

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BULANIK AHP VE BULANIK HEDEF YAKLAŞIMI  
İLE HAMMADDE TEDARİKÇİSİ SEÇİMİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Elif AYDIN**

**Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ**  
**Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Gültekin ÇAĞIL**

**Eylül 2020**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BULANIK AHP VE BULANIK HEDEF YAKLAŞIMI  
İLE HAMMADDE TEDARİKÇİSİ SEÇİMİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Elif AYDIN**

**Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ**

**Bu tez 02.09.2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.**

## **BEYAN**

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Elif AYDIN

02.09.2020

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitiminin boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Gültekin Çağıl'a ve bu dönemde beni her türlü destekleyen sevgili annem Selma Aydın'a, sevgili babam Etem Aydın'a ve kardeşim Ebru Aydın'a teşekkürlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR .....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ .....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	vii
TABLolar LİSTESİ .....	viii
ÖZET .....	x
SUMMARY .....	xi
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ .....	1
BÖLÜM 2.	
TEDARİK ZİNCİRİ .....	3
2.1. Tedarik Zincir Kavramı .....	3
2.2. Tedarik Zinciri Karar Değişkenleri.....	6
2.3. Tedarik Zinciri Yönetim Tarihi.....	6
2.4. Tedarikçi Zinciri Yönetiminin Tanımı.....	7
2.5. Tedarikçi Seçimi ve Yaklaşımı.....	8
2.6. Tedarikçi Seçim Karar Süreci.....	11
2.6.1. Tedarikçi zinciri stratejisi ve planlaması.....	12
BÖLÜM 3.	
AHP ve BAHP.....	13
3.1. Anatlilik Hiyerarşik Proses ( AHP) Tanımı ve Yaklaşımı.....	13
3.2. AHP Modelinin Çözüm Adımları.....	14

3.2.1. Hiyerarşi oluşturulması.....	14
3.2.2. İkili karşılaştırma matrisi.....	15
3.2.3. Özvektörün hesaplanması.....	18
3.2.4. Tutarlılık.....	19
3.3. AHP Uygulama Alanları.....	20
3.4. AHP Avantaj ve Dezavantajları.....	21
3.5. BAHP Proses (BAHP).....	22
3.5.1. Buckley BAHP yaklaşımı ve formülasyonu.....	22
BÖLÜM 4.	
BULANIK MANTIK.....	25
4.1. Bulanık Mantık ve Tarihi .....	25
4.2. Bulanık Kümeler ve Üyelik Fonksiyonları.....	31
4.2.1. Üçgensel üyelik fonksiyonları.....	34
4.2.2. Yamuk üyelik fonksiyonları.....	35
4.3. Bulanık Sayılar.....	36
4.3.1. Üçgensel bulanık sayılar.....	38
4.3.2. Yamuk bulanık sayılar.....	39
4.3.3. $\alpha$ -kesimleri.....	39
4.3.4. Bulanık sayılarda durulaştırma.....	41
4.4. Bulanık Sayılarda Cebirsel İşlemler.....	42
4.4.1. Bulanık sayılarda toplama işlemi.....	43
4.4.2. Bulanık sayılarda çıkarma işlemi.....	43
4.4.3. Bulanık sayılarda çarpma işlemi.....	44
4.4.4. Bulanık sayılarda bölme işlemi.....	44
4.5. Yamuk Bulanık Sayılarda Cebirsel İşlemler.....	44
4.6. Bulanık Mantığın Avantaj ve Dezavantajları.....	46
4.6.1. Bulanık Mantığın avantajları.....	46
4.6.2. Bulanık Mantığın dezavantajları.....	46
BÖLÜM 5.	
HEDEF PROGRAMLAMAMANIN TANIMI VE GELİŞİMİ.....	47

5.1. Hedef Programlamanın Tarihsel Gelişimi ve Uygulama Alanları.....	47
5.2. Hedef Programlamanın İskeleti.....	48
5.2.1. Hedef Programlamanın elemanları.....	50
5.2.2. Hedef Programlamanın matematiksel modeli.....	51
5.2.3. Öncelikli Hedef Programlama.....	53
5.2.4. Ağırlıklı Hedef Programlama.....	54
5.3. Hedef Programlamanın Avantaj ve Dezavantajları.....	55
5.3.1. Hedef Programlamanın avantajları.....	55
5.3.2. Hedef Programlamanın dezavantajları.....	55
5.4. Bulanık Hedef Programlama.....	56
5.5. Bulanık Hedef Programlama Modeli.....	57
5.6. Bulanık Hedef Programlamanın Formülasyonu.....	58
5.7. Bulanık Hedef Programlama Uygulamaları.....	60
<b>BÖLÜM 6.</b>	
<b>PROGRAMLAMA MODELİ.....</b>	<b>62</b>
6.1. Problemin Tanımlanması.....	63
6.2. Probleme Kabul Edilen Faktörler.....	67
6.3. Kısıtlar, Parametreler ve Hedefler.....	67
6.3.1. Kısıtlar.....	67
6.3.2. Parametreler.....	68
6.3.3. Hedefler.....	68
6.4. BAHP ve Bulanık Hedef Programlama Modeli.....	69
6.4.1. BAHP ile öncelik sıralaması.....	71
6.4.2. Verilerin sayısal ifade edilmesi.....	77
6.4.3. Modelin gams yazılımında uygulanması.....	84
<b>BÖLÜM 7.</b>	
<b>SONUÇLAR.....</b>	<b>91</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>95</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>104</b>

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

$\sim$	: Bulanıklık
$\mu_A$	: Üçgensel bulanık fonksiyonu
$\tilde{A}$	: Bulanık küme
$\tilde{\alpha}$	: Bulanık sayı
$a^*$	: Durulaştırılmış sayı
$A$	: İkili karşılaştırma matrisi
$\alpha_1^\alpha$	: $\tilde{\alpha}$ bulanık sayısının $\alpha$ değerindeki üyeliğinin alt değeri
$\alpha_3^\alpha$	: $\tilde{\alpha}$ bulanık sayısının $\alpha$ değerindeki üyeliğinin üst değeri
AHP	: Analitik Hiyerarşik Proses
$a_{ij}$	: Karar değişkeni katsayısı,
$a_{ijk}$	: $i$ müşterisi tarafından $j$ tedarikçisinden sipariş edilen $k$ ürününün miktarı
$\alpha_m$	: $\tilde{\alpha}$ bulanık sayısının normal değeri
$A_{\text{norm}}$	: Normalleştirilmiş matris
$\alpha_u$	: $\tilde{\alpha}$ bulanık sayısının üst değeri
$A_\alpha$	: $A$ bulanık kümesinin $\alpha$ seviyesindeki basit kümesi
$b_i$	: $i$ 'inci hedef düzeyi,
BAHP	: Bulanık Analitik Hiyerarşik Proses
$C$	: Sistem kısıtı ile ilgili matris katsayısı,
$c$	: Eldeki kaynak,
DEA	: Veri zarflama analizi
$\alpha$	: Kabul edilebilir risk seviyesi
$d_i^-$	: Hedeflenen negatif sapma değeri ( $S_i^-$ ),
$d_i^+$	: Hedeflenen pozitif sapma değeri ( $S_i^+$ ),



$D_{ijk}$	: $i$ müşterisinin $j$ tedarikçisinden geç teslim aldığı ürünlerin yüzdesi
$E_{ij}$	: Ekonomik çevre risk faktörü
$f_i(x)$	: $i$ amaç fonksiyonu
$\tilde{g}_i$	: ilgili bulanık değişkenin üst sınırı
$h_{ik}^l$	: $i$ müşterisinin $k$ ürünü için sipariş miktarı alt sınırı
$h_{ik}^u$	: $i$ müşterisinin $k$ ürünü için sipariş miktarı üst sınırı
$i$	: Müşteriler
$j$	: Tedarikçiler
$k$	: Ürünler
$K_{ijk}$	: $i$ müşterisinin $j$ tedarikçisinden aldığı ürünlerin reddedilme yüzdesi
LCD	: Likit kristal ekran
MIP	: Karışık tamsayı programlama
MRP	: Malzeme ihtiyaç planlaması
$n$	: Matrisin boyutu
$P_i$	: $i$ 'inci hedefin öncelik (önem) düzeyidir.
RG	: Rastgellik göstergesi
$R_{ijk}$	: $i$ müşterisinin $k$ ürününe olan talebi
SWOT	: Güçlü ve zayıf yönler, fırsat ve tehditler
TG	: Tutarlılık oranı
$T_{ij}$	: Tedarikçi performansının risk faktörü
TQM	: Toplam kalite yönetimi
VZA	: Veri zarflama analizi
$W$	: Özvektör
$w_i$	: $i$ 'inci hedefin sapma değişkenlerine verilmiş olan matematiksel ağırlıklar (diferansiyel ağırlık)
$X_{ij}$	: Karar değişkenleri
$\lambda_{\max}$	: Matrisin en büyük özdeğeri
$z_{ijk}$	: $i$ müşterisi tarafından $j$ tedarikçisinden sipariş edilen $k$ ürününün birim sipariş miktarı
$\alpha_1$	: $\tilde{\alpha}$ bulanık sayısının alt değeri

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Tedarik Zinciri bileşenleri.....	4
Şekil 2.2. Tedarik Zinciri ağı.....	5
Şekil 2.3. Lojistik ağı.....	5
Şekil 2.4. Tedarik Zinciri faaliyetleri.....	6
Şekil 3.1. AHP hiyerarşi modeli.....	15
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 şekil komşuluğu.....	36
Şekil 4.6. Sırasıyla bir gerçek sayı ve geleneksel aralıklı bir bulanık sayı ile bir bulanık aralığın karşılaştırılması.....	38
Şekil 4.7. Üçgensel bulanık sayı.....	39
Şekil 4.8. Bulanık kümelerin yatay görünümü: kesim seviyeleri.....	40
Şekil 4.9. $A=(-5,-1,1)$ kümesinin komşuluğu.....	41
Şekil 4.10. Ortalama en büyük yöntemi.....	42
Şekil 5.1. Bulanık Hedefler için üçgensel üyelik fonksiyonu.....	59
Şekil 6.1. AHP tekniği.....	71

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. Dickson'ın tanımladığı tedarikçi seçim kriterleri.....	9
Tablo 3.1. AHP karşılaştırma ölçeği.....	16
Tablo 3.2. İkili karşılaştırma matrisi.....	18
Tablo 3.3. Tesadüfilik göstergesi.....	19
Tablo 3.4. Üçgensel bulanık sayı.....	23
Tablo 4.1. Bulanık Mantık.....	26
Tablo 4.2. Bulanık Mantığın günlük kullanımdaki uygulamaları.....	29
Tablo 5.1. Hedef kısıtlayıcıları ile sapmalar arasındaki ilişki.....	49
Tablo 6.1. Tedarik edilecek hammadde.....	64
Tablo 6.2. Kriterler.....	65
Tablo 6.3. İkili karşılaştırma matrisi için veriler.....	72
Tablo 6.4. İkili karşılaştırma matrisi.....	72
Tablo 6.5. Üçgensel bulanık ikili karşılaştırma matrisi.....	72
Tablo 6.6. Bulanık geometrik ortalama matrisi.....	74
Tablo 6.7. Bulanık ortalama ağırlık matrisi.....	75
Tablo 6.8. Durulaşmış matris tablosu.....	76
Tablo 6.9. Kriterlerin normalize değer matrisi.....	77
Tablo 6.10. Kriterlerin öncelik sıralaması.....	77
Tablo 6.11. Müşterilerin aylık ürün talepleri.....	77
Tablo 6.12. Müşterilerin sipariş miktarı alt sınırları.....	77
Tablo 6.13. Müşterilerin sipariş miktarı üst sınırları.....	78
Tablo 6.14. Şeker tozu için maliyetlerin bulanık sayılarla gösterimi.....	78
Tablo 6.15. Kakao tozu için maliyetlerin bulanık sayılarla gösterimi.....	79
Tablo 6.16. Süt tozu için maliyetlerin bulanık sayılarla gösterimi.....	79
Tablo 6.17. Şeker tozu için reddedilen yüzdelerin bulanık sayılarla gösterimi.....	80
Tablo 6.18. Kakao tozu için reddedilen yüzdelerin bulanık sayılarla gösterimi.....	80
Tablo 6.19. Süt tozu için reddedilen yüzdelerin bulanık sayılarla gösterimi.....	81

Tablo 6.20. Fransa tedarikçisi için tedarikçi risk performansı risk faktörlerinin bulanık sayılarla gösterimi.....	81
Tablo 6.21. Almanya tedarikçisi için tedarikçi risk performansı risk faktörlerinin bulanık sayılarla gösterimi.....	81
Tablo 6.22. Belçika tedarikçisi için tedarikçi risk performansı risk faktörlerinin bulanık sayılarla gösterimi.....	81
Tablo 6.23. Hollanda tedarikçisi için tedarikçi risk performansı risk faktörlerinin bulanık sayılarla gösterimi.....	82
Tablo 6.24. Şeker tozu için geç teslimat yüzdelerinin bulanık sayılarla gösterimi	82
Tablo 6.25. Kakao tozu için geç teslimat yüzdelerinin bulanık sayılarla gösterimi	82
Tablo 6.26. Süt tozu için geç teslimat yüzdelerinin bulanık sayılarla gösterimi....	83
Tablo 6.27. Fransa tedarikçisi için ekonomik çevre risk faktörlerinin bulanık sayılarla gösterimi.....	83
Tablo 6.28. Hollanda tedarikçisi için ekonomik çevre risk faktörlerinin bulanık sayılarla gösterimi.....	83
Tablo 6.29. Belçika tedarikçisi için ekonomik çevre risk faktörlerinin bulanık sayılarla gösterimi.....	83
Tablo 6.30. Almanya tedarikçisi için ekonomik çevre risk faktörlerinin bulanık sayılarla gösterimi.....	83
Tablo 6.31. Çok amaçlı tedarikçi seçimi probleminin hedefleri.....	84

## ÖZET

Anahtar kelimeler: AHP, BAHP, Tedarikçi Seçimi, Hedef Programlama, Bulanık Mantık, Bulanık Hedef Programlama

Tedarik Zincirinin verimli bir şekilde yönetilmesi için doğru tedarikçi seçimi oldukça önemlidir. Yanlış seçilecek bir tedarikçi tüm prosesin hatalı yürütmesine sebep olabilir. Seçim sürecinde karar vericilerin birbiriyle ters düşen amaçları ve gerçek hayattaki belirsizlikleri dikkate alması gerekmektedir. Çok Amaçlı Karar Verme problemlerinin çözümü için kullanılan yöntemlerden birisi de Hedef Programlamadır. Gerçek hayattaki belirsizlikler içinse Bulanık Mantıktan faydalanılmaktadır. Uygulama kısmında üç müşteri, üç ürün çeşidi ve dört tedarikçinin olduğu bir tedarikçi seçim problemi ele alınmıştır. Her bir müşterinin, hangi tedarikçilerden hangi ürünleri ne miktarda alacağını belirlemek için beş hedef kriterine göre bir değerlendirme yapılmıştır. Uygulamada belirlenen beş farklı hedefin öncelik sıralamasını belirlemek için BAHP kullanılmıştır. Öncelik sıralaması belli olan hedefler, Bulanık Hedef Programlama ile Gams yazılımında çözülmüş ve sonuçlar yorumlanmıştır.

# **SELECTION OF FOOD RAW MATERIAL SUPPLIERS BY USING FUZZY AHP AND FUZZY GOAL PROGRAMMING APPROACH**

## **SUMMARY**

Keywords: AHP, Fuzzy AHP, Supplier Selection, Goal Programming, Fuzzy Logic, Fuzzy Goal Programming

Supplier selection is critical in order to manage a correct supply chain flow. To choose a wrong supplier can impact the entire process to go wrongly. In the selection process, decision makers need to take into account conflicting goals and uncertainties of real life. Goal Programming technique which is one of the multi goal decision support techniques for prioritizing the objectives, is used quite frequently. Fuzzy Logic is used for uncertainties in real life. In this thesis, multi objective decision support programming approach is proposed to choose a raw material supplier selection problem with three customers, three product types and four suppliers. An evaluation was made according to five target criteria to determine which products and how much each customer will purchase from which suppliers. Fuzzy AHP was used to determine the priority order of 5 different targets determined in the application. Afterwards, Fuzzy Logic is included where there is uncertainty with goal programming. And finally the model is solved in GAMS software and the results are overviewed.

