlığında 400 kg çimento dozlu harç ile bir altlık yapılması, bunun üzerine aralıkları 2 mm olmak üzere honlu veya cilalı mermer levhaların projesindeki şekil ve taksimata göre tesviyesinde döşenmesi, derzlerin ve bütün yüzeylerin çimento esaslı derz macunu ile sıvanması, döşeme yüzündeki, macunun yarım saat sonra temizlenmesi, silinmesi ve bu işlerin yapılmasında gerekli her türlü işçilik, malzeme ve zayıtı, işyerinde yükleme-boşaltma, yatay-düşey taşıma, müteahhit genel giderleri ve kârı dâhil, (tesviye betonu hariç) 1 m2 fiyatı:						
ÖLÇÜ: Kaplama yapılan yüzeyler projesi üzerinden hesaplanır.						

EK 1 (Devam): Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Birim Fiyat Analizleri

Analiz Format No: 1	İNŞAAT İŞ KALEMLERİ BİRİM FİYAT ANALİZLERİ					
İş Kalemi /İş Grubu No: Y.26.020/051A	Analizin Adı: 3 cm kalınlığında beyaz mermer levha ile parapet yapılması (3cmx30-40-50cmxserbest boy) (honlu veya cilalı)				Ölçü Birimi: M2	
Poz No:	GİRDİLER	Ölçü Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı	Tutarı	
04.008/2C	Portland çimentosu (Torbalı) TS EN 197-1 CEM I 42.5 R)	TON	0,02	176,00	3,52	
04.001/052	63 mm'ye kadar kırmataş (en az iki tane sınıfı karıştırılarak hazırlanmış)	M3	0,035	24,00	0,84	
04.001/022	Kum (tuvenan agregadan elenmiş ve yıkanmış)	M3	0,015	16,00	0,24	
04.416/A001	Beyaz mermer	M2	1,27	34,50	43,82	
01.005	Mermer kaplama ustası	SA	5	10,85	54,25	
04.031	Su	M3	0,023	5,60	0,13	
01.501	Düz işçi (inşaat işçisi)	SA	4,175	7,95	33,19	
Karsız Toplam					136,00	
%25 Kar ve Genel Giderler					34,00	
Toplam Tutar					170,00	
Tarifi:						
Şartnamesine uygun yapılmış mevcut yüzeylerinin temizlenmesi, ıslatılması, 400 kg çimento dozlu harçla bir altlık yapılması, bunun üzerine meyil ve damlalıklı olarak yekpare şekilde hazırlanmış 3 cm kalınlığında honlu veya cilalı mermer levhadan yapılmış parapetin yerine kaplanması, temizlenmesi, silinmesi ve bu işlerin yapılmasında gerekli her türlü işçilik, malzeme ve zayiati, işyerinde yükleme-boşaltma, yatay-düşey taşıma, müteahhit genel giderleri ve kârı dâhil, 1 m2 fiyatı:						
ÖLÇÜ: Kaplama yapılan yüzeyler projesi üzerinden hesaplanır.						

EK 1 (Devam): Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Birim Fiyat Analizleri

Analiz Format No: 1	İNŞAAT İŞ KALEMLERİ BİRİM FİYAT ANALİZLERİ					
İş Kalemi /İş Grubu No: Y.26.020/103A	Analizin Adı: 4 cm kalınlığında açık renkli traverten levha ile döşeme kaplaması yapılması (4cmx30-40-50cmxserbest boy) (honlu veya cilalı)				Ölçü Birimi: M2	
Poz No:	GİRDİLER	Ölçü Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı	Tutarı	
04.416/E001	Açık renkli traverten honlu veya cilalı	M2	1,43	45,00	64,35	
04.008/2C	Portland çimentosu (Torbali) TS EN 197-1 CEM I 42.5 R)	TON	0,016	176,00	2,82	
04.001/052	63 mm'ye kadar kırmataş (en az iki tane sınıfı karıştırılarak hazırlanmış)	M3	0,028	24,00	0,67	
04.001/022	Kum (tuvenan agregadan elenmiş ve yıkanmış)	M3	0,012	16,00	0,19	
04.380/051	Çimento esaslı, standart performanslı derz dolgusu (ts en 13888 - cg1)	KG	0,5	0,90	0,45	
01.005	Mermer kaplama ustası	SA	2	10,85	21,70	
04.031	Su	M3	0,0204	5,60	0,11	
01.501	Düz işçi (inşaat işçisi)	SA	2,64	7,95	20,99	
Karsız Toplam					111,29	
%25 Kar ve Genel Giderler					27,82	
Toplam Tutar					139,11	
Tarifi: Şartnamesine uygun yapılmış tesviye betonu yüzünün temizlenmesi, ıslatılması, 4 cm kalınlığında 400 kg çimento dozlu harç ile bir altlık yapılması, bunun üzerine aralıkları 2 mm olmak üzere honlu veya cilalı açık renkli traverten levhaların projesindeki şekil ve taksimata göre tesviyesinde döşenmesi, derzlerin ve bütün yüzeylerin çimento esaslı derz macunu ile sıvanması, döşeme yüzündeki, macunun yarım saat sonra temizlenmesi, silinmesi ve bu işlerin yapılmasında gerekli her türlü işçilik, malzeme ve zayıtı, işyerinde yükleme-boşaltma, yatay-düşey taşıma, müteahhit genel giderleri ve kârı dâhil, (tesviye betonu hariç) 1 m2 fiyatı:						
ÖLÇÜ: Kaplama yapılan yüzeyler projesi üzerinden hesaplanır.						

EK 1 (Devam): Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Birim Fiyat Analizleri

Analiz Format No: 1	İNŞAAT İŞ KALEMLERİ BİRİM FİYAT ANALİZLERİ					
İş Kalemi /İş Grubu No: Y.26.020/151A	Analizin Adı: 3 cm kalınlığında açık renkli traverten levha ile parapet yapılması (3cmx30-40-50cmxserbest boy) (honlu veya cilalı)					Ölçü Birimi: M2
Poz No:	GİRDİLER	Ölçü Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı	Tutarı	
04.416/E001	Açık renkli traverten honlu veya cilalı	M2	1,27	45,00	57,15	
04.008/2C	Portland çimentosu (Torbali) TS EN 197-1 CEM I 42.5 R)	TON	0,02	176,00	3,52	
04.001/052	63 mm'ye kadar kırmataş (en az iki tane sınıfı karıştırılarak hazırlanmış)	M3	0,035	24,00	0,84	
04.001/022	Kum (tuvenan agregadan elenmiş ve yıkanmış)	M3	0,015	16,00	0,24	
01.005	Mermer kaplama ustası	SA	5	10,85	54,25	
04.031	Su	M3	0,023	5,60	0,13	
01.501	Düz işçi (inşaat işçisi)	SA	4,175	7,95	33,19	
Karsız Toplam					149,33	
%25 Kar ve Genel Giderler					37,33	
Toplam Tutar					186,66	
Tarifi:						
Şartnamesine uygun yapılmış mevcut yüzeylerinin temizlenmesi, ıslatılması, 400 kg çimento dozlu harçla bir altlık yapılması, bunun üzerine meyil ve damlalıklı olarak yekpare şekilde hazırlanmış 3 cm kalınlığında honlu veya cilalı açık renkli traverten levhadan yapılmış parapetin yerine kaplanması, temizlenmesi, silinmesi ve bu işlerin yapılmasında gerekli her türlü işçilik, malzeme ve zayıtı, işyerinde yükleme-boşaltma, yatay-düşey taşıma, müteahhit genel giderleri ve kârı dâhil, 1 m2 fiyatı:						
ÖLÇÜ: Kaplama yapılan yüzeyler projesi üzerinden hesaplanır.						

EK 1 (Devam): Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Birim Fiyat Analizleri

Analiz Format No: 1	İNŞAAT İŞ KALEMLERİ BİRİM FİYAT ANALİZLERİ					
İş Kalemi /İş Grubu No: Y.27.581	Analizin Adı: 200 kg çimento dozlu tesviye tabakası yapılması				Ölçü Birimi: M2	
Poz No:	GİRDİLER	Ölçü Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı	Tutarı	
04.008/2C	Portland çimentosu (Torbali) TS EN 197-1 CEM I 42.5 R)	TON	0,007	176,00	1,23	
04.001/022	Kum (tuvenan agregadan elenmiş ve yıkanmış)	M3	0,035	16,00	0,56	
01.012	Sıvacı ustası	SA	0,3	10,85	3,26	
04.031	Su	M3	0,01455	5,60	0,08	
01.501	Düz işçi (inşaat işçisi)	SA	0,6725	7,95	5,35	
Karsız Toplam					10,49	
%25 Kar ve Genel Giderler					2,62	
Toplam Tutar					13,11	
Tarifi: Proje ve detay projesine göre, tesviye tabakası yapılacak yerin temizlenmesi, yıkanması, 1 m3 dişli kuma 200 kg çimento katılarak elde edilen harçla ortalama 3 cm kalınlığında masterında sıkıştırılarak tesviye tabakası yapılması, gerektiğinde sulanması, harç ve benzeri artıklardan temizlenmesi için gerekli her türlü malzeme ve zayıyatı, işçilik, inşaat yerindeki yükleme, yatay ve düşey taşıma, boşaltma, müteahhit genel giderleri ve kârı dâhil, 1 m2 fiyatı:						
ÖLÇÜ: Tesviye yapılan yerin alanı projesi üzerinden hesaplanır.						

