

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BULANIK HEDEF PROGRAMLAMA YAKLAŞIMI İLE
TEDARİKÇİ SEÇİMİ**

Makine Mühendisi Ömer Onur KAYA

**FBE Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Sistem Mühendisliği Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Nihan ÇETİN DEMİREL

İSTANBUL, 2010

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ.....	v
KISALTMA LİSTESİ.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	viii
ÖNSÖZ.....	x
ÖZET.....	xi
ABSTRACT.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. TEDARİK ZİNCİRİ VE TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ.....	2
2.1 Tedarik Zinciri.....	2
2.2 Tedarik Zinciri Yönetimi.....	6
2.3 Tedarik Zinciri Yönetiminin Tarihi.....	8
2.4 Tedarikçi Seçimi ve Sipariş Verme.....	9
2.4.1 Literatürde Tedarikçi Seçimi ve Sipariş Verme.....	12
2.4.2 Tedarikçi Seçim Süreci.....	14
2.4.2.1 Tedarik Zinciri Stratejisi veya Tasarımı.....	14
2.4.2.2 Tedarik Zinciri Planlaması.....	14
2.4.2.3 Tedarik Zinciri Faaliyetleri.....	14
2.4.3 Tedarikçi Seçim Kriterleri.....	15
3. ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ (AHP).....	17
3.1 AHP Yönteminin Çözüm Adımları.....	18
3.1.1 Problemin Tanımlanması ve Hiyerarşik Yapının Oluşturulması.....	18
3.1.2 İkili Karşılaştırmaların Yapılması.....	18
3.1.3 Özvektörün (Görelî Önemler Vektörünün) Hesaplanması.....	20
3.1.3.1 Aritmetik Ortalama Yöntemi ile Özvektörün Hesaplanması.....	20
3.1.3.2 Geometrik Ortalama Yöntemi ile Özvektörün Hesaplanması.....	21
3.1.4 Tutarlılık Analizi.....	21
3.2 AHP'nin Uygulama Alanları.....	23
3.3 AHP'nin Avantaj ve Dezavantajları.....	23
3.3.1 AHP'nin Avantajları.....	23
3.3.2 AHP'nin Dezavantajları.....	24
4. BULANIK MANTIK.....	25
4.1 Bulanık Mantığın Tarihçesi ve Uygulama Alanları.....	26
4.2 Belirsizlik ve Bulanıklık.....	30

4.3	Bulanık Kümeler ve Üyelik Fonksiyonları.....	31
4.3.1	Üçgensel Üyelik Fonksiyonları.....	35
4.3.2	Yamuk Üyelik Fonksiyonları.....	36
4.4	Bulanık Sayılar.....	36
4.4.1	Üçgensel Bulanık Sayılar.....	38
4.4.2	Yamuk Bulanık Sayılar.....	38
4.4.3	α -Kesimleri.....	38
4.5	Bulanık Sayılarda Cebirsel İşlemler.....	40
4.5.1	Üçgensel Bulanık Sayılarda Cebirsel İşlemler.....	40
4.5.2	Yamuk Bulanık Sayılarda Cebirsel İşlemler.....	41
4.6	Bulanık Mantığın Avantaj ve Dezavantajları.....	42
4.6.1	Bulanık Mantığın Avantajları.....	42
4.6.2	Bulanık Mantığın Dezavantajları.....	43
5.	HEDEF PROGRAMLAMA	44
5.1	Hedef Programlamanın Tarihsel Gelişimi ve Uygulama Alanları.....	44
5.2	Hedef Programlamanın Yapısı.....	47
5.2.1	Amaçlar.....	47
5.2.2	Hedefler.....	47
5.2.3	Karar Değişkenleri.....	47
5.2.4	Sapma Değişkenleri.....	47
5.2.5	Sistem Kısıtları.....	48
5.2.6	Hedef Kısıtları.....	48
5.2.7	Başarı Fonksiyonları.....	48
5.2.8	Amaç Fonksiyonları.....	48
5.3	Hedef Programlamanın Formülasyonu.....	48
5.3.1	Öncelikli (Lexicographic) Hedef Programlama.....	50
5.3.2	Ağırlıklı Hedef Programlama.....	52
5.3.3	İnteraktif Metotlar.....	53
5.4	Hedef Programlamanın Avantaj ve Dezavantajları.....	53
5.4.1	Hedef Programların Avantajları.....	53
5.4.2	Hedef Programların Dezavantajları.....	54
5.5	Bulanık Hedef Programlama.....	54
5.6	Bulanık Hedef Programlamanın Formülasyonu.....	55
5.7	Bulanık Hedef Programlama Uygulamaları.....	57
6.	ÇOK ÜRÜNLÜ, ÇOK AMAÇLI BULANIK HEDEF PROGRAMLAMA MODELİ.....	59
6.1	Problemin Tanımı.....	59
6.2	Yapılan Kabuller.....	63
6.3	Kısıtlar ve Parametreler ve Hedefler.....	63
6.3.1	Kısıtlar.....	63
6.3.2	İndisler.....	63
6.3.3	Parametreler.....	64
6.3.4	Hedefler.....	64
6.4	Modelin Formülasyonu.....	64
6.5	Modelin Uygulaması.....	67
6.5.1	AHP ile Öncelik Sıralaması.....	67
6.5.2	Sayısal Veriler.....	73

6.5.3	Modelin ve Problemin GAMS Yazılımına Aktarılması.....	98
6.5.4	Problem Çözümünün Elde Edilmesi.....	104
7.	SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	107
KAYNAKLAR.....		109
ÖZGEÇMİŞ.....		118

SİMGE LİSTESİ

$\tilde{A}$	Bulanık küme
$\tilde{a}$	Bulanık sayı
a^*	Durulaştırılmış sayı
a_l	$\tilde{a}$ bulanık sayısının alt değeri
a_m	$\tilde{a}$ bulanık sayısının normal değeri
a_u	$\tilde{a}$ bulanık sayısının üst değeri
a_1^α	$\tilde{a}$ bulanık sayısının α değerindeki üyeliğinin alt sınırı
a_3^α	$\tilde{a}$ bulanık sayısının α değerindeki üyeliğinin üst sınırı
d_i^+	Pozitif sapma
d_i^-	Negatif sapma
q_{ik}^l	i müşterisinin k ürünü için sipariş miktarı alt sınırı
q_{ik}^u	i müşterisinin k ürünü için sipariş miktarı üst sınırı
w_i^+	Bağıl ağırlık
$\mu_{\tilde{A}}$	A bulanık kümesinin üyelik derecesi
χ_A	A kümesinin karakteristik fonksiyonu
A	İkili karşılaştırma matrisi
a_{ij}	İkili karşılaştırma matrisinin (i,j) . elemanı
A_{norm}	Normalleştirilmiş matris
A_α	A bulanık kümesinin α -seviyesindeki kümesi basit kümesi
b_i	Tercih edilen değer
c_{ijk}	i müşterisi tarafından j tedarikçisinden alınan k ürününün birim sipariş maliyeti
D_{ik}	i müşterisinin k ürününe olan talebi
$f_i(x)$	i . amaç fonksiyonu
$\tilde{f}_i$	İlgili bulanık değişkenin üst sınırı
i	Müşteriler
j	Tedarikçiler
k	Ürünler
n	Matrisin boyutu
S_i	i tedarikçisinin maksimum kapasitesi
U	Evrensel küme
W	Özvektör (Görelî önem vektörü)
w_j	Görelî önem vektörünün j . elemanı
x_{ijk}	i müşterisi tarafından j tedarikçisinden sipariş edilen k ürününün miktarı
$\sim$	Bulanıklık
α	Kabul edilebilir risk seviyesi
β_{ijk}	i müşterisinin j tedarikçisinden aldığı ürünlerdeki reddedilen ürün yüzdesi
ε_{ij}	Tedarikçi performansı risk faktörü
θ_{ij}	Bakım desteği ihtiyacındaki olumsuz davranışlar risk faktörü
λ_{ijk}	i müşterisinin j tedarikçisinden geç teslim aldığı ürün yüzdesi
$\lambda_{\max}$	Matrisin en büyük özdeğeri
$\pi(\cdot)$	Belli bir olayın olasılığı
ϕ_{ij}	Ekonomik çevre risk faktörü
ψ_{ij}	Garanti süresinceki olumsuz davranışlar risk faktörü
Ω	Fizibil bölge

KISALTMA LİSTESİ

AHP	Analitik hiyerarşi prosesi
CPU	Merkezi işlem birimi
DEA	Veri zarflama analizi
EDI	Elektronik veri alışverişi
Fab.	Fabrika
FGP	Bulanık hedef programlama
HP	Hedef programlama
JIT	Tam zamanında üretim
LCD	Likit kristal ekran
MIP	Karışık tamsayı programlama
ML-MOLP	Çok seviyeli çok amaçlı doğrusal programlama
MRP	Üretim kaynak planlaması
RG	Rastsallık göstergesi
SCOR	Tedarik zinciri operasyonları referans modeli
SWOT	Güçlü ve zayıf yönler; fırsat ve tehditler
ŞKG	Şu kısıtlara göre
TFT-LCD	İnce film transistörü likit kristal ekran
TG	Tutarlılık göstergesi
TO	Tutarlılık oranı
TQM	Toplam kalite yönetimi
VZA	Veri zarflama analizi

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1	Bir tedarik zincirindeki faaliyetler ve kuruluşlar.....2
Şekil 2.2	Tedarik zinciri bir ağıdır3
Şekil 2.3	Lojistik ağı.....3
Şekil 2.4	Tedarik zinciri faaliyetleri dört kategoriye ayrılır.....4
Şekil 2.5	Optimal tedarik zincirini oluşturan öğeler5
Şekil 2.6	Çoklu tedarikçi modeli.....10
Şekil 2.7	Müşteri sipariş yönetimi.....11
Şekil 3.1	Üç seviyeli bir hiyerarşi.....18
Şekil 4.1	Bir bulanık kümenin bölümleri.....32
Şekil 4.2	Soğuk ve serin su kavramlarının kesin gösterimi.....33
Şekil 4.3	Soğuk ve serin su kavramlarının bulanık gösterimi.....34
Şekil 4.4	Üçgensel sayıların komşuluğu.....35
Şekil 4.5	Yamuk sayıların komşuluğu.....36
Şekil 4.6	Sırasıyla bir gerçek sayı ve geleneksel aralıklı bir bulanık sayı ile bir bulanık aralığın karşılaştırılması.....37
Şekil 4.7	Üçgensel bulanık sayı.....38
Şekil 4.8	Bulanık kümelerin yatay görünümü: kesim seviyeleri39
Şekil 4.9	$A=(-5,-1,1)$ kümesinin komşuluğu.....40
Şekil 5.1	Lexicographic hedef programlama yaklaşımı52
Şekil 5.2	Bulanık hedefler için üçgensel üyelik fonksiyonu.....56
Şekil 6.1	Öncelik sıralaması probleminin hiyerarşik yapısı.....68

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1	Tedarikçi seçiminde kullanılan kriterler.....15
Çizelge 3.1	AHP karşılaştırma ölçeği.....19
Çizelge 3.2	İkili karşılaştırma matrisi20
Çizelge 3.3	Rastsallık göstergeleri.....22
Çizelge 4.1	Bulanık mantığın günlük kullanımdaki uygulamaları.....29
Çizelge 5.1	Gevşek (Slack) değişkenlerin çeşitli kombinasyonları50
Çizelge 6.1	Müşterilerin ürünlere göre talepleri.....60
Çizelge 6.2	İkili karşılaştırma matrisi notasyonu.....68
Çizelge 6.3	İkili karşılaştırma matrisi.....69
Çizelge 6.4	İkili karşılaştırmaların geometrik ortalamaları.....70
Çizelge 6.5	İkili karşılaştırmalar, geometrik ortalamalar ve özvektörler.....71
Çizelge 6.6	Amaçların öncelik sıralaması.....72
Çizelge 6.7	Tutarlılık analizinde elde edilen değerler.....73
Çizelge 6.8	Müşterilerin aylık ürün talepleri.....74
Çizelge 6.9	Müşterilerin sipariş miktarı alt sınırları.....74
Çizelge 6.10	Müşterilerin sipariş miktarı üst sınırları.....74
Çizelge 6.11	Termostat için birim maliyetlerin bulanık sayılarla gösterimi.....76
Çizelge 6.12	Pompa motoru için birim maliyetlerin bulanık sayılarla gösterimi.....77
Çizelge 6.13	Amortisör için birim maliyetlerin bulanık sayılarla gösterimi.....78
Çizelge 6.14	Rulman için birim maliyetlerin bulanık sayılarla gösterimi.....79
Çizelge 6.15	Termostat için geç teslimat yüzdelerinin bulanık sayılarla gösterimi.....80
Çizelge 6.16	Pompa motoru için geç teslimat yüzdelerinin bulanık sayılarla gösterimi.....81
Çizelge 6.17	Amortisör için geç teslimat yüzdelerinin bulanık sayılarla gösterimi.....82
Çizelge 6.18	Rulman için geç teslimat yüzdelerinin bulanık sayılarla gösterimi.....83
Çizelge 6.19	Termostat için reddedilen parça yüzdelerinin bulanık sayılarla gösterimi.....84
Çizelge 6.20	Pompa motoru için reddedilen parça yüzdelerinin bulanık sayılarla gösterimi.....85
Çizelge 6.21	Amortisör için reddedilen parça yüzdelerinin bulanık sayılarla gösterimi.....86
Çizelge 6.22	Rulman için reddedilen parça yüzdelerinin bulanık sayılarla gösterimi.....87
Çizelge 6.23	Kocaeli tedarikçisi için ekonomik çevre risk faktörlerinin bulanık sayılarla gösterimi..... 88
Çizelge 6.24	İzmir tedarikçisi için ekonomik çevre risk faktörlerinin bulanık sayılarla gösterimi.....88
Çizelge 6.25	Konya tedarikçisi için ekonomik çevre risk faktörlerinin bulanık sayılarla gösterimi.....89
Çizelge 6.26	İtalyan tedarikçi için ekonomik çevre risk faktörlerinin bulanık sayılarla gösterimi.....89

Çizelge 6.27	Çinli tedarikçi için ekonomik çevre risk faktörlerinin bulanık sayılarla gösterimi.....90
Çizelge 6.28	Kocaeli tedarikçisi için tedarikçi performansı risk faktörlerinin bulanık sayılarla gösterimi.....90
Çizelge 6.29	İzmir tedarikçisi için tedarikçi performansı risk faktörlerinin bulanık sayılarla gösterimi.....91
Çizelge 6.30	Konya tedarikçisi için tedarikçi performansı risk faktörlerinin bulanık sayılarla gösterimi.....91
Çizelge 6.31	İtalyan tedarikçi için tedarikçi performansı risk faktörlerinin bulanık sayılarla gösterimi.....92
Çizelge 6.32	Çinli tedarikçi için tedarikçi performansı risk faktörlerinin bulanık sayılarla gösterimi.....92
Çizelge 6.33	Kocaeli tedarikçisi için bakım desteği ihtiyacındaki olumsuz davranışlar risk faktörlerinin bulanık sayılarla gösterimi.....93
Çizelge 6.34	İzmir tedarikçisi için bakım desteği ihtiyacındaki olumsuz davranışlar risk faktörlerinin bulanık sayılarla gösterimi.....93
Çizelge 6.35	Konya tedarikçisi için bakım desteği ihtiyacındaki olumsuz davranışlar risk faktörlerinin bulanık sayılarla gösterimi.....94
Çizelge 6.36	İtalyan tedarikçi için bakım desteği ihtiyacındaki olumsuz davranışlar risk faktörlerinin bulanık sayılarla gösterimi.....94
Çizelge 6.37	Çinli tedarikçi için bakım desteği ihtiyacındaki olumsuz davranışlar risk faktörlerinin bulanık sayılarla gösterimi.....95
Çizelge 6.38	Kocaeli tedarikçisi için garanti süresinceki olumsuz davranışlar risk faktörlerinin bulanık sayılarla gösterimi.....95
Çizelge 6.39	İzmir tedarikçisi için garanti süresinceki olumsuz davranışlar risk faktörlerinin bulanık sayılarla gösterimi.....96
Çizelge 6.40	Konya tedarikçisi için garanti süresinceki olumsuz davranışlar risk faktörlerinin bulanık sayılarla gösterimi.....96
Çizelge 6.41	İtalyan tedarikçi için garanti süresinceki olumsuz davranışlar risk faktörlerinin bulanık sayılarla gösterimi.....97
Çizelge 6.42	Çinli tedarikçi için garanti süresinceki olumsuz davranışlar risk faktörlerinin bulanık sayılarla gösterimi.....97
Çizelge 6.43	Çok amaçlı tedarikçi seçimi probleminin hedefleri.....98

ÖNSÖZ

Bugünün endüstri dünyasında, hammaddelerin maliyeti bazı durumlarda toplam üretim maliyetinin 70%'ine kadar çıkabilmektedir. Bunun yanında, şirketlerin kalite, müşteri memnuniyeti ve çevrecilik gibi politikaları da göz önüne alındığında, tedarikçi seçimi probleminin ne kadar önemli olduğu daha iyi anlaşılmaktadır. Fakat bu problem önemli olduğu kadar karmaşık bir çözüm sürecine ihtiyaç duyar.

Gerçek hayattaki koşulların tam anlamıyla değerlendirilebilmesi için birden çok kriterin aynı anda dikkate alınması gerekmektedir. Bunun üstesinden gelmek için kullanılan çok kriterli karar verme tekniklerinin en popülerlerinden biri hedef programlamadır. Ancak bu teknik, gerçek hayattaki belirsizlik ortamının modellenmesinde tek başına yetersiz kalmaktadır. Bu sebeple hedef programlamanın bulanık mantıkla birleştirilerek kullanılması yerinde bir karar olacaktır.

Bu çalışmada, tedarikçi seçimi için bir çok amaçlı bulanık hedef programlama yaklaşımı sunulmuştur ve sayısal bir örnek ile sunulan model denenmiştir. Ayrıca, tedarik zincirleri ve tedarikçi seçimi, analitik hiyerarşi prosesi, bulanık mantık ve hedef programlama hakkında bilgiler verilmiştir.

Bu tezin hazırlanmasında önemli fikir ve yorumlarıyla beni yönlendiren değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Nihan ÇETİN DEMİREL'e ve karşılaştığım problemlerin çözümünde benden yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Tufan DEMİREL'e en içten minnettarlığımı belirtmek isterim. Ayrıca, tezin her aşamasında yardımlarıyla beni destekleyen sevgili arkadaşım Kadriye Büşra YILMAZER'e şükranlarımı sunarım.

Son olarak, bugünlere gelmemde çok büyük emek veren, sevgi ve desteklerini her zaman hissettiğim annem Ayşe KAYA'ya, babam Nebi KAYA'ya ve kardeşlerim Kübra Nur KAYA ve Osman Uğur KAYA'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım...

Ömer Onur KAYA

İstanbul, 2010

ÖZET

Günümüzün tedarik zinciri yönetimi anlayışında, tedarikçi seçimi firmalar için çok kritik bir süreçtir. Bu süreçte, karar vericilerin birbiriyle ters düşen birden çok amacı dikkate alması gerekmektedir. Bunu gerçekleştirmek için en sık kullanılan çok amaçlı karar destek tekniklerinden biri hedef programlama tekniğidir. Karar vericilerin karşılaştığı diğer bir problem ise iş dünyasındaki belirsizliklerdir. Bu problemin çözümü içinse bulanık mantıktan faydalanılmaktadır.

Bu tez çalışmasında 7 farklı hedefin göz önüne alındığı bir tedarikçi seçim problemi için bir çok amaçlı bulanık hedef programlama yaklaşımı önerilmektedir. Modelde kullanılacak hedeflerin öncelik sıralamalarını belirlemek için analitik hiyerarşi prosesi kullanılmıştır. Geliştirilen model, örnek bir sayısal problem üzerinde uygulanarak GAMS programı ile çözüm elde edilmiş ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tedarikçi seçimi, analitik hiyerarşi prosesi, bulanık mantık, hedef programlama, bulanık hedef programlama.

A FUZZY GOAL PROGRAMMING APPROACH FOR SUPPLIER SELECTION

ABSTRACT

In today's conception of supply chain management, supplier selection is a very critical process. Decision makers have to consider multiple conflicting objectives while selecting suppliers. To achieve this, one of the most used multi objective decision support technique is goal programming. Another problem that decision makers faced with is the ambiguities in business world. Fuzzy logic utilizes for the solution of this problem.

In this study, a multi objective fuzzy goal programming approach suggested to solve a supplier selection problem which 7 different objectives considered. Analytical hierarchy process is used to determine the preemption order of the goals. The developed model is implemented on a numerical example and a solution obtained by using GAMS software. At the end of the study, the results are evaluated.

Key Words: Supplier selection, analytic hierarchy process, fuzzy logic, goal programming, fuzzy goal programming.

1. GİRİŞ

Her şeyin büyük bir hızla değiştiği dünyamızda, firmaların başarı anlayışları da bu değişimden payını almıştır. İş dünyasındaki “başarıyı tek başına sağlayan firma” görüşü artık ortadan kalkmış ve “başarılı bir zincirin üyesi olan firma” görüşü hakim olmuştur. Bu başarının sağlandığı zincir ise tedarik zinciridir. Günümüzde en büyük şirketler bile, onu destekleyen ve işbirliği yapan diğer firmalar olmadan güçlerini muhafaza edemezler. İşte bu yüzden etkili bir tedarik zinciri yönetiminin önemi çok büyüktür.

Tedarik zinciri yönetiminin en önemli adımı, doğal olarak, bu zincirde yer alacak iş ortaklarının, yani tedarikçilerin seçilmesidir. Tedarikçi seçimi önemiyle orantılı bir şekilde, karmaşık bir problemdir. Dikkate alınması gereken onlarca kriter arasından, o konuyla en alakalı kriterlerin seçilip değerlendirmenin ona göre yapılması tecrübe ve uzmanlık gerektiren bir konudur.

Tedarikçi seçimi konusunda literatürde sayısız çalışma yapılmış ve çok sayıda farklı metot geliştirilmiş olunmasına rağmen sürekli yeni arayışlar sürmektedir. Bu sayede, daha çok kriterin göz önüne alınabildiği, gerçek hayattaki koşulların daha iyi modellenebildiği yeni yaklaşımlar geliştirilmektedir. Tüm sistemlerin giderek karmaşıklaştığı bugünlerde, bu arayış son derece yerinde bir arayıştır.

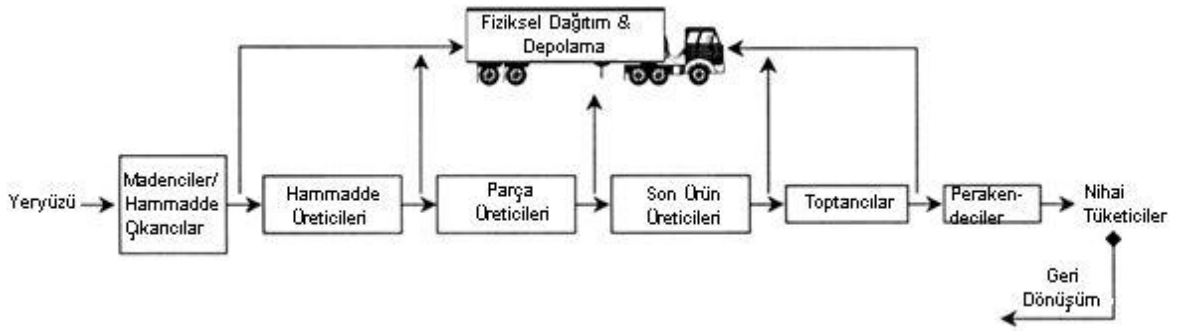
Bu çalışmada, çok amaçlı tedarikçi seçim problemlerinin çözümü için bir bulanık hedef programlama yaklaşımı önerilmektedir. Önerilen yöntem sayesinde, hem daha başarılı bir seçim yapabilmek için birden fazla kriter dikkate alınabilecek, hem de bulanık mantık sayesinde gerçek hayattaki belirsizlik ortamı değerlendirme sürecine dahil edilebilecektir. Çalışmanın ikinci bölümünde, tedarik zinciri ve tedarikçi seçimi hakkında bazı önemli bilgiler verilecektir. Ardından, önerilen modelde dikkate alınacak hedeflerin öncelik sıralamalarını belirlerken kullanılacak olan AHP yöntemi hakkında açıklayıcı bilgiler sunulacaktır. Dördüncü bölümde bulanık mantık ve bulanık sayılar hakkında temel bilgiler verilecektir. Beşinci bölümde hedef programlama, hedef programlama yaklaşımları ve formülasyonları anlatılacaktır. Çalışmanın son kısmında ise, önerilen model için bir tedarikçi seçim problemi örneği çözülecek ve elde edilen sonuçlar değerlendirilecektir.

2. TEDARİK ZİNCİRİ VE TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ

2.1 Tedarik Zinciri

Tedarik zinciri bir ürünün yaratılmasını ve müşterilere ulaştırılmasını kapsayan insanların, faaliyetlerin, bilgi ve kaynakların bir sistemidir (Ketchen, 2008). Tedarik zinciri, tedarikçilerden üretim merkezlerinden, dağıtım merkezlerinden ve perakendeci mağazalarında, ayrıca hammaddeler, süreç içi envanterler ve sistem içersinden taşınan nihai ürünlerden oluşur. Zincir hammaddenin yeryüzünden çıkarılmasıyla başlar ve ürün tekrar kullanıldığında veya atıldığında sona erer (Yılmaz ve Çetin, 2008).

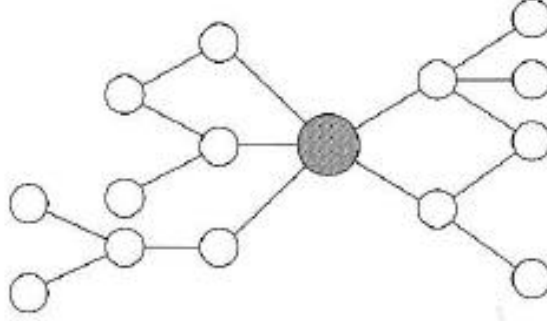
Tedarik zinciri terimi ürünün veya tedarikin bir zincir boyunca tedarikçiye, dağıtıcıya, perakendeciye ve müşteriye doğru olan hareketinin görüntüsünü akla getirir (Chopra ve Meindl, 2001). New ve Payne (1995) tarafından betimlenen Şekil 2.1’de bir tedarik zincirindeki faaliyet ve kuruluşlar gösterilmektedir. Tedarik zinciri; hammadde ve minerallerin yeryüzünden çıkarılmasıyla başlayıp, üreticiler, toptancılar, perakendeciler ve son kullanıcılar şeklinde sonlanmaktadır. Ayrıca uygun olan sektörlerde, ürün veya malzemelerin tekrar kullanımı veya geri dönüşümü de tedarik zincirine dahil edilmiştir (Tan, 2001).



Şekil 2.1 Bir tedarik zincirindeki faaliyetler ve kuruluşlar (New ve Payne, 1995).

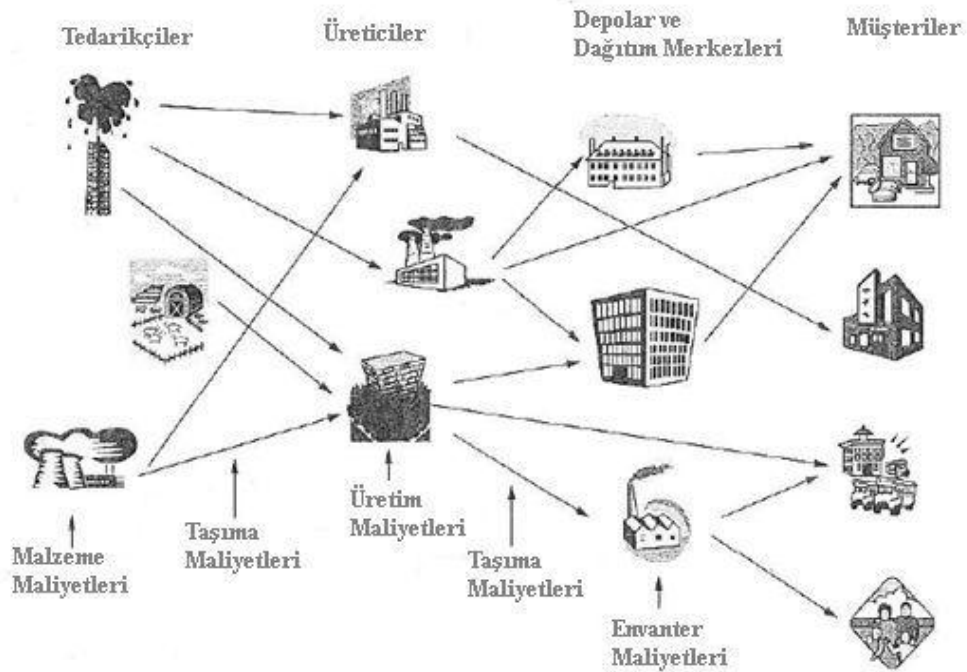
Bilginin, paranın ve ürün akışının bu zincir boyunca her iki yöne olan hareketinin tasavvur edilmesi önemlidir. Tedarik zinciri terimi her aşamada sadece bir oyuncunun dahil olduğu izlenimini uyandırır; gerçekte bir üretici çeşitli tedarikçilerden malzeme alabilir ve sonrasında çeşitli dağıtıcılarla ürünlerini dağıtabilir (Chopra ve Meindl, 2001). Tedarikçilerin tedarikçileri ve müşterilerin müşterileri de toplam sisteme dahil olduğunda, normal olarak birden çok tedarikçi ve müşteri olacağı için “zincir” kelimesi yerine “ağ” kelimesinin kullanılması daha doğru olabilir (Christopher, 1998).

Bu yüzden çoğu tedarik zinciri gerçekte bir ağdır. Çoğu tedarik zincirinin yapısını tarif etmek için tedarik ağı veya tedarik şebekesi terimlerinin kullanılması daha doğru olabilir (Chopra ve Meindl, 2001).



Şekil 2.2 Tedarik zinciri bir ağdır (Christopher, 1998).

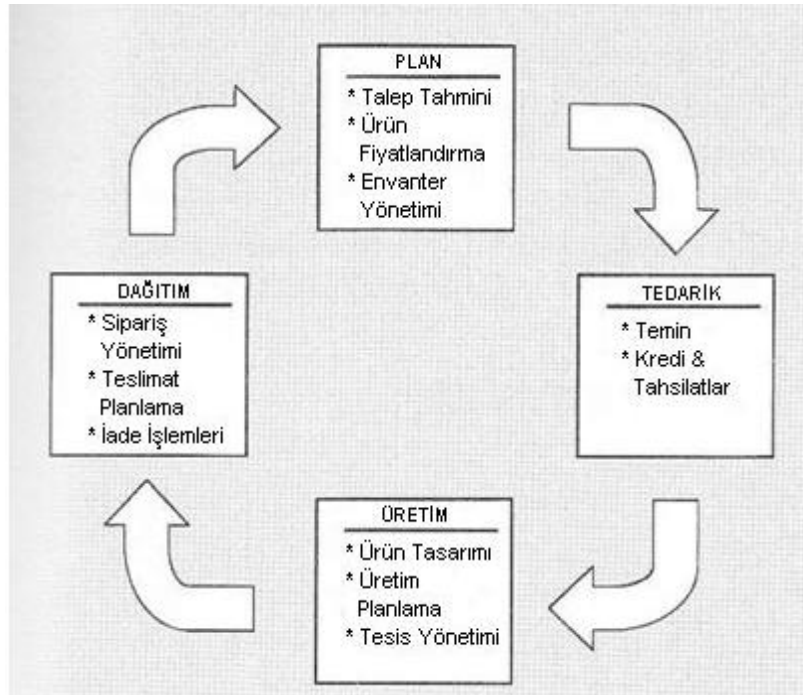
Tipik bir tedarik zincirinde hammaddeler tedarik edilir, ürünler bir veya daha çok fabrikada üretilir, depolarda saklanır ve sonunda perakendeci veya müşterilere gönderilir. Dolayısıyla maliyeti düşürmek ve hizmet seviyesini iyileştirmek için etkili tedarik zinciri stratejileri, zincirin çeşitli seviyelerindeki etkileşimleri dikkate almak zorundadır. Tedarik zinciri, aynı zamanda lojistik ağı olarak da bilinmektedir ve tedarikçiler, üretim merkezleri, depolar, dağıtım merkezleri, perakendeciler ile tesisler arasında akışı olan hammaddeler, yarı ve bitmiş mamullerden meydana gelir (Simchi-Levi vd., 2003).



Şekil 2.3 Lojistik ağı (Simchi-Levi vd., 2003).

Hugos (2006) tedarik zinciri konseyi tarafından geliştirilen SCOR modelini sadeleştirerek, tedarik zincirinin faaliyetlerini dört kategoriye ayırmıştır:

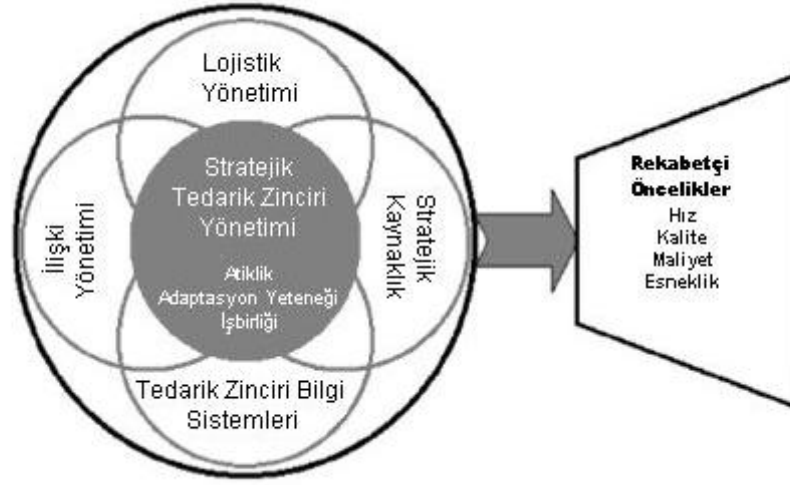
- **Plan:** Tedarik zincirindeki tüm faaliyetlerin planlanması gereklidir. Diğer üç kategorideki faaliyetlerin de organize edilmesini kapsar.
- **Tedarik:** Bu kategorideki faaliyetler ürün veya hizmet üretmek için gerek duyulan girdilerin elde edilmesini içerir.
- **Üretim:** Bu kategori bir tedarik zincirinin sağladığı ürün ve hizmetlerin geliştirilmesi ve yapılması için gereken faaliyetleri kapsar. SCOR modeli, ürün tasarımı ve geliştirme sürecini kapsamaktadır.
- **Dağıtım:** Müşterilerden siparişlerin alınması ve ürünlerin müşterilere teslim edilmesi gibi faaliyetler bu kategoride yer almaktadır.



Şekil 2.4 Tedarik zinciri faaliyetleri dört kategoriye ayrılır (Hugos, 2006).

Optimal tedarik zincirleri dört konuda rakiplerine üstünlük sağlamaya çalışır. Hız (sık sık çevrim zamanı olarak bahsedilir) tedarik sürecinin başlangıcından sona erene kadar geçen süredir. Kalite, zincir faaliyetlerinin görece güvenilirliğini ifade etmektedir. Tedarik zincirlerinin maliyeti yönetme çabaları, masrafları düşürerek değeri arttırmayı veya aynı fiyat seviyesi için müşterilerin faydalarını arttırmayı gerektirir. Esneklik, bir tedarik zincirinin müşterinin değişen gereksinimlerine cevap verebilmesi anlamına gelir. Optimal tedarik

zincirleri bu dört ölçütü dengeleyerek en yüksek seviyede toplam katma değer sağlamaya çalışırlar (Ketchen vd, 2008).



Şekil 2.5 Optimal tedarik zincirini oluşturan öğeler (Ketchen vd, 2008).

Şekil 2.5'te görüldüğü üzere, optimal tedarik zincirleri hız, kalite, maliyet ve esneklik bakımından daha üstün olmak için stratejik tedarik zinciri yönetimini kullanmaktadır. Bu çabalar tedarik zincirinin en az dört ögesinde koordinasyonu gerektirmektedir: stratejik kaynaklık, lojistik yönetimi, tedarik zinciri bilgi sistemleri ve ilişki yönetimi.

Tedarikçi ortaklığının temel faydalarından biri; iki kuruluşun ortak sorunlar üstünde çalışarak ortak hedeflerini gerçekleştirmeleri için aralarında yarattıkları sinerjidir. Eğer dikkatli izleme ve analizler yapılırsa böyle bir sinerji ürün kalitesinde kalıcı bir artışla sonuçlanabilir.

Küresel tedarik, üretim ve satışın avantajları aşikârdır. Bunlardan en önemlisi; küresel tedarik zinciri bir firmaya uluslararası pazardaki belirsizliğe karşı esneklik kazandırarak destek sağlayabilir (Simchi-Levi vd, 2004).

Tedarik zincirlerini emsallerine avantaj sağlamak için bir rekabet silahı olarak kullanan Wal-Mart, Toyota ve Zara gibi firmalar stratejik tedarik zinciri yönetiminin değerini göstermektedir (Ketchen vd, 2008).

Her tedarik zincirinin amacı yaratılan toplam değeri maksimize etmektir. Bir tedarik zincirinin yarattığı değer; son ürünün müşteri için değeri ile tedarik zincirinin müşterinin isteğini gerçekleştirmek için sarf ettiği çaba arasındaki farktır (Chopra ve Meindl, 2001).

Tedarik zincirinin faydalılığı, tüm tedarik zinciri aşamaları boyunca paylaşılacak olan toplam kazançtır. Tedarik zinciri faydalılığı ne kadar yüksekse, tedarik zinciri o kadar başarılıdır.

Tedarik zincirinin başarısı tek bir aşamadaki kazançla değil, tüm tedarik zincirindeki faydalılıkla ölçülmelidir (Chopra ve Meindl, 2001).

Tedarik zinciri yönetimi toplam faydalılığı maksimize etmek için farklı aşamalar boyunca akışların yönetilmesini gerektirir.