## **BÖLÜM 1. GİRİŞ**

Günümüz rekabetçi ortamında firmaların en büyük hedeflerinden biri market payında sürdürülebilirliğini sağlamak ve kar oranını artırmaktır. Bunu başarabilmek için güçlü bir Tedarik Zinciri yönetimi oldukça önemlidir. Verimli çalışan Tedarik Zincirleri, firmaların ürünlerini düşük maliyetle son kullanıcıya hızlı bir şekilde teslim etmelerini sağlar ve müşteri memnuniyetinin sürdürülebilirliğini destekler.

Tedarik Zincirinin verimli çalışabilmesi ve yönetilmesi için doğru tedarikçileri seçmek en kritik adımdır. Doğru tedarikçi seçmek, ürün ve hizmetleri zamanında, doğru fiyatta ve kalite standartlarına uygun alınmasını sağlar. Doğru tedarikçiyi seçmek oldukça komplekstir, çünkü dikkate alınması gereken birçok kriterler arasından firmanın ana hedeflerine göre belirli kriterleri seçip, yol haritasının ona göre yapılması oldukça tecrübe ve ciddi bir uzmanlık gerektirmektedir.

Doğru tedarikçi seçimi konusunda çok sayıda farklı metotlar olmasına rağmen, hergeçen gün yeni arayışlar sürmektedir. Bu uygulamada, farklı kriterlerin ve farklı tedarikçilerin olduğu bir problemin çözümü için BAHP ve Bulanık Hedef Programlama yöntemi önerilmiştir. Gerçek hayattaki belirsizlikler, Bulanık Mantık sayesinde problemin daha gerçekçi çözülmesini sağlamıştır. Uygulama kısmının ikinci bölümünde, Tedarik Zinciri kavramından tedarikçi seçimi süreci işlenmiştir. Üçüncü bölümde kriterlerin doğru belirlenmesi için AHP ve BAHP yöntemi detaylı anlatılarak, avantaj ve dezavantajlarına da değinilmiştir.

Dördüncü kısımda, Bulanık Mantık ve tarihi, fonksiyonları hakkında bilgiler verilmiştir. Beşinci kısımda, Hedef Programlama ve Bulanık Hedef Programlama modelleri ve yaklaşımları verilmiştir.

Uygulamanın altıncı kısımda, önerilen model için bir hammadde tedarikçi seçim problemi çözülmüştür ve sonuç kısmında çözümler yorumlanmıştır.





## **BÖLÜM 2. TEDARİK ZİNCİRİ**

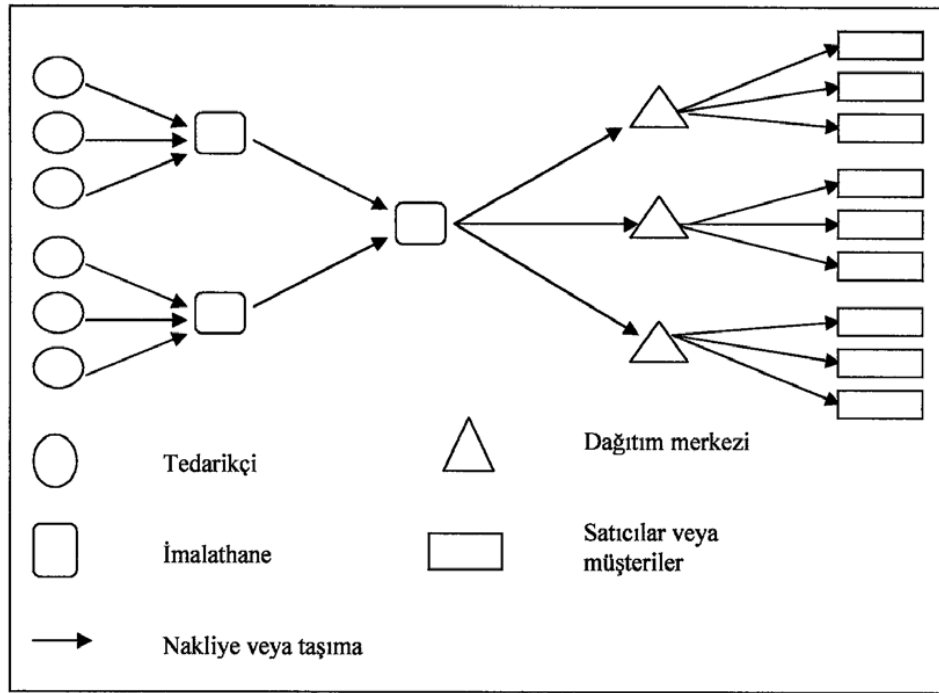
### **2.1. Tedarik Zinciri Kavramı**

Tedarik kelimesinin sözlükteki anlamı, araştırarak bulmak, elde etmeyi sağlama gibi anlamlarda kullanılır. Teorik açıdan bakıldığında ise, üretilecek ürün için piyadaki pazar araştırmasını, satın alma ve sonrasını, siparişi, yüklemeyi ve teslim etmeye kadar uzanan süreçlerini kapsayan bir kavramdır (Kırçova, 2006).

Tedarik Zinciri ise, herhangi bir ürünün baştan oluşturulması ve en son olarak nihai müşterilere teslim edilmesini sağlayan, süreçlerin, insanların, bilgilerin, kaynakların dahi edildiği bir sistemdir (Ketchen, 2008).

Tedarik Zinciri kavramına üretici açısından baktığımızda ise, son teslimat olan müşterilerin ihtiyaçlarını uygun fiyatla, doğru zamanda karşılayabilmek için bundan önceki süreçler olan müşterilerin ne istediğini belirleme, buna göre doğru tedarikçiyi seçme ve üretme gibi olan tüm süreçleri kapsar.

Tedarik Zincirinin başlangıç noktası hammadenin işlenmesiyle başlar ve ürün teslim edildiğinde sona erer. Bu sürece tüm envanterler, ve taşınan ürünler, üretim merkezleri, dağıtım mağazaları ve merkezleri dahil olur (Yılmaz ve Çetin, 2008).



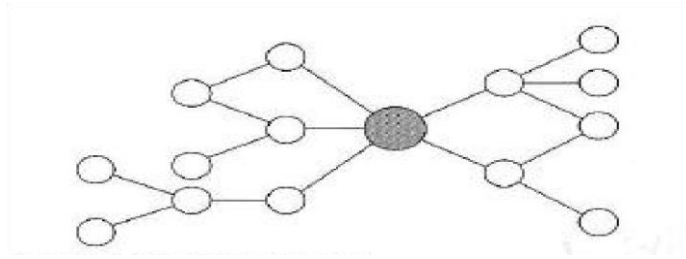
Şekil 2.1. Tedarik Zinciri bileşenleri (Teigein, 1997).

Şekil 2.1. (Teigein,1997) 'de bir ürün için çok basitçe Tedarik Zinciri modeli oluşturulmuştur.

Tedarikçilerden satın alınan hammaddeler üretim merkezine teslim edilir ve bursu yarı mamul olarak çıktı olur. Sonrasında ise bu yarı mamuller farklı proseslerden geçerek son ürüne dönüştürülerek dağıtım merkezleri sayesinde satıcılara, en son aşamada ise nihai müşterilere teslim edilir (Karagöz, 2009).

Tedarik Zincirinde, birden çok ürün için farklı tedarikçiler, ve müşterilerin müşterileri de sistem dahil olabilir. Bundan dolayı 'zincir' kavramı yerine 'ağ' kullanmak mantıklı olabilir (Christopher, 1998).

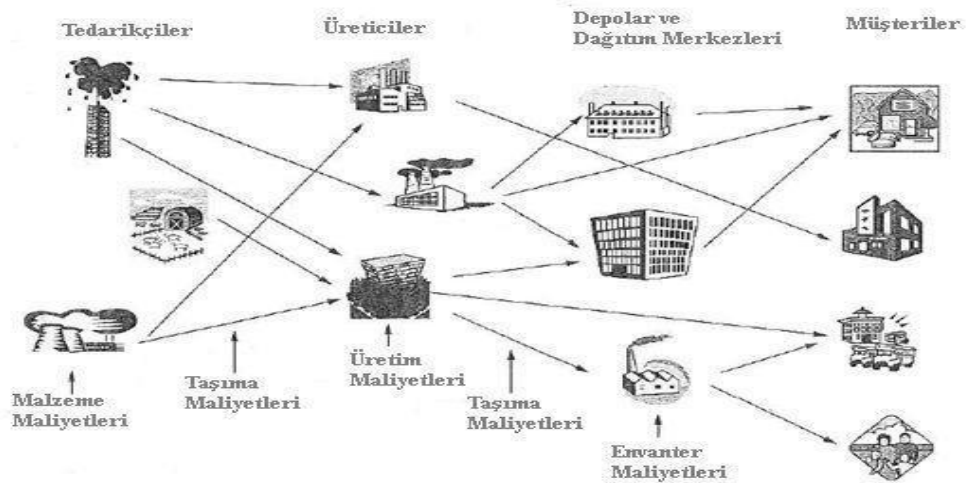
Genel duruma baktığımızda çoğu Tedarik Zinciri aslında bir ağdır. Bundan dolayı çoğu Tedarik Zincirini tanımlamak için tedarik ağı terimlerinin kullanmak doğru olabilir (Chopra ve Meindl, 2001).



Şekil 2.2. Tedarik Zinciri ağı (Chopra ve Meindl, 2001).

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.

Basit bir Tedarik Zincirinde hammaddeler elde edildikten sonra fabrikada üretimi gerçekleştirilip, çıkan son ürünler ya depolarda saklanır ve en son dağıtım yerine veya müşterilere teslim edilir. Bu süreçteki maliyeti azaltıp, hizmet kalite seviyesini artırmak için mevcut Tedarik Zinciri stratejilerinin zincirdeki etkileşimleri değerlendirmesi gerekmektedir (Simchi-Levi ve ark., 2003).

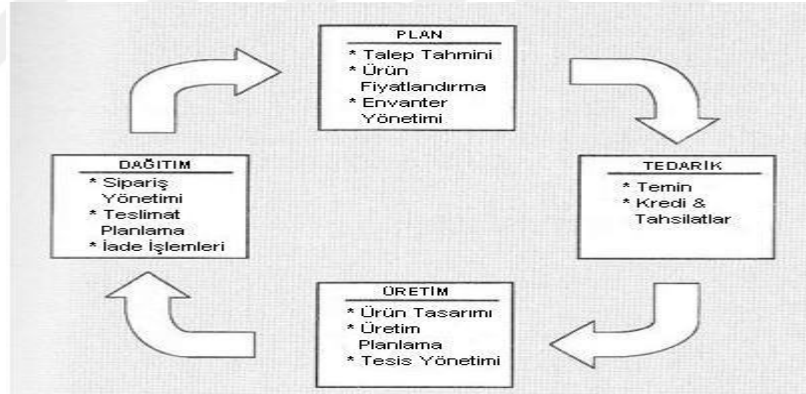


Şekil 2.3. Lojistik ağı (Simchi-Levi ve ark., 2003).

## 2.2. Tedarik Zinciri Karar Değişkenleri

Hugos (2006) Tedarik Zincirinin süreçlerini basit bir şekilde dört kategoriye ayırmıştır;

1. Plan yapma: Öncelikli aşamada Tedarik Zincirinin tüm faaliyetlerin planlanmasıdır.
2. Tedarik etme: Plan aşamasından sonra, istenilen ürün veya hizmet için gerekli olan hammaddenin veya verilerin elde edilmesini içerir.
3. Üretim: Bu aşamada elde edilen hammadde ve veriler işlenerek planlanan amaca göre çıktıların oluşması sağlanır.
4. Dağıtım: En sonki bu kısımda üretilen çıktıların son nihai müşterilere veya dağıtım merkezlerine ulaştırılması sağlanır.



Şekil 2.4. Tedarik Zinciri faaliyetleri (Hugos, 2006).

## 2.3. Tedarik Zinciri Yönetim Tarihi

Tedarik Zinciri faaliyetleri aslında tarih öncesinden beri var olmuştur. İnsanlar avlandıktan sonra bu hayvanların taşınması, sebzelerin toplandıktan sonra sonrası için saklanması gibi süreçler zincirin oluşmasını sağlamıştır. Göçebe yaşamdan yerleşik düzene geçildikten sonra, üretilen gıdaların hayvanlarla veya sonradan gemilerle taşınmaya başlanmıştır. Bunun içinde kara, demir yolları, deniz ticaretine başlanılmıştır. İkinci dünya savaşı sonrası küreselleşme artarak, deniz ticareti hız

kazanmıştır. Bu hıza yetişmek için taşıma faaliyetleri ve hammaddenin temin edilmesi ve aynı zamanda üretim maliyelerinin düşürülmesi gibi konular oldukça önemli hale gelmiştir (Yıldıztekin, 2001).

Malzeme ihtiyaç planlaması (MRP) 1970 senesinde ortaya çıkmış ve bu kavram sayesinde işletmeciler hammadde kalitesi, ara mamul üretme maliyetini, ürün geliştirme ve teslim zamanının etkisini anlamışlardır. Bu ilk çıkan MRP sistemleri sayesinde birçok işletme üretim planlamasını daha doğru yaparak, hammadde stoklarını azaltmasını sağlamıştır (Tan, 2002).

1990 senesinde ise küreselleşmede rekabet ortamı oldukça artmış ve bunu sağlamak içinde yöneticiler, tedarikçilerle olan ilişkisini müşterilere doğru fiyat ve yüksek kalite, hızlı ve güvenilir bir şekilde teslim etmek üzere geliştirmeye başlamışlardır (Yüksel, 2002).

#### **2.4. Tedarik Zinciri Yönetiminin Tanımı**

Küresel Tedarik Zinciri Yönetim forum'unun tanımına göre; Tedarik Zinciri Yönetimi, son ürünü kullananları bütünleştiren bir yöntemdir. Müşterinin taleplerine hızlı bir şekilde cevap vermek için üreticilerin kaynaklarını etkili, verimli bir şekilde kullanarak, toplam maliyeti düşürmek, hızlı ve esnek bir dağıtım zincirini sağlama amacı için Tedarik Zinciri kavramı ortaya çıkmıştır (Karagöz, 2009).

Tedarik Zinciri Yönetimi, hammaddenin tedarik edilmesini, üretilip, son ürünün müşteriye teslim edilmesini kapsayan tüm proseslerdeki elemanların birleştirilmesidir. Bunu süreci ise müşterinin doğru ürünü, doğru fiyat ve yerde alabilmesini sağlamak için tüm proseslerin entegrasyonunu sağlar (Karagöz, 2009).

Tedarik Zinciri Yönetimine göre Tedarik Zinciri ve bağlı olduğu kuruluşlar tek bir varlık gibidir. Son ürünün müşteriye en iyi şekilde ulaştırabilmek için ürün ve sistem akışının yönetilmesi için sistemselsel bir yaklaşım sunar (Hugos, 2006).

Geleneksel yorumlamaya göre Tedarik Zincirinde ana hedef ürün veya hizmetlerin son müşteriye teslim edilmesini kapsarken optimal Tedarik Zinciri işletmenin rekabetçi gücünü artırmak için farklı uygulamalara ve kavramlara odaklanır. Bu kavramlar (Ketchen, 2008);

- a. Atıklık kavramı: Müşterilerin arz ve taleplerindeki değişikliğe hızlı bir şekilde cevap verilmesi atıklıktır. Stok yönetimin doğru ve stratejik kullanılıp, bilgilerin doğru yönetilmesi atıklığı sağlayabilir.
- b. Adaptasyon yeteneği: Tedarik Zincirinde koşullar belirli sebeplerden dolayı değişebilir bundan dolayı Tedarik Zinciri sisteminin bu değişikliğe olan uyumu, kapasitesinin elverişli olması adaptasyon yeteneğini gösterir.
- c. İşbirliği: İşletmeler, tedarikçiler ve müşterilerin ortak çıkarlarını korumak ve dengeli bir bağ kurmak için işbirliği kavramı oldukça önemlidir. Bunun için sözleşmelerin titiz bir şekilde hazırlanması gerekmektedir.

