

Notu: Bu tezde belirtilen görüş ve yorumlar
sahibidir. Türk Silahlı Kuvvetleri'nin ya da diğer
kuruluşlarının görüşlerini yansıtmaz

Note: The views and comments expressed in
are the author's and do not necessarily
of Turkish Armed Forces or other
agencies.

Cr,
İmza(Signature)

132982

TEZ TANITIM FORMU

TEZİN TARİHİ:

30.01.2003

TEZİN TİPİ:

Yüksek lisans

TEZİN BAŞLIĞI:

Bulanık Matematikle Ömür Devri Maliyeti Risk Analizi Bir Uygulama:Bilgisayar Dershanesi Projesi

TEZİN YAPILDIĞI BİRİM:

Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü Savunma Yönetimi Anabilim Dalı Mali Yönetim

SPONSOR KURULUŞ:

-

DAĞITIM LİSTESİ:

Kara Harp Okulu Lisansüstü Eğitim Yönergesinde Belirtilen Yerlere

TEZİN ÖZETİ:

Ekonomik risk analizinde temelde kullanılan teknikler duyarlılık analizi ya da olasılık teorisine dayalı tekniklerden oluşmaktadır. Duyarlılık analizi bir değişkenin sonuç üzerinde neden olduğu değişime yönelik bilgi verirken , olasılık teorisine dayalı simülasyon yöntemleri toplam riske ilişkin bilgi verirler. Özellikle yeterli geçmiş veri olmadığında bulanık küme teorisinin ekonomik risk analizinde kullanılabileceği bu çalışmanın esas konusudur.

Askeri bir okulda on yıllık bir bilgisayar dershanesi projesine yönelik risk bulanık sayılarla modellenmiş ve bu riskin ölçümü bulanık sayıların sıralanması yöntemiyle yapılmıştır. Üyelik fonksiyonlarının (bulanık sayılar) oluşturulması sırasında geçmiş veriler ve uzman görüşlerinden yararlanılmıştır. Net bu günkü değer formülüne dayalı bir model ekonomik risk analizi için kullanılmış , bu modelin yıllık eşit taksitlerin bu günkü değer faktörüne bölünerek elde edilen diğer model ise yaşam ömürleri farklı iki proje alternatifinin ekonomik risk analizine göre kıyaslanması için kullanılmıştır. Her iki model Excel yazılımı üzerinde oluşturulmuştur.

ANAHTAR KELİMELER:

Ömür Devri Maliyeti, Bulanık Matematik, Risk Analizi, Olasılık Teorisi

SAYFA SAYISI:

108

GİZLİLİK DERECESESİ:

Tasnif dışı

T.C.
KARA HARP OKULU
SAVUNMA BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SAVUNMA YÖNETİMİ ANABİLİM DALI

**BULANIK(FUZZY) MATEMATİKLE ÖMÜR DEVRİ MALİYETİ RİSK
ANALİZİ
(BİR UYGULAMA:BİLGİSAYAR DERSHANESİ PROJESİ)**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

132982

**Hazırlayan
Orhan FAZLIOĞULLARI**

**Tez Danışmanı
Dr. Topçu. Yb. Mete DOĞANAY**

ANKARA - 2003



Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

**Bu çalışma, jürimiz tarafından Savunma Yönetimi Anabilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.**

Başkan Y. Karatepe
Yrd. Doç.Dr. Yalçın KARATEPE

Üye B. Yıldız
Yrd. Doç.Dr. Birol YILDIZ

Üye M. Doğanay
Dr.Topçu Yb. Mete DOĞANAY
(Danışman)

ONAY

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

30 /01/ 2003

A. Kadir Varoğlu
Doç. Dr. Öğ. Alb. A. Kadir VAROĞLU
Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez danışmanlığımı üstlenerek, gerek konu seçimi gerekse çalışmaların yürütülmesi sırasında ilgisini esirgemeyen sayın Dr. Yb. Mete DOĞANAY'a teşekkür ederim. Tezin çıkış noktası olan çalışmayı yapan Mohammed KISK ve Assem Al-HAJJ'ın (*School of Construction, Property and Surveying, The Robert Gordon University,,UK*) çalışma sürecinin başında sorularımı yanıtlamak adına haberleşme inceliği göstermeleri ve ihtiyaç duyduğum yardımı yapmaları nedeniyle kendilerine teşekkür ederim.

Enstitü öğretim üyelerimizin çeşitli zamanlarda bir araya gelerek bizler için yaptıkları ön jüriler sayesinde her türlü konuda yol gösterip, zorlu süreçte bizleri güdüleyip , yönlendirmelerinden dolayı teşekkürü bir borç bilirim.

Orhan FAZLIOĞULLARI

ÖZET

Karar vericiler daima belirsizliği yönetmek zorundadırlar. Belirsizliği yönetmekse onu kontrol etmek demektir ve belirsizliği kontrol etmek onun ölçülmesiyle mümkün olur. Geçmişte olasılık teorisi belirsizliğin modellenmesinde ana araç olarak kullanıldı. Bu çalışmada belirsizlik bulanık küme teorisi ile modellendi.

Küçülen bütçeler, tedarik sürecindeki değişiklikler ve enflasyon gibi bir çok neden yatırım yapılacak sistem ya da projeye ilişkin olarak ömür devri maliyet analizini gerekli kılmıştır. Ömür devri maliyet tahmini ile karşılaştırıldığında ömür devri risk analizi hem maliyete ilişkin hem de maliyetin taşıdığı riske ilişkin bilgiler sağlaması yönüyle öne çıkmaktadır.

Ekonomik risk analizinde temelde kullanılan teknikler duyarlılık analizi ya da olasılık teorisine dayalı tekniklerden oluşmaktadır. Duyarlılık analizi bir değişkenin sonuç üzerinde neden olduğu değişime yönelik bilgi verirken , olasılık teorisine dayalı simülasyon yöntemleri hem karmaşıktırlar hem de geçmiş veriye ihtiyaç duyarlar. Aynı zamanda bu yöntemler olasılık teorisi gereği verilerin bazı olasılık dağılımına uyduğunu ve bu uyumun pratikte de geçerli olduğunu varsayarlar. Ayrıca değişkenler arası var olduğu kabul edilen ilişkileri gösteren doğrusal modellerin kendine has varsayımları vardır. Özellikle yeterli geçmiş veri olmadığında bulanık küme teorisinin ekonomik risk analizinde kullanılabileceği bu çalışmanın esas konusudur.

Askeri bir okulda on yıllık bir bilgisayar dershanesi projesine yönelik risk, bulanık sayılarla modellenmiş ve bu riskin ölçümü bulanık sayıların sıralanması yöntemiyle yapılmıştır. Üyelik fonksiyonlarının (bulanık sayılar) oluşturulması sırasında geçmiş veriler ve uzman görüşlerinden yararlanılmıştır. Net bu günkü değer formülüne dayalı bir model ekonomik risk analizi için kullanılmış , bu modelin yıllık eşit taksitlerin bu günkü değer faktörüne bölünerek elde edilen diğer model ise yaşam ömürleri farklı iki proje alternatifinin ekonomik risk analizine göre kıyaslanması için kullanılmıştır. Her iki model Excel yazılımı üzerinde oluşturulmuştur.

ABSTRACT

Decision makers always have to manage uncertainty, managing uncertainty is controlling it, and to control uncertainty one must be able to measure it. Historically, probability theory has been the primary tool for representing uncertainty in mathematical models. In this study uncertainty is represented by fuzzy set theory.

Many reasons, like decreases in budget allocations, changes in acquisition process and inflation required the life cycle cost analysis for any system or project. If it is compared with cost estimation, economical life cycle cost risk analysis is better for generating information about both cost and the risk that is included by the project.

In economical risk analysis, mainly techniques used, are sensitivity analysis and techniques based on probability theory. Sensitivity analysis is only useful when the uncertainty in one variable is predominant. Simulation methods, based on probability theory are complex and they require historic data to analyse. Also the methods based on probability theory assume that the data have a special probability distribution based on its characteristics. Besides, the relations (correlation, regression) among several variables which are created by linear model require many assumptions. Because the fuzzy set theory does not have characteristics or assumptions that (as in probability theory) govern it, especially when there is no enough historic data, fuzzy set theory can be used for making risk analysis. This is the main point of this study.

Uncertainty that is related to life cycle cost of a ten year project (computer-lab. in a military school) is represented by fuzzy numbers and measured by the ranking methods of fuzzy numbers. While creating membership functions historic data and expert opinions are used. One model (based on net present value) was used to make risk analysis, and one model (created dividing the first model by present worth factor of annual recurring costs) was used to compare life cycle cost of alternatives with different lives. The two models were created on Excel.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
Özet.....	iv
Tablo Listesi.....	ix
Şekil Listesi.....	x
Kısaltma Listesi	xii
Sembol Listesi.....	xiii
Önsöz	xiv

BİRİNCİ BÖLÜM GENEL BİLGİLER

1. GİRİŞ.....	1
2. ARAŞTIRMA KONUSU VE AMACI.....	3
3. ARAŞTIRMANIN ÖNEMİ	3
4. ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ.....	5
a. Kuramsal Çerçeve	6
b. Hipotezler.....	7
c. Kapsam ve Sınırlılıklar	7
d. Veri Toplama ve Değerlendirme Tekniği.....	7

İKİNCİ BÖLÜM ÖMÜR DEVRİ MALİYETİ

1. TEDARİK VE ÖMÜR DEVRİ MALİYETİ	10
a. Satın Alma (Procurement).....	10
b. Tedarik Sistemi (Acquisition).....	10
2. ÖMÜR DEVRİ MALİYETİ TARİHSEL GELİŞİMİ.....	12
3. ÖMÜR DEVRİ MALİYET KAVRAMI.....	14
a. Ömür Devri.....	14
(1)Teknolojik Ömür	14
(2)Faydalı Ömür.....	15
(3)Ekonomik Ömür.....	15
4. ÖMÜR DEVRİ MALİYET ANALİZİ AMAÇLARI	17
5. MALİYETLER VE SINIFLANDIRMA	18
a. İlk Maliyet ya da Yatırım Maliyeti	19
b. İşletme ve Bakım Maliyeti.....	19
c. Sabit ve Değişken Maliyet:	19
d. Marjinal Maliyet:	19
e. Direkt ve Endirekt Maliyet.....	20
f. Toplam Maliyet ve Birim Maliyet.....	20
g. Tekrar Eden ve Tekrar Etmeyen Maliyetler	20

h. Geçmiş Maliyet.....	20
i. Maliyet Analiz Yapısı:	21
6. ÖDM ANALİZİNDE İZLENECEK SÜREÇ	23
7. ÖDM ANALİZİNDE MALİYET TAHMİN YÖNTEMLERİ	24
a. Analoji.....	24
b. Parametrik	25
c. Mühendislik.....	26
d. Uzman Görüşü	26
8. ÖDM RİSK ANALİZ YÖNTEMLERİ	26
a. Tahmin Aralığı	29
b. Duyarlılık Analizi	31
c. Olasılık Teorisi	32
9. MONTE CARLO SİMÜLASYONU.....	33

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM BULANIK KÜMELER TEORİSİ

1. BELİRSİZLİK VE YÖNTEMLER.....	35
a. Belirsizlik ve Kesin Olmayış	35
b. Belirsizlik, İstatistik ve Bulanık Mantık.....	36
2. KLASİK VE BULANIK KÜMELER	38
3. BULANIK KÜMELER VE ÜYELİK FONKSİYONLARI	44
4. ÜYELİK DERECESİNİN BELİRLENMESİ	49
a. Sezgisel.....	49
b. Çıkarım.....	50
c. Mertebelme	50
5. BULANIK KÜMELER ÜZERİNDE İŞLEMLER	50
6. BULANIK ARİTMETİK	54
a. Bulanık Sayılar.....	55
(1) Üçgensel Bulanık Sayılar.....	55
(2)Yamuk Bulanık Sayılar	57
b. Bulanık Sayıların α -Kesimleri.....	58
c. Genelleme İlkesi.....	59
d. Aralık (İnterval) Aritmetiği	60
e. DSW Algoritması , Sınırlı DSW Algoritması, Köşe (Vertex) Yöntemi	61
f. Bulanık Sayıların Sıralanması.....	62
(1) Chang Yöntemi.....	62
(2) Kaufman ve Gupta Yöntemi	63
(3) Jain Yöntemi.....	63

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM MODELİN KURULMASI VE UYGULAMA

1. MODELİN KURULMASI	64
a. Maliyet.....	64
(1) Tek Seferlik Maliyetler.....	65
(2) Tekrar Eden Maliyetler.....	66
b. İskonto Oranı.....	67
2. BULANIK SAYILARIN BELİRLENMESİ	71
3. FARKLI ÖMÜR DEVRİNE SAHİP ALTERNATİFLERİN KARŞILAŞTIRILMASI ...	75
4. MODELİN ALGORİTMASI.....	77
5. MODELİN UYGULANMASI	80

BEŞİNCİ BÖLÜM SONUÇ VE ÖNERİLER

SONUÇ VE ÖNERİLER.....	99
Kaynakça.....	102
Ekler	104

TABLÖLAR

	<u>Sayfa</u>
Tablo-1. ÖDM Analiz Yöntemleri.....	24
Tablo-2. Maliyet Matrisi.....	67
Tablo-3. Değişkenler ve Alt Maliyet Kalemleri Hesaplama Tablosu.....	84
Tablo-4. İhtiyaçların Tespiti Maliyet Hesaplama Tablosu.....	85
Tablo-5. Yarı Belirli Değişken Üyelik Fonksiyonu Oluşturma	87
Tablo-6. Ana Maliyet Kalemleri Değerleri.....	88
Tablo-7.A Projesi ana maliyet kalemleri sonuç üyelik fonksiyonları farklı alfa kesim değerleri.....	94
Tablo-8 Ana maliyet kalemleri nokta tahminleri.....	95
Tablo-9 Nokta Tahmini ve Aralık Tahmini Kıyaslaması.....	96
Tablo-10 B Projesi girdi üyelik fonksiyonları	97



ŞEKİLLER

Sayfa

Şekil-1. Tedarik Sistemi	10
Şekil-2. Geleneksel ve Yeni Tedarik Sistemi Anlayışı.....	11
Şekil-3. Maliyetlerin Buzdağı Etkisi	16
Şekil-4. Maliyet Ağırlıkları	17
Şekil-5. ÖDM Özet Süreci.....	18
Şekil-6. Maliyet Analiz Yapısı.....	22
Şekil-7. Maliyetlerin Tahmin Noktası.....	27
Şekil-8. Sistem karmaşıklığına göre uygun model	36
Şekil-9. Klasik ve bulanık küme sınırları	39
Şekil-10. "3 e yakın reel sayılar kümesi" kavramının değişik üyelik fonksiyonlarıyla gösterimi	41
Şekil-11. Hız değişkeninin $[0,100]$ aralığında aldığı alt durumların bulanık ve klasik değişkenler yardımıyla gösterilmesi.....	43
Şekil-12. Sürekli üyelik fonksiyonu.....	45
Şekil-13. Kesikli üyelik fonksiyonu	45
Şekil-14. Üyelik fonksiyonu yapısı.....	46
Şekil-15. Normal ve normal olmayan bulanık kümeler	47
Şekil-16. Dışbükey olmayan normal bulanık A kümesinin üyelik fonksiyonu	48
Şekil-17. Bulanık kümelerinin a) Birleşim , b) Kesişim c) tümleyen kümelerinin üyelik fonksiyonları yardımıyla gösterimi.....	51
Şekil-18. Bulanık alt küme kavramının gösterimi	53
Şekil-19. Üçgensel bulanık sayı	55
Şekil-20. Üçgensel şekilli bulanık sayı	56
Şekil-21. Yamuk bulanık sayı.....	57
Şekil-22. Yamuk şekilli bulanık sayı.....	57
Şekil-23. Bulanık sayıların Jain yöntemine göre sıralanması	63
Şekil-24. Maliyet Gruplandırması	65
Şekil-25. Üyelik fonksiyonu oluşturmada muhtemel uzman görüşleri	72
Şekil-26. Ana maliyet kalemlerinin bugünkü değerlerini veren yıllık eşit taksitler	76
Şekil-27. Ana maliyet kalemlerinin tekrar etme durumlarına göre sınıflandırılması	82
Şekil-28. Belirlenen Maliyet Analiz Yapısı.....	83
Şekil-29. Ortak değişkenler girdi üyelik fonksiyonları	89

Şekil-30. A Projesi ana maliyet kalemleri girdi üyelik fonksiyonları	90
Şekil-31. A Projesi ömür devri maliyeti risk analizi.....	93
Şekil-32. Ömür devri farklı iki proje alternatifinin ÖDM risk analizi ile kıyaslanması	98



KISALTMALAR

GE.....	Güven Endeksi
HD.....	Hurda Değer
İBO.....	İşletme-Bakım-Onarım Maliyeti
MAY.....	Maliyet Analiz Yapısı
MM.....	Modifikasyon Maliyeti
ÖDM.....	Ömür Devri Maliyeti
TEM.....	Tekrar Eden Maliyet
TEM1.....	Tekrar Eden Maliyet 1
TEM2.....	Tekrar Eden Maliyet 2
TSM.....	Tek Seferlik Maliyet
YM.....	Yatırım Maliyeti

SEMBOLLER

$\bar{A}$: A Bulanık Kümesi

$\bar{NBD}_i$: i'nci Alternatif Projenin Net Bugünkü Değer Üyelik Fonksiyonu

$\bar{YM}_i$: i'nci Alternatif Projenin Yatırım Maliyeti

$\bar{e}$: Enflasyon Oranı

$\bar{r}$: Nominal Faiz Oranı (Enflasyonu İçeren)

$\bar{Y}_i$: i'nci Alternatif Projenin Yaşam Süresi (yıllar)

$\bar{IBO}_{ij}$: i'nci Alternatif Projenin j'nci İşletme-Bakım-Onarım Maliyeti

$\bar{TEM}_{in}$: i'nci Alternatif Projenin n'ninci Tekrar Eden Maliyeti

$\bar{p}_{in}$: i'nci Alternatif Projenin n'ninci Tekrar Eden Maliyetinin Kaç Yılda Bir Tekrar Edeceğini Gösterir

$\bar{S}_{in}$: i'nci Alternatif Projenin n'ninci Tekrar Eden Maliyetinin Proje Yaşam Süresi Boyunca Kaç Kez Tekrar Edeceğini Gösterir($y/p=s$)

$\bar{MM}_i$: i'nci Alternatif Projenin Modifikasyon Maliyeti

$\bar{t}_{ik}$: i'nci Alternatif Projenin Modifikasyon Maliyetinin Projenin Kaçınıcı Yılında Gerçekleşeceğini Gösterir

$\bar{HD}_i$: i'nci Alternatif Projenin Hurda Değeridir

$\bar{NBD}_{YEM_i}$: i'nci Alternatif Projenin Net Bugünkü Değerinin Yıllık Eşit Maliyeti (YEM ifadesi, tüm diğer değişkenler için de yıllık eşit maliyet faktörüne bölünmüşlüğü simgeler)

$\bar{i}$: $\bar{NBD}_i$ formülü için reel iskonto oranının indirgemeye hazır halini ifade eder

$(\bar{i} = \frac{(1+\bar{e})}{(1+r)}) \cdot \bar{NBD}_{YEM_i}$ formülünde ise reel iskonto oranının kendisini ifade eder.

ÖNSÖZ

Tüm ülkelerin temel hedefi olan ekonomik kalkınma hedefine ulaşma uğraşısında temel ilke ,ülkelerin mevcut kaynaklarını ve ekonomik olanaklarını akılcı bir biçimde kullanmaktır. Bu gerçekler kurumlar bazında düşünüldüğünde hem kurumun kendi kaynaklarını optimum bir şekilde kullanması adına hem de bahsedilmiş olan ülke ekonomisi adına karar verme sürecinde alternatiflere ilişkin maliyetlerin belirlenmesi (tahmini) ya da karşı karşıya olunan belirsizliğin ölçülmesi, eldeki kısıtlı kaynaklarla en yüksek fayda ya da verimin elde edilmesini ya da elde edilmek istenen fayda ya da verimin en az kaynak kullanımı ile elde edilmesi imkanını sağlayacaktır.

Kaynakları etkili ve verimli kullanma amacı bu yönde verilen kararların doğruluğuna ve etkililiğine bağlıdır. Doğru projeye yatırım yapmak, doğru sistemi almak ya da doğru kararı vermekle kastedilen olgu, içine geleceğe de ait olan bilgileri alan hiç bitmeyen bir süreçtir. Yetenekleri karşıladığına inanılan ve dolayısıyla kriterlere uyan alternatiflerden en uygununun seçilmesinde karar vericinin karşı karşıya olduğu önemli bir kriter ekonomik nitelikli olmalıdır. En basit haliyle , maliyeti en ucuz olan alternatifin hangisi olduğu sorusudur. Bu sorunun yanıtı alternatif sistemlerin maliyetlerinin ne olduğunun bulunmasını gerektirir. Maliyetleri hesaplama ihtiyacı duyulan bilgi ise çoğunlukla geçmişten çok geleceğe ilişkindir. Bu bilgi belirsizlik ya da finans alan yazınında risk olarak adlandırılan kavramları ortaya koyar. Buradan anlaşılacak olan şey, doğru bir kıyaslamanın, alternatiflerin taşıdıkları belirsizliklerin ölçüsünü de içine alan değerlere yönelik olması gerektiğidir. Bu işi gerçekleştiren olgu ekonomik risk analizidir. Çoğunlukla duyarlılık analizi ya da olasılık teorisine dayalı olarak uygulanan ekonomik risk analizinin bulanık kümeler teorisine dayalı olarak da yapılabileceği bu çalışmanın konusudur.

BİRİNCİ BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

1. GİRİŞ

Tüm ülkelerin temel hedefi olan ekonomik kalkınma hedefine ulaşma uğraşısında temel ilke ,ülkelerin mevcut kaynaklarını ve ekonomik olanaklarını akılcı bir biçimde kullanmaktır. Toplumun bitmek tükenmek bilmeyen ve çeşitlilik gösteren ihtiyaçlarını gidermek ya da tatmin etmek için kullanılabilecek kaynaklarda her zaman bir sınırlılık ya da kıtlık özelliği söz konusudur(Sarıaslan, 2002). Bu gerçekler kurumlar bazında düşünüldüğünde hem kurumun kendi kaynaklarını optimum bir şekilde kullanması adına hem de bahsedilmiş olan ülke ekonomisi adına karar verme sürecinde alternatiflere ilişkin maliyetlerin belirlenmesi (tahmini) ya da karşı karşıya olunan belirsizliğin ölçülmesi, eldeki kısıtlı kaynaklarla en yüksek fayda ya da verimin elde edilmesini ya da elde edilmek istenen fayda ya da verimin en az kaynak kullanımı ile elde edilmesi imkanını sağlayacaktır.

Kaynakları etkili ve verimli kullanma amacı bu yönde verilen kararların doğruluğuna ve etkililiğine bağlıdır. Doğru projeye yatırım yapmak, doğru sistemi almak ya da doğru kararı vermekle kastedilen olgu, içine geleceğe de ait olan bilgileri alan hiç bitmeyen bir süreçtir. Uğruna kaynak sarf edilecek sistemin karar verici ve onun kurumu adına en optimum alternatif olduğunu belirlemede, kurumun ihtiyaç duyduğu yetenekleri ne düzeyde karşıladığı, kurumun sahip olduğu sistem ve alt sistemlerle ne düzeyde uyum sağlayacağı, ihtiyaç duyulan yeteneği sistemin ne kadar süre karşılayacağı, gelecekteki gelişmelere ne düzeyde uyacağı, vb kriterler dikkate alınacaktır. Yetenekleri karşıladığına inanılan ve dolayısıyla kriterlere uyan alternatiflerden en uygununun seçilmesinde karar vericinin karşı karşıya olduğu diğer önemli bir kriter ise ekonomik nitelikli olandır. En basit haliyle , maliyeti en ucuz olan alternatifin hangisi olduğu sorusudur. Bu sorunun yanıtı alternatif sistemlerin maliyetlerinin ne olduğunun bulunmasını gerektirir. Maliyetleri hesaplamada ihtiyaç duyulan bilgi ise çoğunlukla geçmişten çok

geleceğe ilişkindir. Bu bilgi belirsizlik ya da finans alan yazınında risk olarak adlandırılan kavramları ortaya koyar. Her ne kadar sistem alternatiflerinin maliyetlerine ilişkin nokta tahmini yapmayı mümkün kılan bazı yöntemler var ve uygulanıyorsa da bu nokta tahminleri söz konusu belirsizlikleri ortadan kaldırmayıp o belirsizlikleri sübjektif olarak şekillendirerek nokta tahminine dönüştürmektedir. Bu durumda alternatiflere ilişkin maliyet nokta tahminleri, içlerinde taşıdıkları belirsizliklerin farklı değerde ve çeşitli olması nedeniyle gerçekçi bir kıyaslamaya olanak tanımayacaktır. Buradan anlaşılacak olan şey, doğru bir kıyaslamanın, alternatiflerin taşıdıkları belirsizliklerin ölçüsünü de içine alan değerlere yönelik olması gerektiğidir. Bu işi gerçekleştiren olgu ekonomik risk analizidir. Çoğunlukla duyarlılık analizi ya da olasılık teorisine dayalı olarak uygulanan ekonomik risk analizinin bulanık kümeler teorisine dayalı olarak da yapılabileceği bu çalışmanın konusudur. Duyarlılık analizi bir girdi maliyet değişkenindeki değişimin sistemin toplam maliyetinde neden olduğu riski belirleme ve ölçmeye imkan verirken, olasılık teorisine dayalı Monte Carlo simülasyonu girdi değişkenlerinin tamamına ilişkin belirsizliğin sistemin toplam maliyetinde neden olduğu riski ölçmeye olanak tanımaktadır. Bulanık kümeler teorisine dayalı bu çalışmada izlenen yöntem ise Monte Carlo simülasyonunda olduğu gibi tüm girdi maliyet değişkenlerindeki belirsizliği sistemin toplam maliyetine taşıırken determinist yöntemlerle nokta tahmini olarak hesaplanmak istenen sistemin toplam maliyetini de riski modelleyen bulanık sayının özüne kısırmaktadır.

2. ARAŞTIRMA KONUSU VE AMACI

Yatırım projeleri ya da sistem tedarikinde ,proje ya da sistemin toplam maliyetine yönelik risk analizinde bulanık kümeler teorisine dayalı bir analiz yönteminden faydalanılması bu araştırmanın konusunu oluşturmaktadır.

Tedarik anlayışının bir sistemin alınıp kullanılması, elden çıkarılıncaya kadar geçen tüm süreçleri kapsar hale gelmesi, söz konusu sistemin ihtiyaç duyulan yer ve zamanda ikmalinin yapılması, tedarik edilenin gerçekte bir sistemden çok bir yetenek olduğu anlayışını ortaya koyması, sisteme yönelik ömür devri yaklaşımını gerekli kılmaktadır. Uzun ve karmaşık olan bu süreçte ömür devri maliyet analizi sonucunda bulunan toplam maliyet, maliyet kalemlerine yönelik çeşitli yöntemler kullanılarak yapılan tahminlerin bir bileşkesi olarak ,bir nokta tahmini şeklinde karar vericinin önüne getirilmektedir. İçinde belirsizlik ve risk taşıyan bu bilgi karar vermek için yeterli olmayıp, bu riskin analizini gerekli kılmaktadır. Bu noktada ortaya çıkan bu çalışmanın amacı, alanda yaygın kullanım olanağına henüz kavuşmamış olan bulanık matematiğe dayalı olarak riski modellemek ve özellikle sistem alternatifleri arasında bulanık matematikle yapılan ekonomik risk analizine dayalı olarak seçim kararını vermeye yardım etmektir.

3. ARAŞTIRMANIN ÖNEMİ

Yapılan araştırmalar neticesinde yatırım projeleri ya da sistem maliyetinin değerlendirilmesinde çoğunlukla duyarlılık analizi ya da olasılık teorisine dayalı yöntemlerle riskin modellendiğine rastlanmıştır.

Bulanık kümeler teorisi ise ağırlıklı olarak sözel ifadelerle dönük olarak kontrol sistemlerinde bir yöntem olarak kullanılmıştır. Tedarik sürecinde alternatifler arasından, alternatiflerin özellikleri dikkate alınarak,analitik hiyerarşi yöntemi ile birlikte doğru alternatif seçiminde ve optimizasyon gerektiren bir takım problemlerin çözümünde bir yöntem olarak kullanıldığına rastlanılmıştır(Çakır, 2001; Önder, 2000). Maliyet hesabında Chiu ve Park'ın

1994 tarihli çalışmalarında bu günkü değerin hesaplanmasında bulanık sayılardan faydalanmaları (Chiu, ve Park, 1994); Esogbue'nin 1998 tarihli çalışmasında ömür devrini tamamlayan sistemin yenilenmesine ilişkin çalışması(Esogbue, 1998), Kishk ve Al-Hajj'ın farklı ömür devrine sahip alternatiflerin ömür devri maliyetlerinin bulanık modellemesi üzerine yaptıkları çalışmalar alanda rastlanabilecek olan çalışmalardan bazılarıdır(Kishk ve Al-Hajj , 2000).

Bu çalışma Kishk ve Al-Hajj'ın çalışmasını temel almakta olup net bu günkü değer formülünün bulanık sayılardan oluşturulacak girdi değişkenleri ile bulunmasını hedeflemektedir. Bu çalışmada Kishk ve Al-Hajj'dan farklı olarak modele enflasyon faktörü ilave edilmiş olup, modelin uygulama süreci ana maliyet kalemlerinin bulunmasından itibaren Excel yazılımında her türlü sistem maliyetinin risk analizine uyarlanabilir hale getirilmiştir. Bu iki katkıya ek olarak ana maliyet kalemleri bulunana değin izlenen süreç Monte Carlo simülasyonunda izlenen sürece benzer bir şekilde oluşturulan bir algoritma ile sistematize edilmiştir. Bu algoritma birimlerle ifade edilen değişkenlerin oluşturulmasını ve böylelikle ana maliyet kalemlerine ulaşmayı sağlamaktadır. Dahil edilen bu algoritma sürecinde işlemler bulanık matematikte DSW algoritması yönteminin yaklaşık uygulanması ile bulanık sayıların yalnızca özünü ve dayanağını işleme sokarak işlem sonuçlarında doğrusallıktan ayrılmayı ihmal etmektedir. Bir sisteme ilişkin ana maliyet kalemlerinin bu günkü değerleri bulanık sayılarla ifade edilebildiği takdirde bu sayıların Excel'de oluşturulan modele girilmesi ve alfa değerinin değiştirilerek aynı değerlerin farklı alfa kesimlerindeki sonuçlarının alınması sonuç üyelik fonksiyonu görüntüsünün oluşturulması için yeterli olacaktır. Uygulamada kısa sürede sisteme ilişkin toplam maliyetin risk analizini yapmaya olanak tanıyan bu model, Klir ve Smith'in belirsizliğin modellenmesinde, tam işlevsel bir teori geliştirmede tatmin edilmesi gereken dört seviyeden, belirsizliğin ölçülmesinde anlamlı bir yöntem bulma seviyesine hizmet etmektedir(Klir ve Smith, 1999).

4. ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ

Çalışma genel olarak iki genel başlığı ele almıştır. Bunlar Ömür Devri Maliyeti(ÖDM) ve Bulanık Matematiktir. Ömür devri maliyetinin bulunmasındaki süreç ve bu süreçte ortaya çıkan riskin kontrolünde kullanılan yöntemlerden söz edilmiş, çalışmada kullanılan yöntemin dayalı olduğu bulanık kümeler teorisi tanıtılmış, uygulama aşamasında da askeri bir okulda kurulacak olan bir bilgisayar dershanesinin ömür devri maliyet risk analizi yapılmıştır.ÖDM Tahmininin (nokta tahmini)'aynı veriler kullanılarak uygulaması yapılmış ve risk analizi sonucunda bulanık sayının özünün bu nokta tahmini değerini içerdiği ve içermenin bir tesadüf olmayıp teorik olarak daima mümkün olacağı gözlenmiştir. Alternatifler arası maliyetlerin risk ölçümlerinin kıyaslanmasına olanak tanınması için başka bir projeye ilişkin ana maliyet kalemleri sanal olarak belirlenerek kıyaslama yapılmıştır .

Ana maliyet kalemlerini oluşturan (İlk maliyet,yıllık tekrar eden maliyet ve yıllık olmayan tekrar eden maliyet, restorasyon maliyeti ile hurda değeri) girdi maliyetlerin belirlenmesinde Monte Carlo Simülasyonuna benzer biçimde değişkenler belirlilik durumlarına göre sınıflara ayrılmış, hakkında veri olan değişkenlerin ortalaması, en küçük ve en büyük değerleri alınarak uzman onayında geçirildikten sonra üyelik fonksiyonları oluşturulmuş, veri olmayan değişkenler için uzman görüşüne baş vurulmuştur. Bilgisayar dershanesi projesi ana maliyet kalemleri tekrar etme durumlarına göre kategorilere ayrılmış ve bu ana kalemlerinin belli bir iskonto oranı ile indirgemeli olarak toplamı Net Bugünkü Değeri veren formülle elde edilmiştir. NBD formülünde gerçek sayılar yerine içinde belirsizliği modelleyen bulanık sayılar kullanılmıştır.

Bu çalışmada modellenen belirsizlik sisteme ilişkin elde bulunan geçmiş veriler ile uzman kişilerin bu yöndeki tahminlerinin içerdiği belirsizliklerdir.

a. Kuramsal Çerçeve

Belirsizliğin modellenmesinde günümüze değin çoğunlukla tercih edilmiş olan yaklaşımlar olasılık teorisini esas almışlardır. Maliyet hesaplamada olasılık teorisine dayalı simülasyon metotlarının karmaşık ve masraflı olması, istatistik ve olasılık teorisine dayalı diğer basitleştirilmiş olasılık metotlarının genellenebilir uygulama özelliği olmaması ve en önemlisi rassal belirsizliğe dayalı bu metotların istatistiksel olarak anlamlı bir analiz için geçmiş verilere ihtiyaç göstermesi istatistik ve olasılık teorisine dayanan maliyet hesabındaki zayıf noktalar olarak ele alınabilir(Kishk ve Al-Hajj, 2000). Yatırım yapılacak olan her projenin belirsizlik taşıyan değişkene ilişkin olasılık dağılımı oluşturmada geçmiş veri bulunmaması sık rastlanan bir durumdur.

Yetersiz geçmiş veri olduğunda değeri belirsiz olan değişkenlere ilişkin uzman görüşü alınarak sübjektif değerlemeye gidilmektedir. Geçmiş veri olsa bile bu verilerin sübjektif görüşlerle düzeltilmesi yaygın bir uygulamadır (Sobanjo,1999). Bu durum özellikle ÖDM analizinde kaçınılmazdır; çünkü geçmiş veriler asla tam bir çözüme ulaşmaya imkan vermezken sübjektif görüşlerle önemli derecede ayarlama yapmayı daima gerekli kılmaktadır. (Ashworth,1996).

Olasılık teorisine dayalı yöntemler doğal olarak kendi özüne ilişkin bazı varsayımları gerektirmektedirler. Özellikle değişkenlerin uyduğu kabul edilen dağılımlara gerçekte de uyuyor olması, değişkenler arası regresyon ya da korelasyon ilişkilerinde modellerin kendi şart koştuğu varsayımların pratikte gerçekleşmesi çoğunlukla mümkün değildir.

Bu çalışma risk (belirsizlik-değişkenlik) modellemesine bulanık matematik ile yaklaşmaktadır. Özellikle belirsizliğin yüksek düzeyde olduğu ve düzenli kayıt sistemleriyle verilerin kaydedilmeyip dolayısıyla eldeki verinin son derece yetersiz olduğu durumlarda olasılık teorisinde olduğu gibi varsayımlara dayanmayan bulanık kümeler teorisinden yararlanmak doğru bir hal tarzı olabilir.

Özellikle ülkemiz kamu kurumlarında düzenli kayıt tutmaya imkan veren bilgi sistemleri ve veri depolarının kurulu olmadığı, alımı yapılan her tür malın farklı amaçlarla , farklı kullanım yerlerinde ve farklı kullanıcılar tarafından kullanılıyor olmasının gerçekleşen maliyetlerin niteliklerine yüklediği belirsizlik bir önceki paragrafta ifade edilen duruma örnektir.

b. Hipotezler

Bu çalışmanın varsayımı, ömür devri maliyeti ekonomik risk analizinde riskin modellenmesinin bulanık sayılarla mümkün olabileceği ve bulanık matematikle sistemlere ilişkin toplam maliyetin riskinin ölçülerek alternatifler arasından seçim yapmanın mümkün olacağı şeklindedir. ÖDM'nin determinist bir şekilde bulunacak olan değerinin (nokta tahmini), bulanık kümeler teorisine dayalı olarak yapılacak risk analizi sonucu bulunacak olan toplam maliyete ilişkin riski modelleyen bulanık sayının özü tarafından kapsanacağı; dolayısıyla hem en muhtemel nokta tahminine hem de karşı karşıya olunan riskin toplam ölçüsüne yönelik yararlı bilgi elde edilecek olması diğer bir hipotezdir.

c. Kapsam ve Sınırlılıklar

Yalnızca üçgensel ve yamuk bulanık sayılardan yararlanılması ve yıllar itibariyle iskonto oranı ile enflasyon oranının sabit kabul edilmesi çalışmanın sınırlılıklarıdır. İskonto ve enflasyon oranına yönelik olarak , çalışmada önerilen algoritma başlangıçta (öz değer)tam olarak uygulanmış, ancak bu oranları temsil edecek olan bulanık sayıların dayanakları ortalamadan %10'luk aşağı ve yukarı dilimler alınarak sınırlandırılmıştır.

d. Veri Toplama ve Değerlendirme Tekniği

Tam belirsiz değişkenleri (kendisine ilişkin geçmiş veri olmayan) ifade eden durumlara ilişkin veri toplama; uzman görüşüne başvurma yolu ile sezgisel bir şekilde bulanıklaştırma sayesinde gerçekleştirilmiştir. Elde veri

olan değişkenlerin ortalaması, en küçük ve en büyük değerleri alınarak uzman onayında geçirildikten sonra üyelik fonksiyonları oluşturulmuştur. Toplanan verilerle ana maliyet kalemlerinin bulanık sayılar halindeki ifadeleri oluşturulduktan sonra kurulan modele yerleştirilerek uygulama yapılmıştır.

Veri değeri hakkında uzman görüşüne başvurulan durumlarda, değeri aranan veriye ilişkin en doğru değeri verecek ya da değer tahminini yapacak olma temel kriter olarak kabul edilmiştir. Bu sebeple ilgili maliyete neden olacak faaliyeti bizzat yapan kişi ya da o iş yapılacak olsaydı bu görevi alacak olan kişi ya da kişiler, yaptıkları görevler , uzmanı oldukları konular dolayısıyla sahip oldukları bilgiler dikkate alınarak uygulama yapılmıştır. Örneğin, kurumda uzun süredir bilgisayar dershaneleri ve binanın ilgili katının temizlik işlerini yürüten sivil görevli, projenin (bilgisayar dershanesi) gerçekleşmesi durumunda, aynı işi aynı koşullarda yapacağı için iş süreçlerine ilişkin görüşleri doğrudan alınırken, güncel bilgisayarın (son teknoloji ürünü işlemci PIV ya da dengi celeron işlemci,son işletim sistemi Windows XP) bir model gerisi sayılabilecek bilgisayar konfigürasyonunun değerine ilişkin ise kurumdaki bilişim uzmanları,teknisyenler,bilgisayar firmaları teknik ve satış bölümü çalışanları görüşleri ile ikinci el bilgisayar ticareti yapan işletme çalışanlarının görüşlerinden yararlanılmış,firma reklamlarında sunulan fiyatlara bakılmıştır. Bilgisayar teknolojisindeki eğilimlerin gelişen işlemciyle birlikte , ona uygun işlemci bellek , ana kart, kasa ve paralelinde gelişen işletim sistemiyle her seferinde yeni bir konfigürasyonu ortaya koyduğu görüşmeler sonunda varsayılmıştır.