2.2 Tedarik Zinciri Yönetimi

“Tedarik zinciri yönetimi” terimi 1980’lerin sonlarına doğru ortaya çıkmıştır ve 1990’larda yaygın biçimde kullanılmıştır. İşletmeler daha önceleri “lojistik” ve “faaliyet yönetimi” gibi terimleri kullanmaktaydılar (Hugos, 2006).

Literatürde, tedarik zinciri yönetiminin tek ve ortak bir tanımı bulunmasa da, çoğu araştırmacının ifadeleri aslında aynı doğrultudadır.

New ve Payne (1995) tedarik zinciri yönetimini; hammaddeden son kullanıcıya kadar olan üretim ve tedarikin her bir ögesinin farklı kuruluşları da kapsayacak şekilde birbirine bağlanması olarak tanımlamıştır. Bu genel tanımlamaya göre tedarik zinciri yönetimi tüm tedarik zincirini ve hammaddelerin çıkarılmasından, son haliyle kullanılmasına kadar olan süreci ifade etmektedir (Tan, 2001).

Tedarik zinciri yönetimi, anlamlı ve uzun süreli ilişkiler geliştirebilmesi için güven inşa etmesi, pazar ihtiyaçları hakkında bilgi değişimi yapması, yeni ürünler geliştirmesi ve bir ürün için belli bir tedarikçiye bağımlılığı azaltabilmesi için yönetim kaynaklarına yardımcı bir araçtır (Croom vd., 2000).

Tan (2001) tedarik zinciri yönetimini (1) kurum içinde, (2) en yakın tedarikçilerle, (3) birinci ve ikinci aşama tedarikçi ve müşterilerle ve (4) tüm tedarik zinciriyle olan iş faaliyetleri ve ilişkilerinin yönetimi olarak tanımlanmıştır.

Simchi-Levi vd. (2003) ise tedarik zinciri yönetimini “Hizmet seviyesinin gereksinimlerini karşılarken tüm sistem genelinde maliyeti minimize etmek için tedarikçileri, üreticileri, depoları ve mağazaları etkin bir biçimde birleştirmek için kullanılan yaklaşımlar kümesi” olarak açıklamıştır.

Lojistik yönetimi konseyinin verdiği lojistik yönetimi tanımı da Simchi-Levi vd.’nin (2003) tanımına benzerdir: “Hammaddelerin, yarı mamullerin, bitmiş ürünlerin ve ilgili bilgilerin müşteri taleplerini karşılamak amacıyla verimli ve uygun maliyetli aktarılması ve depolanması işlemlerinin planlanması, gerçekleştirilmesi ve kontrolü sürecidir.”

Tedarik zinciri yönetimi, tedarik zincirini ve kuruluşları tek bir varlık gibi görür. Nihai müşteriye en iyi hizmeti sunmak için ürün ve hizmet akışını koordine etmede gerekli olan farklı faaliyetlerin anlaşılması ve yönetilmesi için bir sistem yaklaşımı getirir (Hugos, 2006).

Etkili tedarik zinciri yönetimi, tedarik zincirindeki firmaların dahili işletim verimliliğinin ve müşteri hizmet seviyesinin eş zamanlı olarak iyileştirilmesini gerektirir. Ketchen (2008) tedarik zinciri yönetiminin, firmaların rakiplerine üstünlük sağlamak için tedarikçilerinin süreçlerini, teknoloji ve yeteneklerini nasıl kullandıklarına odaklandığını ifade etmektedir.

Geleneksel bakış açısına göre tedarik zinciri, ürün ve hizmetlerin temin edilmesi ve taşınması için temel bir süreçtir. Optimal tedarik zincirleri ise farklı bir takım varsayım ve uygulamalara dayanır. Stratejik tedarik zinciri yönetimi veya tedarik zincirlerinin rekabette avantaj yaratacak ve firmanın performansını arttıracak bir yol olarak kullanılmasına odaklanırlar.

Optimal tedarik zincirleri, tipik tedarik zincirlerinden stratejik tedarik zinciri yönetimiyle yakından bağlı şu üç konuya olan yaklaşımlarıyla farklılık göstermektedir: Atıklık, adaptasyon yeteneği ve işbirliği (Ketchen, 2008).

- **Atıklık:** Atıklık, tedarik zincirinin arz ve talepteki olağanüstü değişimlere hızlı yanıt verebilme kapasitesidir. Atıklık ara stok kullanımıyla başarılabılır. Fazla kapasite, envanter ve yönetim bilgi sistemlerinin tamamı, bir optimum tedarik zincirinin müşterilerine daha iyi hizmet ve yanıt verebilmesine olanak sağlar.
- **Adaptasyon yeteneği:** Adaptasyon yeteneği, gerekli olduğunda tedarik zincirlerini yeniden şekillendirmeye kapasitesi ve buna hazır olmasıdır. Genellikle bir müşteri için tek bir tedarik zinciri yaratılmak istenir, çünkü bu maliyetleri minimize etmeye yardımcı olur.
- **İşbirliği:** İşbirliği, bir tedarik zincirinde tüm iştirakçilerin çıkarlarında tutarlılık yaratılmasıdır. Çoğu durumda bu, sözleşmelere dikkatlice yazılarak sağlanabilir. Tedarikçi ve müşterilerle ortak tahminler yapmak da işbirliğini geliştirmeye yardımcı olur.

Tedarik zinciri yönetiminin uygulanması için temel bir şablon vardır. Her tedarik zincirinin, kendine özgü pazar talepleri, işletim zorlukları ve her durumda aynı kalan bazı temel sorunları vardır. Bir tedarik zincirinde yer alan firmaların faaliyetleriyle alakalı şu beş konuda kendi başlarına ve ortaklaşa verecekleri kararlar vardır (Hugos, 2006):

- **Üretim:** Bu faaliyet tesis kapasitesini dikkate alarak, ana üretim planının oluşturulması, iş yükü dengeleme, kalite kontrolü ve ekipman bakımını kapsar.
- **Envanter:** Envanterin temel amacı tedarik zincirindeki belirsizliğe karşı bir tampon görevi görmektir. Bununla birlikte envanter tutmak pahalı olabilir; ayrıca optimal envanter seviyesi ve yeniden sipariş noktalarının belirlenmesi de bir problemdir.
- **Yer:** Bu kararlar ürün akışının teslimattan son kullanıcıya ulaşmaya kadar izleyeceği uygun olası yolların belirlenmesiyle ilgilidir.
- **Ulaşım:** Envanterin tedarik zincirinin bir noktasından diğerine nasıl taşınacağıyla ilgili kararlardır. Hava ve karayolu taşımacılığı genellikle hızlı ve güvenilirdir, fakat pahalıdır. Deniz ve demiryolu taşımacılığı daha ucuzdur ancak belirsizlik daha fazladır ve taşıma süresi daha uzundur. Bu belirsizlik, stok seviyesi artırılarak kompanse edilmelidir.
- **Bilgi:** Zamanında ve doğru bilgi daha iyi koordinasyon ve daha iyi kararlar vermeyi mümkün kılar. İyi bilgi ile neyin ne kadar üretileceği, nerede depolanacağı, en iyi hangi yolla taşınacağı hakkında daha etkili kararlar verilebilir. Tüm bu kararların toplamı firmanın tedarik zincirinin yeteneklerini ve yararlılığını belirtecektir.

2.3 Tedarik Zinciri Yönetiminin Tarihi

1950'ler ve 1960'larda temel işlemler stratejisi gereği, birim üretim maliyetini düşürmek için çoğu üretici düşük ürün ve süreç esnekliğiyle seri üretime yönelmiştir. Müşteri ve tedarikçiler arasında teknoloji ve uzmanlık paylaşımı çok riskli ve kabul edilemez görülüyordu. İşbirliği ve stratejik alıcı-satıcı ortaklıklarının üzerinde pek durulmuyordu. Satınalma işi üretim için bir hizmet olarak görülüyor ve yöneticiler satınalma ile alakalı konulara pek dikkat etmiyordu.

1970'lerde üretim kaynak planlaması (MRP) ortaya çıkmıştır ve yöneticiler yarı mamullerin üretim maliyeti, kalite, yeni ürün gelişimi ve teslim zamanı üzerindeki etkisinin farkına varmışlardır (Tan, 2001).

Tedarik zinciri yönetimi 1980'lerin başında ilgi uyandırmış, ancak tedarik zincirlerinin yönetimi kavramı tam olarak anlaşılmamıştır. Birçok yazar tedarik zinciri yönetimi kavramının açık bir tanımının yapılmasının ve kavramsal iskeletinin oluşturulmasının gerekliliğini vurgulamıştır (Croom vd, 2000).

1980'lerdeki yoğun küresel rekabet ortamı dünya çapındaki kuruluşları düşük fiyat, yüksek kalite ve güvenilir ürünler sunmaya zorlamıştır. Üreticiler, üretim verimini ve çevrim zamanını iyileştirmek için tam zamanında üretim (JIT) ve diğer yönetim girişimlerini

kullanmışlardır. Üreticiler işbirliği ve stratejik alıcı-satıcı ilişkilerinin öneminin ve potansiyel faydalarının farkına varmaya başladılar. Tedarik zinciri yönetimi fikri üreticilerin halihazırdaki tedarikçileri ile geliştirdikleri stratejik ortaklık deneyimlerinden ortaya çıkmıştır.

Tedarik zinciri yönetiminin 1990'lardaki gelişimi; kuruluşların, tedarik zincirine stratejik tedarikçileri ve lojistik hizmetini dahil etmek için, ortak kaynakların yönetimine ağırlık vermeleriyle devam etmiştir. Son yıllarda hızlı bir gelişim gösteren tedarik zinciri yönetim yazılımları, tedarik zinciri yönetimini ve elektronik ticareti birleştirerek tedarik zinciri yönetiminin gelişimine yardımcı olmuştur. Elektronik Veri Değişimi (EDI) aracılığıyla tedarik zinciri ortakları arasındaki bilgi paylaşımı da tedarik zinciri yönetiminin önemli bir bileşenidir (Tan, 2001).

2.4 Tedarikçi Seçimi ve Sipariş Verme

Çoğu endüstride hammaddelerin maliyeti ve tamamlayıcı parçalar ürünün ana maliyetini oluşturur, öyle ki bazı durumlarda maliyetin 70% 'ine tekabül edebilir. Böyle durumlarda satın alma departmanı maliyetin düşürülmesinde anahtar rol oynayabilir. Tedarikçi seçimi satın alma yönetiminin önemli görevlerinden biridir (Ghodsypour ve O'Brien, 1998).

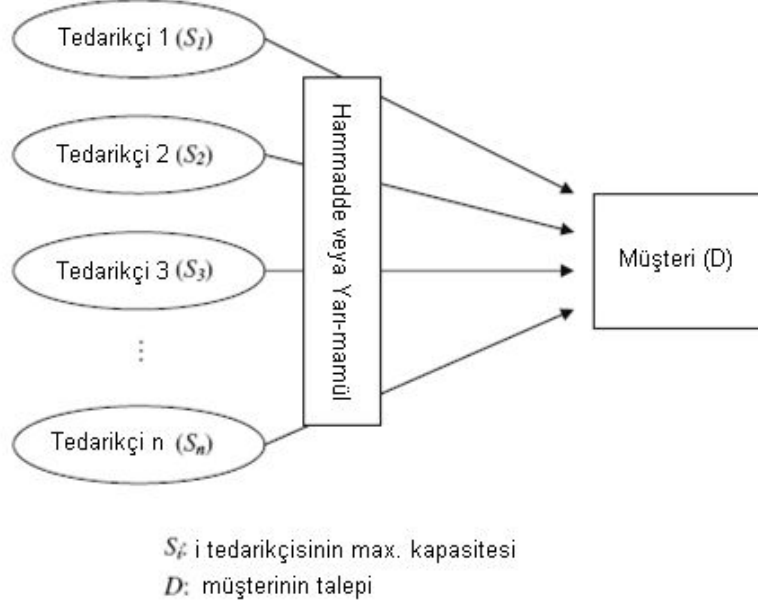
Yanlış tedarikçi seçmek, tüm tedarik zincirinin finansal ve işlevsel yapısını bozmak için yeterli olabilir. Günümüzün yüksek rekabetli küresel işletme çevresinde, tatmin edici tedarikçiler olmadan düşük maliyetli ve yüksek kaliteli üretim yapmak mümkün değildir (Araz ve Özkarahan, 2007).

Esas olarak iki tür tedarikçi seçim problemi vardır:

- (1) Herhangi bir kısıt olmadığında tedarikçi seçimi. Başka bir deyişle, tüm tedarikçiler alıcının talep, kalite, teslimat vb. gereksinimlerini karşılayabiliyor.
- (2) Tedarikçilerin kapasitesinde, kalitesinde vb. sınırlamalar olduğunda tedarikçi seçimi. Başka bir deyişle, hiçbir tedarikçi alıcının tüm gereksinimlerini karşılayamıyor ve alıcının talebinin bir kısmını bir tedarikçiden, diğer kısmını başka bir tedarikçiden sipariş ederek birinci tedarikçinin karşılayamadığı kapasiteyi veya kaliteyi telafi etmesi gerekir.

Birinci tür tedarikçi seçiminde bir tedarikçi alıcının tüm ihtiyaçlarını karşılamaktadır (*Tek Kaynaklı*) ve yönetimin en iyi tedarikçiyi seçtiği tek bir karar vermesi gerekir. Oysa ikinci tür tedarikçi seçiminde hiçbir tedarikçi alıcının tüm gereksinimlerini karşılayamaz ve birden çok tedarikçinin seçilmesi gerekir (*Çok Kaynaklı*). Böyle durumlarda yönetimin iki şeye karar

vermesi gerekir: hangi tedarikçi en iyi ve seçilen her bir tedarikçiden ne kadar sipariş verilmesi gerekir? (Ghodsypour ve O'Brien, 1998).



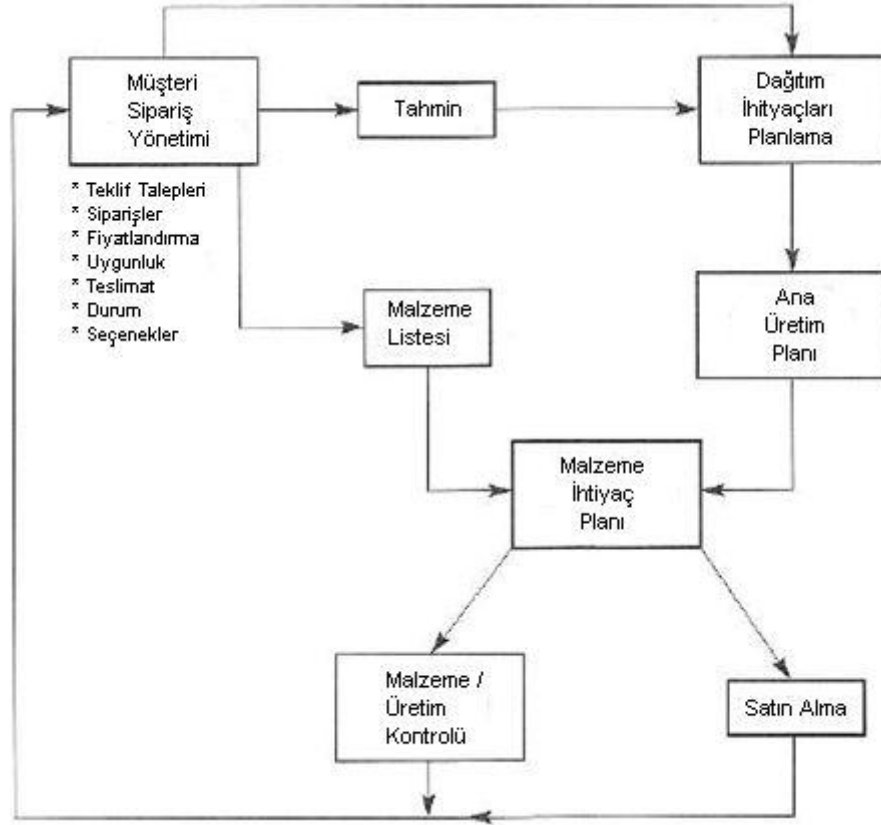
Şekil 2.6 Çoklu tedarikçi modeli (Wang ve Yang, 2009).

Son yıllara kadar satınalma departmanına işletmenin üretken olmayan bir “harcama merkezi” gözü ile bakılırdı. Halbuki bilgili ve tecrübeli satınalmanın işletmenin karlılığına katkısı satıştan daha etkili olabilir. Örneğin, 60 milyon TL malzeme kullanılarak üretilen 100 milyon TL’lik mamul %10 kar marjı ile satılırsa 10000 TL kar sağlanır. Firmanın karını 10000 TL daha arttırabilmesi için satışlarını %100 arttırması gerekir. Buna karşılık satınalmada sağlanacak %17’lik tasarrufla aynı ek geliri sağlama olanağı vardır. Etkili bir satınalma ile karlılığı arttırma yolları şöyle sıralanabilir (Kobu, 2006):

- Düşük fiyat veren firmaları araştırmak.
- Aynı işi gören malzemeler kullanmak.
- Standart malzeme ve parçaları tercih etmek.
- Ülkedeki enflasyon ve yabancı döviz kurlarındaki değişimleri yakından izleyerek fiyat avantajları sağlamak.
- Elde stok bulundurma maliyetlerini minimum düzeyde tutacak yöntemler uygulamak.
- Stok bulundurma yükünü özel anlaşmalar yaparak tedarikçi firmalara aktarmak.
- Tedarik kaynaklarının sayısını azaltmak.
- Satıcı firmalar arasındaki rekabetten yararlanma yollarını araştırmak.

Sipariş yönetimi müşteriden gelen sipariş bilgisinin tedarik zinciri boyunca perakendecilerden, dağıtıcılara, hizmet sağlayıcılarına ve üreticilere aktarılması işlemidir. Sipariş teslim tarihleri, ürün değişimleri ve bekleyen sipariş bilgilerinin iletimi de sipariş yönetiminin kapsamındadır (Hugos, 2006).

Bir müşteri sipariş yönetimi sistemi talebi gerçekleştirmek için gereken fiziksel malzeme akışı ile bilgi sistemini bağlayan bir planlama çerçevesidir. Bunu başarmak için merkezi yönetim tahminleri, ihtiyaç planları, malzeme ve üretim kontrolü ve siparişi gereklidir. Şekil 2.7 sipariş yönetim sisteminin sorumluluklarını ve temel görevlerini göstermektedir (Christopher, 1998).



Şekil 2.7 Müşteri sipariş yönetimi (Christopher, 1998).

Geleneksel sipariş yönetim süreci, bilginin tedarik zinciri boyunca yavaş iletilmesine bağlı olarak daha uzun temrine ve gecikme sürelerine sahiptir. Bazı basit tedarik zincirlerinde bilginin bu yavaş iletimi yeterli olsa da, karmaşık tedarik zincirlerinde gereken verimi ve yanıt verebilme yeteneğini başarabilmek için bilginin hızlı ve doğru şekilde iletilmesi

gereklidir. Modern sipariş yönetimi, siparişle ilgili bilgilerin daha hızlı ve doğru iletilebildiği tekniklere odaklanır (Hugos, 2006).

Tedarik zincirinin karmaşıklığı ve değişen pazar talepleri yüzünden sipariş yönetimi hızlı değişen bir süreçtir. Bununla birlikte yönetime yol gösterecek bazı temel kurallar şu şekilde verilebilir (Hugos, 2006).

- **Sipariş bilgisini sadece ve sadece bir kez gir:** Bilgi, elektronik olarak mümkün olduğunca asıl kaynağına yakın bir noktadan elde edilmeli ve tedarik zinciri boyunca bu bilgi elle tekrar girilmemelidir. Müşterilerin siparişlerini bir sipariş giriş sistemine kendilerinin girmesi çoğu zaman en iyi yöntemdir. Sonrasında, bu sistem gerekli bilgileri tedarik zincirindeki ilgili kuruluşlara dağıtmalıdır.
- **Siparişin elleçlenmesini otomatikleştir:** Rotalama ve rutin siparişlerin hazırlanmasında elle müdahaleler minimize edilmelidir. Bilgisayar sistemleri rutin siparişlerin hazırlanması için gerekli bilgileri uygun yerlere göndermelidir.
- **Sipariş durumunu müşterilere görünür hale getir:** Müşterilerin siparişi verdikleri andan, ürünleri teslim aldıkları ana kadar tüm aşamalarda siparişlerinin takibini yapabilmeleri sağlanmalıdır. Müşteriler başkalarının yardımına ihtiyaç duymadan talep ettikleri vakit siparişlerinin durumunu görebilmelidir.
- **Bilgi bütünlüğünü sağlamak için sipariş yönetim sistemini diğer ilgili sistemlere entegre et:** Sipariş giriş sistemleri müşterilere yardımcı olması açısından ürünlerin tanıtıcı bilgisi ve fiyatını içermelidir. Diğer sistemler tarafından envanter durumunu güncellemek, teslimat programlarını hesaplamak ve fatura hazırlamak için sipariş bilgisine ihtiyaç duyulur. Sipariş bilgisi bu sistemlere doğru ve zamanında otomatik olarak iletilmelidir.

2.4.1 Literatürde Tedarikçi Seçimi ve Sipariş Verme

Tedarikçi seçimi ve değerlendirilmesi için birçok metot önerilmiş ve kullanılmış olmakla beraber; bunların çoğu, tedarikçileri en iyiden en kötüye sıralamayı veya içlerinden en iyisini seçmeyi denemektedir. Tedarikçi performansını değerlendirmek için tasarımıyla alakalı kriterlerin kullanımı çoğunlukla göz ardı edilmiştir. Oysa ki bu, ürün geliştirmede tedarikçilerin rolünü değerlendirmek için gereklidir. Literatürde şimdiye dek tedarikçiler kıyaslanıp, tedarikçi performanslarındaki değişikliklerin potansiyel sebepleri tam olarak araştırılmamıştır (Araz ve Özkarahan, 2007).

Tedarikçi seçimi problemini çözmek için literatürde çeşitli değerlendirme teknikleri önerilmiştir. Nicel metodolojilerin büyük çoğunluğu üç kategoriye sınıflandırılabilir (Wang ve Yang, 2009).

1. Çok kriterli karar verme
2. Matematik programlama modelleri
3. Akıllı yaklaşımlar

İlk kategori doğrusal ağırlıklandırma metodunu (Timmerman, 1986; Turner, 1988, Wind ve Robinson, 1968) ve analitik hiyerarşi sürecini (AHP) (Akarte, Surendra, Ravi ve Rangaraj, 2001; Barbarosoğlu ve Yazgaç, 1997; Chan, 2003; Tam ve Tummala, 2001) kapsamaktadır. Matematik programlama modelleri en sık kullanılan ikinci tekniklerdir. Doğrusal hedef programlama modeli (Baffa & Jackson, 1983) doğrusal programlama modelleri (Pan, 1989), karışık tamsayı programlama (MIP) (Chaudhry vd., 1993; Kasilingham ve Lee, 1996; Rosenthal vd., 1995), çok amaçlı programlama (Weber ve Current, 1993) ve veri zarflama analizi (DEA) (Liu, Ding ve Lall, 2000; Saen, 2007; Talluri, Narasimhan ve Nair, 2006; Weber vd., 1998; Weber ve Desai, 1996) bu tekniklerin kapsamındadır. Üçüncü kategori olarak sinir ağları (Choy vd., 2003; Siying vd, 1997) ve uzman sistemler (Choy vd, 2002) gibi bazı yeni gelişen teknikler sayılabilir. Bunların yanında bulanık karışık tamsayılı hedef programlama (Kumar vd., 2004) bulanık karar verme yaklaşımı (Amid vd., 2006; Chang vd., 2006, Chen, vd., 2006) ve birleştirilmiş AHP, VZA ve sinir ağları (Ha & Krishnan, 2008) gibi teknikler de yaygın şekilde kullanılmaktadır.

Weber ve Current (1993) tedarikçi seçimi için çok amaçlı bir yaklaşım önermiştir. Metodolojileri, çoklu tedarikçilerle ve fiyat, teslimat güvenilirliği ve ürün kalitesi gibi kriterlerle karşı karşıya olan bir satınalma müdürü için kullanışlı bir karar destek sistemi sağlamaktadır (Verma ve Pullman, 1998).

Ghodyspour ve O'Brien (1998) satın alma faaliyetlerinde hem niceliksel hem de niteliksel faktörleri göz önüne almak için analitik hiyerarşi süreci (AHP) ile doğrusal programlamayı birleştiren bir model önermiştir. Degraeve ve Roodhooft (2000) matematik programlama ile bir toplam maliyet yaklaşımı geliştirmiştir. Çebi ve Bayraktar (2003) birbiriyle ters düşen niceliksel ve niteliksel faktörleri kapsayan entegre bir lexicographic hedef programlama ve analitik hiyerarşi süreci (AHP) modeli önermiştir. Erol vd. (2003) tek tedarikçinin tüm ihtiyaçları karşıladığı bir tek kaynaklı tedarikçi seçimi için bulanık küme teorisi ve öncelikli hedef programlamayı kullanmıştır (Amid vd, 2009).

2.4.2 Tedarikçi Seçim Süreci

Başarılı tedarik zinciri yönetimi bilgi, ürün ve para akışıyla ilgili bazı kararları gerektirir. Bu kararlar, sıklığına ve karar aşamasının etkilediği süreye bağlı olarak üç kategoriye ayrılır (Chopra ve Meindl, 2001).

2.4.2.1 Tedarik Zinciri Stratejisi veya Tasarımı

Bu aşama boyunca firma, tedarik zincirini nasıl yapılandıracağını kararlarını verir. Zincirin yapılanmasının ne olacağı ve her aşamada hangi süreçlerin gerçekleştirileceğine karar verir. Bu aşamada verilen kararlar stratejik tedarik zinciri kararları olarak da bilinmektedir. Firmalar tarafından verilen stratejik kararlar şunları kapsamaktadır: üretim ve depolama yerlerinin seçimi ve kapasiteleri, çeşitli yerlerde üretilen veya depolanan ürünler, farklı adımlardaki uygun taşıma yöntemleri ve kullanılacak bilgi sisteminin tipi. Firma, tedarik zincirinin yapılandırmasının stratejik hedeflerini desteklediğini bu aşamada garantilemelidir. Tedarik zinciri tasarım kararları genellikle uzun dönem için hazırlanır (birkaç yıllık) ve kısa sürede değiştirmek için çok pahalıdır. Bundan dolayı, firmalar bu kararları verirken gelecek birkaç yıl boyunca pazarda öngörülen belirsizliği hesaba katmak zorundadır.

2.4.2.2 Tedarik Zinciri Planlaması

Planlama aşamasının bir sonucu olarak firmalar kısa dönem işlemlerini yönetmek için bir dizi işletme politikası belirlerler. Bu aşamada verilen kararlar için tedarik zincirinin stratejik aşamada kararlaştırılan yapılandırması sabittir. Firmalar planlama aşamasına farklı pazarlardaki gelecek yıl (kıyaslanabilir bir süre) talepleri için bir tahmin yaparak başlar. Hangi pazarların nereden tedarik sağlayacağı, taşeron üretim, izlenecek ikmal ve envanter politikaları, stokluz kalma durumunda yürütülecek politikalar ve pazarlama tanıtımlarının zamanı ve büyüklüğü gibi konular hakkında kararlar verilir. Firmaların, belirlenen zaman ufku boyunca talepteki, döviz kurlarındaki ve rekabetteki belirsizliği kararlarına dahil etmesi gerekir.

2.4.2.3 Tedarik Zinciri Faaliyetleri

Burada zaman ufku haftalık veya günlükdür ve firmalar müşteri siparişleriyle ilgili kararlar verirler. Tedarik zinciri faaliyetlerinin hedefi işletme politikalarını mümkün olan en iyi biçimde gerçekleştirmektir. Firmalar bu aşamada siparişleri envantere veya üretime paylaştırma, siparişin teslim tarihini belirleme, ulaştırma yöntemlerinin seçimi, araçların teslimat programlarının düzenlenmesi vb. konularda kararlar verirler. Faaliyet kararları kısa

dönem (dakika, saat veya gün) için verildiği için talep bilgisi hakkındaki belirsizlik genellikle daha azdır.

2.4.3 Tedarikçi Seçim Kriterleri

Tedarikçi seçimi maliyet, kalite, teknik gereksinimler vb. birçok kriteri içerebilen önemli bir problemdir. Sadece malzeme maliyeti değil, aynı zamanda işletme maliyeti, bakım, geliştirme ve destekleme maliyetleri de bu seçimde göz önünde bulundurulması gereken unsurlardır. Bu maliyet faktörlerini dikkate almak hizmetin düşük maliyetle alınmasını garantilemek için önemlidir (Tam ve Tummala, 2001).

Tedarikçi seçimi ve değerlendirilmesi süreci; süreç boyunca birden çok kriter göz önüne alınıp değerlendirilebileceği için, aslında çok amaçlıdır. Ayrıca, karar sürecinde aynı anda çeşitli kriterlerin hesaba katılması gerekliliği tedarikçi seçim kararlarını karmaşıklştırmaktadır. Bu kriterlerin ve tedarikçi performans ölçümlerinin analizleri 1960'lerden beri birçok araştırmacının ve satın almamacının odaklandığı bir (Wang ve Yang, 2009) Toplam kalite yönetimi (TQM) ve tam zamanında üretim (JIT) fikirlerinin giderek daha çok firma tarafından kullanılmasıyla, tedarikçi seçimi sorusu aşırı önemli bir hale gelmiştir (Verma ve Pullman, 1998).

Tedarikçi seçimi probleminin çözümü için literatürde çok sayıda ve çeşitte değerlendirme teknikleri önerilmiştir.

Çizelge 2.1 Tedarikçi seçiminde kullanılan kriterler.

Seçim Kriterleri	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Net Fiyat	X		X	X	X	X		X	X	X	X	X
Kalite	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Üretim Yetenekleri ve Kapasiteleri	X	X	X	X				X	X		X	X
Dağıtım	X				X		X		X	X	X	X
Tedarikçinin Lokasyonu	X	X	X	X					X	X		
Tedarikçinin Teknik Kapasitesi	X		X					X				
Tedarikçinin Bakım Desteği	X		X									
Tedarikçinin Performans Geçmişi	X	X	X								X	
Tedarikçinin Finansal Pozisyonu	X		X	X								X

Yönetim ve Organizasyonu	X	X			X		X	X
Sektördeki Üünü ve Pozisyonu	X	X	X			X		
Tedarikçi Firmanın İzlenimi	X	X	X	X		X		
Tedarikçinin Davranışları	X		X		X			
Firmanın Vizyonuna Uyumu			X		X	X		
Müşteri İsteklerine Yanıt Vermesi						X		X
Tedarikçinin İş Süreci Kayıtları	X	X	X		X			
Tedarikçinin İstekliliği	X							
Ürünle İlgili Tecrübesi	X							
Üretim Teknolojisi					X			
Ekonomi							X	X
Siyasi İstikrar							X	
Gelecekte Firmaya Sipariş Vermesi	X	X	X	X				
e – Ticaret Yeteneği					X	X		
Ürün Garanti Süresi	X		X					
Operasyonel Kontroller	X	X	X					
Eğitim Destekleri	X					X		
Çevreci Ürünlere Sahip Olması					X			
Ürün Ambalajlama Kalitesi	X		X					
Teknoloji Yatırımları					X			
İki taraflı anlaşmalar	X						X	
Tedarikçi İletişimi	X					X	X	
Tedarikçinin Gelişime Açıklığı					X	X		X
Kullanılan Kalite Sistemi					X	X		X

A, Dickson (1966); B, Wieters (1976); C, Dempsey (1978); D, Burton (1988); E, Min ve Galle (1999); F, Dulmin ve Mininno (2003); G, Ha ve Krishnan (2008); H, Luo vd. (2009); I, Wang ve Yang (2009); J, Amin vd. (2010) ; K, Wu vd. (2010), L, Amid vd. (Baskıda).

3. ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ (AHP)

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) 1977 yılında Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen çok amaçlı karar verme yöntemlerinden birisidir. AHP karar almada, grup veya bireyin önceliklerini de dikkate alan, nitel ve nicel değişkenleri bir arada değerlendiren matematiksel bir yöntemdir (Dağdeviren, 2007).

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) temel karar verme yaklaşımlarından biridir. Birbirinden farklı kriterlere göre değerlendirilmiş birkaç alternatif arasından en iyisini seçmek için rasyonel ve sezgisel olarak üstesinden gelecek şekilde tasarlanmıştır (Saaty ve Vargas, 2001). Hem objektif hem subjektif değerlendirme ölçütlerini kullanması, değerlendirme tutarlılığının test edilmesini sağlaması, özellikle de çok sayıdaki ölçüte göre değerlendirilmesi gereken alternatifler içerisinde hangisine öncelik verilmesi gerektiği gibi çok önemli bir kararın karar verici tarafından uygulanması nedeniyle AHP önemli bir araçtır (Erarslan ve Algün, 2005).

AHP, karar vericilerin karmaşık problemleri, problemin ana hedefi, kriterleri, alt kriterler ve alternatifleri arasındaki ilişkiyi gösteren bir hiyerarşik yapıda modellemelerine olanak verir. AHP'nin en önemli özelliği karar vericinin hem objektif hem de subjektif düşüncelerini karar sürecine dahil edebilmesidir. (Cebeci ve Kılınç, 2008).

AHP'nin temelde gerçekleştirmeye çalıştığı şey, insanoğlunun doğal olarak uyguladığı ölçütlerin önem derecelerini belirleme ve ikili karşılaştırmalarla, karar verme sürecini matematiksel bir tabanda ifade etmektir (Sipahioğlu, 2008). Bu süreçte karar verici ileride alternatiflerin genel önceliklerini belirlemek üzere kullanılacak basit ikili karşılaştırmalar yapılmaktadır. AHP kararlardaki tutarsızlıklara tolerans gösterir ve tutarlılığı arttırmaya olanak sağlar (Saaty ve Vargas, 2001).

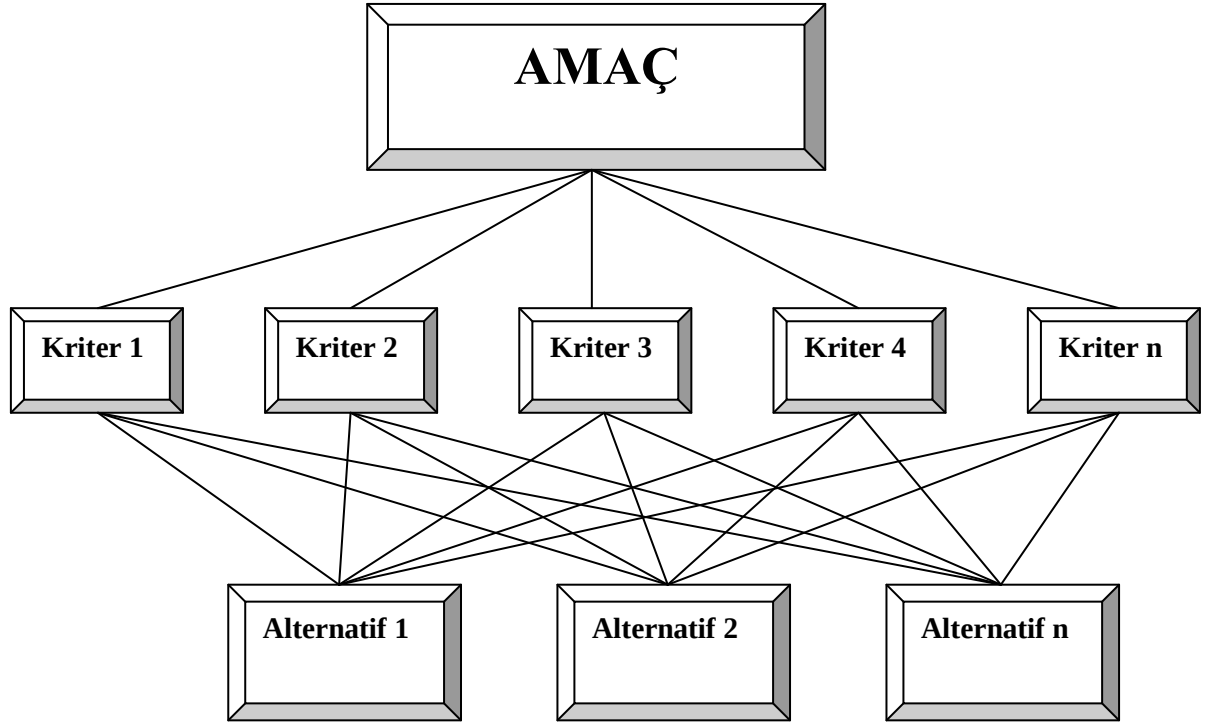
AHP her sorun için amaç, kriter, olası alt kriter seviyeleri ve seçeneklerden oluşan hiyerarşik bir model kullanılır. Karışık, anlaşılması güç veya yapılaşmamış sorunlar için genel bir yöntemdir ve üç temel prensip üzerine kurulmuştur (Cebeci ve Kılınç, 2008).

- Hiyerarşilerin Oluşturulması.
- Önceliklerin Belirlenmesi.
- Mantıksal ve Sayısal Tutarlılık.

3.1 AHP Yönteminin Çözüm Adımları

3.1.1 Problemin Tanımlanması ve Hiyerarşik Yapının Oluşturulması

AHP'nin ilk adımında öncelikle amaç belirlenir. Daha sonra belirlenen amaca yönelik kriterler ve varsa bu kriterlere ait alt kriterler belirlenir. Bunların ardından ise kriterlere göre alternatifler belirlenerek hiyerarşik yapı oluşturulur. Bir problemi modellemek için AHP'nin kullanımında, kişi o problemi ifade etmek için bir hiyerarşik yapıya veya bir ağ yapısına ihtiyaç duyar. Basit bir hiyerarşik yapı örneği Şekil 3.1'de verilmiştir. AHP'nin bu ilk adımı, değerlendirmenin yapılacağı kriterler belirlendiği için oldukça önemlidir. Belirlenen kriterler hatalı olduğu takdirde, verilecek karar amaca yeterince uygun olmayacaktır.



Şekil 3.1. Üç seviyeli bir hiyerarşi (Saaty ve Vargas, 2001).