EK 2: Örnek Proje için Risk Seviyelerine Göre Proje Süre Maliyet Tabloları

Uygulama projesinin $\alpha=0,4$ risk seviyesi için bulanık maliyet

No	Faaliyet	HÖF	Opsiyon No.	α	a'	b'	c'	+	X2	X3	A1	A2	A3	Maliyet farkı	$\alpha=0,4$ süre	$\alpha=0,4$ Maliyet
1	Şantiye Hazırlıkları	-	1	0,4	1000	2080	4620	667	3310	6313	200	1848	416	3603	14	24103
			2		720	1280	3000	480	2220	4147	144	1200	256	2372	20	18572
			3		200	600	1200	133	800	1600	40	480	120	908	24	12408
2	Kalıp ve Demir	1	1		52	232	426	35	265	555	10	170	46	314	15	3184
			2		56	200	384	37	248	507	11	154	40	287	18	2547
			3		120	140	390	80	315	557	24	156	28	320	20	1820
			4		48	280	492	32	294	633	10	197	56	357	30	1437
			5		40	48	132	27	106	188	8	53	10	108	60	608
3	Kazı	1	1		120	180	450	80	345	630	24	180	36	361	15	4561
			2		100	200	450	67	325	617	20	180	40	352	22	4102
			3		120	220	510	80	375	703	24	204	44	402	33	3302
4	Prekast Beton Kirişler	1	1		600	1540	3210	400	2205	4323	120	1284	308	2460	12	45960
			2		552	1560	3168	368	2136	4240	110	1267	312	2409	16	36029
			3		600	1800	3600	400	2400	4800	120	1440	360	2725	20	31225
5	Temel Betonunu ve Köprü Ayakları	2	1		760	1400	3240	507	2380	4467	152	1296	280	2553	22	20653
			2		920	1400	3480	613	2660	4867	184	1392	280	2790	24	17990
			3		520	1400	2880	347	1960	3867	104	1152	280	2198	28	15898
			4		500	720	1830	333	1415	2570	100	732	144	1475	30	10225
6	Prekast Kirişlerin sahaya ulaşması	4	1		600	3800	6600	400	3900	8467	120	2640	760	4767	14	43267
			2		700	1680	3570	467	2485	4830	140	1428	336	2750	18	33000
			3		480	1220	2550	320	1755	3437	96	1020	244	1955	24	18755
7	Kirişlerin Montajı	6	1	640	1800	3660	427	2470	4900	128	1464	360	2784	9	31184	
			2	720	1120	2760	480	2100	3853	144	1104	224	2208	15	24408	
			3	400	500	1350	267	1075	1917	80	540	100	1102	18	22102	

EK 2 (Devam) : Örnek Proje için Risk Seviyelerine Göre Proje Süre Maliyet Tabloları

Uygulama projesinin $\alpha=0,8$ risk seviyesi için bulanık maliyet.

No	Faaliyet	HÖF	Opsiyon No.	α	a'	b'	c'	X1	X2	X3	A1	A2	A3	Maliyet farkı	$\alpha=0,8$ süre	$\alpha=0,8$ Maliyet
1	Şantiye Hazırlıkları	-	1	0,8	2000	4160	1540	1333	2770	4927	800	1232	1664	3430	14	23930
			2		1440	2560	1000	960	1940	3293	576	800	1024	2282	20	18482
			3		400	1200	400	267	600	1200	160	320	480	844	24	12344
2	Kalıp ve Demir	1	1		104	464	142	69	175	401	42	114	186	285	15	3155
			2		112	400	128	75	176	373	45	102	160	264	18	2524
			3		240	280	130	160	305	463	96	104	112	317	20	1817
			4		96	560	164	64	178	447	38	131	224	320	30	1400
			5		80	96	44	53	102	156	32	35	38	107	60	607
3	Kazı	1	1		240	360	150	160	315	510	96	120	144	352	15	4552
			2		200	400	150	133	275	483	80	120	160	336	22	4086
			3		240	440	170	160	325	557	96	136	176	386	33	3286
4	Prekast Beton Kirişler	1	1		1200	3080	1070	800	1735	3297	480	856	1232	2309	12	45809
			2		1104	3120	1056	736	1632	3200	442	845	1248	2248	16	35868
			3		1200	3600	1200	800	1800	3600	480	960	1440	2533	20	31033
5	Temel Betonlu ve Köprü Ayakları	2	1		1520	2800	1080	1013	2060	3533	608	864	1120	2451	22	20551
			2	1840	2800	1160	1227	2420	3933	736	928	1120	2713	24	17913	
			3	1040	2800	960	693	1520	2933	416	768	1120	2058	28	15758	
			4	1000	1440	610	667	1305	2090	400	488	576	1439	30	10189	
6	Prekast Kirişlerin sahaya ulaşması	4	1	1200	7600	2200	800	2300	5933	480	1760	3040	4256	14	42756	
			2	1400	3360	1190	933	1995	3710	560	952	1344	2594	18	32844	
			3	960	2440	850	640	1385	2623	384	680	976	1837	24	18637	
7	Kirişlerin Montajı	6	1	1280	3600	1220	853	1890	3700	512	976	1440	2599	9	30999	
			2	1440	2240	920	960	1900	3107	576	736	896	2144	15	24344	
			3	800	1000	450	533	1025	1583	320	360	400	1086	18	22086	

EK 2 (Devam) : Örnek Proje için Risk Seviyelerine Göre Proje Süre Maliyet Tabloları

Uygulama projesinin $\alpha=0$ değeri için GA pareto çözümleri.

α	Süre (gün)	Maliyet (\$)	Her faaliyet için seçilmiş ilgili Opsiyonlar						
			1	2	3	4	5	6	7
0	60	164630	3	1	1	3	4	3	3
	62	162130	1	1	1	1	1	3	1
	63	152180	1	1	1	1	2	3	1
	65	151500	1	1	1	1	2	3	1
	66	149680	1	1	1	2	2	3	1
	67	145280	3	2	1	3	4	3	3
	68	138580	1	1	1	2	3	3	1
	71	137900	1	1	1	3	3	3	1
	73	137150	1	1	1	3	3	3	1
	74	130880	3	2	1	3	4	3	3
	77	127330	3	3	1	3	4	3	3
	78	123880	1	3	1	3	4	3	1
	81	123200	3	3	2	3	4	3	3
	83	120330	3	4	2	3	4	3	3
	84	116180	1	1	1	3	4	3	3
	87	112630	1	1	1	3	4	3	3
	90	111950	3	1	1	3	4	3	1
	92	111200	3	2	1	3	4	3	1
	94	110750	3	2	1	3	4	3	1
	102	110500	2	1	1	3	4	3	3
105	109750	3	5	3	3	4	3	3	
132	108570	3	1	1	3	4	3	2	

EK 2 (Devam) : Örnek Proje için Risk Seviyelerine Göre Proje Süre Maliyet Tabloları

Uygulama projesinin $\alpha=0,4$ değerleri için GA pareto çözümleri.

α	Süre (gün)	Maliyet (\$)	Her faaliyet için seçilmiş ilgili Opsiyonlar						
			1	2	3	4	5	6	7
0,4	60	148400	1	1	1	1	1	3	1
	61	147910	1	1	1	3	1	2	1
	62	145247	1	1	1	3	2	2	1
	63	135806	1	1	1	2	2	3	1
	65	135169	1	2	1	2	2	3	1
	66	133714	1	1	1	2	3	3	1
	67	128910	1	1	1	3	3	3	1
	68	123237	1	1	1	3	4	3	1
	71	122600	1	2	1	3	4	3	1
	73	121873	1	3	1	3	4	3	1
	74	116461	1	1	1	3	4	3	2
	77	115824	1	2	1	3	4	3	2
	78	111542	3	1	1	3	4	3	1
	81	110905	3	2	1	3	4	3	1
	83	108624	2	1	1	3	4	3	3
	84	104766	3	1	1	3	4	3	2
	87	102460	3	1	1	3	4	3	3
	90	101823	3	2	1	3	4	3	3
	92	101096	3	3	1	3	4	3	3
	94	100637	3	3	2	3	4	3	3
102	100254	3	4	2	3	4	3	3	
105	99454	3	4	3	3	4	3	3	
132	98625	3	5	3	3	4	3	3	

EK 2 (Devam) : Örnek Proje için Risk Seviyelerine Göre Proje Süre Maliyet Tabloları

Uygulama projesinin $\alpha=0,8$ değerleri için GA pareto çözümleri.

α	Süre (gün)	Maliyet (\$)	Her faaliyet için seçilmiş ilgili Opsiyonlar						
			1	2	3	4	5	6	7
0,8	60	151899	1	1	1	2	1	2	1
	61	147064	1	1	1	3	1	2	1
	62	144426	1	1	1	3	2	2	1
	63	135054	1	1	1	2	2	3	1
	66	132899	1	1	1	2	3	3	1
	67	128064	1	1	1	3	3	3	1
	68	122495	1	1	1	3	4	3	1
	71	121864	1	2	1	3	4	3	1
	73	121157	1	3	1	3	4	3	1
	74	115840	1	1	1	3	4	3	2
	77	115209	1	2	1	3	4	3	2
	78	110909	3	1	1	3	4	3	1
	80	110392	2	1	1	3	4	3	2
	83	109571	3	3	1	3	4	3	1
	84	104254	3	1	1	3	4	3	2
	87	103623	3	2	1	3	4	3	2
	89	102916	3	3	1	3	4	3	2
	90	101365	3	2	1	3	4	3	3
	92	100658	3	3	1	3	4	3	3
	94	100192	3	3	2	3	4	3	3
102	99775	3	4	2	3	4	3	3	
105	98975	3	4	3	3	4	3	3	
132	98182	3	5	3	3	4	3	3	

EK 2 (Devam) : Örnek Proje için Risk Seviyelerine Göre Proje Süre Maliyet Tabloları

Uygulama projesinin $\alpha=1$ değerleri için GA pareto çözümleri.