Görüşü alınan uzmanlara yönelik şöyle bir sınıflandırma yapılabilir:

- Kurum alışanı (askeri personel):İşletme, bakım, onarım maliyeti gibi maliyetlere neden olan faaliyetleri yürüten kişilerdir. Aralarında bilgi sistemlerinin yönetici ve alışanları (Mühendis,teknisyen,otomasyon bilgi işlem kursu sertifikalı,bilişim uzmanı),enerji merkezi yönetici ve çalışanları (mühendis,teknisyen) bulunmaktadır.

- Kurum çalışanı (sivil personel):Kurumda uzun süredir bakım faaliyetlerini yürüten işi bizzat yapan kişilerdir.
- Bilgisayar firmaları (kurumun daha önce birlikte çalıştığı firmalar dahil):Teknik ve satışa ilişkin bölüm çalışanları.



İKİNCİ BÖLÜM

ÖMÜR DEVRİ MALİYETİ

1. TEDARİK VE ÖMÜR DEVRİ MALİYETİ

a. Satın Alma (Procurement)

Satın alma, kiralama veya bir şekilde proje, hizmet ya da malın elde edilmesi ve elde edilmesine ilişkin tüm fonksiyonları içerir. Gereksinimlerin tanımlanması ve kaynakların seçimini, sözleşmenin hazırlanmasını ve sözleşme yönetiminin tüm safhalarını kapsar.

b. Tedarik Sistemi (Acquisition)

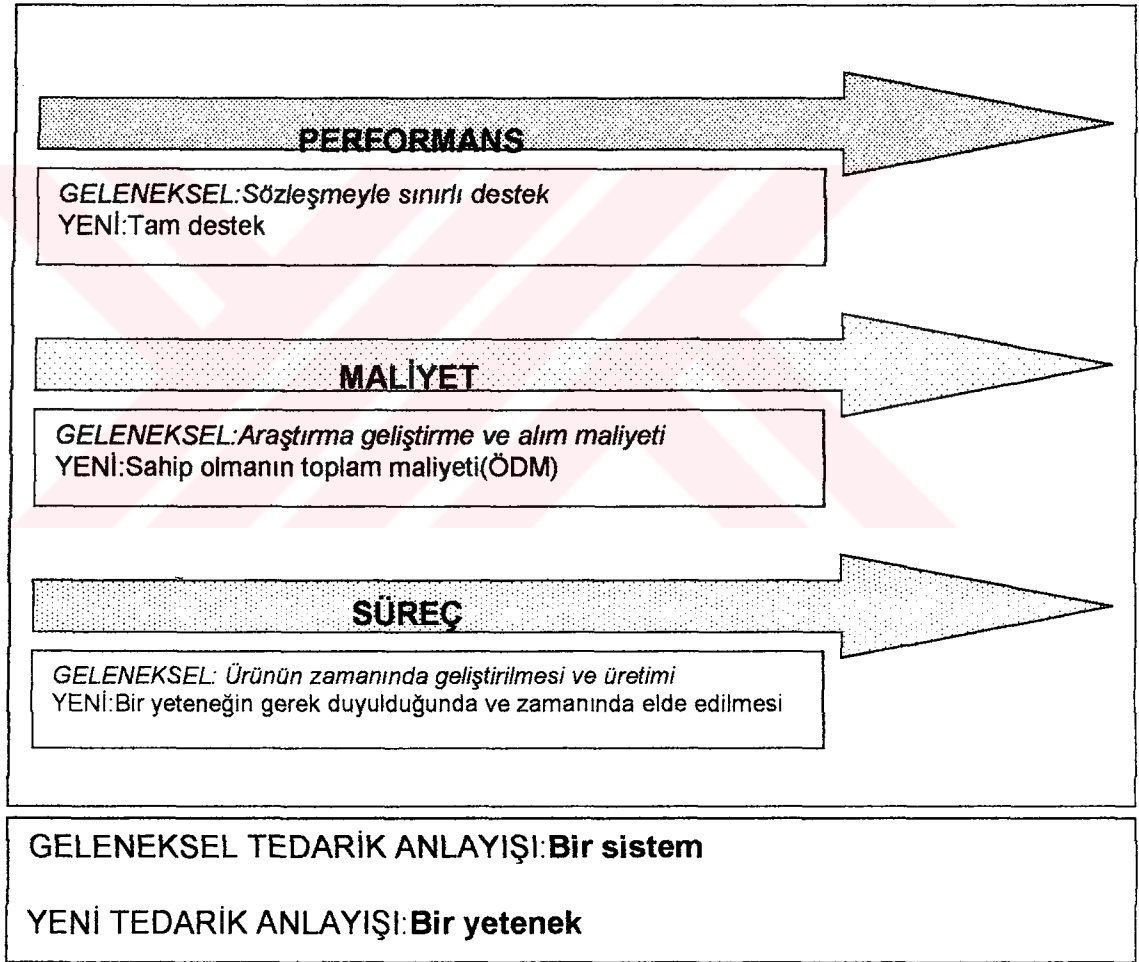
Mal, hizmet ve projelerin satın alma, kiralama ya da bağış yoluyla elde edilmesidir. Bu süreç ihtiyaçların tanımlanması, belirlenmesi, tedarik yönteminin seçimi, kaynakların tahsisi, sözleşmenin hazırlanması, ihale, finansman ve ihale yönetimi, alım, alım denetimi, depolama, idare, dağıtım ve sarf işlemlerinin birleşik bir fonksiyonu olarak düşünülebilir.

$$\begin{aligned} &\textbf{TEDARİK SİSTEMİ (ACQUISITION)=} \\ &\textbf{İHTİYACIN BELİRLENMESİ (REQUIREMENTS)} \\ &\quad + \\ &\textbf{ALIM (PROCUREMENT)} \\ &\quad + \\ &\textbf{İKMAL (SUPPORT)} \\ &\quad + \\ &\textbf{ELDEN ÇIKARMA (DISPOSAL)} \end{aligned}$$

Şekil-1: Tedarik Sistemi

Geleneksel tedarik anlayışı yalnızca bir sistemin üretimi, geliştirilmesi ve dağıtımını yaparken yeni tedarik anlayışı sadece bir sistemi değil yeteneği elde eder. Birliğin hedeflenen imkan ve kabiliyetinde tanımlı olan yeteneğin kendisinin devamlılığını esas alır, o yeteneğin gerektirdiği sistemi değil (Defence Acquisition Deskbook , 1997).

Geleneksel ve yeni tedarik anlayışının alınan yetenek ya da sisteme yönelik etkinlik anlayışı farkları Şekil 2'de görülmektedir.



Şekil-2: Geleneksel ve Yeni Tedarik Sistemi Anlayışı

Değişen anlayışlar doğrultusunda çoğu batılı ülkede uygulama imkanı bulan Akıllı Tedarik Sistemi (Smart Procurement);

- sistem tedarığının, Ömür Devri yaklaşımını esas alması,
- teknolojideki hızlı gelişme nedeniyle savunma sistemlerinin kullanım ömrünün kısalmasını önlemeye yönelik olarak sistem geliştirme süresini kısaltma ve sistemleri gelişmeye açık olarak tasarılma ihtiyacına cevap vermesi,
- savunma sistemlerinde yazılımın önem kazanmasından dolayı sistem güvenilirliğinin garantiye alınması düşüncesi ve kullanılan ileri teknolojiler nedeniyle karmaşılaşan sistemlerin geliştirilme sürecinde riskleri paylaşacak güvenilir milli yüklenicilere sahip olmayı gerektirmesi yönüyle şekilde bahsi geçen yeni tedarik anlayışına cevap verir niteliktedir(Savunma Sanayi Müsteşarlığı, 2001).

Buraya kadar olan bilgiler ışığında ÖDM, ihtiyaç duyulan yeteneğin, istenen yer ve zamanda elde edilebilmesine olanak tanıyan, yeni tedarik sistemi anlayış ve sürecinin tüm safhalarının sebep olduğu maliyet toplamı şeklinde bakılabilir.

2. ÖMÜR DEVRİ MALİYETİ TARİHSEL GELİŞİMİ

ÖDM'nin başlangıcına ilişkin yazılı kaynaklar yeterince belirlilik göstermemekle beraber, 1930 Yılında Eugene L. Grant tarafından yazılan Mühendislik Ekonomisinin Prensipleri 'Principals Of Engineering Economy' isimli yayın o devirde mühendislik ekonomisi ile ilgilenenlerin klasik bir referansı olmuştur.

1933 Yılında ilk devlet yayını Birleşik Devletler Komp. Dairesi tarafından basılmış ve 'GAO General Accounting Office' (ABD Sayıştay) traktör alımlarında ihalelerin ilk 8000 saatlik kullanım maliyetlerini de dikkate almasını şart koşturmuştur.

1940-1950 yılları arası ÖDM açısından sönük geçmiştir. Bunun sebebi savaş nedeniyle malzeme ve işgücünün yeni yedek malzeme ihtiyacı ile

Üretim prosedürleri için daha geniş araştırma ihtiyaına sarf edilmesi olmuştu.

1961’de Bina Maliyet Analizinin Yöntemleri adıyla önemli bir konferans gerçekleştirildi. Bu konferans binaların ısınmasından, i havasının temizliğine dek tüm enerji sarfiyatlarını dikkate alıyordu. Karmaşıklaşmaya başlayan silah sistemlerinin maliyetlerinde olan artışlar, yaşam sürelerinin uzaması ve uzayan bu yaşam süreleri içinde önceleri dikkate alınmayan yüksek oranlarda maliyetlerin yattığının anlaşılması, bu çalışmaların sonucu olmuştur.

ABD Savunma Bakanlığının 1964 yılında yayımladığı direktifle DM’yi en aza indirmeyi hedefleyen tasarım belirtilmiştir ‘DOD Directive 4100.35’.

1970’lerde DM’ye ilişkin üç ayrı rapor hazırlanmıştır.

1. Life Cycle Costing Procurement Guide (1970)
2. Life Cycle Costing In Equipment Process (1970)
3. Life Cycle Costing Guide For System Acquisition (1973)

şimşeğin GAO Report, 1972’den aktardığına göre bir hastaneye ilişkin yapılan çalışmada işletme maliyetlerinin daha 3. ve 4. yılında yatırım maliyetlerini geçtiği görülmüştür(şimşeğ, İ. 1999).

1973’lere doğru 25’ten fazla basılan yayınla DM’e göre tedarik anlayışı zorunlu hale getirilmiş, Savunma Bakanlığı için bu durum en üst noktasına getirilmiştir.

1975’te enerji politikası ve enerjinin tasarrufuna ilişkin yasalarla uzun vadeli maliyet analizlerinin gereği bir kez daha kendini göstermiştir.

1976 Yılında DM çoğu bakanlık için zorunlu hale getirilmiştir.

Bütün bu gelişmeler işığında ABD Savunma Bakanlığı ana sistem tedarikinde DM’yi esas almaktadır.

Aynı şekilde NATO'da kurulan bir teknik çalışma grubu ÖDM 'ye yönelik esasları belirleyerek bu konuda metodoloji geliştirmiştir.

3. ÖMÜR DEVRİ MALİYET KAVRAMI

ÖDM analizi, bir proje veya herhangi bir sistem alternatifinin konsept safhasından, araştırma geliştirme, işletme, idame ve kullanımdan çıkarılması da dahil olmak üzere tüm süreçte ortaya çıkabilecek maliyetleri hesaplamaya yönelik geliştirilmiş bir metod işlemler zinciridir (Özgil,2002).

Küçüktepe'nin Dhillon,1989'dan aktarmasına göre ÖDM bir varlığın yaşamı boyunca neden olduğu tüm maliyetlerin toplamıdır (Küçüktepe,2000).

Bu tanımlardan da anlaşılacağı üzere ÖDM bir sistemin yalnızca alım aşamasında neden olduğu maliyetleri değil ,o sistemin yaşamı boyunca neden olduğu tüm maliyetleri ifade eder.

a. Ömür Devri

Adım adım yürütülecek analiz süreci sistemin ömür devri boyunca uygulanabileceği gibi belli bir safhasına yönelik olarak da uygulanabilir. Bu durumda ömür devrinin net olarak belirlenmesi ya da uygulamanın yöneltileceği safhanın açıkça ortaya konması analizin başta gelen bir çerçevesidir. Bir sistemin ömür devrine üç farklı yönden bakılabilir (Kirk ve Dell'Isola,1995)

(1) Teknolojik Ömür

Hızlı teknoloji değişimi nedeniyle sistemin eskimiş, demode olmuş bir hale dönüşmesi anına kadar geçeceği tahmin edilen süredir.

(2) Faydalı Ömür

Bir sistemin önceden belirlenmiş performans standartlarına uygun olarak işlevini yerine getireceği tahmin edilen süredir.

(3) Ekonomik Ömür

Bir sistemin mevcut şartlarda en az maliyete sebep olarak işlevini yerine getireceği tahmin edilen süredir.

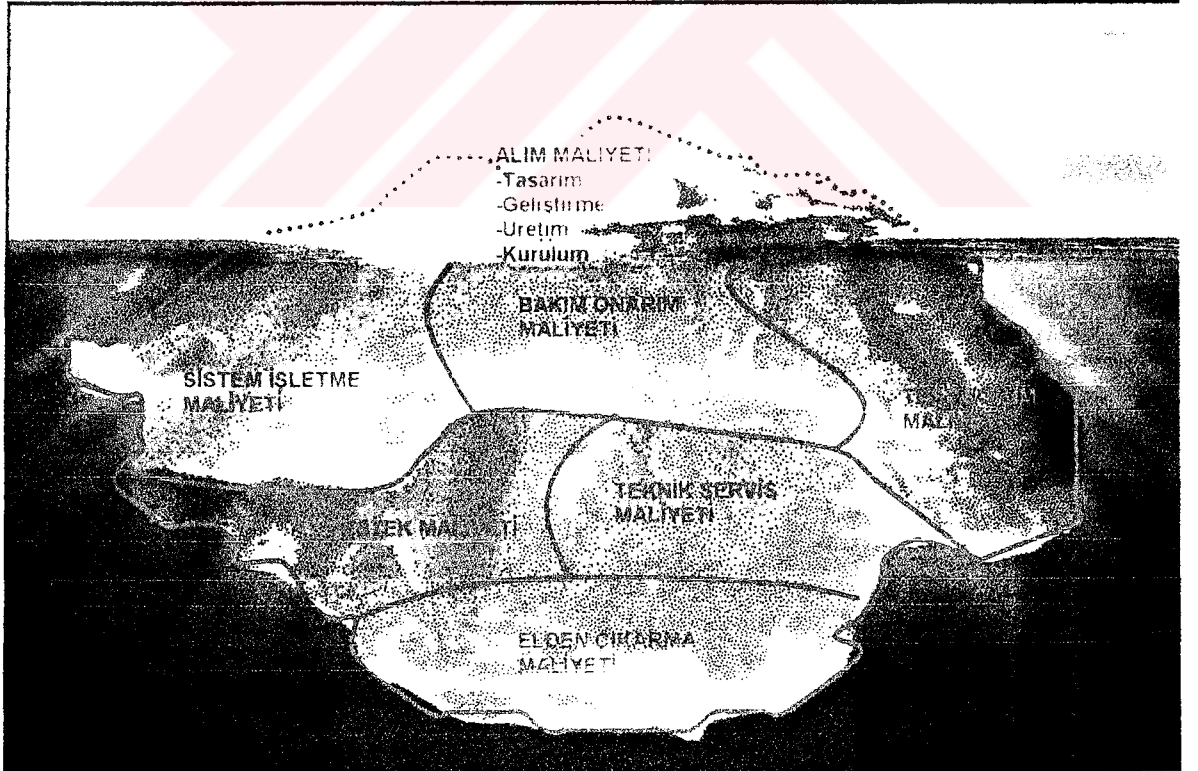
Maliyet minimizasyonu açısından bakıldığında ekonomik ömür en önemlisi olmakla beraber teknolojik ve faydalı ömürlerin de ekonomik ömür tahmininde kesinlikle göz önüne alınması gereken hususlar olduğu bilinmelidir. Baştan bir milli yüklenicinin seçildiği ve uzun süre boyunca kazan-kazan (win-win) taktiğiyle sürecin devam ettirildiği yeni tedarik anlayışı açısından bakıldığında bir yetenek ya da sistemin ömür devrinin belirleyicisi başlangıçta üzerinde anlaşılan sözleşmenin süresi de olabilecektir.

Enflasyonun yükselmesi, çoğu ürün ve sistemin maliyetlerinde yaşanan artış, alım gücünde sürekli yaşanan düşüş, bütçe sınırlılıkları, artan rekabet ve benzeri ekonomik trendlerin birleşimi bir sistem ya da ürünün maliyetiyle bütünüyle ilgilenilmesi bilincini oluşturmuştur (Blanchard,1991). Bu doğrultuda yaşanan tecrübeler sistemlerin maliyetlerindeki artışın alım maliyetinden ziyade işletim ve destek maliyetinden kaynaklandığını ortaya koymuştur. Bu durum, kullanımda olan ürün ve sistemlerin düşük kalitede olmalarına rağmen maliyetinin yükselmesi, tasarım ve geliştirme sürecinde mühendislik değişikliklerinin neden olduğu artışlar, tedarik sürecinde yaşanan tedarikçi değişimlerinin neden olduğu artışlar, sistemin üretimi ya da kurulumunda olan değişikliklerin neden olduğu artışlar, lojistik destek yeteneğindeki değişikliklerin neden olduğu artışlar, başlangıçta yapılan tahminlerin kesin olmayışı ve dolayısıyla değişen prosedürlerin neden olduğu artışlar, önceden görülemeyen problemlerin neden olduğu artışlar gibi sebeplerden kaynaklanan maliyet artışları ve enflasyonun bir bileşkesidir.

Son birkaç on yıla ilişkin tecrübeler, yukarıda belirtilen sebeplerden kaynaklanan maliyet artışlarının enflasyon oranının sebep olduğu fiyat artışlarının 5-10 katı civarında olduğunu ortaya koymaktadır. Aynı zamanda bütçe tahsisleri yıldan yıla azalmaktadır. Sonuç yeni sistemlerin alımı , işletmesi, bakım ve idamesi için daha az para anlamına gelmektedir. Enflasyon ve maliyet artışları dikkate alındığında projeler için ayrılan fonların artan bir oranda azaldığı gerçeği ortaya çıkmaktadır.

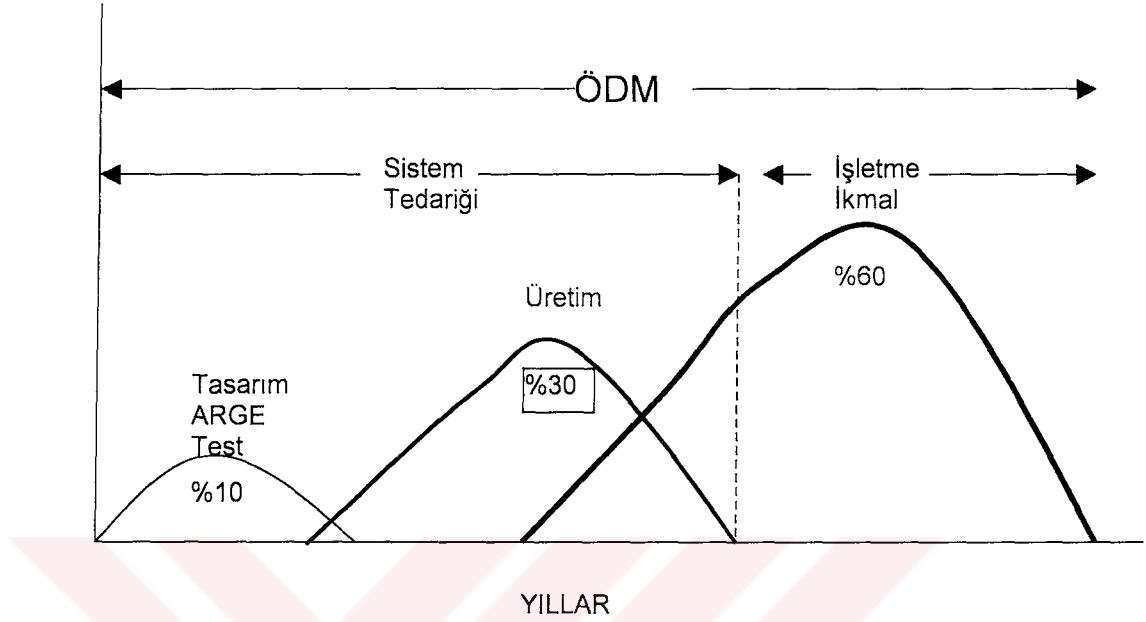
Bu gerçekler ışığında ürün ya da sistemin maliyetine ilişkin ortaya çıkan ek problemler karmaşık bir ekonomik duruma sebep olmaktadır. Bu problemlerden bazıları şöyle sıralanabilir:

-Sistemin toplam maliyeti, özellikle de işletme ve bakıma ilişkin olan kısmı çoğunlukla görülebilir değildir. Maliyet görülebilirlik problemi bir buzdağı etkisine sahiptir (Şekil 3).



Şekil-3: Maliyetlerin Buzdağı Etkisi

Kanada'da yapılan bir çalışmaya göre bir savunma sistemine sahip olmanın toplam maliyeti içinde en büyük payı işletme ve bakım maliyetlerinin yüklendiği Şekil 4'te görülmektedir (Şimşek,1999).



Şekil-4: Maliyet Ağırlıkları (Hanratty,1999).

-Maliyet tahmininde maliyet kalemlerinin yanlış tanımlanması ve özellikle de yanlış kategorilendirilmesi sık rastlanan durumlardandır.

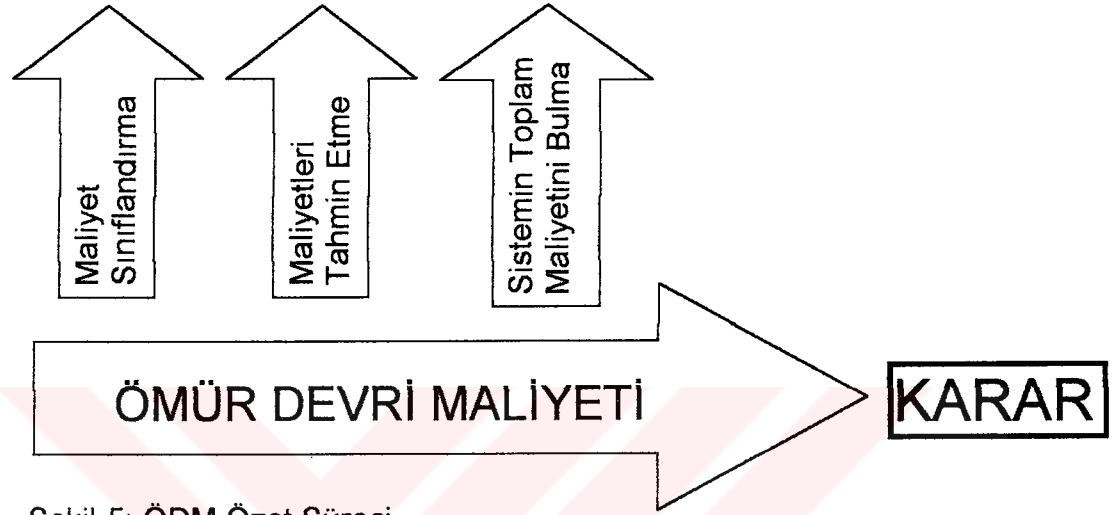
-Var olan muhasebe prosedürleri gerçekçi ve zamanlı olarak toplam maliyet değerlemesine olanak tanımaz.

-Bütçeleme süreçleri kaynak tahsislerinin yer değiştirmesine olanak sağlayacak yeterlilikte esnek değildir.

4. ÖMÜR DEVRİ MALİYET ANALİZİ AMAÇLARI

ÖDM analizinin yapılma maksatları yeni ekonomik trendlerin birleşiminin ortaya koyduğu yeni ve karmaşık ekonomik durumun ortaya çıkardığı problemler nedeniyle çeşitlilik gösterebilir. Bunlardan bazıları şunlardır.

- Proje alternatifleri arasında seçim
- Öneriler arasından seçim
- Uzun vadeli planlama ve bütçeleme
- Sürmekte olan projelerin kontrol ve yönetimi
- Lojistik konseptlerin kıyaslanması
- Bir projenin ömrünü tamamlaması nedeni ile yenilenmesi



Şekil-5: ÖDM Özet Süreci

Şekil 5'te görüleceği üzere verilecek olan karara temel teşkil edecek olan, sistemin ömür devri maliyetinin bulunması sürecinde aşılması gereken en kritik zorluk bilinmeyen maliyet değerlerinin tahminidir. Çeşitli yöntemler kullanılarak ulaşılan tahmini değerler, içersinde taşıdıkları belirsizlik ve risk nedeniyle karar vermeyi zorlaştırmaktadır. Bu çalışma sistemin ömür devri maliyetine yönelik ekonomik risk analizi ile karar vericinin karşı karşıya kaldığı riskin belirlenmesi ve ölçümünde çoğunlukla tercih edilen duyarlılık analizi ve istatistiksel yöntemler yanında kullanılabilecek olan bulanık kümeler yaklaşımını esas almaktadır.

5. MALİYETLER VE SINIFLANDIRMA

Ekonomik analizlerde maliyet faktörleri çeşitli şekillerde sınıflandırılabilir. Maliyetleri farklı bileşenlere göre sınıflandırmak maliyet kaynaklarının kontrolü dolayısıyla da maliyetlerin tamamını ele almaya olanak sağlar (Blanchard,1991).

ifade dershaneler

İt işletmelerinde talep ve kapasite
İmi ve dershaneler üzerine
ama

☐	120604	Demand and capacity management on service business and application of specialized courses	Burak Alpman	Yüksek Lisans	2002-	-	-
☐	110406	Özel okullarda, devlet okullarında ve dershanelerde çalışan lise öğretmenlerinin iş tatminlerinin karşılaştırılması Difference between job satisfactions of teachers working in high schools, private colleges and university courses	Fatih Ağan	Yüksek Lisans	2002-	-	-
☐	109093	Yeniden üretim kuramı açısından dershanelerdeki farklılaşmalar	Zeki Aksöz	Yüksek Lisans	2001-	-	-
☐	108584	Üniversite sınavını kazanamayan özel dersane öğrencilerinin ortak özellikleri ve özel dersanelerin bu öğrencilere ÖSS'deki puan getirisi The Common features the students who couldnt pass university entrance exam and the use special course to these studentsas mark (in Kayseri example)	Ahmet Öztürk	Yüksek Lisans	2001-	-	-
☐	107117	Özel dersane öğretmenlerinin sorunları ve çözüm önerileri (Kocaeli il merkezi örneği) Problems and solution suggestions of teachers at private courses	Adnan Demir	Yüksek Lisans	2001-	-	-
☐	105654	ÖSYM sınavlarına girişte dershanelerdeki kimya eğitiminin katkıları The Attributes of chemical education of privates education support school at the examination of the Center of Student Election and Settlement	Hayrettin Terzioğlu	Yüksek Lisans	2001-	-	-
☐	103845	Üniversiteye giriş sınavındaki sistem değişikliğinin ortaöğretim kurumları ve özel dershanelere etkileri üzerine bir inceleme A Study on the system changes in university entrance examination have effects on secondary educational institutions and private educational courses	Saliha Kutluer	Yüksek Lisans	2001-	-	-
☐	85911	Okullarda ve dershanelerdeki kimya öğretiminin karşılaştırılması	M. Cemil Üren	Yüksek Lisans	1999-	-	-
☐	82042	Dersane deneme sınavları ile ÖSS ve ÖYS arasındaki ilişki The Relationship of trial examinations of specialized courses with student selection examination and student placement examination	Nuri Doğan	Yüksek Lisans	1999-	-	-
☐	73647	Özel dershanelerin genel görünümü ve öğrenci görüşleri (Ankara ili örneği) A General perspective of preparatory schools and students views (Ankara case)	Hüseyin Şirin	Yüksek Lisans	1998-	-	-
☐	72527	Özel dershanelerdeki ölçme ve değerlendirme servislerinde çalışan elemanların görevleri ve hizmetlerin etkililiğinin değerlendirilmesi Functions of medp in special course institutions and evaluation of these functions	Zekeriya Nartgün	Yüksek Lisans	1998-	-	-

a. İlk Maliyet ya da Yatırım Maliyeti

Bir sistemi almanın ya da bir projeyi başlatmanın maliyetidir. Tek seferlik olan bu maliyet türü yatırım maliyeti denen maliyet grubunu özellikle dikkate almaya yarar. Bu maliyet yeni alınan bir malzeme için alım,nakil,kurulma ve eğitim maliyetlerini içerirken bir sistem için mühendislik tasarımı ve geliştirme maliyetlerini, test ve geliştirme maliyetlerini,kurulum,üretim,nakil ve eğitim maliyetlerini içerir.

b. İşletme ve Bakım Maliyeti

İlk maliyetler bir kez gerçekleşirken işletme ve bakım maliyetleri sistemin faydalı ömrü boyunca tekrar eder. Bu maliyet kategorisi işletme ve bakım personelinin işçilik maliyetlerini, enerji ve yakıt maliyetlerini, işletme ve bakıma ilişkin ikmal maliyetlerini,parça maliyetlerini, sigorta ve vergi maliyetleri ile endirekt maliyetleri içerir.

c. Sabit ve Değişken Maliyet

Sabit maliyetler sistemin kullanım ve bakım sıklığından bağımsızdır. Bu maliyet tipinin içerdiği maliyet kalemlerinden bazıları amortisman, vergi, sigorta, yatırıma konu olan sermayenin faizi, satış programları, belirgin yönetsel giderler ve araştırmadır. Değişken maliyetler ise elde edilen çıktı ile belli bir oran dahilinde ilişkisi olan maliyetlerdir. Direkt işçilik, direkt malzeme, direkt güç gibi benzeri tüm maliyet kalemleri değişken maliyet tarafından kapsanır.

d. Marjinal Maliyet

Mevcut çıktıdaki bir artışın maliyette yapacağı artış olarak tanımlanabilecek olan bu maliyet, çıktı miktarına ilişkin maliyetin miktar artışına yönelik duyarlılığını ifade eder.

e. Direkt ve Endirekt Maliyet

Direkt maliyet kalemleri ürünle doğrudan ilişkilendirilebilirken endirekt maliyet kalemleri için bu durum söz konusu değildir. İşçilik, malzeme ve masraflar direkt ve endirekt olabilir.

f. Toplam Maliyet ve Birim Maliyet

Toplam maliyet sistemin ömür devri boyunca sebep olduğu tüm maliyetlerin bir kümesidir. Birim maliyet ise ürün başına maliyet, birim zamanda maliyet, kişi başına maliyet gibi toplam maliyetin herhangi bir maliyet faktörüne olan oranıdır.

g. Tekrar Eden ve Tekrar Etmeyen Maliyetler

Projenin ömrü boyunca kendisini tekrar eden maliyetler ile bir kez gerçekleşen maliyetleri ifade eden bu sınıflama, bu çalışmada da temel alınmış olan maliyet sınıflamasıdır. Yatırım maliyetleri bir kez gerçekleşirken işçilik ya da bakım maliyetleri kendilerini tekrar eden maliyetlerdir.

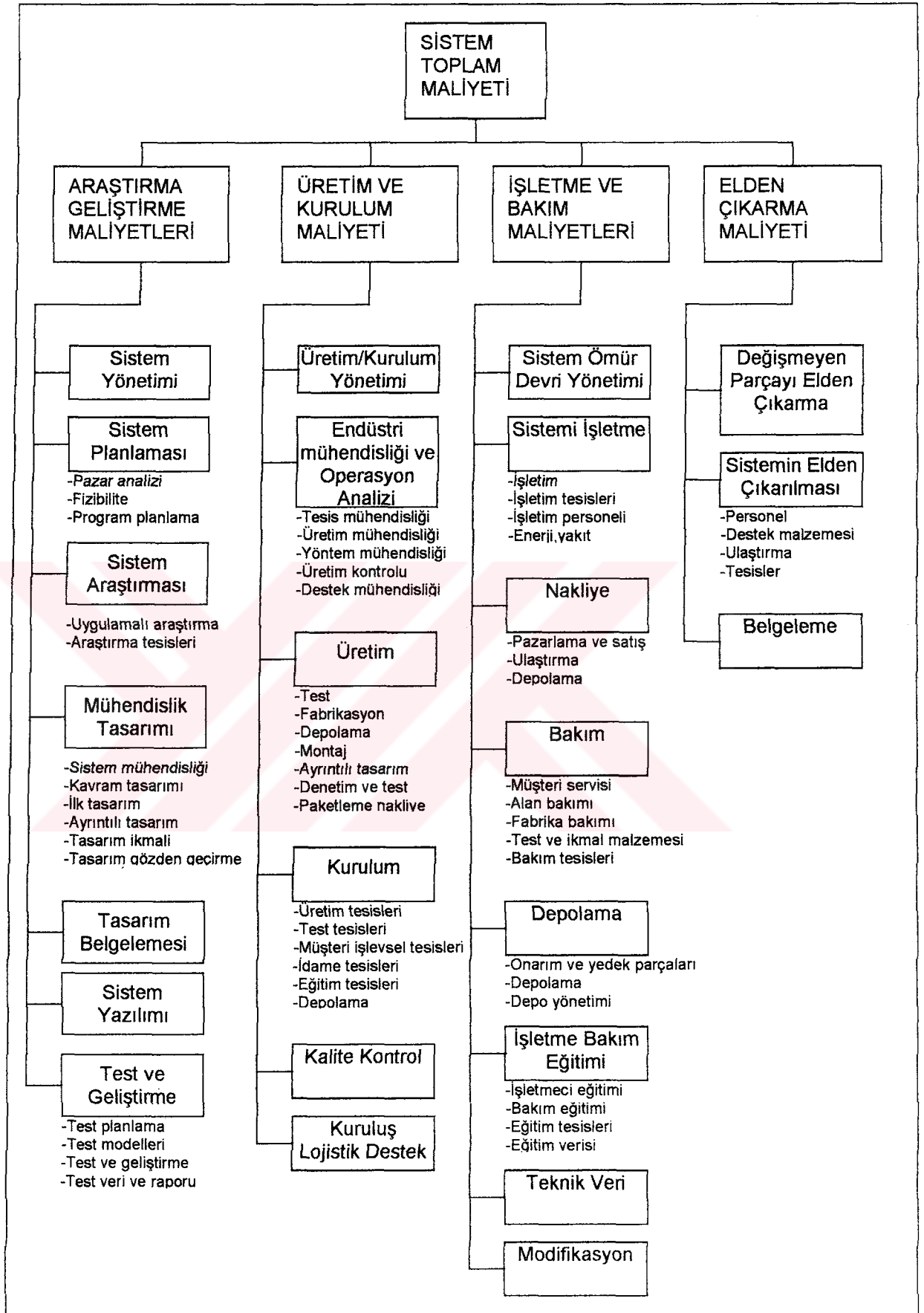
h. Geçmiş Maliyet

ÖDM analizini yapmakta olan araştırmacı sisteme/sistemlere ilişkin gelecekte sağlayacağı faydaların en iyimser olanını bulmayı umut eden bir eğilim içerisindedir. Yatırım alternatiflerinin geleceğe ilişkin sonuçları yalnızca bu günkü verilecek kararlardan etkileneceği için geçmişe ilişkin verilmiş kararlar neticesinde gerçekleşmiş olan maliyetler araştırmacı tarafından dikkate alınmaz. Ancak geçmiş maliyetlerden yeni alternatiflere ilişkin maliyet tahminlerinde bulunmada faydalanılabilir. Geçmiş maliyetler incelenmekte olan yeni alternatiflerin ÖDM 'ne gerçekte bir katkı yapmazken (yeni alternatifin ÖDM'nin getirdiği gerçek maliyeti saptırmak), alternatifler arası tercihte anlamsız yere her alternatife aynı geçmiş maliyeti eklemeye çalışmak maliyet tahmin sürecinde gereksiz bir girdidir.

i. Maliyet Analiz Yapısı

Maliyetleri sınıflandırmanın bir başka yolu olan MAY'nın ortaya koyduğu sınıflama ömür devri tabanlıdır. MAY bir mantık ilişkisi içinde amaçlarla etkinlikleri ve kaynakları birbirine bağlar. Tüm ömür devri maliyet kalemlerini içermesi, belirlenmiş bir etkinlik ya da malzeme seviyesine dek ayrıntıyı içermesi ve ekte olan tüm çalışanların belirtilen kalemlerden aynı şeyleri anlamaları MAY'nın başta gelen karakteristikleridir. Şekil 6'da örnek bir MAY görülmektedir (Blanchard, 1991).





Şekil-6: Maliyet Analiz Yapısı

Ömür devri boyunca karşılaşılabilecek ana maliyet kalemleri dört kategoride sınıflandırılabilir.

-Araştırma geliştirme maliyetleri:İlk planlama, pazar analizi, fizibilite çalışmaları, ürün araştırması, ihtiyaçlar analizi, mühendislik tasarımı, tasarım verisi ve dokümantasyonu, program, mühendislik modellerinin test ve geliştirilmesi maliyetlerini kapsar.

-Üretim ve kurulum maliyetleri:Endüstri mühendisliği ve işlevsel analiz, tesis kurulumu, üretim, süreç geliştirme, kalite kontrol ve başlangıç lojistik destek maliyetlerini kapsar.

-İşletme ve bakım maliyetleri:Sistemin dağıtımı, sistem ömür devri boyunca lojistik destek (Müşteri servisi,bakım, onarım, test ve malzeme desteği, sistem modifikasyonları vb.)

-Elden çıkarma maliyetleri:Hurda değer ya da imha etme.

6. ÖDM ANALİZİNDE İZLENECEK SÜREÇ

-Maliyete neden olacak tüm faaliyetlerin belirlenmesi

-Her faaliyete ilişkin maliyet kalemlerinin neler olduğunun belirlenmesi

-Belirlenen maliyet kalemlerinin değerinin bugünkü değer cinsinden tahmin edilmesi (Beş yıl sonra gerçekleşecek bir maliyetin beşinci yıldaki değerinin bulunması sürecine bu günkü değeriyle başlamak için)

-Geleceğe yönelik olan maliyet kalemlerinin gelecek değerlerinin bulunması

-Tüm maliyetlerin bugünkü değerlerinin bulunması

-Maliyet analiz yapısına (MAY-CBS)göre ana maliyet gruplarının maliyetlerinin belirlenmesi

-ÖDM hesaplanması (Özkil,2002).