3.1.2 İkili Karşılaştırmaların Yapılması

Amacın, kriterlerin ve alternatiflerin belirlenmesinin ardından ikinci adımda ölçüt ve alternatiflerin karşılaştırılarak birbirlerine ne kadar baskın oldukları belirlenir. İkili karşılaştırma terimi iki faktörün/kriterin birbirleriyle karşılaştırılması anlamına gelir ve karar vericinin yargısına dayanır. İkili karşılaştırmalar karar kriterlerinin ve alternatiflerin öncelik dağılımlarının kurulması için tasarlanmıştır. Daha açık bir ifade ile, hiyerarşideki elemanlar

bir üst kademedeki elemana göre görelî önemlerinin belirlenmesi için ikili olarak karşılaştırılır (Güngör ve İşler, 2005).

Eğer ikili karşılaştırmalar sayısal kriterlere göre yapılıyorsa, doğrudan ilgili sayısal değeri kullanarak ikili karşılaştırma matrisi hazırlanır. Fakat sayısal olmayan kriterlere göre alternatiflerin karşılaştırılması gerekiyorsa, Çizelge 3.1’deki AHP ölçeğinin kullanılması gerekir. Bu tabloya göre karşılaştırılan kriterler eşit öneme sahipse 1, bir kriter diğerine göre orta derecede daha önemliyse 3, kuvvetli derecede önemliyse 5, çok kuvvetli derecede önemliyse 7, aşırı derecede önemliyse 9 değerini alır. 2, 4, 6 ve 8 ara değerleri ise kararsız kalan durumlarda kullanılır.

Çizelge 3.1 AHP karşılaştırma ölçeği (Saaty ve Vargas, 2001).

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit önemli	İki faaliyet amaca eşit seviyede katkıda bulunur.
2	Zayıf	
3	Orta derecede önemli	Tecrübe ve yargı bir faaliyeti diğerine çok az derecede tercih ettirir.
4	Orta (+)	
5	Kuvvetli derecede önemli	Tecrübe ve yargı bir faaliyeti diğerine kuvvetli derecede tercih ettirir.
6	Kuvvetli (+)	
7	Çok kuvvetli derecede önemli	Bir faaliyet diğerine çok kuvvetli derecede tercih edilir; baskınlığı uygulamada görülmektedir.
8	Çok çok kuvvetli derecede önemli	
9	Aşırı derecede önemli	Bir faaliyetin diğerine tercih edilmesine ilişkin kanıtlar çok büyük güvenilirliğe sahip.

Tüm karşılaştırmalar tamamlandıncı Çizelge 3.2’deki gibi bir ikili karşılaştırma matrisi (A) elde edilir. Eğer n tane kriter karşılaştırıldıysa, matris $n \times n$ boyutunda olur. Her karar vericinin

aynı hedef ve kriterlerden farklı bir karşılaştırma matrisi elde etmesi olasıdır. Bu, kararı etkileyen kriterlerin herkes için farklı öneme sahip olmasının bir sonucudur.

Çizelge 3.2 İkili karşılaştırma matrisi (Saaty ve Vargas, 2001).

	Kriter 1	Kriter 2	Kriter 3	...	Kriter n
Kriter 1	w_1/w_1	w_1/w_2	w_1/w_3	...	w_1/w_n
Kriter 2	w_2/w_1	w_2/w_2	w_2/w_3	...	w_2/w_n
Kriter 3	w_3/w_1	w_3/w_2	w_3/w_3	...	w_3/w_n
.	.	.	.	...	.
.	.	.	.	...	.
Kriter n	w_n/w_1	w_n/w_2	w_n/w_3	...	w_n/w_n

Çizelge 3.2'deki matriste w_i/w_j terimi, amaca ulaşmak için i. kriterin j. kriterden ne kadar daha önemli olduğunu ifade etmektedir. Örneğin bu değer 5 ise, i. kriter j. kritere göre kuvvetli derecede önemlidir. Bu durumda j. kriter ise i. kritere göre 1/5 düzeyinde önemlidir (Güngör ve İşler, 2005).

3.1.3 Özvektörün (Görelî Önemler Vektörünün) Hesaplanması

AHP'nin üçüncü adımında özvektörün (görelî önemler vektörünün) hesaplanması yer alır. Özvektör, matristeki bir kriterin diğer kriterlere göre önemini gösterir. Aşağıda özvektör hesaplamada sıkça kullanılan iki yöntem açıklanmıştır.

3.1.3.1 Aritmetik Ortalama Yöntemi ile Özvektörün Hesaplanması

Bu yöntemle özvektörü hesaplamak için, ilk olarak ikili karşılaştırma matrisindeki (A) her bir sütunun toplamı bulunur. Ardından ikili karşılaştırma matrisindeki her değer, bulunduğu sütunun toplamına bölünerek normalleştirilmiş matris (A_{norm}) elde edilir. Son olarak normalleştirilmiş matrisin satır elemanlarının aritmetik ortalaması alınarak özvektör hesaplanır. Bu yöntemle özvektör hesabı diğer yöntemlere göre daha kolaydır, ancak hassasiyeti diğer yöntemlerin gerisindedir.

3.1.3.2 Geometrik Ortalama Yöntemi ile Özvektörün Hesaplanması

Bu yöntemle özvektörü hesaplarken, öncelikle ikili karşılaştırma matrisinin (A) her bir satırının geometrik ortalaması alınır. Sonra geometrik ortalamaların olduğu sütunun toplamı hesaplanır. Her satırın geometrik ortalamasının bu toplama bölünmesiyle özvektör elde edilir. Saaty aritmetik ortalama yaklaşımı yerine geometrik ortalama yaklaşımını tavsiye etmektedir (Tam ve Tummala, 2001).

3.1.4 Tutarlılık Analizi

AHP'nin son adımı, yaptığımız seçimin ne kadar tutarlı olduğunun kontrolüdür. Karar verici ne kadar özenli davranırsa davranırsın, sayısal olmayan kriterlerin değerlendirmesinde bazı hatalar yapmış olması mümkündür. AHP, yapısı gereği tek bir çözümün olmadığı; herkes için farklı sonuçların bulunabildiği bir yöntem olsa da, elde edilen sonucun amaca uygunluğunun kontrolü önemlidir. Tutarsızlığın ölçümü kararların tutarlılıklarının sırayla arttırılmasında kullanılabilir.

Eğer a_{ij} i alternatifinin j alternatifine göre, a_{jk} j alternatifinin k alternatifine göre önemini gösteriyorsa; kararların tutarlı olması için i alternatifinin k alternatifine göre önemi a_{ik} 'nın $a_{ij}a_{jk} = a_{ik}$ ifadesine eşit olması gerekir (Saaty ve Vargas, 2001).

Tutarlılık analizinde amaç sadece “A, B’den daha önemli; B de C’den daha önemliyse, A, C’den önemlidir” şeklinde bir tutarlılığı sağlamak değildir. Bunun yanında, “A, B’den 2 kat, B de C’den 3 kat önemliyse, A, C’den 6 kat önemlidir” şeklinde oransal bir tutarlılık sağlamaktır. Tutarlılık analizi, tutarlılık göstergesinin ve tutarlılık oranının bulunmasıdır. Tutarlılık oranı aşağıdaki formüle göre hesaplanmaktadır (Güngör ve İşler, 2005).

İkili karşılaştırma matrisinin tutarlılığı, matrisin en büyük özdeğeri hesaplanarak gerçekleştirilir. Bir karşılaştırma matrisinin tutarlı olabilmesi için gerek ve yeter şart, bu matrisin en büyük özdeğerinin matris boyutuna eşit olmasıdır. Matrisin en büyük özdeğeri “ $\lambda_{\max}$ ” ve matris boyutu “ n ” ile gösterildiğinde koşul $\lambda_{\max} = n$ olarak gösterilir (Sipahioğlu, 2008).

$\lambda_{\max}$ için verilen ifade karmaşık görünse de gerçekte yapılan, ikili karşılaştırma matrisiyle hesaplanan göreceli önem vektörünün çarpılması ve çıkan vektördeki değerin göreceli önem değerine oranlanmasıyla $\lambda_{\max}$ için bir tahmin değerinin türetilmesidir. Matris boyutu n ise ortaya n tane tahmin değeri çıkacağı için son olarak bunların aritmetik ortalaması alınarak çıkan değer $\lambda_{\max}$ değeri olarak kabul edilmektedir (Sipahioğlu, 2008).

A: İkili karşılaştırma matrisi,

W: Özvektör,

a_{ij} : İkili karşılaştırma matrisinin (i,j). elemanı,

w_j : Görelî önem vektörünün j. elemanı,

$\lambda_{\max}$: Matrisin en büyük özdeğeri,

n: Matrisin boyutu,

TG: Tutarlılık Göstergesi,

TO: Tutarlılık Oranı,

RG: Rastsallık Göstergesi.

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \left\{ \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot w_j}{w_i} \right\} \quad (3.1)$$

$$\text{Tutarlılık Göstergesi} = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (3.2)$$

$$\text{Tutarlılık Oranı} = \frac{\text{Tutarlılık Göstergesi}}{\text{Rastsallık Göstergesi}} \quad (3.3)$$

Çizelge 3.3 Rastsallık göstergeleri (Saaty ve Vargas, 2001).

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rastsallık Göstergesi	0	0	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	1.49

Bu tablo; 1/9, 1/8, ..., 1, ..., 8, 9 ölçeği kullanılarak rastgele üretilen örnek matrislerden türetilmiş gelişigüzel ortalama tutarlılık göstergelerinden elde edilmiştir.

Saaty tutarlı bir karar kümesi için tutarlılık oranının 0.1 değerini aşmamasını önermektedir. Tutarlılık oranı 0.1'den küçük değilse kararlar gözden geçirilmeli ve problem üzerinde çalışılmalıdır.

3.2 AHP'nin Uygulama Alanları

AHP, karar vericinin kişisel yargı ve değerlendirmelerine bağlı olarak seçenekleri en önemliden en önemsiz doğru sıralar. Hatta seçeneklerin önem derecesini de belirleyerek seçeneklerin birbirlerine ne kadar yakın veya uzak olduğunu, bir seçeneğin belirlenen hedefi ne kadar sağladığını da gösterir. Bu nedenlerle çok kullanışlı ve geniş uygulama alanına sahip bir tekniktir (Sipahioğlu, 2008).

Karmaşık karar verme problemlerinde AHP kullanımının binlerce örneği bulunmaktadır. Öncelik sıralama, planlama, seçim yapma, bölüştürme, tahmin ve kıyaslama problemleri AHP metodunun en yaygın uygulama alanlarıdır.

Günümüzde AHP tek başına kullanılmak yerine çoğunlukla, doğrusal programlama, tamsayı doğrusal programlama, karışık tamsayı doğrusal programlama, hedef programlama, veri zarflama analizi, kalite fonksiyon yayılımı, SWOT analizi, yapay sinir ağları ve genetik algoritmalar gibi diğer matematik programlama teknikleri ve karar destek sistemleriyle birleştirilerek kullanılmaktadır.

AHP, ekonomi/yönetim alanında denetleme, veritabanı seçimi, tasarım, mimari, finans, makro-ekonomik tahmin, pazarlama (tüketici tercihi, ürün tasarımı ve geliştirilmesi, strateji), planlama, portföy seçimi, tesis yeri seçimi, kaynak dağılımı (bütçe, enerji, sağlık, proje), ardışık kararlar, politika/strateji, ulaşım, su arama ve performans analizi konularında kullanılmıştır. Siyasi problemlerde AHP; cephanelerin kontrolü, anlaşmazlık ve müzakere, siyasi adaylık, güvenlik değerlendirmesi, tatbikatlar ve dünya kamuoyunu ikna gibi alanlarda kullanılmıştır. Sosyal konular için; rekabet ortamındaki davranışlarda, çevresel konularda, eğitim, sağlık ve hukuk alanında, tıp alanında (ilaç etkililiği, terapi seçimi), nüfus dinamiklerinde (bölgeler arası göç modelleri, nüfus büyüklüğü) ve kamu sektöründe uygulanmıştır. Bazı teknolojik uygulamalar pazar ve portföy seçimini ve teknoloji transferini kapsamaktadır (Saaty ve Vargas, 2001).

3.3 AHP'nin Avantaj ve Dezavantajları

3.3.1 AHP'nin Avantajları

- AHP oldukça genel bir metodolojidir ve geniş bir uygulama alanına sahiptir.
- Sübjektif yargıları sayısal bilgilerle birleştirmektedir.

- Hiyerarşideki bağıl önemi bulmak için etkili ve doğru bir metodoloji sunar.
- Karmaşıklıkla başa çıkmak için kullanışlı bir yöntemdir.
- Çok kriterli karar vermeye uygun bir yöntemdir. Tüm kriterler birbiriyle kıyaslandığı için karar vermeyi kolaylaştırır.
- Karar verme açık ve basit bir yolla yapılır. Özel bir eğitim almamış bir kişi bile AHP'yi uygulayabilir.
- Bilgisayar yazılımları sayesinde desteklenmektedir.
- Tutarlılığı kontrol edilebilmektedir.
- Diğer çok kriterli karar verme metotlarına göre görece daha ucuz ve daha hızlı bir yaklaşımdır.

3.3.2 AHP'nin Dezavantajları

- Sübjektif bir yöntem olduğu için değerlendirici hatalarına açıktır.
- Kriterlerin sayısı çok olduğunda hem maliyet, hem de uygulama süresi çok artmaktadır.
- Her kriter için bütün seçeneklerin karşılaştırılacak olması oldukça zahmetli ve sıkıcı bir iştir.
- Seçenek ve kriter sayısı arttıkça hata yapma, yanlış değerlendirme riski artar. Bu yüzden bir defada 7'den fazla elemanı olan bir matrisle çalışılmaması önerilir (Sipahioğlu, 2008).
- AHP bazen 'hafif' bir karar destek yaklaşımı olarak görülmekte ve zorlu karar verme problemleriyle başa çıkamayacağı düşünülmektedir.
- Sonuçlar sübjektif olduğu için herkes tarafından kabul görmeyebilir.

4. BULANIK MANTIK

Bilgiye ulaşımın kolaylaşmasıyla, insanların maruz kaldığı bilgi kirliliği artmıştır. Buna bağlı olarak gerçek hayattaki belirsizlik de artmıştır. Karar vericiler hangi şartlarda ve boyutlarda karar verirlerse versinler, bu belirsizlik ortamında bu işlevlerini yerine getirmek zorundadırlar. Verilen kararların doğruluğu ise, söz konusu belirsizliğin riske dönüştürülebildiği ölçüde sağlanacaktır. Ancak karar vericiler karar sürecinde klasik bilimsel yaklaşım ve bu yaklaşımın içerdiği yöntemleri kullanıyorlarsa, sonuçta verilen kararlar, iyi - kötü, güzel - çirkin, doğru - yanlış, evet – hayır, siyah – beyaz ya da 0 – 1 gibi yönlü kararlar olacaktır. Oysa gerçek yaşam mutlak ayırım üzerine kurulu değildir. Diğer bir deyişle, karar ortamlarında mutlak siyah veya mutlak beyazın yanında binlerce gri tonun varlığı unutulmamalıdır (Yaralıoğlu, 2005).

İnsanlar belirsizliği ortadan kaldırmak için bilgisayarları kullanmayı denemişlerdir, ancak başarılı olamamışlardır. Alkan'a (2006) göre insanoğlunun mantık süreçlerinin daha etkin ve hızlı çalışmasının nedeni bulanık bir yapıya sahip olmasıdır. Biraz, kısa, uzun, ılık, hafif gibi sınırları tam olarak belirli olmayan kavramlar, diğer insanlarla anlaşmak için başarılı bir şekilde kullanılmasının yanında; mantık süreçlerinin bilgisayarlara göre başarılı bir şekilde yürütmesini de sağlamaktadır.

Araştırmacılar, karar vericilerin daha doğru ve gerçek hayata daha uygun kararlar vermelerini sağlayacak işte bu belirsizlik faktörünü karar verme sürecine nasıl dahil edecekleri konusunda çalışmalar yapmışlardır. Bu çalışmalar arasında en kabul göreni Lotfi Asker Zadeh'in "Bulanık Kümeler" adlı çalışması olmuştur.

Bulanık kümelerin kullanılması ile kesinlik ifade edemeyen bilginin ortaya konulabilmesi birçok mühendislik ve karar problemini basitleştirmiştir (Kahraman vd., 2004).

Bulanık teori sadece belirsizlikler için bir teori değildir. Olasılık, belirsizlikler konusunda çalışan teoriler arasında kabul edilen tek teoridir. Hem olasılık, hem de bulanık teori belirsizlikle uğraşmak için kullanılabilir. Bulanık teori belirsizliğin nümerik analizini yapmak için kullanılabilir (Mukaidono, 2001).

Bulanıklık kavramlarının ortaya atılması ile bazı araştırmacılar bulanıklık fikrini benimseyerek bu konuda çalışmalar yapmayı teşvik etmişler, ama büyük bir çoğunluk bulanıklığın kesin olduğu kabul edilen bilimsel ilkelere uymadığını, bilime karşı geldiğini ileri sürmüşlerdir. Özellikle, ihtimaller teorisi ve istatistik gibi belirsizliklerle uğraşan bilim dalları bulanık sistemlere açık bir biçimde karşı çıkmış ve bulanık yöntemlerin yapacağı her türlü hesaplamanın, ihtimal ve istatistik hesaplamalarla yapılabileceğini ileri sürmüşlerdir.

Ancak, sözel bilgilerin söz konusu olduğu durumlarda istatistiğin fazla işe yaramayacağını gözden kaçırmışlardır (Erdin, 2007).

Yaralıoğlu (2005) bulanık mantığın başlıca özelliklerini şu şekilde özetlemiştir:

- “Doğru”, “çok doğru”, “az çok doğru” vb. gibi sözel olarak ifade edilen (linguistiksel-değişkenli) doğruluk derecelerine sahip olması.
- Geçerliliği kesin değil fakat yaklaşık olan çıkarım kurallarına sahip olması.
- Her kavramın bir derecesi olması.
- Her mantıksal sistemin bulanıklaştırılabilmesi.
- Bulanık mantıkta bilginin, bulanık kısıtlara ait değişkenlerin esnekliği veya denkliliğiyle yorumlanması.

4.1 Bulanık Mantığın Tarihçesi ve Uygulama Alanları

Yaklaşık yüz yıl önce Amerikalı filozof Charles Peirce “Mantıkçılar, matematiksel düşüncedeki öneminden şüphelenmeyerek, belirsizlik hakkındaki çalışmaları çok fazla ihmal etmişlerdir” diye hayıflanmıştır. Bu bakış açısı bir zaman sonra Bertrand Russell tarafından da dile getirilmiştir. Mantık ve belirsizlik arasındaki bağlantı üzerine tartışmalar, geçen yüzyılın başlarında felsefe literatüründe alışılmadık değildi (Mukaidono, 2001).

Mantıksal paradokslar ve Heisenberg’in belirsizlik ilkesi, 1920’ler ve 1930’larda çok değerli mantık sistemlerinin gelişmesine yol açmıştır. Kuantum teorisyenleri, iki değerli mantık sistemlerinin “doğru” ve “yanlış”tan oluşan değer kümesine, bir üçüncü veya orta doğruluk değeri ekleyerek “belirlenemezlik”in ifade edilebilmesine imkan sağlamışlardır. Bundan sonraki aşamada, “doğru” ve “yanlış”, “belirlenemezlik” tayfinin sınır koşulları olarak görülüp belirlenemezlik derecelendirilmiştir (Küçüköncü, 2007).

1930’ların başlarında Polonyalı mantıkçı Lukasiewicz ilk üç değerli mantık sistemini geliştirmiştir. Lukasiewicz, daha sonra doğruluk değerlerinin kümesini tüm sayılara genelleştirmiştir (Küçüköncü, 2007). Amerikalı filozof Max Black, belirsiz sembolleri karakterize etmek için bulanık üyelik fonksiyonlarının atası sayılan sözde “tutarlılık profilleri”ni ilk öneren kişidir. Geleneksel karakteristik fonksiyonunun genelleştirilmesi ilk kez 1940 yılında, bir sürekli karakteristik fonksiyonuyla açıkça değiştiren Hermann Weyl tarafından düşünülmüştür. Benzer bir genelleştirme daha sonraları 1951 yılında Kaplan ve Schott tarafından önerilmiştir. Belirsiz ifadelerin genelleştirilmiş karakteristik fonksiyonları için bir hesaplama önermişlerdir ve bulanık küme bağlaçları ilk olarak bu çalışmalarda ortaya çıkmıştır. Fransız dilbilimci Yves Gentilhomme, Zadeh’in 1965’te yayınladığı bulanık

kümeler çalışmasından habersiz olarak 1968 yılında Fransızca’da “bulanık küme” anlamına gelen “ensemble flou” terimini uydurmuştur (Mukaidono, 2001).

Bilgi kümelerinde kesinliğe karşı bulanıklık fikrini ilk defa Zadeh (1965) sunmuştur. Bulanık kümeler teorisini yarattığında teorisinin temelinde, yaklaşık sonuçlara olanak sağlayan yeni bir hesaplama modeliyle tasarımcıya destek olmak ve sistem karmaşıklığını azaltmak yatıyordu (Nedjah ve Mourelle, 2005).

Bulanık kümeler geleneksel küme teorisinin bir genelleştirilmesi olarak önerilmiştir. Kısmen bu gerçeğin bir sonucu olarak bulanık mantık, yıllarca ileri uzmanlaşmış bir alan olarak matematiksel teknik dergilerde kalmıştır (Tomsovic ve Chow, 2000).

Profesör Zadeh bulanık kümeler üzerine olan çalışmasını yayınladığında, araştırmacılar onun bu yeni fikrine çok az ilgi göstermiş; hatta çoğunluk ona karşı çıkmıştır. Çünkü, modern kontrol teorisi üzerine çalışan Zadeh fikrini değiştirmiş ve belirsizliğe izin vermiştir. Bazıları onun pes ettiğini söylemiştir. Bilim ve teknolojiye araştırmacıların tüm belirsizlikleri ortadan kaldırarak her şeyi daha belirgin hale getirmek zorunda olduğunu , en azından bunun için uğraşması gerektiğini iddia ettiler. Bu yüzden Zadeh’e bundan sonra araştırmacı denilemeyeceğini bile söylediler. Sert eleştiriler sadece Zadeh hakkında değildi, aynı zamanda bulanık teorisinin kendisi de eleştiriliyordu. Eleştiriler genelde şu iki noktada yoğunlaşıyordu:

- Bulanık teori gerekli değildir.
- Yeni değildir, çünkü daha önce Antik Yunanlar tarafından önerilmiştir.

Aldığı yoğun ve alaycı eleştiriler nedeniyle bulanık mantık kendine başka bir ülkede uygulama alanı bulmuştur. Çünkü, Amerika’da zaten “kesinliği” önemseyen bir değer dizimi vardı. ABD’de tartışmalar sürerken, Japonlar bu özgün fikri benimseyip geliştirmeyi çok iyi başarmışlardır (Alan, 1994).

Bulanık küme kavramı ancak 1970’lerin ikinci yarısından sonra kullanılmaya başlanmıştır. Bunda özellikle Zadeh’in 1965’teki makalesinden daha fazla etkili olan ve bulanık mantığın belirsizlik içeren sistemlere uygulanabilirliğini açıklayan makaleleri etkili olmuştur (Altaş, 1999).

1976’da H.J. Zimmermann bulanık küme teorisini ilk kez geleneksel doğrusal programlama problemlerine dahil etmiştir. Doğrusal programlama problemlerini bulanık hedef ve kısıtlarla düşünmüştür. 1970’te Bellman ve Zadeh tarafından önerilen bulanık kararı takiben doğrusal üyelik fonksiyonlarıyla birlikte, eşdeğer bir doğrusal programlama probleminin varlığını

kanıtlamıştır. Ondan sonra, bulanık doğrusal programlama birçok yönde, çok sayıda başarılı uygulamalar ile gelişmiştir (Sakawa, 1993).

Bulanık mantık ilk kez 1980 yılında Danimarka'daki bir çimento fabrikasının fırınına kontrol etmede kullanılmıştır. 1980 yılından sonra bulanık mantığın uygulama sahaları gittikçe genişlemiş ve Japonlardan sonra Almanya, Fransa, Danimarka, Rusya ve Çin gibi ülkeler de bulanık mantık uzmanları yetiştirmeye başlamıştır (Alan, 1994).

Günümüzde artık iyice yaygınlaşan bulanık mantık, her alanda yaygın biçimde kullanılmaktadır. Elektronikten tıpa, yönetimden eğitime, savunmadan ulaşıma çok çeşitli sayısız alanda bulanık mantık uygulamaları karşımıza çıkmaktadır. En büyük elektronik makale veritabanlarından biri olan ScienceDirect'te “fuzzy” kelimesi yıllara göre aratıldığında; 1960-1970 arasında 399 adet çalışma çıkarken, 1970-1980 arasında 1854 adet, 1980-1990 arasında 6963 adet, 1990-2000 yılları arasında 19444 adet ve 2000-2010 arasında 43091 adet makale yayınlanmıştır.

Tedarikçi seçimi konusunda bulanık mantık kullanan bazı güncel makalelere göz atacak olursak;

Sarkar ve Mohapatra (2006) kapasite ve performansın tedarikçi seçimi için dikkat edilmesi gereken iki temel kriter olduğunu iddia etmişlerdir. Tedarikçilerin çok sayıdaki subjektif karakteristiklerinin belirsizliklerini tedarikçi seçimine dahil edebilmek için bir bulanık küme yaklaşımı önermişlerdir.

Florez-Lopez (2007) katma değer perspektifinden bakarak stratejik tedarikçi seçimi için yaptığı çalışmasında bulanık ve kesin bilgileri birlikte kullanarak, tedarikçinin müşteri için bir değer yaratabilme yeteneğini hesaplamıştır.

Bulanık mantığın çeşitli başka karar verme teknikleriyle entegre edilmesi de literatürde çok yaygındır. Lee vd. (2009) bulanık mantığı çok amaçlı hedef programlama tekniğiyle birleştirmiş ve LCD (Likit Kristal Ekran) için tedarikçi seçiminde uygulamışlardır. Öncelikle bulanık analitik hiyerarşi prosesi tekniğini kullanarak tedarikçi seçim kriterlerinin önemlerini analiz etmişlerdir. Ardından çok amaçlı hedef programlama metodu uygulanmıştır.

Punniyamoorthy vd. (2010) 151 denek kullandıkları çalışmalarında yapısal denklem modelleme ve bulanık analitik hiyerarşi yaklaşımlarını kullanan yeni bir kompozit model geliştirmeyi denemişlerdir.

Baky (2010) çok seviyeli çok amaçlı doğrusal programlama (ML-MOLP) problemlerini bulanık hedef programlama (FGP) yoluyla çözmek için iki yeni algoritma sunmuştur ve önerilen algoritmaları göstermek için bir sayısal örnek vermiştir.

Hsu vd. (2010) tedarikçi seçiminde bulanık kalite bilgilerinin kullanılmasını öneren bir çalışma yapmışlardır. Tedarikçilerin bulanık tercih ilişkilerini sıralayan bir metod kullanarak tedarikçi seçiminin yapılmasını önermişlerdir.

Amin vd. (2010) nicelleştirilmiş SWOT analizini ilk kez tedarikçi seçiminde kullanmışlardır. SWOT analizi niceliksel ve niteliksel kriterleri göz önüne alabilmektedir. Ayrıca her bir tedarikçiye ne miktarda sipariş verileceğini saptamak için bir bulanık doğrusal programlama modeli önerilmiştir.

Çizelge 4.1 Bulanık mantığın günlük kullanımdaki uygulamaları (Yaralıoğlu, 2005; Coupland, 2009).

Kullanılan Yer	Firma	Bulanık Mantığın İşlevi
Asansör Denetimi	Fujitec – Toshiba Mitsubishi Hitachi	Yolcu trafiğini değerlendirir. Böylece bekleme zamanı azalır.
SLR Fotoğraf Makinesi	Sanyo – Fisher Canon Minolta	Ekranda birkaç obje olması durumunda en iyi odağı ve aydınlatmayı belirler.
Video Kayıt Cihazı	Panasonic	Cihazın elle tutulması nedeniyle çekim sırasında oluşan sarsıntıları ortadan kaldırır.
Çamaşır Makinesi	Matsushita	Çamaşırın kirliliğini, ağırlığını, kumaş cinsini sezer, ona göre yıkama programını seçer.
Elektrik Süpürgesi	Matsushita	Yerin durumunu ve kirliliğini sezer, uygun motor gücünü ayarlar.
Su Isıtıcısı	Matsushita	Kullanılan suyun miktar ve sıcaklığına göre ısıtmayı ayarlar.
Klima	Mitsubishi	Ortam koşullarını değerlendirerek en iyi çalışma durumunu algılar, odaya birisi girerse soğutmayı artırır.

ABS Fren Sistemi	Nissan	Tekerleklerin kilitlenmeden frenlenmesini sağlar.
Çelik Endüstrisi	Nippon Steel	Geleneksel denetleyicilerin yerini alır.
Metro Sistemi	Hitachi	Hızlanma ve yavaşlamayı ayarlayarak rahat bir yolculuk sağlanmasının yanı sıra, durma konumunu iyi ayarlar ve güçten tasarruf sağlar.
Çimento Sanayi	Mitsubishi Chem	Değirmende ısı ve oksijen oranı denetimi yapar.
Televizyon	Sony	Ekran kontrastını, parlaklığını ve rengini ayarlar.
El Bilgisayarı	Sony	El yazısı ile veri ve komut girişine imkan sağlar.
Gemi Motoru	MAN	Güç seviyesinin dinamik ayarını yapar.
Otomatik Vites Kutusu	Volkswagen	Aracın hız ve devrine en uygun vitesi seçer.
Trafik Işıkları	Seattle Ulaşım Departmanı	Yol durumuna göre trafik ışıklarını ayarlar.

4.2 Belirsizlik ve Bulanıklık

Bulanık küme teorisi, kavramsal insancıl süreçlerin belirsizliğini veya bulanıklığını modellemek için tasarlanmış bir matematiksel teoridir (Lootsma, 1997).

Bulanık kümeler literatüründe “bulanık” kelimesi genellikle “belirsiz” anlamına gelmektedir. Belirsizlik ve bulanıklık arasındaki bağlantı üzerine bazı yorumlar faydalı olabilir. Oxford İngilizce sözlüğünde “bulanık” kelimesi özünde sabit ve güvenilir olmayan veya saçaklı yumuşak elyaf anlamına gelmektedir. “Bulanık” aynı zamanda tüyle kaplanmış anlamına da gelmektedir. Diğer özelliklerine benzer şekilde; “bulanık” kelimesi bir biçimi belirtmek için

kullanılabilir. Bununla birlikte “bulanıklık” terimi genellikle belirsizliği belirtmektedir (Dubois, 2000).

Bulanık mantık, insanların kategorize edebilme yetileri için uygun modeller sağlar. Bunu bazı kesin tanımlara uyduğunun kontrolüyle değil, kategorilerin karakteristik örneklerinin kıyaslanması ile yapar (Lootsma, 1997). Örneğin; kanarya, kartal, tavuk, penguen ve yarasadan bahsediyor olalım. ‘A’ bunlardan herhangi birisinin yerini tutacak şekilde, söze “A bir kuştur.” diye başlayalım. İlk bakışta bu ifade hepsi için doğruymuş gibi görünebilir. Bu ifadeyi yanlış bulup rahatsızlık hissedenler de olacaktır. Çünkü; kanarya, kartal ve yarasa uçabilir, fakat tavuk ancak birkaç metre uçabilir. Penguen ise yüzmeyi tercih eder. Yarasa memelidir, doğurarak ürer; diğer hepsi yumurtlar. Kanarya ve kartal için bu cümle, diğerleri için olduğuna göre, daha doğru görünmektedir. Bu hayvanların her biri için bu cümle farklı derecelerde doğru gözükmemektedir (Küçüköncü, 2007).

İnsanlar gerçek hayatta bu tür durumlarla sürekli karşılaşır, fakat insanların kavramları ve olayları derecelendirebilme yetenekleri sayesinde, bu bir sorun olmaktan çıkmaktadır. Ancak bilgisayarlar, bu tür belirsizlikleri insanlar gibi yorumlayıp bir sonuca varamazlar. Bu durumda bulanık mantık devreye girer ve insanlar ile bilgisayarlar arasındaki bağlantıyı sağlar.

4.3 Bulanık Kümeler ve Üyelik Fonksiyonları

Klasik mantıkta kümenin karakteristik fonksiyonu, evrensel kümedeki her bir elemana 1 veya 0 değerini atamaktadır. Yani bir kümeyi oluşturan elemanlar ya bir kümenin elemanıdır ya da elemanı değildir.

Karar verirken belirsizlikle karşılaşıldığında küme üyeliği anahtar roledir. Zadeh (1965) çalışmasında; “Bulanık küme kavramı alışlagelmiş kümelerde kullanılan yapıya paralel, kavramsal bir yapı inşa etmek için uygun bir çıkış noktası sağlamaktadır. Fakat özellikle model sınıflandırma ve bilgi işleme alanlarında daha genel ve potansiyel olarak daha geniş kapsamlı uygulanabilirliğe sahiptir. Aslında böyle bir yapı rassal değişkenlerin varlığından ziyade, üyelik kriterlerinin net tanımlarının eksikliğinden kaynaklanan belirsizlikleri olan problemlerin üstesinden gelmek için doğal bir yol sağlar.” şeklinde bir açıklama yapmıştır. (Zadeh, 1965; Ross, 2004).

Klasik küme teorisinde U evrenindeki bir A kümesinin karakteristik fonksiyonu χ_A şu şekilde tanımlanır (Lootsma, 1997):

$$\chi_A(x) = \begin{cases} 1, & x \in A \\ 0, & x \notin A \end{cases} \quad (4.1)$$

U 'daki her eleman için “x elemanıdır A” önermesinin doğru veya yanlış olduğunu modellemek için karakteristik fonksiyonun iki olası değeri vardır. A kümesi bir geleneksel küme olarak adlandırılmaktadır.

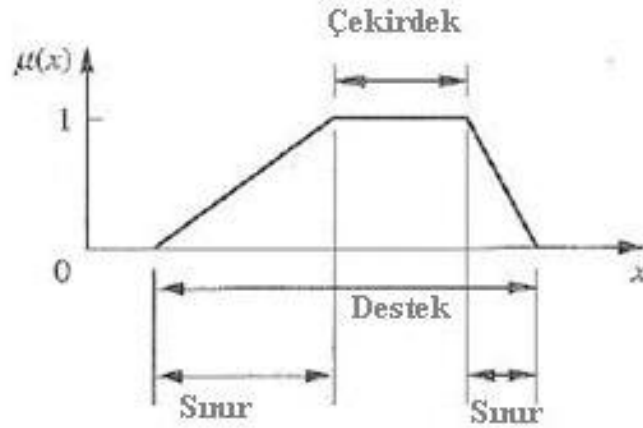
Bu fikri basitçe genişletirsek; A bulanık kümesinin sözde üyelik fonksiyonu μ_A “x elemanıdır A” önermesinin sadece doğru veya sadece yanlış olmak zorunda olmadığı durumu modeller.

Geleneksel kümenin aksine, bu derecelendirilmiş bir yargı olabilir. Bu yüzden;

$$0 \leq \mu_A(x) \leq 1, \quad \forall x \in U \text{ için.} \quad (4.2)$$

Burada, gerçek değer μ_A , “x elemanıdır A” önermesinin bir insan tarafından sübjektif olarak atandığı doğruluk derecesini göstermektedir.

Bir bulanık kümenin kapsadığı tüm bilgiler üyelik fonksiyonu tarafından tanımlandığı için bu fonksiyonun çeşitli özelliklerini tarif edecek terimleri belirtmek yararlı olacaktır. Üyelik fonksiyonunun bileşenleri Şekil 4.1’de verilmiştir (Ross, 2004):



Şekil 4.1 Bir bulanık kümenin bölümleri (Ross, 2004).

Üyelik fonksiyonunun 1'e eşit olduğu bölgeye üyelik fonksiyonunun çekirdeği denir. Çekirdekte üyelik fonksiyonu tam üyeliğe sahiptir. $\mu_A(x) = 1$ şeklinde ifade edilir.

Üyelik fonksiyonunun destek bölümü 0'dan büyük olan bölümüdür. Destek bölümü $\mu_A(x) > 0$ şeklinde gösterilir.

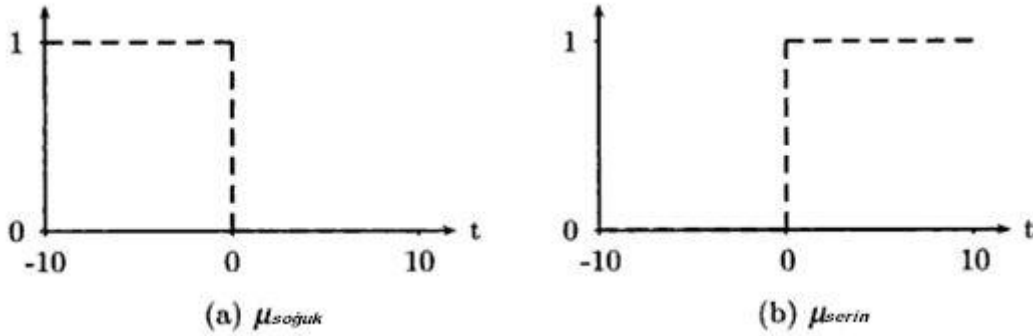
Üyelik fonksiyonunun 0 ile 1 arasında kalan bölümü ise sınır bölgeleri olarak tanımlanır ve $0 < \mu_A < 1$ şeklinde gösterilir. Bu alanlar tam üyeliğe ulaşamamış ve bir miktar bulanıklığı kalmış alanları ifade etmektedir.