## 2.5. Tedarikçi Seçimi ve Yaklaşımı

Günümüz rekabetçi ortamında işletmeler pozisyonlarını korumak için hammadde ve üretim maliyetlerini düşürmek için satın aldıkları hammaddelerin, toplamdaki maliyete göre oldukça yüksek olması nedeniyle tedarik seçimini stratejilerine odaklanmışlardır. Bundan dolayı tedarikçi seçimi oldukça kritiktir ve bu seçim sürecinde bir farklı yöntem geliştirilmiştir (Karagöz, 2009).

Doğru tedarikçiyle çalışmamak, Tedarik Zincirinin işlevini direk olarak etkiler. Yanlış tedarikçi seçimi maliyetin düşürülmesini ve kalitesini artırılmasını negatif yönde etkiler (Araz ve Özkarahan, 2007).

Temelde iki farklı tedarikçi seçim problemi mevcuttur (Ghodsypour ve ark., 1998);

1. Kısıtların olmadığı bir ortamda tedarikçi seçimi: Bu durumda tek tedarikçinin işletme için tüm ihtiyacı olan hammaddeyi, kaliteyi ve teslimatı temin edebildiği varsayılmaktadır.

2. Kısıtların olduğu ortamda tedarikçi seçimi: Bu durumda ise işletme ihtiyacını için tek bir tedarikçi gerekli olan hammadde ve diğer hususları karşılayamamaktadır. Bundan dolayı işletme birden fazla tedarikçi seçimi yaparak, kendi toplam gereksinimi karşılamak için tedarikçiler arasında denge kurmaktadır.

Bunlara dayalı olarak, literatürdeki çalışmalara göre, ortak verilen nokta tedarikçi seçimi için birden fazla kritere gereksinim vardır. Sadece bir kritere bağlı olarak tedarikçi seçimi yapabilmek imkansızdır.

Yöneticiler işletmelerinin rekabetçi özelliğini koruması için seçmiş oldukları kriterleri tedarik seçimleri içinde değerlendirmektedir (Krause, 2001).

İşletmelerin tedarik seçimi için kullandığı kriterler sayesinde tedarikçilerin iş yapma potansiyeli belirlenmektedir. Tedarikçi kriterlerini değerlendirmek için literatürdeki en çok kullanılan çalışmalardan biri Dickson'un belirlemiş olduğu 23 kriter Tablo 2.1.'de gösterilmiştir (Weber, 1991).

Tablo 2.1.'de ilk sütunda kriterlerin önem sıralaması yapılmıştır. İkinci sütunda ise tedarikçi seçimi için belirlenen kriterler belirlenmiştir. Üçüncü sütunda ise kriterlerin önem sıralaması araştırmaya katılanların verdiği verilere göre belirlenmiştir. Kriterlerin önem derecesi sözlü olarak son sütunda gösterilmiştir. (Weber ve ark., 2000).

Tablo 2.1. Dickson'ın tanımladığı tedarikçi seçim kriterleri (Weber, 1991).

Öncelik Sıralaması	Kriterler	Sıralama Puanı	Sözlü Değerlendirme
1	Kalite	3,508	Çok önemli
2	Teslim tarihine uyma	3,147	
3	Geçmiş dönem performansı	2,998	
4	Garanti politikası	2,849	
5	Üretim tesisleri ve kapasitesi	2,775	Önemli
6	Fiyat	2,758	
7	Teknik yeterlilik	2,545	
8	Finansal durum	2,514	

Tablo 2.1. (Devamı).

Öncelik Sıralaması	Kriterler	Sıralama Puanı	Sözlü Değerlendirme
9	Prosedüre uyum	2,488	
10	Kontrata uyum	2,426	
11	İletişim sistemi	2,412	
12	Endüstrideki yeri	2,256	
13	İş yapma isteği	2,216	
14	Yönetim ve organizasyon	2,211	
15	Tamir servisi	2,187	Orta derecede önemli
16	Tutum	2,120	
17	Görüşme sonucu bıraktıkları etki	2,054	
18	Paketleme yeteneği	2,009	
19	İşçi ilişkileri kayıtları	2,003	
20	Coğrafi yer	1,872	
21	Geçmiş dönemde yapılan iş	1,597	
22	Ürün kullanımı sonrası eğitim olanağı	1,537	
23	Karşılıklı anlaşmalar	0,610	Az önemli

Literatürde tedarikçi seçim problemlerini çözmek için farklı teknikler önerilmiştir ve bunların çoğunluğu üç kategori olarak sıralanabilir (Wang ve Yang, 2009).

- a. Çok kriterli karar verme
- b. Matematik programlama modelleri
- c. Akıllı yaklaşımlar

Doğrusal ağırlıklandırma metodunu (Timmerman, 1986) ve Analitik Hiyerarşi sürecini (AHP) (Barbarosoğlu ve Yazgaç, 1997) Çok Kriterli Karar Verme kategorisine girmektedir.

İkinci kategoride ise en sık kullanan tekniklerden biri olan Matematik Programlamadır. Doğrusal Hedef Programlama modeli (Buffa ve Jackson, 1983), Doğrusal Programlama modelleri (Pan, 1989), Çok Amaçlı Programlama (Weber ve Current, 1993) teknikleri bu kategoriyi kapsamaktadır.



Son kategoride ise bulanık karışık tamsayılı Hedef Programlama (Kumar, ve ark., 2004), Bulanık Karar Verme Yaklaşımı (Chang ve ark., 2006; Chen, ve ark., 2006) gibi teknikler oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bunlara ek olarak, satın alma faaliyetlerinde hem kalitatif hemde kantitatif faktörleri değerlendirmek için Ghodyspour ve O'Brien (1998) AHP ve Doğrusal Programlamayı kombine eden bir model önermişlerdir.

Çebi ve Bayraktar (2003) ise birbirleri arasında çelişen kalitatif ve kantitatif faktörleri kapsayan öncelikli Hedef Programlama ve AHP modelini önermişlerdir.

Sezgisel bulanık kümelerin klasik mantık ve bulanık kümelere göre en büyük avantajı, sezgisel bulanık kümelerin bir elementin kümeye üyeliği ve üye olmama konusundaki olumlu ve olumsuz göstergelerini farklılaştırmasıdır (Büyüközkan vd., 2019).

AHP, genellikle değerlendirme kriterlerini önceliklendirmek için karar verme problemlerinde uygulanan bir tekniktir. TOPSIS tekniği ise belirli bir kümeden en verimli alternatifi seçmek için kullanılır (Ünlükal, 2019).

## **2.6. Tedarikçi Seçim Karar Süreci**

İşletmeler üretecekleri ürün veya hizmet için öncelikli olarak gerekli olan hammaddelerin miktarı, nasıl ve ne zaman satın alınması gibi stratejik kararlar vererek potansiyel tedarikçi seçim sürecini başlatırlar. İşletmeler genellikle birden çok ürünü aynı ve tanıdık tedarikçiden almayı tercih eder. Bunun en önemli sebeplerinden biri de bu seçilen tedarikçilerin firmanın üretim teknolojisini ve stok durumuna hakim olması gelir (Susuz, 2005).

### 2.6.1. Tedarik Zinciri stratejisi ve planlaması

Tedarik Zinciri planlamasındaki en önemli adımlardan biri stratejik kararları doğru vermektir. Firmanın hedeflerine göre üretilecek veya depolanacak lokasyonların belirlenmesi ve bunların kapasitesi, sistem içinde kullanılacak bilgi sistemi gibi konular stratejiktir. Bu kararlar genelde uzun vadeli süreci kapsayacak şekilde hazırlanır ve mutlaka gelecek yıllarda ortaya çıkabilecek belirsizliklerde dahil edilir (Kaya, 2010).

Stratejik alınan kararlar doğrultusunda, kısa dönem planlarını yönetmek için işletmelerin alması gereken adımlar vardır. Bu planlama aşamasında çeşitli pazarlardaki kıyaslanabilir süre için talep tahminleriyle bu adım başlar. Stok politikaları, fason üretim, hangi ürünün hangi pazardan tedarik edileceği, tanıtım reklamların zamanı, ekonomideki değişiklik ve rekabet ortamındaki belirsizliğin edilmesi gerekir (Kaya, 2010).

## **BÖLÜM 3. AHP ve BAHP**

### **3.1. Analitik Hiyerarşik Proses (AHP) Tanımı ve Yaklaşımı**

AHP ilk olarak 1965 senesinde L. Thomas Saaty tarafından ortaya çıkmıştır ve ABD Savunma Bakanlığı tarafından olasılık planlama problemlerinin çözümünde kullanılmış ve zamanla daha da uygulanarak, teorik gelişimini 1978 yılında tamamlamıştır (Ayyıldız, 2003).

Karar verme aracı olarak kullanılan AHP, subjektif kararları, kompleks işletme kararlarını da kapsayacak kadar geniş bir alanla kullanılabilir. Karar verme aşamasında, AHP hem verileri hemde bilgi ve deneyimleri harmanlayabilir. Bu teorinin uygulanması oldukça basittir ve değişik koşullarda uygulanabilme özelliği mevcuttur (Vargas, 1989).

AHP, farklı alternatifler arasında karar verilirken, çok kriterli veya amaçlı, belirliliğin veya belirsizliklerin olduğu durumlarda kullanılır.

AHP karar verme aşamasında subjektif verileride göz önünde bulundurulabilir. Subjektif veriler, sezgisel kararlardır ve kişiden kişiye göre farklılıklar gösterebilmektedir. Kararları etkileyebilecek olan bu soyut kavramlar AHP yöntemiyle değerlendirilerek, birden çok çözüm yaklaşımları bulunabilmektedir (Güngör ve Isler, 2005).

AHP modelinde, problemin temel ana amacı, kriterleri ve bunlara bağlı olan alt kriterlerinin birbiriyle olan ilişkisi hiyerarşik olarak gösterilir. Objektif ve subjektif kararların bu sürece dahil edilmesi, AHP'nin güçlü bir özelliğidir (Cebeci ve Kılınç, 2008).

AHP kompleks karar vermek problemlerinde, birçok karar verici tarafından belirlenen birden çok alternatif içinden hangi kriterlere öncelik verilmesi gerektiğinin cevabını bulur ve bunu yaparken de karar vericilerin subjektif değerlendirme verisini kullanabilir (Eraslan ve Algün, 2005).

### 3.2. AHP Modelinin Çözüm Adımları

AHP modelinin çözümü için aşağıdaki adımlar halinde sıralanır;

- a. AHP hiyerarşik bir model olduğu için, modelin en üstünde yer alacak ana hedef öncelikli olarak belirlenir.
- b. Ana hedefe bağlı olarak, amaç kriterleri ve varsa bunlara bağlı olan alt kriterler ve alternatifler belirlenir.
- c. Amaç kriterleri ve varsa alt kriterleri için karşılaştırma matrisleri oluşturulur.
- d. Karşılaştırma matrislerinden faydalanılarak ağırlık vektörü hesaplanır.

En son adımda ise tutarlılık oranı hesaplanır. Sonucun tutarlı olmaması durumunda ise oluşturulan matris kıyaslamaları tekrar gözden geçirilir ve hesaplama tekrarlanır (Göksu, 2008).

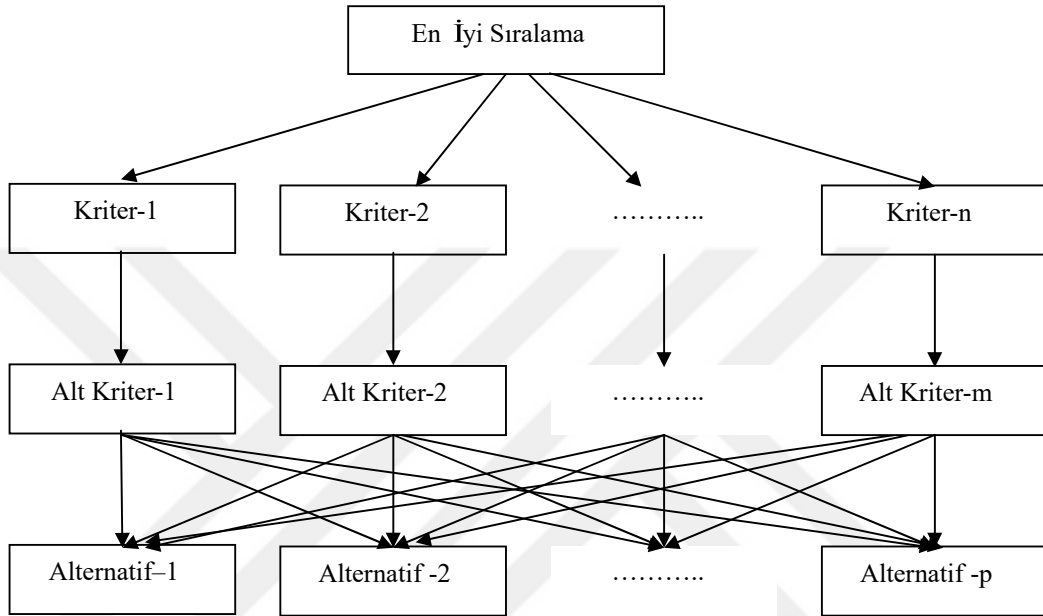
#### 3.2.1. Hiyerarşi oluşturulması

Hiyerarşi en üst sırada yer alan hedefe ulaşmak için çeşitli karşılaştırmadan oluşan ve üst sıralara çıktıkça derecesi azalan yapıya denir (Ayyıldız, 2003).

Hacımenni (1998) 'ye göre: "hiyerarşi, bağlı olduğu tüm faktörleri koordine edip problemlerin sistematik bir şekilde çözülmesini kolaylaştırır."

Hiyerarşi yapısı genelde dört kısımdan oluşur. Bu kısımlar en üstten en alta doğru Şekil 3.1.'de gösterilmiştir (Göksu, 2008):

1. Problemin ana hedefi
2. Amaç kriterler
3. Alt kriterler
4. Alternatifler



Şekil 3.1. AHP hiyerarşi modeli (Göksu, 2008).

Yukarıda Şekil 3.1’de görülen hiyerarşi modeli tam hiyerarşi modeli veya tam olman hiyerarşi modeli olarak farklı şekillerde verilebilir. Tam hiyerarşi modelinde üst elemanlar, bir altta bulunan elemanların tarafından etkilenir. Diğer model olan tam olmayan hiyerarşi modelinde ise üst kriterler alt kriterler tarafından etkilenmemektedir (Yetim, 2003).

### 3.2.2. İkili karşılaştırma matrisi

Problemin ana hedefi, amaç kriterleri ve alternatifleri belirlendikten sonra kriterler ve alternatiflerin birbiri ile kıyaslaması subjektif verilere yani karar vericini bilgisine dayalı yapılarak, hangi kriterin daha önemli olduğu anlaşılmaya çalışılır. Kısacası, oluşturulan hiyerarşik yapıdaki elemanların bir üst seviyesindeki elemanına göre önem sıralamasını değerlendirmek için ikili karşılaştırmalar yapılır (Güngör ve İşler, 2005).

Kriterlerin birbiri ile karşılaştırılmasında direk sayı değerleri varsa ikili karşılaştırma matrisi hazırlanır ancak sayısal olmayan verilere göre kıyaslanma yapılması gerekiyorsa Tablo 3.1.'deki Saaty ve Vargas (2001) tarafından hazırlanan ölçek kullanılır. Kriterlerin birbirine olan önemi aynı derecede 1, biri diğerine göre aşırı derecede önemliyse 9, oldukça kuvvetli önemliyse 7, kuvvetli önemliyse 5, normal önemliyse ise 3 olarak ifade edilir. 2,4,6,8 ise karar verilemeyen durumlarda ara değer olarak değerlendirilir.