7. ÖDM ANALİZİNDE MALİYET TAHMİN YÖNTEMLERİ

YUKARIDAN AŞAĞIYA YÖNTEMLER(Top-Down)		AŞAĞIDAN YUKARIYA YÖNTEMLER(Bottom-Up)	
Uzman Görüşü (Expert opinion)	Diğer yöntemler uygun olmadığında kullanılır. Güvenilirliği uzmanın tecrübe ve bağımsızlığına bağlıdır.	Endüstri mühendisliği (Industrial Engineering)	Ayrıntılı tasarım gerektirir. Katalog fiyatları, tedarikçi fiyatları, malzeme maliyetleri gibi. Daha doğru sonuçlar üretirken fazlaca zaman alıcıdır.
Karşılaştırma (Analogy)	Benzer programların gerçek maliyetlerine dayanır. Genellikle bazı ayarlamalar gerektirir. Kesinliği programlar arası benzerliğe bağlıdır.	Parametrik (Parametric)	Ana alt sistemlerin maliyetini tahminde kullanılabilir. Tasarım değişikliklerinin etkilerini değerlendirmede oldukça uygundur.
Parametrik (Parametric)	Geçmiş verilere dayanır. Ölçülebilir parametreler ile maliyetler arası ilişki regresyon analizi ile belirlenir. Anahtar parametrelere dayanılarak sistem maliyetleri tahmin edilir.		

Tablo-1: ÖDM Analiz Yöntemleri (Stepp ve Ldaggert, 2002)

a. Analoji

Mevcut sisteme ilişkin maliyetlerin , daha önce envanterde bulunan ,bilinen benzer bir sistemin maliyetlerini inceleme ve aradaki farklılıkları ortaya koyma esasına dayanmaktadır(Özkal,2002).

1950'lerde uçak şirketlerinin uçaklarla füzeler arası kurdukları anoloji makro seviyede bir örnek olarak verilebilirken benzer işlere ilişkin işçilik saatlerinin belirlenmesi mikro seviyeye iyi bir örnektir (Blanchard,1991). Tahminin altında yatan temel nokta bilinen sistemle üzerinde çalışılmakta olan sistem arası benzerliktir. Konuyu bilen uzman tahmin ediciler gerçeğe olabildiğince yakın tahminler yapabilmektedirler. Bu özellikli uzman kişiler hızlı bir tahmine gerek duyulduğunda (analoji yönteminde) çoğunlukla başvurulmuş kişilerdir.

Proje A için 10 000 direkt işçilik saati, ve 4000 makine saati gerekiyor ise A ve B projesi arasındaki benzerlik ve farklılıkların belirlenmesi neticesinde, B projesinin direkt işçilik ve makine saati sırasıyla 8000 ve 3200'dür şeklinde tahmin edilebilir. Bu şekilde izlenebilecek bir yol ile kabul edilebilir bir oranla toplam proje maliyeti çıkarılabilir.

Bu yöntemin uygulanabilmesi için ÖDM analizi yapılacak olan sistemin eldeki mevcut sistemlere , tasarım , operatif kullanım ve bakım politikaları açısından benzer olup olmadığı araştırılmalıdır. İki sistem arası benzerlik derecesinin yüksek olması ,sistemler arası farklılığın ortaya konması ve bu farklılıkların ÖDM üzerindeki etkisinin belirlenmesi açısından önem arz eder.

b. Parametrik

Bu yöntem basit grafiklerden çoklu regresyona varıncaya dek geniş manada istatistiksel teknikler gerektirir. Her durumda amaç faktör ya da faktörler ile maliyet değişimleri arası fonksiyonel ilişkileri bulmaktır. Bu faktörler çıktı oranı , ağırlık ebat vb. maliyetin dayalı olduğu faktörlerdir. Çoğu durumda tercih edilen bu yöntem geçmişe ilişkin veriler bulunamadığı durumda mühendislik ya da anoloji yöntemini gerekli kılmaktadır.

Parametrik yöntem , maliyet tahmin ilişkileri ile maliyeti , onu oluşturan değişkenlerin bir fonksiyonu olarak tanımlarken çeşitli parametrik tahmin modelleri ile ihtiyaca göre modeller öne sürer.

c. Mühendislik

Aşağıdan yukarıya yaklaşımın en tipik örneği olan bu yöntem diğer yöntemlere göre en çok veriye gerek duyan bir yöntemdir. Tüm maliyet kalemlerine ilişkin yoğun bir analizi ifade eden bu yöntem tahminlere ulaşmada o an üzerinde çalışılan maliyet kaleminin belirsizlik ve karmaşıklık durumuna uygun olarak çeşitli yöntemlerden yararlanmayı gerekli kılar.

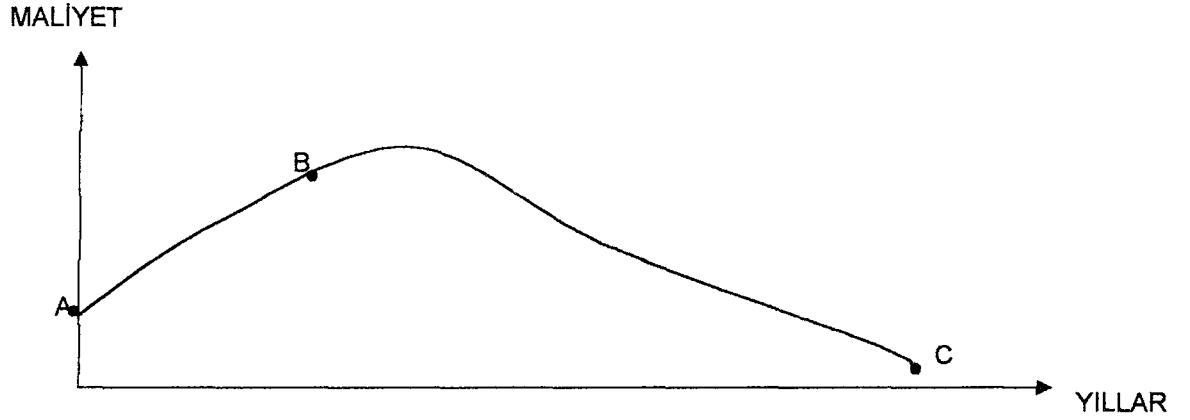
d. Uzman Görüşü

Bu yöntem özellikle geçmişe yönelik veri olmadığı takdirde, geçmiş ve gelecek sistemler ile yeni geliştirilmekte olan tek örnek sistemler arasında değerlendirme yapılması esnasında kullanılmaktadır. Bununla birlikte uzmanların yanlılığı, geçmiş ve yeni başlayan sistemlere ilişkin gerekli bilgi eksikliği kullanıcıyı sıkıntıya sokabilir. Uygulama bir veya daha fazla uzman personel tarafından tasarlanan proje ya da sisteme ilişkin uzman anlayış ve tecrübelerinin karşılaştırılmasıyla olur. Bu konuda çoğunlukla DELPHI ve analitik hiyerarşi süreci gibi yöntemler kullanılmaktadır.

8. ÖDM RİSK ANALİZ YÖNTEMLERİ

Bir sistemin ÖDM'i çeşitli amaçlarla sistemin yaşam ömrünün herhangi bir anında hesaplanmak istenebilir. Şekil 7 A noktasında yapılacak bir analizde sistemin yaşam ömrü henüz başlangıç noktasında olduğu için maliyet kalemleri geleceğe ilişkin olacak ve taşıdığı belirsizlik nedeniyle tahmin yöntemlerini kullanmayı zorunlu hale getirecektir. B noktasında ise sisteme ilişkin gerçekleşmiş bir takım maliyetler bulunmaktadır. Bu maliyetler kayıtlardan gerçek haliyle alınırken B anından sonraki maliyetlere yönelik belirsizlik gerçek değerler yerine tahmini değerlerin bulunmasını gerekli kılacaktır. C noktasında yapılacak bir ÖDM analizi ise sonraki uygulamalarda fazlasıyla yararlı olacak bir veri tabanı hazırlamaya temel teşkil edecek ve eğer kaydı düzenli olarak tutulmuşsa tamamı gerçekleşmiş maliyet kalemleri

söz konusudur ki bu durum başka sistemlere ilişkin ÖDM hesabında iyi bir referans olmaya adaydır.



Şekil-7: Maliyetlerin Tahmin Noktası

Şekilde de görüldüğü üzere C noktası dışında yapılan tüm maliyet analizleri belirsizliği içermektedir. Bir tahminle değiştirilen bu belirsizlik tek bir sonuç olarak karar vericinin önüne getirilerek bir nokta tahmini yapılmaktadır. ÖDM analizinde A noktasına yaklaştıkça çoğu amaç için (özellikle de alternatifler arası seçim) daha doğru bir değerlendirme yapabilmek için ÖDM risk analizine gerek duyulmaktadır. Bunun sebebi ÖDM analizinin belirsizlikleri çeşitli yöntemlerle tahmine dönüştürme sürecinde belli kabullerle hareket etmesi ve dolayısıyla yeterince objektif olamamasıdır. Oysaki ÖDM risk analizi belirsizlikleri yanlı bir şekilde eritmeksizin olabildiğince sonuca taşıyabilme özelliğine sahip olduğundan karar aşamasında karar vericiye daha çok bilgi sağlayacaktır.

ÖDM risk analizi bir ÖDM'ini oluşturan maliyet unsurlarının, oluşumu kesin olarak belirlenemeyen gelecekteki olaylara bağlı olduğu gerçeğini dikkate alan ve bu belirsizliği modelleyen bir yöntemdir. Diğer bir yaklaşımla beklenen değer ile gerçekleşen değer arası fark olarak tanımlanabilecek olan riski belirleyen ve ölçen bir süreçtir.

ÖDM analizinde girdi değişkenlerine ilişkin belirsizlikler.

-Miktarlardan (kaç metre kablo, kaç ton kum vb.)

-Alım yapılacağı zamanki birim fiyatlardan (kablunun metresi,kumun tonu vb.)
-Alım zamanı (bir parçanın değişmesi vb.)
gibi sebeplerden kaynaklanarak bulunan bugünkü değer içinde sübjektif olarak yer alacaktır.

Bu durumda ortaya, ÖDM analizine dayalı olarak en avantajlı görünen iki alternatif arasından seçim yapmanın ne kadar doğru olacağı sorusu çıkacaktır. Bu soruya verilecek cevap iki faktöre dayanır (Kirk ve Dell'Isola ,1995) :

(1)Girdi değişkenlerindeki dolayısıyla bugünkü değerde içerilen belirsizliğin derecesi

(2)En iyi tahminle hesaplanmış olan iki alternatifin bugünkü değer farkları

İşte bu aşamada yapılacak belirsizlik değerlemesi bugünkü değerlerin karar vermede ortaya çıkan bu belirsizliğin ışığında nihai bilgi olup olamayacağını belirlemeye yarayacaktır.

Arasında seçim yapılacak en iyi iki alternatifin bugünkü değerleri;

$NBD_A = 40,000$ TL

$NBD_B = 100,000$ TL

Şeklinde olsa bile, bu durum gerçekten $BD_B > BD_A$ bilgisinin nihai bilgi olmasını gerektirmeyecektir.

Diğer taraftan ;

$NBD_A = 40,000$ TL

$NBD_B = 41,000$ TL

olduğu bir durumda kullanılmış olan veriler kesin bir doğruluğa sahipse de ÖDM analizi sonucu yine de kesinlik arz etmez (Kirk ve Dell'Isola ,1995).

Belirsizliği sonuca taşımak demek belirsizliğin bir şekilde modellenmesidir. Belirsizliği modellemede alanda kullanılan iki yaklaşım genel olarak duyarlılık analizi ya da istatistik ve olasılık teorisine dayanmaktadır. Alandaki çoğu araştırmacı olasılık teorisinin mümkün

olduğunca tercih edilmesi yönünde bir eğilim sergilemektedir. Bu iki yaklaşımdan başka tahmin aralığı yaklaşımı uygulanabilecek diğer bir yöntemdir(Kirk ve Dell'Isola ,1995).

a. Tahmin Aralığı

Bu yöntemde maliyet kalemlerine ilişkin bir yerine üç ayrı tahminde bulunulur. Bu tahminler, kötümser, muhtemel tahmin ve en iyimser tahmindir.

Muhtemel tahmin, verilerin dikkatli analizi ve yoğun çalışma sonrası ulaşılan en anlamlı ve akla uygun tahmindir.

Kötümser tahmin ise tahmin yapanın sezgileri sonucu her bir maliyet kalemine yönelik olarak en az iyimserlikle yorumladığı tahmindir. Kötümser tahmin olabileceklerin en olumsuz olması durumunda ortaya çıkabilecek ve ulaşılması zor bir tahmindir. Bu tahmine ulaşmada muhtemel tahmin belli bir faktörle çarpılmayıp, bunun yerine her bir maliyet kalemi bağımsız olarak ele alınmaya çalışılmalıdır.

En iyimser tahmin ise tahmin yapanın sezgileri sonucu her bir maliyet kalemine yönelik olarak en fazla iyimserlikle yorumladığı tahmindir. Bu tahmine ulaşmada yapılması gerekenler kötümser tahminde olduğu gibidir, yalnızca en kötümser tahminden farklı olarak sezgiler iyimser yanı olarak çalışır.

Bu yöntemin önemli bir özelliği en iyimser ve en az iyimser tahminin ne olabileceği sorularına verilebilecek yanıtları içeren bilgileri göz önünde bulundurmasıdır. Değerlendirmeler kalem kalem yapılmalı ve bu tahminlerin toplamı toplam değeri vermelidir. Bütüne yönelik bir tahmin yoluna gidilmemelidir. Bu yöntem aynı zamanda muhtemel tahminden olabilecek sapmaların sonuçlarını açığa çıkarır (Blanchard,1991). Belirsizliğin(riskin) bu şekilde ortaya konmasından sonra, içlerinden seçim yapılacak iki alternatifin ÖDM analizlerinin karar vermeye temel teşkil edecek düzeyde olup olmadığının anlaşılabilmesi için Kirk S. Ve Dell'Isola, olasılık yaklaşımının

daha basit hali diye tanımlanabilecek olan (Confidence Index) güven endeksi yöntemini önermektedirler. Kısacası belirlenen bu riskin ölçülmesi gerekmektedir. Her maliyet kalemine ilişkin elde edilen verilerden tahmin edilen alt ve üst sınırın %90'lık bir seviyede en muhtemel orta değeri içerdiğini kabul eden bu yaklaşım iki varsayıma sahiptir. Bu varsayımlar tüm maliyet verilerine ilişkin verilerin normal dağılım gösterdiği ve muhtemel değeri %90 oranında içeren alt ve üst sınırların söz konusu bu normal dağılımda %90 güven seviyesi anlamını taşıdığıdır. Bu varsayımlar her ne kadar geçerli olmasa da güven endeksi hesaplamalarının belirsizliği değerlemede yine de güvenilir olduğu belirtilmektedir. Genel bir kural olarak iyimser ve en az iyimser tahminlerin muhtemel tahminle aynı anda yapılmış olması, üç tahminin de aynı veri kaynaklarından yararlanılarak bulunması, tahminlerin bilgiye dayalı olarak yapılması ve alt-üst sınırların muhtemel değerden farklılıklarının birbirine oranının %25'ten daha büyük olmadığı durumda kullanılabilir bir yöntemdir. Alt ve üst sınırın muhtemel değerden farklılıklarının birbirine olan oranı %25'ten daha büyük olduğu durumda belirsizliğin etkilerini değerlemede duyarlılık analizi ya da başka bir yöntem tercih edilmelidir.

ÖDM analizi sonunda $NBD(A) > NBD(B)$ sonucuna ulaşıldığı düşünülürse bu bilginin karar vermek için yeterli , doğru ve güvenilir olduğunu belirlemede güven endeksi (GE)şöyle bulunur;

$$GE = \frac{NBD_A - NBD_B}{\sqrt{NBD_A(FARKLARI)^2 + NBD_B(FARKLARI)^2}}$$

Formülün payındaki ifadeler maliyet kalemlerinin muhtemel tahmin değerlerinin bu günkü değer toplamıdır. Paydadaki ifadeler ise her maliyet kaleminin alt ya da üst sınır farkının büyük olanının karelerinin toplamının köküdür.

Düşük: $GE < 0.15$ olduğu durumda ÖDM analizine olan güven düşüktür. Uzun vadede B projesinin A projesinden gerçekten daha düşük olması benzeri 5 durumun 3'ünden daha azdır.

Orta: $0.15 < GE < 0.25$ olduğu durumda ÖDM analizine olan güven ortadır. Uzun vadede B projesinin A projesinden gerçekten daha düşük olması benzeri 15 durumda 9 ya da 10'dur.

Yüksek: $GE > 0.25$ olduğu durumda ÖDM analizine olan güven yüksektir. Başparmak kuralına uyan bu durum güvenilirliğin 2/3 oranında yeterli olduğunu belirtir.

b. Duyarlılık Analizi

Bu yöntem tahminlerdeki girdi değişkenlerin değişmelerine sonuçların ne kadar duyarlı olduğunu gösterir. Duyarlılık analizi değişkenlerin bir fonksiyonu olan sonucun özellikle hangi değişkene daha çok duyarlı olduğunu dolayısıyla daha ayrıntılı analiz edilmesi gereken değişkeni bulmayı sağlar. Burada duyarlılığın en büyüğüne sebep olan değişken kritik değişken kabul edilip o değişken hakkında bilgi toplanırken , kritik değişkenin belirlenmesinde göz önünde bulundurulacak diğer bir kriterin riske en fazla maruz kalma olabileceği değerlendirilmektedir. Bunun sebebi bir değişken duyarlılığa büyük bir etki yapıyorsa da o değişkene ilişkin tahmin değeri doğru ya da doğruya yakın olduğundan şüphe duyulmuyorsa bu değişkeni kritik değişken olarak değerlendirip daha ayrıntılı bilgi toplama yoluna gitmenin neye hizmet edeceği sorusunu ortaya koymasıdır. Çünkü doğru ya da doğruya yakın bir tahmin riski az ya da olmayan bir tahmin anlamına gelir ki bu da sonuca ilişkin riske bir katkı yapmayacaktır. Öyleyse sonucun yüksek derecede duyarlı olduğu değişkenler belirlenirken dikkate alınacak diğer bir durum da belirsizliği ya da riski son derece yüksek olan ve hakkında yeteri derecede bilgiye ulaşılamamış değişkenlere odaklanılması gereğidir. Diğer değişkenlerin değeri sabit tutulurken, sonucun ne oranda duyarlı olduğu incelenecek değişken değerleri ile sonuç değerleri iki boyutlu bir grafikte kolayca gösterilir. Sanişlan uygulamada duyarlılık analizi amacı ile

başvurulan yöntemlerin çoğunlukla başa-baş analizleri ve indirgenmiş nakit akımları yöntemleri olduğunu belirtmektedir(Sarıaslan,2002). Kirk S. Ve Dell'Isola iki proje alternatifinin karşılaştırılmasında maliyet kalemlerinden birini üzerinde çalışılan parametre kabul ederek , o parametreyi grafiğin bir yanına , NBD'i grafiğin diğer yanına , grafiğin çizim alanına ise her iki alternatifi oturtup başa baş noktası analizini önermektedir (Kirk ve Dell'Isola ,1995).

c. Olasılık Teorisi

Duyarlılık analizi değişmelerin projenin toplam getirisi üzerindeki etkilerini belirlerken , olasılık analizi bir değişkenin muhtemel değişme serisini (aralığını) ve bu seri içindeki her değişimin meydana gelme olasılığını belirlemeyi amaçlamaktadır. Bu nedenle duyarlılık ve olasılık analizleri birbirini tamamlayan risk belirleme yöntemleridir. Ancak , özelde bir değişkene ve genelde bir projeye ilişkin riskin varlığını gösteren bu analizler riskin yani değişimin derecesini ölçmek için her hangi bir ölçü sağlamazlar. Belirlenen riskin ölçülmesinde Sarıaslan, tek değişkene yönelik olarak beklenen değer ,standart sapma, değişim katsayısı, çarpıklık basıklık katsayısını yöntem olarak belirtirken, projenin bütününe ilişkin olarak , beklenen net bugünkü değer, beklenen net nakit akımları , karar ağacı, simülasyon, riske göre uyarlanmış ıskonto oranı, belirlilik eşdeğer yöntemlerini belirtmektedir. Proje bütününe yönelik belirtilen yöntemlerin son ikisi olasılık hesapları kullanmayan diğerleri ise kullanan yöntemlerdir.

Proje değerlendirmede kullanımı Hertz'ün uygulaması ile hız kazanan simülasyon tekniği, riskli yatırım projelerinin değerlendirilmesinde duyarlılık ve olasılık analizlerini de birleştirerek günümüzün en gözde tekniği olmuştur(Sarıaslan,2002).

Olasılık dağılımı kullanan simülasyon dışındaki diğer yöntemler simülasyonun olabildiğince basite indirgenmiş hali olarak değerlendirilebilir. Buradaki diğer önemli nokta sistemin toplam maliyetine yönelik bir risk analizini olasılık teorisinin yalnızca simülasyon yöntemiyle

gerçekleştirebilmesidir. Bu sebeplerle burada Monte Carlo simülasyonuna ilişkin bilgi verilecektir.

9. MONTE CARLO SİMÜLASYONU

Bu yöntemde matematiksel bir model aracılığıyla sistemin bilgisayar ortamında temsil edilmesi sağlanır. Daha sonra oluşturulan bu temsil çeşitli denem ve tekrarlar maruz bırakılarak elde edilen sonuçlarla gerçeğe yönelik çıkarsamalarda bulunulur.

Bir projenin riskini ölçmede simülasyon kullanım sürecinin basamakları aşağıda olduğu gibidir (Doğanay ,2001).

- Modeldeki değişkenlerin belirlenmesi
- Değişkenlerden kesin değerleri belirli olmayanların olasılık dağılımı ile ifade edilmesi, elde veri varsa uyduğu teorik dağılımın belirlenmesi,elde veri yoksa subjektif (uzman görüşüne başvurularak) olasılık dağılımı belirlenmesi
- Elde veri olan değişkenler için uygun bir teorik dağılım yoksa aralık ve frekanslar yoluyla ampirik bir dağılım belirlenmesi
- Değişkenler arası ilişkilerin belirlenmesi (matematiksel, korelasyon, regresyon)
- Simülasyonun çalıştırılması
- Sonuç değerlerden (ortalama,standart sapma) yararlanılıp güven aralıkları bulunarak riskin ölçülmesi

Süreçten de anlaşılacağı üzere yoğun olarak olasılık ve istatistik teorisine dayalı bu yöntem, dayalı olduğu bu teorinin gerektirdiği tüm varsayımları da taşımaktadır. Değişkenlere atanan olasılık dağılımlarının pratikte de bu uygunluğu gerçekten göstermesi, korelasyon ve regresyon ilişkilerinin gerektirdiği varsayımlar, ilgilenilen veri setinin kesit değil de zaman serisi olduğu durumlarda ortaya çıkan durağanlık ve nedensellik kavramları bahsi geçen varsayımlardan ilk göze çarpanlarıdır.

Bu çalışma risk analizinde belirsizliği modellemede, alanda henüz yaygın kullanıma girmemiş olan, simülasyon yaklaşımının temel dayanağı

olan olasılık ve istatistik teorisi gibi çok ve çeşitli varsayımlara dayanmayan bulanık mantık teorisini alternatif bir yol olarak ortaya koymaktadır. Bu yöntem sistemin simülasyon yönteminde olduğu gibi toplam ömür devri maliyetinin risk analizine olanak tanımaktadır. Bulanık sayılarla modellenen belirsizlik genel sonuca toplam risk olarak yansırken , risk ölçümü bulanık sayıların kendine has yöntemiyle sıralanmasına dayalıdır.



ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

BULANIK KÜMELER TEORİSİ

1. BELİRSİZLİK VE YÖNTEMLER

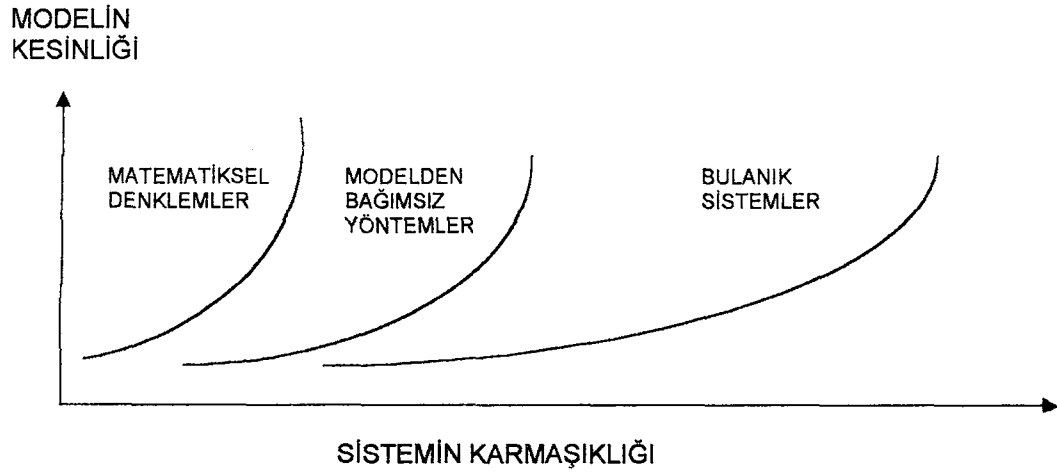
a. Belirsizlik ve Kesin Olmayış

Gerçek bir dünya problemine daha yakından bakıldığında daha bulanık bir çözüme varılacağını ifade eden Zadeh, uyumsuzluk ilkesinin (*principle of incompatibility*) karmaşıklık (*complexity*) ile kesin olmayışlık (*ambiguity, imprecision*) arasında olan ilişkiyi ifade ettiğini belirtmektedir (ROSS, 1995).

Gerçek dünya karmaşıktır. Bu karmaşıklık genel olarak belirsizlik, kesin düşünceden yoksunluk ve karar verilemeyeşten kaynaklanır. Birçok sosyal, iktisadi ve teknik konuda insan düşüncesinin tam anlamı ile olgunlaşmamış oluşundan dolayı belirsizlikler her zaman mevcuttur. İnsan tarafından geliştirilen ve çalışmaları için sayısal bilgilere gereksinim duyan bilgisayarlar bu tür belirsizlikleri işleyemezler. Gerçek bir olayın kavranılması insan bilgisinin yetersizliği sebebiyle tam anlamı ile mümkün olamadığından ;insan, düşünce sisteminde ve zihninde bu gibi olayları yaklaşık olarak canlandırarak yorumlarda bulunur. Bilgisayarlardan farklı olarak insanın yaklaşık düşünme, oldukça yetersiz ,eksik ve belirsizlik içeren veri ve bilgi ile işlem yapabilme yeteneği vardır(ROSS, 1995).

Sistemlerin karmaşıklığı ile sistemleri anlama arasında ilgili sistem hakkında daha çok şey öğrendikçe kendisini koruyan ters yönlü bir ilişki hep varolmuştur. Bu ters yönlü ilişki, bir sistem hakkında daha çok şey öğrenildikçe sistemin karmaşıklığı azalırken sistemi anlama düzeyinin arttığını işaret etmektedir. Bu süreçte, karmaşıklık azaldıkça hesaplama yöntemlerinin kesinliği sistemi modellemede daha faydalı olmaktadır. Şekil 8'de görüleceği gibi sistem karmaşıklığı arttıkça sistemin davranışını anlamaya yardımcı olacak modeller de değişim göstermektedir. Buradaki

önemli nokta sistemin sahip olduğu belirsizliğin karakterine uygun modelin seçilmesidir.



Şekil-8: Sistem Karmaşıklığına Göre Uygun Model (ROSS, 1995)

b. Belirsizlik, İstatistik ve Bulanık Mantık

Olasılık teorisi tarihsel olarak matematiksel modellerdeki belirsizliği temsil etmede her zaman ana araç olarak kullanılmıştır. Bu sebeple her belirsizliğin rassal bir karakter taşıdığı varsayılmıştır. Rassallık olayların sırasının önceden tahmin edilemeyeceğini, dolayısıyla şansa bağlı olduğunu, yalnızca sürece ilişkin uzun vadeli ortalamalara yönelik kesin istatistik tanımlamalarının yapılabileceğini ifade eder. Olasılık teorisi ya da durağan rassal süreçlere dayalı temel istatistik üç karakteristiği de üzerinde taşır. Bunlar: (1) Sürecin tanımlandığı örneklem uzayı bir deneyden diğerine değişiklik göstermez. (2) Bir olayın olasılığı ya da olma sıklığı deneyden deneye sabittir değişmez. (3) Sonuçlar deneyden deneye tekrar edilebilir nitelikte olup bir deneme önceki ya da sonraki denemenin sonucunu etkilemez. İstatistiği yöneten bu varsayımlar bulanık kümeler için geçerli değildir. Üstelik hangi olayın gerçekten rassal olduğu iyi bilinmelidir. Torbadan renkli topların çekilmesi, paranın havaya atılması ya da zar atışı durağan rassal sürece iyi bir örnek olarak verilirken, insanların günlük hayatta almak zorunda oldukları kararların ne kadarı gerçekten rassaldır? Havanın durumu, kişinin hangi kıyafeti giyeceği, arabayı nereye park edeceği, hangi eşyayı

tercih edeceği, hangi arabayı alacağı vb. Her ne kadar tüm bu olayları çeşitli rassal süreçlerle modelleme imkanı mümkünse de sonuçların ne kadar güvenilir olacağı tartışma konusudur. Çünkü rassal hatalar ile bilgi eksikliği ya da kontrol edilemezlikten kaynaklanan rassal olmayan hataları (sistemik hata) ayırt etmek zordur. Gerçekte günlük hayatta karşılaşılan karmaşık sistemlere ilişkin çoğu belirsizliğin rassal olmadığı söylenebilir ve bulanık küme teorisinin kesin olmayış ya da bilgi eksikliği gibi belirsizlikleri modellemede ideal bir araç olduğu açıktır. Özellikle sayısal veriye ihtiyaç gösteren olasılık teorisi karşısında insan mantığı ve konuşma diline yatkın olan bulanık mantık nitel verilerle çalışabilme olanağı sunmaktadır.

Bulanık mantık Aristo mantığının bir işin ya doğru ya da yanlış ama bunların bir karışımı olamayacağı sınırını ortadan kaldırmıştır. İnsan hayatında doğal olarak tüm düşünce sisteminde ikili mantığa göre bazı emirlerle davranmak zorunda kalabilir ancak işin doğasında her zaman için çoklu ve kesin olmayan bulanık (fuzzy) mantık vardır.

Olasılık ve bulanık küme teorileri farklı olmalarına rağmen, bulanık küme teorisi zaman içinde olasılığın bir alternatifi gibi görülmüş, hatta bazı yaklaşımlar olasılık teorisi ile bulanık küme teorisine yüklenen görevlerin zaten yapılabileceği şeklinde olmuştur (FAQ: Fuzzy Logic and Fuzzy Expert Systems 1994; Ross, 1995; Şen, 2001). Bu iki teori arasındaki farklılığa hem matematiksel yönden hem de kavramsal yönden yaklaşılabılır. Rassallığa dayalı olan olasılık teorisinde bir değişkene ilişkin olasılıkların toplamı, ya da olasılık fonksiyonunu ifade eden bir eğrinin integrali 1'e eşitken, bulanık küme teorisinde üyelik derecelerinin toplamının 1'e eşit olması söz konusu değildir. Bir başka yaklaşıma göre, bulanık küme teorisi ve bulanık mantık nasıl ki Boolean kümelerini ve Boolean mantığını genelliyorsa ; aynı şekilde olasılığı da genellediği yönündedir. Bu yaklaşım bulanık küme teorisine olumsuz eğilimli yaklaşmanın tam tersine gerçekte tüm olasılık dağılımlarının da bir bulanık küme olduğu yönündedir (FAQ: Fuzzy Logic and Fuzzy Expert Systems, 1994).

İki teori arasındaki farka kavramsal olarak bakıldığında, olasılık ifadeleri, bir sonucun olabilirliği(şans) üzerinedir. Bir olay gerçekleşir ya da gerçekleşmez ve bu iki duruma yönelik olarak bahse girilebilir. Bulanıklıkta ise bir olayın gerçekleşir ya da gerçekleşmez olduğu değil o olayın gerçekleşmişliğinin mertebesi (muğlaklık) modellenmeye çalışılır.

2. KLASİK VE BULANIK KÜMELER

Klasik kümeler üye olma ve üye olmama ilişkisi çerçevesinde geliştirilmiştir. Bu tür kümeleri ifade etmek için özel bir fonksiyon tanımlanır ve bu fonksiyona karakteristik fonksiyon denir. Karakteristik fonksiyon her bir elemana 1 ve 0 değerlerinden birini üyelik durumuna göre atayarak evrensel küme üzerinde tanımlanan ve ilgilenilen özelliğe sahip olan elemanların oluşturduğu kümeyi belirler (Bumat, 2002). Burada ilgilenilen özellik, kümenin bir bütün olarak algılanmasını sağlayan tanımlı özelliktir. Sınıftaki tüm öğrenciler,masadaki tüm kaplı kitaplar gibi örneklerde ifade edilen özellikler bu manadadır.

Örneğin; X evrensel kümesi üzerinde belirli bir özelliği taşıyan elemanların oluşturduğu A kümesi karakteristik fonksiyon yardımıyla;

$$\forall x \in X, \quad X_A(x) = \begin{cases} 1, & x \in A \\ 0, & x \notin A \end{cases}$$

şeklinde verilir. Fonksiyon A kümesine ait elemanlara 1 değerini, ait olmayan elemanlara ise 0 değerini atamaktadır. Fonksiyon bu iki 0 ve 1 değerinden başka değer almamaktadır.

Bu fonksiyon evrensel kümenin elemanlarına belirli bir aralıkta olmak üzere ve gözlem altındaki kümenin elemanlarının üyelik derecelerini ifade edecek biçimde genelleştirilebilir. Daha yüksek değerler üyelik derecesinin yüksekliğini gösterir. Üyelik derecesi arttıkça o olayın o kümeye aitliği de

artıyor demektir. Bu fonksiyona üyelik fonksiyonu ve bu fonksiyonun oluşturduğu kümeye bulanık küme denir. Bu çalışmada bulanık küme büyük harf ve üzerinde düz çizgi ile gösterilecektir.

X boş olmayan bir küme olsun. X 'deki bir Bulanık $\bar{A}$ kümesi

$\forall x \in X$ için; $A: X \rightarrow [0,1]$ fonksiyonu ile ifade edilir.

A ya bulanık kümeye karşılık gelen üyelik fonksiyonu adı verilir. Bulanık $\bar{A}$ kümesi ise X deki her elemanın üyelik derecesiyle birlikte oluşturduğu kümedir. x 'in $\bar{A}$ ya ait olma veya üyelik derecesi $A(x)$ olarak okunur. (μ_A olarak da gösterilebilir)

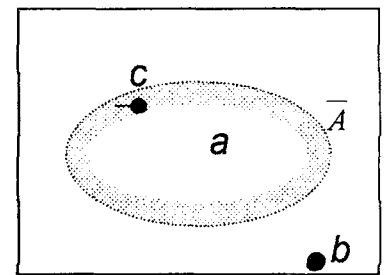
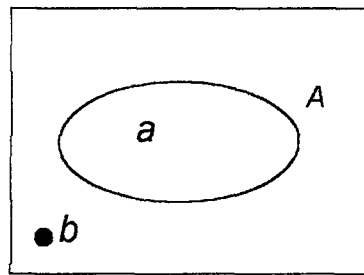
Üyelik fonksiyonunun değer aralığı için yaygın olarak $[0,1]$ aralığı kullanılır. Bu durumda, her üyelik fonksiyonu bir klasik evrensel kümenin elemanlarını bu aralıktaki bir sayıya karşılık getiren bir fonksiyondur.

Bulanık küme kavramının temsili için genel olarak;

$A: X \rightarrow [0,1]$

$\mu_A: X \rightarrow [0,1]$

gösterimlerinden biri kullanılır. Her bir bulanık küme tamamıyla ve tek olarak özel bir üyelik fonksiyonu tarafından belirlenir. Bu itibarla gösterimler arasında da bir karışıklık doğmaz. Şekil 9'da klasik ve bulanık küme sınırları görülmektedir.



Şekil-9: Klasik ve Bulanık Küme Sınırları (Ross, 1995)

Bulanık kümeye günlük hayattan şöyle bir örnek verilebilir. $\bar{A}$ kümesi askerlerin oluşturduğu bir kümeye:

-Televizyonda GNKUR Başkanının konuşmasını izleyen biri bu kişinin $\bar{A}$ kümesine aitlik derecesini 1 olarak kabul eder. GNKUR Başkanı bu kümenin esas elemanıdır(özü).

-Aynı şekilde bir askeri kurumun giriş kapısında nöbet tutmakta olan üniformalı bir er de bu kümeye 1. dereceden aittir.

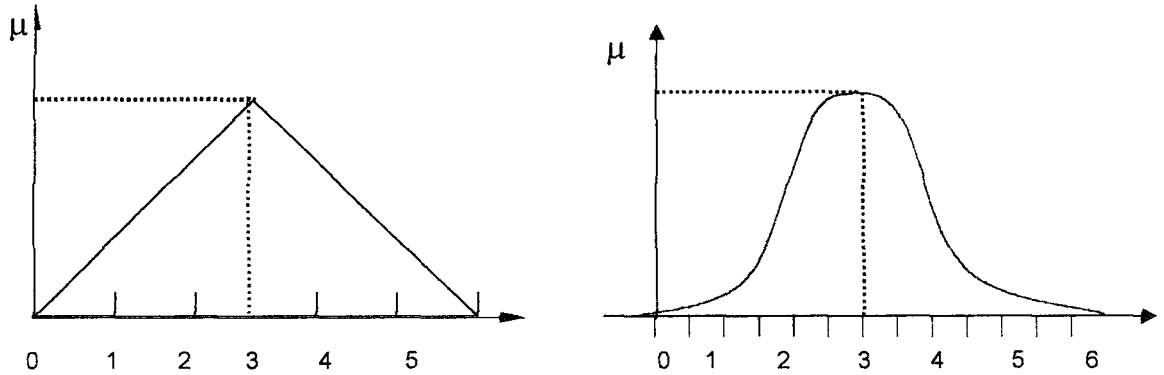
-Kaldırımında görülecek kılık ve kıyafetiyle askeri ölçütlere uygun saç ve sakal tıraşı yerinde , sivil giyimli, kısmen ciddi görünümlü ve elindeki belgeler üzerinde askeri amblemler olan bir kişi de $\bar{A}$ kümesine ait olabilir. Ancak bir önceki elemanlarda olduğu gibi aitlik derecesi 1 olmayabilir. Bu kişi askeri kurumlarla iş ilişkisinde olan ve askerlere özenen ya da tarzı gereği öyle görünen sivil bir firma temsilcisi de olabilir. Bu durumda bu kişinin $\bar{A}$ kümesine aitlik derecesi en azından 1'den düşüktür. Kümeye aitlik derecesi 0,8 olabilecek bu kişi askeri kişilerden kesinlikle beklenmeyen illegal bir faaliyeti cadde ortasında yapmaya kalktığında bu kişinin üyelik derecesi 0'ra doğru düşer ; hatta bu kümeye hiç ait olmayabilir. Bu kişi son davranışını göstermek yerine, (illegal faaliyet) üniformalı birinden selam alsaydı ve karşılıklı konuşmalarda yeni komutanlık görevinin kendisine hayırlı olmasını dileyen bir konuşmaya şahit olunmuşsa , bu kişinin kümeye aitliği 1 olacaktır.

-Her iki kulağında küpe olan uzun saçlı ve sakallı bir gencin $\bar{A}$ kümesine aitliği ise 0 olacaktır. Bu kişi belki de üniversite öğrencilerinin oluşturduğu kümeye 0,8'inci dereceden ya da rock gruplarının oluşturduğu kümeye 1. dereceden üye olabilir. Belki de son derece özel bir görev gereği böyle giyinmiş asker bir kişi olabileceği düşünülürse; bu kişi hem askerler kümesine hem de siviller kümesine 0,5'nci dereceden aynı anda ait olabilir.