Literatürde geleneksel ve bulanık kümelerin karşılaştırmalı birçok örneği vardır. Bulanıklığın gerekliliğini gösterecek en iyi örneklerden biri, soğuk ve serin su kavramlarını tanımlarken ortaya çıkar. Bu iki durumun geleneksel tanımları şöyle olsun (Nedjah ve Mourelle, 2005):

$$\mu_{\text{soğuk}}(t) = \begin{cases} 1, & \text{eğer } -10^{\circ}\text{C} \leq t \leq 0^{\circ}\text{C} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases} \quad (4.3)$$

$$\mu_{\text{serin}}(t) = \begin{cases} 1, & \text{eğer } 0^{\circ}\text{C} \leq t \leq 10^{\circ}\text{C} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases} \quad (4.4)$$

Bu tanımların Şekil 4.2'deki grafik üzerinde gösteriminden de görüldüğü üzere soğuk su ve serin su kavramları birbirinden bağımsızdır.



Şekil 4.2 Soğuk ve serin su kavramlarının kesin gösterimi (Nedjah ve Mourelle, 2005).

-10°C 'deki suyun 1°C 'deki sudan bariz şekilde soğuk olması beklenir. Benzer biçimde 10°C 'deki su 0°C 'deki sudan daha ılık olacaktır. Ancak tek bir $^{\circ}\text{C}$ ile soğuktan serine geçişin tanımını yapmak doğru değildir. Gerçek hayatta bu iki durum arasındaki geçişin yavaş ve yumuşak olması beklenir. Belirtilen yargılar (4.4)'deki geleneksel tanımlarda göz önüne alınmamıştır.

Gerçek değerlerin sübjektif olarak atanması kolay bir iş değildir, ama insan iletişimi için yeterli doğrulukta olduğu gözükmemektedir (Lootsma, 1997).

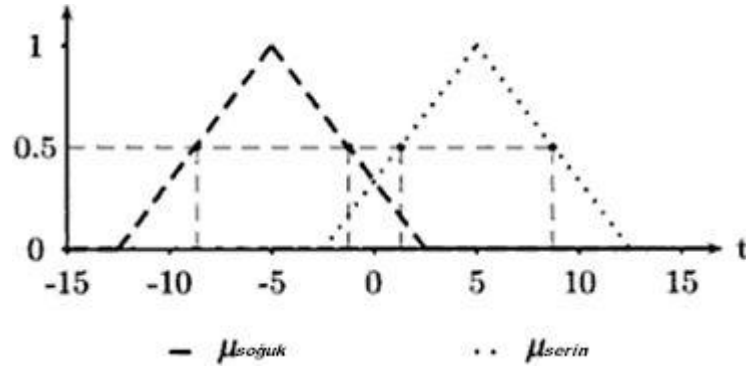
Sübjektif hislere dayanan bir kavramı tanımlamak kolay kabul edilebilir olmadığından, gerçek değerlerin daha objektif ve daha genel bir tanımını yapmak için girişimler olmuştur. Bu yüzden gerçek değer $\mu_A(x)$ bazen “x elemanıdır A” önermesini kabul eden bilirkişilerin ortak görüşü olarak yorumlanmıştır.

Bir bulanık üyelik fonksiyonunun çeşitli şartlara bağlı olacağı aşîkardır. Öncelikle, bahsedilen evrenin (yani, üyelik fonksiyonunun tanım kümesi) tanımlanmalıdır (örneğin; uzunluk bir insan veya bir ağaç için aynı şey değildir). İkinci olarak tanım kümesini kapsayan diğer türlere bağlı olabilir. Mesela, verilen bir tanım kümesi hakkında; genç kelimesi sözlükte yaşlı veya olgun kelimeleri dışında başka kelimeler yok diye bu kelimelerle aynı anlamda değildir. Son olarak; bir bulanık üyelik fonksiyonu kişiden kişiye farklılık gösterebilir. Pratikte önemli olan nokta; bir uzman tarafından sağlanan bilgilerin doğru ifade edilmesi ve verilmek istenen anlamın yakalanabilmesidir (Dubois ve Prade, 2000).

Bulanık kümelerin üyelik fonksiyonlarını tanımlamak için genelde grafikler kullanılır. Soğuk ve serin su kavramlarının bulanık ifadeleri (4.5) ve (4.6)'da ve grafik olarak gösterimi Şekil 4.3'te verilmiştir (Nedjah ve Mourelle, 2005).

$$\mu_{\text{soğuk}}(t) = \begin{cases} \frac{2}{15}t + \frac{5}{3}, & \text{eğer } -12.5^{\circ}\text{C} < t \leq -5^{\circ}\text{C} \\ -\frac{2}{15}t + \frac{1}{3}, & \text{eğer } -5^{\circ}\text{C} < t \leq 2.5^{\circ}\text{C} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases} \quad (4.5)$$

$$\mu_{\text{serin}}(t) = \begin{cases} \frac{2}{15}t + \frac{1}{3}, & \text{eğer } -2.5^{\circ}\text{C} < t \leq 5^{\circ}\text{C} \\ -\frac{2}{15}t + \frac{5}{3}, & \text{eğer } 5^{\circ}\text{C} < t \leq 12.5^{\circ}\text{C} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases} \quad (4.6)$$



Şekil 4.3 Soğuk ve serin su kavramlarının bulanık gösterimi (Nedjah ve Mourelle, 2005).

Şekil 4.3'e bakacak olursak; 0 derecedeki suyun 1/3 soğuk ve aynı miktar, yani 1/3 serin olduğunu görebiliriz. Bir kavramdan diğerine yumuşak bir geçişe imkan sağlamak için genellikle 10% ila 50% arasında bir çakıştırma kullanılmaktadır. Şekil 4.3'teki örnekte yaklaşık 33%'lük bir çakıştırma kullanılmıştır. Bir bulanık kümenin üyelik fonksiyonlarının

0.5 olduğu noktalara kümenin kesişim noktaları denir. Şekil 4.3'teki vurgulanmış noktalar sırasıyla soğuk ve sıcak bulanık kümelerin kesişim noktalarıdır (Nedjah ve Mourelle, 2005).

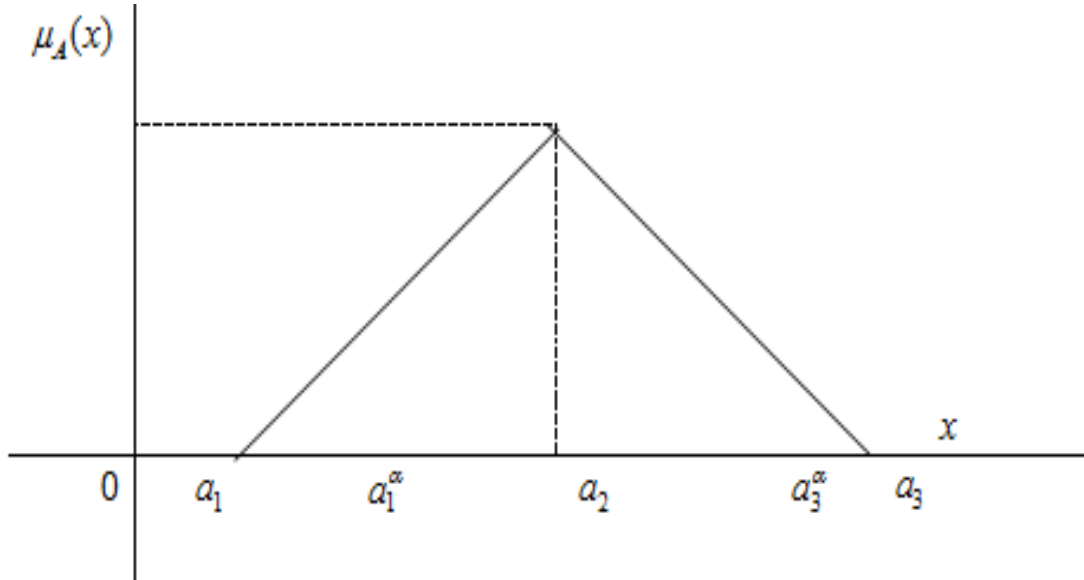
Kolay oldukları için literatürde genellikle üçgensel ve yamuk üyelik fonksiyonları kullanılmaktadır. Biz de çalışmamızda üçgensel üyelik fonksiyonlarını kullanacağız.

4.3.1 Üçgensel Üyelik Fonksiyonları

$\mu_A(x)$ üçgensel üyelik fonksiyonu (4.7) formülüyle tanımlanmıştır.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} \frac{x-a_1}{a_2-a_1}, & \text{eğer } a_1 \leq x \leq a_2 \\ \frac{a_3-x}{a_3-a_2}, & \text{eğer } a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases} \quad (4.7)$$

Bu formüle göre küme, $A=(a_1, a_2, a_3)$ üçgensel bulanık sayısıdır. Burada a_2 normal değerli üyelik olarak tanımlanabilir. Bulanık mantık bu noktada bir α katsayısına bağlı olarak a_2 'ye yakın değerlerin, bu değere yüklenen anlam ile temsil edileceğini varsaymaktadır. Diğer bir deyişle a_2 'deki belirsizlik, varsayılacak ya da dağılıma göre bulunabilecek bir α katsayısı ile tolere edilebilir. Söz konusu komşuluk Şekil 4.4'te gösterilmiştir. Bulanık sayılar ve α -kesim katsayısı hakkında ayrıntılı bilgi ileriki bölümlerde verilecektir. (Yaralıoğlu, 2005).

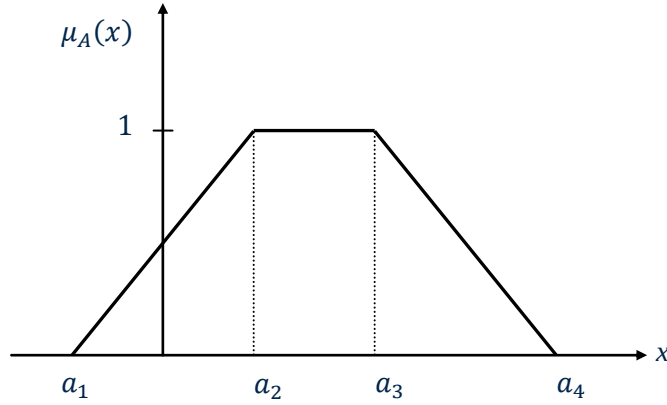


Şekil 4.4 Üçgensel sayıların komşuluğu (Yaralıoğlu, 2005).

4.3.2 Yamuk Üyelik Fonksiyonları

Eğer bulanık kümede normal kabul edilen iki değer varsa; yani başka bir deyişle küme $A=(a_1, a_2, a_3, a_4)$ şeklinde dört belirleyici değerden oluşuyorsa, bu durumda üyelik fonksiyonu yamuk üyelik fonksiyonu tipinde oluşacaktır. Yamuk üyelik fonksiyonunun formülü (4.8)'de, grafik üzerinde gösterimi ise Şekil 4.5'te verilmiştir (Yaralıoğlu, 2005).

$$\mu_A(x) = \begin{cases} \frac{x-a_1}{a_2-a_1}, & \text{eğer } a_1 \leq x \leq a_2 \\ 1, & \text{eğer } a_2 \leq x \leq a_3 \\ \frac{a_4-x}{a_4-a_3}, & \text{eğer } a_3 \leq x \leq a_4 \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases} \quad (4.8)$$



Şekil 4.5 Yamuk sayıların komşuluğu (Yaralıoğlu, 2005).

4.4 Bulanık Sayılar

Bir bulanık sayı, değerleri az çok belirsiz olan bir sayıyı ifade eder. Bulanık sayılar gerçek doğrudan sayılar olan özel bir tür bulanık kümedir. (Siler ve Buckley, 2005). Daha açık bir ifadeyle bulanık sayılar, üyelik fonksiyonu parçalı sürekli olan gerçek doğrunun konveks normalleştirilmiş bir bulanık kümesidir (Sakawa, 1993).

Basit bir tanımla başlayalım: Bir A bulanık kümesinin α -seviyesindeki altkümesi, U evrenindeki elemanların geleneksel kümesidir.

$$\mu_A(x) \geq \alpha \quad (4.9)$$

Bir bulanık sayı bahsedilen bir boyutlu U evreninde bir bulanık kümedir, öyle ki

- (a) α -seviyesindeki alt kümeler, $\alpha \uparrow 1$ şeklinde monoton azalan aralıklardır.
- (b) $\mu_A(x) = 1$ noktası için en az bir $x \in U$ olmalıdır.

Birinci gereklilik ile $\alpha_1 < \alpha$ eşitsizliği şu anlama gelmektedir:

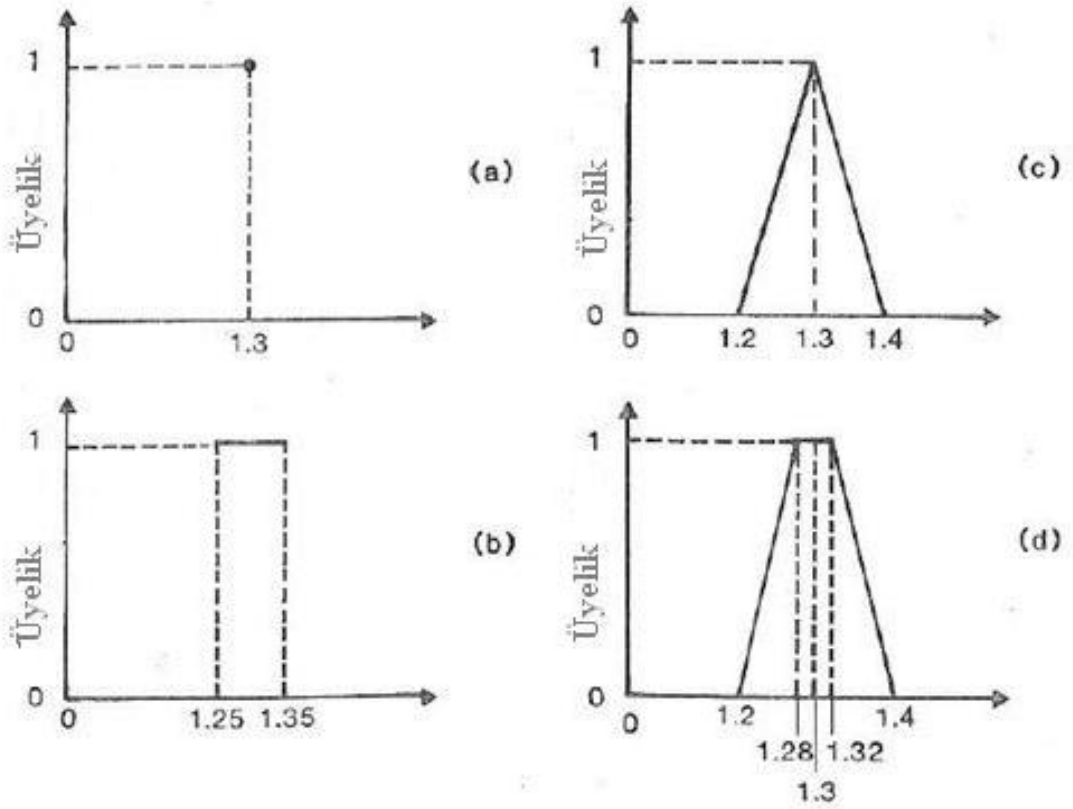
$$\{x | \mu_A(x) \geq \alpha_1\} \supset \{x | \mu_A(x) \geq \alpha_2\} \quad (4.10)$$

İkinci gereklilik, A 'nın üyelik fonksiyonunun en yüksek değeri 1 olmak zorundadır. Farz edelim $\tilde{a}$ bulanık sayısı geleneksel a sayısına takriben eşit sayılardan oluşmuş bir bulanık küme olsun. Bu durumda a geleneksel sayısı $\tilde{a}$ bulanık kümesine ait olur.

$$\mu_{\tilde{a}}(a) = 1 \quad (4.11)$$

Genelde, bir bulanık sayı sol tarafı 0'dan 1'e monoton artan, sonra 1 seviyesinde tek bir tepe noktası veya bir düzlüğü olan ve son olarak sağ tarafında 0'a monoton azalan bir üyelik fonksiyonuna sahiptir.

Bulanık sayıları ifade etmek için Şekil 4.6'da gösterilen üçgensel ve yamuk üyelik fonksiyonları en sık kullanılan şekiller olsa da, bazı uygulamalarda diğer şekiller tercih edilebilmektedir. Ayrıca bulanık sayıların üyelik fonksiyonları Şekil 4.6'daki gibi simetrik olmak zorunda değildir.



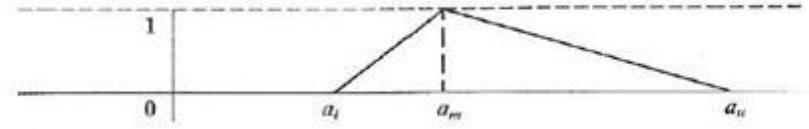
Şekil 4.6 Sırasıyla bir gerçek sayı ve geleneksel aralıklı bir bulanık sayı ile bir bulanık aralığın karşılaştırılması (Klir ve Yuan, 1995).

Şekil 4.6’da: (a) sıradan bir gerçek sayı, 1.3; (b) bir geleneksel kapalı aralık, $[1.25, 1.35]$; (c) “1.3’e yakın” önermesini ifade eden bir bulanık sayı; (d) bir bulanık aralık.

Bulanık sayılar herhangi bir şekilde olabilir ancak klasik olarak konveks, üçgensel ve yamuk bulanık sayılar en sık karşılaşılan bulanık sayılardır (Siler, Buckley, 2005). Tüm $\alpha \in (0,1]$ için herhangi bir bulanık sayının α -kesimi kapalı olmak zorunda olduğundan her bulanık sayı bir konveks bulanık kümedir. Fakat bazı konveks bulanık kümelerin α -kesimleri açık veya yarı açık aralık olabileceğinden bunun tersi doğru olmak zorunda değildir (Klir ve Yuan, 1995).

4.4.1 Üçgensel Bulanık Sayılar

Üçgensel bir $\tilde{a}$ bulanık sayısı üç parametre ile karakterize edilir: a_l alt değeri, a_m normal değeri ve a_u ise üst değeri ifade etmektedir. Üçgensel bulanık sayılar $\tilde{a} = (a_l, a_m, a_u)$ şeklinde gösterilir. (a_l, a_u) aralığı üçgenin tabanını oluşturmaktadır ve a_m tepe noktasının konumudur. a_m normal değeri a ’nın kesin değeriyle çakışmaktadır. $a_u - a_l$ taban uzunluğu (bulanık sayının genişliği) gerçekteki şartlara bağlıdır (Lootsma, 1997).



Şekil 4.7 Üçgensel bulanık sayı (Lootsma,1997).

4.4.2 Yamuk Bulanık Sayılar

Üçgensel bulanık sayılar kullanım bakımından kolaydır, ancak bazen daha muğlak miktarlarla çalışmak için daha karmaşık bir modele ihtiyaç duyulur. Bu durumda 4 parametre tarafından karakterize edilen yamuk bulanık sayılara başvurulabilir. Yamuk bulanık sayılar $\tilde{a} = (a_1, a_2, a_3, a_4)$ şeklinde ifade edilir.

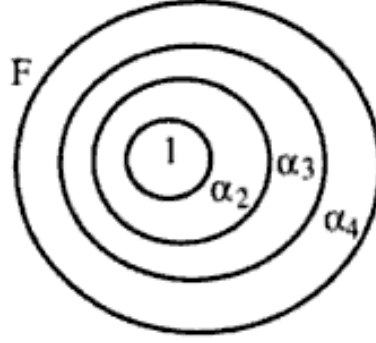
Yamuk bulanık sayılar üçgensel bulanık sayılara göre daha geneldir (Lootsma, 1997).

Yamuk bulanık sayılarla, α -seviyesi kullanılarak üyelik fonksiyonunun yamuk şeklini bazen yaklaşık olarak koruyan aritmetik işlemler kolayca tanımlanabilir.

4.4.3 α -Kesimleri

Bir A bulanık kümesinin α -seviyesindeki kümesi bir basit kümedir ve A_α şeklinde ifade edilir. A_α ’nın matematiksel gösterimi şu şekildedir (Sakawa, 1993):

$$\{x|\mu_A(x) \geq \alpha\}, \quad \alpha \in [0,1] \quad (4.12)$$



Üyelik dereceleri: $1 > \alpha_2 > \alpha_3 > \dots > \alpha_n$

Şekil 4.8 Bulanık kümelerin yatay görünümü: kesim seviyeleri (Dubois ve Prade, 2000).

A_α kümesi X 'teki üyelik değeri en az α kadar olan tüm x 'lerin derlemesidir. $A(0)$ 'ı ayrı tanımlamak gerekir, çünkü aksi halde tüm X 'ler olacaktır (Siler ve Buckley, 2005).

α değeri bulanık mantık terminolojisinde kesim katsayısı olarak da adlandırılır. a_1^α ve a_3^α sayıları a_2 normal değerinin komşuluğunu oluşturan aralığın alt ve üst sınır değerleridir. Başka bir deyişle a_1^α ve a_3^α aralığındaki tüm sayılar a_2 normal değeri ile aynı anlama sahiptir. a_1^α ve a_3^α değerleri (4.13) ve (4.14) formülleri kullanılarak bulunabilir (Yaralıoğlu, 2005).

$$\frac{a_1^\alpha - a_1}{a_2 - a_1} = \alpha \quad (4.13)$$

$$\frac{a_3 - a_3^\alpha}{a_3 - a_2} = \alpha \quad (4.14)$$

Bu formüllerden $\forall \alpha \in [0,1]$ için $A_\alpha = [a_1^\alpha, a_3^\alpha]$ aralığı oluşturulabilir. a_1^α ve a_3^α değerlerinin hesaplanması şu şekildedir (Yaralıoğlu, 2005):

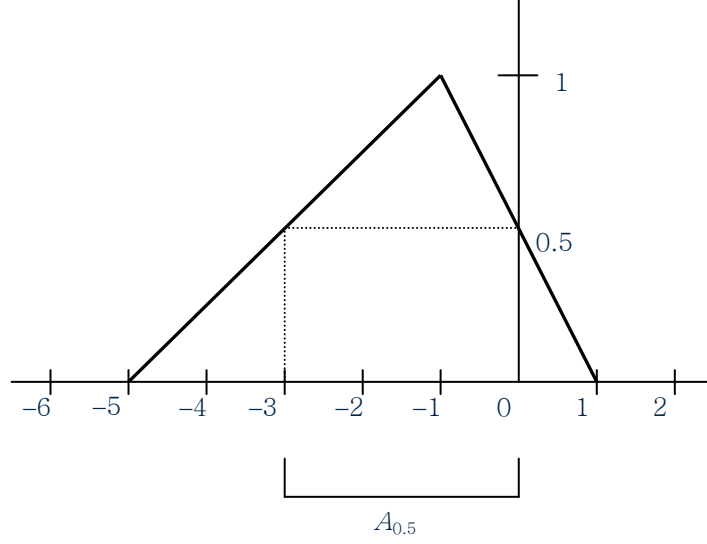
$$a_1^\alpha = \alpha(a_2 - a_1) + a_1 \quad (4.15)$$

$$a_3^\alpha = a_3 - \alpha(a_3 - a_2) \quad (4.16)$$

Örneğin üçgensel bulanık sayılarına ilişkin küme $A=(-5,-1,1)$ ise bu durumda üyelik fonksiyonu;

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x \leq -5 \\ \frac{x+5}{4}, & -5 \leq x \leq -1 \\ \frac{1-x}{2}, & -1 \leq x \leq 1 \\ 0, & x > 1 \end{cases} \quad (4.17)$$

olarak bulunur. Eğer α -kesim katsayısı 0,5 olarak saptanmışsa -1 normal değerinin komşuları $a_1^{0.5} = -3$ ve $a_3^{0.5}$ olarak bulunur. Yani, -1 normal değeri ile aynı anlam düzeyinde bulunan sayılar kümesi $[-3,0]$ aralığındadır. Söz konusu ilişki Şekil 4.9'da gösterilmiştir (Yaralıoğlu, 2005).



Şekil 4.9 $A=(-5,-1,1)$ kümesinin komşuluğu (Yaralıoğlu, 2005).

4.5 Bulanık Sayılarda Cebirsel İşlemler

4.5.1 Üçgensel Bulanık Sayılarda Cebirsel İşlemler

Üçgensel bulanık sayılarda iki üçgensel sayının toplama ve çıkarmasının sonucu yine bir üçgensel bulanık sayıdır; ancak iki üçgensel bulanık sayının çarpma ve bölmesinin sonucu daima bir üçgensel bulanık sayı olmayabilir. $\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3)$ ve $\tilde{B} = (b_1, b_2, b_3)$ iki pozitif üçgensel bulanık sayı ve r pozitif bir reel sayı olsun. Üçgensel bulanık sayılar kullanarak yapılacak temel aritmetik işlemler şöyle özetlenebilir:

Toplama:

$$\tilde{A} \oplus \tilde{B} = (a_1, a_2, a_3) \oplus (b_1, b_2, b_3) = (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3) \quad (4.18)$$

$$r + \tilde{A} = r + (a_1, a_2, a_3) = (r + a_1, r + a_2, r + a_3) \quad (4.19)$$

Çıkarma:

$$\tilde{A} \ominus \tilde{B} = (a_1, a_2, a_3) \ominus (b_1, b_2, b_3) = (a_1 - b_1, a_2 - b_2, a_3 - b_3) \quad (4.20)$$

$$r - \tilde{A} = r - (a_1, a_2, a_3) = (r - a_1, r - a_2, r - a_3) \quad (4.21)$$

Çarpma:

$$\tilde{A} \otimes \tilde{B} = (a_1, a_2, a_3) \otimes (b_1, b_2, b_3) = (a_1 \times b_1, a_2 \times b_2, a_3 \times b_3) \quad (4.22)$$

$$r \times \tilde{A} = r \times (a_1, a_2, a_3) = (r \times a_1, r \times a_2, r \times a_3) \quad (4.23)$$

Bölme:

$$\tilde{A} \oslash \tilde{B} = (a_1, a_2, a_3) \oslash (b_1, b_2, b_3) = (a_1 \div b_1, a_2 \div b_2, a_3 \div b_3) \quad (4.24)$$

$$r \div \tilde{A} = r \div (a_1, a_2, a_3) = (r \div a_1, r \div a_2, r \div a_3) \quad (4.25)$$

Ters İşlem:

$$\tilde{A}^{-1} = (a_1, a_2, a_3)^{-1} = \left(\frac{1}{a_3}, \frac{1}{a_2}, \frac{1}{a_1} \right) \quad (4.26)$$

4.5.2 Yamuk Bulanık Sayılarda Cebirsel İşlemler

Üçgensel bulanık sayılarla yapılan aritmetik işlemler yamuk bulanık sayılarla da yapılabilmektedir. Yamuk bulanık sayılarla yapılan toplama ve çıkarma işlemlerinin sonucu da yine bir yamuk bulanık sayıdır; ancak çarpma ve bölme işlemlerinin sonucu için böyle bir zorunluluk yoktur.

$\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3, a_4)$ ve $\tilde{B} = (b_1, b_2, b_3, b_4)$ iki pozitif yamuk bulanık sayı ve r pozitif bir reel sayı olmak üzere, yamuk bulanık sayılar kullanılarak yapılacak temel aritmetik işlemler şöyle özetlenebilir:

Toplama:

$$\tilde{A} \oplus \tilde{B} = (a_1, a_2, a_3, a_4) \oplus (b_1, b_2, b_3, b_4) = (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3, a_4 + b_4) \quad (4.27)$$

$$r + \tilde{A} = r + (a_1, a_2, a_3, a_4) = (r + a_1, r + a_2, r + a_3, r + a_4) \quad (4.28)$$

Çıkarma:

$$\tilde{A} \ominus \tilde{B} = (a_1, a_2, a_3, a_4) \ominus (b_1, b_2, b_3, b_4) = (a_1 - b_1, a_2 - b_2, a_3 - b_3, a_4 - b_4) \quad (4.29)$$

$$r - \tilde{A} = r - (a_1, a_2, a_3, a_4) = (r - a_1, r - a_2, r - a_3, r - a_4) \quad (4.30)$$

Çarpma:

$$\tilde{A} \otimes \tilde{B} = (a_1, a_2, a_3, a_4) \otimes (b_1, b_2, b_3, b_4) = (a_1 \times b_1, a_2 \times b_2, a_3 \times b_3, a_4 \times b_4) \quad (4.31)$$

$$r \times \tilde{A} = r \times (a_1, a_2, a_3, a_4) = (r \times a_1, r \times a_2, r \times a_3, r \times a_4) \quad (4.32)$$

Bölme:

$$\tilde{A} \oslash \tilde{B} = (a_1, a_2, a_3, a_4) \oslash (b_1, b_2, b_3, b_4) = (a_1 \div b_1, a_2 \div b_2, a_3 \div b_3, a_4 \div b_4) \quad (4.33)$$

$$r \div \tilde{A} = r \div (a_1, a_2, a_3, a_4) = (r \div a_1, r \div a_2, r \div a_3, r \div a_4) \quad (4.34)$$

Ters İşlem:

$$\tilde{A}^{-1} = (a_1, a_2, a_3, a_4)^{-1} = \left(\frac{1}{a_4}, \frac{1}{a_3}, \frac{1}{a_2}, \frac{1}{a_1}\right) \quad (4.35)$$

4.6 Bulanık Mantığın Avantaj ve Dezavantajları

4.6.1 Bulanık Mantığın Avantajları

- Bulanık teori dildeki “sübjektif” belirsizliğin üstesinden gelecek bir çerçeve sağlamaktadır. Bu tür bir belirsizlik ilk kez bulanık teoride ele alınmıştır.
- Bulanık teori yeni bir bilgi işleme metodu sunmaktadır. İnsanoğlu başkalarıyla iletişim kurmak için bilgisinin bir ifadesi olan dili kullanmaktadır. Bulanık teori sayesinde bilgiyi bilgisayarda ifade edebilme olanağı doğmuştur.
- En önemlisi, bulanık teori insanlar ve bilgisayarlar arasında bir ara yüz sağlamıştır. İnsan – bilgisayar etkileşimlerindeki anlaşmazlığı azaltmaya yardımcı olmuştur (Mukaidono, 2001).
- Günlük hayatta olduğu gibi belirsiz, zamanla değişen, karmaşık, iyi tanımlanmamış sistemlerin denetimine basit çözümler getirir.
- Bulanık mantıkta işaretlerin bir ön işleme tabi tutulmaları ve oldukça geniş bir alana yayılan değerlerin az sayıda üyelik fonksiyonlarına indirgenmeleri nedeni ile bulanık denetim genellikle daha küçük bir yazılımla daha hızlı bir şekilde sonuçlanır.
- Bulanık mantık denetiminin sağladığı bir diğer avantaj ise doğrudan kullanıcı girişlerine ve kullanıcının deneyimlerinden yararlanabilmesine olanak sağlamasıdır (Yaralıoğlu, 2005).
- Uygulanması oldukça basittir (Dereli, 2000).
- Keskin sınırları olmayan kümeler, bulanık kümeler kullanılarak kolaylıkla modellenebilir.
- Bulanık mantık uzman bilgisini kullanmaya imkan sağlar, bu bilgiyi tutarlı ve yapısal bir yolla işleme yeteneğine sahiptir.
- Sözel değişkenlerin ve tam olarak ifade edilemeyen verilerin olduğu problemler bulanık mantık sayesinde belirli değişkenler haline getirilerek çözülebilir (Toktaş ve Aktürk, 2004).

- Bulanık mantık karmaşık lineer olmayan fonksiyonları modelleyebilir.
- Bulanık mantığın anlaşılması kolaydır; dayandığı matematiksel teori basittir (Yılmaz ve Arslan, 2005).

4.6.2 Bulanık Mantığın Dezavantajları

- Üyelik fonksiyonlarının seçiminde belirli bir yöntem yoktur. En uygun fonksiyon deneme ile bulunur; bu da oldukça uzun bir zaman alabilir.
- Kararlılık analizi yapılamaz ve sistemin nasıl cevap vereceği önceden kestirilemez. Yapılabilecek tek şey benzetim çalışmasıdır (Yaralıoğlu, 2005)
- Bulanık mantık uzman kişilerin görüş ve tecrübelerine gereksinim duyar (Yılmaz ve Arslan, 2005).

5. HEDEF PROGRAMLAMA

Çoğu alanda çok amaçlı problemler doğal olarak ortaya çıkmaktadır ve bunların çözümü araştırmacıları uzun zamandır uğraştırmaktadır. Bu problemlerin üstesinden gelmek için yöneylem araştırması ve diğer alanlarda hatırı sayılır çeşitlilikte teknikler geliştirilmiş olmasına karşın, çözümlerin karmaşıklığı alternatif yaklaşımlara ihtiyaç duyar (Coello vd, 2007).

Uygulamalarda çok amaçlı doğrusal programlama problemlerini çözmek için en popüler yaklaşım hedef programlamadır. Çünkü basittir ve çatışan amaçların sezgisel çözümü bulunabilir. Bununla birlikte, hedef programlama doğrusal programlama yaklaşımlarının basit bir uzantısıdır (Lai ve Hwang, 1994).

Hedef programlamanın ana fikri; bir veya birden çok amaç fonksiyonu için önceden tanımlanmış bir hedef değeri elde edecek çözümler bulmaktır. Eğer önceden belirlenen hedefleri tüm amaç fonksiyonlarında yakalayan bir çözüm yoksa, hedeflerden sapması minimum olan çözümler bulmaktır. Öte yandan, eğer arzu edilen hedefleri yakalayan bir çözüm varsa, hedef programlamanın görevi, bu belirli çözümü saptamaktır. Bu görev, tatmin edici karar verme (satisficing decision making) yaklaşımındaki ile kısmen benzerdir ve elde edilen çözüm optimal bir çözümden farklı olabilecek, tatmin edici bir çözümdür (Deb, 2001).

5.1 Hedef Programlamanın Tarihsel Gelişimi ve Uygulama Alanları

Hedef programlama ilk olarak Charnes vd. (1955) tarafından tek amaçlı bir doğrusal programlama probleminin uygulamasında tanıtılmıştır. 1970'lerin ortalarına kadar hedef programlama uygulamalarına literatürde oldukça nadir rastlanmaktadır. Bununla birlikte, hedef programlamanın popüleritesini arttıran ilk uygulamalar Lee (1972, 1973), Lee ve Clayton (1972), Lee vd. (1978) ve Ignizio (1978) tarafından yapılmıştır. Yapılan bu uygulamalarla, hedef programlama sayısız alanda ilgi çekmeye başlamıştır. Hedef programlama popülerliğini büyük ölçüde kolay anlaşılabilir ve kolay uygulanabilir olmasına borçludur.

Charnes ve Cooper (1977), Zanakis ve Gupta (1985), Romero (1986, 1991) ve Schniederjans (1995) geniş bir kullanım alanından yüzlerce çalışmanın incelendiği araştırmalar yayınlamışlardır (Aouni ve Kettani, 2001). Romero (1991) bu tekniğin ayrıntılı bir gözden geçirmesini sunmuş ve hedef programlama tekniğinin mühendislik uygulamalarında gereğinden fazla kullanıldığını kaydetmiştir (Deb, 2001).

Hedef programlamanın gelişim aşamaları sırasında önce modelin genel yapısı ortaya konulmuş, daha sonra amaç fonksiyonunda öncelik kavramları üzerinde durulmuş, ardından önceliklere ait ağırlıklar ortaya konulmuştur (Alp, 2008).

Metodolojik gelişim konusunda, hedef programlamanın çok sayıda farklı uzantısından söz etmek mümkündür (Aouni ve Kettani, 2001); ağırlıklı HP, lexicographic HP, tamsayılı HP, nonlinear HP, stokastik HP, kesirli HP, interaktif HP, bulanık HP, şans kısıtlı HP, “MINMAX” HP ve aralıklı HP gibi.

Tamiz vd. (1998) hedef programlamanın, tüm zamanların en yaygın kullanılan çok kriterli karar verme tekniği olduğunu ifade etmektedir. Ho (2008) yaptığı literatür taramasında AHP ve AHP ile birleştirilmiş tekniklerin kullanıldığı çalışmaları incelemiştir. 1997’den 2006’ya kadar olan 10 yıllık süreçte yayınlanmış 66 makaleyi inceleyen Ho, AHP ile entegre edilmiş metotlar arasında en popüler ve dikkat çekici tekniğin, 16 makale ile AHP – HP tekniği olduğunu belirtmektedir.

Aouni ve Kettani (2001) hedef programlamanın temel uygulama alanlarını şu şekilde sıralamaktadır; üretim, tedarikçi seçimi, tesis yeri seçimi, endüstriyel uygulamalar, nakliye problemleri, muhasebe ve finansal kaynak yönetimi, pazarlama ve kalite kontrol, insan kaynakları, telekomünikasyon, tarım ve ormancılık, araç parkı yönetimi ve havacılık. Ayrıca, hedef programlamadaki ilginç bir gelişme, hedef programlamanın tahminler için istatistiksel bir araç olarak kullanımıdır. Yakın zamanda yapılan çalışmalar, hedef programlamayı geleneksel istatistiksel metotlara bir alternatif olarak önermektedir. Gerçekten de, hedef programlama, tahmin sürecinin modellenmesi için daha fazla esneklik sağlar.

Buffa ve Jackson (1983) fiyat, kalite ve teslimat hedeflerini göze alarak tedarikçileri değerlendirmek için hedef programlamanın kullanımını önermişlerdir. Sharma vd. (1989) ise tedarikçi seçimi için talep ve bütçe kısıtları altında fiyat, kalite ve temin süresi hedeflerini sağlayan bir hedef programlama modeli geliştirmişlerdir.

Lee ve Kwak (1999) HP ve AHP yaklaşımlarını birleştirerek, sağlık hizmetlerinde kaynak dağıtım problemi kullanmışlardır. Modelde insan kaynakları ve bütçe göz önüne alınmıştır. AHP kullanılarak elde edilen bağıl önem ağırlıkları HP modelinin amaç fonksiyonuna dahil edilmiştir. Kim vd. (1999) ise çeşitli nükleer yakıt çevrim senaryolarının göreceli önem ağırlıklarını değerlendirmek için AHP kullanmışlardır. Elde edilen ağırlıkları, ağırlık faktörü olarak hedef programlama modelinin ağırlık faktörü olarak amaç fonksiyonuna ilave etmişlerdir. Önerilen modelde çevresel etkiler, maliyet hassasiyeti, ekonomi, enerji güvenliği, teknolojik fizibilite ve uluslararası ilişkiler gibi faktörler hesaba katılmıştır. Wang

vd. (2004, 2005) tedarikçi seçimi probleminde benzer bir yaklaşım kullanmışlardır. Tedarikçi alternatiflerini maliyetlerine, mal varlıklarına, teslimat güvenliklerine, esneklik ve cevap verebilme yeteneklerine dayanarak değerlendirmişlerdir

Zhou vd. (2000) bir petrokimya firmasının çizelgeleme problemiyle başa çıkmak için birleştirilmiş bir AHP – HP yaklaşımı kullanmışlardır. Ele alınan problemde dört hedefin - ekonomik sürdürülebilirlik, kaynaklar sürdürülebilirlik, sosyal sürdürülebilirlik ve çevresel sürdürülebilirlik- öncelik sıralamalarını bulmak için AHP metodundan yararlanmışlardır. Ardından, bulunan öncelik sıralamalarına göre hedef programlama modeli formüle edilmiştir.