α	Süre (gün)	Maliyet (\$)	Her faaliyet için seçilmiş ilgili Opsiyonlar						
			1	2	3	4	5	6	7
1	60	147500	1	1	1	2	1	2	1
	61	142500	1	1	1	3	1	2	1
	62	140000	1	1	1	3	2	2	1
	63	131000	1	1	1	2	2	3	1
	65	130400	1	2	1	2	2	3	1
	66	128500	1	1	1	2	3	3	1
	67	123500	1	1	1	3	3	3	1
	68	118500	1	1	1	3	4	3	1
	71	117900	1	2	1	3	4	3	1
	73	117300	1	3	1	3	4	3	1
	74	112500	1	1	1	3	4	3	2
	77	111900	1	2	1	3	4	3	2
	78	107500	3	1	1	3	4	3	1
	78	107500	3	1	1	3	4	3	1
	81	106900	3	2	1	3	4	3	1
	83	105500	2	1	1	3	4	3	3
	84	101500	3	1	1	3	4	3	2
	87	99500	3	1	1	3	4	3	3
	90	98900	3	2	1	3	4	3	3
	94	98400	3	2	2	3	4	3	3
105	97600	3	2	3	3	4	3	3	

EK 3: Risk Seviyelerine Göre Proje Süre Maliyet Tabloları

Alfa=1,00 Sonuçlar-Proje Süresi ve Faaliyet Opsiyonları													
Proje Süresi (gün)	R-Süre (gün)	Proje Maliyeti	Faaliyet Opsiyonları										
			1 (A)	2 (B)	3 (C)	4 (D)	5 (E)	6 (F)	7 (G)	8 (H)	9 (I)	10 (J)	11 (K)
52	52	564.092,00 TL	2	3	3	11	2	5	2	2	8	5	4
53	53	445.034,00 TL	2	3	3	11	2	5	2	2	2	5	6
54	54	444.224,00 TL	2	3	3	10	2	5	1	2	2	5	6
56	56	443.013,00 TL	2	3	3	10	2	5	2	2	2	6	6
57	57	439.266,00 TL	2	3	3	10	2	8	2	2	2	5	6
58	58	439.245,00 TL	2	3	3	10	2	8	1	2	2	5	6
59	59	437.535,00 TL	2	3	2	12	2	8	2	2	2	5	6
61	61	436.034,00 TL	2	3	3	12	2	8	2	2	2	4	6
62	62	435.234,00 TL	2	3	3	12	2	8	2	2	2	6	6
63	63	435.213,00 TL	2	3	3	12	2	8	1	2	2	6	6
65	65	434.713,00 TL	2	3	3	12	2	8	3	2	2	6	6
66	66	434.425,00 TL	2	3	3	12	2	8	2	2	1	6	6
67	67	434.025,00 TL	2	3	3	12	3	8	2	2	2	6	6
68	68	434.004,00 TL	2	3	3	12	3	8	1	2	2	6	6
69	69	433.365,00 TL	3	3	3	12	2	8	1	2	2	4	6
70	70	432.586,00 TL	3	3	3	12	2	8	2	2	2	6	6
71	71	432.565,00 TL	3	3	3	12	2	8	1	2	2	6	6
72	72	432.425,00 TL	2	3	3	12	2	8	2	2	3	4	6
73	73	431.625,00 TL	2	3	3	12	2	8	2	2	3	6	6
74	74	430.990,00 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	2	5	6
75	75	430.558,00 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	2	4	6
77	77	429.758,00 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	2	6	6
78	78	429.737,00 TL	2	3	3	12	2	8	1	3	2	6	6
80	80	429.237,00 TL	2	3	3	12	2	8	3	3	2	6	6
81	81	428.949,00 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	1	6	6
82	82	428.342,00 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	2	5	6
83	83	427.910,00 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	2	4	6
85	85	427.110,00 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	2	6	6
86	86	426.949,00 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	3	4	6
88	88	426.149,00 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	3	6	6
89	89	426.128,00 TL	2	3	3	12	2	8	1	3	3	6	6
90	90	425.901,00 TL	3	3	3	12	3	8	2	3	2	6	6
91	91	425.628,00 TL	2	3	3	12	2	8	3	3	3	6	6
93	93	424.733,00 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	3	5	6
94	94	424.301,00 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	3	4	6
95	95	424.280,00 TL	3	3	3	12	2	8	1	3	3	4	6
96	96	423.501,00 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	3	6	6
97	97	423.480,00 TL	3	3	3	12	2	8	1	3	3	6	6
99	99	422.980,00 TL	3	3	3	12	2	8	3	3	3	6	6
101	101	422.292,00 TL	3	3	3	12	3	8	2	3	3	6	6
102	102	422.271,00 TL	3	3	3	12	3	8	1	3	3	6	6
104	104	421.771,00 TL	3	3	3	12	3	8	3	3	3	6	6
105	105	421.452,00 TL	3	3	3	12	2	9	2	3	3	4	6
107	107	420.652,00 TL	3	3	3	12	2	9	2	3	3	6	6
108	108	420.631,00 TL	3	3	3	12	2	9	1	3	3	6	6
110	110	420.131,00 TL	3	3	3	12	2	9	3	3	3	6	6
112	112	419.443,00 TL	3	3	3	12	3	9	2	3	3	6	6
113	113	419.422,00 TL	3	3	3	12	3	9	1	3	3	6	6
115	115	418.922,00 TL	3	3	3	12	3	9	3	3	3	6	6

EK 3: (Devam): Risk Seviyelerine Göre Proje Süre Maliyet Tabloları

Alfa=0,20 İyimser Sonuçlar-Proje Süresi ve Faaliyet Opsiyonları

Proje Süresi (gün)	R-Süre (gün)	Proje Maliyeti	Faaliyet Opsiyonları										
			1 (A)	2 (B)	3 (C)	4 (D)	5 (E)	6 (F)	7 (G)	8 (H)	9 (I)	10 (J)	11 (K)
44,64	45	485.374,68 TL	2	3	3	11	2	5	2	2	5	5	3
45,48	46	373.776,48 TL	2	3	3	10	2	5	2	2	2	5	3
46,32	47	373.413,60 TL	2	3	3	10	2	5	2	2	2	4	3
46,68	47	373.188,48 TL	2	1	3	12	2	5	2	2	2	5	3
48	48	372.741,60 TL	2	3	3	10	2	5	2	2	2	6	3
48,72	49	371.959,56 TL	2	3	2	12	2	5	2	2	2	4	3
48,84	49	368.983,44 TL	2	3	3	10	2	8	2	2	2	5	6
49,68	50	368.620,56 TL	2	3	3	10	2	8	2	2	2	4	6
50,04	51	367.529,40 TL	2	3	2	12	2	8	2	2	2	5	6
50,88	51	367.166,52 TL	2	3	2	12	2	8	2	2	2	4	6
51,24	52	366.268,56 TL	2	3	3	12	2	8	2	2	2	4	6
52,56	53	365.596,56 TL	2	3	3	12	2	8	2	2	2	6	6
52,56	53	366.193,80 TL	2	3	3	12	2	8	3	2	2	5	6
53,4	54	365.578,92 TL	2	3	3	12	2	8	1	2	2	6	6
55,08	56	365.052,24 TL	1	3	3	12	2	8	2	2	2	6	6
55,92	56	364.917,00 TL	2	3	3	12	2	8	2	2	1	6	6
56,76	57	364.581,00 TL	2	3	3	12	3	8	2	2	2	6	6
57,96	58	364.044,24 TL	3	3	3	12	2	8	2	2	2	4	6
58,44	59	364.026,60 TL	3	3	3	12	2	8	1	2	2	4	6
59,28	60	363.372,24 TL	3	3	3	12	2	8	2	2	2	6	6
60,12	61	363.354,60 TL	3	3	3	12	2	8	1	2	2	6	6
60,48	61	363.237,00 TL	2	3	3	12	2	8	2	2	3	4	6
61,8	62	362.565,00 TL	2	3	3	12	2	8	2	2	3	6	6
61,8	62	363.162,24 TL	2	3	3	12	2	8	3	2	3	5	6
62,64	63	362.547,36 TL	2	3	3	12	2	8	1	2	3	6	6
63,12	64	362.031,60 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	2	5	6
63,96	64	361.668,72 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	2	4	6
65,64	66	360.996,72 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	2	6	6
65,64	66	361.593,96 TL	2	3	3	12	2	8	3	3	2	5	6
66,48	67	360.979,08 TL	2	3	3	12	2	8	1	3	2	6	6
68,16	69	360.452,40 TL	1	3	3	12	2	8	2	3	2	6	6
68,52	69	360.340,68 TL	3	3	3	12	2	8	2	2	3	6	6
69,36	70	360.323,04 TL	3	3	3	12	2	8	1	2	3	6	6
69,84	70	359.807,28 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	2	5	6
70,68	71	359.444,40 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	2	4	6
71,52	72	359.426,76 TL	3	3	3	12	2	8	1	3	2	4	6
72,36	73	358.772,40 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	2	6	6
72,36	73	359.000,04 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	3	5	6
73,2	74	358.637,16 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	3	4	6
74,04	75	358.619,52 TL	2	3	3	12	2	8	1	3	3	4	6
74,88	75	357.965,16 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	3	6	6
74,88	75	358.562,40 TL	2	3	3	12	2	8	3	3	3	5	6
75,72	76	357.947,52 TL	2	3	3	12	2	8	1	3	3	6	6
76,56	77	357.756,84 TL	3	3	3	12	3	8	2	3	2	6	6
77,4	78	357.420,84 TL	1	3	3	12	2	8	2	3	3	6	6
79,08	80	356.775,72 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	3	5	6
79,92	80	356.412,84 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	3	4	6
80,76	81	356.395,20 TL	3	3	3	12	2	8	1	3	3	4	6
81,6	82	355.740,84 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	3	6	6
82,44	83	355.723,20 TL	3	3	3	12	2	8	1	3	3	6	6
84,12	85	355.303,20 TL	3	3	3	12	2	8	3	3	3	6	6
85,8	86	354.725,28 TL	3	3	3	12	3	8	2	3	3	6	6
86,64	87	354.707,64 TL	3	3	3	12	3	8	1	3	3	6	6
88,32	89	354.287,64 TL	3	3	3	12	3	8	3	3	3	6	6
89,16	90	354.019,68 TL	3	3	3	12	2	9	2	3	3	4	6
90	90	354.002,04 TL	3	3	3	12	2	9	1	3	3	4	6
90,84	91	353.347,68 TL	3	3	3	12	2	9	2	3	3	6	6
91,68	92	353.330,04 TL	3	3	3	12	2	9	1	3	3	6	6
93,36	94	352.910,04 TL	3	3	3	12	2	9	3	3	3	6	6
95,04	96	352.332,12 TL	3	3	3	12	3	9	2	3	3	6	6
95,88	96	352.314,48 TL	3	3	3	12	3	9	1	3	3	6	6
97,56	98	351.894,48 TL	3	3	3	12	3	9	3	3	3	6	6