Örnekte betimlenen tüm bu durumların diğer başka faktörlerin de işe dahil edilmesiyle birlikte ,farklı şekillerde bulanık kümelerle temsili mümkündür. Ancak klasik kümelerle yukarıda betimlenen tüm bu durumların ifadesi mümkün değildir. Klasik kümelerle ifade edilmek istendiğinde her bir örnek $\bar{A}$ kümesine ya tam olarak ait ya da o kümenin dışında olacaktır. Oysa ki güncel hayatta insana ait zihinsel süreçler bulanık mantıkla daha gerçekçi ifade edilebilmektedir. Görüldüğü üzere gerçek hayatı modellemek için seçilen matematik model (klasik kümeler) ne kadar kesinse gerçeği

yansıtmaktan o kadar uzaktır. Ne kadar gerçeği yansıtıyorsa da o kadar kesinlikten uzaktır(bulanık kümeler).

Bulanık kümeler daha önce de ifade edildiği üzere doğal dildeki belirsiz ve muğlak kavramları temsil etmeyi ve onları matematiksel olarak ifade etmeyi mümkün kılarlar. Bu temsil işlemi hem kavramın kendisine hem de kavramın kullanıldığı alana bağlıdır. Örneğin; “yüksek hız” kavramı hava araçları için kullanıldığında oluşturulabilecek bulanık kümeyle, kara araçlarının yapacağı hızı ifade etmek için kullanıldığında oluşturulacak bulanık kümeler birbirinden tamamıyla farklı olacaktır. Hatta aynı alan içerisindeki aynı kavramın farklı bulanık kümelerle ifade edilebileceği durumların olması mümkündür. Üyelik fonksiyonları bir çok farklı şekillerde olabilir. Özel bir şeklin uygun olup olmayacağını tespit etmek çalışılan uygulama alanı tarafından elde edilen verilerle belirlenir. Fakat, birçok uygulama bu tür şekil değişikliklerine karşı çok fazla duyarlılık göstermezler. Hesaplama açısından getirdiği kolaylıklar göz önüne alınarak istenilen şekilde üyelik fonksiyonunun seçilmesi, bulanık küme teorisinin esnekliğini yansıtmada öne çıkan bir durumdur. Çoğu durumda, üçgen ve yamuk üyelik fonksiyonları uygulamalarda amacı gerçekleştirecek niteliklere sahiptir.



Şekil-10: “3 e Yakın Reel Sayılar Kümesi” Kavramının Değişik Üyelik Fonksiyonlarıyla Gösterimi

Şekil.10'da, “3 e yakın reel sayılar kümesi” kavramını temsil eden üyelik fonksiyonuna ait iki örnek vardır. Açıkça görülmektedir ki bulanık kümelerin kullanışlılığı büyük oranda, farklı kavramlara uygun üyelik derecesi

fonksiyonlarını oluşturabilme becerisine dayanmaktadır. Bu fonksiyonlar analitik olarak;

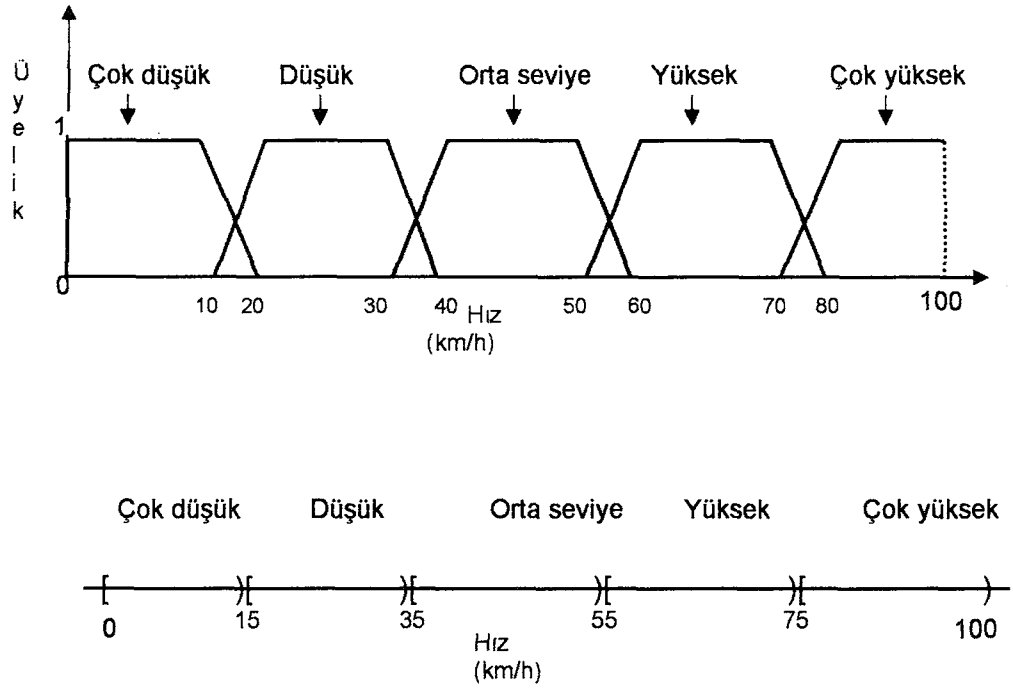
$$A_1(x) = \begin{cases} (3-x)/3 & , 0 \leq x < 3 \\ (6-x)/3 & , 3 \leq x < 6 \\ 0 & , \text{diğer haller} \end{cases}$$

olarak verilir.

$$A_2(x) = \frac{1}{1+10(x-3)^2}$$

Şekillerden de görüleceği üzere fonksiyonlar 3 de en yüksek üyelik derecesini almakta ve 3 ün her iki tarafında simetrik bir vaziyet sergilemektedir. Bu kavramı ifade eden diğer fonksiyonların da bu özellikleri taşıması gerektiği açıktır (Bumat, 2002).

Günlük kullanım diline ait olan düşük, orta seviye, yüksek ve bunun gibi kavramları temsil eden çeşitli bulanık kümeler bir değişkenin durumlarını tanımlamak amacıyla kullanılırlar. Bu değişkenlere bulanık değişkenler ve onun alt durumlarına da bulanık terimler denilir. Örneğin "hız" kavramı kendi içinde çok düşük, düşük, orta seviye, yüksek ve çok yüksek gibi durumlarla nitelenebilen bulanık bir değişken olarak alınabilir. Bu durumda, [0,100] aralığında ki hız değerlerine karşılık gelecek uygun bulanık kümeler aşağıdaki şekildeki gibi seçilebilirler.



Şekil-11: Hız Değişkeninin $[0,100]$ Aralığında Aldığı Alt Durumların Bulanık ve Klasik Değişkenler Yardımıyla Gösterilmesi

Hız değişkeni klasik kümeler yardımıyla tanımlansaydı bir tarafı açık aralıklar üzerinde tanımlı fonksiyonlar elde edilirdi. Yukarıdaki ikinci şekil bu durumu göstermektedir.

Bulanık değişkenlerin önemi, kavrama (hız) ait bu durumlar (Çok düşük, Düşük, Orta seviye, Yüksek, Çok yüksek) arasındaki geçişi yansıtabilmesindeki kolaylıkta yatar. Bu durumda da belirsizlik altında yapılan yöntem ve ölçümlerle ilgilenme ve onları ifade etmede diğer yöntemlerden daha başarılı sonuçlar verir. Geleneksel klasik değişkenler ise bu kapasiteden yoksundurlar. Bir durumun klasik değişkenler yardımıyla tanımlanması matematiksel olarak doğru olduğu halde, kaçınılmaz ölçüm hataları karşısında gerçeğe uygunluk göstermez. Her biri klasik değişkenlerle kesin yani belirsizlik taşımayan bir şekilde tanımlanmış bu durumların arasında ki sınırların civarındaki değerler için yapılacak bir ölçüm sadece durumların birini destekleyici bir gözlem olarak alınır. Böylesi bir karar kaçınılmaz olarak belirsizlik içerse dahi matematiksel tanımlamalar ve hesaplamalar buna göre yapılır. Herhangi bir ölçümün her iki kümeyi destekleyen bir gözlem belirsizliği en yüksek düzeye taşır. Fakat, klasik

değişkenler yoluyla işlemler yapılırken bu durumlar dahi görmezlikten gelinir ve ihmal edilir. Yapılan şey, durumlar arası sınır değerini keyfi matematiksel tanımlamalarla sadece tek bir duruma aitmiş gibi göstermek ve deneysel ölçümlerde bu değer tek bir duruma ait destekleyici bir değer olarak kabul edilmesidir. Açıklanan bu durumlar hız değişkenine ait şekilde görülmektedir. Yüksek ve çok yüksek hız alanları arasında az hatalı ölçülen bir değer, (değişken bulanık küme ile ifade edildiğinde) kesişime ait muğlak alanda yer alırken klasik küme ile ifadesinde ölçüm hatası nedeniyle yüksek hız aralığına ait bir ölçüm çok yüksek hız aralığında yer alabilecektir. Örneğin bir objenin gerçek hızı 82 km ise ve ölçüm hatası sonucu 72 km olarak bulunduysa, bu değer klasik küme anlayışına göre yüksek hız aralığına yakın olduğu için yalnızca yüksek hız kümesinin bir elemanı olarak yanlış bir sınıflamaya maruz kalacaktır. Bulanık gösterimde ise her iki kümeyi destekleyecektir.

Bulanık değişkenler, belirsizlikleri deneysel verilerin bir parçası olarak ele aldıklarından dolayı, geçişe daha uygundur ve olgular hakkında klasik değişkenlere dayanan bilgilerden daha doğru bilgiler verirler. Ünlü fizikçi Einstein bu durumu şu şekilde ifade etmiştir: “Matematiğin kavramları kesin oldukları sürece gerçeği yansıtmazlar, gerçeği yansıttıkları sürece de kesin değillerdir”(Bumat 2002).

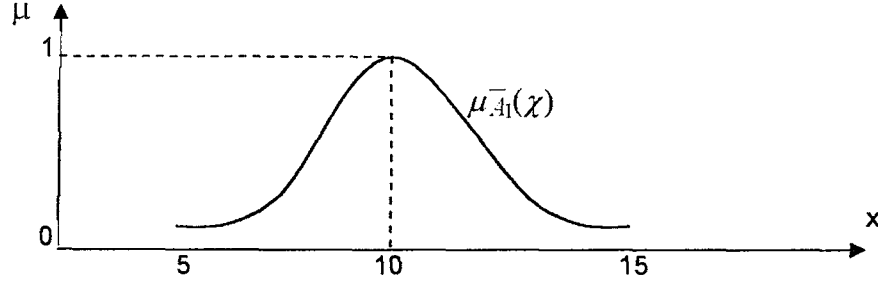
3. BULANIK KÜMELER VE ÜYELİK FONKSİYONLARI

Bir önceki konuda belirtilenlerden anlaşılacağı üzere, klasik kümeler bulanık kümelerin özel bir halidir. Bu hal klasik kümelerin tüm üyelik derecesi 1 olan elemanlardan oluşan bulanık küme olduklarıdır.

Üyelik fonksiyonları kesikli ya da sürekli olabilir. 10'na yakın sayılar kümesi sürekli üyelik fonksiyonu ile gösterilebilirken, 10'na yakın tamsayılar kümesi kesikli üyelik fonksiyonu ile gösterilir.

$$\bar{A}_1 = \left\{ (x, \mu_{\bar{A}_1}(x)) \mid x \in [5, 15], \mu_{\bar{A}_1}(x) = \frac{1}{1 + (x - 10)^2} \right\} \text{, şeklinde ifade}$$

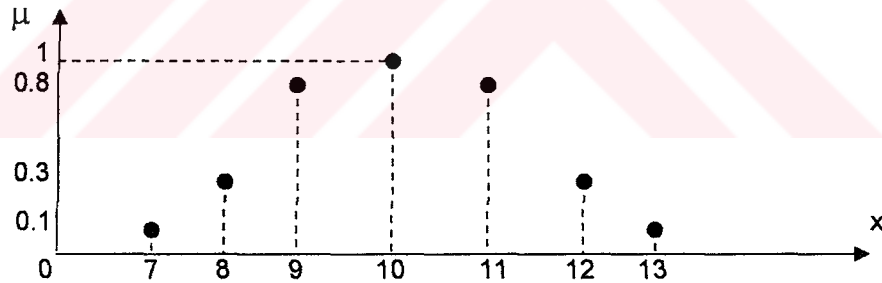
edilebilecek bulanık küme üyelik fonksiyonu sürekli dir.



Şekil-12: Sürekli Üyelik Fonksiyonu

$$\bar{A}_2 = \{(7, 0.1), (8, 0.3), (9, 0.8), (10, 1), (11, 0.8), (12, 0.3), (13, 0.1)\}$$

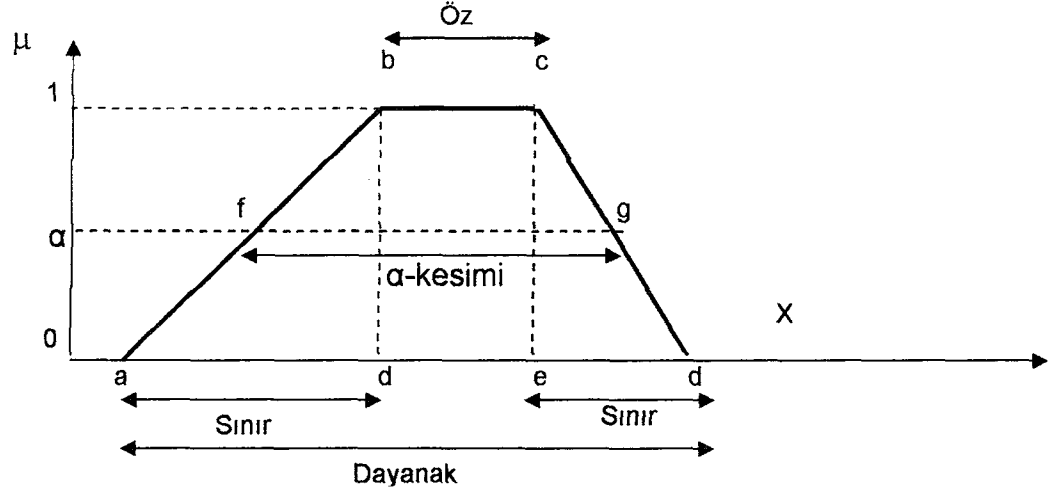
şeklinde ifade edilebilecek bulanık küme üyelik fonksiyonu kesiklidir.



Şekil-13: Kesikli Üyelik Fonksiyonu

Şekillerden de görüleceği üzere alt küme sınırları değerleri orta öğelerinkine göre daha düşüktür. En büyük üyelik derecesi 1 iken diğer üyelik dereceleri 0 ile 1 arasında değişmektedir. Bu şekilde 0 ile 1 arasındaki değişimin , her bir üye için değerine , üyelik derecesi, bunun bir alt küme içindeki değişimine ise üyelik fonksiyonu adı verilir.

Tanımlamak amacıyla yamuk şeklindeki bir üyelik fonksiyonuna ilişkin kısımlar şekil 14'te görüldüğü gibidir.



Şekil-14: Üyelik Fonksiyonu Yapısı

Şekilde de görüldüğü üzere bir bulanık alt kümede birden fazla öğenin üyelik derecesi 1'e eşit alınabilir. Bu durumda, 1 üyelik dereceli üyelerin tam anlamı ile, hiçbir şüpheye düşmeksizin, sadece o alt kümeye ait olduğu sonucuna varılır. Böyle üyelik derecesine sahip olan üyeler alt kümenin orta kısmında toplanmıştır.

Üyelik derecesi 1'e eşit olan üyelerin toplandığı alt küme kısmına, o alt kümenin (core) özü $[b,c]$ denir. Üçgen şeklindeki üyelik fonksiyonunda bir tane üyenin üyelik derecesi 1'e eşit olduğundan, üçgen üyelik fonksiyonlarının özü bir noktadır.

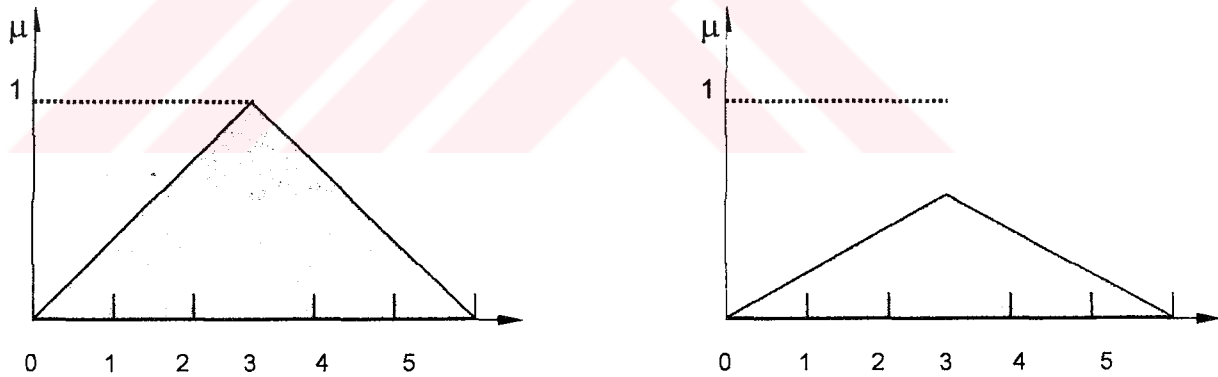
Bir alt kümenin tüm öğelerini içeren aralığa o alt kümenin (support) dayanağı $[a,d]$ adı verilir. Dayanakta belirtilen her üyenin az veya çok değerinde (0 ile 1 arasında) üyelik dereceleri vardır. Dayanağa α -kesimi 0 olan aralık tanımıyla da yaklaşılabılır. α -kesimi bir bulanık kümenin üyelik derecesindeki dilimidir.

$\bar{A}$ 'nın α -kesimi $\bar{A}[\alpha]$ şeklinde gösterilir. Eğer $\bar{A} \in \Omega$ 'nın bir alt kümesi ise

$\bar{A}[\alpha] = \{x \in \Omega \mid \bar{A}(x) \geq \alpha\}$ şeklinde belirtilebilir. Şekilde $\bar{A}$ -kesimini esasen gösteren $[f,g]$ aralığıdır. İfade ettiği ise o aralıkta bulunan tüm üyelerin üyelik derecesinin α 'a eşit ya da α 'dan büyük olduğudur. Bu durumda dayanak $\bar{A} [0]$ olarak gösterilebilir. Her ne kadar bazı yazarlar dayanağı (a,d) şeklinde açık aralıkla göstermeyi tercih ediyorsa da bu çalışmada dayanak $[a,d]$ şeklinde kapalı olarak kabul edilecektir.

Üyelik dereceleri 1'e veya 0'a eşit olmayan üyelerin oluşturduğu kısımlara üyelik fonksiyonunun sınırları (boundary) veya geçiş bölgeleri adı verilir. Bunlar ilgili alt kümenin kısmi üyeleridir. Bu özellik kümeyi bulanık yapan ve klasik kümelerden ayıran özelliktir.

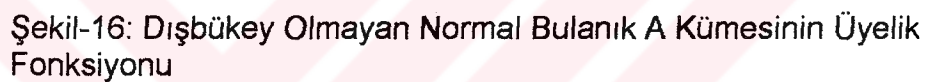
Bir üyelik fonksiyonu normal olma özelliğini de taşımalıdır. Normal bir bulanık kümede üyelik derecesi 1 olan en az bir üye bulunmalıdır. Şekil.15'te normal ve normal olmayan bulanık kümeler görülmektedir.



Şekil-15: Normal Ve Normal Olmayan Bulanık Kümeler

Dışbükey olmak üyelik fonksiyonunun diğer bir özelliğidir. Dışbükey olan bulanık kümelerde üyelik fonksiyonu küme dayanağı üzerinde ,ya sürekli artar veya sürekli azalır. Bunun aksi durumlar bulanık kümelere üyelik fonksiyonu olamaz. Aynı bulanık kümede x,y,z birer üyeyse ve üyelik dereceleri $\mu_A(x) < \mu_A(y) < \mu_A(z)$ ise, $\mu_A(y) \geq EK[\mu_A(x), \mu_A(z)]$ sağlıyorsa bu

Şekil-16: Dışbükey Olmayan Normal Bulanık A Kümesinin Üyelik Fonksiyonu



Eğer bir $\bar{A}$ 'si hem normal hem de dışbükeyse bu bulanık kümeye aynı zamanda bulanık sayı denir.

Bulanık kümenin yüksekliği denilen bir büyüklük üyelik derecesinin en büyük olduğu üyeye karşılık gelir ki ,normal bulanık kümelerde yükseklik 1'dir. Yüksekliği 1'e eşit olmayan bulanık kümeler , normal olmadıklarından herhangi bir bulanık küme , mantık ve sistem çalışmasında kullanılamaz. Normal olmayan bulanık kümeleri normal hale dönüştürmek için, kümenin

her bir üyelik derecesinin , en büyük üyelik derecesine bölünmesi gereklidir. Bu durum normal olmayan bulanık kümelerin dışbükey olmaları şartı halinde geçerlidir. Üyelik fonksiyonları simetrik olmak durumunda değildir.

Olasılık ve istatistik teorisindeki dağılım fonksiyonlarında, fonksiyon grafiği eğrisinin tepe noktası 1'e eşit olmak durumunda değildir. Ancak eğrinin altında kalan toplam alan 1'e eşit olmalıdır.

4. ÜYELİK DERECESİNİN BELİRLENMESİ

Belirsizlik olasılık teoremi kullanılarak modellenenekte her değişken bir olasılık dağılımı ile temsil edilir. Belirsizliğin bulanık mantıkla modellenmesinde ise her değişkene ait üyelik fonksiyonu tanımlanır. Bulanık mantık ,olasılık teorisinin rassal değişkenlere uydurulabilecek olasılık yoğunluk fonksiyonları alternatiflerinden çok daha fazla bulanık değişkenlere üyelik fonksiyonu uydurma imkanını tanır. Bu yöntemlerden başlıcaları şunlardır.(Şen, 2001)

- Sezgisel
- Çıkarım
- Mertebeleme
- Açılı bulanık kümeler
- Yapay sinir ağları
- Genetik algoritmalar
- Çıkarımcı muhakeme

a. Sezgisel

Üyelik derecesi ya da fonksiyonu belirlemede sezgisel yaklaşım fazlaca bir yöntem bilgisi gerektirmemesi itibariyle basittir. Kişinin kendi anlayış ya da görüşünden oluşan kapasitesi bu konuda kaynaktır. Araştırılan konuyla ilgili olarak ihtiyaç duyulan bilgiye ulaşmada konu uzmanının görüşüne başvurmak diğer alanlarda da sık rastlanan durumlardandır.

b. Çıkarım

Çıkarımla bulanık küme üyelik fonksiyonlarının bulunması için mutlaka incelenen olay hakkında bazı temel bilgilere sahip olmak gerekmektedir. Ü bulanık kümesi tüm üçgenlerin kümesi olarak düşünülürse, bir üçgenin A,B,C iç açılarının 180 derece olduğu kendisinden çıkarıma gidilecek olunan bir bilgidir. Aynı şekilde bir ikiz kenar üçgende iki açının birbirine eşit olması gerektiği ya da bir dik üçgende bir açının 90 derece olması gerektiği gibi bilgiler çıkarım yapmaya yarayacak diğer bilgiler olarak belirtilebilir. Bu kümenin alt kümelerini yaklaşık; E(eşkenar), İ(ikizkenar), D(dik açılı), DE(dik açılı ve eşkenar) ve Dİ(diğerleri) gibi kümelerin oluşturduğu kabul edilirse; ikiz kenar üçgen kümesi için üyelik fonksiyonu belirleme sürecinde $A \geq B \geq C \geq 0$ olmak üzere $A=B$ veya $B=C$ olması durumunda o üyenin üyelik değeri 1 olarak düşünülür. $\bar{U}_i(A,B,C)=1-(1/60) EK(A-B,B-C)$ şeklinde belirlenir.

c. Merteleleme

Bu yöntemde bir bulanık değişken hakkında anketler, soruşturmalar veya seçimler yapılarak üyelik derecelerinin tayinine çalışılır. Her zaman , verilen iki seçenek arasındaki tercihler sayılır veya bu tercihlere verilen puanlandırmalarla işlemler yapılır.

Diğer yöntemlere bu araştırmada değinilmeyecektir. Üyelik fonksiyonları genelde ,üçgen, yamuk veya normal dağılım eğrisine benzer şekilde belirlenmektedir. Bunlardan üçgen üyelik fonksiyonları pratik uygulamalarda en yaygın olarak kullanılanlarıdır.

5. BULANIK KÜMELER ÜZERİNDE İŞLEMLER

Klasik kümeler üzerinde tanımlanan üç temel işlem olan tümleyen alma, birleşim ve kesişim işlemlerinin bulanık kümeler üzerine genişletilmesi işlemini birden fazla yolla yapmak mümkündür. Uygulama alanının getirdiği

özelliklere göre yeni işlemler tanımlanabilir. Bulanık kümelerin bu yönü, klasik kümelerden ayrıldığı önemli noktalardan biridir. Fakat, genelde standart bulanık küme işlemleri olarak adlandırılan özel bir genişletme işlemi bulanık küme teorisinde daha ayrıcalıklı bir yer tutar.

Standart tümleyen alma işlemi, X kümesi üzerinde tanımlı bulanık A kümesinin üyelik fonksiyonu yardımıyla;

$$\forall x \in X, \mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x)$$

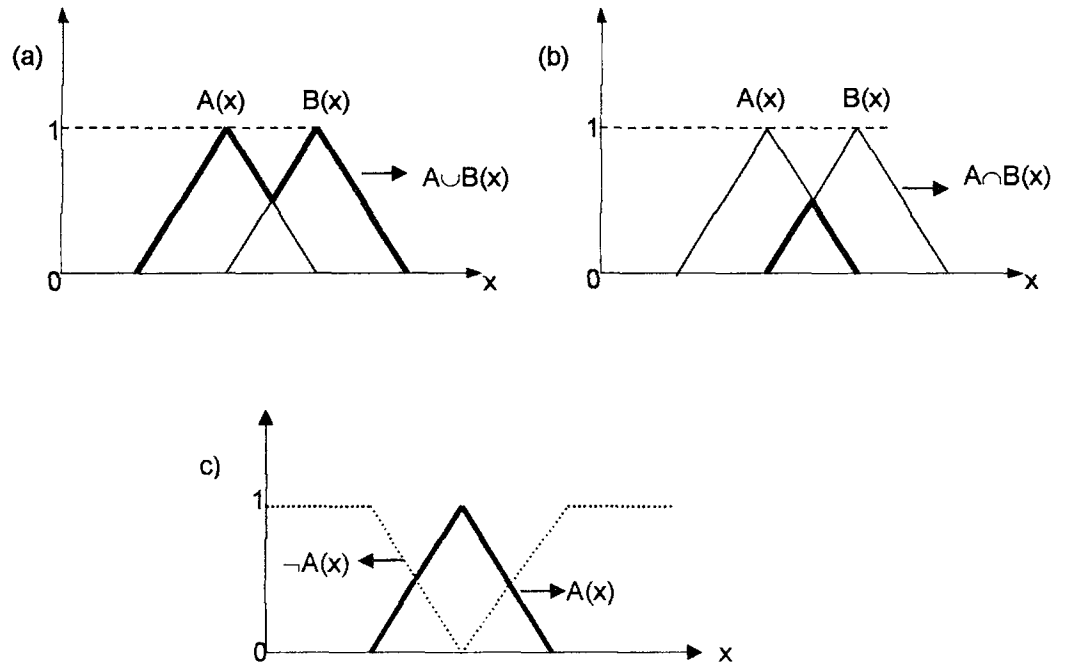
olarak tanımlanır. ($\bar{\cdot}$:Tümleyen)

Kesişim ve birleşim için standart işlemler, verilen iki bulanık A ve B kümesinin üyelik fonksiyonları yardımıyla;

$$\forall x \in X, (\bar{A} \cap \bar{B})(x) = EK[\mu_{\bar{A}}(x), \mu_{\bar{B}}(x)] = A(x) \wedge B(x)$$

$$\forall x \in X, (\bar{A} \cup \bar{B})(x) = EB[\mu_{\bar{A}}(x), \mu_{\bar{B}}(x)] = A(x) \vee B(x)$$

olarak verilir. Kesişim işlemindeki EK operatörü kümenin aynı elemana ait üyelik derecelerinden küçük olanının alınması gerektiğini belirtirken, birleşim işlemi için tanımlı EB operatörü büyük üyelik derecesine sahip olan elemanın üyelik derecesinin atandığını gösterir. EK ve EB operatörlerinin birleşme özelliği dolayısıyla bu tanımlar herhangi bir sayıda bulanık küme üzerine de genişletilebilirler.



Şekil-17: Bulanık kümelerin a) Birleşim , b) Kesişim c) Tümleyen Kümelerinin Üyelik Fonksiyonları Yardımıyla Gösterimi

Daha öncesinde dışbükey veya normal olan bulanık bir kümenin bu işlemler esnasında özelliklerinden bazılarını kaybetmesi mümkündür. Yukarıdaki şekillerden görüleceği üzere $\bar{A}$ ve $\bar{B}$ bulanık kümeleri işlem öncesinde normal ve dışbükey oldukları halde, sonuçta ortaya çıkan $\overline{A \cup B}$ kümesi dışbükey olmayan bir küme, $\overline{A \cap B}$ kümesi de normal olmayan bir küme oluştururlar. $\bar{A}$ nın tümleyeni ise sadece dışbükeylik özelliğini kaybetmiştir. Klasik kümeler teorisinden bilinen küme işlemlerinin özellikleri bulanık kümeler için de geçerlidir. Bu özellikler arasında çelişmezlik ilişkisi veya ortanın dışlanması olarak adlandırılan özellik, üçüncü şıkkin olanaksızlığı ilkesi bulanık küme teorisinin en önemli ayırt edici karakteristiğini ortaya koyarlar. Bu ilkeler;

$$A \cup \neg A = X$$

$$A \cap \neg A = \emptyset$$

olup bulanık kümeler için geçerli değildirler. Geçerli olan özellikler den bir kısmı aşağıda sıralanmıştır;

$\bar{A}$, $\bar{B}$ ve $\bar{C}$, X evrensel kümesi üzerinde tanımlı bulanık kümeler olmak üzere

$$1- \bar{A} \cup \bar{B} = \overline{A \cap B}, \bar{A} \cap \bar{B} = \overline{A \cup B}$$

$$2- (\bar{A} \cup \bar{B}) \cup \bar{C} = \overline{A \cap B \cap C}, (\bar{A} \cap \bar{B}) \cap \bar{C} = \overline{A \cup B \cup C}$$

$$3- \bar{A} \cap \bar{A} = \bar{A}, \bar{A} \cup \bar{A} = \bar{A}$$

$$4- \neg \neg \bar{A} = \bar{A}$$

$$5- \bar{A} \cap (\bar{B} \cup \bar{C}) = (\bar{A} \cap \bar{B}) \cup (\bar{A} \cap \bar{C}), \bar{A} \cup (\bar{B} \cap \bar{C}) = (\bar{A} \cup \bar{B}) \cap (\bar{A} \cup \bar{C})$$

$$6- \neg(\neg \bar{A}) = \bar{A}$$

$$7- \left. \begin{aligned} \neg(\bar{A} \cap \bar{B}) &= \neg \bar{A} \cup \neg \bar{B} \\ \neg(\bar{A} \cup \bar{B}) &= \neg \bar{A} \cap \neg \bar{B} \end{aligned} \right\} \text{De'Morgan Kuralları}$$

X kümesi üzerinde tanımlı bütün bulanık kümeleri içine alan kümeye bulanık kuvvet kümesi denir ve $F(X)$ ile gösterilir.

Verilen $\bar{A}, \bar{B} \in F(X)$ bulanık kümeleri için $\bar{A} \subseteq \bar{B}$ özelliği ancak ve ancak

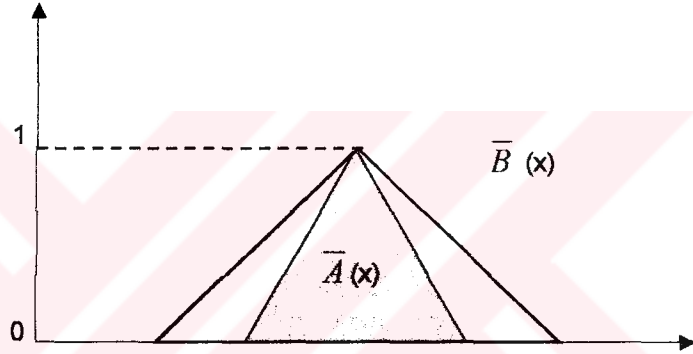
$$\mu_{\bar{A}}(x) \leq \mu_{\bar{B}}(x)$$

olması durumunda gerçekleşir. Yani, A'nın $\bar{B}$ kümesinin alt kümesi olması, A'daki elemanlara karşı gelen bütün üyelik derecelerinin $\bar{B}$ deki üyelik derecelerinden küçük olması gereklidir. Ayrıca bu durum geçerli olduğunda, standart küme işlemleri altında;

$$\bar{A} \cup \bar{B} = \bar{B}$$

$$\bar{A} \cap \bar{B} = \bar{A}$$

sağlanır.



Şekil-18: Bulanık Alt Küme Kavramının Gösterimi ($\bar{A} \subseteq \bar{B}$)

Sonlu veya sayılabilir bir evrensel X kümesinin üzerinde tanımlı A bulanık kümesinin gösterimi sırasıyla;

$$\bar{A} = \left\{ \frac{\mu_{A(x_1)}}{x_1} + \frac{\mu_{A(x_2)}}{x_2} + \dots + \frac{\mu_{A(x_n)}}{x_n} \right\}$$

$$\bar{A} = \left\{ \sum_{i=1}^{i=\infty} \frac{\mu_{A(x_i)}}{x_i} \right\}$$

X evreni sayılamayan sayıda elemana sahipse bu durumda da;

$$\overline{A} = \left\{ \int \frac{\mu_A(x_i)}{x_i} \right\}$$

şeklindedir.

Elemanlarla üyelik dereceleri arasındaki bölüm işareti ve toplama işareti gerçek kullanımındaki anlamında değildir. Sadece elemanlar arası ilişkileri ve elemanlarla üyelik derecesi arasındaki ilişkiyi ortaya koymak için kullanılmaktadır. Sayılamayan kümeler için kullanılan integral işareti de yine kümenin süreksizliğini göstermek için kullanılır.

Standart işlemlerin üyelik derecelerinin alacağı değerler $\{0,1\}$ değerlerine kısıtlandığı takdirde klasik küme işlevi görürler. Yani, standart bulanık işlemler onlara karşılık gelen klasik küme işlemlerinin bir genelleştirmesidir. Fakat bunlar mümkün olan tek işlemler değildirler. Her bir bulanık küme işlemi için klasik işlemleri de içeren geniş bir işlem sınıfı bulunmaktadır.

Klasik kümelerin tersine, bulanık kümelerin yapısal olarak sahip olduğu bu esneklikten dolayı, uygulama alanının farklılığına göre bu işlemleri temsil etmek için daha uygun farklı fonksiyonların tanımlanması mümkündür. Yani, bulanık küme teorisi üzerine kurulan matematiksel analiz çerçevesinde, sadece bulanık kümelerin üyelik fonksiyonları değil, onlar arasında gerçekleşecek işlemler de çalışılan alanla yakından ilişkilidir. Uygun üyelik fonksiyonu tanımlama ve anlamlı işlemleri belirleme kapasitesi, bulanık küme teorisinin pratik faydasını arttıran en önemli yönlerinden biridir.

6. BULANIK ARİTMETİK

Bulanık aritmetik bulanık sayılarla yapılan işlemleri ifade eder. Bilinen klasik kümelerde yapılan işlemlerin bulanık sayılara genişletilmesidir. Bu işlem Zadeh'in ortaya koyduğu genelleme ilkesidir (Extension Principal). Uygulaması uğraştırıcı ve uzun olan bu yöntemle denk olan α -kesimi ve aralık aritmetiğine dayalı diğer yöntemler bu araştırmada kullanılacaktır.

a.Bulanık Sayılar

Bulanık sayı normal ve dışbükey özelliğe sahip bulanık bir kümedir. Bu durumda bir bulanık sayının üyelik fonksiyonu normal olma ve dışbükey olma şartını sağlamalıdır.

Normallik : $\mu_{\bar{A}}(x)=1$, en az bir $x \in R$ (Küme elemanlarından en az birinin üyelik derecesi 1 olmalıdır.)

Dışbükeylik : $\mu_{\bar{A}}(x_2) \geq \text{EK} [\mu_{\bar{A}}(x_1), \mu_{\bar{A}}(x_3)]$, $\mu_{\bar{A}}(x) \in [0,1]$ ve $x_2 \in [x_1, x_3]$ (Kümenin her alfa kesimi dışbükey olmalıdır.)

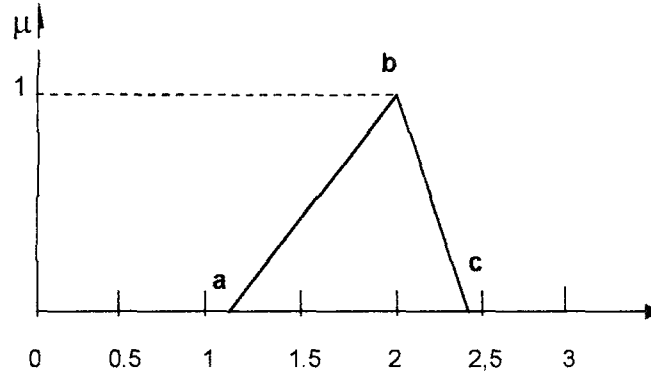
Olmak kaydıyla.(Chiu ve Park,1994)

Burada uygulamalarda en çok kullanılan ve ihtiyacı karşılama açısından çoğu yazarın yeterli gördüğü ve bu araştırmada da kullanılacak olan üçgensel ve yamuk bulanık sayılara ilişkin bilgi verilecektir.

(1) Üçgensel Bulanık Sayılar

Bir üçgensel bulanık sayı $a < b < c$ şeklinde üç sayı ile ifade edilirler.

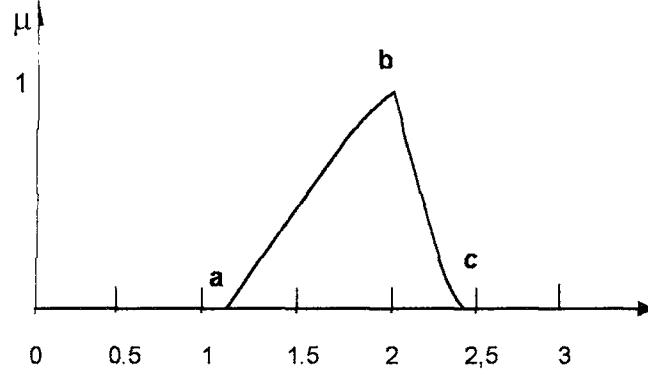
$\bar{A} = [a.b.c]$, Dayanak $\bar{A} = [a,c]$, Öz(nokta) $\bar{A} = b$ olmak üzere



Şekil-19: Üçgensel Bulanık Sayı

Şekil.18 $\bar{A} = [1.2, 2, 2.4]$ sayısı görülmektedir.

$$\mu_{\bar{A}}(2)=1, \quad \mu_{\bar{A}}(1.6)=0.5, \text{ vb.}$$



Şekil-20: Üçgensel Şekilli Bulanık Sayı

Şekil 20’de görülen bulanık sayı ise üçgensel şekilli bir bulanık sayıdır. Çünkü bu sayı $a < b < c$ sayıları ile ancak kısmi olarak belirtilebilmektedir.

$$\bar{B} \approx [1.2, 2, 2.4]$$

Bu farkın sebebi $[b, a]$ ve $[b, c]$ doğru parçalarının doğrusal olmamasıdır.