Dağdeviren ve Eren (2001) tedarikçi seçiminde AHP ve 0-1 Hedef programlama yaklaşımlarını kullanmışlardır. Çalışmalarında literatürde en sık kullanılan kalite, performans, maliyet ve teknoloji kriterlerini göz önüne almışlardır. AHP ile birbirinden farklı kriterlerin beraber değerlendirilmesini sağlarlarken, 0-1 Hedef programlama ile de firmanın koyduğu hedefleri formüle edip siparişin hangi tedarikçilere verileceğini bulmuşlardır.

Hajidimitriou ve Georgiou (2002) uluslararası ortaklıklarda adayları değerlendirip optimal ortakları seçebilmek için hedef programlama tekniğine dayanan kantitatif bir model sunmuşlardır.

Kwak vd. (2005) dijital cihazlar üreten bir Kore firması için en iyi medya reklamı kombinasyonunu değerlendirip belirlemek için AHP – HP yaklaşımından faydalanmışlardır. Önerdikleri yaklaşımda hedef programlama modelinde kullanacakları genel göreceli önemleri AHP ile belirlemişlerdir. Hedefler; reklamın etkileri, müşteri ilişkileri ve kaynak dağıtım gibi kriterlere göre değerlendirmişlerdir.

Selim vd. (2008) tedarik zincirinde işbirlikçi üretim ve dağıtım planlama problemi için bir çok amaçlı doğrusal programlama modeli geliştirmişlerdir. Daha gerçekçi bir model yapısı sağlamak ve işbirliği planı konularını modele yansıtmak için bulanık hedef programlama yaklaşımını kullanmışlardır. Farklı tedarik zinciri yapılarına uygulanabilirliğini incelemek için varsayımsal değerlerle hesaplamalar yapmışlardır.

Alp (2008) doğrusal hedef programlama tekniğini kullanarak otobüsle toplu taşıma sisteminin optimizasyonunu amaçlayan bir model önermiştir. Uygulama bölümünde ise İETT'nin Kağıthane garajından elde edilen verilerle önerilen model denenmiştir.

Lee vd. (2009) TFT-LCD ekranı üreten bir firmaya tedarikçi seçimi için bir çok amaçlı hedef programlama modeli geliştirmişlerdir. Öncelikle maliyet, verim ve tedarikçi sayısı gibi faktörlerin, uzmanların da fikirleri alınarak, bulanık AHP tekniğini yardımıyla önemleri

belirlenmiştir. Ardından çok seçenekli hedef programlama kullanılarak çeşitli kaynakların sınırlılığını dikkate almışlar ve kısıtlarını formüle etmişlerdir. Önerilen model sadece çok seçenekli hedefleri, karar verme tutumunu ve kaynakların sınırlılığını hesaba katmakla kalmayıp, aynı zamanda seçilen tedarikçiler arasında sipariş dağıtımını da yapabilmektedir.

Liao ve Kao (2010) Taguchi Kayıp Fonksiyonu, Analitik Hiyerarşi Süreci ve Çok Seçenekli Hedef Programlama yaklaşımlarını birleştirerek bir tedarikçi seçim modeli geliştirmişlerdir. Önerilen metot karar vericilerin karar kriteri çoklu istek seviyeleri belirlemelerine olanak sağlamaktadır.

5.2 Hedef Programlamanın Yapısı

5.2.1 Amaçlar

Amaçlar, kriterlerin karar vericilerin arzuları doğrultusunda yönlendirilmiş şekli olarak tanımlanabilir (Evren ve Ülengin, 1992). Başka bir deyişle; amaçlar, karar vericilerin problemin çözümünden elde etmek istedikleri sonuçları ifade etmektedir. Amaçlar aynı doğrultuda olabileceği gibi, birbirleriyle zıt yönde de olabilmektedir.

5.2.2 Hedefler

Hedefler, amaçların daha da somutlaştırılarak belirli değerlere dönüşmüş şekilleri olarak tanımlanabilir (Evren ve Ülengin, 1992). Hedef programlamada belirlenen sayısal hedefler probleme kısıt olarak eklenmektedir.

5.2.3 Karar Değişkenleri

Bir karar verme durumunda ilgilenilen sistem dikkatli bir şekilde gözlemlenir ve değerleri kontrol edilebilen ve sistemin performansını etkileyen parametreler belirlenir. Bu parametreler yöneticilerin kontrolü altındadır ve karar değişkenleri olarak adlandırılır (Koçak, 2007). Karar değişkenleri, değeri belirlenmek istenen, bilinmeyen değişkenlerdir.

5.2.4 Sapma Değişkenleri

Belirlenen hedefin ne kadar altında kaldığını veya üzerine çıkıldığını gösteren değişkenlerdir. i. hedeften pozitif yönde olan sapma d_i^+ şeklinde; i. hedeften negatif yönde olan sapma ise d_i^- şeklinde gösterilir. Hedeften aynı anda hem pozitif sapma, hem de negatif sapma olamayacağı için iki sapma değişkeninden en az biri “0” olacaktır.

5.2.5 Sistem Kısıtları

Teknolojik, yapısal ya da sistem kısıtlayıcıları, probleme ilişkin geliştirilen ve hedef programlama modellerinde de tam olarak sağlanması gereken ve hiçbir sapmaya izin verilmeyen kısıtlayıcılardır (Öztürk, 2007).

5.2.6 Hedef Kısıtları

Karar vericinin ulaşmayı istediği veya gerekli gördüğü hedefler, hedef programlama modeline hedef kısıtlayıcıları olarak aktarılır. Bu kısıtlayıcılar, sistem kısıtlayıcılarına göre daha esnek bir yapıya sahiptirler (Alp, 2008).

5.2.7 Başarı Fonksiyonları

Hedef programlama modelinde her bir amaç için belirlenen hedeften olabilecek sapmaları en küçükleyen fonksiyonlara başarı fonksiyonları adı verilir (Alp, 2008).

5.2.8 Amaç Fonksiyonları

Hedef programlama modelindeki tüm başarı fonksiyonlarının ağırlıklarıyla ya da öncelik seviyeleriyle birlikte yazılarak, bunların genel toplamının bulunmasıyla elde edilen fonksiyondur.

5.3 Hedef Programlamanın Formülasyonu

Hedef programlama, çok amaçlı optimizasyon problemlerinin çözümü için özel tasarlanan ilk tekniklerden biridir. Bu metotta, karar verici başarılmak istenen her amaç için hedefler atamak zorundadır. Bu değerler ilave kısıtlar olarak probleme dahil edilmektedir. Ardından amaç fonksiyonunun belirlenen hedeften olan mutlak sapmaları minimize edilmeye çalışılır.

Hedef programlama metodunun en basit hali şu şekilde formüle edilebilir (Coello vd., 2007):

$$\min \sum_{i=1}^k |f_i(x) - T_i| ; \quad x \in \Omega \quad (5.1)$$

Burada T_i karar verici tarafından i . amaç fonksiyonu $f_i(x)$ için belirlenen hedefi göstermektedir. Ω ise fizibil bölgeyi ifade etmektedir. Kriter, hedef değerler ve başarılan değerlerin arasındaki farkın mutlak değer toplamının minimizasyonudur. Hedef programlama amaç fonksiyonunun daha genel bir formülasyonu, $|f_i(x) - T_i|$ sapmasının p . kuvvetinin

ağırlıklandırılmış bir toplamıdır. Böyle bir formülasyona genelleştirilmiş hedef programlama adı verilir.

Denklem (5.1)'e tekrar bakılırsa, amaç fonksiyonu non-lineerdir ve simpleks metodu sadece denklem doğrusal forma dönüştürüldükten sonra uygulanabilmektedir. Bu yüzden hedef programlama, doğrusal programlamanın özel bir türüne indirgenir. Bu dönüştürmede, yeni değişkenler d_i^+ ve d_i^- şu şekilde tanımlanır:

$$d_i^+ = \frac{1}{2} \{|f_i(x) - T_i| + |f_i(x) - T_i|\} \quad (5.2)$$

$$d_i^- = \frac{1}{2} \{|f_i(x) - T_i| - |f_i(x) - T_i|\} \quad (5.3)$$

Bu denklemleri ekleyerek ve çıkartarak aşağıdaki denk doğrusal formülasyon bulunabilir:

$$\min Z_0 = \sum_{i=1}^k (d_i^+ + d_i^-), \quad (5.4)$$

ş.k.g.

$$x \in \Omega \quad (5.5)$$

$$f_i(x) - d_i^+ + d_i^- = T_i \quad (5.6)$$

$$d_i^+, d_i^- \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, k \quad (5.7)$$

Aynı anda belirlenen hedefin hem altında kalınıp, hem de üzerine çıkılamayacağı için sapma değişkenlerinin en az bir tanesi 0 olmak zorundadır. Yani;

$$d_i^+ \cdot d_i^- = 0 \quad (5.8)$$

Minimize etmeye çalıştığımız gevşek (slack) değişkenler bazı kısıtlara uygun olmalıdır:

$$d_i^+ \text{ ve } d_i^- \geq 0, \quad (5.9)$$

$$d_i^+ \times d_i^- = 0 \quad i \in \{1, \dots, k\} \quad (5.10)$$

$\vec{F}$ hedefine ulaşılabilecek yöne bağlı olarak d_i^+ ve d_i^- değişkenlerinin çeşitli kombinasyonlarının minimize edilmesi denenebilir Collette ve Siarry, 2003). Bu kombinasyonlar Çizelge 5.1'de verilmiştir.

Çizelge 5.1 Gevşek (Slack) değişkenlerin çeşitli kombinasyonları (Collette ve Siarry, 2003).

Durum	Değişken Değeri	Değişken
i hedefine daha yüksek değerler kullanarak ulaşılmak isteniyorsa	Pozitif	d_i^+
i hedefine daha düşük değerler kullanarak ulaşılmak isteniyorsa	Negatif	d_i^-
Hedefe tam olarak ulaşılmak isteniyorsa	Değersiz	$d_i^+ + d_i^-$

Bazen bir hedefin üzerine çıkılmak veya altında kalmak tercih edilebilmektedir. Böyle durumlarda bir güvenilirlik ifadesi olarak hedefin üzerine çıkmak daha çok arzulanmaktadır. Sapmalardaki bu tercihi yaparken, karar verici her bir T_i hedefi için pozitif ve negatif sapmalara sırasıyla w_i^+ ve w_i^- bağıl ağırlıklarını atayabilmektedir. Eğer bir minimizasyon problemi değerlendiriliyorsa, w_i^+ 'yı w_i^- 'den büyük seçmek hedefin altında bir sonucun tercih edildiğini ifade etmektedir (Coello vd., 2007).

Bunun yanında hedef programlama, birbiriyle çakışan çoklu hedeflerin olduğu durumlarda çözüm esnekliği sağlamaktadır. Çoklu hedefler önemlerine göre sıralanabilir. Bu, bir öncelik faktörünü hedeflerle ilgili sapma değişkenlerine atayarak gerçekleştirilebilir. Bu yönteme lexicographic hedef programlama adı verilir.

Her iki yöntem de çok sayıda amaç fonksiyonunun tek bir amaç fonksiyonu gibi temsil edilmesine dayanır. Fakat bu iki yöntem aynı çözümü üretmez, bu bakımdan birbirinden farklıdır. Bununla birlikte, yöntemlerden her biri belirli karar verme tercihlerini karşılamak için tasarlanmış olduğundan, ikisinden herhangi birinin daha üstün olduğu ileri sürülemez (Taha, 2000).

5.3.1 Öncelikli (Lexicographic) Hedef Programlama

Bu yaklaşımda farklı hedefler çeşitli sonsuz öncelik seviyelerine sınıflandırılırlar. Düşük öncelik seviyeli bir hedef, yüksek öncelik seviyeli bir hedefe göre çok daha önemlidir. Bu yüzden, ikinci seviye öncelikli hedefleri dikkate almadan önce birinci seviye öncelikli hedeflerin yerine getirilmesi önemlidir. Bu yaklaşıma eleştiriler bulunmasına rağmen, bazı araştırmacılar hedefleri bu şekilde ele almanın en kullanışlı yöntem olduğunu öne sürmektedir (Ignizio, 1978).

Lexicographic metod çok sezgisel bir metottur. Bu metotta amaç fonksiyonları birer birer değerlendirilerek, tek amaçlı bir optimizasyon probleminin minimizasyonu şeklinde problemin çözümü aşamalı olarak yapılır (Collette ve Siarry, 2003).

Amaçlar karar verici tarafından önem sırasına göre sıralanır. Ardından en önemliden başlanıp sırayla devam edilerek amaç fonksiyonları minimize edilerek optimum çözüm x^* elde edilir.

Amaçların indislerinin sadece amaç fonksiyonunun numarası olmadığını, aynı zamanda amacın önceliği olduğunu varsayalım. Böylece $f_1(x)$ ve $f_k(x)$ sırasıyla en önemli ve en önemsiz amaçlar olacaktır. Bu durumda birinci problem şöyle formüle edilir (Coello vd., 2007):

$$\min. f_1(x) \quad (5.11)$$

ş.k.g.

$$g_j(x) \leq 0; \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (5.12)$$

çözümünde x_1^* ve $f_1^* = f(x_1^*)$ elde edilir. Ardından ikinci problem şu şekilde formüle edilir:

$$\min. f_2(x) \quad (5.13)$$

ş.k.g.

$$g_j(x) \leq 0; \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (5.14)$$

$$f_1(x) = f_1^* \quad (5.15)$$

çözümünde x_2^* ve $f_2^* = f(x_2^*)$ elde edilir. Bu prosedür k tane amacın tümü değerlendirilene kadar tekrarlanır. i . problem şu şekilde verilir:

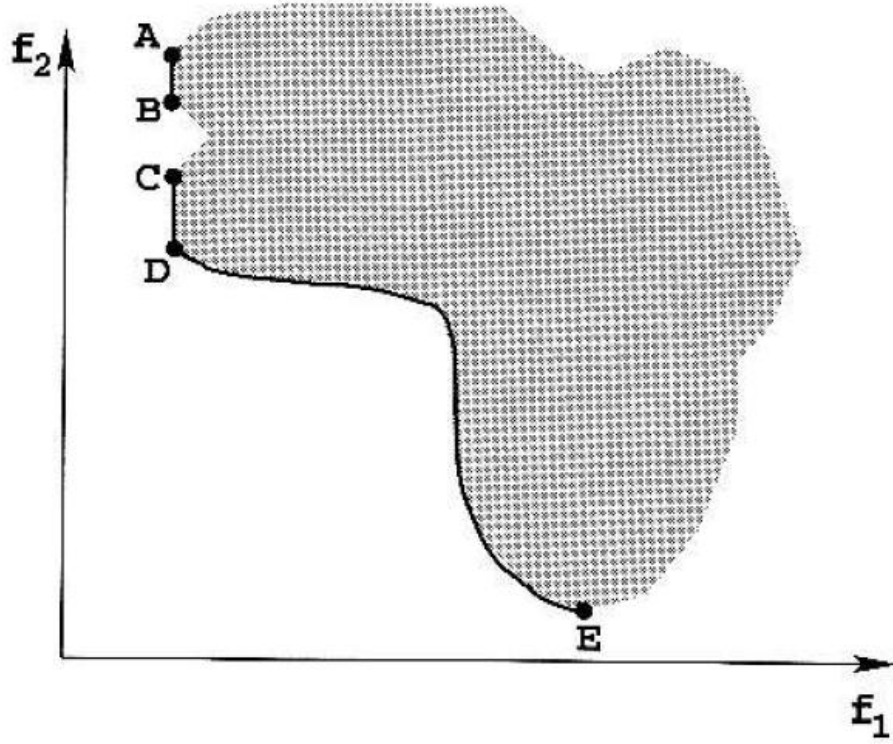
$$\min. f_i(x) \quad (5.16)$$

ş.k.g.

$$g_j(x) \leq 0; \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (5.17)$$

$$f_l(x) = f_l^*, \quad l = 1, 2, \dots, i - 1 \quad (5.18)$$

En sonunda elde edilen sonuç, yani x_k^* problemin arzu edilen x^* sonucudur.



Şekil 5.1 Lexicographic hedef programlama yaklaşımı (Deb, 2001).

Lexicographic hedef programlama yaklaşımının çalışma prensibi Şekil 5.1’de gösterilmiştir. Eğer f_1 hedefi f_2 hedefinden daha önemliyse, f_2 ’yi yok sayıp, problemi f_1 ile minimize ederiz. Birinci seviye hedef programlamada, AB ve CD’de çoklu çözümler bulunmalıdır. Bu probleme ait birden çok çözüm var olduğu için, f_2 ’nin minimize edileceği ikinci seviye optimizasyona geçeriz. Arama, birinci seviye hedef programlamada bulunan çözümler arasında sınırlandırılmıştır. İkinci seviye hedef programlamanın çözümü, f_2 ’nin AB ve CD’deki tüm çözümler arasındaki minimum çözümü olan D’dir. Bu yüzden, D çözümü lexicographic hedef programlamanın genel çözümüdür. Eğer f_2 ’nin f_1 ’den daha önemli olduğunu kabul etseydik, çözüm E birinci seviye optimizasyonun tek optimum çözümü olurdu ve prosedür orada dururdu. Çözüm E lexicographic hedef programlamanın genel çözümü olarak kabul edilirdi (Deb, 2001).

5.3.2 Ağırlıklı Hedef Programlama

Ağırlıklı hedef programlama tekniğinde, tek bir amaç fonksiyonu problemin hedeflerini temsil eden fonksiyonların ağırlıklandırılmış toplamı haline getirilir.

n hedefli hedef programlama modelinin i . hedefinin aşağıdaki gibi verildiğini varsayalım:

$$\min. G_i, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (5.19)$$

Ağırlıklandırma yönteminde kullanılan birleştirilmiş amaç fonksiyonu

$$\min. z = w_1 G_1 + w_2 G_2 + \dots + w_n G_n \quad (5.20)$$

şeklinde tanımlanır. Burada w_i , $i=1, 2, \dots, n$, her bir hedefin göreceli önemiyle ilgili karar vericinin tercihlerini yansıtan pozitif ağırlıklardır. Örneğin tüm i 'ler için $w_i =1$, bütün hedeflerin eşit ağırlık taşıdığını gösterir. Bu ağırlıkların özgül değerlerinin belirlenmesi öznel bir konudur. Nitekim literatürde geliştirilmiş olan karmaşık görünüşlü analitik prosedürler de her zaman öznel değerlendirmeleri temel almıştır (Taha, 2000).

5.3.3 İnteraktif Metotlar

Minimum önsel bilginin gerek duyulduğu bir takım interaktif metotlar mevcuttur. Örneğin, daha problemi çözmeye başlamadan, hedeflere ilişkin bir değer fonksiyonunu bilmeye gerek yoktur. Bu yaklaşımların temel bakış açısı, optimizasyon süreci esnasında, karar vericinin zaman zaman araştırmanın yönü, ağırlık vektörü, referans noktaları ve diğer faktörler hakkında bilgi sağlayarak dahil olması yönündedir. Karar verici optimizasyon sürecine dahil olduğu için, bu teknikler uygulamada popüler hale gelmişlerdir. Bunun yanında, aynı nedenlerden dolayı, bu yaklaşımlar basitliklerini kaybetmektedirler. En popüler metotlardan bazıları şöyledir (Deb, 2001).

- Adım Metodu
- Referans Noktası Metodu
- Tahmin Metodu
- Işık Demeti Arama

5.4 Hedef Programlamanın Avantaj ve Dezavantajları

5.4.1 Hedef Programların Avantajları

- Çok karmaşık çözüm prosedürlerine ihtiyaç duyulmaz. Özellikle doğrusal hedef programlama problemleri uygun doğrusal programlama rutinleri ile kolaylıkla çözülebilir.
- Farklı hedeflere farklı ağırlıklar atanabilir (Nijkamp ve Spronk, 1978).
- Analiz boyunca karar vericinin problem hakkındaki bilgileri değiştikçe, ağırlıklar, istek seviyeleri veya öncelik sıralamaları değiştirilebilir (interaktif programlama) (Strager, 2005).

- Aynı öncelik düzeyleri haricinde, standart bir ölçü birimine gerek duyulmaz (Atlas, 2008).
- Hedef programlama çoklu hedeflere olanak sağlar. Ayrıca çakışan hedeflerde bile çözüm imkanı verir.
- Gevşek kısıtlara imkan tanır.
- Hedef programlamanın temel avantajlarından biri hesap etkinliğidir.
- Önceden belirlenmiş hedefler kullanıldığı için yaklaşımın uygulanması görece kolay ve esnektir.

5.4.2 Hedef Programların Dezavantajları

- Hedef değerlerin, ağırlıkların, öncelik sıralamalarının ve istek seviyelerinin karar verici tarafından belirlenmesi; dolayısıyla bunların sübjektif olması.
- Çoğu karmaşık problemde bu metodun gerek duyduğu doğru bilgilerin karar verici tarafından sağlanması çok zordur, hatta imkansızdır.
- Yararsız çözümler üretilmesine bir eğilim vardır, hedef programlama yaklaşımı etkili bir sonuç bulmak için ek bilgileri kullanmayı denemez (Strager, 2005).
- Ağırlıkları ve amaç değerlerini homojen hale getirecek bir yola ihtiyaç vardır.
- Hedeflerin öncelik sıraları veya ağırlıkları karar vericiden karar vericiye değişmektedir.
- Bazı durumlarda konkavlıkta gizlenen çözümlerin bulunamayabilir
- Genel amaç denklemini belirlemek karmaşıktır.
- Karar vericinin tutarlı hedefler ortaya koyabilmek için her bir hedefin değişim miktarlarını önceden kestirmesi gerekir. Bu gerçek hayatta eğer uygulanması imkansız değilse bile (CPU zamanı açısından) çok pahalı bir süreç olabilir.

5.5 Bulanık Hedef Programlama

Standart hedef programlama metodunda hedefler ve kısıtlar tam olarak tanımlanmaktadır. Fakat gerçek hayat oradaki gibi kesin değildir. İstek seviyesinin belirsiz olduğu bir amaç, bir bulanık hedef olarak kabul edilebilir (Jones vd, 2010).

Zadeh'in (1965) bulanık küme teorisi belirsizlikle başa çıkmak için kullanışlı bir araçtır. Narasimhan (1980) bulanık küme teorisiyle hedef programlamayı birleştirerek bulanık hedef programlama modelini sunmuştur. Hannan ise Narasimhan'ın modelini basitleştirerek denk bir doğrusal programlama modeline dönüştürmüştür (Hannan, 1981).

Hedef programlama içerisine bulanık küme teorisinin uygulanmasındaki en önemli avantaj karar vericinin bulanık hedef değerlerinin belirlenmesidir. Bu teknikteki bir diğer önemli avantaj, hedefler ve kısıtların tamamen simetrik olarak oluşturulmasıdır (Güneş ve Umarusman, 2002).

5.6 Bulanık Hedef Programlamanın Formülasyonu

Narasimhan (1980) bulanık hedefleri bulanık eşitlikler olarak kabul ederek, onları üçgensel üyelik fonksiyonları ile nitelemiştir. Zimmermann'ın bulanık doğrusal programlama modeli için geliştirdiği çözüm yaklaşımından esinlenen Narasimhan, bulanık hedef programlama modelinin çözümünü Zadeh'in bulanık karar kümesi kavramına dayanarak belirlemeye çalışmıştır. Bir doğrusal programlama dizisinin çözümünden oluşan Narasimhan yaklaşımında, oluşturulan alt problemlerden en yüksek λ değerini (üyelik derecesini) veren problemin çözümü, bulanık hedef programlama modelinin çözümü olarak kabul edilir (Özkan, 2002).

Hedef programlamayı sembolik olarak şu şekilde ifade edebiliriz (Lai ve Hwang, 1994):

$$x \text{ 'i bul} \quad (5.21)$$

ş.k.g.

$$Ax = b, \quad x \geq 0 \quad (5.22)$$

burada; b kullanılabilir kaynakların ve hedeflerin vektörü ve A teknik katsayılar ve birim fayda/maliyet matrisidir.

Karar verici hedeflerin ve kullanılabilir kaynakların kesin olarak belirlenmesinin imkansız olduğu kanısına varılabilir. Hedeflenen değer “ b ” yerine, “ b ’nin yakını” gibi dilsel bulanık bir ifade daha kabul edilebilir ve tatminkardır. Buradan hareketle bulanık dilsel hedeflerin olduğu bir hedef programlama şu şekilde formüle edilebilir:

$$x \text{ 'i bul} \quad (5.23)$$

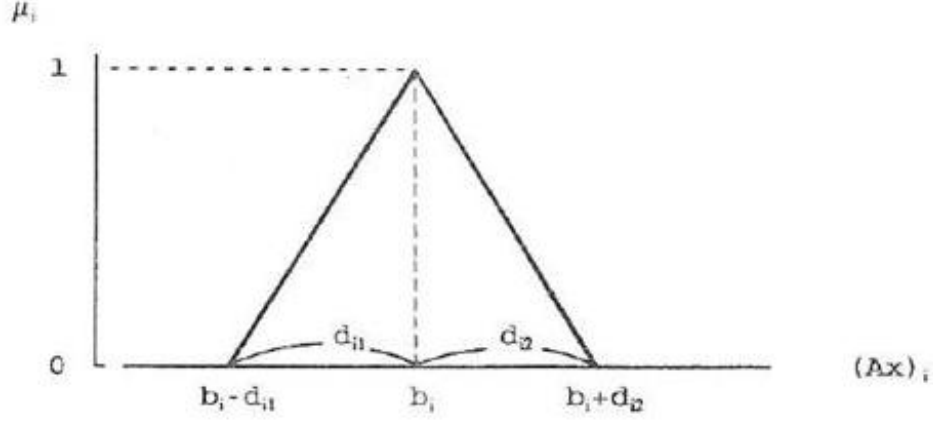
ş.k.g.

$$(Ax)_i = \tilde{b}_i, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (5.24)$$

$$x \geq 0 \quad (5.25)$$

burada; $\tilde{b}_i$, $\forall i$ için dilsel hedefleri ifade etmektedir. Mesela, “kar $\$b$ civarında olmalı” gibi.

Karar vericinin “ b_i ” hedef değerini kesin olarak belirleyemediği için bu değer çevresinde kabul edilebilir maksimum miktarda sapmalar oluşabilir. Bu sapmalar “ d_i ” olarak gösterilsin (Güneş ve Umarusman, 2002). Kesin olarak belirlenemeyen hedef ve kabul edilebilir maksimum sapma, üçgensel formda Şekil 5.2’de ifade edilmiştir:



Şekil 5.2 Bulanık hedefler için üçgensel üyelik fonksiyonu (Lai ve Hwang, 1994).

Bulanık eşitsizliğin üçgensel üyelik fonksiyonu $\mu_i(x)$ şu şekilde oluşturulur (Lai ve Hwang, 1994):

$$\mu_i(x) = \begin{cases} [(Ax)_i - (b_i - d_i)]/d_i, & b_i - d_i \leq (Ax)_i < b_i \\ [(b_i + d_i) - (Ax)_i]/d_i, & b_i \leq (Ax)_i \leq b_i + d_i \\ 0, & b_i + d_i < (Ax)_i \text{ veya } (Ax)_i < b_i - d_i \end{cases} \quad (5.26)$$

burada; d_i hedef değerden kabul edilebilir maksimum sapmalardır (sübjektif olarak belirlenen).

Üçgensel üyelik fonksiyonunda;

b_i : tercih edilen değer,

$b_i + d_i$: en iyimser değer,

$b_i - d_i$: en kötümser değerdir.

Öte yandan Yang, Ignizio ve Kim, Denklem (5.26)’da verilen üyelik fonksiyonuna sahip (5.24) denklemi için Zimmermann’ın bulanık programlama modelini kullanmışlardır ve aşağıdaki yardımcı modeli elde etmişlerdir (Lai ve Hwang, 1994):

$$\max \alpha \quad (5.27)$$

ş.k.g.

$$[(Ax)_i - (b_i - d_i)]/d_i \geq \alpha, \quad \forall i \quad (5.28)$$

$$[(b_i + d_i) - (Ax)_i]/d_i \geq \alpha, \quad \forall i \quad (5.29)$$

$$\alpha \in [0,1] \text{ ve } x \geq 0 \quad (5.30)$$

5.7 Bulanık Hedef Programlama Uygulamaları

Gerek hedef programlama, gerekse bulanık hedef programlama her geçen gün daha yaygın şekilde kullanılmaktadır. Bunun bir göstergesi olarak ScienceDirect veritabanındaki makale sayılarının yıllara göre değişimine göz atabiliriz. Örneğin, “goal programming” yazarak yapılan bir aramada 1960-1980 yılları arasında 3970 adet, 1981-1990 yılları arasında 11402 adet, 1991-2000 yılları arasında 18822 adet ve 2000-2010 yılları arasında 36847 adet çalışma karşımıza çıkmaktadır. “Fuzzy goal programming” şeklinde yazılarak arama yapıldığında ise 1960-1980 yılları arasında 127 adet, 1981-1990 yılları arasında 755 adet, 1991-2000 yılları arasında 1812 adet ve 2001-2010 yılları arasında 4923 adet çalışmayla karşılaşilmektedir.

Literatürde karşılaşılan farklı uygulama ve yaklaşımlardan bazılarına örnek vermek gerekirse; Lee ve Wen (1997) bir akarsu havzasındaki su kalitesinin yönetimi için bulanık hedef programlama yaklaşımını uygulamışlardır. Birbiriyle örtüşen hedefleri kapsayan su kalitesi yönetimi için eşit ve eşit olamayan ağırlıklı, öncelik sıralamalı ve öncelik sıralamasız bulanık hedef programlama modellerini kapsayan çeşitli modeller önermişlerdir.

Chen ve Tsai (2001) farklı önem ve öncelikleri birleştiren bir bulanık hedef programlama modeli önermişlerdir. Bunu, tüm bulanık hedeflerin başarıma derecelerinin toplamını maksimize etmek için ek bir model kullanarak gerçekleştirmektedirler. Önerilen model, karar vericinin her bir hedefin bağıl önemini açıkça göstermesi için bu hedeflere arzu edilen bir başarıma derecesi belirleyebilmelerine izin vermektedir. Ayrıca, karar vericinin öncelik sıralaması yapısını tek bir formülasyonda birleştirmektedir. Elde edilen sonuçlar hem öncelik sıralamasını hem de toplamda maksimum başarıma seviyesini karşılamaktadır.

Jones vd. (2010) bulanık hedef programlamayı hemşirelerin aylık çalışma çizelgelerini düzenlemek için kullanmışlardır. Önerdikleri model hem hastanenin hedeflerini, hem de hemşirelerin tercihlerini göz önüne almaktadır. Hastanenin hedefleri, her vardiyada yasaların belirlediği, uygun beceriye sahip minimum sayıdaki hemşireyi çalıştırırken aynı zamanda minimum ve maksimum çalışma saatlerini de dikkate almaktır. Hemşirelerin tercihleri ise gece veya gündüz çalışmakla ve nöbetçilikleriyle alakalıdır.

Özkan (2002) Bulanık hedef programlama modeline ilişkin çözüm yaklaşımlarını ele almıştır. Bir çarşaf fabrikasının üretim planlaması için bir bulanık hedef programlama modelini kullanmıştır.

Kumar vd. (2004) tedarikçi seçimi probleminin çözümü için bir bulanık hedef programlama yaklaşımı sunmuşlardır. Bir bulanık karışık tamsayı programlama modeli olarak formüle edilen tedarikçi seçim probleminde, üç temel hedef dikkate alınmıştır: net maliyetin minimizasyonu, reddedilen ürünlerin minimizasyonu ve geç teslimatların minimizasyonu. Ayrıca, gerçekçi bir durumu ifade edecek veriler kullanılarak önerilen modelin etkinliği gösterilmiştir.

Hu vd. (2007) çoklu öncelikleri birleştiren bir bulanık hedef programlama modeli için geliştirilmiş değişken tanım kümeli bir optimizasyon metodu önermektedir. Amaç fonksiyonunun üç olası tipine göre değişken tanım kümeli optimizasyon metodu belirlenmekte ve geliştirilmektedir. Bu metod sayesinde öncelik ne kadar yüksek olursa, tatmin derecesi de o kadar yüksek olmaktadır. Önerilen metodun gücü, örneklerle gösterilmektedir.

Famuyiwa vd. (2008) stratejik ortaklık şeklinde tedarikçi seçimi için bulanık mantık ve hedef programlamayı birleştiren bir metod önermişlerdir. Geliştirdikleri modeli açıklamak için bir örnek olay kullanmışlardır.

Özcan ve Toklu (2009) iki taraflı montaj hattı dengelemesindeki çok kriterli karar verme probleminin çözümü için bir hedef programlama ve bir bulanık hedef programlama modeli geliştirmişlerdir. Önerdikleri modeller, çok amaçlı iki taraflı hat dengeleme problemleri için geliştirilen ilk çok kriterli karar verme yaklaşımlarıdır. Modellerin esnekliği ve etkinliği örnek bir problem üzerinde gösterilmiştir.

6. ÇOK ÜRÜNLÜ, ÇOK AMAÇLI BULANIK HEDEF PROGRAMLAMA MODELİ

Bu bölümde tedarikçi seçimi için bir çok amaçlı bulanık hedef programlama modeli sunulacaktır. Ardından, uzman görüşlerinden yararlanılarak oluşturulan bir sayısal örnek ile önerilen modelin uygulaması yapılacaktır ve sonuçlar değerlendirilecektir.

Tedarikçi seçimi problemiyle alakalı literatürde çok sayıda yaklaşım ve uygulamalar mevcuttur. Bu problemin çözümü için çok kriterli karar destek sistemleri arasında en yaygın kullanılan metotlardan biri olan hedef programlama tekniği esas alınarak daha kapsamlı bir yaklaşım geliştirilmiştir. Gerçek hayatta karşılaşılan belirsizlik ortamını modele aktarabilmek için bulanık mantık ile hedef programlamanın birleşiminden meydana gelen bulanık hedef programlama tercih edilmiştir. Hedef programlamada kullanılan amaçların öncelik sıralamasını belirlemek için ise analitik hiyerarşi prosesi kullanılmıştır.

Uygulama kısmında üç müşteri, dört ürün çeşidi ve beş tedarikçinin olduğu bir tedarikçi seçim problemi ele alınmıştır. Her bir müşterinin, hangi tedarikçilerden hangi ürünleri ne miktarda alacağını belirlemek için yedi kritere göre bir değerlendirme yapılmıştır.

Literatürde tedarikçi seçimi probleminin çözümü için çeşitli hedef programlama modelleri sunulmuştur. Bu çalışmaların bir kısmı belirsizlik ve riskleri hesaba katmamaktadır. Bir kısmı da bunları hesaba katmasına karşın, tek bir amaç fonksiyonuna sahiptirler. Hem çok amaçlı olup, hem de belirsizlikleri ve çeşitli riskleri birlikte dikkate alan modeller ise çok nadirdir. Geliştirdiğimiz model hem belirsizliği ve riskleri hesaba dahil etmektedir, hem de yedi farklı amacı karşılamaktadır. Bu bakımdan önceki modellerden ayrılmaktadır. Ayrıca, bulanık mantık, hedef programlama ve analitik hiyerarşi prosesinin bir arada kullanılıyor olması da önerdiğimiz modelin üstün yanlarından biridir.

6.1 Problemin Tanımı

Uygulamada ele alınan tedarikçi seçim probleminde, aynı firmaya bağlı çamaşır makinesi üreten 3 farklı fabrikanın, satın alacakları 4 kalem ürün için 5 tedarikçi adayı arasından seçim yapılmak istenmektedir. Değerlendirme yaparken kalitatif ve kantitatif tedarikçi seçim risk faktörleri bir arada göz önüne alınmıştır. Kalitatif risk faktörleri; ekonomik çevre faktörlerini, performans faktörlerini, bakım desteği faktörlerini, garanti süresindeki problemlerin faktörlerini kapsamaktadır. Kantitatif risk faktörleri ise maliyet, reddedilen parça yüzdeleri ve geç teslim edilen parça yüzdelerini içermektedir.

Problemimizde, müşteri pozisyonunda üç ayrı çamaşır makinesi fabrikası vardır. Bu fabrikalar; İstanbul fabrikası, Bursa fabrikası ve Kayseri fabrikasıdır. Bu fabrikalar aynı

firmaya bağlı olmalarına rağmen beklentileri ve standartları birbirlerinden oldukça farklıdır. Örneğin, İstanbul fabrikası üst kalite ürünler üreten bir fabrikadır. Dolayısıyla diğer fabrikalara göre standartları daha yüksektir ve tedarik edeceği parçaları seçerken çok daha hassas davranmaktadır. Bu yüzden daha pahalı olmasına rağmen, daha kaliteli ürünler sunan tedarikçileri seçmektedir. Bu hassasiyeti reddedilen parça yüzdelerinde de görmek mümkündür. Mesela daha kaliteli ürünler ve hizmet sunan tedarikçilerinden aldıkları parçalarda daha düşük bir iade yüzdesi görülmektedir. İstanbul fabrikasının aylık üretim kapasitesi 20000 çamaşır makinesidir. Bursa fabrikasına değinecek olursak; Bursa fabrikası orta kalitedeki ürünler üreten bir fabrikadır. Standartları İstanbul fabrikası kadar yüksek olmamasına rağmen kalitesiz ürünleri ve hizmet kalitesi düşük tedarikçileri mümkün olduğunca tercih etmemektedir. Kalite standartlarıyla doğru orantılı olarak reddedilen parça yüzdeleri de İstanbul fabrikasına göre genellikle daha düşük çıkmaktadır. Bursa fabrikasının üretim kapasitesi üç fabrika arasında en yüksek olanıdır ve ayda 45000 çamaşır makinesidir. Firmanın üçüncü fabrikası ise Kayseri fabrikasıdır. Kayseri fabrikası firmanın diğer iki fabrikasına göre en düşük kalitedeki çamaşır makinelerini üreten fabrikasıdır. Aylık üretim kapasitesi 25000 çamaşır makinesi olan Kayseri fabrikasının kalite standartları pek yüksek değildir. Eğer diğer kriterleri sağlıyorsa, genellikle en uygun fiyat teklifini veren tedarikçiler tercih edilmektedir. Hatalara toleransı yüksek olduğu için, bazı istisnalar dışında satın aldığı ürünlerde en düşük iade yüzdeleri Kayseri fabrikasına aittir.