EK 3: (Devam): Risk Seviyelerine Göre Proje Süre Maliyet Tabloları

Alfa=0,40 İyimser Sonuçlar-Proje Süresi ve Faaliyet Opsiyonları													
Proje Süresi (gün)	R-Süre (gün)	Proje Maliyeti	Faaliyet Opsiyonları										
			1 (A)	2 (B)	3 (C)	4 (D)	5 (E)	6 (F)	7 (G)	8 (H)	9 (I)	10 (J)	11 (K)
46,48	47	500.435,76 TL	2	3	3	11	2	5	2	2	8	8	2
46,64	47	499.741,44 TL	2	3	3	10	2	5	2	2	8	8	2
47,36	48	392.269,68 TL	2	3	3	11	2	5	2	2	2	5	3
47,52	48	391.575,36 TL	2	3	3	10	2	5	2	2	2	5	3
48,24	49	391.195,20 TL	2	3	3	10	2	5	2	2	2	4	3
48,24	49	391.556,88 TL	2	3	3	10	2	5	1	2	2	5	3
50	50	390.491,20 TL	2	3	3	10	2	5	2	2	2	6	3
50,88	51	387.193,84 TL	2	3	3	10	2	8	2	2	2	5	3
50,88	51	390.472,72 TL	2	3	3	10	2	5	1	2	2	6	3
52,28	53	386.634,16 TL	2	3	4	12	2	8	2	2	2	5	3
53,52	54	386.109,68 TL	2	3	3	10	2	8	2	2	2	6	3
53,68	54	384.729,84 TL	2	3	3	12	2	8	2	2	2	5	3
54,92	55	383.645,68 TL	2	3	3	12	2	8	2	2	2	6	3
57,56	58	383.187,20 TL	2	3	3	12	2	8	3	2	2	6	3
58,8	59	382.698,80 TL	2	3	3	12	2	8	2	1	2	6	3
59,32	60	382.581,76 TL	2	3	3	12	3	8	2	2	2	6	3
60,72	61	382.399,60 TL	3	3	3	12	2	8	2	2	2	5	3
61,44	62	382.240,32 TL	2	3	3	12	2	8	3	1	2	6	3
61,96	62	381.315,44 TL	3	3	3	12	2	8	2	2	2	6	3
62,84	63	381.296,96 TL	3	3	3	12	2	8	1	2	2	6	3
64,6	65	380.856,96 TL	3	3	3	12	2	8	3	2	2	6	3
64,6	65	380.469,76 TL	2	3	3	12	2	8	2	2	3	6	3
65,48	66	380.451,28 TL	2	3	3	12	2	8	1	2	3	6	3
65,84	66	379.910,96 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	2	5	3
68,48	69	378.826,80 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	2	6	3
70,24	71	378.818,88 TL	2	3	3	12	1	8	2	3	2	6	3
71,12	72	378.368,32 TL	2	3	3	12	2	8	3	3	2	6	3
71,64	72	378.139,52 TL	3	3	3	12	2	8	2	2	3	6	3
72,52	73	378.121,04 TL	3	3	3	12	2	8	1	2	3	6	3
72,88	73	377.580,72 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	2	5	3
75,52	76	376.496,56 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	2	6	3
77,28	78	376.488,64 TL	3	3	3	12	1	8	2	3	2	6	3
78,16	79	375.650,88 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	3	6	3
78,16	79	376.038,08 TL	3	3	3	12	2	8	3	3	2	6	3
79,92	80	375.432,64 TL	3	3	3	12	3	8	2	3	2	6	3
80,8	81	375.192,40 TL	2	3	3	12	2	8	3	3	3	6	3
82,56	83	374.404,80 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	3	5	3
85,2	86	373.320,64 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	3	6	3
86,08	87	373.302,16 TL	3	3	3	12	2	8	1	3	3	6	3
87,84	88	372.862,16 TL	3	3	3	12	2	8	3	3	3	6	3
89,6	90	372.256,72 TL	3	3	3	12	3	8	2	3	3	6	3
92,24	93	371.798,24 TL	3	3	3	12	3	8	3	3	3	6	3
94,88	95	371.621,36 TL	2	3	3	12	3	9	3	3	3	6	3
95,76	96	371.491,12 TL	3	3	3	12	3	7	3	3	3	6	3
97,52	98	370.355,04 TL	3	3	3	12	2	9	3	3	3	6	3
101,92	102	369.291,12 TL	3	3	3	12	3	9	3	3	3	6	3

EK 3: (Devam): Risk Seviyelerine Göre Proje Süre Maliyet Tabloları

Alfa=0,50 İyimsiz Sonuçlar-Proje Süresi ve Faaliyet Opsiyonları

Proje Süresi (gün)	R-Süre (gün)	Proje Maliyeti	Faaliyet Opsiyonları										
			1 (A)	2 (B)	3 (C)	4 (D)	5 (E)	6 (F)	7 (G)	8 (H)	9 (I)	10 (J)	11 (K)
47,4	48	508.134,60 TL	2	3	4	10	2	5	2	2	8	5	3
47,7	48	506.972,70 TL	2	3	3	10	2	5	2	2	8	5	4
48,3	49	400.530,60 TL	2	3	3	11	2	5	2	2	2	5	6
48,6	49	399.820,50 TL	2	3	3	10	2	5	2	2	2	5	6
49,8	50	399.701,70 TL	2	2	3	12	2	5	2	2	2	5	6
50,7	51	399.312,90 TL	2	2	3	12	2	5	2	2	2	4	6
51	51	398.711,70 TL	2	3	3	10	2	5	2	2	2	6	6
51,9	52	395.339,40 TL	2	3	3	10	2	8	2	2	2	5	6
52,8	53	394.950,60 TL	2	3	3	10	2	8	2	2	2	4	6
53,4	54	393.781,50 TL	2	3	2	12	2	8	2	2	2	5	6
54,3	55	393.762,60 TL	2	3	2	12	2	8	1	2	2	5	6
54,9	55	392.430,60 TL	2	3	3	12	2	8	2	2	2	4	6
55,2	56	392.411,70 TL	2	3	3	12	2	8	1	2	2	4	6
56,1	57	391.710,60 TL	2	3	3	12	2	8	2	2	2	6	6
57	57	391.691,70 TL	2	3	3	12	2	8	1	2	2	6	6
58,8	59	391.127,40 TL	1	3	3	12	2	8	2	2	2	6	6
59,7	60	390.982,50 TL	2	3	3	12	2	8	2	2	1	6	6
60,6	61	390.622,50 TL	2	3	3	12	3	8	2	2	2	6	6
61,5	62	390.603,60 TL	2	3	3	12	3	8	1	2	2	6	6
62,1	63	390.047,40 TL	3	3	3	12	2	8	2	2	2	4	6
62,4	63	390.028,50 TL	3	3	3	12	2	8	1	2	2	4	6
63,3	64	389.327,40 TL	3	3	3	12	2	8	2	2	2	6	6
64,2	65	389.308,50 TL	3	3	3	12	2	8	1	2	2	6	6
64,8	65	389.182,50 TL	2	3	3	12	2	8	2	2	3	4	6
65,1	66	389.163,60 TL	2	3	3	12	2	8	1	2	3	4	6
66	66	388.462,50 TL	2	3	3	12	2	8	2	2	3	6	6
66,9	67	388.443,60 TL	2	3	3	12	2	8	1	2	3	6	6
67,2	68	387.891,00 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	2	5	6
68,1	69	387.502,20 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	2	4	6
68,1	69	387.872,10 TL	2	3	3	12	2	8	1	3	2	5	6
69	69	387.483,30 TL	2	3	3	12	2	8	1	3	2	4	6
69,9	70	386.782,20 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	2	6	6
70,8	71	386.763,30 TL	2	3	3	12	2	8	1	3	2	6	6
72,6	73	386.313,30 TL	2	3	3	12	2	8	3	3	2	6	6
72,6	73	386.199,00 TL	1	3	3	12	2	8	2	3	2	6	6
73,2	74	386.079,30 TL	3	3	3	12	2	8	2	2	3	6	6
73,5	74	386.054,10 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	1	6	6
74,4	75	385.507,80 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	2	5	6
75,3	76	385.119,00 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	2	4	6
76,2	77	385.100,10 TL	3	3	3	12	2	8	1	3	2	4	6
77,1	78	384.399,00 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	2	6	6
78	78	384.254,10 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	3	4	6
78,9	79	384.235,20 TL	2	3	3	12	2	8	1	3	3	4	6
79,8	80	383.534,10 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	3	6	6
79,8	80	384.218,10 TL	2	3	3	12	2	9	2	3	2	6	6
80,7	81	383.515,20 TL	2	3	3	12	2	8	1	3	3	6	6
81,6	82	383.310,90 TL	3	3	3	12	3	8	2	3	2	6	6
82,5	83	382.950,90 TL	1	3	3	12	2	8	2	3	3	6	6
84,3	85	382.259,70 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	3	5	6
84,3	85	382.943,70 TL	3	3	3	12	2	9	2	3	2	5	6
85,2	86	381.870,90 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	3	4	6
86,1	87	381.852,00 TL	3	3	3	12	2	8	1	3	3	4	6
87	87	381.150,90 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	3	6	6
87,9	88	381.132,00 TL	3	3	3	12	2	8	1	3	3	6	6
89,7	90	380.682,00 TL	3	3	3	12	2	8	3	3	3	6	6
89,7	90	380.970,00 TL	2	3	3	12	2	9	2	3	3	6	6
91,5	92	380.062,80 TL	3	3	3	12	3	8	2	3	3	6	6
92,4	93	380.043,90 TL	3	3	3	12	3	8	1	3	3	6	6
94,2	95	379.593,90 TL	3	3	3	12	3	8	3	3	3	6	6
94,2	95	379.695,60 TL	3	3	3	12	2	9	2	3	3	5	6
95,1	96	379.306,80 TL	3	3	3	12	2	9	2	3	3	4	6
96,9	97	378.586,80 TL	3	3	3	12	2	9	2	3	3	6	6
97,8	98	378.567,90 TL	3	3	3	12	2	9	1	3	3	6	6
99,6	100	378.117,90 TL	3	3	3	12	2	9	3	3	3	6	6

EK 3: (Devam): Risk Seviyelerine Göre Proje Süre Maliyet Tabloları**Alfa=0,50 İyimser Sonuçlar-Proje Süresi ve Faaliyet Opsiyonları**

Proje Süresi (gün)	R-Süre (gün)	Proje Maliyeti	Faaliyet Opsiyonları										
			1 (A)	2 (B)	3 (C)	4 (D)	5 (E)	6 (F)	7 (G)	8 (H)	9 (I)	10 (J)	11 (K)
101,4	102	377.498,70 TL	3	3	3	12	3	9	2	3	3	6	6
104,1	105	377.029,80 TL	3	3	3	12	3	9	3	3	3	6	6