Bu durumda üçgensel bulanık sayının var olabilmesi için sayıyı oluşturan doğru parçalarının tabandan tepeye ya da tepeden tabana doğru giderken aynı oranda artış ya da azalış göstermesinin bir önşart olduğunu belirtmek doğru olacaktır.

Burada kullanılan ‘ $\approx$ ’ işareti $\bar{B}$ sayısının kısmi olarak 1.2 , 2 , 2.4 sayılarıyla ifade edebileceğine ilişkindir. Burada verilen bilgiden anlaşılabilecek olan şey $\bar{B}$ sayısının yalnızca dayanağının 1.2 ve 2.4 sayılarından oluştuğu ile özünün 2 olduğudur.

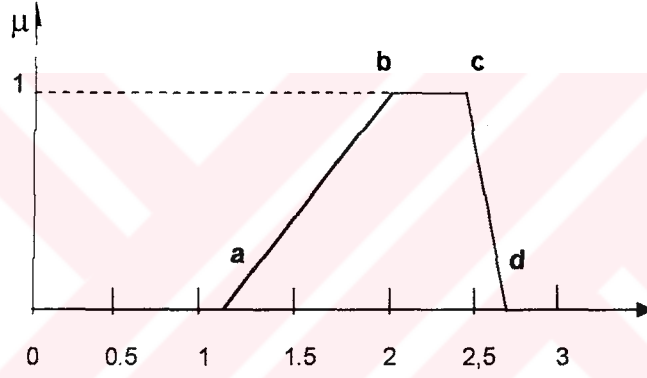
(2) Yamuk Bulanık Sayılar

Yamuk bir bulanık sayı $\overline{M}$ $a < b < c < d$ şeklinde dört sayı ile ifade edilirler.

$$\overline{M} = [a, b, c, d]$$

$$\text{Dayanak } \overline{M} = [a, d]$$

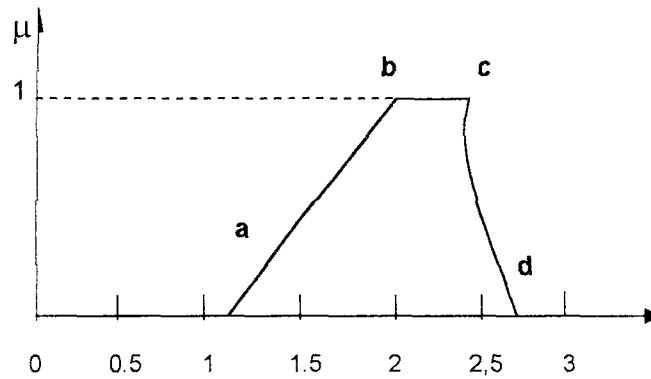
Öz (aralık) $\overline{M} = [b, c]$ olmak üzere. Buradan üçgensel bulanık sayılar için yamuk bulanık sayıların özünü belirten aralığın iki uç noktasının eşit olduğu durum şeklinde bir tanımlama da getirilebilir. $b=c$



Şekil-21: Yamuk Bulanık Sayı

Şekil.21 $\overline{M} = [1.2, 2, 2.4, 2.7]$ sayısı görülmektedir.

$$\mu_{\overline{M}} [2, 2.4] = 1, \mu_{\overline{A}} (1.5) = 0.5, \text{ vb.}$$



Şekil-22: Yamuk Şekli Bulanık Sayı

Şekil.22'de görülen bulanık sayı ise yamuk şekilli bir bulanık sayıdır. Çünkü bu sayı $a < b < c < d$ sayıları ile ancak kısmi olarak belirtilebilmektedir.

$$\bar{C} \approx [1.2, 2, 2.4, 2.7]$$

Bu farkın sebebi $[b,a]$ ve $[c,d]$ doğru parçalarının doğrusal olmamasıdır. Bu durumda yamuk bulanık sayının var olabilmesi için sayıyı oluşturan doğru parçalarının tabandan tepeye ya da tepeden tabana doğru giderken aynı oranda artış ya da azalış göstermesinin bir önşart olduğunu belirtmek doğru olacaktır.

Burada kullanılan ' $\approx$ ' işareti $\bar{C}$ sayısının kısmi olarak 1.2 , 2 , 2.4 ve 2.7 sayılarıyla ifade edebileceğine ilişkindir. Burada verilen bilgiden anlaşılacak olan şey $\bar{C}$ sayısının yalnızca dayanağının 1.2 ve 2.7 sayılarından oluştuğu ile özünün $[2,2.4]$ aralığı olduğudur.

b. Bulanık Sayıların α -Kesimleri

α -Kesimi bir bulanık kümeden belli bir üyelik derecesinde alınmış olan küme dilimini ifade eder.

$\bar{A}$ 'nın α -kesimi $\bar{A}[\alpha]$ şeklinde gösterilir. Eğer $\bar{A} \in \Omega$ 'nın bir alt kümesiye

$$\bar{A}[\alpha] = \{x \in \Omega \mid \bar{A}(x) \geq \alpha\} \quad 0 \leq \alpha \leq 1 \quad \text{şeklinde belirtilebilir.}$$

$\bar{A}[0]$ $\bar{A}$ 'nın dayanağını ifade eder. Bu çalışmada 0 α -kesimi kapalı aralık olarak kabul edilmektedir.

Her hangi bir $\bar{A}$ için, $\bar{A}[\alpha]$ kapalı,sınırlı bir aralıktır $0 \leq \alpha \leq 1$. Bu durumda;

$$\bar{A}[\alpha] = [q_1(\alpha), q_2(\alpha)]$$

Eğer $\bar{A}$ üçgensel ya da yamuk bir bulanık sayı ise

- $q_1(\alpha)$ $[0,1]$ aralığındaki'nin aynı oranda (monotonically) artan bir fonksiyonudur.
- $q_2(\alpha)$ $[0,1]$ aralığındaki'nin aynı oranda (monotonically) azalan bir fonksiyonudur.
- Üçgensel bir bulanık sayı için $q_1(1)=q_2(1)$ iken , yamuk bir bulanık için $q_1(1)<q_2(1)$.

Şekil 19 deki $\bar{A}$ için $\bar{A}[\alpha] = [q_1(\alpha), q_2(\alpha)]$, $q_1(\alpha)=1.2+0.8\alpha$ ve $q_2(\alpha)=2.4-0.4\alpha$, $0 \leq \alpha \leq 1$

Şekil 21 deki $\bar{M}$ için $\bar{M}[\alpha] = [q_1(\alpha), q_2(\alpha)]$, $q_1(\alpha)=1.2+0.8\alpha$ ve $q_2(\alpha)=2.7-0.3\alpha$, $0 \leq \alpha \leq 1$

c. Genelleme İlkesi

$\bar{A}$ ve $\bar{B}$ işleme konacak iki bulanık sayı ise;
ve $\bar{A} + \bar{B} = \bar{C}$ ise,

$\bar{C}$ 'nin üyelik fonksiyonu

$$\bar{C}(z) = \sup_{x,y} \left\{ EK \left(\bar{A}(x), \bar{B}(y) \right) \mid x+y=z \right\}$$

$\bar{A} - \bar{B} = \bar{C}$ ise,

$\bar{C}$ 'nin üyelik fonksiyonu

$$\bar{C}(z) = \sup_{x,y} \left\{ EK \left(\bar{A}(x), \bar{B}(y) \right) \mid x-y=z \right\}$$

$\bar{A} \times \bar{B} = \bar{C}$ ise,

$\bar{C}$ 'nin üyelik fonksiyonu

$$\overline{C}(z) = \sup_{x,y} \left\{ EK \left(\overline{A}(x), \overline{B}(y) \right) \mid x \times y = z \right\}$$

$$\overline{A} / \overline{B} = \overline{C} \text{ ise,}$$

$\overline{C}$ 'nin üyelik fonksiyonu

$$\overline{C}(z) = \sup_{x,y} \left\{ EK \left(\overline{A}(x), \overline{B}(y) \right) \mid x / y = z \right\}$$

şeklinde tanımlanır.

Tüm durumlarda $\overline{C}$ 'de bir bulanık sayıdır. $\overline{A} / \overline{B}$ ifadesinde $\overline{B}$ 'nin dayanağına sıfır (0) sayısının dahil olmadığı varsayılmaktadır.

Toplama ve çıkarma işlemi için $\overline{A}$ ve $\overline{B}$ üçgensel (yamuk) bulanık sayılar ise $\overline{C}$ 'de bir üçgensel (yamuk) bulanık sayıdır.

Ancak çarpma ve bölme için durum farklıdır. $\overline{A}$ ve $\overline{B}$ üçgensel (yamuk) bulanık sayılar ise $\overline{C}$ 'de bir üçgensel (yamuk) *şekilli* bulanık sayıdır.

Tanımlarda verilen sup işlemcisi kümenin asgari üst sınırını ifade eder. Eğer $\Omega=[0,1)$ ise $\sup(\Omega)=1$,
eğer $\Omega=[0,1]$ ise $\sup(\Omega)=EB(\Omega)=1$

Bu uzun ve karmaşık işleme denk olabilecek aralık aritmetiğine dayalı diğer yöntemler çoğu araştırmada tercih edildiği gibi bu araştırmada da tercih edilmiştir.

d. Aralık (Interval) Aritmetiği

Eğer $[a_1, b_1]$ ve $[a_2, b_2]$ iki kapalı aralık ise;

“*” Simgesi toplama, çıkarma, çarpma ve bölme işlemlerini simgeliyorsa;

$[a_1, b_1] * [a_2, b_2] = [\alpha, \beta]$, eşitliği aralık aritmetiğini simgeler. Bölme işlemi için sıfırın(0) $[a_2, b_2]$ aralığına ait olmadığı varsayılmaktadır.

$$[a_1, b_1] + [a_2, b_2] = [a_1 + a_2, b_1 + b_2]$$

$$\begin{aligned}
[a_1, b_1] - [a_2, b_2] &= [a_1 - b_2, b_1 - a_2] \\
[a_1, b_1] / [a_2, b_2] &= [a_1, b_1] * [1/b_2, 1/a_2] \\
[a_1, b_1] * [a_2, b_2] &= [\alpha, \beta] \Rightarrow \\
\alpha &= EK\{a_1a_2, a_1b_2, b_1a_2, b_1b_2\} \\
\beta &= EB\{a_1a_2, a_1b_2, b_1a_2, b_1b_2\}
\end{aligned}$$

Bulanık sayıların α -kesimlerinin de birer kapalı aralık olduğu dikkate alınırsa bulanık sayılarla yapılan işlemlerde genelleme ilkesi yerine karmaşık olmayan aralık aritmetiğinden faydalanılarak bulanık sayıların α -kesimleri kullanılabilir.

e. Dsw Algoritması , Sınırlı Dsw Algoritması, Köşe (Vertex) Yöntemi

Bulanık sayıların α -kesimlerini kullanan DSW (Dong, Shah ve Wong, 1985) algoritması dört aşamadan oluşur.

1. Bir α değerinin seçilmesi, $0 \leq \alpha \leq 1$ olmak kaydıyla
2. İşleme girecek olan üyelik fonksiyonların seçili olan α değerine ilişkin α -kesimlerinin bulunması
3. Bulunan bu α -kesimleriyle aralık aritmetiği kullanılarak sonuç üyelik fonksiyonun seçili α değerine ilişkin α -kesiminin bulunması
4. Sonuç üyelik fonksiyonunun α -kesimlerinden oluşan tam bir görüntüsünü elde etmek için 1 ve 3 nolu işlemlerin tekrar edilmesi (Ross, 1995)

Üçgensel ya da yamuk bulanık sayılarda öz değeri bulanık sayının 1-kesimine denk gelirken, dayanak 0-kesimine denk gelmektedir. Bulanık sayıların (üçgensel, yamuk) toplanması yine doğrusal bir sonuç verirken çarpımları doğrusal olmayan bir sonuç verir. Bu çalışmada, ana maliyet kalemlerine ulaşana dek gerçekleşen süreçlerde kullanılan DSW yöntemi sayıların yalnızca 1 ve 0 -kesimleri kullanılarak uygulanacaktır. Toplama çıkarma dışında diğer işlemlerde gerçekleşen doğrusal olmayışlık ihmal edilerek sonuç her şekilde doğrusal kabul edilecektir.

Sınırlı DSW algoritması Givens ve Tahani tarafından ortaya konmuş olup DSW algoritmasının özel bir halini ifade eder. Bu yöntemle göre; eğer $[a1,b1]$ ve $[a2,b2]$ iki kapalı aralık ise; iki sınırlılık sağlandığı sürece çarpma ve bölme işlemi aşağıdaki gibi basitleştirilebilir.

$$[a1,b1] * [a2,b2] = [a1a2,b1b2]$$

$$[a1,b1] / [a2,b2] = [a1/b2,b1/a2]$$

Bu iki sınırlılık (şart) şunlardır:

1. Hiç bir kapalı aralığın negatif sayı içermemesi $a1,b1,a2,b2 \geq 0$
2. Hiç bir hesaplamanın çıkarma işlemi içermemesi

Köşe yönteminde ise girdi üyelik fonksiyonlarının seçili olan seçili olan α değerine ilişkin α -kesimlerinden oluşan aralık değerleri arasındaki muhtemel tüm kombinasyonlar işleme sokulur ve sonuçlardan en büyük olan ilgili α -kesiminin sonuç aralığının büyük değerini , en küçük olanı ise ilgili α -kesiminin sonuç aralığının küçük değerini oluşturur.(Esogbue,1998)

Dong yaptığı çalışmada, bulanık sayılarla yapılacak işlemlerde köşe yönteminin diğer yöntemlere oranla genelleme ilkesine daha yakın olma adına daha etkili sonuçlar verdiğini göstermiştir.(Dong ve Shah, 1987)

f. Bulanık Sayıların Sıralanması

Bulanık sayıların sıralanmasına ilişkin kullanılan yöntemlerden bazıları şunlardır(Chiu ve Park, 1994);

(1) Chang Yöntemi

Bir üçgensel bulanık sayı $[a,b,c]$, $(c-a)(a+b+c)/6$ eşitliği ile gerçek sayıya dönüştürülür. Büyüklük küçüklük ilişkisine göre sıralanacak üçgensel bulanık sayılar bu şekilde gerçek sayıya dönüştürülerek sıralanabilirler.

(3) Kaufman ve Gupta Yöntemi

Bu yöntem üçgensel bulanık sayı $[a,b,c]$ için üç kriter öne sürer.

Öncelik ilişkisine göre sıralanırsa;

1. Gerçek sayıya dönüştürme $(a+2b+c)/4$

İlk önce bakılacak bu kriterde büyük gerçek sayı büyük bulanık sayıyı gösterir. Yapılan değerlendirmede eşitlikle karşılaşırsa 2 nolu kritere bakılır.

2. Sayıların moduna bakma (b)

Modu büyük olan daha büyüktür. Eşitlik halinde 3 nolu kritere bakılır.

3. Sınırlara bakma $(c-a)$

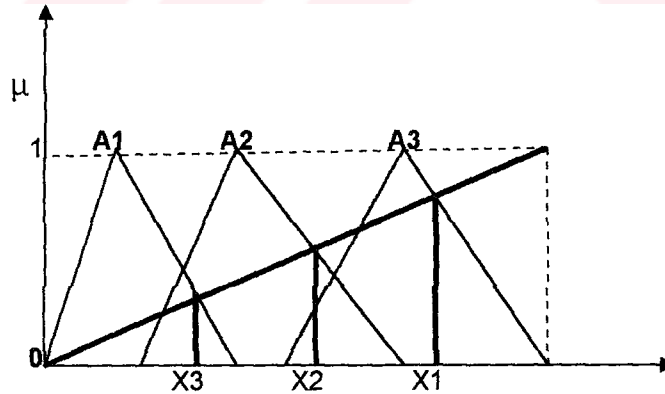
Sınır aralığı büyük olan daha büyüktür.

(4) Jain Yöntemi

Bu yöntem karşılaştırılacak olan üyelik fonksiyonlarını aynı grafikte göstererek iki noktanın bir doğru ile birleştirilmesini ve o doğrunun üyelik fonksiyonlarını kestiği noktaların en büyük üyelik derecelerinin büyük küçük ilişkisine rehber olduğunu belirtir. Söz konusu doğrunun geçtiği iki nokta ;

Nokta1: Hem değerce hem de üyelik derecesi açısından en küçük olan nokta

Nokta2: Hem değerce hem de üyelik derecesi açısından en büyük olan nokta. Şekil.23'de durumun örneği görülmektedir.



Şekil-23: Bulanık Sayıların Jain Yöntemine Göre Sıralanması

Çizilen çizginin üyelik fonksiyonlarını kesmiş olduğu noktalardan üyelik derecesi büyük olanların karşılaştırması yapılır.

$x_3 < x_2 < x_1$ olduğundan $\bar{A}_1 < \bar{A}_2 < \bar{A}_3$ şeklinde sıralanır.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

MODELİN KURULMASI VE UYGULAMA

1. MODELİN KURULMASI

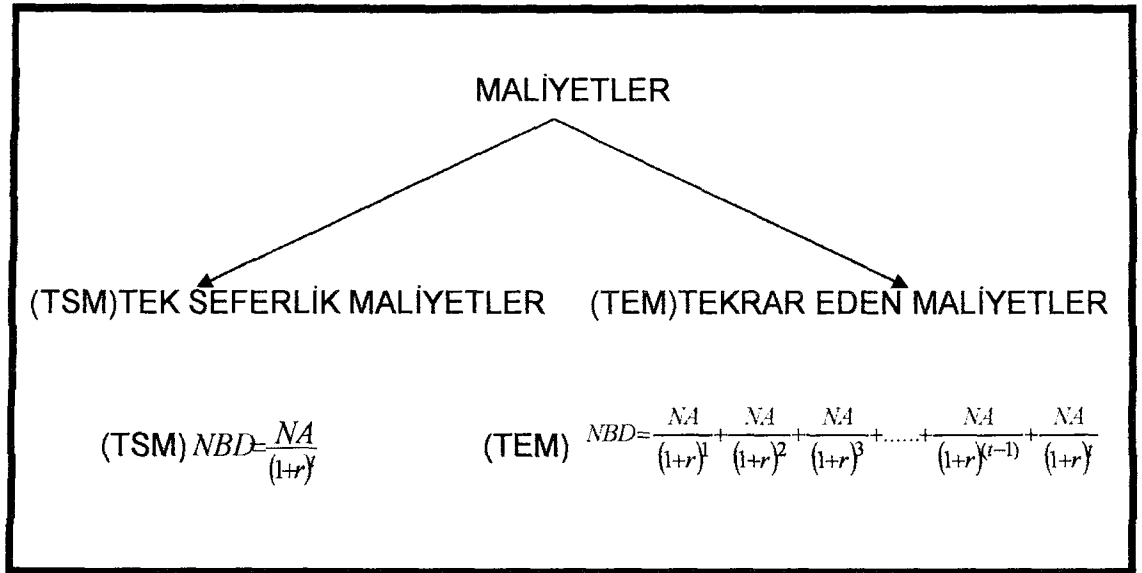
Bir projenin ÖDM'ti, nakit akımlarının belli bir iskonto oranına göre indirgenmiş değerleri toplamıdır. Söz konusu tanımdan anlaşılacağı üzere net bu günkü değer (NBD) nakit akımları ve o nakit akımlarının bu günkü değerini oluşturacak bir iskonto oranının fonksiyonudur(Eşitlik 1).

$$NBD = f(\text{NAKİT AKIMLARI}, \text{İSKONTO ORANI})$$

E 1

a. Maliyet

Bir projenin toplam maliyeti, yapılacak harcamaların amacı, tekrarlanma durumu ve projenin yaşam devri göz önüne alınarak yatırım harcamaları ve işletme giderleri olarak iki farklı biçimde kümelendirilebilir. Oluşturulacak modelin genel uygulanabilir olması adına bu çalışmada maliyetler tekrar etme durumlarına göre gruplandırılmıştır. Bu tercihin diğer bir sebebi nakit akımlarını indirgemedede kullanılan formüllerin de maliyetlerin tekrarlanma durumuna göre gruplandırabilme olanağı sağlamasındandır. Bu durum (Şekil 24) 'de görülmektedir.



Şekil-24: Maliyet Gruplandırması

(1) Tek Seferlik Maliyetler

Projenin toplam ömür devri boyunca bir kez katlanılacağı düşünülen maliyetlerdir.

- (YM) YATIRIM MALİYETİ = YM, t₀ Anındaki maliyet toplamı. İndirgemeye tabi tutulmayan maliyettir.

- (MM) MODİFİKASYON MALİYETİ = $MM \times \left(\frac{1}{1+r}\right)^{t_i}$

MM=> Bu maliyet projenin ömrü boyunca bir kez rastlayabileceği umulan kapasiteyi arttırmak için, belli bir parçaya ilişkin teknolojik gelişme ya da eskime vb. nedenlerle parça değişikliği ya da ek parçanın sebep olabileceği maliyet olabileceği gibi, belli bir sürede projenin tümünden elden geçirilip baştaki performansını yeniden elde etme hedefini güden bir amaçtan kaynaklanabilir.

t=> MM'nin projenin kaçınıcı yılında gerçekleşeceğini belirtmektedir.

r=> Belirlenmiş olan iskonto oranıdır.

- (HD) HURDA DEĞER = $HD_t \times \left(\frac{1}{1+r}\right)^t$

HD=> Projenin ekonomik ömrünü tamamladığı anda elden çıkarılması durumunda sebep olacağı değer ya da maliyettir.

Y=> Projenin belirlenmiş olan yaşam ömrüdür.

(2) Tekrar Eden Maliyetler

Projenin toplam ömür devri boyunca birden fazla sayıda ortaya çıkacağı düşünülen nakit akımlarıdır.

- $(IBO) \text{İŞLETME-BAKIM-ONARIM GİDERLERİ} = IBO * \left(\frac{1}{r}\right) * \left[1 - (1+r)^{-Y}\right]$

IBO=> İşletme,bakım ve onarım gibi yıllık düzenli ve tekrar eden faaliyetlerin sebep olduğu maliyetlerdir.

- $(TEM) \text{TEKRAR EDEN MALİYET} = TEM * \left(\frac{1}{1+r}\right)^p * \left[\frac{1 - \left(\frac{1}{1+r}\right)^{s * p}}{1 - \left(\frac{1}{1+r}\right)^p} \right]$

TEM=> Bazı maliyetlerin düzenli olarak tekrar edebileceği ancak bu tekrarların yıllık olmayacağı düşünülürse ,(iki yılda bir değiştirilmesi düşünülen bilgisayar parçası gibi),bu maliyet tipi hesaplamada ikinci bir tekrar eden maliyet seçeneği olarak modele dahil edilmiştir.

p=> Formülde (p) ilgili proje alternatifine ait tekrar eden maliyetin kaç yılda bir tekrar edeceğini;(s) ise bu maliyetin ilgili proje alternatifi için ömür devri boyunca kaç kez tekrar edeceğini ifade etmektedir.

s=> 's' değeri proje yaşam ömrünün 'p' değerine bölünmesi ile elde edilir.

(s=Y/p) ilgili maliyetin tekrarlanma sayısını gösterir.

Bu işlem (s=Y/p) bulanık sayılarla yapıldığında elde edilen 's' değerinin '0' yönünde en yakın tamsayıya yuvarlanmasına dikkat edilmelidir. Bu formülde dikkat edilecek diğer bir nokta 'Y/p' bölümünden kalanın '0' dan farklı bir sayı olmasıdır. Eğer kalan '0' ise 'p' değeri 'p-1' olarak alınmalıdır. Böylece projenin ömür devri sonunda fazladan bir maliyet tekrarı yaptırılmamış olunacaktır.

Tüm uygulamalarda dikkat edilecek diğer bir nokta modelde paydayı oluşturan ifadelerin '0'dan farklı olmasıdır.

Oluşturulan modele üç adet (TSM) ve iki adet de (TEM) dahil edilmiştir(Tablo 2).

MALİYET MATRİSİ		
	TEK SEFERLİK MALİYETLER	TEKRAR EDEN MALİYETLER
YATIRIM MALİYETİ	X	
MODİFİKASYON MALİYETİ	X	
HURDA DEĞERİ	X	
İŞLETME-BAKIM-ONARIM GİDERLERİ (YILLIK)		X
TEKRAR EDEN MALİYETLER (YILLIK OLMAYAN)		X

Tablo-2: Maliyet Matrisi

b. İskonto Oranı

İndirgemedede kullanılan cari iskonto oranı (r) genel olarak üç elemanın bileşimidir. Bunlar paranın risk içermeyen zaman değeri (z),projenin riskine göre artan risk primi (k), ve enflasyonu yansıtan prim (e) olarak belirtilebilir. Böylece cari iskonto faktörü $(1+r)=(1+z)(1+k)(1+e)$ şeklinde belirtilir.

Eğer $(1+i)=(1+z)(1+k)$ olarak reel sermaye maliyetini ya da reel iskonto oranını temsil etmesi için tanımlanırsa;

$$(1+r)=(1+i)(1+e)$$

$$r=(1+i)(1+e)-1$$

$$r=i+e+ie \text{ yazılabilir.}$$

Buna göre ,%10 olan bir reel iskonto oranı %20'lik bir enflasyon oranı ortamında cari olarak ,0,10+0,20=0,30 değil ,

$$r=0,10+0,20+(0,10) \times (0,20)$$

$$r=0,32$$

oranında yani %32'lik bir nominal iskonto oranını ifade edecektir.Fisher etkisi olarak bilinen bu durum ,cari iskonto oranlarının kapalı olarak enflasyonu içerdiğini belirtmektedir.

Benzer bir ifade ile ,reel faizin %10 olduğu bir ekonomide eğer beklenen enflasyon oranı %20 ise ,nominal faiz oranı %30 değil ,Fisher etkisi nedeniyle %32 olacaktır. $(1+r)=(1+z)(1+k)(1+e)$ Formülü yardımıyla reel faiz oranlarının hesaplanması da mümkündür. Nominal faizin %90 ve enflasyonun %60 olduğu bir ekonomide reel faiz oranı;

$$0,90=i+0,60+ix(0,60)$$

$$0,30=1,6x i$$

$$i=0,30/1,16$$

$$i=\%18,75$$

olacaktır.

Dolayısıyla temel yılda (t_0) cari değerler üzerinden nakit akımlarının tahmin edildiği bir proje değerlendirmede ,cari iskonto oranı kullanıldığı zaman projenin değeri daha düşük çıkacaktır. Çünkü o andaki cari net nakımları gelecekteki enflasyonu kapsamadığı halde ,iskonto oranı örtülü halde enflasyonu kapsamaktadır ve o andaki enflasyonun gelecekte de devam edeceğini varsaymaktadır. Bu durum ise yanlış kararlara yol açabilir (Sarıaslan, 2002).

Bazı uygulamalarda nominal orandan enflasyon oranını çıkartarak reel orana ulaşıldığına rastlanmaktadır.Bu tür hesaplamalar ancak enflasyon oranının çok düşük olduğu ülkelerde olabildiğince küçük hatalı sonuç verirken Türkiye gibi yüksek enflasyonun geçerli olduğu ülkelerde $(1+r)=(1+z)(1+k)(1+e)$ formülünden faydalanılmalıdır. Bu çalışmada tüm nakit akımları enflasyon oranıyla ileriye götürölüp, nominal iskonto oranıyla indirgenmekte olduğundan , kullanılan iskonto oranı reel iskonto oranıdır.

$$\frac{(1+e)}{(1+r)} = \frac{(1+e)}{(1+i)(1+e)} = \frac{1}{(1+i)}$$

oranı.

Mohammed Kishk ve Assem Al-Hajj'ın yaptıkları çalışmada da olduğu gibi batılı ülkelerin çoğunda bu tip hesaplamalarda enflasyon oranının dikkate alınmadığına rastlanmıştır.Bu çalışmada her maliyete ilişkin nakit

akımlarına enflasyon oranı uygulanarak formül geliştirilmiştir. Tüm maliyet unsurlarının enflasyondan aynı düzeyde etkilendiği kabul edilmiştir. 3Nolu eşitliğe dek formülün ham hali korunmuş böylelikle modelin sadeleştirilme sürecinde çoklu varoluşun neden olduğu genişlemiş sonuç sorunu olmadığı görüldükten sonra sadeleştirme yapılmıştır. Bir fonsiyonun değişken değerleri bulanık sayılar ve çözümlemede kullanılan yöntem vertex(köşe) yöntemiye, fonksiyondaki değişken sayısı değişken çeşitine eşittir..Tekrar eden bir değişken bağımsız ayrı bir değişkenmiş gibi dikkate alınırsa fonksiyon sonucu daha geniş bir üyelik fonksiyonu verir.

Maliyetler ve kullanılacak iskonto oranının belirlenmesinden sonra ortaya çıkan model 2 nolu eşitlikte gösterilmiştir.(e) ifadesi enflasyon ya da kur oranını temsil etmektedir.

$$NBD_i = YM_i + \left(\frac{1+e}{1+r} \right) \left[\frac{1 - \left(\frac{1+e}{1+r} \right)^Y}{1 - \left(\frac{1+e}{1+r} \right)} \right] \left[\sum_{m=1}^m IBO_{ij} + \sum_{n=1}^n TEM_{in} \left(\frac{1+e}{1+r} \right)^{P_m} \left[\frac{1 - \left(\frac{1+e}{1+r} \right)^{S_{in} P_m}}{1 - \left(\frac{1+e}{1+r} \right)^{P_{in}}} \right] + \sum_{k=1}^k \left(\frac{1+e}{1+r} \right)^{I_{ik}} MM_i - HD_i \left(\frac{1+e}{1+r} \right)^{Y_i} \right]$$

E 2

3 Nolu eşitlikte ise modelin bulanık sayılarla olan ifadesi gösterilmiştir.

$$\overline{NBD}_i = \overline{YM}_i + \left(\frac{1+\bar{e}}{1+\bar{r}} \right) \left[\frac{1 - \left(\frac{1+\bar{e}}{1+\bar{r}} \right)^{\bar{Y}}}{1 - \left(\frac{1+\bar{e}}{1+\bar{r}} \right)} \right] \left[\sum_{m=1}^m \overline{IBO}_{ij} + \sum_{n=1}^n \overline{TEM}_{in} \left(\frac{1+\bar{e}}{1+\bar{r}} \right)^{\bar{P}_m} \left[\frac{1 - \left(\frac{1+\bar{e}}{1+\bar{r}} \right)^{\bar{S}_{in} \bar{P}_m}}{1 - \left(\frac{1+\bar{e}}{1+\bar{r}} \right)^{\bar{P}_{in}}} \right] + \sum_{k=1}^k \left(\frac{1+\bar{e}}{1+\bar{r}} \right)^{\bar{I}_{ik}} \overline{MM}_i - \overline{HD}_i \left(\frac{1+\bar{e}}{1+\bar{r}} \right)^{\bar{Y}_i} \right] \quad \mathbf{E}$$

3

Eşitliğin tamamı incelendiğinde $\left(\frac{1+\bar{e}}{1+\bar{r}} \right)$ ifadesinin geçtiği yerler dışında (e) ve (r) değişkenlerinin tekrar etmediği görülmektedir. Bu durumda eşitliği sadeleştirmek ve işlem sürecini de azaltmak adına $\left(\frac{1+\bar{e}}{1+\bar{r}} \right)$ ifadesi ayrıca hesaplanarak eşitlik yeniden düzenlenebilir. Aksi durumlar bulanık aritmetikte, eğer köşe metodu tercih ediliyorsa çoklu var oluş sebebiyle sonuç genişlemesine neden olacaktır. Diğer bir değişle yeni düzenleme sonrasında

i ifadesi (yalnızca i 'nin içeriğinde var) dışında formülün başka yerinde e ya da r ifadesi geçmemektedir. Söz konusu ifade 4 nolu eşitlikte (i) olarak gösterilmiştir.

$$\bar{i} = \left(\frac{1 + \bar{e}}{1 + \bar{r}} \right) \quad \text{E 4}$$

i ifadesi eşitlikteki yerine yerleştirilirse;

$$\overline{NBD}_i = \overline{YM}_i + (i) \left[\frac{1 - (i)^{\bar{Y}_i}}{1 - (i)} \right] \sum_{m=1}^m \overline{IBO}_{ij} + \sum_{n=1}^n \overline{TEM}_{in} (i)^{\bar{P}_{in}} \left[\frac{1 - (i)^{\bar{S}_{in} \bar{P}_{in}}}{1 - (i)^{\bar{P}_{in}}} \right] + \sum_{k=1}^k (i)^{\bar{r}_k} \overline{MM}_i - \overline{HD}_i (i)^{\bar{Y}_i} \quad \text{E 5}$$

Maliyet faktörleri 'F' ile ifade edilirse formülün daha sade hali 6.nolu eşitlikte görülmektedir.

$$\overline{NBD}_i = \overline{YM}_i + \overline{F}_{IBO_i} \sum_{m=1}^m \overline{IBO}_{ij} + \sum_{n=1}^n \overline{TEM}_{in} \overline{F}_{TEM_i} + \sum_{k=1}^k \overline{F}_{RM_i} \overline{MM}_i - \overline{HD}_i \overline{F}_{HD_i} \quad \text{E 6}$$

2. BULANIK SAYILARIN BELİRLENMESİ

Oluşturulan modelde kullanılacak olan değişkenlerin üyelik fonksiyonlarının belirlenmesinde uzman görüşüne başvurulacaktır. Bu yöntemde uzmanlardan bazı sorulara cevap vermesi istenir. Monte Carlo simülasyonunda sübjektif olasılık belirleme sürecine benzeyen bu süreçte üçgensel ya da yamuk bulanık sayılar oluşturmaya imkan verecek şekilde uzmana sorular yöneltilmelidir (Kaufman ve Gupta , 1985).

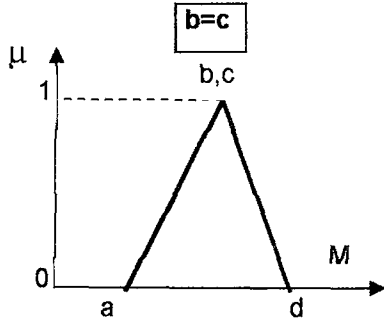
Amaca hizmet edecek şekilde uzmana yöneltilecek sorularda şöyle bir yaklaşım izlenebilir:

- Söz konusu olan değişkenin alabileceği en küçük değer sizce ne olabilir?
- Söz konusu olan değişkenin alabileceği en büyük değer sizce ne olabilir?
- Söz konusu olan değişkenin alabileceği en muhtemel tek değer sizce ne olabilir?

Kaufman ve Gupta'ya göre bir uzman genellikle en küçük, en büyük ve en muhtemel değer üzerine tahminde bulunabilmekte ve bu sebeple ilgili modelde üçgensel bulanık sayıların kullanılması daha gerçekçi olmaktadır.

Bu çalışmada görüş istenen uzmana farklı bir seçenek daha tanınarak yamuk bulanık sayı ile de üyelik fonksiyonu belirleme olanağı sağlanmıştır. En muhtemel değer, tahmini bir aralık içinde olabileceğini düşünen bir uzman için bu olanak ihtiyaca cevap verir niteliktedir.

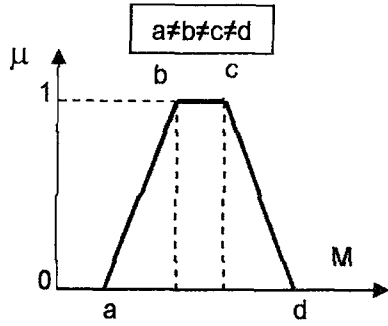
Modelde kullanılabilecek ve yukarıda açıklaması yapılmış olan üyelik fonksiyonları ve bu fonksiyonların oluşumunu sağlayacak uzman görüşleri şekil 25 'te görülmektedir.



M değişkeninin alabileceği en küçük değer (a) olurdu.

M değişkeninin alabileceği en büyük değer (d) olurdu.

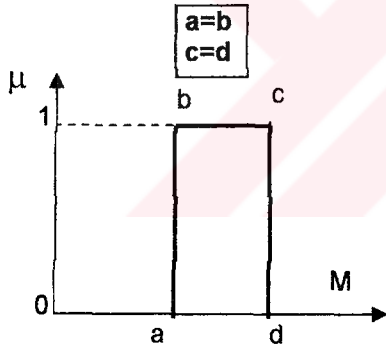
M değişkeni tek bir değer alacak olsaydı bu değer (b) olurdu.



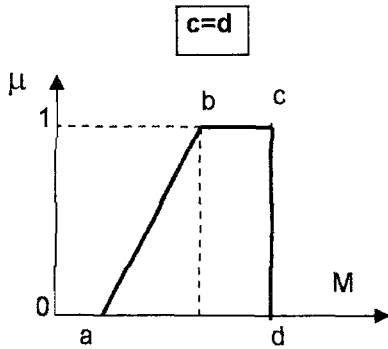
M değişkeninin alabileceği en küçük değer (a) olurdu.

M değişkeninin alabileceği en büyük değer (d) olurdu.

M değişkeni tek bir değer alacak olsaydı bu değer (b) ile (c) arası olurdu

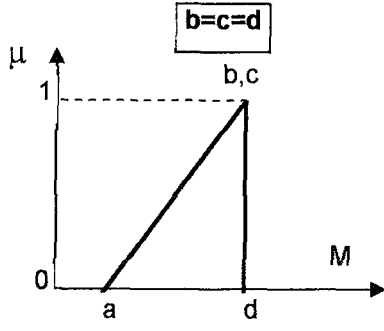


M değişkeni tek bir değer alacak olsaydı bu değer (b) ile (c) arası olurdu. M değişkeninin değeri (a)'dan daha küçük ya da (d) 'den daha büyük olmazdı.



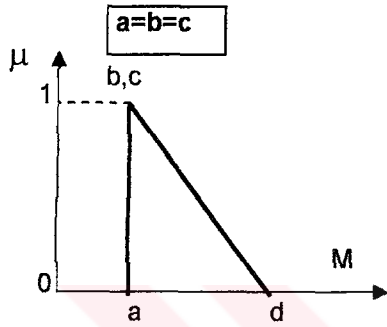
M değişkeni tek bir değer alacak olsaydı bu değer (b) ile (c) arası olurdu. M değişkeninin değeri (d)'den daha büyük olmazdı.

M değişkeninin alabileceği en küçük değer (a) olurdu.



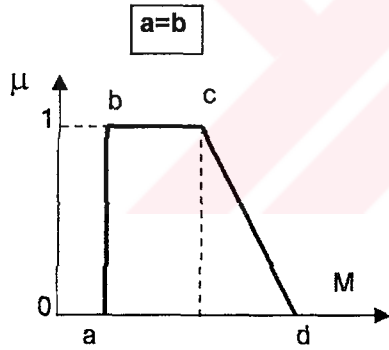
M değişkeni tek bir değer alacak olsaydı bu değer (b) olurdu, ve bu değer (d)'den daha büyük olmazdı.

M değişkeninin alabileceği en küçük değer (a) olurdu.