Tedarik edilecek ürünler olarak, bir çamaşır makinesinin başlıca parçalarından dördü olan termostat, pompa motoru, amortisör ve rulman seçilmiştir. Her bir çamaşır makinesinde 1 adet pompa motoru, 2'şer adet termostat ve amortisör ile 4 adet rulman bulunmaktadır. Bu yüzden satın alınacak parça sayıları farklılık göstermektedir. Çalışmada kullanılan müşteriler ve bu müşterilerin talep ettikleri ürünler Çizelge 6.1'de verilmiştir. Tabloda belirtilen ürün miktarları müşterilerin aylık parça taleplerini ifade etmektedir. Fabrikaların üretim miktarları belirlenirken İstanbul Ticaret Odası'nın aylık beyaz eşya üretim verilerinden yararlanılmıştır.

Çizelge 6.1 Müşterilerin ürünlere göre talepleri.

Müşteri \ Ürün	Termostat	Pompa motoru	Amortisör	Rulman
İstanbul fabrikası	40000	20000	40000	80000
Bursa fabrikası	90000	45000	90000	180000
Kayseri fabrikası	50000	25000	50000	100000

Problemde müşterilerin isteklerini karşılayacak 5 tedarikçi adayı bulunmaktadır: Kocaeli tedarikçisi, İzmir tedarikçisi, Konya tedarikçisi, İtalyan tedarikçi ve Çinli tedarikçi. Her bir tedarikçi adayının diğerlerine göre avantajlı ve dezavantajlı olduğu kriterler bulunmaktadır. Tedarikçi adaylarını yakından tanıyacak olursak; Kocaeli tedarikçisi, orta ve kısmen üst kaliteli ürünler ve hizmet sunmaktadır. İstanbul ve Bursa fabrikalarına yakın olması bu iki müşteri için Kocaeli tedarikçisine önemli bir avantaj sağlamaktadır. İzmir tedarikçisi de gerek ürün kalitesi, gerekse hizmet kalitesi olarak Kocaeli tedarikçisiyle aynı seviyededir. Bazı ürün ve kriterlerde İzmir tedarikçisi üstünlük sağlarken, bazılarında ise Kocaeli tedarikçisi rakibinin üzerine çıkmaktadır. Üçüncü tedarikçi adayı Konya tedarikçisidir. Konya tedarikçisi ürün ve hizmet kalitesi olarak ilk iki adayın gerisinde olsa da, kalitesiyle doğru orantılı olarak fiyat bakımından bazı durumlarda avantaj sağlayabilmektedir. Ayrıca, hem ürün ve hizmet kalitesinin, hem de coğrafi konumunun bir sonucu olarak Kayseri fabrikası için yerli rakiplerine göre önemli bir artıya sahiptir. Diğer bir tedarikçi İtalyan tedarikçidir. Bu tedarikçi, ürün ve hizmet kalitesi olarak diğer dört adaya bariz bir üstünlük kurmaktadır. Fakat bu üstünlüğü, birim maliyetinin yüksek olmasına sebep olmaktadır. Ayrıca gümrüklerde yaşanan gecikmeler sebebiyle geç teslimat yüzdeleri nisbeten yüksektir. Son tedarikçi adayımız Çinli tedarikçidir. Sanayinin her alanında olduğu gibi, çamaşır makinesi parçalarında da Çin malları karşımıza çıkmaktadır. Kalite bakımından rakiplerinin çok altında olmasına rağmen, birim maliyetlerinin çok düşük olması Çinli tedarikçiyi çekici kılmaktadır. Gümrük gecikmeleri Çinli tedarikçinin de bir dezavantajıdır.

Tedarikçileri değerlendirirken dikkate alınabilecek çok sayıda kriter vardır. Fakat tüm bu olası kriterlerin seçilmesi durumunda, problemin çözümü çok pahalı veya işin içinden çıkılmaz hale gelebilir. Bu nedenle, doğru kriterlerin belirlenip seçilmesi sürecin başarısı için kilit rol oynamaktadır. Bu çalışmada kullanılacak kriterlerin belirlenmesinde gerçek hayattaki koşulların önerilen modele mümkün olduğunca dahil edilebilmesi amaçlanmış ve uzman kişilerin görüşlerinden yararlanılmıştır. Belirlenen bu 7 kriter aşağıda açıklanmıştır:

- **Maliyet:** Tedarikçi seçimindeki en önemli kriter, şüphesiz sipariş maliyetidir. Bu kriterle, farklı fabrikalar tarafından satın alınacak parçalar için tedarikçiler tarafından belirlenen birim fiyatlar dikkate alınmıştır.
- **Kalite (Reddedilen Ürünlerin Miktarı):** Farklı müşterilerin tedarikçilerden farklı beklentileri olmaktadır. Maliyet her ne kadar önemli bir değerlendirme kriteri olsa da, satın alınan ürün müşterinin beklentilerini karşılamıyorsa yanlış bir seçim yapılmıştır. Bu kriterle, satın alınan parçalara ait reddedilen parça yüzdeleri göz önüne alınmıştır.

- **Teslim Tarihine Uygunluk:** Minimum stok miktarıyla çalışmanın giderek daha çok benimsendiği günümüzde, sipariş edilen parçaların istenilen tarihte teslim edilmesi üretimin aksamaması için hayati önem taşır. Teslim tarihine uygunluk kriteriyle, tedarikçilerin geç teslim edilen parça yüzdeleri dikkate alınmıştır.
- **Tedarikçi Performansı:** Tedarikçi performansı kriteriyle, tedarikçilerin müşterilerin taleplerine cevap verme hızları ve talep değişikliklerine uyum sağlayabilme kabiliyetleri dikkate alınmıştır. Değerlendirmede 0-1 puan aralığında bir ölçek kullanılmıştır. Bu ölçekte 0'dan 1'e doğru gidildikçe, iyiden kötüye doğru gidilmektedir.
- **Garanti Süresinceki Yaklaşımı:** Bu kriterle, tedarikçilerin müşterilerinin garanti süresi boyunca karşılaştıkları problemlere yaklaşımı ve bu problemlerin çözümü için gösterdikleri çaba göz önüne alınmıştır. Bu kriterde de 0-1 ölçeği kullanılmıştır.
- **Bakım Desteği İhtiyacındaki Yaklaşımı:** Müşterilerin bakım ve onarıma ihtiyaç duydukları vakit, tedarikçilerin tavırları ve bu desteği sağlama süreleri göz önüne alınmıştır. Bu kriterin risk faktörleri yine 0-1 ölçeği ile ifade edilmiştir.
- **Ekonomik Çevre:** Tedarikçinin faaliyette bulunduğu piyasa, enflasyon oranları, döviz kurlarındaki oynamalar, devletin teşvik ve vergi politikası, kredi ve indirimler gibi faktörler ekonomik çevre kriterinde dikkate alınmıştır. Ekonomik çevre risk faktörü de 0-1 ölçeğine göre değerlendirilmiştir.

Bu amaçların öncelik sıralaması belirlenirken uzman kişilerin görüşleri alınmış ve AHP kullanılarak elde edilmiştir. Yapılan sıralamanın ardından, toplam maliyetin minimize edilmesi birincil öncelikli amaç olmuştur. Geç teslimat yüzdelerinin minimize edilmesi ikincil öncelikli amaçtır. Üçüncü sıradaki amacımız ise reddedilen ürünlerin yüzdesinin minimizasyonu olarak belirlenmiştir. Ekonomik çevre risk faktörlerinin minimize edilmesi dördüncü amacımızı oluşturmaktadır. Tedarikçi performansı risk faktörlerinin minimizasyonu beşinci öncelikli amacımız olarak belirlenmiştir. Altıncı sıradaki amaç, bakım ihtiyacı olduğunda karşılaşılabilecek olumsuz olayların risk faktörlerin minimize edilmesidir. Ve son sıradaki amaç olarak, garanti süresinceki problemlerin risk faktörlerinin minimize edilmesi yer almaktadır.

Modelde, her müşteri farklı ürünleri farklı tedarikçilerden temin edebilmektedir. Ayrıca, hedeflenen kriterleri aşmamak adına, aynı ürünü birden çok tedarikçiden satın almasında da bir sakınca yoktur. Bu koşullar altında hangi fabrikanın hangi tedarikçi veya tedarikçileri tercih edeceği belirlenmek istenilmektedir.

Problemın çözümü için ilerideki bölümlerde sunacağımız çok amaçlı bulanık hedef programlama modeli kullanılacaktır.

6.2 Yapılan Kabuller

- Her üç fabrika da aynı firmaya bağlıdır ve belirlenen hedef değerler bu firma içindir.
- Fabrikalar taleplerini aylık olarak belirlemektedirler.
- Fabrikaların üretim kapasiteleri ve sipariş alt-üst sınırları sabittir; yani, bulanıklık söz konusu değildir.
- Sipariş en azından talebi karşılayacak kadar olmalıdır.
- Maliyetler döviz (Euro) olarak belirlenmektedir.
- Birim maliyetler, nakliye maliyetlerini ve diğer masrafları da kapsadığı için bu masraflar ayrıca değerlendirilmemiştir.
- Tedarikçilerin kapasite sorunu yoktur; yani, tüm müşteriler ürünleri tek bir tedarikçiden satın alacak olsalar bile siparişleri karşılayabilecektir.
- Her fabrika istediği kadar tedarikçiyle çalışabilir ve bir ürünü birkaç farklı tedarikçiden sağlayabilir.
- Hedefler, belirlenen öncelik sıralamasına uygun olarak karşılanacaktır.

6.3 Kısıtlar, Parametreler ve Hedefler

6.3.1 Kısıtlar

Geliştirdiğimiz modelin kısıtları aşağıdaki gibidir.

- Kısıt 1** Sipariş edilen miktar talebi karşılamalıdır.
- Kısıt 2** Sipariş edilen miktar, müşterinin sipariş miktarı alt sınırının altında kalmamalıdır.
- Kısıt 3** Sipariş edilen miktar, müşterinin sipariş miktarı üst sınırının üzerine çıkmamalıdır.
- Kısıt 4** Sipariş edilen miktar negatif olamaz.

6.3.2 İndisler

<i>i</i>	Müşteriler	(<i>i</i> = 1, 2, 3)
<i>j</i>	Tedarikçiler	(<i>j</i> =1, 2, 3, 4, 5)
<i>k</i>	Ürünler	(<i>k</i> =1, 2, 3, 4)

6.3.3 Parametreler

x_{ijk}	i müşterisi tarafından j tedarikçisinden sipariş edilen k ürününün miktarı
c_{ijk}	i müşterisi tarafından j tedarikçisinden alınan k ürününün birim sipariş maliyeti
D_{ik}	i müşterisinin k ürününe olan talebi
β_{ijk}	i müşterisinin j tedarikçisinden aldığı ürünlerdeki reddedilen ürün yüzdesi
λ_{ijk}	i müşterisinin j tedarikçisinden geç teslim aldığı ürün yüzdesi
ε_{ij}	Tedarikçi performansı risk faktörü
ψ_{ij}	Garanti süresinceki olumsuz davranışlar risk faktörü
θ_{ij}	Bakım desteği ihtiyacındaki olumsuz davranışlar risk faktörü
ϕ_{ij}	Ekonomik çevre risk faktörü
q_{ik}^l	i müşterisinin k ürünü için sipariş miktarı alt sınırı
q_{ik}^u	i müşterisinin k ürünü için sipariş miktarı üst sınırı

6.3.4 Hedefler

Her üç fabrikanın da bağlı olduğu firmanın 7 tane hedefi vardır. Öncelik sıralarına göre bu hedefler:

Hedef 1	Toplam maliyetin minimize edilmesi.
Hedef 2	Geç teslimat yüzdesinin minimize edilmesi.
Hedef 3	Reddedilen parça yüzdesinin minimize edilmesi.
Hedef 4	Ekonomik çevre risk faktörünün minimize edilmesi.
Hedef 5	Tedarikçi performansı risk faktörünün minimize edilmesi.
Hedef 6	Bakım ihtiyacı oluştuğunda karşılaşılabilecek olumsuz olaylar risk faktörlerinin minimize edilmesi.
Hedef 7	Garanti süresinceki problem risk faktörlerinin minimize edilmesi.

6.4 Modelin Formülasyonu

İlk olarak sunacağımız model, bir doğrusal çok amaçlı tedarikçi seçim modelidir. Bu model Wu vd.'nin (2010) sundukları modelin daha geliştirilmiş bir halidir. Modelimizin Wu vd.'nin modelinden en önemli farkı, müşteri ve tedarikçilerin yanında, ürünlerin de probleme dahil edilmiş olunmasıdır. Bu sebepten dolayı indis sayısı 2'den 3'e yükselmiştir. Diğer önemli bir değişiklik, gerçek koşulları daha iyi yansıtmak için ilave hedefler eklenmesidir. Ayrıca, bizim önerdiğimiz modelde müşteriler için zorunlu sipariş kotası da kaldırılmıştır.

• **Doğrusal Çok Amaçlı Programlama Modeli:**

$$\min f_1(x_{ijk}) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p c_{ijk} x_{ijk} \quad (6.1)$$

$$\min f_2(x_{ijk}) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \lambda_{ijk} x_{ijk} \quad (6.2)$$

$$\min f_3(x_{ijk}) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \beta_{ijk} x_{ijk} \quad (6.3)$$

$$\min f_4(x_{ijk}) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \varphi_{ij} x_{ijk} \quad (6.4)$$

$$\min f_5(x_{ijk}) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \varepsilon_{ij} x_{ijk} \quad (6.5)$$

$$\min f_6(x_{ijk}) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \theta_{ij} x_{ijk} \quad (6.6)$$

$$\min f_7(x_{ijk}) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \psi_{ij} x_{ijk} \quad (6.7)$$

ş.k.g.

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ijk} \geq \sum_{i=1}^m D_{ik} \quad (k = 1, 2, 3) \quad (6.8)$$

$$x_{ijk} \geq q_{ik}^l \quad \forall i, j, k \quad (6.9)$$

$$x_{ijk} \leq q_{ik}^u \quad \forall i, j, k \quad (6.10)$$

$$x_{ijk} \geq 0 \quad \forall i, j, k \quad (6.11)$$

Bu model, verilen kısıtlar altında, minimum ve maksimum sipariş miktarlarını da dikkate alarak tüm hedefleri aynı anda minimize etmeye çalışmaktadır. Ayrıca kullandığı veriler tam ve kesindir. Ancak belirlenen hedeflere bakacak olursak, tamamı kullanılacak veriler son

derece belirsiz ve sübjektiftir. Bunun üstesinden gelmek için model bulanıklaştırılacaktır. Bu model üzerinde yapılacak diğer bir değişiklik; tüm hedefleri aynı anda minimize etmek yerine, belirlenecek önem sırasına göre birer birer minimize etmek için lexicographic hedef programlamanın kullanılması olacaktır. Bu sayede birbiriyle zıt düşen hedefleri aynı anda çözmek yerine daha önemli olandan başlayarak hedeflerin optimum dengesini bulmak mümkün olacaktır. Önerdiğimiz modelin son hali aşağıdaki şekilde olacaktır.

- ***Çok Amaçlı Bulanık Hedef Programlama Modeli:***

$$\min\{\tilde{f}_1, \tilde{f}_2, \tilde{f}_3, \tilde{f}_4, \tilde{f}_5, \tilde{f}_6, \tilde{f}_7\} \quad (6.12)$$

ş.k.g.

$$\pi\left(\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \tilde{c}_{ijk} x_{ijk} \leq \tilde{f}_1\right) \leq \alpha_1 \quad (6.13)$$

$$\pi\left(\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \tilde{\lambda}_{ijk} x_{ijk} \leq \tilde{f}_2\right) \leq \alpha_2 \quad (6.14)$$

$$\pi\left(\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \tilde{\rho}_{ijk} x_{ijk} \leq \tilde{f}_3\right) \leq \alpha_3 \quad (6.15)$$

$$\pi\left(\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \tilde{\phi}_{ij} x_{ijk} \leq \tilde{f}_4\right) \leq \alpha_4 \quad (6.16)$$

$$\pi\left(\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \tilde{\varepsilon}_{ij} x_{ijk} \leq \tilde{f}_5\right) \leq \alpha_5 \quad (6.17)$$

$$\pi\left(\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \tilde{\theta}_{ij} x_{ijk} \leq \tilde{f}_6\right) \leq \alpha_6 \quad (6.18)$$

$$\pi\left(\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \tilde{\psi}_{ij} x_{ijk} \leq \tilde{f}_7\right) \leq \alpha_7 \quad (6.19)$$

$$\pi\left(\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ijk} \geq \sum_{i=1}^m D_{ik}\right) \leq \alpha_8 \quad (k = 1, 2, 3) \quad (6.20)$$

$$\pi(x_{ijk} \geq q_{ik}^l) \leq \alpha_9 \quad \forall i, j, k \quad (6.21)$$

$$\pi(x_{ijk} \leq q_{ik}^u) \leq \alpha_{10} \quad \forall i, j, k \quad (6.22)$$

$$x_{ijk} \geq 0 \quad \forall i, j, k \quad (6.23)$$

Burada “~” sembolü bulanıklığı, “ α ” kabul edilebilir risk seviyesini ve “ $\tilde{f}_i$ ” ilgili bulanık değişkenin üst sınırını ifade etmektedir. Modelin bilgisayar ortamına aktarılmasında, matematik programlama problemleri için üst seviye bir modelleme yazılımı olan GAMS (The General Algebraic Modeling System) yazılımı kullanılacaktır. GAMS programlama dili ve model oluşturma hakkında ayrıntılı bilgi için Rosenthal’in (2010) hazırladığı kılavuzdan faydalanılabilir.

6.5 Modelin Uygulaması

Geliştirilen çok amaçlı bulanık hedef programlama modeli, ayrıntıları yukarıda anlatılan sayısal örnek üzerinde uygulanmıştır. Problemin çözümüne, belirlenen 7 hedefin analitik hiyerarşi prosesi kullanılarak öncelik sıralaması belirlenerek başlanılacaktır. Ardından, talepler, geç teslimat yüzdeleri, reddedilen ürün yüzdeleri, ekonomik çevre risk faktörleri, tedarikçi performansı risk faktörleri, bakım desteği ihtiyacındaki olumsuz davranışlar risk faktörleri ve garanti süresinceki olumsuz davranışlar risk faktörleri bulanık sayılarla verilecektir. Son olarak, problem GAMS ile modellenecek ve çözüm elde edilecektir.

6.5.1 AHP ile Öncelik Sıralaması

Adım 1: Problemin Tanımlanması ve Hiyerarşik Yapının Oluşturulması

Geliştirdiğimiz çok amaçlı bulanık hedef programlama modeli ile tedarikçi seçimi yaparken dikkate alacağımız kriterlerden daha önce bahsetmiştik. Uzman görüşlerine başvurularak, bu 7 kriterin birbirlerine göre bağlı önemleri belirlenmek ve bir sıralama yapılmak istenmektedir. Burada yapılacak sıralamaya göre önerilen modeldeki kriterlerin optimizasyon sıraları belirlenecektir.

AHP tekniğinin ilk adımı problemin hiyerarşik yapısının oluşturulmasıdır. Problemimiz basit bir sıralama problemi olduğu için iki seviyeli bir hiyerarşik yapı oluşturmak yeterli olacaktır.



Şekil 6.1 Öncelik sıralaması probleminin hiyerarşik yapısı.

Adım 2: İkili Karşılaştırmaların Yapılması

Problemin ve kriterlerin tanımı yapıldıktan sonra ikinci adım, her bir kriterin birbiriyle kıyaslanarak ikili karşılaştırma matrisinin oluşturulmasıdır. Kriter sayısı arttıkça tutarlı karşılaştırmalar yapmak daha karmaşık bir hale gelmektedir. Kriterlerin karşılaştırmaları yapılırken uzman görüşüne başvurulmuştur. Değerlendirme, 1-9 AHP ölçeği kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen ikili karşılaştırma matrisi şu şekildedir:

Çizelge 6.2 İkili karşılaştırma matrisi notasyonu.

C	Sipariş Maliyeti
β	Reddedilen Ürün Yüzdesi
λ	Geç Teslimat Yüzdesi
ε	Tedarikçi Performansı Risk Faktörü
ψ	Garanti Süresinceki Olumsuz Davranışlar Risk Faktörü
θ	Bakım Desteği İhtiyacındaki Olumsuz Davranışlar Risk Faktörü
ϕ	Ekonomik Çevre Risk Faktörü

Çizelge 6.3 İkili karşılaştırma matrisi.

	C	β	λ	ϵ	ψ	θ	ϕ
C	1	5	3	6	6	7	2
β	1/5	1	1/3	3	5	6	2
λ	1/3	3	1	5	7	7	2
ϵ	1/6	1/3	1/5	1	4	3	1/3
ψ	1/6	1/5	1/7	1/4	1	1/2	1/3
θ	1/7	1/6	1/7	1/3	2	1	1/4
ϕ	1/2	1/2	1/2	3	3	4	1

Adım 3: Özvektörün Hesaplanması

İkili karşılaştırma matrisi oluşturulduktan sonra, sıra özvektörün (görelî önemler vektörünün) elde edilmesine gelir. Sıralama problemimizin amacı, kriterlerin birbirlerine göre önemlerini belirlemektir. Bu yüzden, burada elde edeceğimiz sonuç, -eğer tutarlıysa- hedef programlama modelinde kullanacağımız öncelik sırasını verecektir.

Özvektörün hesaplanmasına her satırın geometrik ortalamalarının bulunmasıyla başlanır.

$$G.Ort._C = \sqrt[7]{1 \cdot 5 \cdot 3 \cdot 6 \cdot 6 \cdot 7 \cdot 2} = 3.582 \quad (6.24)$$

$$G.Ort._\beta = \sqrt[7]{\frac{1}{5} \cdot 1 \cdot \frac{1}{3} \cdot 3 \cdot 5 \cdot 6 \cdot 2} = 1.426 \quad (6.25)$$

$$G.Ort._\lambda = \sqrt[7]{\frac{1}{3} \cdot 3 \cdot 1 \cdot 5 \cdot 7 \cdot 7 \cdot 2} = 2.423 \quad (6.26)$$

$$G.Ort._\epsilon = \sqrt[7]{\frac{1}{6} \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{5} \cdot 1 \cdot 4 \cdot 3 \cdot \frac{1}{3}} = 0.641 \quad (6.27)$$

$$G. Ort. \psi = \sqrt[7]{\frac{1}{6} \cdot \frac{1}{5} \cdot \frac{1}{7} \cdot \frac{1}{4} \cdot 1 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3}} = 0.296 \quad (6.28)$$

$$G. Ort. \theta = \sqrt[7]{\frac{1}{7} \cdot \frac{1}{6} \cdot \frac{1}{7} \cdot \frac{1}{3} \cdot 2 \cdot 1 \cdot \frac{1}{4}} = 0.344 \quad (6.29)$$

$$G. Ort. \varphi = \sqrt[7]{\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 1} = 1.240 \quad (6.30)$$

Ardından, bulunan geometrik ortalamaların toplamı alınır.

$$\sum G. Ort. = 3.582 + 1.426 + 2.423 + 0.641 + 0.296 + 0.344 + 1.240 = 9.951 \quad (6.31)$$

Oluşan tablo (Çizelge 6.4)'teki gibidir.

Çizelge 6.4 İkili karşılaştırmaların geometrik ortalamaları.

	C	β	λ	ε	ψ	θ	φ	Geometrik Ortalama
C	1	5	3	6	6	7	2	3.582
β	1/5	1	1/3	3	5	6	2	1.426
λ	1/3	3	1	5	7	7	2	2.423
ε	1/6	1/3	1/5	1	4	3	1/3	0.641
ψ	1/6	1/5	1/7	1/4	1	1/2	1/3	0.296
θ	1/7	1/6	1/7	1/3	2	1	1/4	0.344
φ	1/2	½	1/2	3	3	4	1	1.240
Σ=								9.951

Ardından her bir kriterin geometrik ortalaması, geometrik ortalamalar toplamına bölünerek özvektör elde edilmektedir. Tüm özvektörlerin toplamı 1'e eşit olmalıdır.

$$W_c = \frac{G. Ort._c}{\sum G. Ort.} = \frac{3.582}{9.951} = 0.360 \quad (6.32)$$

$$W_\beta = \frac{G. Ort._\beta}{\sum G. Ort.} = \frac{1.426}{9.951} = 0.143 \quad (6.33)$$

$$W_\lambda = \frac{G. Ort._\lambda}{\sum G. Ort.} = \frac{2.423}{9.951} = 0.243 \quad (6.34)$$

$$W_\varepsilon = \frac{G. Ort._\varepsilon}{\sum G. Ort.} = \frac{0.641}{9.951} = 0.064 \quad (6.35)$$

$$W_\psi = \frac{G. Ort._\psi}{\sum G. Ort.} = \frac{0.296}{9.951} = 0.030 \quad (6.36)$$

$$W_\theta = \frac{G. Ort._\theta}{\sum G. Ort.} = \frac{0.344}{9.951} = 0.035 \quad (6.37)$$

$$W_\phi = \frac{G. Ort._\phi}{\sum G. Ort.} = \frac{1.240}{9.951} = 0.125 \quad (6.38)$$

Çizelge 6.5 İkili karşılaştırmalar, geometrik ortalamalar ve özvektörler.

	C	B	λ	ε	ψ	θ	ϕ	Geometrik Ortalama	Özvektör (W)
C	1	5	3	6	6	7	2	3.582	0.360
β	1/5	1	1/3	3	5	6	2	1.426	0.143
λ	1/3	3	1	5	7	7	2	2.423	0.243
ε	1/6	1/3	1/5	1	4	3	1/3	0.641	0.064
ψ	1/6	1/5	1/7	1/4	1	1/2	1/3	0.296	0.030
θ	1/7	1/6	1/7	1/3	2	1	1/4	0.344	0.035
ϕ	1/2	1/2	1/2	3	3	4	1	1.240	0.125
$\Sigma=$								9.951	1

Yukarıda elde edilen özvektörlere göre, hedef programlamada kullanacağımız amaç öncelik sıralaması Çizelge 6.6'teki gibi olacaktır. Ancak bu sıralama kullanılmadan önce yapılması gereken bir işlem daha vardır; bu işlem tutarlılık analizidir.

Çizelge 6.6 Amaçların öncelik sıralaması.

Öncelik Sırası	Amaç
1. Öncelik	Sipariş Maliyetinin Minimize Edilmesi
2. Öncelik	Geç Teslimat Yüzdesinin Minimize Edilmesi
3. Öncelik	Reddedilen Ürün Yüzdesinin Minimize Edilmesi
4. Öncelik	Ekonomik Çevre Risk Faktörünün Minimize Edilmesi
5. Öncelik	Tedarikçi Performansı Risk Faktörünün Minimize Edilmesi
6. Öncelik	Bakım Desteği İhtiyacındaki Olumsuz Davranışlar Risk Faktörünün Minimize Edilmesi
7. Öncelik	Garanti Süresinceki Olumsuz Davranışlar Risk Faktörünün Minimize Edilmesi

Adım 4 : Tutarlılık Analizi

AHP’de elde edilen sonuçların doğruluğunu ölçmek için, ikili karşılaştırmalar yapılırken verilen kararların birbirleriyle ne kadar tutarlı olduğunun kontrol edilmesi gerekmektedir. Eğer tutarlılık oranı 0.1 değerinden düşük çıkarsa verilen kararlar tutarlıdır. Fakat 0.1 değerinden büyük olursa ikili karşılaştırma matrisinin yeniden hazırlanması ve hesaplamaların yeniden yapılması gerekmektedir. Bu işleme tutarlı sonuçlar elde edilene kadar devam edilmelidir.

Tutarlılık analizinde ilk olarak, elde edilen özvektör ile ikili karşılaştırma matrisi çarpılarak yeni bir vektör elde edilir. Bu son elde edilen vektörün birinci elemanı, özvektörün birinci elemanına, ikinci elemanı ikinciye ve n. elemanı n.’ye bölünerek üçüncü bir vektör elde edilir. Bu üçüncü vektörün elemanları toplanır ve eleman sayısına bölünürse, en büyük öz değer $\lambda_{\max}$ için yaklaşık bir değer elde edilir. Bulunan $\lambda_{\max}$ değeri n değerine ne kadar yakın olursa sonuçlar da o kadar tutarlı olacaktır.

Çizelge 6.7 Tutarlılık analizinde elde edilen değerler.

	C	β	λ	ε	ψ	θ	φ	Özvektör (W)	A*W	A*W/w _i
C	1	5	3	6	6	7	2	0.360	2.863	7.954
β	1/5	1	1/3	3	5	6	2	0.143	1.095	7.639
λ	1/3	3	1	5	7	7	2	0.243	1.815	7.453
ε	1/6	1/3	1/5	1	4	3	1/3	0.064	0.485	7.529
ψ	1/6	1/5	1/7	1/4	1	1/2	1/3	0.030	0.228	7.671
θ	1/7	1/6	1/7	1/3	2	1	1/4	0.035	0.257	7.432
φ	1/2	1/2	1/2	3	3	4	1	0.125	0.919	7.373
$\Sigma =$										53.050

$$\lambda_{\max} = \frac{7.954 + 7.639 + 7.453 + 7.529 + 7.671 + 7.432 + 7.373}{7} = 7.579 \quad (6.39)$$

$\lambda_{\max}$ değeri bulunduktan sonra tutarlılık oranını bulmak için, tutarlılık göstergesi hesaplanır.

$$TG = \frac{7.579 - 7}{7 - 1} = 0.096 \quad (6.40)$$

Tutarlılık oranını bulmak içinse; tutarlılık göstergesi, rastsallık göstergesine bölünür.

$n = 7$ değeri için Çizelge 3.3'ten $RG = 1.35$ olarak bulunur.

$$TO = \frac{0.096}{1.35} = 0.07 < 0.1 \quad (6.41)$$

Buna göre ikili karşılaştırma matrisimizin tutarlılığı kabul edilebilir bir değerdedir. Yani, amaçlar için bulduğumuz öncelik sıralamasını kullanabiliriz.

6.5.2 Sayısal Veriler

Müşterilerin talepleri ve sipariş miktarı alt-üst sınırları sabit olduğundan dolayı, bu veriler kesin sayılarla ifade edilmiştir. İlgili değerler aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

Çizelge 6.8 Müşterilerin aylık ürün talepleri.

TALEPLER (Adet)				
MÜŞTERİ\ÜRÜN	TERMOSTAT	POMPA MOTORU	AMORTİSÖR	RULMAN
İSTANBUL FAB.	40000	20000	40000	80000
BURSA FAB.	90000	45000	90000	180000
KAYSERİ FAB.	50000	25000	50000	100000

Çizelge 6.9 Müşterilerin sipariş miktarı alt sınırları.

MÜŞTERİLERİN ÜRÜNLER İÇİN SİPARİŞ MİKTARI ALT SINIRLARI (Adet)				
MÜŞTERİ\ÜRÜN	TERMOSTAT	POMPA MOTORU	AMORTİSÖR	RULMAN
İSTANBUL FAB.	40000	20000	40000	80000
BURSA FAB.	90000	45000	90000	180000
KAYSERİ FAB.	50000	25000	50000	100000

Çizelge 6.10 Müşterilerin sipariş miktarı üst sınırları.

MÜŞTERİLERİN ÜRÜNLER İÇİN SİPARİŞ MİKTARI ÜST SINIRLARI (Adet)				
MÜŞTERİ\ÜRÜN	TERMOSTAT	POMPA MOTORU	AMORTİSÖR	RULMAN
İSTANBUL FAB.	50000	25000	50000	100000
BURSA FAB.	100000	50000	100000	200000
KAYSERİ FAB.	64000	32000	64000	128000

Problemde kullanılan birim maliyetler, reddedilen parça ve geç teslimat yüzdeleri ve diğer risk faktörleri ise gerçekte kesin sayılarla ifade edilemediği için üçgensel bulanık sayılarla $(\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3))$ verilmiştir. Fakat, modelin bilgisayar ortamındaki çözümünde bulanık sayılar direkt olarak kullanılamadığından dolayı, bulanık sayılar durulaştırma işleminden geçirilerek kesin sayılara dönüştürülmüştür. Durulaştırma için çok sayıda yöntem bulunmaktadır. Bizim kullandığımız yöntem “Ortalama En Büyük Üyelik” yöntemidir.

Hesaplamaları elle yapmak çok zaman alacağından, bu işlem MS Excel kullanılarak yapılmıştır. Durulaştırma sırasında α -kesim değeri 0.5 olarak kabul edilmiş ve üyelik değerleri bu α -kesim sayısına göre elde edilmiştir. Hesaplanan üyelik fonksiyonlarının alt ve üst sınırları a_1^α ve a_3^α ile gösterilmiştir. a^* ise bulanık sayının kesin sayı olarak ifade edilmiş halidir.

Ortalama En Büyük Üyelik Yönteminde:

a^* : Durulaştırılmış bulanık sayı olmak üzere,

$$a^* = \frac{a_1^\alpha + a_3^\alpha}{2} \quad (6.42)$$

şeklinde hesaplanır.

Çizelge 6.11 Termostat için birim maliyetlerin bulanık sayılarla gösterimi.

BİRİM MALİYET TERMOSTAT						
α -kesimi	a_1	a_2	a_3	a_1^α	a_3^α	a^*
0,5						
	İSTANBUL FAB./KOCAELİ TED.	20,10	20,83	21,40	20,47	21,12
	BURSA FAB./ KOCAELİ TED.	20,06	20,83	21,36	20,45	21,10
	KAYSERİ FAB./ KOCAELİ TED.	20,75	21,15	22,02	20,95	21,59
	İSTANBUL FAB./ İZMİR TED.	22,24	22,92	23,24	22,58	23,08
	BURSA FAB./ İZMİR TED.	22,19	22,92	23,20	22,56	23,06
	KAYSERİ FAB./ İZMİR TED.	23,07	23,35	23,57	23,21	23,46
	İSTANBUL FAB./ KONYA TED.	14,20	14,56	15,12	14,38	14,84
	BURSA FAB./ KONYA TED.	14,14	14,56	15,07	14,35	14,82
	KAYSERİ FAB./ KONYA TED.	13,42	14,06	14,46	13,74	14,26
	İSTANBUL FAB./ İTALYA TED.	34,75	35,21	35,96	34,98	35,59
	BURSA FAB./ İTALYA TED.	34,70	35,21	36,01	34,96	35,61
	KAYSERİ FAB./ İTALYA TED.	34,75	35,25	36,05	35,00	35,65
	İSTANBUL FAB./ ÇİN TED.	8,14	8,50	8,90	8,32	8,70
	BURSA FAB./ ÇİN TED.	8,12	8,50	8,88	8,31	8,69
	KAYSERİ FAB./ ÇİN TED.	8,08	8,44	8,95	8,26	8,70
						8,48

Çizelge 6.12 Pompa motoru için birim maliyetlerin bulanık sayılarla gösterimi.

BİRİM MALİYET POMPA MOTORU						
α -kesimi	a_1	a_2	a_3	a_1^a	a_3^a	a^*
0,5						
İSTANBUL FAB./KOCAELİ TED.	16,95	18,00	18,70	17,48	18,35	17,91
BURSA FAB./ KOCAELİ TED.	16,91	18,00	18,66	17,46	18,33	17,89
KAYSERİ FAB./ KOCAELİ TED.	17,33	18,45	19,41	17,89	18,93	18,41
İSTANBUL FAB./ İZMİR TED.	16,85	17,71	18,45	17,28	18,08	17,68
BURSA FAB./ İZMİR TED.	16,80	17,71	18,40	17,26	18,06	17,66
KAYSERİ FAB./ İZMİR TED.	17,84	18,15	18,56	18,00	18,36	18,18
İSTANBUL FAB./ KONYA TED.	14,15	14,45	15,05	14,30	14,75	14,53
BURSA FAB./ KONYA TED.	14,09	14,45	15,00	14,27	14,73	14,50
KAYSERİ FAB./ KONYA TED.	13,25	14,00	14,65	13,63	14,33	13,98
İSTANBUL FAB./ İTALYA TED.	21,97	22,40	23,00	22,19	22,70	22,44
BURSA FAB./ İTALYA TED.	21,92	22,40	22,55	22,16	22,48	22,32
KAYSERİ FAB./ İTALYA TED.	21,97	22,45	22,61	22,21	22,53	22,37
İSTANBUL FAB./ ÇİN TED.	10,05	10,50	11,33	10,28	10,92	10,60
BURSA FAB./ ÇİN TED.	10,03	10,50	11,32	10,27	10,91	10,59
KAYSERİ FAB./ ÇİN TED.	9,95	10,42	11,11	10,19	10,77	10,48

Çizelge 6.13 Amortisör için birim maliyetlerin bulanık sayılarla gösterimi.