EK 3: (Devam): Risk Seviyelerine Göre Proje Süre Maliyet Tabloları

Alfa=0,60 İyimsiz Sonuçlar-Proje Süresi ve Faaliyet Opsiyonları

Proje Süresi (gün)	R-Süre (gün)	Proje Maliyeti	Faaliyet Opsiyonları										
			1 (A)	2 (B)	3 (C)	4 (D)	5 (E)	6 (F)	7 (G)	8 (H)	9 (I)	10 (J)	11 (K)
48,32	49	518.161,48 TL	2	3	3	11	2	5	2	2	8	5	3
48,76	49	517.435,60 TL	2	3	3	10	2	5	2	2	8	5	3
49,24	50	409.431,28 TL	2	3	3	11	2	5	2	2	2	5	6
49,68	50	408.705,40 TL	2	3	3	10	2	5	2	2	2	5	6
50,16	51	408.307,96 TL	2	3	3	10	2	5	2	2	2	4	6
50,84	51	408.061,40 TL	2	1	3	12	2	5	2	2	2	5	6
52	52	407.571,96 TL	2	3	3	10	2	5	2	2	2	6	6
52,92	53	404.124,72 TL	2	3	3	10	2	8	2	2	2	5	6
53,84	54	403.727,28 TL	2	3	3	10	2	8	2	2	2	4	6
54,52	55	402.532,20 TL	2	3	2	12	2	8	2	2	2	5	6
55,44	56	402.134,76 TL	2	3	2	12	2	8	2	2	2	4	6
56,12	57	401.151,28 TL	2	3	3	12	2	8	2	2	2	4	6
56,36	57	401.131,96 TL	2	3	3	12	2	8	1	2	2	4	6
57,28	58	400.415,28 TL	2	3	3	12	2	8	2	2	2	6	6
58,2	59	400.395,96 TL	2	3	3	12	2	8	1	2	2	6	6
59,36	60	400.161,36 TL	2	3	3	12	2	8	2	1	2	4	6
60,04	61	399.819,12 TL	1	3	3	12	2	8	2	2	2	6	6
60,96	61	399.671,00 TL	2	3	3	12	2	8	2	2	1	6	6
60,96	61	399.799,80 TL	1	3	3	12	2	8	1	2	2	6	6
61,2	62	399.425,36 TL	2	3	3	12	2	8	2	1	2	6	6
61,88	62	399.303,00 TL	2	3	3	12	3	8	2	2	2	6	6
62,8	63	399.283,68 TL	2	3	3	12	3	8	1	2	2	6	6
63,48	64	398.715,12 TL	3	3	3	12	2	8	2	2	2	4	6
63,72	64	398.695,80 TL	3	3	3	12	2	8	1	2	2	4	6
64,64	65	397.979,12 TL	3	3	3	12	2	8	2	2	2	6	6
65,56	66	397.959,80 TL	3	3	3	12	2	8	1	2	2	6	6
66,24	67	397.831,00 TL	2	3	3	12	2	8	2	2	3	4	6
66,48	67	397.811,68 TL	2	3	3	12	2	8	1	2	3	4	6
66,72	67	397.725,20 TL	3	3	3	12	2	8	2	1	2	4	6
67,4	68	397.095,00 TL	2	3	3	12	2	8	2	2	3	6	6
68,32	69	397.075,68 TL	2	3	3	12	2	8	1	2	3	6	6
68,56	69	396.510,80 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	2	5	6
69,48	70	396.113,36 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	2	4	6
70,4	71	396.094,04 TL	2	3	3	12	2	8	1	3	2	4	6
71,32	72	396.031,48 TL	2	3	3	12	2	8	3	3	2	5	6
71,32	72	395.377,36 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	2	6	6
72,24	73	395.358,04 TL	2	3	3	12	2	8	1	3	2	6	6
74,08	75	394.781,20 TL	1	3	3	12	2	8	2	3	2	6	6
74,76	75	394.658,84 TL	3	3	3	12	2	8	2	2	3	6	6
75	75	394.633,08 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	1	6	6
75,92	76	394.074,64 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	2	5	6
76,84	77	393.677,20 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	2	4	6
77,76	78	393.657,88 TL	3	3	3	12	2	8	1	3	2	4	6
78,68	79	392.941,20 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	2	6	6
79,6	80	392.793,08 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	3	4	6
80,52	81	392.773,76 TL	2	3	3	12	2	8	1	3	3	4	6
81,44	82	392.057,08 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	3	6	6
82,36	83	392.037,76 TL	2	3	3	12	2	8	1	3	3	6	6
83,28	84	391.828,92 TL	3	3	3	12	3	8	2	3	2	6	6
84,2	85	391.460,92 TL	1	3	3	12	2	8	2	3	3	6	6
85,12	86	391.441,60 TL	1	3	3	12	2	8	1	3	3	6	6
86,04	87	390.754,36 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	3	5	6
86,96	87	390.356,92 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	3	4	6
87,88	88	390.337,60 TL	3	3	3	12	2	8	1	3	3	4	6
88,8	89	389.620,92 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	3	6	6
88,8	89	390.320,12 TL	3	3	3	12	2	9	2	3	2	6	6
89,72	90	389.601,60 TL	3	3	3	12	2	8	1	3	3	6	6
91,56	92	389.141,60 TL	3	3	3	12	2	8	3	3	3	6	6
93,4	94	388.508,64 TL	3	3	3	12	3	8	2	3	3	6	6
94,32	95	388.489,32 TL	3	3	3	12	3	8	1	3	3	6	6
96,16	97	388.029,32 TL	3	3	3	12	3	8	3	3	3	6	6
97,08	98	387.735,84 TL	3	3	3	12	2	9	2	3	3	4	6
98	98	387.716,52 TL	3	3	3	12	2	9	1	3	3	4	6
98,92	99	386.999,84 TL	3	3	3	12	2	9	2	3	3	6	6

EK 3: (Devam): Risk Seviyelerine Göre Proje Süre Maliyet Tabloları**Alfa=0,60 İyimsiz Sonuçlar-Proje Süresi ve Faaliyet Opsiyonları**

Proje Süresi (gün)	R-Süre (gün)	Proje Maliyeti	Faaliyet Opsiyonları										
			1 (A)	2 (B)	3 (C)	4 (D)	5 (E)	6 (F)	7 (G)	8 (H)	9 (I)	10 (J)	11 (K)
99,84	100	386.980,52 TL	3	3	3	12	2	9	1	3	3	6	6
101,68	102	386.520,52 TL	3	3	3	12	2	9	3	3	3	6	6
103,52	104	385.887,56 TL	3	3	3	12	3	9	2	3	3	6	6
103,52	104	386.512,24 TL	3	3	3	12	1	9	3	3	3	6	6
104,44	105	385.868,24 TL	3	3	3	12	3	9	1	3	3	6	6
106,28	107	385.408,24 TL	3	3	3	12	3	9	3	3	3	6	6

EK 3: (Devam): Risk Seviyelerine Göre Proje Süre Maliyet Tabloları**Alfa=0,80 İyimsiz Sonuçlar-Proje Süresi ve Faaliyet Opsiyonları**

Proje Süresi (gün)	R-Süre (gün)	Proje Maliyeti	Faaliyet Opsiyonları										
			1 (A)	2 (B)	3 (C)	4 (D)	5 (E)	6 (F)	7 (G)	8 (H)	9 (I)	10 (J)	11 (K)
50,16	51	539.992,32 TL	2	3	3	11	2	5	2	2	8	5	6
50,88	51	539.932,80 TL	2	3	3	10	2	5	2	2	8	5	3
51,12	52	427.232,64 TL	2	3	3	11	2	5	2	2	2	5	6
51,84	52	426.475,20 TL	2	3	3	10	2	5	2	2	2	5	6
53,04	54	426.466,56 TL	2	3	3	10	1	5	2	2	2	5	6
54	54	425.292,48 TL	2	3	3	10	2	5	2	2	2	6	6
54,96	55	421.695,36 TL	2	3	3	10	2	8	2	2	2	5	6
56,76	57	420.033,60 TL	2	3	2	12	2	8	2	2	2	5	6
58,56	59	418.592,64 TL	2	3	3	12	2	8	2	2	2	4	6
59,64	60	417.824,64 TL	2	3	3	12	2	8	2	2	2	6	6
60,6	61	417.804,48 TL	2	3	3	12	2	8	1	2	2	6	6
62,52	63	417.202,56 TL	1	3	3	12	2	8	2	2	2	6	6
63,48	64	417.048,00 TL	2	3	3	12	2	8	2	2	1	6	6
63,48	64	417.182,40 TL	1	3	3	12	2	8	1	2	2	6	6
64,44	65	416.664,00 TL	2	3	3	12	3	8	2	2	2	6	6
65,4	66	416.643,84 TL	2	3	3	12	3	8	1	2	2	6	6
66,24	67	416.050,56 TL	3	3	3	12	2	8	2	2	2	4	6
67,32	68	415.282,56 TL	3	3	3	12	2	8	2	2	2	6	6
68,28	69	415.262,40 TL	3	3	3	12	2	8	1	2	2	6	6
70,2	71	414.782,40 TL	3	3	3	12	2	8	3	2	2	6	6
70,2	71	414.360,00 TL	2	3	3	12	2	8	2	2	3	6	6
71,16	72	414.339,84 TL	2	3	3	12	2	8	1	2	3	6	6
71,28	72	413.750,40 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	2	5	6
72,24	73	413.335,68 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	2	4	6
74,16	75	412.567,68 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	2	6	6
75,12	76	412.547,52 TL	2	3	3	12	2	8	1	3	2	6	6
77,04	78	411.945,60 TL	1	3	3	12	2	8	2	3	2	6	6
77,88	78	411.817,92 TL	3	3	3	12	2	8	2	2	3	6	6
78	78	411.791,04 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	1	6	6
78,96	79	411.208,32 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	2	5	6
79,92	80	410.793,60 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	2	4	6
81,84	82	410.025,60 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	2	6	6
82,8	83	410.005,44 TL	3	3	3	12	2	8	1	3	2	6	6
84,72	85	409.103,04 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	3	6	6
85,68	86	409.082,88 TL	2	3	3	12	2	8	1	3	3	6	6
86,64	87	408.864,96 TL	3	3	3	12	3	8	2	3	2	6	6
87,6	88	408.480,96 TL	1	3	3	12	2	8	2	3	3	6	6
88,56	89	408.460,80 TL	1	3	3	12	2	8	1	3	3	6	6
89,52	90	408.364,80 TL	3	3	3	12	3	8	3	3	2	6	6
89,52	90	407.743,68 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	3	5	6
91,44	92	407.735,04 TL	3	3	3	12	1	8	2	3	3	5	6
92,4	93	406.560,96 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	3	6	6
93,36	94	406.540,80 TL	3	3	3	12	2	8	1	3	3	6	6
95,28	96	406.060,80 TL	3	3	3	12	2	8	3	3	3	6	6
97,2	98	405.400,32 TL	3	3	3	12	3	8	2	3	3	6	6
98,16	99	405.380,16 TL	3	3	3	12	3	8	1	3	3	6	6
100,08	101	404.900,16 TL	3	3	3	12	3	8	3	3	3	6	6
102,96	103	403.825,92 TL	3	3	3	12	2	9	2	3	3	6	6
102,96	103	404.508,48 TL	3	3	3	12	2	9	3	3	3	5	6
104,88	105	403.817,28 TL	3	3	3	12	1	9	2	3	3	6	6
105,84	106	403.325,76 TL	3	3	3	12	2	9	3	3	3	6	6
107,76	108	402.665,28 TL	3	3	3	12	3	9	2	3	3	6	6
110,64	111	402.165,12 TL	3	3	3	12	3	9	3	3	3	6	6