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

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit önemli	İki kriterin birbiri ile aynı derece önemlidir.
2	Zayıf	
3	Orta derecede önemli	Kriterlerden biri diğerine az da olsa daha çok önemlidir.
4	Orta (+)	
5	Kuvvetli derecede önemli	Kriterlerden biri diğerine göre tecrübeye göre daha kuvvetli olarak önemlidir.
6	Kuvvetli (+)	
7	Çok kuvvetli derecede önemli	Kriterlerin birbirine göre olan önem derecesinde biri diğerine göre çok kuvvetli olarak tercih edilir.
8	Çok çok kuvvetli derecede önemli	
9	Aşırı derecede önemli	Bir faaliyetin diğerine tercih edilmesine ilişkin kanıtlar çok büyük güvenilirliğe sahip.

AHP seçim probleminde, ne kadar ikili karşılaştırma yapılmasını hesaplamak için elde n tane eleman varsa, n elemanın çift kombinasyonu kadar kıyaslama yapılması gerekir. Formülü ise aşağıda (Denklem 3.10)'da gösterilmiştir.

$$C(n, 2) = (n! / (n-2)! \cdot 2!), \quad (n \geq 2) \quad (3.10)$$

Bu formül düzenlenirse aşağıdaki eşitlik ile (Denklem 3.11) ifade edilmiştir.

$$C(n, 2) = (n \cdot (n-1)) / 2 \quad (3.11)$$

İkili karşılaştırma matrisinde  $A, A_1, 2, \dots, A_n$  kriterler olsun.  $A = (a_{ij})$ ,  $ij = 1, 2, \dots, n$ ,  $n \times n$  boyutunda bir matrisde kriterlerin önem dereceleri  $A, A_1, 2, \dots, A_n$  olarak tanımlansın. Matrisin elemanları olan  $a_{ij}$  aşağıdaki iki özelliğe sahip olmalıdır. (Saaty ve Özdemir, 2003).

1. Eğer  $a_{ij} = k$  ise  $a_{ji} = 1 / k$  olmalıdır. ( $k \neq 0$ )
2. Eğer  $A_i$  ile  $A_j$  eşit öneme sahip ise,  $a_{ij} = 1$  ve  $a_{ji} = 1$  olmalı ve hepsi  $a_{ii} = 1$  olarak alınmalıdır.

Bu özellikleri sağlayan A matrisi aşağıdaki eşitlik ile (Denklem 3.12) ifade edilmiştir.

$$A = \begin{vmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ \frac{1}{a_{12}} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \frac{1}{a_{n1}} & \frac{1}{a_{n2}} & \dots & 1 \end{vmatrix} \quad (3.12)$$

Burada  $a_{ij} = \frac{w_i}{w_j}$  alındığında bunun anlamı,  $A_i$  kriterinin  $A_j$  kriterine göre  $w_j$  önemi olarak düşünülür. Özetlersek,  $a_{12} = \frac{w_1}{w_2}$  ifadesinden 1. kriterle 2. kriterin karşılaştırıldığı gözlenir. Örneğin;  $w_1 = 33$  br,  $w_2 = 11$  br ise  $w_1$ 'in  $w_2$  ye göre önemi derecesi  $a_{12} = \frac{33}{11} = 3$  olur. Buradan 1. kriterin 2. kriterine göre 3 kat daha önemli olduğu hesaplanır. Buna göre, ikili karşılaştırma matrisi Tablo 3.2.'deki gibi gösterilir (Saaty ve Vargas, 2001).

Tablo 3.2.'de matris tablosunda matriste  $w_i/w_j$  terimi, amaca ulaşmak için i. kriterin j. kriterine göre önem derecesini ifade etmektedir. Örneğin bu değer 3 ise, i. kriter j. kriterine kıyasla normal orta derecede önemlidir. Bu durumda j. kriter ise i. kriter göre 1/3 düzeyinde önemlidir (Güngör ve İşler, 2005).

Tablo 3.2. İkili karşılaştırma matrisi (Güngör ve İşler, 2005).

	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	$w_n/w_1$	$w_n/w_2$	$w_n/w_3$	$w_n/w_n$

### 3.2.3. Özvektörün hesaplanması

İkili karşılaştırma matrisleri hazırlandıktan sonra, üçüncü adım olan özvektör hesaplanır. Matristeki kriterlerin birbirine göre önemini özvektör gösterir. Bunun hesaplanmasında kullanılan iki method vardır;

1. Aritmetik ortalama yöntemi ile özvektörün hesaplanması : İkili karşılaştırma matrisini A olarak kabul edersek, bu yöntemde A matrisinin tüm sütunu toplanır ve matristeki her eleman bulunduğu sütün toplamına bölünür ve normleştirilmiş matris olan ( $A_{norm}$ ) elde edilir. Özvektörün hesaplanması için normleştirilmiş matrisin satır elemanlarının aritmetik ortalaması alınır. Yöntem oldukça basittir fakat diğer yöntemlere göre bir tık daha geride kalmıştır (Göksu, 2008).
2. Geometrik ortalama yöntemi ile özvektörün hesaplanması: İkili karşılaştırma matrisinin özvektörünü hesaplamak için her satırın geometrik ortalaması alınır. Sonraki aşamada ise geometrik ortalamaların hesaplanmış olduğu sütün



toplaması alınır ve bu değerin toplaması alınan sütündeki değerlere bölünmesiyle özvektör hesaplanmış olunur.

Literatürde, Saaty aritmetik ortalama yaklaşımının kullanımı yerine geometrik ortalama yaklaşımını tavsiye etmektedir (Tam ve Tummala, 2001).

### 3.2.4. Tutarlılık

İkili karşılaştırma matris işlem sonuçlarında bulunan değerlerin sayısal ve mantıksal ilişkisi tutarlılık sayesinde görülür. İkili karşılaştırma matrisinde özvektörü hesaplandıktan sonra bu çıkan verilerin mantıklı olup olmadığını anlamak için tutarlılık oranı hesaplanır. Bu işlem için elde edilen özvektör değeri ile eldeki karşılaştırma matrisinin çarpımı yapılarak yeni bir vektör elde edilir. Bu yeni vektörün n. elemanı özvektörün n. elemanına bölünerek üçüncü bir vektör elde edilmiş olunur. Bu sonuncu vektörün elemanları toplanıp, toplam eleman sayısına bölündüğünde öz değer  $\lambda_{\max}$  için bir değer elde edilmiş olunur. Öz değer n değerine yakın olması sonucun tutarlı olma olasılığını artırır (Tekeş, 2002).

Öz değer  $\lambda_{\max}$  hesaplandıktan sonra, tutarlılık göstergesi tesadüfilik değerine bölünerek tutarlılık oranı hesaplanır (Denklem 3.13). Tesadüfilik gösterge değerleri Tablo 3.3’de verilmiştir (Satty ve Tran, 2007). Çıkan sonuç 0,10’dan küçükse yapılan işlemin tutarlı olduğu kabul edilir, eğer sonuç 0,10’dan büyükse karşılaştırma matrisleri gözden geçirilerek işlem baştan yapılır.

$$\text{Tutarlılık Göstergesi} = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (3.13)$$

Tablo 3.3. Tesadüfilik göstergesi (Satty ve Tran, 2007).

Matris Boyutu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Tesadüfilik Göstergesi	0	0	0,5 2	0,8 9	1,1 1	1,2 5	1,3 5	1,4 0	1,4 5	1,4 9	1,5 2	1,5 4	1,5 6	1,58

### 3.3. AHP Uygulama Alanları

AHP tekniği sayesinde karar vermesi zor, çok fazla seçim kriterlerinin olduğu kompleks problemlerin çözülmesi kolaylaşmıştır, bundan dolayı bir çok uygulama alanı mevcuttur.

Ekonomi, siyasi, enerji, bütçe, politika, sağlık, hukuk, tup, nüfus dağılımı, kamu sekörü...vb birçok alanlarda kullanılabilmektedir. Örneğin nüfus dağılımı için bölgeler arası göç modelleri, nüfus büyüklüğü gibi konuları kapsamaktadır. Siyasi konularda ise müzakerelerin yönetimi, siyasi adayların seçilmesi, tatbikatlar gibi alanları kapsamaktadır. Üretim sektöründe ise tesis yeri seçimi, tüketici tercihi, ürünün tasarımı ve geliştirilmesi gibi, strateji alanlarını kapsamaktadır (Saaty ve Vargas, 2001).

Güngör ve İşler (2005), otomobil satın almak isteyen biri için birçok model arasında en uygun olanı seçmek için AHP modelini kullanmıştır.

Kuruüzüm ve Atsan (2001) ise AHP modelini şehir seçme probleminde kullanmış ve aynı zamanda toplam kalite yönetiminde, üretim alanında, işletmecilik alanlarında kullanıldığını belirtmiştir.

Cebeci ve Kılınc (2008) AHP modelini en iyi hastane yeri seçimi için şehir alternatiflerinin olduğu bir karar vermek probeminde kullanmışlardır.

Manap (2006), en iyi turizm merkezi seçimi için AHP modelini kullanmıştır.

Erol ve Başlıgil (2005), AHP modelini işletmelerin yönetim bilişim sistemi yazılımı seçiminde yapay sinir ağları modelini çalışmışlardır.

Cengiz ve Çelem (2003), kırsal kalkınmada karar vermede AHP modelini uygulamıştır.

### 3.4. AHP Avantaj ve Dezavantajları

Her metodun olduğu gibi AHP metodunun da bazı avantaj ve dezavantajları mevcuttur. Önemli olan sağladığı faydanın daha çok olmasıdır.

AHP ile ilgili bazı eleştiriler aşağıda gösterilmiştir;

- AHP’de uygulanan probleme alternatif eklenmesi ve çıkarılmasında sıralamanın tekrar değişmesi eleştirilmiştir.
- Karar vericilerin subjektif verileri de kullanarak karar verildiği için sonuçta bazen belirsizlik olabilmektedir.
- Problem çözümünde 7’den fazla kriter olması hata yapma riskini artırabilir (Sipahioğlu, 2008). Bundan dolayı, kriter sayısının artması doğru sonucu bulmayı etkileyebilir.

AHP’nin pozitif tarafları ise;

- Çözümü zor, karmaşık problemleri basite indirgemeyi sağlaması,
- Oldukça geniş bir uygulama alanına sahip olması ve kolayca uygulanabilmesi,
- Objektif ve subjektif verileri harmanlayarak karar verme probleminde kullanabilmesi,
- Yapılan işlemler sonunca tutarlık oranının ölçülebilmesiyle karar vericiye vermiş olduğu kararların mantıklı olup olmadığını anlamasını sağlamasına yardımcı olur.

### 3.5. BAHP Proses (BAHP)

AHP modeli belirsizliklerin olduğu durumlarda, karar vermeye uygun olmadığından, Bulanık Mantık ve AHP entegre edilerek BAHP modeli ortaya konulmuştur. Bu durumda karar verici belirsizlik durumunda ara değerlerdirme yaparak, kesin değerler yapmaktan kaçınmış olacaktır (Göksu, 2008).

BAHP literatüre ilk olarak Van Laarhoven ve Pedrycz (1983) sayesinde kazandırılmıştır (Tüysüz, 2004). Sonrasında Buckley (1985), Chang (1996) ve Cheng (1996) tarafından BAHPk Proses yaklaşımlarının farklı çözüm algoritmaları ele alınmıştır (Üzgün, 2006).

Yalçın ve Yapıcı Pehlivan (2019), Mishra vd. (2019) tarafından yapılan çalışmalarda, yönetim ve pazarlama alanlarında kullanıldığı görülmektedir ( Koç ve Tosun, 2019).

Bulanık Mantık yöntemleriyle, ortaya çıkan belirsizlikler minimize edilir. Klasik AHP yönteminde, karar vericiler değerlendirmelerini yaparken sayısal değerler kullandıkları için belirsizliklerini tam ifade edememektedirler. BAHP sayesinde ikili değerler vererek, karar vericilerin değerlendirme yapma imkanları kolaylaştırılmaktadır (Ardalı, 2020).

Bu tez çalışmasında Buckley (1985) Bulanık AHP yöntemi uygulanmıştır. Buckley'in yaklaşımının avantajı, yapılan işlemlerin sonunda tek bir sonucu garanti eder ve bulanıklaştırılması çok daha kolaydır.

#### 3.5.1. Buckley BAHP yaklaşımı ve formülasyonu

Buckley'in (1985) uygulamış olduğu modelin ilk basamağı AHP modelinden gelmektedir. AHP'de kullanılan klasik rasyonel sayıların yerine bulanık kümeler kullanılmaktadır. Buckley'in uygulamış olduğu bulanık AHP metodu, bulanık sayıları kullandığı ve belirsizliği dahil ettiği için işi komplike hale getirmeden mutlak bir sonucun çıkmasını sağlar (Kafalı ve ark., 2014; Özdemir ve Güneroğlu, 2017).

Buckley'in BAHP çözüm adımlarda, AHP'nin ilk adımında olduğu gibi, seçimler arasında ikili karşılaştırmalar yapılır ve matris tablosu oluşturulur. Klasik AHP seçim skalasının, bulanık üçgensel sayılarla ifade edildiği veri Tablo 3.4.'deki (Chan ve Kumar, 2007) gibi ifade edilmiştir:

Tablo 3.4. Üçgensel bulanık sayı ( Chan ve Kumar, 2007).

Gerçek Sayı	Üçgensel Bulanık Sayı	Üçgensel Bulanık Sayıların Tersi
1	(1,1,1)	(1,1,1)
2	(1,2,3)	(1/3,1/2,1)
3	(2,3,4)	(1/4,1/3,1/2)
4	(3,4,5)	(1/5,1/4,1/3)
5	(4,5,6)	(1/6,1/5,1/4)
6	(5,6,7)	(1/7,1/6,1/5)
7	(6,7,8)	(1/8,1/7,1/6)
8	(7,8,9)	(1/9,1/8,1/7)
9	(8,9,9)	(1/9,1/9,1/8)

Bu tabloya göre, uzmanların görüşleri alınarak (3.14) eşitliğindeki bulanık matris kıyaslama tablosu oluşturulur;

$$\tilde{C}^k = \begin{bmatrix} \tilde{d}_{11}^k & \tilde{d}_{12}^k & \cdots & \tilde{d}_{1j}^k \\ \tilde{d}_{21}^k & \cdots & \cdots & \tilde{d}_{2n}^k \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{d}_{n1}^k & \tilde{d}_{n2}^k & \cdots & \tilde{d}_{nn}^k \end{bmatrix} \quad (3.14)$$

$\tilde{C}^k$  burada kıyaslama matrisini,  $\tilde{d}_{ij}^k$  ise  $i$ 'nin  $j$ 'ye göre karşılık gelen bulanık değerini ifade etmektedir. Birden fazla uzman görüşü alındığı zaman, tüm uzmanların sonuçları biraraya gelip toplanarak sonuç matrisi olan (3.16) eşitliği elde edilmiş olunur. Bunun için (3.15) eşitliği kullanılır.

$$\tilde{d}_{ij} = \frac{\sum_{m=1}^M \tilde{d}_{ij}^k}{K} \quad (3.15)$$

$$\tilde{C} = \begin{bmatrix} \tilde{d}_{11} & \cdots & \tilde{d}_{ij} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{d}_{n1} & \cdots & \tilde{d}_{nn} \end{bmatrix} \quad (3.16)$$

Sonrasında, her satir matrisin değeri için geometrik ortalama değerleri aşağıdaki eşitlik (Denklem 3.17) sayesinde alınır. Burada  $\tilde{r}_i$  bulanık üçgesensel sayıları temsil etmektedir.

$$\tilde{r}_i = (\prod_{j=1}^n \tilde{d}_{ij})^{1/n}, i= 1,2,\dots,n \quad (3.17)$$

Bundan sonraki aşamada her satırın, bulanık ağırlıkları aşağıdaki eşitlik (Denklem 3.18) ile hesaplanır.

$$\tilde{w}_i = \tilde{r}_i \otimes (\tilde{r}_1 \oplus \tilde{r}_2 \oplus \dots \oplus \tilde{r}_n)^{-1} = (l_i, m_i, u_i) \quad (3.18)$$

Burada  $\tilde{w}_i$ , üçgensel bulanık sayı ağırlığını, (l, m, u) ise bulanık sayıları temsil etmektedir. L en düşük değeri, m ortalama değeri, u ise üst değeri temsil etmektedir.