BİRİM MALİYET AMORTİSÖR							
α-kesimi							a*
		a ₁	a ₂	a ₃	a ₁ ^α	a ₃ ^α	
0,5	İSTANBUL FAB./KOCAELİ TED.	8,25	9,43	10,67	8,84	10,05	9,45
	BURSA FAB./ KOCAELİ TED.	8,21	9,43	10,63	8,82	10,03	9,43
	KAYSERİ FAB./ KOCAELİ TED.	8,79	9,90	10,27	9,35	10,09	9,72
	İSTANBUL FAB./ İZMİR TED.	7,01	7,14	7,36	7,08	7,25	7,16
	BURSA FAB./ İZMİR TED.	6,96	7,14	7,31	7,05	7,23	7,14
	KAYSERİ FAB./ İZMİR TED.	7,14	7,55	8,03	7,35	7,79	7,57
	İSTANBUL FAB./ KONYA TED.	6,04	6,90	7,21	6,47	7,06	6,76
	BURSA FAB./ KONYA TED.	6,01	6,90	7,19	6,46	7,05	6,75
	KAYSERİ FAB./ KONYA TED.	5,82	6,56	7,12	6,19	6,84	6,52
	İSTANBUL FAB./ İTALYA TED.	11,06	11,46	12,20	11,26	11,83	11,55
	BURSA FAB./ İTALYA TED.	11,01	11,46	12,15	11,24	11,81	11,52
	KAYSERİ FAB./ İTALYA TED.	11,06	11,50	12,20	11,28	11,85	11,57
	İSTANBUL FAB./ ÇİN TED.	4,02	4,45	4,83	4,24	4,64	4,44
	BURSA FAB./ ÇİN TED.	3,98	4,45	4,80	4,22	4,63	4,42
KAYSERİ FAB./ ÇİN TED.	3,86	4,38	4,78	4,12	4,58	4,35	

Çizelge 6.14 Rulman için birim maliyetlerin bulanık sayılarla gösterimi.

BİRİM MALİYET RULMAN						
α-kesimi	a ₁	a ₂	a ₃	a ₁ ^a	a ₃ ^a	a [*]
0,5						
İSTANBUL FAB./KOCAELİ TED.	10,98	11,86	12,57	11,42	12,22	11,82
BURSA FAB./ KOCAELİ TED.	10,94	11,86	12,53	11,40	12,20	11,80
KAYSERİ FAB./ KOCAELİ TED.	11,45	12,10	12,36	11,78	12,23	12,00
İSTANBUL FAB./ İZMİR TED.	11,98	12,33	12,76	12,16	12,55	12,35
BURSA FAB./ İZMİR TED.	11,93	12,33	12,71	12,13	12,52	12,33
KAYSERİ FAB./ İZMİR TED.	12,09	12,75	13,52	12,42	13,14	12,78
İSTANBUL FAB./ KONYA TED.	11,35	11,50	12,08	11,43	11,79	11,61
BURSA FAB./ KONYA TED.	11,29	11,50	12,02	11,40	11,76	11,58
KAYSERİ FAB./ KONYA TED.	10,91	11,35	11,96	11,13	11,66	11,39
İSTANBUL FAB./ İTALYA TED.	15,46	16,35	17,20	15,91	16,78	16,34
BURSA FAB./ İTALYA TED.	15,44	16,35	17,22	15,90	16,79	16,34
KAYSERİ FAB./ İTALYA TED.	15,50	16,40	17,27	15,95	16,84	16,39
İSTANBUL FAB./ ÇİN TED.	3,43	3,85	4,12	3,64	3,99	3,81
BURSA FAB./ ÇİN TED.	3,40	3,85	4,11	3,63	3,98	3,80
KAYSERİ FAB./ ÇİN TED.	3,62	3,78	3,89	3,70	3,84	3,77

Çizelge 6.15 Termostat için geç teslimat yüzdelerinin bulanık sayılarla gösterimi.

GEÇ TESLİMAT YÜZDELERİ TERMOSTAT						
α -kesimi 0,5	a_1	a_2	a_3	a_1^a	a_3^a	a^*
İSTANBUL FAB./KOCAELİ TED.	0,015	0,021	0,029	0,018	0,025	0,022
BURSA FAB./ KOCAELİ TED.	0,013	0,022	0,029	0,018	0,026	0,022
KAYSERİ FAB./ KOCAELİ TED.	0,018	0,025	0,032	0,022	0,029	0,025
İSTANBUL FAB./ İZMİR TED.	0,018	0,026	0,036	0,022	0,031	0,027
BURSA FAB./ İZMİR TED.	0,015	0,023	0,031	0,019	0,027	0,023
KAYSERİ FAB./ İZMİR TED.	0,026	0,038	0,047	0,032	0,043	0,037
İSTANBUL FAB./ KONYA TED.	0,030	0,033	0,037	0,032	0,035	0,033
BURSA FAB./ KONYA TED.	0,024	0,029	0,036	0,027	0,033	0,030
KAYSERİ FAB./ KONYA TED.	0,020	0,025	0,033	0,023	0,029	0,026
İSTANBUL FAB./ İTALYA TED.	0,011	0,017	0,022	0,014	0,020	0,017
BURSA FAB./ İTALYA TED.	0,012	0,018	0,027	0,015	0,023	0,019
KAYSERİ FAB./ İTALYA TED.	0,015	0,020	0,025	0,018	0,023	0,020
İSTANBUL FAB./ ÇİN TED.	0,027	0,034	0,045	0,031	0,040	0,035
BURSA FAB./ ÇİN TED.	0,031	0,036	0,040	0,034	0,038	0,036
KAYSERİ FAB./ ÇİN TED.	0,028	0,035	0,042	0,032	0,039	0,035

Çizelge 6.16 Pompa motoru için geç teslimat yüzdelerinin bulanık sayılarla gösterimi.

GEÇ TESLİMAT YÜZDELERİ POMPA MOTORU					
α -kesimi 0,5	a_1	a_2	a_3	a_1^a	a_3^a
İSTANBUL FAB./KOCAELİ TED.	0,024	0,031	0,038	0,028	0,035
BURSA FAB./ KOCAELİ TED.	0,023	0,030	0,036	0,027	0,033
KAYSERİ FAB./ KOCAELİ TED.	0,019	0,029	0,039	0,024	0,034
İSTANBUL FAB./ İZMİR TED.	0,023	0,032	0,041	0,028	0,037
BURSA FAB./ İZMİR TED.	0,034	0,032	0,040	0,033	0,036
KAYSERİ FAB./ İZMİR TED.	0,031	0,036	0,042	0,034	0,039
İSTANBUL FAB./ KONYA TED.	0,033	0,039	0,044	0,036	0,042
BURSA FAB./ KONYA TED.	0,027	0,033	0,040	0,030	0,037
KAYSERİ FAB./ KONYA TED.	0,024	0,030	0,039	0,027	0,035
İSTANBUL FAB./ İTALYA TED.	0,013	0,020	0,026	0,017	0,023
BURSA FAB./ İTALYA TED.	0,011	0,018	0,028	0,015	0,023
KAYSERİ FAB./ İTALYA TED.	0,016	0,023	0,030	0,020	0,027
İSTANBUL FAB./ ÇİN TED.	0,031	0,037	0,045	0,034	0,041
BURSA FAB./ ÇİN TED.	0,025	0,035	0,044	0,030	0,040
KAYSERİ FAB./ ÇİN TED.	0,027	0,032	0,038	0,030	0,035

Çizelge 6.17 Amortisör için geç teslimat yüzdelerinin bulanık sayılarla gösterimi.

GEÇ TESLİMAT YÜZDELERİ AMORTİSÖR						
α -kesimi 0,5	a_1	a_2	a_3	a_1^a	a_3^a	a^*
İSTANBUL FAB./KOCAELİ TED.	0,015	0,023	0,029	0,019	0,026	0,023
BURSA FAB./ KOCAELİ TED.	0,016	0,020	0,025	0,018	0,023	0,020
KAYSERİ FAB./ KOCAELİ TED.	0,017	0,023	0,029	0,020	0,026	0,023
İSTANBUL FAB./ İZMİR TED.	0,022	0,028	0,034	0,025	0,031	0,028
BURSA FAB./ İZMİR TED.	0,018	0,024	0,033	0,021	0,029	0,025
KAYSERİ FAB./ İZMİR TED.	0,029	0,035	0,043	0,032	0,039	0,036
İSTANBUL FAB./ KONYA TED.	0,028	0,035	0,045	0,032	0,040	0,036
BURSA FAB./ KONYA TED.	0,022	0,030	0,036	0,026	0,033	0,030
KAYSERİ FAB./ KONYA TED.	0,021	0,027	0,034	0,024	0,031	0,027
İSTANBUL FAB./ İTALYA TED.	0,012	0,017	0,023	0,015	0,020	0,017
BURSA FAB./ İTALYA TED.	0,010	0,019	0,028	0,015	0,024	0,019
KAYSERİ FAB./ İTALYA TED.	0,015	0,023	0,030	0,019	0,027	0,023
İSTANBUL FAB./ ÇİN TED.	0,034	0,040	0,047	0,037	0,044	0,040
BURSA FAB./ ÇİN TED.	0,032	0,037	0,041	0,035	0,039	0,037
KAYSERİ FAB./ ÇİN TED.	0,030	0,036	0,040	0,033	0,038	0,036

Çizelge 6.18 Rulman için geç teslimat yüzdelerinin bulanık sayılarla gösterimi.

GEÇ TESLİMAT YÜZDELERİ RULMAN					
α -kesimi 0,5	a_1	a_2	a_3	a_1^{α}	a_3^{α}
İSTANBUL FAB./KOCAELİ TED.	0,010	0,017	0,025	0,014	0,021
BURSA FAB./ KOCAELİ TED.	0,006	0,014	0,021	0,010	0,018
KAYSERİ FAB./ KOCAELİ TED.	0,013	0,019	0,025	0,016	0,022
İSTANBUL FAB./ İZMİR TED.	0,015	0,021	0,027	0,018	0,024
BURSA FAB./ İZMİR TED.	0,011	0,017	0,020	0,014	0,019
KAYSERİ FAB./ İZMİR TED.	0,023	0,030	0,035	0,027	0,033
İSTANBUL FAB./ KONYA TED.	0,021	0,028	0,034	0,025	0,031
BURSA FAB./ KONYA TED.	0,020	0,026	0,033	0,023	0,030
KAYSERİ FAB./ KONYA TED.	0,018	0,025	0,032	0,022	0,029
İSTANBUL FAB./ İTALYA TED.	0,006	0,012	0,019	0,009	0,016
BURSA FAB./ İTALYA TED.	0,005	0,012	0,017	0,009	0,015
KAYSERİ FAB./ İTALYA TED.	0,009	0,015	0,024	0,012	0,020
İSTANBUL FAB./ ÇİN TED.	0,026	0,035	0,043	0,031	0,039
BURSA FAB./ ÇİN TED.	0,030	0,036	0,045	0,033	0,041
KAYSERİ FAB./ ÇİN TED.	0,025	0,031	0,036	0,028	0,034

Çizelge 6.19 Termostat için reddedilen parça yüzdelерinin bulanık sayılarla gösterimi.

REDDEDİLEN PARÇA YÜZDELERİ						
TERMOSTAT						
α -kesimi	a_1	a_2	a_3	a_1^a	a_3^a	a^*
0,5						
İSTANBUL FAB./KOCAELİ TED.	0,078	0,085	0,096	0,082	0,091	0,086
BURSA FAB./ KOCAELİ TED.	0,065	0,077	0,084	0,071	0,081	0,076
KAYSERİ FAB./ KOCAELİ TED.	0,052	0,060	0,069	0,056	0,065	0,060
İSTANBUL FAB./ İZMİR TED.	0,071	0,080	0,092	0,076	0,086	0,081
BURSA FAB./ İZMİR TED.	0,075	0,083	0,094	0,079	0,089	0,084
KAYSERİ FAB./ İZMİR TED.	0,063	0,072	0,079	0,068	0,076	0,072
İSTANBUL FAB./ KONYA TED.	0,078	0,087	0,098	0,083	0,093	0,088
BURSA FAB./ KONYA TED.	0,072	0,081	0,093	0,077	0,087	0,082
KAYSERİ FAB./ KONYA TED.	0,069	0,079	0,086	0,074	0,083	0,078
İSTANBUL FAB./ İTALYA TED.	0,022	0,029	0,035	0,026	0,032	0,029
BURSA FAB./ İTALYA TED.	0,019	0,027	0,031	0,023	0,029	0,026
KAYSERİ FAB./ İTALYA TED.	0,026	0,032	0,038	0,029	0,035	0,032
İSTANBUL FAB./ ÇİN TED.	0,075	0,088	0,099	0,082	0,094	0,088
BURSA FAB./ ÇİN TED.	0,069	0,081	0,088	0,075	0,085	0,080
KAYSERİ FAB./ ÇİN TED.	0,075	0,080	0,085	0,078	0,083	0,080

Çizelge 6.20 Pompa motoru için reddedilen parça yüzdelерinin bulanık sayılarla gösterimi.

REDDEDİLEN PARÇA YÜZDELERİ						
POMPA MOTORU						
α -kesimi	a_1	a_2	a_3	a_1^a	a_3^a	a^+
0,5						
İSTANBUL FAB./KOCAELİ TED.	0,028	0,033	0,039	0,031	0,036	0,033
BURSA FAB./ KOCAELİ TED.	0,019	0,025	0,031	0,022	0,028	0,025
KAYSERİ FAB./ KOCAELİ TED.	0,013	0,020	0,027	0,017	0,024	0,020
İSTANBUL FAB./ İZMİR TED.	0,029	0,039	0,045	0,034	0,042	0,038
BURSA FAB./ İZMİR TED.	0,014	0,020	0,027	0,017	0,024	0,020
KAYSERİ FAB./ İZMİR TED.	0,019	0,026	0,032	0,023	0,029	0,026
İSTANBUL FAB./ KONYA TED.	0,056	0,062	0,068	0,059	0,065	0,062
BURSA FAB./ KONYA TED.	0,065	0,070	0,076	0,068	0,073	0,070
KAYSERİ FAB./ KONYA TED.	0,049	0,055	0,062	0,052	0,059	0,055
İSTANBUL FAB./ İTALYA TED.	0,023	0,028	0,035	0,026	0,032	0,029
BURSA FAB./ İTALYA TED.	0,018	0,023	0,029	0,021	0,026	0,023
KAYSERİ FAB./ İTALYA TED.	0,024	0,030	0,036	0,027	0,033	0,030
İSTANBUL FAB./ ÇİN TED.	0,072	0,077	0,084	0,075	0,081	0,078
BURSA FAB./ ÇİN TED.	0,073	0,078	0,085	0,076	0,082	0,079
KAYSERİ FAB./ ÇİN TED.	0,052	0,058	0,065	0,055	0,062	0,058

Çizelge 6.21 Amortisör için reddedilen parça yüzdelерinin bulanık sayılarla gösterimi.

REDDEDİLEN PARÇA YÜZDELERİ						
AMORTİSÖR						
α -kesimi	a_1	a_2	a_3	a_1^a	a_3^a	a^*
0,5						
	İSTANBUL FAB./KOCAELİ TED.	0,067	0,071	0,079	0,069	0,075
	BURSA FAB./ KOCAELİ TED.	0,056	0,063	0,071	0,060	0,067
	KAYSERİ FAB./ KOCAELİ TED.	0,040	0,045	0,053	0,043	0,049
	İSTANBUL FAB./ İZMİR TED.	0,063	0,069	0,075	0,066	0,072
	BURSA FAB./ İZMİR TED.	0,053	0,060	0,067	0,057	0,064
	KAYSERİ FAB./ İZMİR TED.	0,049	0,057	0,065	0,053	0,061
	İSTANBUL FAB./ KONYA TED.	0,089	0,098	0,104	0,094	0,101
	BURSA FAB./ KONYA TED.	0,084	0,090	0,095	0,087	0,093
	KAYSERİ FAB./ KONYA TED.	0,071	0,079	0,088	0,075	0,084
	İSTANBUL FAB./ İTALYA TED.	0,025	0,031	0,037	0,028	0,034
	BURSA FAB./ İTALYA TED.	0,024	0,031	0,038	0,028	0,035
	KAYSERİ FAB./ İTALYA TED.	0,027	0,038	0,045	0,033	0,042
	İSTANBUL FAB./ ÇİN TED.	0,097	0,107	0,115	0,102	0,111
	BURSA FAB./ ÇİN TED.	0,094	0,100	0,108	0,097	0,104
	KAYSERİ FAB./ ÇİN TED.	0,075	0,085	0,096	0,080	0,091

Çizelge 6.22 Rulman için reddedilen parça yüzdelерinin bulanık sayılarla gösterimi.

REDDEDİLEN PARÇA YÜZDELERİ						
RULMAN						
α -kesimi	a_1	a_2	a_3	a_1^a	a_3^a	a^*
0,5						
	İSTANBUL FAB./KOCAELİ TED.	0,049	0,059	0,067	0,054	0,063
	BURSA FAB./ KOCAELİ TED.	0,045	0,053	0,061	0,049	0,057
	KAYSERİ FAB./ KOCAELİ TED.	0,043	0,051	0,059	0,047	0,055
	İSTANBUL FAB./ İZMİR TED.	0,057	0,065	0,074	0,061	0,070
	BURSA FAB./ İZMİR TED.	0,055	0,063	0,071	0,059	0,067
	KAYSERİ FAB./ İZMİR TED.	0,048	0,059	0,070	0,054	0,065
	İSTANBUL FAB./ KONYA TED.	0,069	0,072	0,076	0,071	0,074
	BURSA FAB./ KONYA TED.	0,062	0,070	0,079	0,066	0,075
	KAYSERİ FAB./ KONYA TED.	0,057	0,068	0,075	0,063	0,072
	İSTANBUL FAB./ İTALYA TED.	0,024	0,036	0,044	0,030	0,040
	BURSA FAB./ İTALYA TED.	0,022	0,031	0,039	0,027	0,035
	KAYSERİ FAB./ İTALYA TED.	0,026	0,032	0,041	0,029	0,037
	İSTANBUL FAB./ ÇİN TED.	0,075	0,080	0,086	0,078	0,083
	BURSA FAB./ ÇİN TED.	0,071	0,076	0,085	0,074	0,081
	KAYSERİ FAB./ ÇİN TED.	0,060	0,069	0,079	0,065	0,074

Çizelge 6.23 Kocaeli tedarikçisi için ekonomik çevre risk faktörlerinin bulanık sayılarla gösterimi.

EKONOMİK ÇEVRE RISK FAKTÖRLERİ					
KOCAELİ TEDARİKÇİ					
α -kesimi	a_1	a_2	a_3	a_1^α	a_3^α
0,5					
İSTANBUL FAB.	0,099	0,105	0,109	0,102	0,107
BURSA FAB.	0,099	0,104	0,110	0,102	0,107
KAYSERİ FAB.	0,101	0,107	0,112	0,104	0,110
					0,105
					0,104
					0,107

Çizelge 6.24 İzmir tedarikçisi için ekonomik çevre risk faktörlerinin bulanık sayılarla gösterimi.

EKONOMİK ÇEVRE RISK FAKTÖRLERİ					
İZMİR TEDARİKÇİ					
α -kesimi	a_1	a_2	a_3	a_1^α	a_3^α
0,5					
İSTANBUL FAB.	0,101	0,108	0,113	0,105	0,111
BURSA FAB.	0,092	0,100	0,104	0,096	0,102
KAYSERİ FAB.	0,097	0,105	0,113	0,101	0,109
					0,108
					0,099
					0,105

Çizelge 6.25 Konya tedarikçisi için ekonomik çevre risk faktörlerinin bulanık sayılarla gösterimi.

EKONOMİK ÇEVRE RISK FAKTÖRLERİ					
KONYA TEDARİKÇİ					
α -kesimi	a_1	a_2	a_3	a_1^{α}	a_3^{α}
0,5					
İSTANBUL FAB.	0,108	0,115	0,123	0,112	0,119
BURSA FAB.	0,102	0,107	0,114	0,105	0,111
KAYSERİ FAB.	0,096	0,104	0,113	0,100	0,109
					a^*
					0,115
					0,108
					0,104

Çizelge 6.26 İtalyan tedarikçi için ekonomik çevre risk faktörlerinin bulanık sayılarla gösterimi.

EKONOMİK ÇEVRE RISK FAKTÖRLERİ					
İTALYAN TEDARİKÇİ					
α -kesimi	a_1	a_2	a_3	a_1^{α}	a_3^{α}
0,5					
İSTANBUL FAB.	0,095	0,101	0,109	0,098	0,105
BURSA FAB.	0,093	0,099	0,106	0,096	0,103
KAYSERİ FAB.	0,093	0,107	0,115	0,100	0,111
					a^*
					0,102
					0,099
					0,106

Çizelge 6.27 Çinli tedarikçi için ekonomik çevre risk faktörlerinin bulanık sayılarla gösterimi.

EKONOMİK ÇEVRE RİSK FAKTÖRLERİ						
ÇİNLİ TEDARİKÇİ						
α -kesimi 0,5	a_1	a_2	a_3	a_1^a	a_3^a	a^*
İSTANBUL FAB.	0,098	0,115	0,123	0,107	0,119	0,113
BURSA FAB.	0,101	0,110	0,117	0,106	0,114	0,110
KAYSERİ FAB.	0,097	0,106	0,113	0,102	0,110	0,106

Çizelge 6.28 Kocaeli tedarikçisi için tedarikçi performansı risk faktörlerinin bulanık sayılarla gösterimi.

TEDARİKÇİ PERFORMANSI RİSK FAKTÖRLERİ						
KOCAELİ TEDARİKÇİ						
α -kesimi 0,5	a_1	a_2	a_3	a_1^a	a_3^a	a^*
İSTANBUL FAB.	0,215	0,220	0,223	0,218	0,222	0,220
BURSA FAB.	0,221	0,230	0,235	0,226	0,233	0,229
KAYSERİ FAB.	0,236	0,245	0,253	0,241	0,249	0,245

Çizelge 6.29 İzmir tedarikçisi için tedarikçi performansı risk faktörlerinin bulanık sayılarla gösterimi.

TEDARİKÇİ PERFORMANSI RISK FAKTÖRLERİ					
İZMİR TEDARİKÇİ					
α -kesimi	a_1	a_2	a_3	a_1^a	a^*
0,5					
İSTANBUL FAB.	0,218	0,225	0,230	0,222	0,225
BURSA FAB.	0,226	0,230	0,233	0,228	0,230
KAYSERİ FAB.	0,266	0,270	0,272	0,268	0,270

Çizelge 6.30 Konya tedarikçisi için tedarikçi performansı risk faktörlerinin bulanık sayılarla gösterimi.

TEDARİKÇİ PERFORMANSI RISK FAKTÖRLERİ					
KONYA TEDARİKÇİ					
α -kesimi	a_1	a_2	a_3	a_1^a	a^*
0,5					
İSTANBUL FAB.	0,246	0,250	0,253	0,248	0,250
BURSA FAB.	0,238	0,245	0,249	0,242	0,244
KAYSERİ FAB.	0,232	0,240	0,247	0,236	0,240

Çizelge 6.31 İtalyan tedarikçi için tedarikçi performansı risk faktörlerinin bulanık sayılarla gösterimi.

TEDARİKÇİ PERFORMANSI RISK FAKTÖRLERİ						
İTALYAN TEDARİKÇİ						
α -kesimi	a_1	a_2	a_3	a_1^a	a_3^a	a^+
0,5						
İSTANBUL FAB.	0,213	0,220	0,226	0,217	0,223	0,220
BURSA FAB.	0,202	0,210	0,218	0,206	0,214	0,210
KAYSERİ FAB.	0,222	0,230	0,234	0,226	0,232	0,229

Çizelge 6.32 Çinli tedarikçi için tedarikçi performansı risk faktörlerinin bulanık sayılarla gösterimi.

TEDARİKÇİ PERFORMANSI RISK FAKTÖRLERİ						
ÇİNLİ TEDARİKÇİ						
α -kesimi	a_1	a_2	a_3	a_1^a	a_3^a	a^+
0,5						
İSTANBUL FAB.	0,254	0,260	0,267	0,257	0,264	0,260
BURSA FAB.	0,239	0,250	0,257	0,245	0,254	0,249
KAYSERİ FAB.	0,241	0,250	0,256	0,246	0,253	0,249

Çizelge 6.33 Kocaeli tedarikçisi için bakım desteği ihtiyacındaki olumsuz davranışlar risk faktörlerinin bulanık sayılarla gösterimi.

BAKIM DESTEĞİ İHTİYACINDAKİ OLUMSUZ DAVRANIŞLAR RISK FAKTÖRLERİ					
KOCAELİ TEDARİKÇİ					
α -kesimi	a_1	a_2	a_3	a_1^{α}	a_3^{α}
0,5					
İSTANBUL FAB.	0,235	0,240	0,246	0,238	0,243
BURSA FAB.	0,250	0,255	0,261	0,253	0,258
KAYSERİ FAB.	0,259	0,265	0,271	0,262	0,268
					0,240
					0,255
					0,265

93

Çizelge 6.34 İzmir tedarikçisi için bakım desteği ihtiyacındaki olumsuz davranışlar risk faktörlerinin bulanık sayılarla gösterimi.

BAKIM DESTEĞİ İHTİYACINDAKİ OLUMSUZ DAVRANIŞLAR RISK FAKTÖRLERİ					
İZMİR TEDARİKÇİ					
α -kesimi	a_1	a_2	a_3	a_1^{α}	a_3^{α}
0,5					
İSTANBUL FAB.	0,250	0,255	0,262	0,253	0,259
BURSA FAB.	0,244	0,250	0,257	0,247	0,254
KAYSERİ FAB.	0,256	0,260	0,266	0,258	0,263
					0,256
					0,250
					0,261

Çizelge 6.35 Konya tedarikçisi için bakım desteği ihtiyacındaki olumsuz davranışlar risk faktörlerinin bulanık sayılarla gösterimi.

BAKIM DESTEĞİ İHTİYACINDAKİ OLUMSUZ DAVRANIŞLAR RISK FAKTÖRLERİ						
KONYA TEDARİKÇİ						
α -kesimi	a_1	a_2	a_3	a_1^a	a_3^a	a^*
0,5						
İSTANBUL FAB.	0,309	0,315	0,321	0,312	0,318	0,315
BURSA FAB.	0,304	0,310	0,317	0,307	0,314	0,310
KAYSERİ FAB.	0,294	0,300	0,308	0,297	0,304	0,301

Çizelge 6.36 İtalyan tedarikçi için bakım desteği ihtiyacındaki olumsuz davranışlar risk faktörlerinin bulanık sayılarla gösterimi.

BAKIM DESTEĞİ İHTİYACINDAKİ OLUMSUZ DAVRANIŞLAR RISK FAKTÖRLERİ						
İTALYAN TEDARİKÇİ						
α -kesimi	a_1	a_2	a_3	a_1^a	a_3^a	a^*
0,5						
İSTANBUL FAB.	0,168	0,175	0,181	0,172	0,178	0,175
BURSA FAB.	0,185	0,190	0,194	0,188	0,192	0,190
KAYSERİ FAB.	0,179	0,185	0,189	0,182	0,187	0,185

Çizelge 6.37 Çinli tedarikçi için bakım desteği ihtiyacındaki olumsuz davranışlar risk faktörlerinin bulanık sayılarla gösterimi.

BAKIM DESTEĞİ İHTİYACINDAKİ OLUMSUZ DAVRANIŞLAR RİSK FAKTÖRLERİ					
ÇİNLİ TEDARİKÇİ					
α -kesimi 0,5	a_1	a_2	a_3	a_1^a	a_3^a
İSTANBUL FAB.	0,345	0,350	0,356	0,348	0,353
BURSA FAB.	0,324	0,330	0,337	0,327	0,334
KAYSERİ FAB.	0,307	0,310	0,314	0,309	0,312
					a^+
					0,350
					0,330
					0,310

Çizelge 6.38 Kocaeli tedarikçisi için garanti süresindeki olumsuz davranışlar risk faktörlerinin bulanık sayılarla gösterimi.

GARANTİ SÜRESİNDEKİ OLUMSUZ DAVRANIŞLAR RİSK FAKTÖRLERİ					
KOCAELİ TEDARİKÇİ					
α -kesimi 0,5	a_1	a_2	a_3	a_1^a	a_3^a
İSTANBUL FAB.	0,155	0,160	0,167	0,158	0,164
BURSA FAB.	0,164	0,170	0,178	0,167	0,174
KAYSERİ FAB.	0,170	0,175	0,182	0,173	0,179
					a^+
					0,161
					0,171
					0,176

Çizelge 6.39 İzmir tedarikçisi için garanti süresinceki olumsuz davranışlar risk faktörlerinin bulanık sayılarla gösterimi.

GARANTİ SÜRESİNCEKİ OLUMSUZ DAVRANIŞLAR RISK FAKTÖRLERİ					
İZMİR TEDARİKÇİ					
α -kesimi	a_1	a_2	a_3	a_1^a	a_3^a
0,5					a^+
İSTANBUL FAB.	0,176	0,180	0,184	0,178	0,182
BURSA FAB.	0,143	0,150	0,156	0,147	0,153
KAYSERİ FAB.	0,180	0,185	0,189	0,183	0,187
					0,180
					0,150
					0,185

Çizelge 6.40 Konya tedarikçisi için garanti süresinceki olumsuz davranışlar risk faktörlerinin bulanık sayılarla gösterimi.

GARANTİ SÜRESİNCEKİ OLUMSUZ DAVRANIŞLAR RISK FAKTÖRLERİ					
KONYA TEDARİKÇİ					
α -kesimi	a_1	a_2	a_3	a_1^a	a_3^a
0,5					a^+
İSTANBUL FAB.	0,194	0,200	0,207	0,197	0,204
BURSA FAB.	0,183	0,190	0,198	0,187	0,194
KAYSERİ FAB.	0,178	0,185	0,192	0,182	0,189
					0,200
					0,190
					0,185

Çizelge 6.41 İtalyan tedarikçi için garanti süresinceki olumsuz davranışlar risk faktörlerinin bulanık sayılarla gösterimi.

GARANTİ SÜRESİNCEKİ OLUMSUZ DAVRANIŞLAR RISK FAKTÖRLERİ					
İTALYAN TEDARİKÇİ					
α -kesimi	a_1	a_2	a_3	a_1^a	a_3^a
0,5					a^*
İSTANBUL FAB.	0,133	0,140	0,144	0,137	0,142
BURSA FAB.	0,132	0,135	0,138	0,134	0,137
KAYSERİ FAB.	0,145	0,150	0,156	0,148	0,153
					0,139
					0,135
					0,150

Çizelge 6.42 Çinli tedarikçi için garanti süresinceki olumsuz davranışlar risk faktörlerinin bulanık sayılarla gösterimi.

GARANTİ SÜRESİNCEKİ OLUMSUZ DAVRANIŞLAR RISK FAKTÖRLERİ					
ÇİNLİ TEDARİKÇİ					
α -kesimi	a_1	a_2	a_3	a_1^a	a_3^a
0,5					a^*
İSTANBUL FAB.	0,195	0,220	0,223	0,208	0,222
BURSA FAB.	0,206	0,210	0,214	0,208	0,212
KAYSERİ FAB.	0,195	0,200	0,207	0,198	0,204
					0,215
					0,210
					0,201

Problemi çözmek için ilgili durulaştırılmış sayıları ve model formülasyonunu GAMS yazılımına girmeden önce son adım hedeflerin belirlenmesidir. Belirlenen hedefler kesin olduğu için bulanık sayılarla ifade edilmemiştir.

Çizelge 6.43 Çok amaçlı tedarikçi seçimi probleminin hedefleri.

HEDEFLER	
	Hedef Değer
Toplam Maliyet	€ 10.000.000
Geç Teslimat Yüzdesi	0.033
Reddedilen Parça Yüzdesi	0.076
Ekonomik Çevre Risk Faktörü	0.107
Tedarikçi Performansı Risk Faktörü	0.248
Bakım Desteği İhtiyacındaki Olumsuz Davranışlar Risk Faktörü	0.290
Garanti Süresinceki Olumsuz Davranışlar Risk Faktörü	0.186

6.5.3 Modelin ve Problemin GAMS Yazılımına Aktarılması

sets

i musteriler / istanbulfab, bursafab, kayserifab /

j tedarikciler / kocaelited, izmirted, konyated, italyanted, cinlited /

k urunler / termostat, pompa_motoru, amortisor, rulman / ;

table

D(i,k) Musterilerin talepleri

	termostat	pompa_motoru	amortisor	rulman
istanbulfab	40000	20000	40000	80000
bursafab	90000	45000	90000	180000
kayserifab	50000	25000	50000	100000 ;

table

C(i,j,k) Birim maliyetler

	termostat	pompa_motoru	amortisor	rulman
istanbulfab. kocaelited	20.79	17.91	9.45	11.82
bursafab. kocaelited	20.77	17.89	9.43	11.80
kayserifab. kocaelited	21.27	18.41	9.72	12.00
istanbulfab. izmirted	22.83	17.68	7.16	12.35

bursafab. izmirted	22.81	17.66	7.14	12.33
kayserifab. izmirted	23.34	18.18	7.57	12.78
istanbulfab. konyated	14.61	14.53	6.76	11.61
bursafab. konyated	14.58	14.50	6.75	11.58
kayserifab. konyated	14.00	13.98	6.52	11.39
istanbulfab. italyanted	35.28	22.44	11.55	16.34
bursafab. italyanted	35.28	22.32	11.52	16.34
kayserifab. italyanted	35.33	22.37	11.57	16.39
istanbulfab. cinlited	8.51	10.60	4.44	3.81
bursafab. cinlited	8.50	10.59	4.42	3.80
kayserifab. cinlited	8.48	10.48	4.35	3.77 ;

table

B(i,j,k) Reddedilen Parca Yuzdeleri

	termostat	pompa_motoru	amortisor	rulman
istanbulfab. kocaelited	0.086	0.033	0.072	0.059
bursafab. kocaelited	0.076	0.025	0.063	0.053
kayserifab. kocaelited	0.060	0.020	0.046	0.051
istanbulfab. izmirted	0.081	0.038	0.069	0.065
bursafab. izmirted	0.084	0.020	0.060	0.063
kayserifab. izmirted	0.072	0.026	0.057	0.059
istanbulfab. konyated	0.088	0.062	0.097	0.072
bursafab. konyated	0.082	0.070	0.090	0.070
kayserifab. konyated	0.078	0.055	0.079	0.067
istanbulfab. italyanted	0.029	0.029	0.031	0.035
bursafab. italyanted	0.026	0.023	0.031	0.031
kayserifab. italyanted	0.032	0.030	0.037	0.033
istanbulfab. cinlited	0.088	0.078	0.107	0.080
bursafab. cinlited	0.080	0.079	0.101	0.077
kayserifab. cinlited	0.080	0.058	0.085	0.069 ;

table

L(i,j,k) Gec Teslimat Yuzdeleri

	termostat	pompa_motoru	amortisor	rulman
istanbulfab. kocaelited	0.022	0.031	0.023	0.017
bursafab. kocaelited	0.022	0.030	0.020	0.014
kayserifab. kocaelited	0.025	0.029	0.023	0.019
istanbulfab. izmirted	0.027	0.032	0.028	0.021

bursafab. izmirted	0.023	0.035	0.025	0.016
kayserifab. izmirted	0.037	0.036	0.036	0.030
istanbulfab. konyated	0.033	0.039	0.036	0.028
bursafab. konyated	0.030	0.033	0.030	0.026
kayserifab. konyated	0.026	0.031	0.027	0.025
istanbulfab. italyanted	0.017	0.020	0.017	0.012
bursafab. italyanted	0.019	0.019	0.019	0.012
kayserifab. italyanted	0.020	0.023	0.023	0.016
istanbulfab. cinlited	0.035	0.038	0.040	0.035
bursafab. cinlited	0.036	0.035	0.037	0.037
kayserifab. cinlited	0.035	0.032	0.036	0.031 ;

table

Phi(i,j) Ekonomik Cevre Risk Faktorleri

	kocaelited	izmirted	konyated	italyanted	cinlited
istanbulfab	0.105	0.108	0.115	0.102	0.113
bursafab	0.104	0.099	0.108	0.099	0.110
kayserifab	0.107	0.105	0.104	0.106	0.106 ;

table

E(i,j) Tedarikci Performansi Risk Faktorleri

	kocaelited	izmirted	konyated	italyanted	cinlited
istanbulfab	0.220	0.225	0.250	0.220	0.260
bursafab	0.229	0.230	0.244	0.210	0.249
kayserifab	0.245	0.270	0.240	0.229	0.249 ;

table

Psi(i,j) Garanti Suresinceki Olumsuz Davranislar Risk Faktorleri

	kocaelited	izmirted	konyated	italyanted	cinlited
istanbulfab	0.161	0.180	0.200	0.139	0.215
bursafab	0.171	0.150	0.190	0.135	0.210
kayserifab	0.176	0.185	0.185	0.150	0.201 ;

table

Th(i,j) Bakim Destegi Ihtiyacindaki Olumsuz Davranislar Risk Faktorleri

	kocaelited	izmirted	konyated	italyanted	cinlited
istanbulfab	0.240	0.256	0.315	0.175	0.350
bursafab	0.255	0.250	0.310	0.190	0.330
kayserifab	0.265	0.261	0.301	0.185	0.310 ;

table

Qmaks(i,k) Musterilerin Urunler Icin Siparis Miktari Ust Sinirlari (Adet)

	termostat	pompa_motoru	amortisor	rulman
istanbulfab	50000	25000	50000	100000
bursafab	100000	50000	100000	200000
kayserifab	64000	32000	64000	128000 ;

table

Qmini(i,k) Musterilerin Urunler Icin Siparis Miktari Alt Sinirlari (Adet)

	termostat	pompa_motoru	amortisor	rulman
istanbulfab	40000	20000	40000	80000
bursafab	90000	45000	90000	180000
kayserifab	50000	25000	50000	100000 ;

table

data(*,*) Arzulanan Hedef Degerler

	hedef_deger
maliyet	10000000
gec	0.033
red	0.076
ekocevre	0.107
performans	0.248
garanti	0.186
bakim	0.290 ;

variables

x(i,j,k) Siparis Miktari ;

Positive variable

x ;

set hedefler

/ maliyet, gec, red, ekocevre, performans, garanti, bakim / ;

positive variables

dmin(hedefler) 'negatif sapma'

dplus(hedefler) 'pozitif sapma'

equations

maliyet_amac toplam siparis maliyetinin minimizasyonu

red_amac reddedilen parca yuzdesinin minimizasyonu

gec_amac gec teslimat yuzdesinin minimizasyonu

ekocevre_amac ekonomik cevre risk faktorlerinin minimizasyonu

performans_amac tedarikci performansi risk faktorlerinin minimizasyonu

```

garanti_amac      garanti suresinceki olumsuzluk risk faktorlerinin minimizasyonu
bakim_amac        bakım destegi ihtiyacındaki risk faktorlerinin minimizasyonu
Qmaksis(i,k)
Qminis(i,k)
talep_siparis(k)
pozitiflik(i,j,k) ;
maliyet_amac ..   sum((i,j,k), C(i,j,k)*x(i,j,k)) + dmin('maliyet') - dplus('maliyet') =e=
data('maliyet','hedef_deger') ;
red_amac ..       sum((i,j,k), B(i,j,k)*x(i,j,k)) + dmin('red') - dplus('red') =e=
data('red','hedef_deger') ;
gec_amac ..       sum((i,j,k), L(i,j,k)*x(i,j,k)) + dmin('gec') - dplus('gec') =e=
data('gec','hedef_deger') ;
ekocevre_amac ..  sum((i,j,k), Phi(i,j)*x(i,j,k)) + dmin('ekocevre') - dplus('ekocevre')
=e= data('ekocevre','hedef_deger') ;
performans_amac .. sum((i,j,k), E(i,j)*x(i,j,k)) + dmin('performans') - dplus('performans')
=e= data('performans','hedef_deger') ;
garanti_amac ..   sum((i,j,k), Psi(i,j)*x(i,j,k)) + dmin('garanti') - dplus('garanti') =e=
data('garanti','hedef_deger') ;
bakim_amac ..     sum((i,j,k), Th(i,j)*x(i,j,k)) + dmin('bakim') - dplus('bakim') =e=
data('bakim','hedef_deger') ;
talep_siparis(k).. sum((i,j), x(i,j,k)) =g= sum((i), D(i,k)) ;
Qmaksis(i,k)..    sum(j,x(i,j,k)) =l= Qmaks(i,k) ;
Qminis(i,k)..     sum(j,x(i,j,k)) =g= Qmini(i,k) ;
pozitiflik(i,j,k).. x(i,j,k) =g= 0 ;
set  goalplus(hedefler)
/    maliyet
    gec
    red
    ekocevre
    garanti
    bakım / ;
set  goalmin(hedefler)
/    performans / ;
parameter  pplus(hedefler), pmin(hedefler) ;
variables  obj ;
equation   amac ;
amac..                                           obj =e= sum(hedefler,
pmin(hedefler)*dmin(hedefler)+pplus(hedefler)*dplus(hedefler)) ;

```

```

parameter          preempt(hedefler)
/   maliyet        1
    gec            2
    red            3
    ekocevre       4
    performans     5
    bakim          6
    garanti        7      /;

model   tedsecimi /all/;
option  limrow=50 ;
option  limcol=20 ;
alias(hedefler,g,g1) ;
scalar preempt_level  /1/ ;
loop(g1,
    loop(g$(preempt(g) = preempt_level),
        pplus(hedefler) = 0 ;
        pmin(hedefler) = 0 ;
        pplus(goalplus(g)) = 1 ;
        pmin(goalmin(g)) = 1 ;
        solve tedsecimi using lp minimizing obj;
        abort$(tedsecimi.modelstat > 2.5) "Model not solved to optimality" ;
        dmin.fx(goalmin(g)) = dmin.l(g) ;
        dplus.fx(goalplus(g)) = dplus.l(g) ;
    );
    preempt_level = preempt_level + 1 ;
);
display obj.l ;
file output1 /siparis.txt/
put  output1
loop(i,
loop(j,
loop(k,

    put i.tl;
    put ' ';
    put j.tl;

```

```

        put ' ';
        put k.tl;
        put x.l(i,j,k);
        put /
    );
);
);
putclose output1

```

6.5.4 Problem Çözümünün Elde Edilmesi

GAMS tarafından çözüm için yapılan tüm iterasyonları içeren listenin uzunluğu yaklaşık 560 sayfa olduğundan dolayı bu liste çalışmamıza dahil edilmemiştir.