EK 3: (Devam): Risk Seviyelerine Göre Proje Süre Maliyet Tabloları

Alfa=0,20 Kötümser Sonuçlar-Proje Süresi ve Faaliyet Opsiyonları

Proje Süresi (gün)	R-Süre (gün)	Proje Maliyeti	Faaliyet Opsiyonları										
			1 (A)	2 (B)	3 (C)	4 (D)	5 (E)	6 (F)	7 (G)	8 (H)	9 (I)	10 (J)	11 (K)
59,36	60	653.334,04 TL	2	3	3	11	2	5	2	2	8	5	3
60,52	61	516.239,44 TL	2	3	3	11	2	5	2	2	2	5	6
61,68	62	515.738,32 TL	2	3	3	11	2	5	2	2	2	4	6
62,64	63	514.823,08 TL	2	3	3	10	2	5	2	2	2	4	6
64	64	513.895,08 TL	2	3	3	10	2	5	2	2	2	6	6
65,16	66	509.548,56 TL	2	3	3	10	2	8	2	2	2	5	6
66,32	67	509.047,44 TL	2	3	3	10	2	8	2	2	2	4	6
67,96	68	507.540,60 TL	2	3	2	12	2	8	2	2	2	5	6
70,76	71	505.775,08 TL	2	3	3	12	2	8	1	2	2	4	6
71,44	72	504.871,44 TL	2	3	3	12	2	8	2	2	2	6	6
72,6	73	504.847,08 TL	2	3	3	12	2	8	1	2	2	6	6
74,92	75	504.267,08 TL	2	3	3	12	2	8	3	2	2	6	6
74,92	75	504.119,76 TL	1	3	3	12	2	8	2	2	2	6	6
75,6	76	503.623,28 TL	2	3	3	12	2	8	2	1	2	6	6
77,24	78	503.469,00 TL	2	3	3	12	3	8	2	2	2	6	6
78,4	79	503.444,64 TL	2	3	3	12	3	8	1	2	2	6	6
79,08	80	503.018,92 TL	2	3	3	12	2	8	3	1	2	6	6
79,08	80	502.871,60 TL	1	3	3	12	2	8	2	1	2	6	6
80,04	81	502.703,40 TL	3	3	3	12	2	8	1	2	2	4	6
80,72	81	501.799,76 TL	3	3	3	12	2	8	2	2	2	6	6
81,88	82	501.775,40 TL	3	3	3	12	2	8	1	2	2	6	6
83,52	84	501.613,00 TL	2	3	3	12	2	8	2	2	3	4	6
84,2	85	500.685,00 TL	2	3	3	12	2	8	2	2	3	6	6
84,88	85	499.948,40 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	2	5	6
86,04	87	499.447,28 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	2	4	6
87,2	88	499.422,92 TL	2	3	3	12	2	8	1	3	2	4	6
88,36	89	498.519,28 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	2	6	6
89,52	90	498.494,92 TL	2	3	3	12	2	8	1	3	2	6	6
91,84	92	497.914,92 TL	2	3	3	12	2	8	3	3	2	6	6
91,84	92	497.767,60 TL	1	3	3	12	2	8	2	3	2	6	6
93	93	497.580,84 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	1	6	6
94,16	95	496.876,72 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	2	5	6
95,32	96	496.375,60 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	2	4	6
96,48	97	496.351,24 TL	3	3	3	12	2	8	1	3	2	4	6
97,64	98	495.447,60 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	2	6	6
98,8	99	495.423,24 TL	3	3	3	12	2	8	1	3	2	6	6
98,8	99	495.260,84 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	3	4	6
99,96	100	495.236,48 TL	2	3	3	12	2	8	1	3	3	4	6
101,12	102	494.332,84 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	3	6	6
102,28	103	494.308,48 TL	2	3	3	12	2	8	1	3	3	6	6
103,44	104	494.045,16 TL	3	3	3	12	3	8	2	3	2	6	6
104,6	105	493.728,48 TL	2	3	3	12	2	8	3	3	3	6	6
104,6	105	493.581,16 TL	1	3	3	12	2	8	2	3	3	6	6
105,76	106	493.556,80 TL	1	3	3	12	2	8	1	3	3	6	6
106,92	107	492.690,28 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	3	5	6
106,92	107	493.440,80 TL	3	3	3	12	3	8	3	3	2	6	6
108,08	109	492.189,16 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	3	4	6
109,24	110	492.164,80 TL	3	3	3	12	2	8	1	3	3	4	6
110,4	111	491.261,16 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	3	6	6
111,56	112	491.236,80 TL	3	3	3	12	2	8	1	3	3	6	6
113,88	114	490.656,80 TL	3	3	3	12	2	8	3	3	3	6	6
116,2	117	489.858,72 TL	3	3	3	12	3	8	2	3	3	6	6
117,36	118	489.834,36 TL	3	3	3	12	3	8	1	3	3	6	6
119,68	120	489.254,36 TL	3	3	3	12	3	8	3	3	3	6	6
120,84	121	488.884,32 TL	3	3	3	12	2	9	2	3	3	4	6
123,16	124	488.781,08 TL	3	3	3	12	2	9	3	3	3	5	6
123,16	124	487.956,32 TL	3	3	3	12	2	9	2	3	3	6	6
124,32	125	487.931,96 TL	3	3	3	12	2	9	1	3	3	6	6
126,64	127	487.351,96 TL	3	3	3	12	2	9	3	3	3	6	6
128,96	129	486.553,88 TL	3	3	3	12	3	9	2	3	3	6	6
130,12	131	486.529,52 TL	3	3	3	12	3	9	1	3	3	6	6
132,44	133	485.949,52 TL	3	3	3	12	3	9	3	3	3	6	6

EK 3: (Devam): Risk Seviyelerine Göre Proje Süre Maliyet Tabloları

Alfa=0,40 Kötümser Sonuçlar-Proje Süresi ve Faaliyet Opsiyonları

Proje Süresi (gün)	R-Süre (gün)	Proje Maliyeti	Faaliyet Opsiyonları										
			1 (A)	2 (B)	3 (C)	4 (D)	5 (E)	6 (F)	7 (G)	8 (H)	9 (I)	10 (J)	11 (K)
57,52	58	632.345,28 TL	2	3	4	10	2	5	2	2	8	5	3
58,64	59	498.438,08 TL	2	3	3	11	2	5	2	2	2	5	6
59,76	60	497.954,24 TL	2	3	3	11	2	5	2	2	2	4	6
60,48	61	497.554,40 TL	2	3	3	10	2	5	2	2	2	5	6
62	62	496.174,56 TL	2	3	3	10	2	5	2	2	2	6	6
63,12	64	491.977,92 TL	2	3	3	10	2	8	2	2	2	5	6
64,24	65	491.954,40 TL	2	3	3	10	2	8	1	2	2	5	6
64,24	65	491.494,08 TL	2	3	3	10	2	8	2	2	2	4	6
65,36	66	491.470,56 TL	2	3	3	10	2	8	1	2	2	4	6
65,72	66	490.039,20 TL	2	3	2	12	2	8	2	2	2	5	6
66,84	67	489.555,36 TL	2	3	2	12	2	8	2	2	2	4	6
67,96	68	489.531,84 TL	2	3	2	12	2	8	1	2	2	4	6
68,32	69	488.334,56 TL	2	3	3	12	2	8	1	2	2	4	6
69,08	70	487.462,08 TL	2	3	3	12	2	8	2	2	2	6	6
70,2	71	487.438,56 TL	2	3	3	12	2	8	1	2	2	6	6
70,96	71	487.152,96 TL	2	3	3	12	2	8	2	1	2	4	6
72,08	73	487.129,44 TL	2	3	3	12	2	8	1	1	2	4	6
72,44	73	486.736,32 TL	1	3	3	12	2	8	2	2	2	6	6
73,2	74	486.256,96 TL	2	3	3	12	2	8	2	1	2	6	6
74,32	75	486.233,44 TL	2	3	3	12	2	8	1	1	2	6	6
74,68	75	486.108,00 TL	2	3	3	12	3	8	2	2	2	6	6
75,8	76	486.084,48 TL	2	3	3	12	3	8	1	2	2	6	6
76,56	77	485.673,44 TL	2	3	3	12	2	8	3	1	2	6	6
77,28	78	485.368,80 TL	3	3	3	12	2	8	1	2	2	4	6
77,68	78	485.350,88 TL	2	3	3	12	2	8	2	1	1	6	6
78,04	79	484.496,32 TL	3	3	3	12	2	8	2	2	2	6	6
79,16	80	484.472,80 TL	3	3	3	12	2	8	1	2	2	6	6
79,92	80	484.187,20 TL	3	3	3	12	2	8	2	1	2	4	6
81,04	82	484.163,68 TL	3	3	3	12	2	8	1	1	2	4	6
81,4	82	483.420,00 TL	2	3	3	12	2	8	2	2	3	6	6
82,16	83	482.708,80 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	2	5	6
83,28	84	482.224,96 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	2	4	6
83,28	84	482.685,28 TL	2	3	3	12	2	8	1	3	2	5	6
84,4	85	482.201,44 TL	2	3	3	12	2	8	1	3	2	4	6
85,52	86	481.328,96 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	2	6	6
86,64	87	481.305,44 TL	2	3	3	12	2	8	1	3	2	6	6
88,88	89	480.603,20 TL	1	3	3	12	2	8	2	3	2	6	6
88,88	89	481.295,36 TL	2	3	3	12	2	8	1	3	1	4	6
90	90	480.422,88 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	1	6	6
91,12	92	479.743,04 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	2	5	6
92,24	93	479.259,20 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	2	4	6
92,24	93	479.719,52 TL	3	3	3	12	2	8	1	3	2	5	6
93,36	94	479.235,68 TL	3	3	3	12	2	8	1	3	2	4	6
94,48	95	478.363,20 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	2	6	6
94,48	95	478.666,72 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	3	5	6
95,6	96	478.182,88 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	3	4	6
96,72	97	478.159,36 TL	2	3	3	12	2	8	1	3	3	4	6
97,84	98	477.286,88 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	3	6	6
98,96	99	477.263,36 TL	2	3	3	12	2	8	1	3	3	6	6
100,08	101	477.009,12 TL	3	3	3	12	3	8	2	3	2	6	6
101,2	102	476.561,12 TL	1	3	3	12	2	8	2	3	3	6	6
102,32	103	476.537,60 TL	1	3	3	12	2	8	1	3	3	6	6
103,44	104	475.700,96 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	3	5	6
104,56	105	475.217,12 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	3	4	6
104,56	105	475.677,44 TL	3	3	3	12	2	8	1	3	3	5	6
105,68	106	475.193,60 TL	3	3	3	12	2	8	1	3	3	4	6
106,8	107	474.321,12 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	3	6	6
107,92	108	474.297,60 TL	3	3	3	12	2	8	1	3	3	6	6
110,16	111	473.737,60 TL	3	3	3	12	2	8	3	3	3	6	6
110,16	111	474.287,52 TL	3	3	3	12	1	8	1	3	3	6	6
112,4	113	472.967,04 TL	3	3	3	12	3	8	2	3	3	6	6
113,52	114	472.943,52 TL	3	3	3	12	3	8	1	3	3	6	6
115,76	116	472.383,52 TL	3	3	3	12	3	8	3	3	3	6	6
116,88	117	472.026,24 TL	3	3	3	12	2	9	2	3	3	4	6