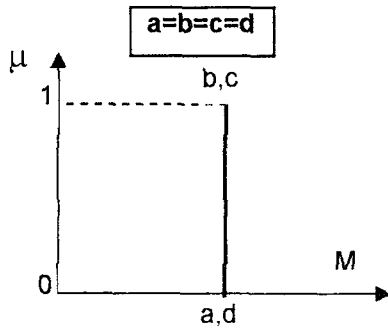
M değişkeni tek bir değer alacak olsaydı bu değer (b) olurdu, ve bu değer (a)'dan daha küçük olmazdı.

M değişkeninin alabileceği en büyük değer (d) olurdu.



M değişkeni tek bir değer alacak olsaydı bu değer (b) ile (c) arası olurdu. M değişkeninin değeri (b)'den daha küçük olmazdı.

M değişkeninin alabileceği en büyük değer (d) olurdu.



M değişkeninin değeri kesinlikle (a) olurdu.

Şekil-25: Üyelik Fonksiyonu Oluşturmada Muhtemel Uzman Görüşleri

Değişkenlere ilişkin üyelik fonksiyonunun belirlenmesinde elde veri seti olan değişkenler için üçgensel bulanık sayı oluşturma işlemi için farklı bir yaklaşım izlenebilir. Bu yaklaşımda verilerin ortalaması üçgensel bulanık sayının özü olarak, en büyük veri değeri üçgensel bulanık sayının alabileceği en büyük değer, en küçük veri değeri üçgensel bulanık sayının alabileceği en küçük değer olarak belirlendikten sonra uzman onayı alınarak son şekli oluşturulabilir. (Bu çalışmada bulanık sayının dayanağını belirten 0 α -kesiminin kapalı aralık olduğu kabul edilmektedir.)

Üyelik fonksiyonlarının oluşturulmasında bulanıklığın takibi ve bulunması titizlikle yapılmalıdır.Araştırmacı bulanıklığın kaynaklandığı noktaya dek inerek bulanıklığı keşfetmelidir. Bulanıklık hem karmaşıklık hem de belirsizliği içermektedir. Karmaşıklık varolanların çokluğundan ziyade varolanlar arası ilişkilerin çok çeşitli ve fazla sayıda olmasından kaynaklanırken (Battram,1999);belirsizlik elde bulunan bilgi ile ihtiyaç duyulan bilgi arası farkı ifade eder. Bu tanımlardan sonra araştırmacının bulanıklık takibini nasıl yapacağına dair şöyle bir örnek verilebilir.

İBO maliyetinin üyelik fonksiyonunu belirleme aşamasında olan bir araştırmacı,bir makinenin işletme ve bakım giderlerini belirlemeye çalışıyorsa ve o makineden sorumlu bir kişinin belli zamanlarda makineyi çalıştırması,kapatması ve belli zamanlarda makinenin bakımını yapması söz konusuysa burada;

BELİRSİZLİK:Bu işlerden sorumlu kişinin makine başında ne kadar süre harcadığı ve her periyodik bakımda maliyeti ne miktarda olan bakım malzemesi kullandığıdır. Belirli olan ise sorumlu personele birim zamanda ödenen ücretin şimdiki zaman değeri ile birim miktardaki bakım malzemesinin şimdiki zaman değeridir.

KARMAŞIKLIK:Bu örnekteki karmaşıklık ise sorumlu personelin asıl işinin o makineyle ilgilenmek olup olmadığı ya da başka bir asli görevin yanında o makineyle de ilgilenmekte olup olmamasıdır.Birinci durumda personele ödenen tüm ücret maliyet kabul edilecekken ikinci durumda üyelik

fonksiyonu belirlenmesi gereken (makine başında geçirilen süre) belirsizlikler söz konusudur.

3. FARKLI ÖMÜR DEVRİNE SAHİP ALTERNATİFLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

Ömür devirleri farklı iki projenin maliyet yönünden karşılaştırılmasında Flanagan'ın önerdiği yöntem kullanılırsa, NBD'i belirlenmiş olan alternatiflerin bu değerlerini veren yıllık eşit miktarda neden oldukları maliyetleri bulmak ve o maliyetleri karşılaştırmak gerekecektir (Flanagan, 1989). Bu yöntemde her projenin NBD'i o projenin eşit taksitlerin bugünkü değer faktörüne (ETBDF) bölünerek yıllık maliyet bulunur ve bu değerler kıyaslanarak maliyet açısından uygun alternatifin seçimine karar verilir. Yaşam ömürleri farklı olan sistem alternatiflerinin karşılaştırılmasında ÖDM maliyet değerlerini karşılaştırmak doğru bir yaklaşım olmayacaktır.

$$\text{YILLIK EŞİT MALİYET(YEM)} = \text{NBD}_i / \text{ETBDF}_i$$

$$\text{EŞİT TAKSİTLERİN BUGÜNKÜ DEĞER FAKTÖRÜ(ETBDF)} = \frac{1}{i} \left[1 - (1+i)^{-\overline{Y}_i} \right]$$

Şekil 26'te eşit taksitlerin bugünkü değer faktörünün ana maliyet kalemlerine uygulanışı görülmektedir. Reel iskonto oranı kullanılacaktır. Bir önceki

modelde (ÖDM risk analizi) $\frac{(1+e)}{(1+r)} = \frac{(1+e)}{(1+i)(1+e)} = \frac{1}{(1+i)}$ ifadesine topluca i denmişti. Bu modelde $1/(1+i)$ olduğu gibi kullanılmış ve i reel iskonto oranını ifade etmektedir.

$$\overline{YM}_{YEM} = \frac{1}{\left(\frac{1}{i}\right) * \left[1 - (1+i)^{-\bar{Y}}\right]}$$

YM'nin sebep olduğu yıllık eşit maliyet faktörü

$$\overline{IBQ}_{YEM} = \frac{\left(\frac{1}{i}\right) * \left[1 - (1+i)^{-\bar{Y}_i}\right]}{\left(\frac{1}{i}\right) * \left[1 - (1+i)^{-\bar{Y}_i}\right]} = 1$$

IBO giderlerinin sebep olduğu yıllık eşit maliyet faktörü

$$\overline{TEM}_{YEM} = \frac{\frac{1 - (1+i)^{-\bar{p}_{in} \bar{s}_{in}}}{(1+i)^{\bar{p}_{in} - 1}}}{\left(\frac{1}{i}\right) * \left[1 - (1+i)^{-\bar{Y}_i}\right]}$$

TEM'nin sebep olduğu yıllık eşit maliyet faktörü

$$\overline{MM}_{YEM} = \frac{(1+i)^{-\bar{t}_{ik}}}{\left(\frac{1}{i}\right) * \left[1 - (1+i)^{-\bar{Y}_i}\right]}$$

RM'nin sebep olduğu yıllık eşit maliyet faktörü

$$\overline{HD}_{YEM} = \frac{(1+i)^{-\bar{Y}_i}}{\left(\frac{1}{i}\right) * \left[1 - (1+i)^{-\bar{Y}_i}\right]}$$

HD'nin sebep olduğu yıllık eşit maliyet faktörü

Şekil-26: Ana Maliyet Kalemlerinin Bugünkü Değerlerini Veren Yıllık Eşit

İkinci model:

$$\overline{NBDYEM}_i = \frac{\overline{YM}_i}{\frac{1}{i}[1-(1-i)^{-\overline{Y}_i}]} + \sum_{m=1}^m \overline{IBO}_{ij} + \sum_{n=1}^n \overline{TEM}_{in} \frac{\frac{1-(1+i)^{-\overline{P}_{in}} \overline{S}_{in}}{(1+i)^{\overline{P}_{in}}}}{\frac{1}{i}[1-(1-i)^{-\overline{Y}_i}]} + \sum_{k=1}^k \frac{(1+i)^{-\overline{T}_{ik}}}{\frac{1}{i}[1-(1-i)^{-\overline{Y}_i}]} \overline{MM}_i - \frac{(1+i)^{-\overline{Y}_i}}{\frac{1}{i}[1-(1-i)^{-\overline{Y}_i}]} \overline{HD}_i$$

Maliyet faktörleri sadeleştirilerek ifade edilirse modelinn daha sade hali 7.nolu eşitlikte görülmektedir.

$$\overline{NBDYEM}_i = \overline{YM}_{YEM_i} \cdot \overline{YM}_i + \sum_{m=1}^m \overline{IBO}_{ij} + \sum_{n=1}^n \overline{TEM}_{in} \overline{TEM}_{YEM_i} + \sum_{k=1}^k \overline{MM}_{YEM_i} \cdot \overline{MM}_i - \overline{HD}_{YEM_i} \cdot \overline{HD}_i$$

E 7

4. MODELİN ALGORİTMASI

[$\overline{NBDYEM}_i$, Yıllık eşit taksitlere göre oluşturulmuş modele (farklı yaşam ömrüne sahip iki proje alternatifinin ekonomik risk analizi ile karşılaştırılması) ait olan bu algoritma ÖDM(bir sistemin ömür devri maliyet risk analizi) için de aradaki farklar dikkate alınmak kaydıyla geçerlidir. Excel yazılımı üzerinde her iki model ayrı ayrı kurulmuştur.]

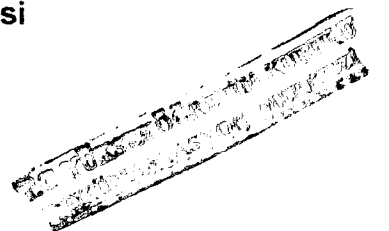
a. Ana Maliyet Kalemlerinin Belirlenmesi (YM,İBO,TEM,MM,HD)

Bu faaliyet yeni tedarik sistemi anlayışına uygun olarak ihtiyaç duyulan yeteneğin tam olarak tanımlanmasını, dolayısıyla ilgilenilen sistem ve özelliklerinin belirlenmesi amacını güder.

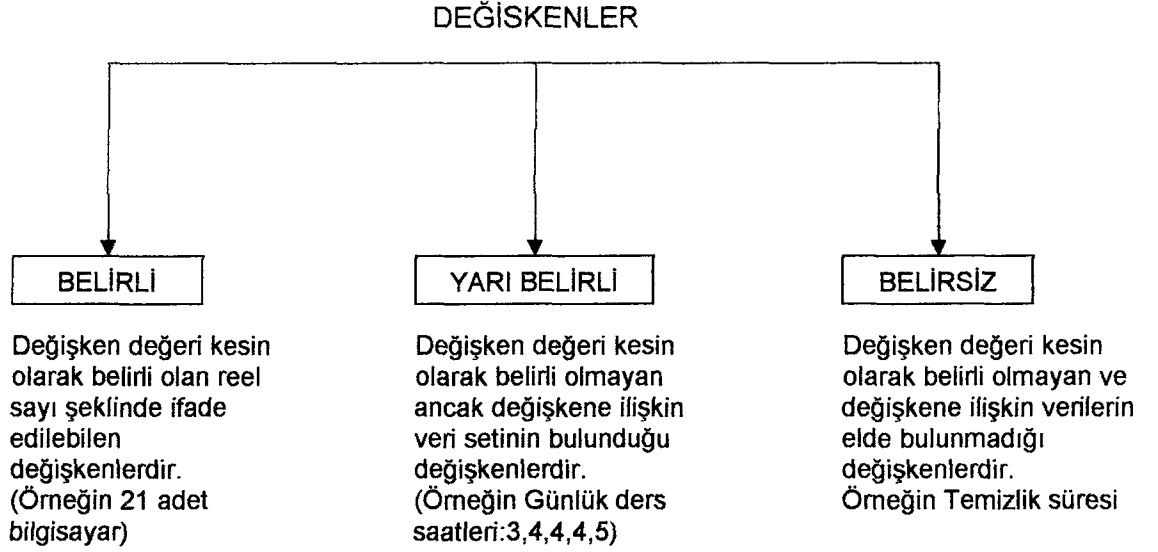
b. Her Ana Maliyet Kalemini Oluşturan Maliyet Kalemlerinin Neler Olduğunun Belirlenmesi

c. Belirlenen Maliyet Kalemleri Değerlerinin Bugünkü Değer Cinsinden Tahmin Edilmesi

(1) Değişkenlerin Sınıflarına Göre Belirlenmesi



Değişkenler maliyet kalemlerinin bugünkü değerine ulaşmada kullanılan birim maliyet, miktar, iskonto oranı, alım zamanı vb. değişkenlerdir.



(2) Değişkenlerin Bulanık Sayılara Dönüştürülmesi (değerlerinin ifade edilmesi)

(a) Reel Sayı Olarak İfade Edilebilecek Derecede Belirli Olan Değişkenler Reel Sayı Olarak Ya Da İşlem Kolaylığı İçin En Büyük, En Küçük Ve Öz Değeri Birbirine Eşit Üçgensel Bulanık Sayı Olarak İfade Edilmeli.

(b) Yarı Belirli Değişkenler İki Farklı Yolla Bulanık Sayıya Dönüştürülebilir

(i) Değişkenlerin Ortalaması Öz Değer Olarak, Değişkenin En Büyük Değeri Üçgensel Bulanık Sayının Büyük Değeri Olarak Ve Değişkenin En Küçük Değeri Üçgensel Bulanık Sayının En Küçük Değeri Olarak Alındıktan Sonra Uzman Kişinin Onayından Geçirilerek Gerekirse Düzeltme Yapılır

(ii) Mevcut Veriler Işığında Uzman Kişiden İlgili Değişkenin Alabileceği En Küçük Değer, En Büyük Değer Ve O Değişken Tek Değer Alacak Olsaydı Bu Değerin Ne Olacağı Sorulur.

(iii) Tam Belirsiz Değişkenler b-ii Maddesinde Belirtildiği Gibi Uzman Görüşüne Baş Vurularak Bulanık Sayıya Dönüştürülür.

ç. Ana Maliyet Kalemlerinin (YM,İBO,TEM,MM,HD) Bugünkü Değer Cinsinden Değerleri Bulunur.

Bu işlem DSW algoritmasıyla gerçekleştirilir. Bu süreçte bulanık sayıların çarpma işleminde doğrusallıktan ayrılan sonuçlar üretmesi ihmal edilecektir. Bu durumda bulanık sayıların yalnızca dayanak ve özünü belirten gerçek sayıların (0 ve 1 α -kesimleri) işleme sokulması yeterlidir. Örnek : $[1,3,4,5,7] \times [2,4,6,8] = [2,12,24,56]$ (iki yamuk bulanık sayının çarpımı).

d. Bir α Değeri Seçilir

($0 \leq \alpha \leq 1$) Olmak kaydıyla.

e. $\bar{e}$ ve $\bar{r}$ İçin Seçilmiş Olan α 'ya İlişkin Aralıklar Bulunur.

f. $\bar{Y}$ İçin Seçilmiş Olan α 'ya İlişkin Aralık Bulunur.

g. $\overline{YM}_{YEM_i}$, $\overline{İBO}_{YEM_i}$, $\overline{HD}_{YEM_i}$ Faktörlerinin Seçili Olan α 'ya İlişkin Aralığı Köşe Metoduyla Hesaplanır.

ğ. $\bar{p}_i$ İçin Seçilmiş Olan α 'ya İlişkin Aralık Bulunur.

h. $\overline{TEM}_{YEM_i}$ Faktörünün Seçili Olan α 'ya İlişkin Aralığı Köşe Metoduyla Hesaplanır.

Bu işlem eğer birden fazla farklı sürelerde tekrar eden maliyet varsa ,her biri için tekrarlanır.

i. $\bar{t}_i$ İçin Seçilmiş Olan α 'ya İlişkin Aralık Bulunur.

ii. $\overline{MM}_{YEM_i}$ Faktörünün Seçili Olan α 'ya İlişkin Aralığı Köşe Metoduyla Hesaplanır.

j. Ana Maliyet Kalemleri $(\overline{YM}_i, \overline{İBO}_i, \overline{TEM}_i, \overline{MM}_i, \overline{HD}_i)$ İçin Seçilmiş Olan α 'ya İlişkin Aralıklar Bulunur.

k. $\overline{NBD}_{YEM_i}$ 'nin Üyelik Fonksiyonunun Seçilmiş Olan α Değerine İlişkin α -kesimi DSW Algoritmasıyla Hesaplanır.

l. 7'nci Proje Alternatifi İçin d-k nolu Maddeler Farklı Seçilmiş α Seviyelerinde Tekrarlanır.

m. Diğer Alternatifler İçin de d-l nolu Maddeler Tekrarlanarak $\overline{NBD}_{YEM_i}$ Değerleri Bulunur.

n. Alternatifler Arası Sıralandırma Yapılarak Seçim Kararı Verilir.

5. MODELİN UYGULANMASI

(BULANIK MATEMATİKLE BİLGİSAYAR DERSHANESİ PROJESİNİN ÖDM EKONOMİK RİSK ANALİZİ)

a. Ana Maliyet Kalemlerinin Belirlenmesi (YM,İBO,TEM,MM,HD)

Kazanılmak istenen yetenek: Bilgisayar kullanma eğitimi ve bilgisayar destekli eğitimde aynı anda 200 öğrenciye hizmet verebilmek (2 öğrenciye 1 bilgisayar düşecek şekilde).

Sahip olunan yetenek: Aynı anda 160 öğrenciye bilgisayar kullanma eğitimi ve bilgisayar destekli eğitim verilebilmektedir. Bu faaliyet mevcut olan 4 bilgisayar dershanesi, dershanelerin bağlı olduğu sunumcu bilgisayarlar, yeterli öğretmen ve teknik personelle yürütülmektedir.

İhtiyaç: Bir adet bilgisayar dershanesi (20 Bilgisayarlı).

Sistem: Bilgisayar dershanelerinin bulunduğu kattaki Askeri Dersler Bölüm başkanlığı tarafından teslim alınan 1 adet boş dershanenin 20 adet öğrenci ve 1 adet de öğretmen bilgisayarı olmak üzere 21 adetlik bilgisayar dershanesi haline dönüştürülmesi. Proje akılcı tedarik yöntemi prensiplerine uygun olarak ,baştan seçilen bir milli yüklenici ile ihtiyaç duyulan yeteneğin 10 yıl boyunca sağlanacağı esas alınarak yürütülecektir. Seçilen tedarikçi firmanın hazırlanan şartnameye uygun olarak bilgisayarları güncel tutması sağlanacaktır.

b. Her ana maliyet kalemini oluşturan maliyet kalemlerinin neler olduğunun belirlenmesi

MAY'ın oluşturulabilmesi dolayısıyla maliyete neden olacak faaliyetlerin belirlenebilmesi için öncelikle söz konusu yeteneğin sahip olunmuşluğunun tanımı yapılmalıdır. İlgili kurum bu yeteneğe sahip olduğunda muhtemel tablo genel hatlarıyla (Kullanılmakta olan diğer bilgisayar dershaneleri de incelendiğinde):

-İçinde öğrencileriyle başında öğretim elemanının olduğu ve bilgisayarların faal olduğu bir dershane

- Başında operatörünün bulunduğu faal sunumcu bilgisayar

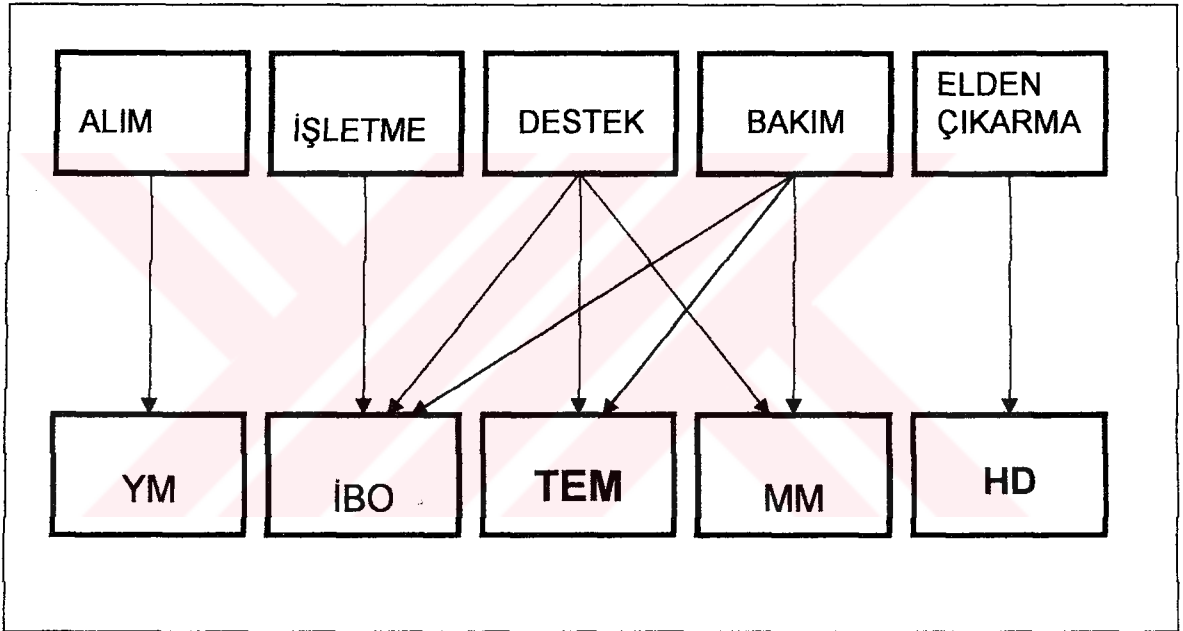
-Dershane ,iç malzemeleri, sunumcu bilgisayar ve kısmının bakım ve temizliği

şeklinde olacaktır. Betimlemesi yapılan bu durum doğal olarak her an için böyle seyretmeyecektir (Kullanım olmadığı anlar olacaktır). Ancak bu durum istendiği an betimlendiği haliyle elde edilir tarzda korunacaktır (İstenen zaman ve mekanda sahip olunan yetenek).

Yeteneğe sahip olmadan önceki tablonun genel hatları ise :

- Proje emrinin alınması
- Projenin tasarlanması
- Yüklenici firmalara teklif verilmesi
- Değerlendirme
- Alım, şeklinde olacaktır.

Bu tanımlar itibariyle ÖDM daha çok tüketici bakış açısından alım,işletme,destek, bakım, ve elden çıkarma maliyetlerinin bir toplamı olmaktadır. Tüketici bakış açısına göre belirlenmiş olan ana maliyet kalemlerinin modelin oluşturulmasında temel alınan maliyetlerin tekrar etme durumlarına göre sınıflara ayrılması gerekmektedir.



Şekil-27: Ana Maliyet Kalemlerinin Tekrar Etme Durumlarına Göre Sınıflandırılması

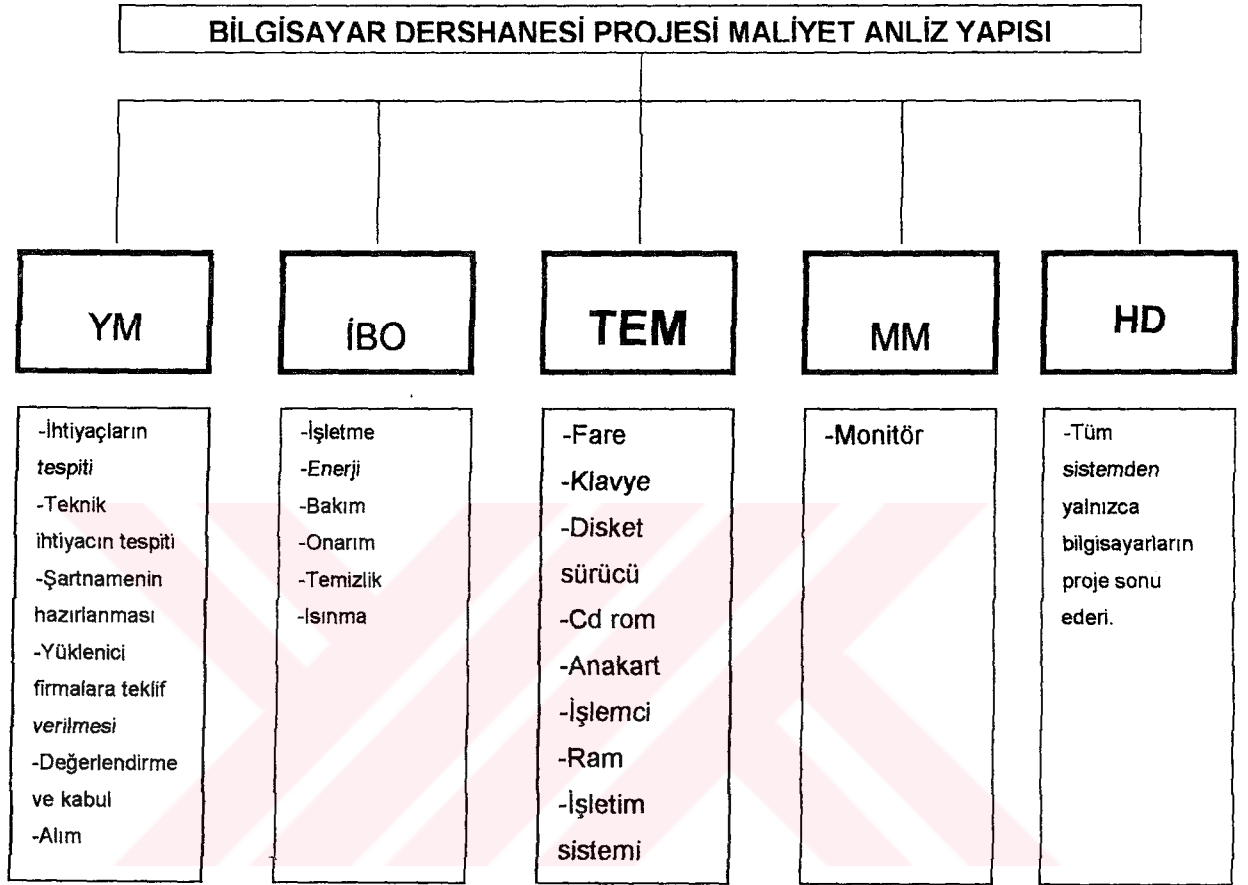
Tüketici bakış açısından belirlenmiş ana kalemler bu çalışmada oluşturulmuş modele aktarılırken:

Alım maliyeti ve alım öncesi maliyetler=> Yatırım maliyetine

Elden çıkarma maliyeti=> Hurda değere

İşletme	}	Yılda bir kez tekrar edenler =>İşletme bakım onarım maliyetine
Destek		Tekrar etmesi bir yıldan uzun süre alanlar =>Tekrar eden maliyetlere
Bakım		Proje ömrü boyunca bir kez tekrar edenler =>Modifikasyon maliyetine

dönüştürülmüştür.



Şekil-28: Belirlenen Maliyet Analiz Yapısı

c. Belirlenen Maliyet Kalemleri Değerlerinin Bugünkü Değer Cinsinden Tahmin Edilmesi

(1) Değişkenlerin Sınıflarına Göre Belirlenmesi

(2) Değişkenlerin Bulanık Sayılara Dönüştürülmesi

MALİYET KALEMİ						
DEĞİŞKENLER	BİRİM	BULANIK DEĞER				BELİRLİLİK
HESAPLAMALAR (DSW)						
ALT MALİYET KALEMİ DEĞER TOPLAMI (DSW)						

Tablo-3: Değişkenler ve Alt Maliyet Kalemleri Hesaplama Tablosu

Ana maliyet kalemlerinin bulunması için değişkenlerin belirlilik durumlarına göre sınıflandırılması, birim değerlerinin bulanık sayılarla ifadesi ve hesaplamaların yapılarak ilgili alt kalem maliyetinin değerinin bulunması sürecinde Excel yazılımında işlemlere duyarlı olan Tablo 3 kullanıldı.

Oluşturulan Maliyet Analiz Yapısında belirtilen ana maliyet kalemlerini oluşturan her bir alt maliyet kalemi için şekilde örneği verilen tablo3 oluşturuldu. Öncelikle ilgili alt maliyet kalemini oluşturan değişkenlerin isimleri tablodaki değişkenler sütununa yazıldı.

Birim sütununa her değişkenin diğer değişkenlerle kurulacak ilişkilerine uygun olarak hangi birim değerlerinin gerektiği belirtildi.

Belirlilik sütununa ise değişkenin belirlilik durumunu gösteren ifadeler konuldu.

Belirlilik durumuna uygun olarak değişkenlerin bulanık sayı olarak değerleri bulanık değer sütununa eklendi. Dört sütundan oluşan bu sütun, yamuk bulanık sayı yazmaya imkan tanımaktadır. Eğer üçgen bulanık sayı oluşturulmak isteniyorsa orta iki sütun değerinin birbirine eşit olarak yazılması yeterli olacaktır. Belirli olan değişken değeri gerçek sayı ile ifade edileceği için dört sütun değeri de eşit olarak yazılacaktır.

Kısa açıklaması yapılan uygulamaya ilişkin tüm maliyet kalemleri için hazırlanan tablolar çalışma sonunda ek olarak verilmiştir. Bu aşamada yalnızca farklı değişken ve farklı belirlilik durumuna göre bazı maliyet kalemlerinin hesabından örnekler verilecektir.

İHTİYAÇLARIN TESPİTİ						
DEĞİŞKENLER	BİRİM	BULANIK DEĞER				BELİRLİLİK
PER(yzb)	tl/saat	7 386 363,64	7 386 363,64	7 386 363,64	7 386 363,64	B
PER(bcv)	tl/saat	5 113 636,36	5 113 636,36	5 113 636,36	5 113 636,36	B
PER(YZB+BCV)	1SAATLI	12 500 000,00	12 500 000,00	12 500 000,00	12 500 000,00	B
FAALİYET	saat	8,00	8,00	10,00	12,00	BSZ
ELEKTRİK	kw/saat	0,40	0,40	0,40	0,40	B
ELEKTRİK	tl/kw	340 000,00	340 000,00	340 000,00	340 000,00	B
KAĞIT	adet	20,00	30,00	30,00	50,00	BSZ
TONER	tl/kağıt	29 000,00	33 142,86	33 142,86	38 666,67	BSZ
BİLGİSAYAR	saat	8,00	8,00	10,00	12,00	BSZ
KAĞIT	tl/adet	3,00	3,00	3,00	3,00	B
HESAPLAMALAR (DSW)						
PER GİDERİ	tl/saat	12 500 000,00	12 500 000,00	12 500 000,00	12 500 000,00	
PER GİDERİ TOPLAM	tl	100 000 000,00	100 000 000,00	125 000 000,00	150 000 000,00	
PER(YZB+BCV)	1SAATLI	12 500 000,00	12 500 000,00	12 500 000,00	12 500 000,00	
ELEKTRİK	tl	1 088 000,00	1 088 000,00	1 360 000,00	1 632 000,00	
KAĞIT	tl	60,00	90,00	90,00	150,00	
TONER	tl	773 333,33	994 285,71	994 285,71	1 450 000,00	
ALT MALİYET KALEMİ DEĞER TOPLAMI (DSW)						
		114.361.393,33	114.582.375,71	139.854.375,71	165.582.150,00	

Tablo-4: İhtiyaçların Tespiti Maliyet Hesaplama Tablosu

Maliyet Analiz Yapısında, ilk ana maliyet kalemini(YM) oluşturan alt maliyet kalemlerinden İhtiyacın Tespiti maliyet hesaplama tablosu, tablo 4'te görülmektedir.

İhtiyacın tespiti için iki personele görev verildiğini, bu iki personelin saatlik maliyetinin biliniyor olmasından dolayı belirlilik sütununda 'B' ifadesi ile bu durumun belirtildiği görülmektedir(B=Belirli, Gerçek sayı ile ifade edilebilir durumda). Belirli olan bir maliyet kalemi gerçek sayı olarak ifade edileceği için bulanık değer sütunundaki dört değer de birbirine eşit olarak yazılmıştır [7.386.364, 7.386.364, 7.386.364, 7.386.364]. Birim sütununa bakıldığında yüzbaşı rütbesindeki bir personelin saatlik ücretinin değerini gösterdiği anlaşılabılır. Bu alt maliyet kalemi esas olarak bir faaliyetten söz etmektedir. Bu faaliyet benzer sistemleri inceleyerek, günün teknolojisinin sunduğu yeni imkanları gözeterek ihtiyaç duyulan sistemin tam olarak betimlemesinin yapıldığı bir süreçtir. Bu sürecin ne kadar zaman alacağı bilinmemektedir. Bu sebeple belirlilik sütununda 'BSZ' ifadesi ile bu durum gösterilmiştir. Bu konuda daha önce görev almış deneyimli kişilerle yapılan görüşmelerde şartların ve ortamın betimlenerek böyle bir ortam ve şartta söz konusu

sürecin en fazla, en az ve en muhtemel ne kadar zaman alabileceği sorulmuş olup alınan değerler bulanık değer sütununa yazılmıştır. Birimi saat olarak belirtilen bu değişken yamuk bulanık sayı olarak belirlenmiştir [8,8,10,12].

Bu süreçte bilgisayar kullanımı olacağı için harcanacağı düşünülen diğer bazı maliyet kalemleri (elektrik, kağıt, toner) de bu alt maliyet kalemine eklenmiştir. Kağıt maliyeti (1 kağıdın değeri) değişkeni belirli iken, bir kağıdın yazılı olarak yazıcıdan alınmasının harcadığı toner maliyeti belirsizdir. Bu doğrultuda bilgisayar firmaları ile yapılan görüşmeler , yazıcı kullanım kılavuzu ya da firma reklamlarında belirtilen ortalama çıktı değerlerinden faydalanılmıştır. Bu alt maliyet kaleminin toplamını oluşturan maliyetler , personel gideri, elektrik, kağıt ve toner olarak belirlenmiştir.

Personel Gideri=(Personele ödenen birim saatlik ücret) X (Faaliyet İçin Harcanan Saat)

$$[12.500.000, 12.500.000, 12.500.000, 12.500.000] \times [8,8,10,12] = [100.000.000, 100.000.000, 125.000.000, 150.000.000]$$

Elektrik Gideri=(Bilgisayarın Birim Zamanda Kullandığı Elektrik Miktarı) X (Elektriğe Ödenen Birim Ücret) X (Bilgisayarı Kullanma Süresi)

Kağıt Gideri=(Faaliyetle Kullanılacağı Tahmin Edilen Kağıt Sayısı) X (Bir Kağıdın Maliyeti)

Toner Gideri=(Tonerin Kağıt Başına Maliyeti) X (Faaliyette Kullanılacağı Tahmin Edilen Kağıt Sayısı)

Bu dört maliyetin toplamı ana maliyet kalemi olan yatırım maliyetinin , ihtiyaçları belirleme maliyeti alt kaleminin toplamını oluşturmaktadır. Tabloda ilgili toplam görülmektedir. Bu işlemler DSW Algoritmasıyla gerçekleştirilmiştir.

Yarı belirsiz nitelikli bir değişkene yönelik uygulamadan verilebilecek bir örnek, işletme maliyetlerinde, bilgisayar dershanesinde ders verecek olan öğretmenlerin maliyetidir. Tablo 5'te görüleceği üzere derslere eşit saat gireceği düşünülen farklı rütbelerdeki öğretmenlerin birim saatlik maliyetlerine ilişkin üyelik fonksiyonu, ortalamayı öz değer olarak ,en küçük değeri üyelik fonksiyonunun en küçük değeri,en büyük değeri ise üyelik fonksiyonunun en büyük değeri olarak belirlemek suretiyle oluşturulmuştur.

4.545.454,55	5.650.252,53	5.650.252,53	7.386.363,64
EN KÜÇÜK DEĞER	DEĞERLERİN ORTALAMASI		EN BÜYÜK DEĞER
ÖĞRETMEN	TL/SAAT	ÜÇGENSEL BULANIK SAYI	
ÜTGM	4.545.454,55		
YZB	5.284.090,91		
YZB	5.284.090,91		
YZB	5.284.090,91		
YZB	5.284.090,91		
YZB	5.284.090,91		
BNB	6.250.000,00		
BNB	6.250.000,00		
YB	7.386.363,64		

Tablo-5: Yarı Belirli Değişken Üyelik Fonksiyonu Oluşturma

Enflasyon ve iskonto oranının belirlenmesinde 1980 yılından 2002 yılına dek gerçekleşen veriler(mevduat faiz oranları ve tüketici fiyat endeksleri) merkez bankası web sitesinden alınarak kullanılmıştır. Geometrik dizi yapısında olan faiz oranlarının ortalamasında aritmetik ortalama yerine geometrik ortalama kullanılmıştır. Oluşturulan üçgensel bulanık sayının en küçük ve en büyük değerlerinin %40'lar ile %90'lar arası seyretmesinin sonuç değeri üzerinde de yaptığı olumsuz etki (aşırı riskli) nedeniyle her iki oranın da limit değerlerinin ortalamadan %10 yukarı ve aşağı olacak şekilde üçgensel bulanık sayının oluşturulmasına karar verilmiş ve o şekilde uygulanmıştır (Tablo 6). Oranlara ilişkin alt ve üst limitler serbest bırakılsaydı (%40-%90) rakamsal olarak proje karşılaştırmaya yönelik olumsuz bir durum oluşmazdı, ancak son 20 yılda makro ekonomik değişkenlerin böylesine geniş bir aralıkta seyretmesinin yatırımcıları yatırım yapmaktan alıkoyan en önemli neden olduğu söylenebilecek bu duruma, çalışmada izin verilmemesinin diğer bir nedeni sonuç üyelik fonksiyonunun gösterdiği riski

makul bir şekilde değerlendirebilmektir. Gerçekçi uygulamalarda analizciler diledikleri oran değerlerini seçebileceklerdir. Ayrıca konuyla ilgili olarak uzmanlarla yapılan görüşmelerde geleceğe ilişkin olarak böylesine geniş bir enflasyon aralığı beklenmediği izlenimi de edinilmiştir.

ç. Ana Maliyet Kalemlerinin (YM,İBO,TEM,MM,HD) Bugünkü Değer Cinsinden Değerleri Bulunur.

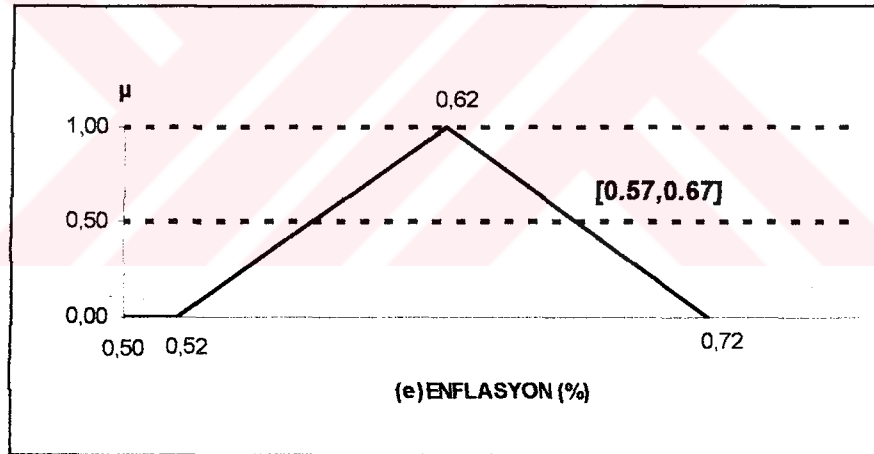
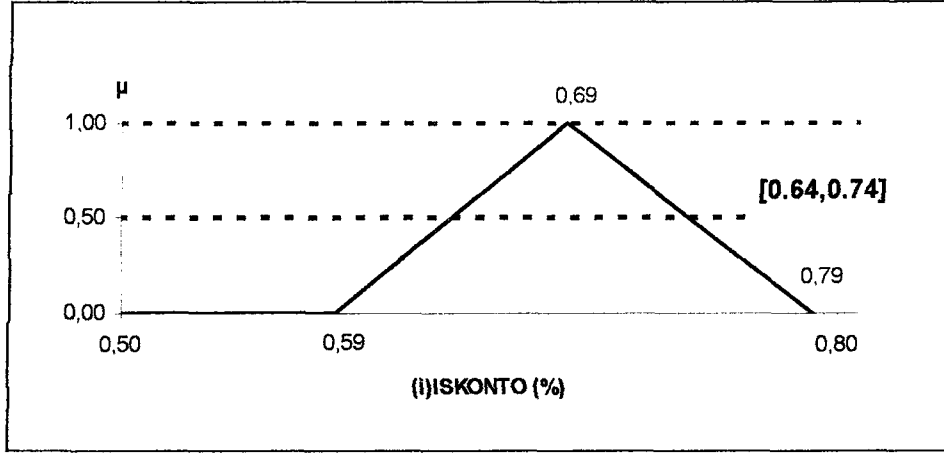
Bu işlem de DSW algoritmasıyla gerçekleştirilir. Ana maliyet kalemlerinin değeri bir önceki aşamada değerleri bulunan alt maliyet kalemlerinin toplamıdır. Ana maliyet kalemleri ve net bu günkü değer formülüne girecek olan diğer değişkenlerin değerleri Tablo 6'da görülmektedir. TL üzerinden işlem yapılması ve rakamların fazla sayıda basamak içermesi nedeniyle değerler 1000'e bölünerek üçer sıfır atılmıştır.