Elde edilen değerlerin bulanıklıktan durulaşması ise (COA) alan merkezi metodu ile olur ve aşağıdaki eşitlik (Denklem 3.19) ile hesaplanır;

$$D_i = \frac{(l_i + m_i + u_i)}{3} \quad (3.19)$$

Elde edilen değerlerin normalize edilmesi için aşağıdaki eşitlik (Denklem 3.20) kullanılır.

$$N_i = \frac{D_i}{\sum_{i=1}^n D_i} \quad (3.20)$$

Burada  $N_i$ , ana kriterin veya alt kriterin normalize ağırlığını göstermektedir. Buradaki son aşamada vektörlerin toplamının 1'e eşit olması gerekir. Burdan çıkan sonuca göre, kriterler arasındaki öncelik değerlendirilmesi yapılır.

## BÖLÜM 4. BULANIK MANTIK

### 4.1. Bulanık Mantık ve Tarihi

Yunanca Logike kelimesinden gelen mantık (logic) kelimesinin anlamı akıl yürütme anlamına gelmektedir (Öner, 1996).

Mantık kelimesi, Yunan felsefesinde gelmektedir ve ilk kez ortaya Aristo tarafından kullanılan Klasik Mantık günümüzdeki bilim ve felsefesinin temelini oluşturmuştur. Klasik Mantık sisteminde ikili mantık vardır bunlar ya doğru ya da yanlış olarak ifade edilmektedir. Buna aynı zamanda  $[0,1]$  mantığı veya Aristo mantığı da denilebilir, buna göre bir şey ya 0'dır veya 1'dir. Klasik Mantıkta ek bir üçüncü durum yoktur, bir insan uzun ya da kısadır yani herşey oldukça keskin çizgilerle birbirinden ayrılmıştır (Yıldız, 2009).

Klasik Mantıkta herşeyin keskin bir şekilde ayrılması, günlük hayattaki belirsizlikleri karşılayamaması Bulanık Mantığın ortaya çıkmasını sağlamıştır. Bir durumun belirsiz olması, net olmaması, sınırlanın tam olarak kesinleşmemiş olması bulanıklık olarak tanımlanabilir. Literatüre bulanıklık kavramını ilk kez Lütfi Askerzadeh 1961 senesinde kazandırmıştır. Zadeh, yapmış olduğu bir makalede Bulanık Mantığın klasik mantıkla açıklanamadığını ve yeni bir matematiksel yaklaşımının gerekli olduğunu dile getirmiştir, bunun bilim dünyası tarafından kabul edilmesi kolay olmamıştır (Nguyen, 2005).

Eleştirilere rağmen çalışmalarını devam ettiren Zadeh, 1965 yılında "Fuzzy Sets" adlı çalıştığı makaleyi yayınlamıştır. Zadeh bu çalışmasında, bulanık kümeler için işlevsel olan bir cebir geliştirmiştir ve Bulanık Mantığın daha iyi anlaşılmasını sağlamıştır (Yıldız, 2009).

Günümüzde bilgiye ulaşmak kolay olduğu kadar, karşılaşılan bilgi kirliliği de artmıştır. Karar vericiler bütün bu belirsizlik içinde karar vermek zorundadırlar. Eğer klasik mantık yaklaşımını kullanıyorlarsa sonuçlar genel olarak, 0-1, uzun-kısa, siyah-beyaz gibi keskin sonuçlar içerir. Ancak gerçek hayattaki belirsizlikleri de hesaplamak gerekir, sadece siyah veya beyaz değil aynı anda binlerce gri rengin olabileceği hatırlanmalıdır (Yaralıoğlu, 2005).

Belirsizlikler bilimsel terimde bulanık olarak ifade edilmiş ve bunları tanımlama için Bulanık Mantık ortaya çıkmıştır. Bulanık Mantık, klasik mantık gibi keskin çizgilerle ayrılmaz. Klasik mantıkta ya bir değer doğrudur veya yanlıştır ancak Bulanık Mantıkta doğru ve yanlış olarak kabul edilen değerlerin arasında birçok farklı olasılığı kapsar.

Klasik mantık, matematikte kümeler olarak ele alınışında iyi tanımlanmış yani herkes tarafından algılanan kesin değerleri içermektedir. Örneğin zengiler ve fakirler olmak üzere iki tane küme ele alalım. Bu tanımlar için yıllık geliri 40.000 tl olana zengin, 10.000 tl olana ise fakir olarak kabul edelim. Klasik mantığa göre bir şey ya zengin yada fakir olacağı için, bu iki kümenin kesişimi boş kümedir. Ancak aynı Bulanık Mantık açısından düşünülürse bu iki kümenin kesişiminde bir kişi kısmen yer alabilir (Göksu, 2008).

Bulanık Mantık ile klasik mantık arasındaki temel ayrımlar Yaralıoğlu (2005) tarafından aşağıda Tablo 4.1.' de verildiği gibi ifade edilmiştir.

Tablo 4.1. Bulanık Mantık (Yaralıoğlu, 2005).

Klasik Mantık	Bulanık Mantık
Kesin	Belirsiz (Kısmi)
Hepsi veya Hiçbiri	Belirli Derecelerde
0 ya da 1	0 ile 1 Arasında
İkili Birimler	Bulanık Birimler



Belirsizliği ortadan kaldırmak için insanlar bilgisayarları kullanmışlar fakat sonuç negatif olmuştur. Alkan (2006)'a göre bunun sebebi insanlar karar verme aşamasında belirsizlikleri dahil ederek mantık süreçlerini daha hızlı ve esnek bir şekilde yönetirler.

Gerçek hayatta karşılaşılan belirsizliklerin karar verme sürecine dahil etmek için araştırmacılar belirsizlik faktörü için Zadeh'in 'bulanık kümeler ' adlı çalışması en çok kabulü görmüştür. Bulanık kümeler kullanılarak kesin bir şekilde tanımlanamayan bilginin ortaya çıkması birçok karar probleminin çözümünü kolaylaştırmıştır (Kahraman ve ark., 2004).

Zadeh bulanık kümeler teorisinde çalıştığı zaman, çoğu araştırmacı onun fikrine karşı çıkmış ve oldukça az ilgi göstermişlerdir. Bunun en büyük sebebi, Zadeh'in modern kontrol teorisine olan çalışmasından vazgeçip, belirsizliği baz alan yaklaşımı olmuştur. Diğerleri Zadeh'in pes ettiğini iddia etmişlerdir ve bilim dünyasının, belirsizlikleri kaldırmak için uğraşması gerektiğini, bu sebeple Zadeh'e araştırmacı denilmemesi gerekir yönünde sert eleştiriler yapmışlardır. Ancak eleştiriler sadece Zadeh ile kalmayıp, bulanık teori de hakkında da iki yönde eleştiriliyordu:

- a. Bulanık teori'ye gereksinim yoktur.
- b. Yeni bir kavram değildir, Antik Yunanlar tarafından önceden önerilmiştir.

Profesör Zadeh aldığı tüm eleştiriler nedeniyle kendisine Amerika dışında başka bir ülkede uygulama yapabileceği bir yer bulmuştur. Amerika'da kesinlik üzerine tartışmalar devam ederken, Japonlar bu orjinal fikri hemen benimsemeyi başarmışlardır (Alan, 1994).

Aldığı yoğun ve alaycı eleştiriler nedeniyle Bulanık Mantık kendine başka bir ülkede uygulama alanı bulmuştur. Çünkü, Amerika'da zaten "kesinliği" önemseyen bir topluluk vardı. ABD'de tartışmalar sürerken, Japonlar bu özgün fikri benimseyip geliştirmeyi çok iyi başarmışlardır (Alan, 1994).

Bulanık küme kavramı, Zadeh'in 1965 makalesinin yayımlanmasından itibaren Bulanık Mantığın uygulanabilirliğini anlatan çalışmasından sonra 1970'lerin ikinci yarısında daha çok kullanılmaya başlanmıştır (Altaş, 1999).

H.J. Zimmermann bulanık küme teorisi uygulamasını, 1976 senesinde ilk defa geleneksel Doğrusal Programlama problemlerine eklemiştir. Bunu sağlamak için Doğrusal Programlamadaki problemleri çözmek için Bulanık Hedef ve kısıtlarla belirtmiştir. Sonrasında, 1970 senesinde daha önceden Zadeh tarafından önerilen bulanık kararı teorisini, doğrusal üyelik fonksiyonlarıyla eşdeğer bir Doğrusal Programlama problemi ile uygulayarak, Bulanık Doğrusal Programlama varlığını kanıtlamıştır ve Bulanık Doğrusal Programlama ile çok sayıda başarılı uygulamalar ortaya çıkmıştır (Sakawa, 1993).

Bulanık Mantık pratikte ilk olarak 1980 yılında Danimarka'daki bir çimento fabrikasının fırın kontrol ayarları için kullanılmıştır. Sonraki yıllarda Bulanık Mantığın uygulama alanları artarak Japonya, Almanya, Fransa, Danimarka, Rusya, Çin gibi ülkelerde bu trend için uzmanlar yetiştirmeye başlamıştır (Alan, 1994).

Chang (1997), yapmış olduğu çalışmasında mevsimlerin zaman üzerindeki etkisini inceleyerek bulanık bir tahminleme metodunun bulunmasını sağlamıştır.

Harris (1998) yapmış olduğu çalışmada bulanık modeli, çiğ sütün girdi değerleri olan kuru madde, yağsız kuru madde miktarını terayağı kalitesinde ve toplam bakteri ve somatik hücre sayısını ise hijyenik değerlendirmelerde kullanmıştır. Burda vermiş olduğu girdi setlerini farklı iki veri olarak sağlayarak, toplam dört farklı grupta Bulanık Mantık metodunun çiğ süt üzerindeki kalite parametresini incelemede kullanmıştır.

Cho ve Ki (1999) ise yaptıkları çalışmada Bulanık Mantığı kullanarak bir meyve bahçesindeki hız püskürtücüsünün aracının otomatik olarak çalışmasını desteklemek üzere karar destek sistemi bulmuşlardır.

Shimoda (2002) yaptığı çalışmada, Bulanık Mantıkla ilgili oldukça detay bilgiler vererek, üyelik fonksiyonlarını değerlendirmek için bulanık küme kavramın, bulanık alt kümelerinin işlevlerini incelemiştir. Bulmuş olduğu metot ile Bulanık Mantık kümelerine ve bulanık kümelerdeki hiyerarşi zincirine yeni bir anlam kazandırmıştır. Bulanık emir komuta zincirine yeni bir yorum katmıştır. Ortaya koymuş olduğu bu doğrusal bulanık mantıkla diğer yöntemlere göre daha iyi sonuç aldığı bilgisini paylaşmıştır.

Sarkar ve Mohapatra (2006) çalışmasında tedarikçi seçimi için kapasitenin ve performansın baz alınması gereken iki temel kriter olduğunu iddia etmişlerdir. Tedarikçi seçimindeki sezgisel belirsizlikleri dahil edebilmek için bulanık küme yaklaşımını öneri olarak sunmuşlardır.

Florez-Lopez (2007), tedarik seçimi için hem bulanık hemde kesin bilgileri bir arada değerlendirerek, yeni bir yaklaşım ortaya sunmuşlardır.

Lee vd. (2009, LCD (Likit Kristal Ekran) tedarikçi seçimi problemi için Bulanık Mantık ve Çok Amaçlı Hedef programını birleştirerek bir uygulama yapmışlardır. Bunun için illk aşamada belirlemiş olduğu seçim kriterlerin BAHP prosesi ile önceliklendirmiş ve sonrasında çok amaçlı Hedef Programlama ile çözmüşlerdir.

Baky (2010) ise çalışmasında çok aşamalı Çok Amaçlı Doğrusal Programlamayı problemlerin çözmek için Bulanık Hedef Programlama yöntemiyle çözmek için iki yeni algoritma üzerinde sayısal örnek vermiştir.

Bulanık mantığın günlük kullanımdaki diğer uygulamaları Tablo 4.2.'de gösterilmiştir (Yaralıoğlu, 2005; Coupland, 2009).

Tablo 4.2. Bulanık Mantığın günlük kullanımdaki uygulamaları (Yaralıoğlu, 2005; Coupland, 2009).

Ürün	Firma	Bulanık Mantığın Fonksiyonu
------	-------	-----------------------------

Tablo 4.2.(Devamı).

Ürün	Firma	Bulanık Mantığın Fonksiyonu
Asansör Denetimi	Hitachi	Yolcu trafiğini değerlendirerek bekleme süresini dengeler
SLR Fotoğraf Makinesi	Sanyo – Fisher	Ekranda birden fazla obje varsa optimum odağı ve aydınlatmayı belirler.
Video Kayıt Cihazı	Panasonic	Cihazın elle tutulmasından kaynaklı oluşabilecek sarsıntıları ortadan kaldırır.
Çamaşır Makinesi	Matsushita	Çamaşırın kirliliğini, ağırlığını, kumaş türünü algılayarak yıkama programını seçer.
Elektrik Süpürgesi	Matsushita	Yerin anlık durumunu ve kirliliğini sezerek doğru motor gücünü bulur.
Su Isıtıcısı	Matsushita	Kullanılan suyun miktar ve sıcaklığına göre ısıtma süresini belirler.
Klima	Mitsubishi	Ortam sıcaklığını algılayarak sıcaklık ve soğukluk ayarını yapar.
ABS Fren Sistemi	Nissan	Tekerleklerin kilitlemeden frenlenmesini sağlar.

## 4.2. Bulanık Kümeler ve Üyelik Fonksiyonları

Matematikte klasik küme mantığını incelediğimizde bir elemanın o kümeye ait olduğunu veya ait olmadığını görürüz. Örneğin;  $Z = \{t, r, v, \}$  kümesini incelediğimizde  $t$ 'nin kümenin elemanı olduğu ancak  $p$ 'nin o kümeye ait olmadığını ifade ederiz. Kümenin elemanı olmak veya olmamak ise üyelik derecesiyle ifade edilir. Klasik küme mantığında üyelik derecesi olmak demek 1 ile ifade edilirken, ait olmamak ise 0 olarak gösterilir. Ve sonuç olarak bulanık küme mantığında üyelik derecesi  $[0,1]$  kapalı aralığında gösterilir (Göksu A., 2008).

Kümeler üzerinde işlem yapıldığı zaman tüm kümeleri kapsayan kümeye evrensel küme olarak ifade edilir. Bulanık küme ise evrensel kümedeki yer alan her bir eleman için üyelik derecesi atanmasına denir (Tekeş, 2002).

Bulanık küme evrensel küme yer alan bir elemanın, bulanık kümede karşılığı olan üyelik derecesi olarak ifade edilebilir. Üyelik derecesi demek bu elemanın bulanık kümeye olan uyum derecesini ifade eder yani bu durumda bu eleman için bu kümenin kesin elemanıdır veya elemanı değildir gibi kesin bir ayırım yoktur (Karadoğan, vd, 2001).

Eğer bulanık kümenin üyelik derecesinin bir elemanı 1 ise buna normal bulanık küme denir, aksi halde ise bunlara normal olmayan bulanık küme denir (Alkan, 2006).

Bulanık kümede üyelik derecesi 0'dan 1'e doğru monoton olarak artıyorsa ve 1'den sonra aynı şekilde monoton olarak azalıyorsa, bunlara dışbükey bulanık kümeler denir (Alkan,2006).

Klasik küme teorisinde  $U$  olarak adlandırdığımız evrenindeki bir  $A$  kümesinin karakteristik fonksiyonu  $X_A$  aşağıdaki eşitlik (Denklem 4.10) gibi tanımlanır (Lootsma, 1997):

$$X_A(x) = \begin{cases} 1, & X \in A \\ 0, & X \notin A \end{cases} \quad (4.10)$$

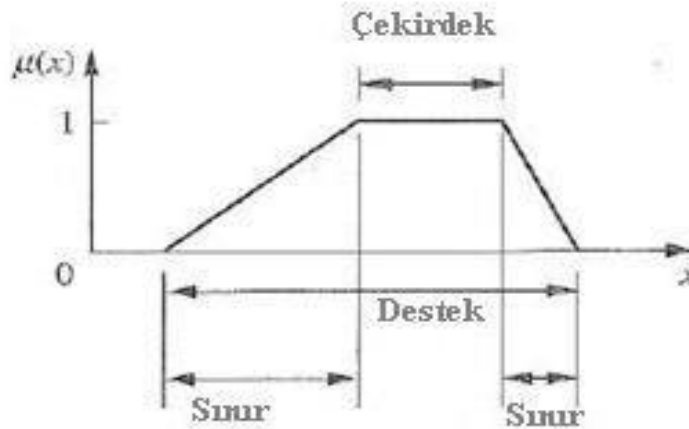
A'yı geleneksel küme olarak kabul edersek, U evrenindeki her eleman için "x, A'nın elemanıdır" önermesi ya doğrudur ya da yanlıştır.