EK 3: (Devam): Risk Seviyelerine Göre Proje Süre Maliyet Tabloları**Alfa=0,40 Kötümser Sonuçlar-Proje Süresi ve Faaliyet Opsiyonları**

Proje Süresi (gün)	R-Süre (gün)	Proje Maliyeti	Faaliyet Opsiyonları										
			1 (A)	2 (B)	3 (C)	4 (D)	5 (E)	6 (F)	7 (G)	8 (H)	9 (I)	10 (J)	11 (K)
118	118	472.002,72 TL	3	3	3	12	2	9	1	3	3	4	6
119,12	120	471.130,24 TL	3	3	3	12	2	9	2	3	3	6	6
120,24	121	471.106,72 TL	3	3	3	12	2	9	1	3	3	6	6
122,48	123	470.546,72 TL	3	3	3	12	2	9	3	3	3	6	6
122,48	123	471.096,64 TL	3	3	3	12	1	9	1	3	3	6	6
124,72	125	469.776,16 TL	3	3	3	12	3	9	2	3	3	6	6
124,72	125	470.536,64 TL	3	3	3	12	1	9	3	3	3	6	6
125,84	126	469.752,64 TL	3	3	3	12	3	9	1	3	3	6	6
128,08	129	469.192,64 TL	3	3	3	12	3	9	3	3	3	6	6

EK 3: (Devam): Risk Seviyelerine Göre Proje Süre Maliyet Tabloları**Alfa=0,50 Kötümser Sonuçlar-Proje Süresi ve Faaliyet Opsiyonları**

Proje Süresi (gün)	R-Süre (gün)	Proje Maliyeti	Faaliyet Opsiyonları										
			1 (A)	2 (B)	3 (C)	4 (D)	5 (E)	6 (F)	7 (G)	8 (H)	9 (I)	10 (J)	11 (K)
56,6	57	634.810,00 TL	2	3	3	11	2	5	2	2	5	5	6
57,7	58	489.537,40 TL	2	3	3	11	2	5	2	2	2	5	6
58,8	59	489.514,30 TL	2	3	3	11	2	5	1	2	2	5	6
59,4	60	488.646,40 TL	2	3	3	10	2	5	1	2	2	5	6
61	61	487.314,30 TL	2	3	3	10	2	5	2	2	2	6	6
62,1	63	483.192,60 TL	2	3	3	10	2	8	2	2	2	5	6
63,2	64	483.169,50 TL	2	3	3	10	2	8	1	2	2	5	6
64,6	65	481.288,50 TL	2	3	2	12	2	8	2	2	2	5	6
65,7	66	481.265,40 TL	2	3	2	12	2	8	1	2	2	5	6
67,1	68	480.089,50 TL	2	3	3	12	2	8	1	2	2	5	6
67,9	68	478.757,40 TL	2	3	3	12	2	8	2	2	2	6	6
69	69	478.734,30 TL	2	3	3	12	2	8	1	2	2	6	6
71,2	72	478.184,30 TL	2	3	3	12	2	8	3	2	2	6	6
72	72	477.573,80 TL	2	3	3	12	2	8	2	1	2	6	6
73,4	74	477.427,50 TL	2	3	3	12	3	8	2	2	2	6	6
74,5	75	477.404,40 TL	2	3	3	12	3	8	1	2	2	6	6
75,3	76	477.000,70 TL	2	3	3	12	2	8	3	1	2	6	6
76,7	77	475.844,60 TL	3	3	3	12	2	8	2	2	2	6	6
76,7	77	476.854,40 TL	2	3	3	12	3	8	3	2	2	6	6
77,8	78	475.821,50 TL	3	3	3	12	2	8	1	2	2	6	6
80	80	474.787,50 TL	2	3	3	12	2	8	2	2	3	6	6
80,8	81	474.089,00 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	2	5	6
81,9	82	474.065,90 TL	2	3	3	12	2	8	1	3	2	5	6
84,1	85	472.733,80 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	2	6	6
85,2	86	472.710,70 TL	2	3	3	12	2	8	1	3	2	6	6
87,4	88	472.160,70 TL	2	3	3	12	2	8	3	3	2	6	6
88,8	89	471.874,70 TL	3	3	3	12	2	8	2	2	3	6	6
89,6	90	471.176,20 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	2	5	6
90,7	91	471.153,10 TL	3	3	3	12	2	8	1	3	2	5	6
92,9	93	469.821,00 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	2	6	6
92,9	93	470.830,80 TL	2	3	3	12	3	8	3	3	2	6	6
94	94	469.797,90 TL	3	3	3	12	2	8	1	3	2	6	6
96,2	97	468.763,90 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	3	6	6
97,3	98	468.740,80 TL	2	3	3	12	2	8	1	3	3	6	6
98,4	99	468.491,10 TL	3	3	3	12	3	8	2	3	2	6	6
99,5	100	468.190,80 TL	2	3	3	12	2	8	3	3	3	6	6
101,7	102	467.206,30 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	3	5	6
102,8	103	467.183,20 TL	3	3	3	12	2	8	1	3	3	5	6
105	105	465.851,10 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	3	6	6
106,1	107	465.828,00 TL	3	3	3	12	2	8	1	3	3	6	6
108,3	109	465.278,00 TL	3	3	3	12	2	8	3	3	3	6	6
110,5	111	464.521,20 TL	3	3	3	12	3	8	2	3	3	6	6
111,6	112	464.498,10 TL	3	3	3	12	3	8	1	3	3	6	6
113,8	114	463.948,10 TL	3	3	3	12	3	8	3	3	3	6	6
117,1	118	462.717,20 TL	3	3	3	12	2	9	2	3	3	6	6
118,2	119	462.694,10 TL	3	3	3	12	2	9	1	3	3	6	6
120,4	121	462.144,10 TL	3	3	3	12	2	9	3	3	3	6	6
122,6	123	461.387,30 TL	3	3	3	12	3	9	2	3	3	6	6
123,7	124	461.364,20 TL	3	3	3	12	3	9	1	3	3	6	6
125,9	126	460.814,20 TL	3	3	3	12	3	9	3	3	3	6	6