Yukarıda verdiğimiz GAMS kodları ile çözümü gerçekleştirdiğimizde, çıktı dosyasında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

istanbulfab .kocaelited .termostat	0.00
istanbulfab .kocaelited .pompa_motoru	0.00
istanbulfab .kocaelited .amortisor	0.00
istanbulfab .kocaelited .rulman	80000.00
istanbulfab .izmirted .termostat	0.00
istanbulfab .izmirted .pompa_motoru	0.00
istanbulfab .izmirted .amortisor	0.00
istanbulfab .izmirted .rulman	0.00
istanbulfab .konyated .termostat	0.00
istanbulfab .konyated .pompa_motoru	0.00
istanbulfab .konyated .amortisor	0.00
istanbulfab .konyated .rulman	0.00
istanbulfab .italyanted .termostat	0.00
istanbulfab .italyanted .pompa_motoru	20000.00
istanbulfab .italyanted .amortisor	40000.00
istanbulfab .italyanted .rulman	0.00
istanbulfab .cinlited .termostat	40000.00
istanbulfab .cinlited .pompa_motoru	0.00
istanbulfab .cinlited .amortisor	0.00
istanbulfab .cinlited .rulman	0.00
bursafab .kocaelited .termostat	33667.00

bursafab	.kocaelited	.pompa_motoru	0.00
bursafab	.kocaelited	.amortisor	90000.00
bursafab	.kocaelited	.rulman	180000.00
bursafab	.izmirted	.termostat	0.00
bursafab	.izmirted	.pompa_motoru	0.00
bursafab	.izmirted	.amortisor	0.00
bursafab	.izmirted	.rulman	0.00
bursafab	.konyated	.termostat	0.00
bursafab	.konyated	.pompa_motoru	0.00
bursafab	.konyated	.amortisor	0.00
bursafab	.konyated	.rulman	0.00
bursafab	.italyanted	.termostat	0.00
bursafab	.italyanted	.pompa_motoru	45000.00
bursafab	.italyanted	.amortisor	0.00
bursafab	.italyanted	.rulman	0.00
bursafab	.cinlited	.termostat	56333.00
bursafab	.cinlited	.pompa_motoru	0.00
bursafab	.cinlited	.amortisor	0.00
bursafab	.cinlited	.rulman	0.00
kayserifab	.kocaelited	.termostat	0.00
kayserifab	.kocaelited	.pompa_motoru	0.00
kayserifab	.kocaelited	.amortisor	50000.00
kayserifab	.kocaelited	.rulman	100000.00
kayserifab	.izmirted	.termostat	0.00
kayserifab	.izmirted	.pompa_motoru	0.00
kayserifab	.izmirted	.amortisor	0.00
kayserifab	.izmirted	.rulman	0.00
kayserifab	.konyated	.termostat	50000.00
kayserifab	.konyated	.pompa_motoru	0.00
kayserifab	.konyated	.amortisor	0.00
kayserifab	.konyated	.rulman	0.00
kayserifab	.italyanted	.termostat	0.00
kayserifab	.italyanted	.pompa_motoru	0.00
kayserifab	.italyanted	.amortisor	0.00
kayserifab	.italyanted	.rulman	0.00
kayserifab	.cinlited	.termostat	0.00

kayserifab .cinlited .pompa_motoru	25000.00
kayserifab .cinlited .amortisor	0.00
kayserifab .cinlited .rulman	0.00

Sonuçları inceleyecek olursak; her üç fabrika da üçer tedarikçiyle çalışmayı seçmiştir. İstanbul fabrikası pompa motoru ve amortisör ihtiyacının tamamını İtalyan tedarikçiden karşılamıştır. Rulman ihtiyacını Kocaeli tedarikçisinden ve termostat ihtiyacını ise Çinli tedarikçiden sağlamıştır. Bursa fabrikası amortisör ve rulman ihtiyaçlarını Kocaeli tedarikçisinden karşılar, pompa motoru ihtiyacını ise İtalyan tedarikçiden karşılamaktadır. Ayrıca 90000 adet olan termostat ihtiyacının 33667 tanesi Kocaeli tedarikçi tarafından; kalan kısmı ise Çinli tedarikçi tarafından karşılanmıştır. Kayseri fabrikası ise rulman ve amortisör ihtiyaçlarının tamamını Kocaeli tedarikçisinden sağlarken, termostat ihtiyacını Konya tedarikçisinden ve pompa motoru ihtiyacını da Çinli tedarikçiden sağlamıştır. İzmir tedarikçisi ise hiç bir fabrika tarafından tercih edilmemiştir.

Bulunan sonuçların yanında ayrıca bir de hassasiyet analizi yapılarak sonuçların etkilenme oranları incelenmiştir. Hedeflerden 6'sı sabit tutularak, diğer 1 hedefe farklı değerler verilmiş ve müşterilerin tercihlerinin nasıl değiştiği gözlemlenmiştir. Toplam maliyet hedefi daha düşük bir değere çekildiğinde (€7000000), İtalyan tedarikçinin payının azaldığı, Kocaeli ve Çinli tedarikçilerin ise paylarının arttığı gözlemlenmiştir. Ayrıca İzmir tedarikçisi de tercih edilmeye başlanmıştır. Hedef fiyat arttırıldığında ise (€12000000) İtalyan tedarikçi rakiplerine karşı bariz bir baskınlık sağlamıştır. Geç teslimat yüzdesi hedefinin etkisini inceleyecek olursak; hedef değer daha düşük bir yüzde seçildiğinde tüm müşterileri İtalyan tedarikçi ve Kocaeli tedarikçisi paylaşmaktadır. Hedeflenen yüzde arttırıldığında ise Çinli tedarikçi ve Konya tedarikçisi paylarını arttırmaktadır. Reddedilen parça yüzdesinin değiştirilmesinde de durum benzer olmaktadır. İzmir tedarikçisi ise bundan etkilenmemiş gözükmektedir. Ekonomik çevre risk faktörünün etkisine bakıldığında ilk üç hedef kadar sonuçları değiştirmediği gözlemlenmiştir. Tedarikçi performansı risk faktörü hedefinde ise oran düşürüldüğünde özellikle İtalyan tedarikçi ön plana çıkarken, Çinli tedarikçi ciddi bir pay kaybetmektedir. Bakım desteği ihtiyacındaki ve garanti süresinceki olumsuz davranışlar risk faktörleri de tedarikçi seçim kararlarında birbirlerine oldukça yakın bir etkiye sahiptir. Hedeflenen risk oranı yükseldikçe Konya tedarikçisine ve Çinli tedarikçiye bir kayma olurken; hedef değer düşürüldüğünde ise İzmir ve Kocaeli tedarikçileri paylarını arttırmaktadırlar.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Tedarikçi seçimi problemi, başarılı bir tedarik zinciri yönetiminin başa çıkması gereken en önemli problemdir. Bunun yanında birçok kriter, amaç ve kısıtın birlikte düşünülmesi gereken karmaşık ve zor bir problemdir. Tüm bunların yanında, karar vericileri bekleyen diğer bir önemli sorun ise gerçek dünyanın kağıt üstündeki kadar kesin olmamasıdır. Birkaç saat içinde tüm dünya piyasalarının dalgalanabildiği bir ortamda kesin bilgiler olmaksızın kararlar verebilmek, tecrübe, uzmanlık ve bazı yardımcı tekniklerin kullanımını gerektirmektedir.

Çok amaçlı karar verme problemleri için geliştirilmiş çok sayıda yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemlerin en popülerlerinden biri de hedef programlamadır. Literatürde, diğer tekniklerle entegre edilmiş bir çok hedef programlama yaklaşımı bulunmaktadır. Önermiş olduğumuz yaklaşımda, bulanık mantık ve hedef programlamanın birleşiminden ortaya çıkan bulanık hedef programlama tekniği esas alınmıştır. Literatürde en sık kullanılan tedarikçi seçim kriterleri ayrıntılı biçimde incelenerek, uzman görüşleri de alınarak, 7 tane kriter belirlenmiştir. Ardından, analitik hiyerarşi prosesi kullanılarak bu kriterlerin öncelik sıralaması yapılmıştır. Öncelik sıralamaları belirlenen bu 7 kritere göre modelin formülasyonu yapılmıştır. Çalışmanın son bölümünde ise geliştirilen bu model, örnek bir tedarikçi seçim probleminin çözümünde uygulanmıştır. Uygulama yapılırken GAMS isimli yazılım kullanılmıştır.

Çalışmamızın sonuçlarına göre, belirlenen hedeflerin sıralaması ve arzulanan hedef değerleri yapılan tedarikçi seçimini önemli ölçüde etkilemektedir. Örneğin toplam maliyet hedefini düşük bir bedel olarak belirlediğimizde; ucuz, ancak kalite standartları nisbeten düşük olan tedarikçiler seçilmektedir. Ancak bazı müşteriler mali kısıtlar imkan verdiği kadarıyla, kaliteli ürünler almayı tercih etmektedir. Bu sebeple aynı ürünün belli bir miktarını bir tedarikçiden sağlarken, kalan kısmını diğer bir tedarikçiden sağlamaktadır. Belirlediğimiz hedeflerin birbirlerine olan etkilerine bakacak olursak, öncelik sıralamasına göre üst sıralarda olanların, alt sıralardakilere göre daha fazla etkiye sahip olduğu yapılan hassasiyet analizinde görülmüştür. Ayrıca, özellikle öncelik sıralamasına göre sonlarda olan hedeflerin seçim kararındaki etkisinin son derece düşük olduğu, yine bu hassasiyet analiziyle belirlenmiştir. Son olarak, kullandığımız çok amaçlı bulanık hedef programlama modelinde, bulanık verileri kesin sayıya dönüştürürken kullandığımız α -kesim değeri de ($\alpha = 0.5$) problemin sonuçlarına etki etmiştir. Farklı α -kesim değerleri için, problemin çözümünde farklılıklar görülecektir.

Gelecekte bu konuda yapılacak çalışmalarda, değerlendirilen kriter sayısı, müşteri, ürün ve tedarikçi sayıları arttırılabilir. Belirlenen kriterlerin sıralamaları farklı metotlarla yapılabilir.

Bunların yanında bulunan sıralama değiştirilerek elde edilen özüm̈ler karşılaştırılabilir. Ayrıca farklı α -kesim değerleri için aynı problemin farklı özüm̈leri yapılabilir.

KAYNAKÇA

Akarte, M.M., Surendra, N.V., Ravi, B. ve Rangaraj, N., (2001) “Web based casting supplier evaluation using analytical hierarchy process”, *Journal of the Operational Research Society*, 52(5):511-522.

Alan, Y., (1994), *Robotik Kültür*, T.Ö.V. Yayınları, İzmir.

Alkan, A., (2006), “AHP’de Dilsel Karşılaştırma Sürecinin Bulanık Mantıkla Gerçekleştirilmesi”, *Yüksek Lisans Tezi*, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.

Alp, S., (2008), “Doğrusal hedef programlama yönteminin otobüsle kent içi toplu taşıma sisteminde kullanılması”, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 13: 73-91.

Altaş, İ.H., (1999), “Bulanık Mantık : Bulanıklılık Kavramı”, *Enerji, Elektrik, Elektromekanik - 3e*, 62:80-85.

Amid, A., Ghodsypour, S.H. ve O’Brien, C., (2006), “Fuzzy multiobjective linear model for supplier selection in a supply chain”, *International Journal of Production Economics*, 104(2):394-407.

Amid, A., Ghodsypour, S.H. ve O’Brien, C., (2009), “A Weighed Additive Fuzzy Multiobjective Model for the Supplier Selection Problem Under Price Breaks in a Supply Chain”, *International Journal of Production Economics*, 121:323-332.

Amid, A.; Ghodsypour, S.H.; O’Brien, C., (2010), “A weighted max-min model for fuzzy multiple-objective supplier selection in a supply chain”, *International Journal of Production Economics*, Baskıda.

Amin, S.H.; Razmi, J. ve Zhang, G., (2010), “Supplier selection and order allocation based on fuzzy SWOT analysis and fuzzy linear programming”, *Expert Systems with Applications*, Baskıda.

Aouni, B. ve Kettani, O., (2001), “Goal programming model: A glorious history and a promising future”, *European Journal of Operational Research*, 133: 225-231.

Araz, C. ve Özkarahan, İ., (2007), “Supplier evaluation and management system for strategic sourcing based on a new multicriteria sorting procedure”, *International Journal of Production Economics*, 106:585-606.

Atlas, M., (2008), “Çok Amaçlı Programlama Çözüm Tekniklerinin Sınıflandırılması”, *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 8(1):47-68.

Baky, I.A., (2010), “Solving multi-level multi-objective linear programming problems through fuzzy goal programming approach”, *Applied Mathematical Modelling*, 34(9):2377-2387.

Barbarosoğlu, G. ve Yazgaç, T., (1997), “An Application of the Analytic Hierarchy Process to the Supplier Selection Problem”, *Production and Inventory Management Journal*, 14-21.

Buffa, F.P. ve Jackson, W.M., (1983), “A goal programming model for purchase planning”, *Journal of Purchasing and Materials Management*, Fall: 27-34.

- Burton, T.T., (1988), "JIT/repetitive sourcing strategies: "Tying the knot" With your suppliers", *Production and Inventory Management Journal*, 38-41.
- Byun, D.H., (2001), "The AHP Approach for Selecting an Automobile Purchase Model", *Information & Management*, 38:289-297.
- Cebeci, U. ve Kılınç, M.S., (2008) Hastane yer seçimine Analitik Hiyerarşi Yöntemi Uygulanması, Yayınlanmamış Makale.
- Chan, F.T.S., (2003), "Interactive selection model for supplier selection process: an analytical hierarchy process approach", *International Journal of Production Research*, 41(15):3549-3579.
- Chandran, B., Golden, B. ve Wasil, E., (2005), "Linear Programming Models for Estimating Weights in the Analytic Hierarchy Process", *Computers & Operations Research*, 32:2235-2254.
- Chang, S.L., Wang, R.C. ve Wang, S.Y., (2006), "Applying fuzzy linguistic quantifier to select supply chain partners at different phases of product life cycle", *International Journal of Production Economics*, 100(2):348-359.
- Charnes, A. ve Cooper, W.W., (1977), "Goal programming and multiple objective optimization", *European Journal of Operational Research*, 1: 39-54.
- Charnes, A., Cooper, W.W. ve Ferguson, R.O., (1955), "Optimal estimation of executive compensation by linear programming", *Management Science*, 1:138-151.
- Chaudhry, S.S., Forst, F.G. ve Zydiak, J.L., (1993), "Vendor selection with price breaks", *European Journal of Operational Research*, 70(1):52-66.
- Chen, C.T., Lin, C.T. ve Huang, S.F., (2006), "A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management", *International Journal of Production Economics*, 102(2):289-301.
- Chen, L.H. ve Tsai, F.C., (2001), "Fuzzy goal programming with different importance and priorities", *European Journal of Operational Research*, 133: 548-556.
- Chopra, S. ve Meindl, P., (2001), *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation*, Prentice Hall, New Jersey.
- Choy, K.L., Lee, W.B. ve Lo, V., (2002), "An intelligent supplier management tool for benchmarking suppliers in outsource manufacturing Expert Systems with Applications, 22(3):213-224.
- Choy, K.L., Lee, W.B. ve Lo, V., (2003), "Design of an Intelligent Supplier Relationship Management System-a Hybrid Case-Based Neural Network Approach", *International Journal of Expert Systems with Applications*, 24(3):225-237.
- Christopher, M., (1998), *Logistics and Supply Chain Management : Strategies for Reducing Cost and Improving Service*, Prentice Hall Financial Times, England.
- Coello, C.A.C., Lamont, G.B. ve Veldhuizen, D.A.V., (2007), *Evolutionary Algorithms for Solving Multi-Objective Problems*, Springer Science+Business Media, New York.
- Collette, Y. ve Siarry, P., (2003), *Multiobjective Optimization: Principles and Case Studies*, Springer-Verlag, Berlin.

- Coupland, S., (2009), "Fuzzy Logic in the Real World", 22 October 2009, De Montfort University, Leicester.
- Croom, S., Romano, P. ve Giannakis, M., (2000), "(Supply Chain Management: An Analytical Framework for Critical Literature Review", *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 6:67-83.
- Çebi, F. ve Bayraktar, D., (2003), "An Integrated Approach for Supplier Selection", *Logistics Information Management*, 16(6):395-400.
- Dağdeviren, M., (2007), "Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi ile Personel Seçimi ve Bir Uygulama", *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 22(4):791-799.
- Dağdeviren, M. ve Eren, T., (2001), "Tedarikçi Firma Seçiminde Analitik Hiyerarşi Prosesi ve 0-1 Hedef Programlama Yöntemlerinin Kullanılması", *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 16(2):41-52.
- Deb, K., (2001), *Multi-Objective Optimization Using Evolutionary Algorithms*, John Wiley & Sons, New York.
- Degraeve, Z. ve Roodhooft, F., (2000), "A mathematical programming approach for procurement using activity based costing, *Journal of Business Finance and Accounting*, 27(1-2):69-98.
- Dempsey, W.A., (1978), "Vendor selection and the buying process", *Industrial Marketing Management*, 7:257-267.
- Dereli, T., (2000), "Toplam kalite yönetimi ışığında yapay zekanın endüstriyel problemlerin çözümünde kullanımı" semineri, Gaziantep Üniversitesi.
- Dickson, G.W., (1966), "An analysis of vendor selection systems and decisions", *Journal of Purchasing*, 2(1):5-17.
- Dubois, D. ve Prade, H., (2000), *Fundamentals of Fuzzy Sets*, Kluwer Academic Publishers, Massachusetts.
- Dulmin, R.; Mininno, V., (2003), "Supplier selection using a multi-criteria decision aid method", *Journal of Purchasing & Supply Management*, 9:177-187.
- Eraslan, E. ve Algün, O., (2005), "İdeal Performans Değerlendirme Formu Tasarımında Analitik Hiyerarşi Yöntemi Yaklaşımı", *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi* 20(1):95-106.
- Erdin, C., (2007), *Bulanık Hedef Programlama ve İşletme Yönetiminde Bir Uygulama*, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Erol, I. ve William, G. ve Ferrel, J., (2003), "A methodology for selection problems with multiple, conflicting objectives and both qualitative and quantitative criteria", *International Journal of Production Economics*, 86:187-199.
- Evren, R. ve Ülengin, F., (1992), *Yönetimde Çok Amaçlı Karar Verme*, İTÜ Yayınları, İstanbul.
- Famuyiwa, O., Monplaisir, L. ve Nepal, B., (2008), "An integrated fuzzy-goal-programming-based framework for selecting suppliers in strategic alliance formation", *International Journal of Production Economics*, 113: 862-875.

- Florez-Lopez, R., (2007), "Strategic supplier selection in the added-value perspective: A CI approach", *Information Sciences*, 177(5):1169-1179.
- Ghodsypour, S.H. ve O'Brien, C., (1998), "A Decision Support System for Supplier Selection Using an Integrated Analytic Hierarchy Process and Linear Programming", *International Journal of Production Economics*, 56-57:199-212.
- Gunesakaran, A., (2004), "Supply Chain Management: Theory and Applications", *European Journal of Operational Research*, 159:265-268.
- Güneş, M. ve Umarusman, N., (2002), "Bir Karar Destek Aracı Bulanık Hedef Programlama ve Yerel Yönetimlerde Vergi Optimizasyonu Uygulaması", *Review of Social, Economic & Business Studies*, 2:242-255.
- Güngör, İ. ve İşler, D.B., (2005), "Analitik Hiyerarşi Yaklaşımı ile Otomobil Seçimi", *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 1(2):21-33.
- Ha, S.H. ve Krishnan, R., (2008), "A hybrid approach to supplier selection for the maintenance of a competitive supply chain", *Expert Systems with Applications: An International Journal*, 34(2):1303-1311.
- Hajidimitriou, Y.A. ve Georgiou, A.C., (2002), "A goal programming model for partner selection decisions in international joint ventures", *European Journal of Operational Research*, 138: 649-662.
- Hannan, E.L., (1981), "Linear Programming with Multiple Fuzzy Goals", *Fuzzy Sets and Systems*, 6:235-248.
- Ho, W., (2008), "Integrated analytic hierarchy process and its applications: A literature review", *European Journal of Operational Research*, 186: 211-228.
- Ho, W., Xu, X. ve Dey, P.K., (2010), "Multi-Criteria Decision Making Approaches for Supplier Evaluation and Selection: A Literature Review", *European Journal of Operational Research*, 202:16-24.
- Hsu, B.M., Chiang, C.Y. ve Shu, M.H., (2010), "Supplier selection using fuzzy quality data and their applications to touch screen", *Expert Systems with Applications*, 37(9):6192-6200.
- Hu, C.F., Teng, C.J. ve Li, S.Y., (2007), "A fuzzy goal programming approach to multi-objective optimization problem with priorities", *European Journal of Operational Research*, 176: 1319-1333.
- Hugos, M., (2006), *Essentials of Supply Chain Management*, John Wiley & Sons, New Jersey.
- Ignizio, J.P., (1978), "A review of goal programming: A tool for multi-objective analysis", *Journal of Operational Research Society*, 29:1109-1119.
- Işıklı, Ş., (2008), "Bulanık Mantık ve Bulanık Teknolojiler", *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Felsefe Bölümü Dergisi*, 19:105-126
- Jones, D., Tamiz, M. ve Ries, J., (2010), *New Developments in Multiple Objective and Goal Programming*, Springer-Verlag, Berlin.

- Kahraman, C., Cebeci, U. ve Ruan, D., (2004), "Multi-Attribute Comparison of Catering Service Companies Using Fuzzy AHP: The Case of Turkey", *International Journal of Production Economics*, 87:171-184.
- Kasilingam, R.G. ve Lee, C.P., (1996), "Selection of vendors—a mixed-integer programming approach", *Computers and Industrial Engineering*, 31(1-2):347-350.
- Ketchen, D.J., Rebarick, W., Hult, G.T.M ve Meyer, D., (2008), "Best Value Supply Chains: A Key Competitive Weapon for the 21st Century", *Business Horizons*, 51:235-243.
- Kim, P.O., Lee, K.J. ve Lee, B.W., (1999), "Selection of an optimal nuclear fuel cycle scenario by goal programming and the analytic hierarchy process", *Annals of Nuclear Energy*, 26(5): 449-460.
- Klir, G.J. ve Yuan, B., (1995), *Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications*, Prentice Hall, New Jersey.
- Kobu, B., (2006), *Üretim Yönetimi*, Beta Yayıncılık, İstanbul.
- Koçak, H., (2007), *Doğrusal Programlama Karar Verme ve Modeller Sunum Notları*
- Kumar, M., Vrat, P., Shankar, R., (2004), "A fuzzy goal programming approach for vendor selection problem in a supply chain", *Computers & Industrial Engineering*, 46: 69-85.
- Küçüköncü, T., (2007), *Bulanık Mantık Ders Notları*, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü.
- Kwak, N.K., Lee, C.W. ve Kim, J.H., (2005), "An MCDM model for media selection in the dual consumer/industrial market", *European Journal of Operational Research*, 166(1): 255-265.
- Lai, Y.J ve Hwang, C.L., (1994), *Fuzzy Multiple Objective Decision Making: Methods and Applications*, Springer-Verlag, Berlin.
- Lee, A.H.I., Kang, H.Y. ve Chang, C.T., (2009), "Fuzzy multiple goal programming applied to TFT-LCD supplier selection by downstream manufacturers", *Expert Systems with Application*, 36: 6318-6325.
- Lee, C.S. ve Wen, C.G., (1997), "Fuzzy goal programming approach for water quality management in a river basin", *Fuzzy Sets and Systems*, 89: 181-192.
- Lee, C.W. ve Kwak, N.K., (1999), "Information resource planning for a health-care system using an AHP – based goal programming method", *Journal of Operational Research Society*, 50(12): 1191-1198.
- Lee, S.M., (1972), *Goal Programming for Decision Analysis*, Auerbach, Philadelphia.
- Lee, S.M., (1973), "Goal programming for decision analysis of multiple objectives", *Sloan Management Review*, 14: 11-24.
- Lee, S.M. ve Clayton, E.R., (1972), "A goal programming model for academic resources allocation", *Management Science*, 18(8): 395-408.
- Lee, S.M., Clayton, E.R. ve Taylor, B.W., (1978), "A goal programming approach to multi-period production line scheduling", *Computers and Operational Research*, 5: 205-211.

- Liao, C.N. ve Kao, H.P., (2010), "Supplier selection model using Taguchi loss function, analytical hierarchy process and multi-choice goal programming", *Computers & Industrial Engineering*, 58: 571-577.
- Liu, J., Ding, F.Y. ve Lall, V., (2000), "Using data envelopment analysis to compare suppliers for supplier selection and performance improvement", *Supply Chain Management: An International Journal*, 5(3):143-150.
- Lootsma, F.A., (1997), *Fuzzy Logic for Planning and Decision Making*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Luo, X., Wu, C., Rosenberg, D. ve Barnes, D., (2009), "Supplier selection in agile supply chains: An information-processing model and an illustration", *Journal of Purchasing & Supply Management*, 15:249-262.
- Min, H. ve Galle, W.P., (1999), "Electronic commerce usage in business-to-business purchasing", *International Journal of Operations and Production Management*, 19(9):909-921.
- Mukaidono, M., (2001), *Fuzzy Logic for Beginners*, World Scientific, Singapore.
- Narasimhan, R., (1980), "Goal Programming in a Fuzzy Environment", *Decision Sciences*, 11:325-336.
- Nedjah, N. ve Mourelle, L.M., (2005), *Fuzzy Systems Engineering: Theory and Practice*, Springer-Verlag, Berlin.
- New, S.J. ve Payne, P., (1995), "Research Frameworks in Logistics: Three Models, Seven Dinners and a Survey", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 25(10):60 – 77.
- Nijkamp, P. ve Spronk, J., (1978), "Interactive Multiple Goal Programming", 7th meeting of the EURO-working group "Aide a la decision multicritere", April 1978, York.
- Özcan, U. ve Toklu, B., (2009), "Multiple-criteria decision-making in two-sided assembly line balancing: A fuzzy goal programming and a fuzzy goal programming models", *Computers & Operational Research*, 36: 1955-1965.
- Özkan, M.M., (2002), "Bulanık hedef programlama modeli ve bir uygulama denemesi", *Review of Social, Economic & Business Studies*, 2:265-301.
- Öztürk, A., (2007), *Yöneylem Araştırması, Genişletilmiş 9. Baskı*, Ekin Kitabevi, Bursa.
- Pan, C.T., (1989), "A vector majorization method for solving a nonlinear programming problem", *Linear Algebra and its Applications*, 119:129-139.
- Punniyamoorthy, M., Mathiyalagan, P. ve Parthiban, P., (2010), "A strategic model using structural equation modeling and fuzzy logic in supplier selection", *Expert Systems with Applications*, (baskıda).
- Romero, C., (1986), "A survey of generalized goal programming (1970-1982)", *European Journal of Operational Research*, 25: 183-191.
- Romero, C., (1991), *Handbook of Critical Issues in Goal Programming*, Pergamon Press, Oxford.

- Rosenthal, E.C., Zydiak, J.L. ve Chaudhry, S.S., (1995), "Vendor Selection with Bundling", *Decision Sciences*, 26:35-48.
- Rosenthal, R.E., (2008), *GAMS: A User Guide*, GAMS Developement Corporation, Washington.
- Ross, T.J., (2004), *Fuzzy Logic with Engineering Applications*, John Wiley & Sons Ltd., Chichester.
- Saaty, T.L ve Özdemir, M.S., (2003), "Why the Magic Number Seven Plus or Minus Two", *Mathematical and Computer Modelling*, 38:233-244.
- Saaty, T.L. ve Vargas, L.G., (2001), *Models, Methodes, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process*, Kluwer Academic Publishers, Massachusetts.
- Saen, R.Z., (2007), "Suppliers selection in the presence of both cardinal and ordinal data", *European Journal of Operational Research*, 183(2):741-747.
- Sakawa, M., (1993), *Fuzzy Sets and Interactive Multiobjective Optimization*, Plenum Press, New York.
- Sarkar, A. ve Mohapatra, P.K.J., (2006), "Evaluation of supplier capability and performance: A method for supply base reduction", *Journal of Purchasing and Supply Management*, 12(3):148-163.
- Schniederjans, M.J., (1995), *Goal Programming: Methodology and Applications*, Kluwer Academic Publishers, Norwell.
- Selim, H., Araz, C.ve Özkarahan, İ., (2008), "Collaborative production-distribution planning in supply chain: A fuzzy goal programming approach", *Transportation Research Part E*, 44: 396-419.
- Sharma, D., Benton, W.C. ve Srivastava, R., (1989), "Competitive strategy and purchasing decisions", In *Proceedings of the 1989 Annual Conference of the Decision Sciences Institute*, 1088-1090.
- Siler, W. ve Buckley, J.J., (2005), *Fuzzy Expert Systems and Fuzzy Reasoning*, John Wiley & Sons, New Jersey.
- Simchi-Levi, D., Kaminsky, P. ve Simchi-Levi, E., (2003), *Designing & Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies and Case Studies*, McGraw-Hill Higher Education, New York.
- Simchi-Levi, D., Kaminsky, P. ve Simchi-Levi, E., (2004), *Managing the Supply Chain: The Definitive Guide for The Business Professional*, McGraw-Hill, New York.
- Sipahioğlu, A., (2008), *Analitik Hiyerarşi Süreci Ders Notları*, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü.
- Siyang, W., Jinlong, Z. ve Zhicheng, L., (1997), "A Supplier Selection System Using a Neural Network", *IEEE International Conference on Intelligent Processing Systems*, 1997, New York, 468-471.
- Strager, M., (2005), *ARE 521 Goal Programming Lecture Notes*, West Virginia University,
- Taha, H.A., (2000), *Yöneylem Araştırması (Çev. Ş.A. Baray ve Ş. Esnaf)*, Literatür Yayıncılık, İstanbul.

- Talluri, S., Narasimhan, R. ve Nair, A., (2006), "Vendor performance with supply risk: A chance-constrained DEA approach", *International Journal of Production Economics*, 100(2):212-222.
- Tam, M.C.Y. ve Tummala, V.M.R., (2001), "An Application of the AHP in Vendor Selection of a Telecommunications System", *Omega*, 29:171-182.
- Tamiz, M., Jones, D. ve Romero, C., (1998), "Goal programming for decision making: An overview of the current state-of-the-art", *European Journal of Operational Research*, 111: 569-581.
- Tan, K.C., (2001), "A Framework of Supply Chain Management Literature", *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 7:39-48.
- Timmerman, E., (1986), "An approach to vendor performance evaluation", *Journal of Purchasing and Materials Management*, 2-8.
- Toktaş, İ. ve Aktürk, N., (2004), "Makina Tasarım İşleminde Kullanılan Yapay Zeka Teknikleri ve Uygulama Alanları", *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2:7-20.
- Tomsovic, K. ve Chow, M.Y., (2000), "Tutorial on Fuzzy Logic Applications in Power Systems", *Proc. IEEE Power Eng. Soc. Winter Meeting*, 2000.
- Turner, I., (1988), "An independent system for the evaluation of contract tenders", *Journal of the Operational Research Society*, 39(6):551-561.
- Vargas, L., (1990), "An Overview of the Analytic Hierarchy Process and its Applications", *European Journal of Operational Research* 48(1):2-8.
- Verma, R. ve Pullman, M.E., (1998), "(An Analysis of the Supplier Selection Process", *Omega*, 26(6):739-750.
- Wang, G., Huang, S.H. ve Dismukes, J.P., (2004), "Product-driven supply chain selection using integrated multi-criteria decision making methodology", *International Journal of Production Economics*, 91(1): 1-15.
- Wang, G., Huang, S.H. ve Dismukes, J.P., (2005), "Manufacturing supply chain design and evaluation", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 25(1-2), 93-100.
- Wang, T.Y. ve Yang, Y.H., (2009), "A Fuzzy Model for Supplier Selection in Quantity Discount Environments", *Expert Systems with Applications*, 36:12179-12187.
- Weber, C.A ve Desai, A., (1996), "Determination of paths to vendor market efficiency using parallel coordinates representation: A negotiation tool for buyers", *European Journal of Operational Research*, 90(1):142-155.
- Weber, C.A. ve Current, J.R., (1993), "A multiobjective approach to vendor selection", *European Journal of Operational Research*, 68(2):173-184.
- Weber, C.A., Current, J.R. ve Desai, A., (1998), "Non-cooperative negotiation strategies for vendor selection", *European Journal of Operational Research*, 108(1):208-223.
- Wieters, C.D., (1976), "Influences on the design and use of vendor performance rating systems", *Journal of Purchasing and Materials Management*, 31-35.

- Wind, Y. ve Robinson, P.J., (1968), "The determinants of vendor selection: The evaluation function approach", *Journal of Purchasing and Materials Management*, 29-41.
- Wu, D.D., Zhang, Y., Wu, D. ve Olson, D.L., (2010), "Fuzzy multi-objective programming for supplier selection and risk modelling: A possibility approach", *European Journal of Operational Research*, 200: 774-787.
- Yaralıoğlu, K., (2005), *Bulanık Mantık Ders Notları*, Dokuz Eylül Üniversitesi.
- Yılmaz, M. ve Arslan, E., (2005), "Bulanık Mantığın Jeodezik Problemlerin Çözümünde Kullanılması", 2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, 512-522.
- Yılmaz, K. B. ve Çetin D., (2008), *Tedarik Zinciri Yönetimi ve Uygulaması*, Lisans Tezi, YTÜ Kimya-Metalürji Fakültesi Matematik Mühendisliği Bölümü.
- Zadeh, L.A., (1965), "Fuzzy Sets", *Information and Control*, 8:338-353.
- Zanakis, S.H. ve Gupta, S.K., (1985), "A categorized bibliographic survey of goal programming", *Omega*, 13(3): 211-222.
- Zhou, Z., Cheng, S. ve Hua, B., (2000), "Supply chain optimization of continuous process industries with sustainability considerations", *Computers and Chemical Engineering*, 24(2-7): 1151-1158.

ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi	01.09.1985	
Doğum Yeri	İstanbul	
Lise	2000-2003	Adile Mermerci Anadolu Lisesi
Lisans	2003-2008	Trakya Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2008-2010	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Müh. Anabilim Dalı, Sistem Müh. Programı