μ	0	1	1	0
YM/1000	33.109.317	33.212.879	33.421.312	33.555.218
İBO/1000	207.663.843	215.929.124	217.087.897	228.099.639
TEM1/1000	8.865.203	10.923.413	13.284.810	16.197.143
TEM2/1000	759.825	816.750	873.675	1.098.900
MM/1000	3.828.825	5.006.925	5.478.165	6.774.075
HD/1000	12.127.500	12.127.500	15.592.500	15.592.500
ÖMÜR	10	10	10	10
ENF	0,52	0,62	0,62	0,72
İSKONTO	0,59	0,69	0,69	0,79
TEM1SÜRE	2,00	2,50	3,00	4,00
TEM2SÜRE	3,00	4,00	4,50	5,00
MODİSÜRE	6,00	6,00	7,00	7,00

Tablo-6: Ana Maliyet Kalemleri Değerleri

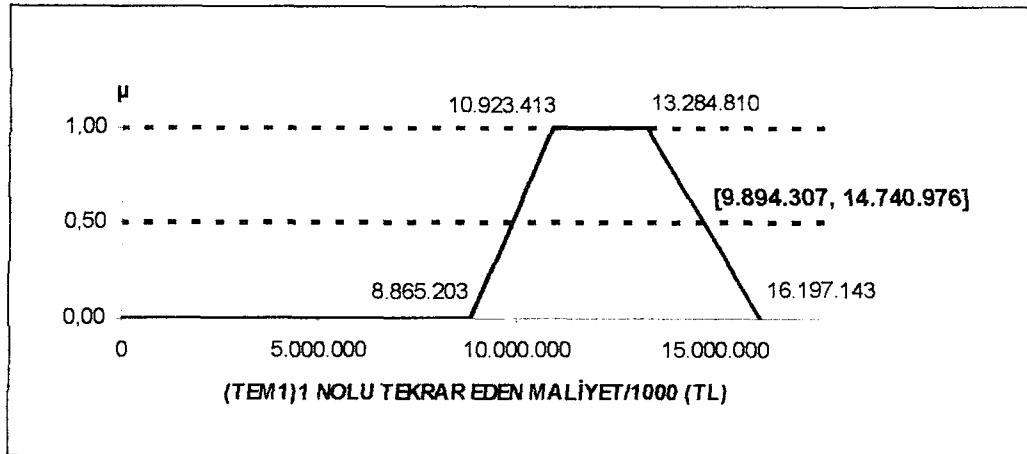
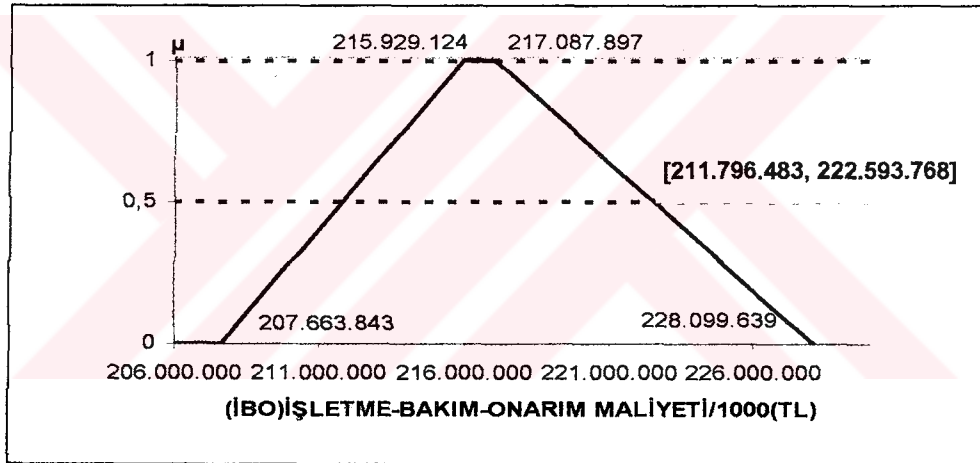
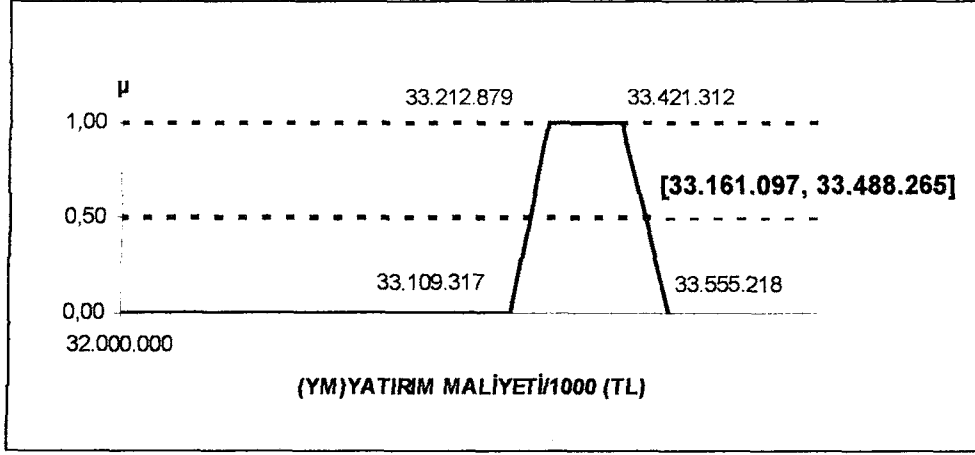
Dördüncü aşamadan sonraki aşamalar Excel yazılımında oluşturulan model üzerinde gerçekleştiğinden sonuç gösterimleri toplu olarak yapılacak olup 0.5 α değerine ilişkin α -kesimleri örnek olarak her üyelik fonksiyonunda gösterilmiştir.

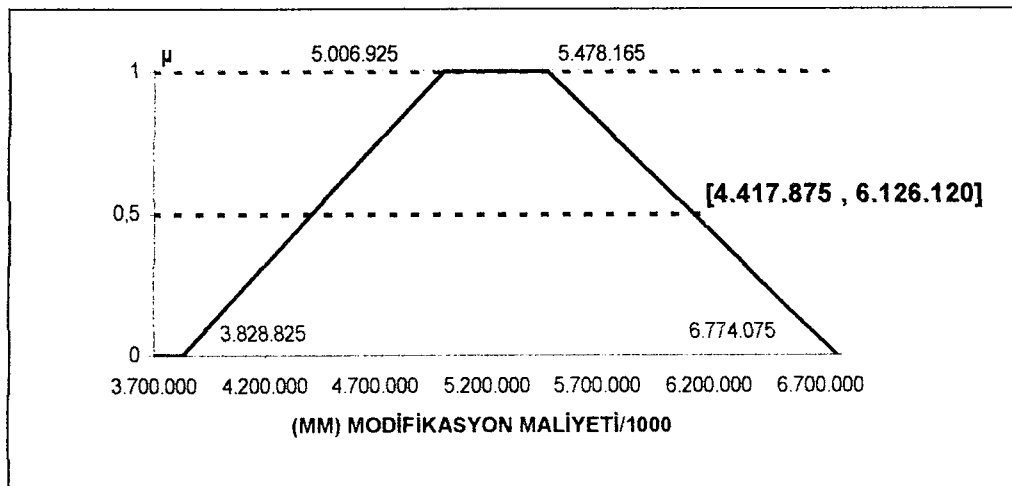
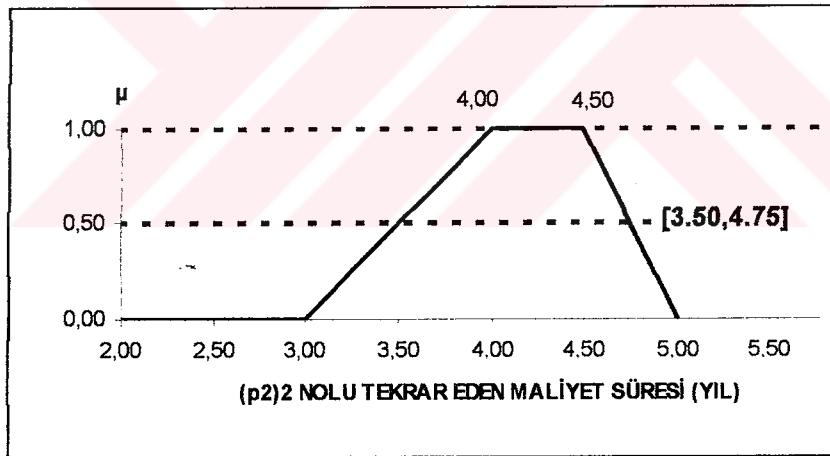
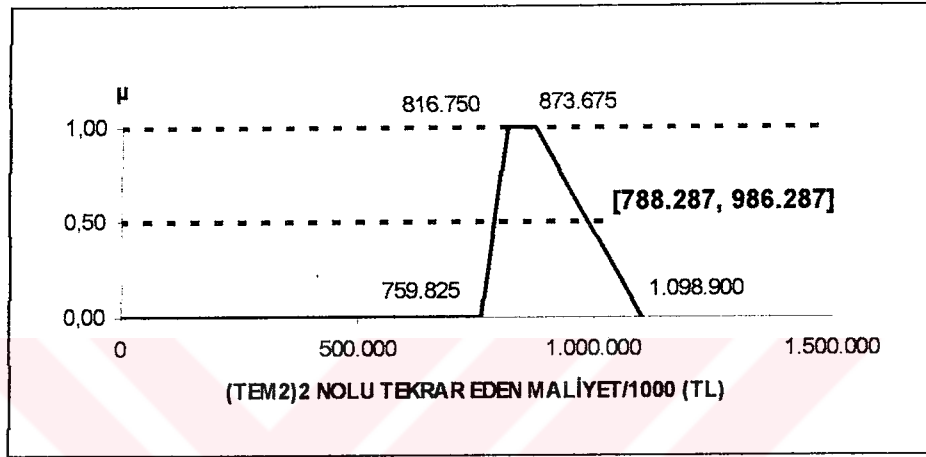
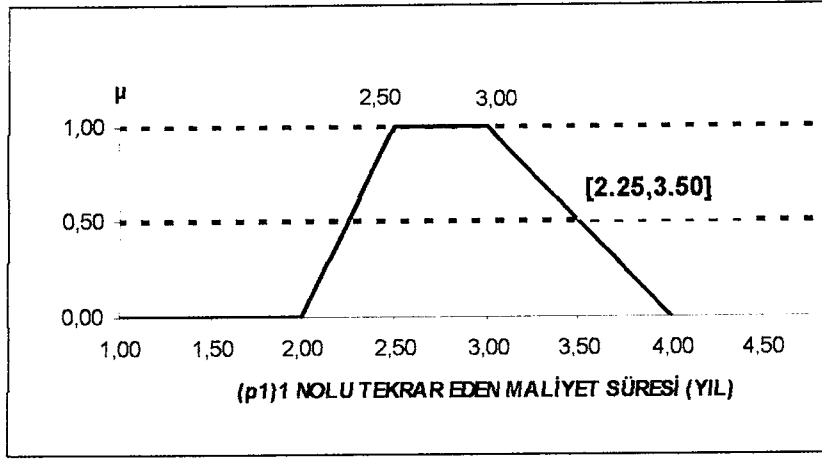
- ORTAK DEĞİŞKENLER GİRDİ ÜYELİK FONKSİYONLARI(i,e)

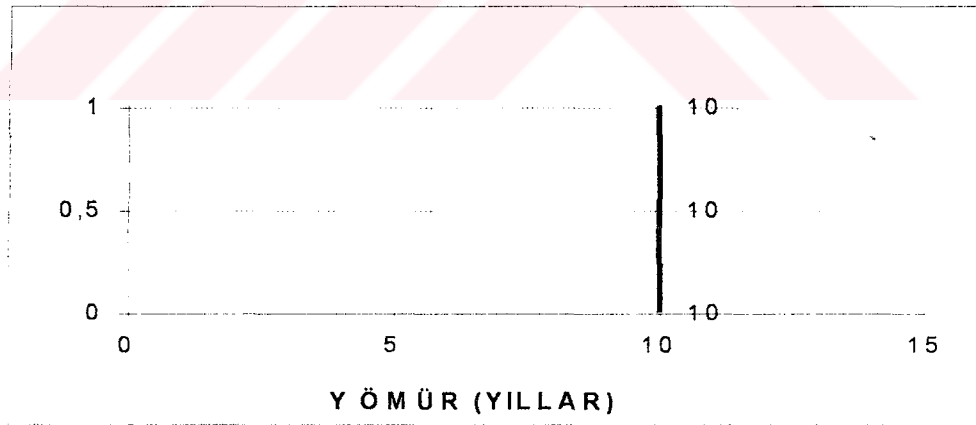
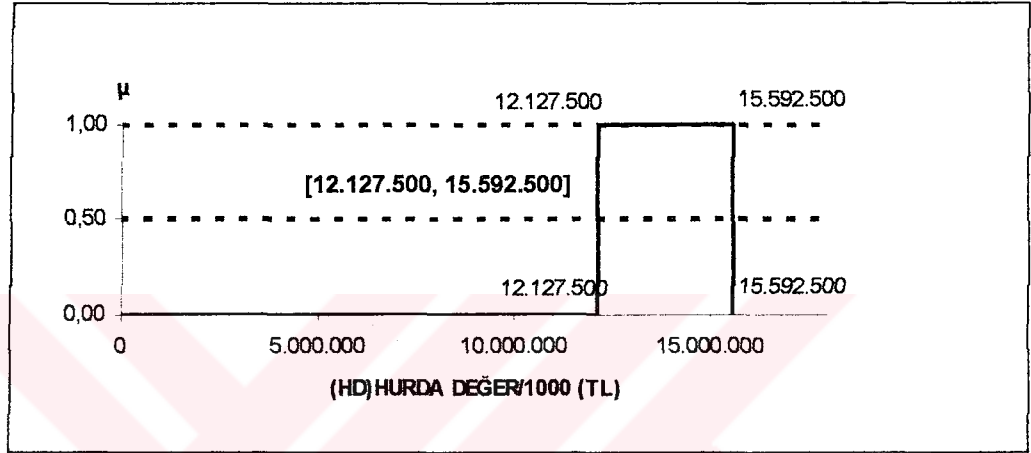
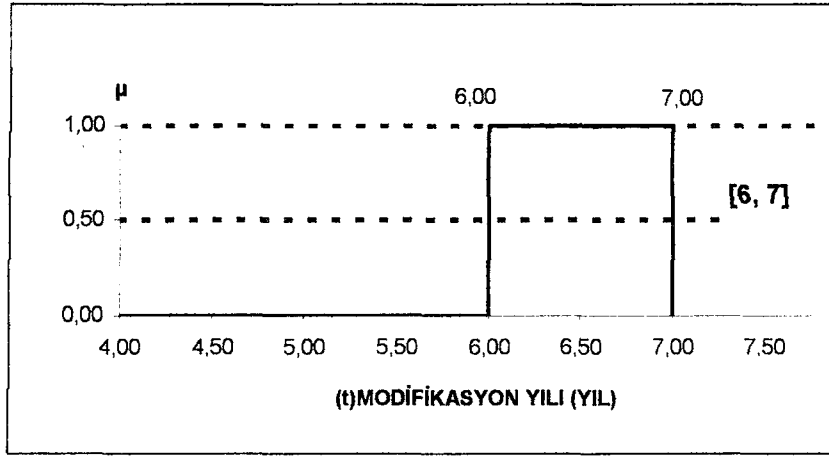


Şekil-29: Ortak Değişkenler Girdi Üyelik Fonksiyonları

- A PROJESİ (GERÇEK VERİLER) ANA MALİYET KALEMLERİ GİRDİ ÜYELİK FONKSİYONLARI



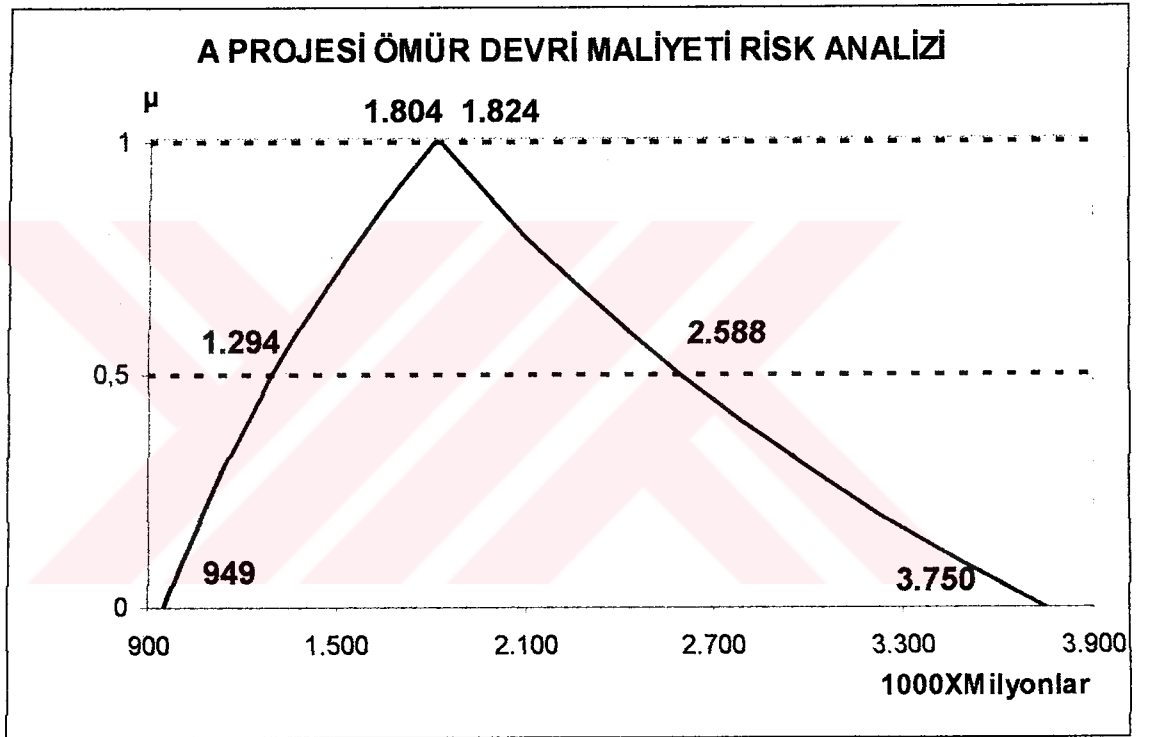




Şekil-30: A Projesi Ana Maliyet Kalemleri Girdi Üyelik Fonksiyonları

- ÖDM'NİN BULUNMASI

Belirlenmiş olan üyelik fonksiyonları Excel yazılımında oluşturulan modele yerleştirildiğinde vertex(köşe) yöntemiyle ana kalemlerin bugünkü değeri ve DSW algoritmasıyla da bu değerlerin toplamı sonucunda A Projesinin ÖDM'sini gösteren üyelik fonksiyonu şekilde görülmektedir. On adet farklı alfa kesiminde yapılan uygulamalarla sonuç üyelik fonksiyonu görüntüsü oluşturulmuştur. Kullanılan α değerleri ve üyelik fonksiyonu α kesimleri tablo7' de görülmektedir.



Şekil-31: A Projesi ÖDM Risk Analizi

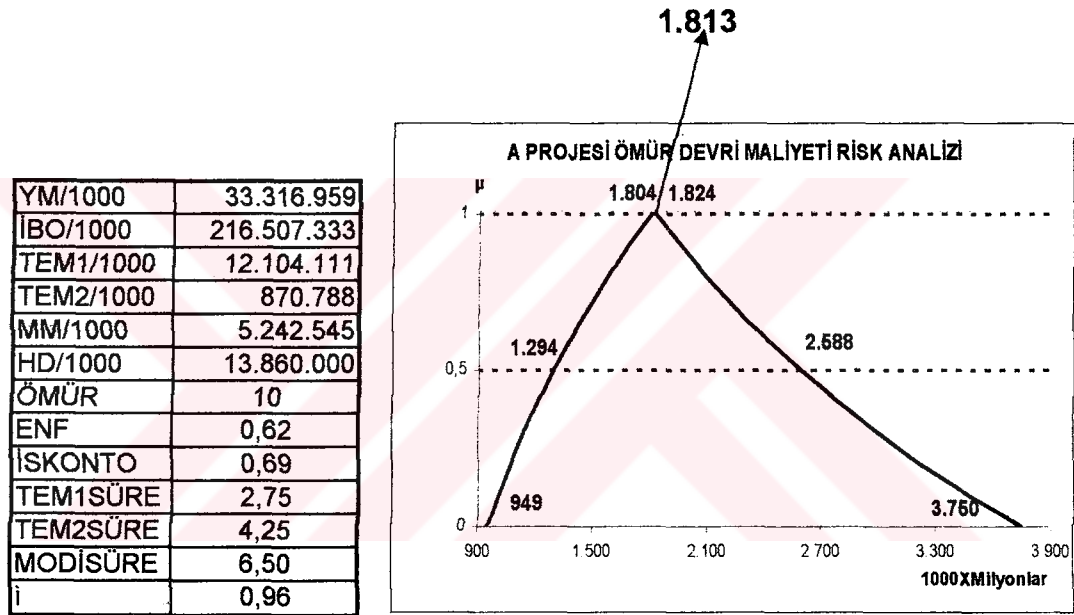
A PROJESİ ÖDM ÜYELİK FONKSİYONU DEĞERLERİ			
Kullanılan α-değerleri	ÜYELİK FONKSİYONU α-KESİMLERİ		
0,00	948.623.467	3.750.358.325	Açıklama: Gerçek değerler/1000
0,10	1.008.767.144	3.475.406.142	
0,20	1.072.804.358	3.223.893.131	
0,30	1.141.352.886	2.993.629.877	
0,40	1.214.921.016	2.781.419.562	
0,50	1.294.061.296	2.588.028.442	
0,60	1.379.376.710	2.410.540.963	
0,70	1.476.359.673	2.247.532.843	
0,80	1.576.919.427	2.097.700.025	
0,90	1.685.934.616	1.959.778.076	
1,00	1.804.286.421	1.823.722.327	

Tablo-7: A Projesi Ana Maliyet Kalemleri Sonuç Üyelik Fonksiyonları Farklı Alfa Kesim Değerleri

α -kesimlerine uzman görüşlerinin farklı derecedeki güven seviyesi olarak bakılabilir. Daha büyük α -değeri, yapılan değerlendirmelerin en muhtemel değere daha yakın olduğunu göstermektedir. Uzman görüşlerinin güven seviyesine dayalı oluşturulan belirsizlikleri modelleyen üyelik fonksiyonları sonuca olduğu gibi taşınmıştır. Buna göre A Projesinin en muhtemel maliyeti [1.804.286.421.000 , 1.823.722.327.000] TL aralığında beklenmektedir. A Projesinin en fazla ve en az neden olabileceği maliyet ise [948.623.467.000 , 3.750.358.325.000] TL aralığında gerçekleşecektir. α değeri büyüdükçe ÖDM , gerçekleşeceği beklenen en muhtemel değere doğru yaklaşmaktadır. Üyelik fonksiyonlarının 0,5 α -değerindeki kesimleri kesik çizgilerle gösterilmiştir.

Projenin ÖDM'i determinist bir yaklaşımla hesaplanacak olursa bu durumda aynı model gerçek sayılarla uygulamaya alınabilir. Proje maliyet değişkenlerine ilişkin veri toplama süreci 1.Bölümde bahsedilen ÖDM tahmini yöntemlerinden yararlanmayı gerektirmiştir. Değişkenlere değer atamada geçmiş verilerden faydalanılması ile parametrik yaklaşımdan, varolan bilgisayar dershanelerinin sebep olduğu maliyetlerin baz alınmasıyla (anology) karşılaştırma yönteminden, hakkında geçmiş veri olmayan ve karşılaştırmaya olanak tanıyacak benzer bir durumun var olmadığı değişkenler için ise uzman görüşlerinden faydalanılmış olması bu durumun bir göstergesidir. Ana konusu maliyet risk analizi olan bu çalışmada ÖDM

tahminine yönelik aynı verilerle bir uygulama yapılabilir. Nokta tahmini olarak ta nitelendirilebilecek olan bu uygulama için maliyet değişkenlerinin bulanık sayılarla ifade edildiği öz değerler kullanılabilir. Bunun nedeni bu öz değerlerin , eğer determinist bir yaklaşımla ÖDM tahmini yapılmak istenseydi kullanılacak olan determinist değerlerle aynı değerler olmasıdır (Çeşitli ÖDM tahmin yöntemleriyle elde edilmiş olmaları). Maliyet kalemleri üyelik fonksiyonlarının öz değerleri nokta olanları olduğu gibi ; aralık olanları ise alt ve üst limitlerinin aritmetik ortalaması olarak gerçek sayı şeklinde belirlendikten sonra ana maliyet kalemi değişken değerlerine ilişkin nokta tahminleri aşağıdaki tablo8' de görülmektedir.



Tablo-8: Ana Maliyet Kalemleri Nokta Tahminleri Ve Risk Analiz İlişkisi

Uygulama sonucunda A Projesi ÖDM Tahmini 1.813.968.982.000 TL olarak bulunmuştur.

Risk analizi sonucuyla bu sonuç karşılaştırıldığında sonuç üyelik fonksiyonunun 1 α -değerindeki kesimi (bulanık sayının özünü oluşturan aralık) içinde olduğu görülmüştür [1.804.286.421.000 , 1.823.722.327.000].

Ana maliyet kalemleri bugünkü değerleri tek tek karşılaştırıldığında durum aşağıdaki tabloda görüldüğü gibidir.

ANA MALİYET KALEMLERİ	(1)NOKTA TAHMİNİ	(2)ARALIK TAHMİNİ		(3)ARALIK TAHMİNİ ORTALAMASI	(1-3)FARK
YM/1000	33.316.959	33.212.879	33.421.312	33.317.095	-136
İBO/1000	1.755.220.484	1750532954	1759927104	1.755.230.029	-9.545
TEM1/1000	29.365.567	26004460,34	32847673,55	29.426.067	-60.500
TEM2/1000	1.360.223	1257672,246	1384451,888	1.321.062	39.161
MM/1000	4.060.337	3802367,512	4327050,562	4.064.709	-4.372
HD/1000	-9.354.588	8.185.265	10.523.912	-9.354.588	0
TOPLAM	1.813.968.982	1.804.286.421	1.823.722.327	1.814.004.374	-35.392

Tablo-9: Nokta Tahmini ve Aralık Tahmini Kıyaslaması

Tabloda bazı ana maliyet kalemlerinin (YM,İBO,TEM1,TEM2,MM) nokta tahminleriyle , aralık tahminleri ortalamasının birbirine tam olarak eşit olmadığı görülmektedir. Bunun nedeni risk analizinde yapılan işlemlerin aralık aritmetiği ile gerçekleştirilmesinden kaynaklanmaktadır. Ancak bu durum aralık tahmininin nokta tahminini daima kapsayacağı gerçeğini engellememektedir. Bu durum şöyle gösterilebilir:

$[a,b]$ ve $[c,d]$ iki kapalı aralıksa ve ' $\ominus$ ' simgesi dört işlemi temsil ediyorsa;

$[a,b] \ominus [c,d] = [a \ominus c, b \ominus d]$ çıkarma için $[a \ominus d, b \ominus c]$ olmak kaydıyla;

$a \ominus c \leq \{(a+b)/2\} \ominus \{(c+d)/2\} \leq b \ominus d$ her zaman. Determinist yaklaşımda eğer bulanık sayı özü nokta değil de bir aralıksa bu aralığın sınır değerlerinin ortalaması alındığına dikkat edilirse, risk analizi sonuç üyelik fonksiyonunun özü, nokta tahminini daima kapsayacaktır.

Ömür devri yıl olarak A Projesine eşit başka bir alternatif proje olsaydı aynı işlemler yapıldıktan sonra sonuç üyelik fonksiyonları kıyaslanarak en ekonomik projenin seçimi yapılacaktı. Bu çalışmada ömür devri eşit olmayan başka bir proje alternatifi olduğu durumda önerilen yöntem gösterilecektir.

- ÖMÜR DEVİRLERİ FARKLI İKİ PROJE ALTERNATİFİNİN ÖDM RİSK ANALİZİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI

Uygulamanın yapılabilmesi için sanal olarak var olduğu kabul edilen bir B Projesinin ana maliyet kalemlerine A Projesinden farklı değerler atanarak belirtilen algoritma takip edilecektir. Farklı bir bilgisayar firmasından 15 yıllık farklı bir proje teklifi alındığı varsayılmaktadır. Ömür devirleri farklı olduğundan ÖDM risk analiz modeli yerine bu modelin eşit taksitlerin bugünkü değerine bölünmüş hali olan

$$\overline{NBDYEM_i} = \overline{YM}_{YEM_i} \overline{YM_i} + \overline{IBO}_{YEM_i} \sum_{m=1}^m \overline{IBO_{ij}} + \sum_{n=1}^n \overline{TEM_{in}} \overline{TEM}_{YEM_i} + \sum_{k=1}^k \overline{MM}_{YEM_i} \overline{MM_i} - \overline{HD}_{YEM_i} \overline{HD_i}$$

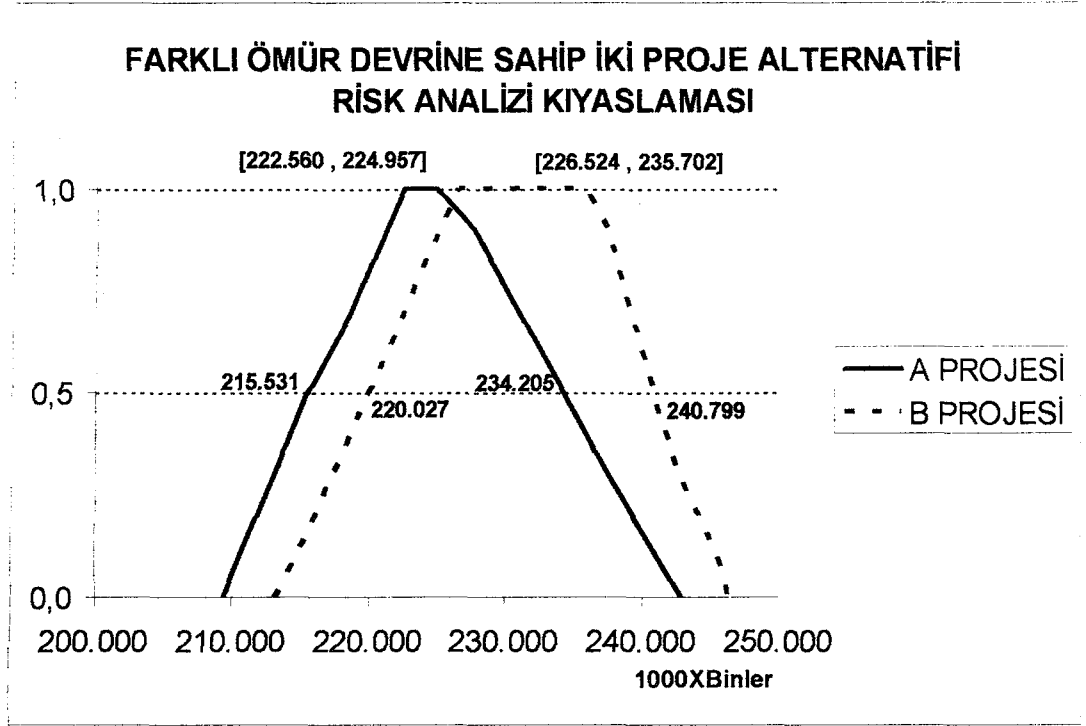
modelden yararlanılacaktır. Ortak değişkenler (e,i) her iki proje için de aynıdır.

- B PROJESİ (SANAL VERİLER) ANA MALİYET KALEMLERİ ÜYELİK FONKSİYONLARI

μ	0	1	1	0
YM/1000	30.000.000	31.500.000	32.000.000	32.500.000
IBO/1000	210.663.843	218.929.124	227.087.897	230.099.639
TEM1/1000	11.000.000	14.000.000	16.000.000	19.000.000
TEM2/1000	1.300.000	1.400.000	1.500.000	1.700.000
MM/1000	7.000.000	7.500.000	8.500.000	9.000.000
HD/1000	12.127.500	12.127.500	15.592.500	15.592.500
ÖMÜR	15,00	15,00	15,00	15,00
ENF	0,52	0,62	0,62	0,72
İSKONTO	0,59	0,69	0,69	0,79
TEM1SÜRE	2,00	2,50	2,50	3,00
TEM2SÜRE	3,00	4,00	4,50	5,00
MODİSÜRE	5,00	5,00	6,00	7,00

Tablo-10: B Projesi Girdi Üyelik Fonksiyonları

İki proje alternatifine yönelik olarak $\overline{NBDYEM_i}$ değerleri hesaplanırsa sonuç üyelik fonksiyonları aynı grafikte görülmektedir.



Şekil-32: Ömür Devri Farklı İki Proje Alternatifinin ÖDM Risk Analizi İle Kıyaslanması

Öz değeri daha büyük olan 15 yıllık B Projesinin ÖDM'nin bugünkü değerini veren yıllık eşit taksit değeri A Projesininkinden daha yüksek olduğu için , A Projesi daha avantajlıdır.

$$\overline{NBDYEM}_A < \overline{NBDYEM}_B$$

BEŞİNCİ BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmada iki farklı model denenmiştir. Birinci model bir sistem ya da projenin ömür devri maliyeti risk analizini yapmaya imkan tanırken ikinci model yaşam ömürleri farklı iki sistemin ömür devri maliyeti risk analizine göre karşılaştırılmasına olanak tanımaktadır. Modelin uygulaması (ömür devri maliyet risk analizi) gerçek bir proje üzerinde gösterilmiş, verileri hipotetik olarak belirlenen başka bir sanal proje ile de ikinci model kullanılarak karşılaştırma yapılmıştır.

Yeni tedarik anlayışlarının (akıllı tedarik) ,baştan bir milli yüklenici seçilmesi, dolayısıyla kazan-kazan (win-win) taktiğinin uygulanması,bir sistemden ziyade yeteneğin kazandırılması, gibi tipik özelliklerine bağlı kalınmaya çalışılarak gerçekleştirilen çalışmada yüklenici firmaların bu anlayışa uzak olduğu gözlenmiştir.Görüşmelerde edinilen izlenim, yüklenici firma adaylarının alıcı kurumla sürekli iş yapmaya açık olduklarını ancak her iki tarafın da kazançlı çıkmasına olanak tanıyacak uzun vadeli bir ortaklık anlayışını idrak etmeye pek de yanaşmadıkları yönünde olmuştur. Bu duruma neden olabilecek etkenlerden birisi belirgin bir şekilde kendisini göstermiştir. Bu neden, ülke ekonomisinde yaşanan yüksek düzeydeki değişkenliktir.

Yapılan uygulamalarda uzman kişilerin maliyet kalemlerine ilişkin tahminleri bu kalemlerin içerdiği belirsizlikler de dahil olmak üzere bulanık sayılarla modellenmiş ve bu girdi değişkenler oluşturulan modele girilerek risk analizi sonucu gözlenmiştir. Sonuç maliyet değeri olabilecek en küçük değer , en büyük değer ve en muhtemel değer şeklinde elde edilmiştir. Simülasyon yönteminde olduğu gibi maliyet risk analizine dönük olarak proje ya da sistemin tamamına yönelik toplam risk ölçüsünü ortaya koymaya olanak tanıyan bu yöntemin sonucunda elde edilen bulanık sayı, en muhtemel değer olarak ifade edilen özünde proje ya da sisteme yönelik yapılacak bir nokta

tahminini de içerdği için karar vericiye hem en muhtemel tahmin hem de maliyetin riskine yönelik daha yüksek miktarda bilgi sunmaktadır.

Proje alternatiflerinin ekonomik risk analizi ölçütüne göre kıyaslanması yaşam ömürleri farklı projeler için de yapılabilmiştir. Monte Carlo yöntemiyle binlerce simülasyon yapmak yerine , excelde oluşturulan yöntemle on denemede anlamlı bir sonuç alınmıştır. Ana maliyet kalemleri excelde oluşturulan modele girildiği anda sonuç üyelik fonksiyonuna ilişkin bir alfa kesimi aralığı bir seferde hesaplanabilmektedir. Herhangi bir projeye dönük olarak ana maliyet kalemleri tahminleri [Yatırım Maliyeti,İşletme-Bakım-Onarım Maliyeti(yıllık),Projenin Yaşam Ömrü Boyunca Bir Kez Gerçekleşen Bir Maliyet-TSM, İki Adet Farklı Sürelerde Gerçekleşen Maliyet-TEM, ve Hurda Değer] ve onların süreleri ile iskonto ve enflasyon oranları, bulanık sayılarla modellenebildiği takdirde Excel yazılımındaki modelin ilgili hücrelerine girildiğinde belirtilmiş alfa değerine ilişkin sonuç üyelik fonksiyonunun α -kesimi alınabilmektedir.Alfa değeri değiştirildiğinde yeni girilmiş alfa değerine ilişkin α -kesimi hemen alınıp, bu işlem farklı alfa değerleriyle (8-10 kez) tekrar edilip alfa değerleri ve karşılık gelen alfa kesim değerlerine Excellde çizdirilecek grafikte sonuç üyelik fonksiyonu oluşturulabilir.

İstatistik ve olasılık teorisine yoğun olarak dayalı Monte Carlo Simülasyonunda geçmiş verinin yetersiz olması ya da hiç olmaması durumunda subjektif olasılık dağılımlarının kullanılması; teorinin, uygulama ve sonuçlara ne düzeyde dayanak olabileceği sorularını akla getirir. Diğer bir deyişle değişkenlerinin çoğu subjektif olasılık dağılımıyla modellenen bir maliyet risk analizi uygulamasında yapılan işlem; çoğunluğu, istatistik ve olasılık teorisine dayanan uyum iyiliği testlerinden geçmemiş girdi değişkenlerle sonuca gitmek demektir. Bu sebeple geçmiş verinin yetersiz olduğu durumlarda olasılık yöntemlerinden farklı olarak fazlaca varsayım gerektirmeyen bulanık matematik yönteminin tercih edilebileceği değerlendirilmektedir.