Daha detaylı incelersek, A bulanık kümesi ise üyelik fonksiyonunun sözde üyelik fonksiyonu  $\mu_A$  "x, A'nın elemanıdır" önermesinin sadece doğru veya sadece yanlış olmak zorunda olmadığı durumu modelleyerek iki olasılık dışına çıkartır. Yani bu durumda geleneksel kümenin tersine, bu derecelendirilmiş bir yargı olabilir. Bu yüzden aşağıdaki eşitlik (Denklem 4.11) kullanılır;

$$0 \leq \mu_A(x) \leq 1, \quad \forall x \in U \text{ için} \quad (4.11)$$

Burada bahsi geçen değer  $\mu_A$  "x elemanıdır A" önermesinin bir insan tarafından sezgisel olarak tanımlandığı doğruluk derecesini göstermiştir.

Toplam üyelik fonksiyonarı birleşmesi bir bulanık kümeyi oluşturur. Fonksiyonun oluştuğu bileşenler Şekil 4.1.'de verilmiştir (Ross, 2004):



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

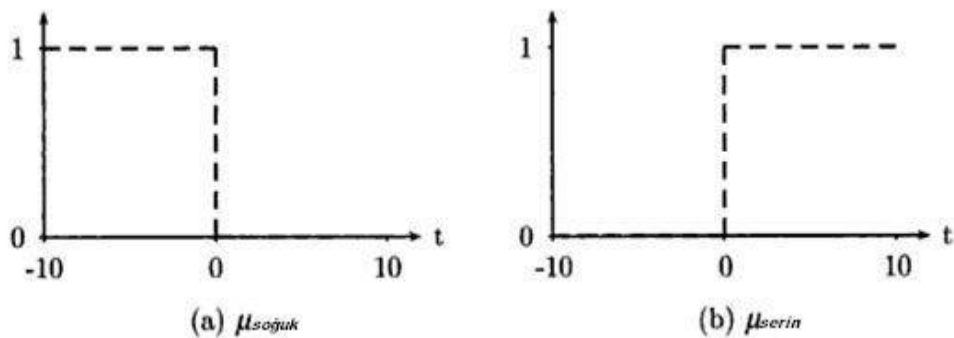
Çekirdek olarak adlandırılan kısım üyelik fonksiyonunun 1'e eşit olduğu bölgeye denir. Bundan dolayı çekirdeğin tam üyeliğe sahiptir ve  $\mu_A(x) = 1$  olarak gösterilir. Destek bölümü ise 0'dan büyük olan kısımdır ve  $\mu_A(x) > 0$  şeklinde ifade edilir.

Grafikteki üyelik fonksiyonunun 0 ile 1 arasında kısım ise sınır bölgeleri olarak ifade edilir ve  $0 < \mu_A < 1$  şeklinde gösterilir. Sınır bölgeleri demek bu alanlarda hala bulanıklığı olduğunu ve tam üyeliğe ulaşamamış olduğunu gösterir. Yapılan literatürde geleneksel ve bulanık kümeleri birbiriye kıyaslayan birçok örnek mevcuttur, bunu en iyi gösteren örneklerden biri soğuk ve serin su örneğidir. Bu iki durumun geleneksel tanımları Eşitlik (Denklem 4.12) ve (Denklem 4.13) gibi olsun (Nedjah ve Mourelle, 2005);

$$\mu_{\text{soğuk}}(t) = \begin{cases} 1, & \text{eğer } -10^{\circ}\text{C} \leq t \leq 0^{\circ}\text{C} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases} \quad (4.12)$$

$$\mu_{\text{serin}}(t) = \begin{cases} 1 & \text{eğer } 0^{\circ}\text{C} \leq t \leq 10^{\circ}\text{C} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases} \quad (4.13)$$

Bu tanımların Şekil 4.2'deki grafik üzerinde gösterimini incelediğimizde soğuk ve serin su tanımları ayrı olarak gösterilmiştir (Nedjah ve Mourelle, 2005).



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

1°C'deki suyun -10°C'dekine göre çok daha az soğuk olması kabul edilir. Aynı şekilde 0°C'deki su 10°C'deki suya göre daha az ılık olacaktır. Serinlikten soğukluğa geçişin tek bir °C ile keskin bir şekilde belirlemek yanlış olur. Gerçek hayatta da soğuktan

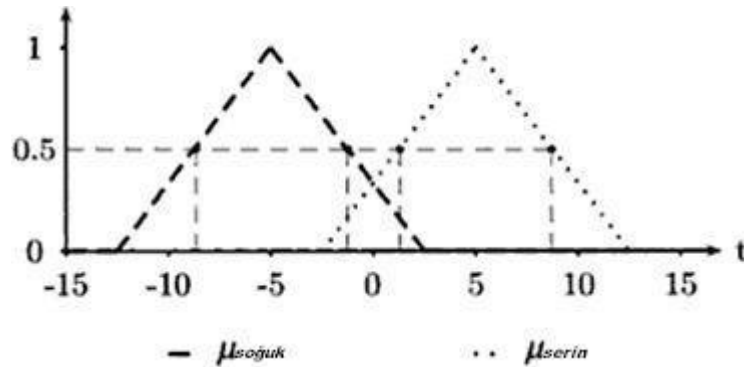
serine geçişin tanımını yapmak doğru değildir. Gerçek hayatta bu iki durum arasındaki geçişin birden değil, yavaş olması beklenir.

Pratikte ise önemli olan bilir kişi tarafından elde edilen bilgilerin doğru ifade edilmesi ve anlatılmak istenin aktarılabilmesidir (Dubois ve Prade, 2000).

Bulanık kümelerin üyelik fonksiyonlarını tanımlamak için genelde grafikler kullanılır. Soğuk ve serin su kavramlarının bulanık ifadeleri (Denklem 4.14) ve (Denklem 4.15)'de ve grafik olarak gösterimi Şekil 4.3'te verilmiştir (Nedjah ve Mourelle, 2005).

$$\mu_{\text{soğuk}}(t) = \begin{cases} \frac{2}{15}t + \frac{5}{3}, & \text{eğer } -12.5^{\circ}\text{C} < t \leq -5^{\circ}\text{C} \\ -\frac{2}{15}t + \frac{1}{3}, & \text{eğer } -5^{\circ}\text{C} < t \leq 2.5^{\circ}\text{C} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases} \quad (4.14)$$

$$\mu_{\text{serin}}(t) = \begin{cases} \frac{2}{15}t + \frac{1}{3}, & \text{eğer } -2.5^{\circ}\text{C} < t \leq 5^{\circ}\text{C} \\ -\frac{2}{15}t + \frac{5}{3}, & \text{eğer } 5^{\circ}\text{C} < t \leq 12.5^{\circ}\text{C} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases} \quad (4.15)$$



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

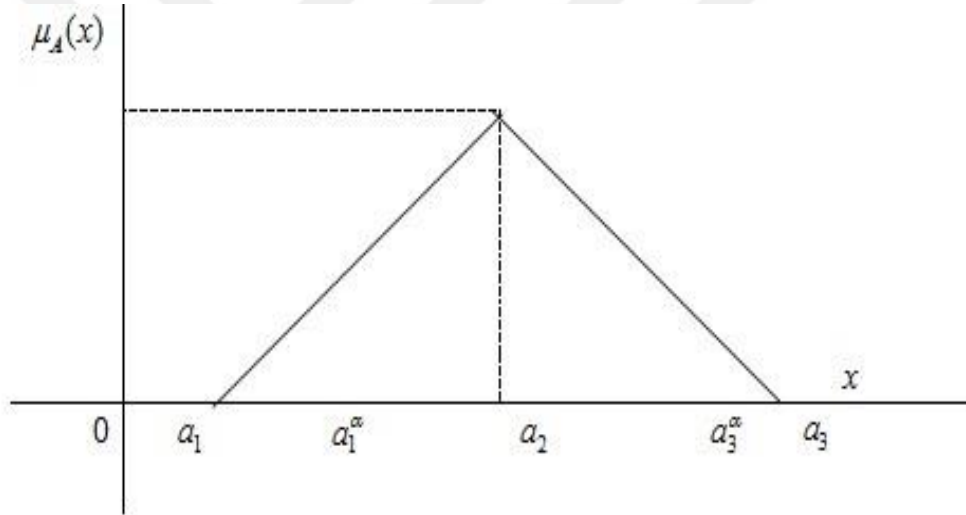
#### 4.2.1. Üçgensel üyelik fonksiyonları

$\mu_A(x)$  üçgensel üyelik fonksiyonu aşağıdaki eşitlik (Denklem 4.16) ile gösterilmiştir.



$$\mu_A(x) = \begin{cases} \frac{x-a_1}{a_2-a_1}, & \text{eğer } a_1 \leq x \leq a_2 \\ \frac{a_3-x}{a_3-a_2}, & \text{eğer } a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases} \quad (4.16)$$

Buradaki formüle incelediğimizde küme,  $A=(a_1, a_2, a_3)$  üçgensel bulanık sayısı olarak ifade edilmiştir. Bu kümedeki normal değerli üyelik  $a_2$  olarak tanımlanabilir. Burada  $a_2$  normal değerli üyelik olarak tanımlanabilir. Bulanık Mantık bir  $\alpha$  katsayısına bağlı olarak  $a_2$ 'ye yakın değerlerin, bu değer için tanımlanan anlam ile tanımlanabilir. Yani  $a_2$  ile herhangi net olmama durumu veya belirsizlik, varsayımlanarak bulunabilecek bir  $\alpha$  katsayısı normal hale getirilip, tolere edilmesi sağlanabilir. Bunların sayısal olarak gösterimi, Şekil 4.4.'te ifade edilmiştir (Yaralıoğlu, 2005).

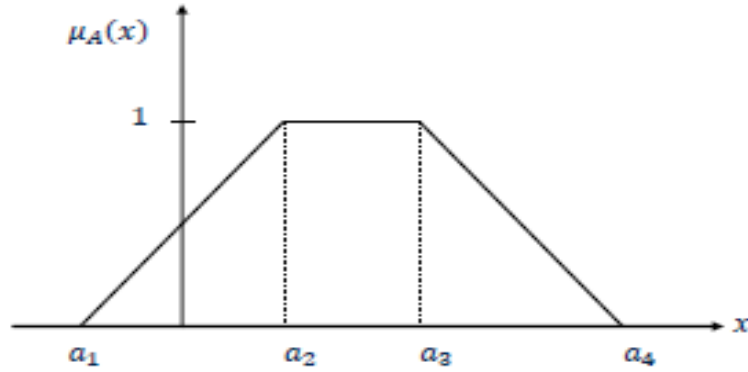


Şekil 4.4. Üçgensel sayıların komşuluğu (Yaralıoğlu, 2005).

#### 4.2.2. Yamuk üyelik fonksiyonları

Normal olarak kabul edilen iki değer bulanık kümede mevcutsa varsa veya A kümesi olan  $A=(a_1, a_2, a_3, a_4)$  şeklinde dört belirleyici değerden mevcutsa, bu durumda üyelik fonksiyonunun tipi yamuk üyelik fonksiyonu şeklinde olacaktır. Yamuk üyelik fonksiyonunun formülü (Denklem 4.17)'de, grafik üzerinde gösterimi ise Şekil 4.5.'te verilmiştir (Yaralıoğlu, 2005).

$$\mu_A(x) = \begin{cases} \frac{x-a_1}{a_2-a_1}, & \text{eğer } a_1 \leq x \leq a_2 \\ 1, & \text{eğer } a_2 \leq x \leq a_3 \\ \frac{a_4-x}{a_4-a_3}, & \text{eğer } a_3 \leq x \leq a_4 \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases} \quad (4.17)$$



Şekil 4.5. Yamuk sayıların şekil komşuluğu (Yaralıoğlu, 2005).

### 4.3. Bulanık Sayılar

Bulanık sayı demek değerleri çok net belli olmayan yani az çok belirsiz olan bir sayıyı ifade etmektedir (Siler ve Buckley, 2005).

Bulanık sayıların üyelik fonksiyonu sürekli olan bir gerçek doğrunun konveks halinin normalleştirilmiş haline bulanık küme denilmektedir (Sakawa, 1993).

A olarak adlandırdığımız bir bulanık kümesinin  $\alpha$ -seviyesindeki altkümesi demek U evrenindeki küme elemanların geleneksel kümesidir ve eşitlik (Denklem 4.18)'deki gibi gösterilir.

$$\mu_A(x) \geq \alpha \quad (4.18)$$

U evrenindeki bulanık olan  $\alpha$ -seviyesindeki alt kümeler,  $\alpha \uparrow 1$  olarak azalan aralıklarla aşağıdaki (Denklem 4.19) gibi edilmektedir.

$$\mu_A(x) = 1 \text{ noktası için en az bir } x \in U \text{ olmalıdır.} \quad (4.19)$$

$\alpha_1 < \alpha$  eşitsizliğinin anlamı aşağıdaki (Denklem 4.20) gibi ifade edilir:

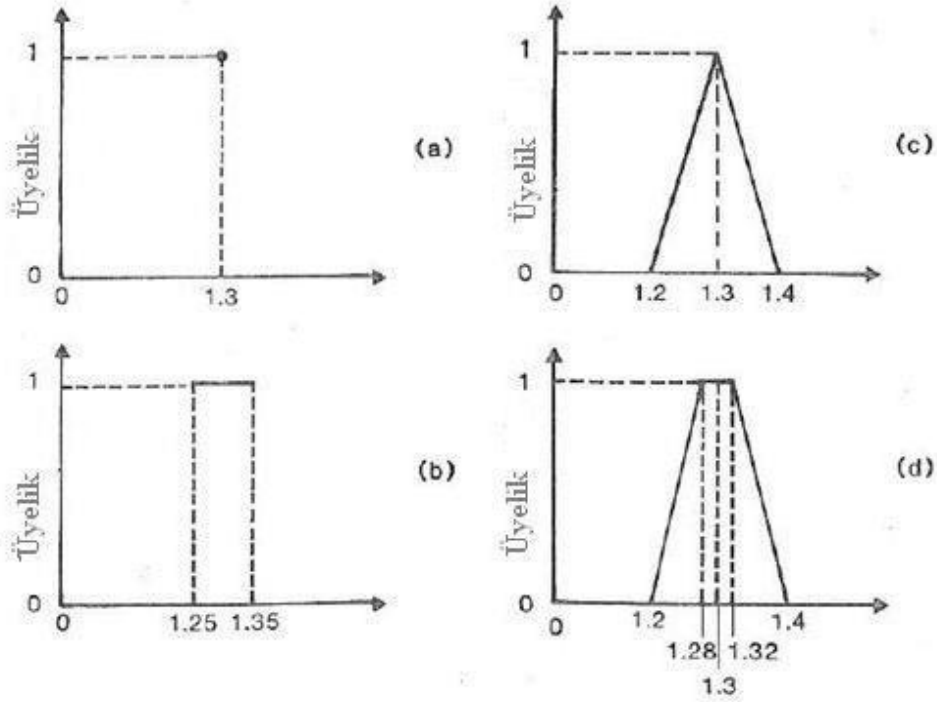
$$\{x | \mu_A(x) \geq \alpha_1\} \supset \{x | \mu_A(x) \geq \alpha_2\} \quad (4.20)$$

Diğer bir gereklilik ise A'nın üyelik fonksiyonunun maksimum değeri 1'dir.  $\tilde{\alpha}$  olarak ifade ettiğimiz bulanık sayı geleneksel kümedeki  $\alpha$  sayısına eşitse,  $\alpha$  sayısı  $\tilde{\alpha}$  bulanık kümesine ait olmuş kabul edilir (Kaya, 2010) ve aşağıdaki eşitlik (Denklem 4.21) ile gösterilir.

$$\mu_{\tilde{\alpha}}(\alpha) = 1 \quad (4.21)$$

Bulanık sayılar genel olarak sol tarafı 0'dan başlayıp monoton olarak 1'e kadar kadar artan ve bundan sonra 0'a doğru monoton azalan bir üyelik fonksiyon yapısına sahiptir (Kaya, 2010).