EK 3: (Devam): Risk Seviyelerine Göre Proje Süre Maliyet Tabloları

Alfa=0,60 Kötümser Sonuçlar-Proje Süresi ve Faaliyet Opsiyonları

Proje Süresi (gün)	R-Süre (gün)	Proje Maliyeti	Faaliyet Opsiyonları										
			1 (A)	2 (B)	3 (C)	4 (D)	5 (E)	6 (F)	7 (G)	8 (H)	9 (I)	10 (J)	11 (K)
55,68	56	626.481,00 TL	2	3	4	10	2	5	2	2	5	5	4
56,76	57	480.636,72 TL	2	3	3	11	2	5	2	2	2	5	6
58,32	59	479.784,60 TL	2	3	3	10	2	5	2	2	2	5	6
60	60	478.454,04 TL	2	3	3	10	2	5	2	2	2	6	6
61,08	62	474.407,28 TL	2	3	3	10	2	8	2	2	2	5	6
63,48	64	472.537,80 TL	2	3	2	12	2	8	2	2	2	5	6
65,88	66	470.894,04 TL	2	3	3	12	2	8	1	2	2	4	6
66,72	67	470.052,72 TL	2	3	3	12	2	8	2	2	2	6	6
67,8	68	470.030,04 TL	2	3	3	12	2	8	1	2	2	6	6
68,64	69	469.754,64 TL	2	3	3	12	2	8	2	1	2	4	6
69,96	70	469.490,04 TL	2	3	3	12	2	8	3	2	2	6	6
69,96	70	469.352,88 TL	1	3	3	12	2	8	2	2	2	6	6
70,8	71	468.890,64 TL	2	3	3	12	2	8	2	1	2	6	6
71,88	72	468.867,96 TL	2	3	3	12	2	8	1	1	2	6	6
72,12	73	468.747,00 TL	2	3	3	12	3	8	2	2	2	6	6
73,2	74	468.724,32 TL	2	3	3	12	3	8	1	2	2	6	6
74,04	75	468.327,96 TL	2	3	3	12	2	8	3	1	2	6	6
74,52	75	468.034,20 TL	3	3	3	12	2	8	1	2	2	4	6
75,36	76	467.192,88 TL	3	3	3	12	2	8	2	2	2	6	6
76,44	77	467.170,20 TL	3	3	3	12	2	8	1	2	2	6	6
77,28	78	466.894,80 TL	3	3	3	12	2	8	2	1	2	4	6
78,6	79	466.155,00 TL	2	3	3	12	2	8	2	2	3	6	6
78,6	79	466.751,16 TL	3	3	3	12	3	8	2	2	2	4	6
79,44	80	466.030,80 TL	3	3	3	12	2	8	2	1	2	6	6
79,44	80	465.469,20 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	2	5	6
80,52	81	465.002,64 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	2	4	6
81,6	82	464.979,96 TL	2	3	3	12	2	8	1	3	2	4	6
82,68	83	464.138,64 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	2	6	6
83,76	84	464.115,96 TL	2	3	3	12	2	8	1	3	2	6	6
85,92	86	463.438,80 TL	1	3	3	12	2	8	2	3	2	6	6
87	87	463.264,92 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	1	6	6
88,08	89	462.609,36 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	2	5	6
89,16	90	462.142,80 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	2	4	6
90,24	91	462.120,12 TL	3	3	3	12	2	8	1	3	2	4	6
91,32	92	461.278,80 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	2	6	6
92,4	93	461.256,12 TL	3	3	3	12	2	8	1	3	2	6	6
92,4	93	461.104,92 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	3	4	6
94,56	95	460.716,12 TL	3	3	3	12	2	8	3	3	2	6	6
94,56	95	460.240,92 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	3	6	6
95,64	96	460.218,24 TL	2	3	3	12	2	8	1	3	3	6	6
96,72	97	459.973,08 TL	3	3	3	12	3	8	2	3	2	6	6
97,8	98	459.950,40 TL	3	3	3	12	3	8	1	3	2	6	6
97,8	98	459.541,08 TL	1	3	3	12	2	8	2	3	3	6	6
98,88	99	459.518,40 TL	1	3	3	12	2	8	1	3	3	6	6
99,96	100	459.410,40 TL	3	3	3	12	3	8	3	3	2	6	6
99,96	100	458.711,64 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	3	5	6
101,04	102	458.245,08 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	3	4	6
102,12	103	458.222,40 TL	3	3	3	12	2	8	1	3	3	4	6
103,2	104	457.381,08 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	3	6	6
104,28	105	457.358,40 TL	3	3	3	12	2	8	1	3	3	6	6
106,44	107	456.818,40 TL	3	3	3	12	2	8	3	3	3	6	6
108,6	109	456.075,36 TL	3	3	3	12	3	8	2	3	3	6	6
109,68	110	456.052,68 TL	3	3	3	12	3	8	1	3	3	6	6
111,84	112	455.512,68 TL	3	3	3	12	3	8	3	3	3	6	6
115,08	116	454.304,16 TL	3	3	3	12	2	9	2	3	3	6	6
116,16	117	454.281,48 TL	3	3	3	12	2	9	1	3	3	6	6
118,32	119	453.741,48 TL	3	3	3	12	2	9	3	3	3	6	6
120,48	121	452.998,44 TL	3	3	3	12	3	9	2	3	3	6	6
123,72	124	452.435,76 TL	3	3	3	12	3	9	3	3	3	6	6

EK 3: (Devam): Risk Seviyelerine Göre Proje Süre Maliyet Tabloları

Alfa=0,80 Kötümser Sonuçlar-Proje Süresi ve Faaliyet Opsiyonları

Proje Süresi (gün)	R-Süre (gün)	Proje Maliyeti	Faaliyet Opsiyonları										
			1 (A)	2 (B)	3 (C)	4 (D)	5 (E)	6 (F)	7 (G)	8 (H)	9 (I)	10 (J)	11 (K)
53,84	54	589.941,04 TL	2	2	6	11	2	5	2	2	8	5	3
54,88	55	462.835,36 TL	2	3	3	11	2	5	2	2	2	5	6
55,92	56	462.386,08 TL	2	3	3	11	2	5	2	2	2	4	6
56,16	57	462.014,80 TL	2	3	3	10	2	5	2	2	2	5	6
58	58	460.733,52 TL	2	3	3	10	2	5	2	2	2	6	6
59,04	60	456.836,64 TL	2	3	3	10	2	8	2	2	2	5	6
60,08	61	456.387,36 TL	2	3	3	10	2	8	2	2	2	4	6
61,24	62	455.036,40 TL	2	3	2	12	2	8	2	2	2	5	6
61,36	62	454.756,64 TL	2	3	1	12	2	8	2	2	2	5	6
62,28	63	454.587,12 TL	2	3	2	12	2	8	2	2	2	4	6
63,44	64	453.453,52 TL	2	3	3	12	2	8	1	2	2	4	6
64,36	65	452.643,36 TL	2	3	3	12	2	8	2	2	2	6	6
65,4	66	452.621,52 TL	2	3	3	12	2	8	1	2	2	6	6
66,32	67	452.356,32 TL	2	3	3	12	2	8	2	1	2	4	6
67,48	68	451.969,44 TL	1	3	3	12	2	8	2	2	2	6	6
68,4	69	451.524,32 TL	2	3	3	12	2	8	2	1	2	6	6
69,44	70	451.502,48 TL	2	3	3	12	2	8	1	1	2	6	6
69,56	70	451.386,00 TL	2	3	3	12	3	8	2	2	2	6	6
70,6	71	451.364,16 TL	2	3	3	12	3	8	1	2	2	6	6
71,52	72	450.850,40 TL	1	3	3	12	2	8	2	1	2	6	6
71,76	72	450.699,60 TL	3	3	3	12	2	8	1	2	2	4	6
72,68	73	449.889,44 TL	3	3	3	12	2	8	2	2	2	6	6
73,72	74	449.867,60 TL	3	3	3	12	2	8	1	2	2	6	6
74,88	75	449.700,16 TL	2	3	3	12	2	8	1	2	3	4	6
75,8	76	448.890,00 TL	2	3	3	12	2	8	2	2	3	6	6
76,72	77	448.229,60 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	2	5	6
77,76	78	447.780,32 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	2	4	6
78,8	79	447.758,48 TL	2	3	3	12	2	8	1	3	2	4	6
79,84	80	446.948,32 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	2	6	6
80,88	81	446.926,48 TL	2	3	3	12	2	8	1	3	2	6	6
82,96	83	446.274,40 TL	1	3	3	12	2	8	2	3	2	6	6
84	84	446.106,96 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	1	6	6
85,04	86	445.475,68 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	2	5	6
86,08	87	445.026,40 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	2	4	6
86,08	87	445.453,84 TL	3	3	3	12	2	8	1	3	2	5	6
87,12	88	445.004,56 TL	3	3	3	12	2	8	1	3	2	4	6
88,16	89	444.194,40 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	2	6	6
89,2	90	444.026,96 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	3	4	6
90,24	91	444.005,12 TL	2	3	3	12	2	8	1	3	3	4	6
91,28	92	443.194,96 TL	2	3	3	12	2	8	2	3	3	6	6
92,32	93	443.173,12 TL	2	3	3	12	2	8	1	3	3	6	6
93,36	94	442.937,04 TL	3	3	3	12	3	8	2	3	2	6	6
94,4	95	442.521,04 TL	1	3	3	12	2	8	2	3	3	6	6
96,48	97	441.722,32 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	3	5	6
97,52	98	441.273,04 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	3	4	6
97,52	98	441.700,48 TL	3	3	3	12	2	8	1	3	3	5	6
98,56	99	441.251,20 TL	3	3	3	12	2	8	1	3	3	4	6
99,6	100	440.441,04 TL	3	3	3	12	2	8	2	3	3	6	6
100,64	101	440.419,20 TL	3	3	3	12	2	8	1	3	3	6	6
102,72	103	439.899,20 TL	3	3	3	12	2	8	3	3	3	6	6
104,8	105	439.183,68 TL	3	3	3	12	3	8	2	3	3	6	6
105,84	106	439.161,84 TL	3	3	3	12	3	8	1	3	3	6	6
107,92	108	438.641,84 TL	3	3	3	12	3	8	3	3	3	6	6
107,92	108	438.759,36 TL	3	3	3	12	2	9	2	3	3	5	6
108,96	109	438.310,08 TL	3	3	3	12	2	9	2	3	3	4	6
110	110	438.288,24 TL	3	3	3	12	2	9	1	3	3	4	6
111,04	112	437.478,08 TL	3	3	3	12	2	9	2	3	3	6	6
112,08	113	437.456,24 TL	3	3	3	12	2	9	1	3	3	6	6
114,16	115	436.936,24 TL	3	3	3	12	2	9	3	3	3	6	6
116,24	117	436.220,72 TL	3	3	3	12	3	9	2	3	3	6	6
117,28	118	436.198,88 TL	3	3	3	12	3	9	1	3	3	6	6
119,36	120	435.678,88 TL	3	3	3	12	3	9	3	3	3	6	6

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Hatice ACAR YILDIRIM
Doğum Yeri	Borçka
Doğum Tarihi	03.07.1983
Uyruğu	<input checked="" type="checkbox"/> T.C. <input type="checkbox"/> Diğer:
Telefon	0 212 440 00 70
E-Posta Adresi	08.hatice@gmail.com
Web Adresi	



Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Fakülte	Mühendislik Fakültesi
Bölümü	İnşaat Mühendisliği
Mezuniyet Yılı	04.02.2006

Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	İnşaat Mühendisliği
Programı	İnşaat Mühendisliği

Makale ve Bildiriler	
Acar, H., Entegre Havza Yönetimi Kapsamında Çoruh Havzası İncelemesi, <i>Su ve Enerji Konferansı</i> , Artvin, 26-27 Eylül 2008.	