Modelin bir paket program haline getirilerek daha fazla sayı ve çeşitte maliyet kalemini işlemeye olanak tanıyan bir forma dönüştürülmesi, sonuç üyelik fonksiyonlarını bir seferde verebilmesi, maliyet analiz yapısının da programda oluşturulması ve aralarında değişikliklere duyarlı bağlar kurulması gibi imkanlar ve araçlarla donatılmasının yararlı bir çalışma olacağı değerlendirilmektedir.



KAYNAKÇA

ASHWORTH, Allan, "Assessing The Life Expectancies Of Buildings For Life Cycle Costing", **Proceedings of COBRA'96**, RICS. . 1996

BATTRAM, Arthur. **Karmaşıklıkta Yol Almak**, (Çev: Zülfi Dicleli), İstanbul, Türk Henkel Dergisi Yayınları, 1999

BLANCHARD Benjamin S. ve W.J. FABRYCKY, **Life-Cycle Cost and Economic Analysis**, New Jersey, Prentice Hall, 1991

BUMAT (**İTÜ Kültür ve Sanat Birliği Bulanık Mantık ve Teknoloji Kulübü**), " Fuzzy Sets and Fuzzy Logic Theory and App.- George J. Klir and Bo Yuan (1995) (İlk bölümün kısaltılmış tercümesi) 2002 < <http://www.bumat.itu.edu.tr/dokumanlar.htm>>

CHIU C. Y. ve C. S. PARK, "Fuzzy Cash Ow Analysis Using Present Worth Criterion" **Engineering Economics**, 39, 2, 1994, 113–138

ÇAKIR, Seyfettin. **Türk Kara Kuvvetleri Ana Muharebe Tankı Seçiminde Analitik Hiyerarşi Metodu ve Bulanık Kümeler** (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul, İTÜ, 2001.

Defence Acquisition Deskbook , 1997 <<http://www.deskbook.osd.mil/query/search.jsp?SearchText=traditional+new+capability+system&Submit=Search>>

DOĞANAY, M. "Finanssal Modelleme ve Simülasyon Ders Notları" KHO Savunma Bilimleri Enstitüsü, Mali Yönetim Alt Bilim Dalı" Ankara, 2002

DONG, W.; ve H.SHAH, "Vertex Method for Computing Functions of Fuzzy Variables", **Fuzzy Sets and Systems**, 24, 1987, 65-78.

ESOGBUE, Agustine. "On Replacement Models Via A Fuzzy Set Theoretic Framework" **IEEE Transactions On Systems, Man And Sybernetics**, 1998, 28,

FAQ: **Fuzzy Logic and Fuzzy Expert Systems** 1994<<http://www-2.cs.cmu.edu/Groups/AI/html/faqs/ai/fuzzy/part1/faq-doc-10.html>>

FLANAGAN, R.ve G.Robinson, "Life Cycle Costing-Theory And Practice" **BSP Professional Books**, 1989.

KIRK, S.J. ve A. J DELL'ISOLA. **Life Cycle Costing for Design Professionals** , New York , McGraw-Hill Book Company, 1995

KISHK, M. ve A. Al-Hajj, "Modelling of Life Cycle Costs of Alternatives with Different Lives", **Accepted for Publication, The 16th Annual Conference of the Association of Researchers in Construction Management**, Caledonian University, Glasgow, 2000, 10

KLİR, G. J. ve R. SMİTH. "Recent Developments In Generalized Information Theory," **International Journal Of . Fuzzy Systems No:1**, 1999, 1.

KÜÇÜKTEPE, Olcay. **Comparison Of Two Artillery Weapon System By Using Life Cycle Cost Technique** (Yüksek Lisans Tezi), Ankara, Bilkent University,MBA, 2000

ÖNDER, E. **Askeri Müzeye Gelen Ziyaretçilerin Ziyaret sürelerinin Fuzzy Matematiği İle Optimizasyonu** (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü,2000

ÖZKİL Altan. **Sistem Dinamikleri Yaklaşımlı Uçak Ömür Devri Maliyet Analiz Modeli** (ALCAM),(Doktora Tezi) Ankara, Gazi Üniversitesi,2002

ROSS, Timothy. **Fuzzy Logic With Engineering Applications**, McGraw-Hill, Inc., 1995

SARIASLAN, Halil.**Yatırım Projelerinin hazırlanması ve Değerlendirilmesi**, Ankara, Turhan Kitabevi, 2002

Savunma Sanayi Müsteşarlığı, (Aselsan Çeviri) ,Akılcı Tedarik Girişimi.htm 2001<www.ssm.gov.tr/offset >

SOBANJO, J. "Facility Life-cycle Cost Analysis Based on Fuzzy Set Theory",**Proceedings of the Eighth Int. Conference on Durability of Building Materials and Components**, Canada, 1999, 3, 1798-1809

Stepp L. ve LDaggert 2002 'Estimating the Costs of Extremely Large Telescopes' <www.aura-nio.noao.edu/documentation/SPIE_Papers/SPIE_4840-72_for_PDF.pdf>

ŞEN, Zekai. **Bulanık Mantık ve Modelleme İlkeleri**, İstanbul, Bilge Kültür Sanat, 2001.

ŞİMŞEK, İsmet., **Life Cycle Cost Analysis In Defense Systems Acquisition:A Life Cost Model Application**,(Yüksek Lisans Tezi), İstanbul, Yeditepe Üniversitesi,Graduate Institute of Science and Engineering,1999

TC Merkez Bankası Elektronik Veri Dağıtım Sistemi, 2002
<[http://tcmbf40.tcmb.gov.tr/cgi-bin/famecgi?cgi=\\$cbtweb](http://tcmbf40.tcmb.gov.tr/cgi-bin/famecgi?cgi=$cbtweb) >

UYGULAMADA MALİYET ANALİZ YAPISI (MAY) OLUŞTURULAN PROJENİN VERİLERİNE İLİŞKİNDİR

1. YATIRIM MALİYETİ (YM)

- a. İhtiyaçların Tespiti
- b. Teknik İhtiyacın Tespiti
- c. Şartnamenin hazırlanması
- d. Yüklenici Firmalara Teklif Verilmesi
- e. Değerlendirme ve Kabul
- f. Alım

2. İŞLETME-BAKIM-ONARIM MALİYETİ (İBO)

- a. İşletme Elektrik ve Personel
- b. Bakım
- c. Temizlik
- d. Isınma
- e. Onarım

3. TEKRAR EDEN MALİYET 1 (TEM1)

- (İşlemci, anakart, ram, işletim sistemi)

4. TEKRAR EDEN MALİYET 2 (TEM2)

- (Cd-rom, disket sürücü, klavye, fare)

5. MODİFİKASYON MALİYETİ

- (Bilgisayar monitörü)

6. HURDA DEĞER

- (Güncel olmayan, bir önceki teknolojinin konfigürasyonu)

İHTİYAÇLARIN TESPİTİ						
DEĞİŞKENLER	BİRİM	BULANIK DEĞER				BELİRLİLİK
PER(. yzb)	tl/saat	7.386.363,64	7.386.363,64	7.386.363,64	7.386.363,64	B
PER(. bcv)	tl/saat	5.113.636,36	5.113.636,36	5.113.636,36	5.113.636,36	B
PER(YZB+BCV)	1 SAATLI	12.500.000,00	12.500.000,00	12.500.000,00	12.500.000,00	B
FAALİYET	saat	8,00	8,00	10,00	12,00	BSZ
ELEKTRİK	kw/saat	0,40	0,40	0,40	0,40	B
ELEKTRİK	tl/kw	340.000,00	340.000,00	340.000,00	340.000,00	B
KAĞIT	adet	20,00	30,00	30,00	50,00	BSZ
TONER	tl/kağıt	29.000,00	33.142,86	33.142,86	38.666,67	BSZ
BİLGİSAYAR	saat	8,00	8,00	10,00	12,00	BSZ
KAĞIT	tl/adet	3,00	3,00	3,00	3,00	B
HESAPLAMALAR (DSW)						
PER GİDERİ	tl/saat	12.500.000,00	12.500.000,00	12.500.000,00	12.500.000,00	
PER GİDERİ TOPLAM	tl	100.000.000,00	100.000.000,00	125.000.000,00	150.000.000,00	
PER(YZB+BCV)	1 SAATLI	12.500.000,00	12.500.000,00	12.500.000,00	12.500.000,00	
ELEKTRİK	tl	1.088.000,00	1.088.000,00	1.360.000,00	1.632.000,00	
KAĞIT	tl	60,00	90,00	90,00	150,00	
TONER	tl	773.333,33	994.285,71	994.285,71	1.450.000,00	
ALT MALİYET KALEMİ DEĞER TOPLAMI (DSW)						
		114.361.393,33	114.582.375,71	139.854.376,71	165.682.150,00	

TEKNİK İHTİYAÇIN TESPİTİ						
DEĞİŞKENLER	BİRİM	BULANIK DEĞER				BELİRLİLİK
PER.yzb	tl/saat	7.386.363,64	7.386.363,64	7.386.363,64	7.386.363,64	B
PER.yzb	tl/saat	7.386.363,64	7.386.363,64	7.386.363,64	7.386.363,64	B
PER.bcv	tl/saat	5.113.636,36	5.113.636,36	5.113.636,36	5.113.636,36	B
PER.bcv	tl/saat	5.113.636,36	5.113.636,36	5.113.636,36	5.113.636,36	B
FAALİYET	saat	4,00	6,00	7,00	8,00	BSZ
ELEKTRİK	kw/saat	0,40	0,40	0,40	0,40	B
ELEKTRİK	tl/kw	340.000,00	340.000,00	340.000,00	340.000,00	B
KAĞIT	adet	15,00	20,00	20,00	25,00	BSZ
TONER	tl/kağıt	29.000,00	33.142,86	33.142,86	38.666,67	B
BİLGİSAYAR	SAAT	4,00	6,00	7,00	8,00	BSZ
KAĞIT	tl/adet	3,00	3,00	3,00	3,00	B
HESAPLAMALAR (DSW)						
PER. GİDERİ	tl/saat	25.000.000,00	25.000.000,00	25.000.000,00	25.000.000,00	
PER GİDERİ TOPLAM	tl	100.000.000,00	150.000.000,00	175.000.000,00	200.000.000,00	
ELEKTRİK	tl	544.000,00	816.000,00	952.000,00	1.088.000,00	
KAĞIT	tl	45,00	60,00	60,00	75,00	
TONER	tl	580.000,00	662.857,14	662.857,14	725.000,00	
ALT MALİYET KALEMİ DEĞER TOPLAMI (DSW)						
		100.979.045	161.478.917	176.614.917	202.054.742	

ŞARTNAMENİN HAZIRLANMASI						
DEĞİŞKENLER	BİRİM	BULANIK DEĞER				BELİRLİLİK
PER.alb(1 SAATLİK)	tl/saat	9.090.909,09	9.090.909,09	9.090.909,09	9.090.909,09	B
PER.yzb	tl/saat	7.386.363,64	7.386.363,64	7.386.363,64	7.386.363,64	B
PER.bcv	tl/saat	5.113.636,36	5.113.636,36	5.113.636,36	5.113.636,36	B
FAALİYET	saat	6,00	8,00	9,00	10,00	BSZ
ELEKTRİK	kw/saat	0,40	0,40	0,40	0,40	B
ELEKTRİK	tl/kw	340.000,00	340.000,00	340.000,00	340.000,00	B
TONER	tl/kağıt	29.000,00	33.142,86	33.142,86	38.666,67	B
KAĞIT	tl/adet	3,00	3,00	3,00	3,00	B
KAĞIT	adet	70,00	70,00	90,00	100,00	BSZ
BİLGİSAYAR	SAAT	6,00	8,00	9,00	10,00	BSZ
HESAPLAMALAR (DSW)						
PER. GİDERİ	tl/saat	12.500.000,00	12.500.000,00	12.500.000,00	12.500.000,00	
PER GİDERİ TOPLAM	tl	84.090.909,09	109.090.909,09	121.590.909,09	134.090.909,09	
ELEKTRİK	tl	816.000,00	1.088.000,00	1.224.000,00	1.360.000,00	
KAĞIT	tl	210,00	210,00	270,00	300,00	
TONER	tl	2.706.666,67	2.320.000,00	2.982.857,14	2.900.000,00	
ALT MALİYET KALEMİ DEĞER TOPLAMI (DSW)						
		86.937.119	112.499.119	125.798.036	139.317.876	

YÜKLENİCİ FİRMALARA TEKLİF VERİLMESİ						
DEĞİŞKENLER	BİRİM	BULANIK DEĞER				BELİRLİLİK
PER.alb(2	tl/saat	9.090.909,09	9.090.909,09	9.090.909,09	9.090.909,09	B
SAATLIK)						
PER.yzb	tl/saat	7.386.363,64	7.386.363,64	7.386.363,64	7.386.363,64	B
PER.bcv	tl/saat	5.113.636,36	5.113.636,36	5.113.636,36	5.113.636,36	B
FAALİYET	saat	4,00	4,00	5,00	6,00	BSZ
ELEKTRİK	kw/saat	0,40	0,40	0,40	0,40	B
ELEKTRİK	tl/kw	340.000,00	340.000,00	340.000,00	340.000,00	B
KAĞIT	adet	100,00	150,00	150,00	200,00	BSZ
TONER	tl/kağıt	38.666,67	33.142,86	33.142,86	29.000,00	B
BİLGİSAYAR	SAAT	3,00	3,00	4,00	4,00	BSZ
KAĞIT	tl/adet	3,00	3,00	3,00	3,00	B
HESAPLAMALAR (DSW)						
PER. GİDERİ	tl/saat	12.500.000,00	12.500.000,00	12.500.000,00	12.500.000,00	
PER GİDERİ						
TOPLAM	tl	68.181.818,18	68.181.818,18	80.681.818,18	93.181.818,18	
ELEKTRİK	tl	544.000,00	544.000,00	680.000,00	816.000,00	
KAĞIT	tl	300,00	450,00	450,00	600,00	
TONER	tl	3.866.666,67	4.971.428,57	4.971.428,57	5.800.000,00	
ALT MALİYET KALEMİ DEĞER TOPLAMI (DSW)						
		71.626.118	73.697.697	86.333.697	101.731.752	

DEĞERLENDİRME VE KABUL						
DEĞİŞKENLER	BİRİM	BULANIK DEĞER				BELİRLİLİK
PER.alb	tl/saat	9.090.909,09	9.090.909,09	9.090.909,09	9.090.909,09	B
PER.bnb	tl/saat	6.250.000,00	6.250.000,00	6.250.000,00	6.250.000,00	B
PER.bnb	tl/saat	6.250.000,00	6.250.000,00	6.250.000,00	6.250.000,00	B
PER.yzb	tl/saat	7.386.363,64	7.386.363,64	7.386.363,64	7.386.363,64	B
PER.yzb	tl/saat	7.386.363,64	7.386.363,64	7.386.363,64	7.386.363,64	B
PER.yzb	tl/saat	7.386.363,64	7.386.363,64	7.386.363,64	7.386.363,64	B
PER.ütgm	tl/saat	4.545.454,55	4.545.454,55	4.545.454,55	4.545.454,55	B
PER.bcv	tl/saat	5.113.636,36	5.113.636,36	5.113.636,36	5.113.636,36	B
FAALİYET	saat	3,00	3,00	5,00	6,00	BSZ
ELEKTRİK	kw/saat	0,40	0,40	0,40	0,40	B
ELEKTRİK	tl/kw	340.000,00	340.000,00	340.000,00	340.000,00	B
KAĞIT	adet	10,00	15,00	15,00	20,00	B
TONER	tl/kağıt	29.000,00	33.142,86	33.142,86	38.666,67	B
BİLGİSAYAR	SAAT	3,00	3,00	5,00	6,00	BSZ
KAĞIT	tl/adet	3,00	3,00	3,00	3,00	B
HESAPLAMALAR (DSW)						
PER. GİDERİ	tl/saat	53.409.090,91	53.409.090,91	53.409.090,91	53.409.090,91	
PER GİDERİ						
TOPLAM	tl	160.227.272,73	160.227.272,73	267.045.454,55	320.454.545,45	
ELEKTRİK	tl	408.000,00	408.000,00	680.000,00	816.000,00	
KAĞIT	tl	30,00	45,00	45,00	60,00	
TONER	tl	386.666,67	497.142,86	497.142,86	580.000,00	
ALT MALİYET KALEMİ DEĞER TOPLAMI (DSW)						
		160.926.303	161.132.461	268.222.642	322.043.939	

ALIM						
DEĞİŞKENLER	BİRİM	BULANIK DEĞER				BELİRLİLİK
PER.yzb	tl/saat	7.386.363,64	7.386.363,64	7.386.363,64	7.386.363,64	B
PER.bcv	tl/saat	5.113.636,36	5.113.636,36	5.113.636,36	5.113.636,36	B
FAALİYET	saat	32,00	34,00	36,00	36,00	BSZ
DOLAR KUR	\$/TL	1.650.000,00	1.650.000,00	1.650.000,00	1.650.000,00	B
ATATÜRK PORTRESİ (ADET)	1	15.000.000,00	15.000.000,00	15.000.000,00	15.000.000,00	B
BİLGİSAYAR MASASI (ADET)	21	40.000.000,00	40.000.000,00	40.000.000,00	40.000.000,00	B
VİYOĞRAF MAKİNASI (ADET)	1	370.000.000,00	370.000.000,00	370.000.000,00	370.000.000,00	B
VİYOĞRAF PERDESİ (ADET)	1	100.000.000,00	100.000.000,00	100.000.000,00	100.000.000,00	B
ÖĞRETİM MASASI (ADET)	1	38.000.000,00	38.000.000,00	38.000.000,00	38.000.000,00	B
KOMUTAN MASASI (ADET)	1	30.000.000,00	30.000.000,00	30.000.000,00	30.000.000,00	B
BAĞLANTI MASASI (ADET)	1	18.000.000,00	18.000.000,00	18.000.000,00	18.000.000,00	B
KOLÇAKSIZ KOLTUK (ADET)	20	15.000.000,00	15.000.000,00	15.000.000,00	15.000.000,00	B
KOLÇAKLI KOLTUK (ADET)	2	18.000.000,00	18.000.000,00	18.000.000,00	18.000.000,00	B
FİBERGLAS YAZI TAHTASI (ADET)	1	20.000.000,00	20.000.000,00	20.000.000,00	20.000.000,00	B
TALİMATLAR PANOSU (ADET)	1	15.000.000,00	15.000.000,00	15.000.000,00	15.000.000,00	B
PLATFORM (ADET)	1	80.000.000,00	80.000.000,00	80.000.000,00	80.000.000,00	B
DIKEY PERDE (m)	40	7.000.000,00	7.000.000,00	7.000.000,00	7.000.000,00	B
YANGIN SÖNDÜRME CİHAZI (ADET)	1	23.000.000,00	23.000.000,00	23.000.000,00	23.000.000,00	B
ÇÖP KOVASI (ADET)	1	3.000.000,00	3.000.000,00	3.000.000,00	3.000.000,00	B
İŞÇİLİK	0	500.000.000,00	500.000.000,00	500.000.000,00	500.000.000,00	B
BİLGİSAYAR						
Cpu (ADET)	21	140,00	140,00	140,00	140,00	B
Ana bellek (ADET)	21	60,00	60,00	60,00	60,00	B
Anakart yeryolu (ADET)	21	81,00	81,00	81,00	81,00	B
Sabit disk (ADET)	21	64,00	64,00	64,00	64,00	B
Monitör (ADET)	21	130,00	130,00	130,00	130,00	B
Ekran kartı (ADET)	21	27,00	27,00	27,00	27,00	B
Fare (ADET)	21	2,50	2,50	2,50	2,50	B
Klavye (ADET)	21	4,00	4,00	4,00	4,00	B
Floppy sürücü birimi (ADET)	21	8,00	8,00	8,00	8,00	B
Ag birimi (ADET)	21	5,50	5,50	5,50	5,50	B
Cd-rom (ADET)	21	22,00	22,00	22,00	22,00	B
Kasa (ADET)	21	19,00	19,00	19,00	19,00	B
İşletim sistemi (ADET)	21	130,00	130,00	130,00	130,00	B
DOLAR KUR	\$/TL	1.650.000,00	1.650.000,00	1.650.000,00	1.650.000,00	
DATA KABLOLAMA						
UTP KABLO (m)	640	0,18	0,18	0,18	0,18	B
1000x60 ALİMÜNYUM KANAL (m)	45	9,80	9,80	9,80	9,80	B
1000x60 ALİMÜNYUM KANAL	45	0,98	0,98	0,98	0,98	B
1000x60 ALİMÜNYUM KANAL APARATLARI	21	2,79	2,79	2,79	2,79	B
WALL PLATE (ADET)	21	4,50	4,50	4,50	4,50	B
İKİLİ PİRİZLİK VE TUTUCUSU (ADET)	21	1,98	1,98	1,98	1,98	B
24 PORT PATCHPANEL (ADET)	1	78,00	78,00	78,00	78,00	B
9 u KABİNET (ADET)	1	198,00	198,00	198,00	198,00	B
UTP PATCHCORD 3 m	21	2,98	2,98	2,98	2,98	B
UTP PATCHCORD 0,5 m	21	1,89	1,89	1,89	1,89	B
1000x60 ALİMÜNYUM KANAL İŞÇİLİĞİ (m)	60	2,30	2,30	2,30	2,30	B
UTP KABLO ÇEKİM İŞÇİLİĞİ (m)	640	0,40	0,40	0,40	0,40	B
WALL PLATE ÇAKIM İŞÇİLİĞİ	21	1,00	1,00	1,00	1,00	B
PATCHPANEL ÇAKIM İŞÇİLİĞİ	21	1,00	1,00	1,00	1,00	B
PENTA SCANNER TEST VE ETİKETLEME	21	1,50	1,50	1,50	1,50	B
ELEKTRİK KABLOLAMASI						
4X2,5 NYM KABLO (m)	160	1,89	1,89	1,89	1,89	B
ELEKTRİK PRİZ (m)	21	2,98	2,98	2,98	2,98	B
TALI DAĞITIM PANOSU (ADET)	1	180,00	180,00	180,00	180,00	B
DOLAR KUR	\$/TL	1.650.000,00	1.650.000,00	1.650.000,00	1.650.000,00	
SUNUMCU						
Cpu (ADET)	1	300,00	300,00	300,00	300,00	B
Ana bellek (ADET)	1	150,00	150,00	150,00	150,00	B
Anakart yeryolu (ADET)	1	81,00	81,00	81,00	81,00	B
Sabit disk (ADET)	1	120,00	120,00	120,00	120,00	B
Monitör (ADET)	1	130,00	130,00	130,00	130,00	B
Ekran kartı (ADET)	1	74,00	74,00	74,00	74,00	B
Fare (ADET)	1	2,50	2,50	2,50	2,50	B
Klavye (ADET)	1	4,00	4,00	4,00	4,00	B
Floppy sürücü birimi (ADET)	1	8,00	8,00	8,00	8,00	B
Ag birimi (ADET)	1	5,50	5,50	5,50	5,50	B
Cd-rom (ADET)	1	52,00	52,00	52,00	52,00	B
Kasa (ADET)	1	87,00	87,00	87,00	87,00	B
İşletim sistemi (ADET)	1	130,00	130,00	130,00	130,00	B
ALT MALİYET KALEMİ DEĞER TOPLAMI (DSW)						
		32.574.488,000	32.599.488,000	32.624.488,000	32.624.488,000	
YM TOPLAM		33.109.316,978	33.212.878,569	33.421.311,668	33.555.218,458	
YM/1000		33.109,317	33.212,879	33.421,312	33.555,218	

İŞLETME ELEKTRİK VE PERSONEL						
DEĞİŞKENLER	BİRİM	BULANIK DEĞER				BELİRLİLİK
DERS DÖNEMİ(9 AY)						
HAFTA İÇİ GÜNÜ		202,00	202,00	202,00	202,00	B
ÖĞRETMEN	tl/saat	4.545.454,55	5.650.252,53	5.650.252,53	7.386.363,64	YB
DERS SAATİ	saat/gün	4,00	5,00	5,00	6,00	BSZ
KULLANILAN PC	adet	21,00	21,00	21,00	21,00	B
ELEKTRİK	kw/saat	0,40	0,40	0,40	0,40	B
ELEKTRİK	tl/kw	340.000,00	340.000,00	340.000,00	340.000,00	B
HAFTA İÇİ AKŞAMI		202,00	202,00	202,00	202,00	B
NÖBETÇİ	saat/tl	4.545.454,55	5.309.343,43	5.309.343,43	6.250.000,00	YB
KULLANIM SAATİ	saat/gün	6,00	6,00	6,00	6,00	B
KULLANILAN PC	adet	20,00	21,00	21,00	21,00	BSZ
ELEKTRİK	kw/saat	0,40	0,40	0,40	0,40	B
ELEKTRİK	tl/kw	340.000,00	340.000,00	340.000,00	340.000,00	B
AYDINLATMA	kw/saat	0,02	0,02	0,02	0,02	B
HAFTA SONU		73,00	73,00	73,00	73,00	B
NÖBETÇİ	tl/saat	4.545.454,55	5.309.343,43	5.309.343,43	6.250.000,00	YB
KULLANIM SAATİ	saat/gün	10,00	10,00	10,00	10,00	B
KULLANILAN PC	adet	20,00	21,00	21,00	21,00	BSZ
ELEKTRİK	kw/saat	0,40	0,40	0,40	0,40	B
ELEKTRİK	tl/kw	340.000,00	340.000,00	340.000,00	340.000,00	B
NÖBETÇİ	saat	15,00	15,00	15,00	15,00	B
YAZ DÖNEMİ						
HAFTA İÇİ GÜNÜ		66,00	66,00	66,00	66,00	B
ÖĞRETMEN	tl/saat	4.545.454,55	5.650.252,53	5.650.252,53	7.386.363,64	YB
KURS SAATİ	saat/gün	3,00	3,00	4,00	5,00	BSZ
KULLANILAN PC	adet	15,00	18,00	20,00	20,00	BSZ
ELEKTRİK	kw/saat	0,40	0,40	0,40	0,40	B
ELEKTRİK	tl/kw	340.000,00	340.000,00	340.000,00	340.000,00	B
HAFTA SONU		24,00	24,00	24,00	24,00	B
NÖBETÇİ	tl/saat	4.545.454,55	5.309.343,43	5.309.343,43	6.250.000,00	YB
KULLANIM SAATİ	saat/gün	4,00	4,00	5,00	5,00	BSZ
KULLANILAN PC	adet	10,00	12,00	15,00	15,00	BSZ
ELEKTRİK	kw/saat	0,40	0,40	0,40	0,40	B
ELEKTRİK	tl/kw	340.000,00	340.000,00	340.000,00	340.000,00	B
NÖBETÇİ	saat	15,00	15,00	15,00	15,00	B
SUNUMCU						
BİLGİSAYAR DERSHANEŞİ	ADET	5,00	5,00	5,00	5,00	B
S.MESAI İÇİ	tl/saat	72.215.909,09	72.215.909,09	72.215.909,09	72.215.909,09	B
S. MESAI DIŞI	tl/saat	4.545.454,55	5.309.343,43	5.309.343,43	6.250.000,00	BSZ
MESAI	saat	8,00	8,00	8,00	8,00	B
MESAI AKŞAMI	saat	8,00	6,00	6,00	6,00	B
HAFTASONU	saat	15,00	15,00	15,00	15,00	B
KULLANILAN PC (5 SERVER)	adet	1,00	1,00	1,00	1,00	B
ELEKTRİK	kw/saat	0,40	0,40	0,40	0,40	B
ELEKTRİK	tl/kw	340.000,00	340.000,00	340.000,00	340.000,00	B
HESAPLAMALAR (DSW)						
TATİLLER		97,00	97,00	97,00	97,00	
MESAILER		268,00	268,00	268,00	268,00	
24 SAAT		24,00	24,00	24,00	24,00	
İNTERNET	tl/ay	700.000.000,00	700.000.000,00	700.000.000,00	700.000.000,00	
YILLIK						
DERS DÖNEMİ						
HAFTA İÇİ GÜNÜ	PER	3.672.727.272,73	5.706.755.050,51	5.706.755.050,51	8.952.272.727,27	
	ELEK	2.307.648.000,00	2.884.560.000,00	2.884.560.000,00	3.461.472.000,00	
HAFTA İÇİ AKŞAMI	PER	5.509.090.909,09	6.434.924.242,42	6.434.924.242,42	7.575.000.000,00	
	ELEK	3.296.640.000,00	3.461.472.000,00	3.461.472.000,00	3.461.472.000,00	
	AYDIN	8.241.600,00	8.241.600,00	8.241.600,00	8.241.600,00	
HAFTA SONU	PER	4.977.272.727,27	5.813.731.060,61	5.813.731.060,61	6.843.750.000,00	
	ELEK	1.985.600.000,00	2.084.880.000,00	2.084.880.000,00	2.084.880.000,00	
	AYDIN	2.978.400,00	2.978.400,00	2.978.400,00	2.978.400,00	
YAZ DÖNEMİ						
HAFTA İÇİ GÜNÜ	PER	900.000.000,00	1.118.750.000,00	1.491.666.666,67	2.437.500.000,00	
	ELEK	403.920.000,00	484.704.000,00	718.080.000,00	897.600.000,00	
AKŞAMI	PER	1.800.000.000,00	2.102.500.000,00	2.102.500.000,00	2.475.000.000,00	
HAFTA SONU	PER	1.636.363.636,36	1.911.363.636,36	1.911.363.636,36	2.250.000.000,00	
	ELEK	130.560.000,00	156.672.000,00	244.800.000,00	244.800.000,00	
İNTERNET	tl/yıl	8.400.000.000,00	8.400.000.000,00	8.400.000.000,00	8.400.000.000,00	
SUNUMCU						
HAFTA İÇİ	PER	162.139.999.988,31	163.368.333.321,64	163.368.333.321,64	164.880.909.079,22	
HAFTASONU	PER	6.613.636.363,64	7.725.094.696,97	7.725.094.696,97	9.093.750.000,00	
	ELEK	1.191.360.000,00	1.191.360.000,00	1.191.360.000,00	1.191.360.000,00	
ALT MALİYET KALEMİ DEĞER TOPLAMI (DSW)						
		204.976.038.897,40	212.856.320.008,51	213.550.740.675,17	224.260.985.806,49	

BAKIM					
DEĞİŞKENLER	BİRİM	BULANIK DEĞER			
					BELİRLİLİK
HAFTALIK BAKIM	saat	0,41	0,50	0,50	0,66
PERSONEL	tl/saat	4.545.454,55	5.178.571,43	5.178.571,43	5.284.090,91
3 AYLIK BAKIM	saat	0,50	0,50	0,70	0,75
PERSONEL	tl/saat	4.545.454,55	5.178.571,43	5.178.571,43	5.284.090,91
BAKIM MALZ	kw/saat	0,90	0,90	0,90	0,90
ELEKTRİK	tl/kw	340.000,00	340.000,00	340.000,00	340.000,00
BOYA(yıllık)	TL	133.000.000,00	133.000.000,00	133.000.000,00	133.000.000,00
MALZEME	TL	3.000.000,00	4.500.000,00	6.250.000,00	9.750.000,00
PERSONEL	tl/saat	2.272.727,27	2.272.727,27	2.272.727,27	2.272.727,27
FAALİYET	SAAT	16,00	16,00	16,00	16,00
HESAPLAMALAR (DSW)					
HAFTALIK BAKIM		96.909.090,91	134.642.857,14	134.642.857,14	181.350.000,00
3AYLIK BAKIM		9.702.909,09	10.969.142,86	15.356.800,00	16.770.272,73
BOYA(yıllık)		133.000.000,00	133.000.000,00	133.000.000,00	133.000.000,00
PERSONEL		36.363.636,32	36.363.636,32	36.363.636,32	36.363.636,32
MALZEME	TL	3.000.000,00	4.500.000,00	6.250.000,00	9.750.000,00
ALT MALİYET KALEMİ DEĞER TOPLAMI (DSW)					
		278.975.636,32	319.475.636,32	325.613.293,46	377.233.909,05

TEMİZLİK					
DEĞİŞKENLER	BİRİM	BULANIK DEĞER			
					BELİRLİLİK
HAFTAÇI					
TEMİZLİK	SAAT	0,50	0,50	0,58	0,58
HAFTASONU					
TEMİZLİK	SAAT	0,16	0,16	0,16	0,25
TEMİZLEYİCİ	tl/saat	2.272.727,27	2.272.727,27	2.272.727,27	2.272.727,27
TATİLLER	0	97,00	97,00	97,00	97,00
MESAILER	0	268,00	268,00	268,00	268,00
ELEKTRİK(CİLA)	tl/kw	0,01	0,01	0,01	0,01
ELEKTRİK	tl/kw	340.000,00	340.000,00	340.000,00	340.000,00
HAFTAÇI					
TEMİZLİK MALZEME	tl/gün	1.000.000,00	1.500.000,00	2.000.000,00	2.000.000,00
HAFTASONU					
TEMİZLİK MALZEME	tl/gün	300.000,00	300.000,00	350.000,00	350.000,00
HESAPLAMALAR (DSW)					
TEMİZLİK		636.918.181,41	770.918.181,41	958.495.454,08	978.336.363,15
ELEKTRİK		610.041,60	610.041,60	697.516,80	733.135,20
ALT MALİYET KALEMİ DEĞER TOPLAMI (DSW)					
		638.828.223,01	773.328.223,01	961.542.970,88	981.419.498,35

ISINMA					
DEĞİŞKENLER	BİRİM	BULANIK DEĞER			
					BELİRLİLİK
ISINMA (DERSHANE)	tl/gün				BSZ
ARA,OCA,ŞUB		270.000.000,00	300.000.000,00	350.000.000,00	400.000.000,00
ISINMA	saat	3,00	3,00	3,00	3,00
KAS,MAR,EK-Nİ		240.000.000,00	270.000.000,00	300.000.000,00	320.000.000,00
ISINMA	saat	4,00	4,00	4,00	4,00
ALT MALİYET KALEMİ DEĞER TOPLAMI (DSW)					
		1.770.000.000,00	1.980.000.000,00	2.250.000.000,00	2.480.000.000,00
İBO TOPLAM		207.561.892.950,76	215.789.216.269,67	216.944.730.259,29	227.909.701.910,14
İBO/1000		207.663.842.757	215.929.123.868	217.087.896.940	228.099.639.214

TEKRAR EDEN MALİYET 1						
DEĞİŞKENLER	BİRİM	BULANIK DEĞER				BELİRLİLİK
İşlemci(BUGÜNÜN DEĞERLERİ)	adet	21,00	21,00	21,00	21,00	B
İşlemci	tl/güncel	110,00	143,00	145,00	160,00	BSZ
İşlemci	yıl	2,00	2,50	3,00	4,00	BSZ
İşlemci(BUGÜNÜN BİR GERİSİ)	tl/değerler	20,00	35,00	45,00	50,00	BSZ
ANAKART	adet	21,00	21,00	21,00	21,00	B
ANAKART	tl/güncel	81,00	110,00	113,00	152,00	BSZ
ANAKART	yıl	2,00	2,50	3,00	4,00	BSZ
ANAKART	tl/değerler	10,00	12,00	15,00	15,00	BSZ
RAM	adet	21,00	21,00	21,00	21,00	B
RAM	tl/güncel	60,00	62,00	66,00	85,00	BSZ
RAM	yıl	2,00	2,50	3,00	4,00	BSZ
RAM	tl/değerler	10,00	15,00	20,00	20,00	BSZ
İŞLETİM SİSTEMİ	adet	21,00	21,00	21,00	21,00	B
İŞLETİM SİSTEMİ	tl/güncel	150,00	150,00	200,00	200,00	BSZ
İŞLETİM SİSTEMİ	yıl	2,00	2,50	3,00	4,00	BSZ
güncelleme iskonto	1-%	0,85	0,85	0,85	0,85	BSZ
DOLAR KUR	\$/TL	1 650 000,00	1 650 000,00	1 650 000,00	1 650 000,00	
HESAPLAMALAR (DSW)						
MALİYET		11.810.452.500,00	13 695.412.500,00	15 433.110.000,00	17 583.142.500,00	
DEĞERLEME		1 386.000.000,00	2 148.300.000,00	2 772.000.000,00	2 945.250.000,00	
ANA MALİYET KALEMİ DEĞER TOPLAMI (DSW)						
TEM 1		8.865.202.500,00	10.923.412.500,00	13.284.810.000,00	16.197.142.500,00	
TEM1/1000		8.865.202,50	10.923.412,50	13.284.810,00	16.197.142,50	

TEKRAR EDEN MALİYET 2						
DEĞİŞKENLER	BİRİM	BULANIK DEĞER				BELİRLİLİK
Cd rom	adet	14,00	14,00	15,00	16,00	BSZ
Cd rom	tl/güncel	22,00	23,00	23,00	26,00	BSZ
Cd rom	yıl	3,00	4,00	4,50	5,00	BSZ
Disket sürücü	adet	14,00	14,00	15,00	16,00	BSZ
Disket sürücü	tl/güncel	8,00	8,00	8,00	8,00	BSZ
Disket sürücü	yıl	3,00	4,00	4,50	5,00	BSZ
Klavye	adet	7,00	8,00	8,00	9,00	BSZ
Klavye	tl/güncel	4,00	5,00	5,00	10,00	BSZ
Klavye	yıl	3,00	4,00	4,50	5,00	BSZ
Fare	adet	5,00	7,00	7,00	8,00	BSZ
Fare	tl/güncel	2,50	3,00	3,50	4,00	BSZ
Fare	yıl	3,00	4,00	4,50	5,00	BSZ
ANA MALİYET KALEMİ DEĞER TOPLAMI (DSW)						
TEM 2		759.825.000,00	816.750.000,00	873.675.000,00	1.098.900.000,00	
TEM2/1000		759.825,00	816.750,00	873.675,00	1.098.900,00	

MODİFİKASYON MALİYETİ						
DEĞİŞKENLER	BİRİM	BULANIK DEĞER				BELİRLİLİK
MONİTÖR (BUGÜNÜN DEĞERİİ)	tl/güncel	130,00	170,00	186,00	230,00	BSZ
MONİTÖR	adet	21,00	21,00	21,00	21,00	B
MONİTÖR	YIL	5,00	6,00	6,50	7,00	BSZ
GÜNCELLEME İSKONTO	1-%	0,85	0,85	0,85	0,85	B
DOLAR KUR	\$/TL	1.650.000,00	1.650.000,00	1.650.000,00	1.650.000,00	
ANA MALİYET KALEMİ DEĞER TOPLAMI (DSW)						
MM		3.828.825.000,00	5.006.925.000,00	5.478.165.000,00	6.774.075.000,00	
MM/1000		3.828.825,00	5.006.925,00	5.478.165,00	6.774.075,00	

HURDA DEĞER						
DEĞİŞKENLER	BİRİM	BULANIK DEĞER				BELİRLİLİK
BİLGİSAYAR (BUGUNUN BİR GERİSİİ)	tl/değerler	350,00	350,00	450,00	450,00	BSZ
BİLGİSAYAR	adet	21,00	21,00	21,00	21,00	B
BİLGİSAYAR	YIL	10,00	10,00	10,00	10,00	BSZ
DOLAR KUR	\$/TL	1 650 000,00	1 650 000,00	1 650 000,00	1 650 000,00	
ANA MALİYET KALEMİ DEĞER TOPLAMI (DSW)						
HD		12.127.500.000,00	12.127.500.000,00	15.592.500.000,00	15.592.500.000,00	
HD/1000		12.127.500,00	12.127.500,00	15.592.500,00	15.592.500,00	