Bulanık sayılar Şekil 4.6.'da gösterilen üçgensel ve yamuk üyelik fonksiyonları en çok kullanılan şekillerdir tabiki farklı şekiller de farklı uygulamalarda gösterilmiştir (Klir ve Yuan, 1995).



Şekil 4.6. Sırasıyla bir gerçek sayı ve geleneksel aralıklı bir bulanık sayı ile bir bulanık aralığın karşılaştırılması.

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 olarak gösterilmiştir (Kaya, 2010).

Bulanık sayıların belirli biçimde olma zorunluluğu yoktur ancak genelde sık olarak konveks, üçgensel veya yamuk bulanık sayılarla gösterilir (Siler, Buckley, 2005).

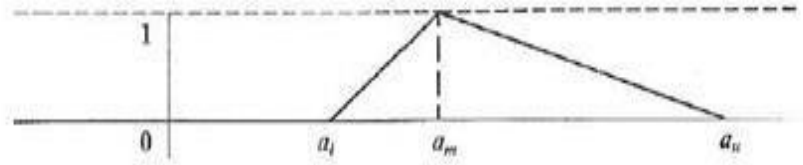
Tüm  $\alpha \in (0,1]$  bulanık sayısının  $\alpha$ -kesimi kapalı olduğundan dolayı her bulanık sayı bir konveks bulanık kümesidir. Ancak mevcut bazı konveks bulanık kümelerin  $\alpha$ -kesimlerinin açıklık ve yarı açıklık durumundan dolayı bunun tersi olmak zorunda yani bulanık küme olmak zorunluluğu yoktur (Klir ve Yuan, 1995).

#### 4.3.1. Üçgensel bulanık sayılar

Üçgensel bulanık sayılar  $\tilde{\alpha} = (\alpha_1, \alpha_m, \alpha_u)$  şeklinde gösterilir ve burdaki bir  $\tilde{\alpha}$  bulanık sayısı,  $\alpha_1$  alt değeri,  $\alpha_m$  normal değeri ve  $\alpha_u$  olmak üzere 3 parametre tanımlanır.

Üçgenin tabanını  $(\alpha_l, \alpha_u)$  aralığı ve tepe uç noktası ise  $\alpha_m$  oluşturur. Bulanık sayısının genişliği ise  $\alpha_u - \alpha_l$  olarak tanımlanır ve bu genişlik verilen gerçek kısıtlara göre değişir (Lootsma, 1997).

Çeşitli bulanık sayılar içinde en popüler olanı üçgensel bulanık sayılardır (Şengül, 2019).



Şekil 4.7. Üçgensel bulanık sayı (Lootsma, 1997).

#### 4.3.2. Yamuk bulanık sayılar

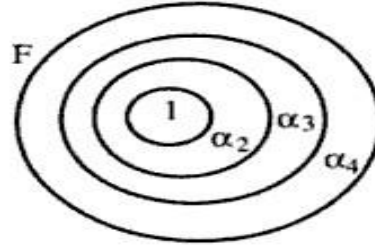
Üçgensel bulanık sayılar kullanımı kolay olmasına rağmen bazı durumlarda daha karmaşık modellere ihtiyaç duyulabilir ve bu durumda 4 parametre ile ifade edilen yamuk bulanık sayılar kullanılabilir. Yamuk bulanık sayılar  $\tilde{\alpha} = (\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4)$  olarak gösterilir ve bu sayılar üçgensel bulanık sayılara göre daha genel bir yaklaşımı vardır (Lootsma, 1997).

#### 4.3.3. $\alpha$ -kesimleri

A olarak kabul edilen bir bulanık kümenin  $\alpha$ -seviyesindeki kümesi basit küme olarak adlandırılır ve  $A_\alpha$  olarak tanımlanır.  $A_\alpha$ 'nın matematiksel dilde eşitliği (Denklem 4.22)'deki gibi gösterilir (Sakawa, 1993):

$$\{x | \mu_A(x) \geq \alpha\}, \quad \alpha \in [0, 1] \quad (4.22)$$

Bulanık kümenin yatay görünümü ve kesim seviyeleri Şekil 4.8'deki gibi gösterilmiştir (Dubois ve Prade, 2000).



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

$A_\alpha$  kümesi demek  $X$ 'teki üyelik değeri  $\alpha$ 'a eşit veya daha az olan tüm  $x$ 'lerin birleşiminden meydana gelir.  $A(0)$  için farklı bir tanım yapmak önemlidir bunun sebebi de bu durumda tüm  $X$ 'lerin aynı olma riski mevcut olur (Siler ve Buckley, 2005).

Bulanık Mantıkta kesim sayısı  $\alpha$  değeri ile ifade edilir.  $\alpha_1^\alpha$  ve  $\alpha_3^\alpha$  sayılarının  $\alpha_2$  normal değerinin komşuluğunu ise alt ve üst sınır değerleri oluşturmaktadır. Yani  $\alpha_2$  normal değeri,  $\alpha_1^\alpha$  ve  $\alpha_3^\alpha$  aralığındaki tüm sayılarla aynıdır.  $\alpha_1^\alpha$  ve  $\alpha_3^\alpha$  değerleri (Denklem 4.23) ve (Denklem 4.24) formülleri kullanılarak bulunur (Yaralıoğlu, 2005);

$$\frac{a1^\alpha - a1}{a2 - a1} = \alpha \quad (4.23)$$

$$\frac{a3 - a3^\alpha}{a3 - a2} = \alpha \quad (4.24)$$

Bu formüllerden (Denklem 4.23 ve 4.24)  $\forall \alpha \in [0, 1]$  için  $A_\alpha [\alpha_1^\alpha, \alpha_3^\alpha]$  aralığı oluşabilir ve bur durumda  $\alpha_1^\alpha$  ve  $\alpha_3^\alpha$  değerlerinin hesaplanması eşitlik (Denklem 4.25) ve (Denklem 4.26) ile gösterilmiştir (Yaralıoğlu, 2005);

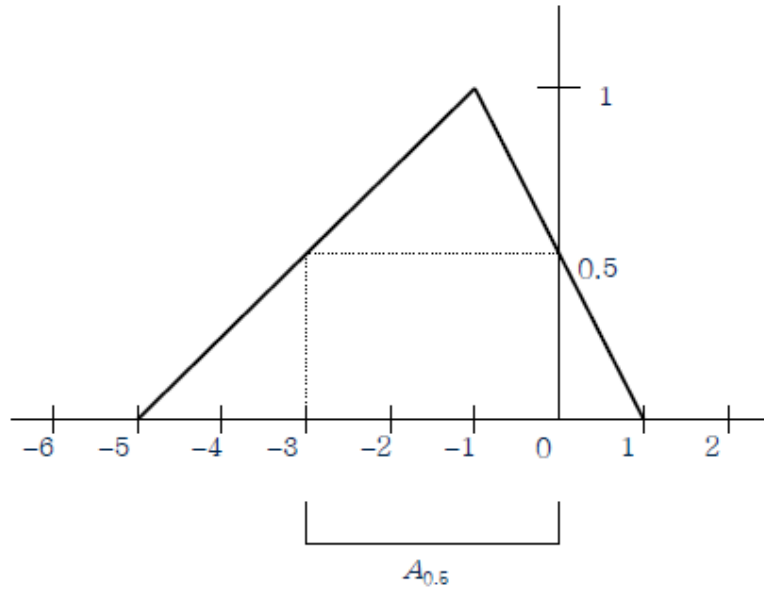
$$\alpha_1^\alpha = \alpha(\alpha_2 - \alpha_1) + \alpha_1 \quad (4.25)$$

$$\alpha_3^\alpha = \alpha_3 - \alpha(\alpha_3 - \alpha_2) \quad (4.26)$$

Örnek verilirse, üçgensel bulanık sayılara ilişkin küme  $A=(-5,-1,1)$  kabul edelim. Bu şekilde üyelik fonksiyonu;

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x \leq -5 \\ \frac{x+5}{4}, & -5 \leq x \leq -1 \\ \frac{1-x}{2}, & -1 \leq x \leq 1 \\ 0, & x > 1 \end{cases} \quad (4.27)$$

Yukarıdaki eşitlik (Denklem 4.27) kullanılarak bulunur.  $\alpha$ -kesim katsayısı 0,5 olarak kabul edilirse -1 için normal değerinin komşuları  $\alpha_1^{0.5} = -3$  ve  $\alpha_3^{0.5} = 0$  olarak bulunur. Özetlemek gerekirse -1 normal değeri, eşit anlam alanında bulunan sayılar kümesi  $[-3,0]$  aralığında gösterilir ve bu durum Şekil 4.9.'da gösterilmiştir (Yaralıoğlu, 2005).



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

#### 4.3.4. Bulanık sayılarda durulaştırma

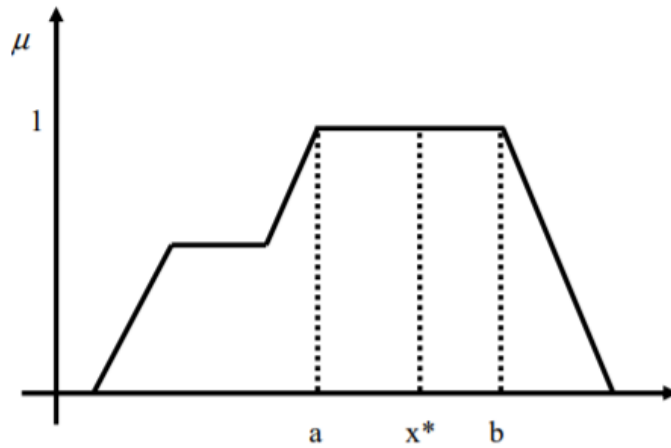
Bulanık işlemler sonrası elde edilen bulanık sayı kümesinden net bir anlam veya değere ulaşmaya durulaştırma denilir. Özetlemek gerekirse bulanık ifadenin,

belirsizlik halinden çıkarak net ve kesin bir sayı haline dönüştürülmesidir. Durulaştırma işlemi uygulamalarda net bir karar elde edilmesi açısından önemlidir aksi halde işlemi bulanık sayılarla ifade etmek sonucun ifade edilmesini mümkün kılmaz. Durulaştırma işlemi için birçok yöntem vardır. Bunlardan en çok tercih edilenleri; ağırlık merkezi (alan merkezi) yönetmi, ortalama en büyük üyelik yöntemi, ağırlıklı ortalama yöntemidir (Ross, 2004).

Bu uygulama çalışmasında ortalama en büyük yöntemi uygulanmıştır.

Ortalama en büyük yönteminde en büyük üyeliğe sahip değerlerin bir aralığı vardır yani tek bir noktada olmaması durumunda kullanılmaktadır. En büyük değere a ve en küçük değere b olarak kabul edersek, bunun matematiksel olarak gösterimi aşağıdaki eşitlik (Denklem 4.28)'deki gibidir (Sivanandam ve ark., 2007).

$$x^* = \frac{a+b}{2} \quad (4.28)$$



Şekil 4.10. Ortalama en büyük yöntemi (Sivandam ve ark., 2007).

#### 4.4. Bulanık Sayılarda Cebirsel İşlemler

Bulanık sayıları maksimum üye değeri 1'dir. Bulanık sayılar, normal ve aynı anda dışbükey olmalıdır. Bu durum eşitlik (Denklem 4.29) ile ifade edilir (Anonim, 2013; Baykal ve Beyan, 2004; Şen, 2004).



$$\exists x \in R, \mu_A(x) = 1 \quad (4.29)$$

Bulanık sayıların eşitliği demek A ve B olarak kabul edilen tüm karşılıklı elemanlarının eşit olması anlamına gelir ve bu durum (Denklem 4.30) eşitliği ile ifade edilir (Çitli,2006).

$$A = B \Leftrightarrow (a_1, a_2, a_3) = (b_1, b_2, b_3) \Leftrightarrow a_1 = b_1, a_2 = b_2, a_3 = b_3 \quad (4.30)$$

#### 4.4.1. Bulanık sayılarda toplama işlemi

A ve B kümelerindeki x ve y bulanık sayılarının toplamları için en küçük ve en büyük elemanları ayrı ayrı toplanır çünkü bu toplam sonucunda sonuç kümesinin minimum ve maksimum noktasının belirlenmesi amaçlanır. Matematiksel gösterimi eşitlik (Denklem 4.31)'deki gibidir (Önder, 2000; Anonim, 2013).

$$A + B = [a_1, a_2] + [b_1, b_2] = [(a_1 + b_1), (a_2 + b_2)] \quad (4.31)$$

#### 4.4.2. Bulanık sayılarda çıkarma işlemi

A ve B kümelerindeki bulanık sayılarda çıkarma işlemi uygulanırken A kümesinin en büyük elemanından B kümesinin en küçük dereceli elemanı çıkartılarak fark kümesindeki en büyük eleman elde edilir. Yine A kümesindeki en küçük eleman ile B kümesindeki en büyük elemanın farkı alınarak fark kümesindeki en küçük elemanı bulunmuş olur. Bulanık sayılarda çıkarma işlemi eşitlik (Denklem 4.32)'de verilmiştir (Anonim, 2013);

$$A - B = [a_1, a_2] - [b_1, b_2] = [(a_1 - b_1), (a_2 - b_2)] \quad (4.32)$$

#### 4.4.3. Bulanık sayılarda çarpma işlemi

A ve B bulanık sayılarının kartezyan çarpım işleminde, ilk olarak A bulanık sayısının minimum değeri ile B bulanık sayısının minimum ve maksimum sınırı çarpılarak çarpım kümesinin minimum sayısı yani alt sınırı elde edilir. İşlem A bulanık sayısının maksimum sayısı ile B bulanık sayısının minimum ve maksimum sınırı çarpılarak çarpım kümesinin maksimum yani üst sınırı elde edilmiş olur. Bulanık sayıların kartezyan çarpma işlemi aşağıdaki eşitlikte (Denklem 4.33)'de gösterilmiştir (Baykal ve Beyan, 2004; Şen, 2004):

$$AXB = [a_1, a_2] \times [b_1, b_2] = \text{Min} [(a_1 \times b_1), (a_1 \times b_2), (a_2 \times b_1), (a_2 \times b_2)], \text{Max} [(a_1 \times b_1), (a_1 \times b_2), (a_2 \times b_1), (a_2 \times b_2)] \quad (4.33)$$

#### 4.4.4. Bulanık sayılarda bölme işlemi

Bulanık sayıların bölmesi çarpma işlemine oldukça benzemektedir. Bulanık sayıların bölme işlemleri aşağıdaki eşitlikte (Denklem 4.34)'de verilmiştir (Baykal ve Beyan, 2004):

$$A \div B = [a_1, a_2] \div [b_1, b_2] = \text{Min} [(a_1 \div b_1), (a_1 \div b_2), (a_2 \div b_1), (a_2 \div b_2)], \text{Max} [(a_1 \div b_1), (a_1 \div b_2), (a_2 \div b_1), (a_2 \div b_2)] \quad (4.34)$$

#### 4.5. Yamuk Bulanık Sayılarda Cebirsel İşlemler

Üçgensel bulanık sayılarla yapılan aritmetik işlemler yamuk bulanık sayılarla ile de rahatlıkla yapılabilmektedir. Yamuk bulanık sayılarla yapılan toplama ve çıkarma işlemlerinin sonucunda ortaya gene bir yamuk bulanık sayı çıkar ancak çarpma ve bölme işlemlerinin sonucunun yamuk bulanık sayı çıkmayabilir (Kaya, 2010).

$\tilde{A} = (\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4)$  ve  $\tilde{B} = (b_1, b_2, b_3, b_4)$  ve iki pozitif yamuk bulanık sayı ve r pozitif bir reel sayı olarak kabul edilirse, yamuk bulanık sayılar kullanılarak yapılacak temel aritmetik işlemleri aşağıdaki şekilde toparlanarak özetlenebilir.

Toplama işlemi aşağıdaki eşitliklerle (Denklem 4.35 ve 4.36 ) ile ifade edilmiştir;

$$\tilde{A} + \tilde{B} = (\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4) + (b_1, b_2, b_3, b_4) = (\alpha_1 + b_1, \alpha_2 + b_2, \alpha_3 + b_3, \alpha_4 + b_4) \quad (4.35)$$

$$r + \tilde{A} = r + (\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4) = (r + \alpha_1, r + \alpha_2, r + \alpha_3, r + \alpha_4) \quad (4.36)$$

Çıkarma işlemi aşağıdaki eşitliklerle (Denklem 4.37 ve 4.38) ile ifade edilmiştir;

$$\tilde{A} - \tilde{B} = (\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4) - (b_1, b_2, b_3, b_4) = (\alpha_1 - b_1, \alpha_2 - b_2, \alpha_3 - b_3, \alpha_4 - b_4) \quad (4.37)$$

$$r - \tilde{A} = r - (\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4) = (r - \alpha_1, r - \alpha_2, r - \alpha_3, r - \alpha_4) \quad (4.38)$$

Çarpma işlemi aşağıdaki eşitliklerle (Denklem 4.39 ve 4.40) ile ifade edilmiştir;

$$\tilde{A} \times \tilde{B} = (\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4) \times (b_1, b_2, b_3, b_4) = (\alpha_1 \times b_1, \alpha_2 \times b_2, \alpha_3 \times b_3, \alpha_4 \times b_4) \quad (4.39)$$

$$r \times \tilde{A} = r \times (\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4) = (r \times \alpha_1, r \times \alpha_2, r \times \alpha_3, r \times \alpha_4) \quad (4.40)$$

Bölme işlemi aşağıdaki eşitliklerle (Denklem 4.41 ve 4.42) ile ifade edilmiştir;

$$\tilde{A} \div \tilde{B} = (\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4) \div (b_1, b_2, b_3, b_4) = (\alpha_1 \div b_1, \alpha_2 \div b_2, \alpha_3 \div b_3, \alpha_4 \div b_4) \quad (4.41)$$

$$r \div \tilde{A} = r \div (\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4) = (r \div \alpha_1, r \div \alpha_2, r \div \alpha_3, r \div \alpha_4) \quad (4.42)$$

Ters İşlem işlemi aşağıdaki eşitlikle (Denklem 4.43) ile ifade edilmiştir;

$$\tilde{A}^{-1} = (\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4)^{-1} = \left(\frac{1}{\alpha_4}, \frac{1}{\alpha_3}, \frac{1}{\alpha_2}, \frac{1}{\alpha_1}\right) \quad (4.43)$$

## 4.6. Bulanık Mantığın Avantaj ve Dezavantajları

### 4.6.1. Bulanık Mantığın avantajları

Bulanık Mantığın en büyük avantajlarından biri, gerçek hayattaki belirsizlikleri bir insan gibi düşünerek kolay bir şekilde modellenebilmesi ve subjektif kavramların matematiksel olarak ifade edilebilmesidir (Göksu, 2008).

Bulanık Mantığın başlıca avantajları;

- İnsan gibi düşünebilmesi,
- Yazılımının pahalı olmayıp, maliyetin ucuz olması,
- Kolay bir şekilde uygulanabilmesi ve uygulama sırasında ekstra modele ihtiyaç duyulmaması
- İnsan ve bilgisayar etkileşimlerindeki anlaşmazlığı, bilgisayarlarında insan gibi düşünmeye başlamasıyla azaltmaya yardımcı olmuştur (Mukaidono, 2001).
- Günlük hayatta belirsiz olan ve süreç içerisinde değişebilen, kompleks sistemlerin kontrol altında olması için basit çözümler getirmesine katkıda bulunur.
- Sayısal olarak ifade edilemeyen sözel tanımlar Bulanık Mantık kullanılarak belirli değişkenler halinde çözülebilir (Toktaş ve Aktürk, 2004).

### 4.6.2. Bulanık Mantığın dezavantajları

Bulanık Mantıkta kararlık analizi yapılamayacağı için sistemin nasıl bir sonuç ortaya çıkaracağı kestirelemez bunun önüne geçmek için benzetim çalışması yapmak çözüm olabilir (Yaralıoğlu, 2005).

Uzmanların görüş ve tecrübesi olmadan Bulanık Mantığın uygulanması oldukça zordur (Yılmaz ve Arslan, 2005).

## **BÖLÜM 5. HEDEF PROGRAMLAMANNIN TANIMI VE GELİŞİMİ**

### **5.1. Hedef Programlamanın Tarihsel Gelişimi ve Uygulama Alanları**

Çok Amaçlı Programlardaki hedef optimizasyonu sağlamaktır. Amacın optimizasyonu ziyade en iyi hedeflerin bulunmasını sağlamak için geliştirilen Hedef Programlama tekniği 1960'lı yılların başında Charnes ve Cooper tarafından bulunmuştur. Sonraki yıllarda 1965 senesinde Ijiri'nin "genelleştirilmiş ters alma tekniği" ve 1968'de Contini'nin belirsizlik durumlarında da Hedef Programlamanın uygulanabilirliğini kanıtlaması ile bu alandaki çözüm tekniği gelişmiştir. Bunların sonucunda Hedef Programlama sosyal-ekonomik alanlarında değerlendirilmek üzere farklı alanlarda kullanılmıştır (Wu ve Coppins, 1981).

Hedef Programlama, Çok Amaçlı Doğrusal Programlama problemlerinin çözümü için oldukça sık kullanılan bir yaklaşımdır bunun sebebinin uygulamanın basit olmasından gelir. Ve ek olarak, Hedef Programlama, Doğrusal Programlama metodunun bir uzantısıdır (Lai ve Hwang, 1994).

Günümüzdeki çoğu uygulama alanında çok hedefli problemlerin ortaya çıkması oldukça normaldir ve bunların çözümü bazen uzun zaman alabilmektedir. Bu problemlerin çözümü için araştırmacılar yöneylem araştırmaları ve diğer teknikleri geliştirmelerine rağmen, alternatif çözüm önerilerine ihtiyaç duyulmaktadır (Coello vd, 2007).

Doğrusal Programlama modeli karar vericinin tek bir amacı varsa kullanılır. Ve burdaki amaç fonksiyonunun tek bir birim şeklinde ifade edilmesi gerekir aksi halde doğrusal programlama çok hedefli problemleri çözemez. Eğer hedeflerin ölçüm değerleri farklı ise bu durumda Hedef Programlama kullanılabilir (Cinemre, 2011).

Çok amaçlı çözüm modellerinin amacı birbiri ile uyum içinde olmayan amaçların hepsini aynı anda çözüme kavuşturabilecek bir çözüm vektörünün bulunması amaçlanır. Hedef Programlama modelinde ise önemli olan karar verenin tatmin olduğu bir çözüm ortaya çıkmasıdır (Özkan, 2003).

Jones ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada, 115 karar verme ile ilgili makale incelenmiş ve burdaki çalışmalarda 7 %' sinin Hedef Programlamadan geldiğini gözlemlemişlerdir (Jones vd, 2002).

Dağdeviren ve Eren (2001) tedarikçi seçimi uygulama çalışmasında AHP ve 0-1 Hedef Programlama yaklaşımlarını üzerinde çalışmışlardır. Tedarikçi seçim kriterleri için kalite, maliyet, teknoloji ve performans gibi çok kullanılan kriterleri seçmişlerdir. AHP ile bu kriterlerin öncelik değerlendirilmesi yapıldıktan sonra, 0-1 Hedef Programlama ile belirlenen hedeflerin çıktıklarına göre hangi tedarikçi ile çalışılıp çalışılmayacağını değerlendirmişlerdir.

## 5.2. Hedef Programlamanın İskeleti

Hedef Programlama modelini diğer bir deyişle iskeletini oluşturan beş temel kavram aşağıda açıklanmıştır (Cinemre, 2011);

1. Hedefin kısıtları: Hedef Programlama modelinde genel olarak iki tarzda kısıtlayıcı mevcuttur. Bunlardan biri aynı doğrusal programlamadaki gibi sistemsel kısıtlardır, bu kısıtların değeri nettir yani değişiklik göstermezdir. Diğer kısıt ise firmanın belirlemiş olduğu hedefleri gösteren kısıtlardır ve bu kısıtlar, esnek olup, hedeflenen değerlerden sapmaların bir sonu olarak ortaya çıkarlar yani sistem kısıtlarından sonraki aşamada gelirler.
2. Sapmalar: Arzulanan hedef ile gerçekteki başarının arasındaki farka sapma denilir. Belirlenen hedefe tam olarak ulaşılmışsa bunun sapma değeri sıfırdır yani mutlak bir başarı vardır. Ama aksi durumda ise, yani istenilen hedefe tam

olarak ulaşılamamışsa negatif sapma mevcuttur. Hedefin üzerinde bir başarı söz konusu ile pozitif bir sapma mevcuttur. Pozitif sapmayı  $S_i^+$  ile negatif sapma ise  $S_i^-$  sembolleriye gösterilir. Sapma değişkenlerinin değeri ( $S_i^+$ ,  $S_i^-$ ) negatif olamazlar. Bir yandan sapmalar ya tercih edilirler veya tercih edilmezler. Tercih edilen ve edilmeyen sapmaları belirlemek için dikkatli adım atılmalıdır. Aşağıdaki tabloda yer alan ilişkiler pek çok durumda geçerli olan ilişkilerdir.

Tablo 5.1. Hedef kısıtlayıcıları ile sapmalar arasındaki ilişki.

Hedef Kısıtlayıcı Tipi	Tercih Edilen veya Edilmeyen Sapmalar
$\geq$	$S_i^-$
$\leq$	$S_i^+$
$=$	$S_i^+$ , $S_i^-$

Bu tabloya göre “ $\geq$ ” durumu hedefe ulaşamamak, “ $\leq$ ” durumu ise hedefi aşmak durumlarıdır. “ $=$ ” ise ne hedefin aşılması ne de hedefin tam yakalanması tercih edilmez.

3. Hedefin önceliklendirilmesi: Sonraki aşamada karar verici, belirlemiş olduğu hedeflerinin arasında öncelik sıralaması yapabilir. Öncelik sıralamasının belirlenmesinde kullanılan üç yaklaşım vardır. Bu yaklaşımlar aşağıda verilmiştir;

- a. Ordinal sıralama: Bu sıralama modelindeki hedeflerin öncelik sıralamasına göre dizilim yapılır. Belirlenen en önemli hedef en üst sırada iken, sıranın en son kısmında en az önemli olan hedef vardır. Burdaki hedeflerin öncelik dereceleri  $P_i$  sembolü ile gösterilir ve bu sıralama en önemliden başlayarak,  $P_1$ , sonraki  $P_2, \dots P_n$  olacak şekilde “n” tane hedef önem derecesine göre derecelendirilir.

- b. Kardinal sıralama: Kardinal sıralama yöntemi için hedeflere göre tercih edilmeyen her sapmaya belirli bir düzeyde ağırlık verilir ve bu ağırlıklar 'wi' sembolü ile ifade edilerek, sapmanın kısmi önemini gösterilmiş olunur. Tercih edilen sapmalar arasındaki farklılık varsa bu sıralamanın uygulanması önemlidir. Ancak bu yaklaşımda düzeylere ağırlık verilmesi hem zordur hem de sapmaların birbirleriyle olan ilişkinin açıklanması komplekstir.
  - c. Yukarıdaki sıralamaların karması: Ordinal ve kardinal sıralamanın entege halinde kullanılması, yani daha geniş bir sıralamanın kullanım biçimidir.
4. Hedeflerin boyutları: Hedef Programlamanın amaç fonksiyonu, önemleri ölçüsünde ağırlıklandırılmış istenmeyen sapmalar toplamının en küçüklenmesi olarak tanımlanabilir. Hedef Programlamada, belirlenen amaç fonksiyonundaki tercih edilemeyen sapmalar, önemleri ölçüsünde ağırlandırılarak minimize edilmek istenir. Eğer bu sapmaların boyutları farklı ise toplam anlamlı olmaz ve bu durumda boyut problemi için ağırlık verilmesi uygun olur.
  5. Hedef oluşturma: Gerçek hayatta ortaya çıkan problemlerin çözümünde belirlenen hedeflerin hepsi aynı derecede önemli değildir. Karar verici, hedefler arasında öncelik veya ağırlık belirleyerek uzlaşan bir çözüm elde etmek ister. Bu durumda verilen kararların amaçlarını kapsayan bir amaç fonksiyonun elde edilmesi problemin çözümü için gerekli olur.

### **5.2.1. Hedef Programlamanın elemanları**

Hedef Programlama probleminin temel dört elemanı vardır (Cinemre, 2011). Bu elemanlar aşağıdaki gibi sıralanmıştır :



1. Karar değişkenleri: Burada uygulanan karar değişkenleri, Doğrusal Programlamada kullanılan karar değişkenlerine oldukça benzerlik göstermektedir. Üretilen ürünün toplam ürün miktarı, kar elde etmek için kullanılan para miktarı, gerekli olan işçi sayısı gibi değişkenlere karar değişkenleri denir ve  $X_i$  sembolü gösterilir. Bu değerlerin asla negatif değer alamazlar.
2. Sistem kısıtlayıcıları: Kesinlik gösterip, değişikliğe izin verilmeyen ve problem çözümünde önceliği olan kısıtlardır. Matematiksel olarak aynı doğrusal programlamadaki kısıtlara karşılık gelir.
3. Hedef kısıtlayıcıları: Probleme amaçlanmış hedeflerin değerlerini gösteren kısıtlardır. Sistem kısıtlarının çözümünden sonra gelmektedirler.
4. Amaç fonksiyonu: Problemin amaç fonksiyonu, tercih edilmeyen sapmalar toplamının minimum olması üzerine odaklanır ve bunu fonksiyonlarına ağırlıklandırma sistemi yaparak gerçekleştirir.

### 5.2.2. Hedef Programlamanın matematiksel modeli

Bir Hedef Programlama probleminin formülasyonu kurarken aşağıdaki adımlar izlenir (Cinemre, 2011);

- Karar değişkenlerinin ne olduğunu belirlenmesi ve sembollerle ifade edilmesi,
- Sistem kısıtlayıcıların matematiksel olarak formülasyonu,
- Hedeflerin, hedef kısıtlayıcılarının ve bunlara bağlı olan sapma değişkenlerinin matematiksel olarak formülasyonu,
- Belirlenen hedeflerin önceliklerine göre dizilip, sıralanması,
- Tercih edilmeyen sapma değişkenleri ve önemlerine hedeflerin sıralaması entegre edilerek amaç fonksiyonunun oluşturulmasıdır.
- Yukarıdaki adımlar toparlandığında, “Doğrusal Hedef Programlama Modeli” nin genel matematiksel gösterimi aşağıdaki eşitliklerle (Denklemler 5.10, 5.11, 5.12, 5.13) ifade gösterilmiştir (Kwak vd., 1991) ;

$$\text{Min}Z = \sum_{i=1}^m w_i P_i (d_i^+ + d_i^-) \quad (\text{Amaç Fonksiyonu}) \quad (5.10)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ik} X_{ij} + d_i^- - d_i^+ = b_i \quad (\text{Hedef Kısıtları}) \quad (5.11)$$

$$CX_{ij} \leq c \quad (\text{Sistem Kısıtları}) \quad (5.12)$$

$$X_{ij}, d_i^-, d_i^+ \geq 0 \quad (\text{Negatif olmama şartı}) \quad (5.13)$$

Yukarıdaki eşitliklerde:

- $X_{ij}$ : Karar değişkenleri,
- $b_i$ : i'inci hedefin düzeyi,
- $d_i^-$ : Hedeflenen değere göre negatif sapma değeri ( $S_i^-$ ),
- $d_i^+$ : Hedeflenen değere göre pozitif sapma değeri ( $S_i^+$ ),
- $w_i$ : i'inci hedefin sapma değişkenlerine verilmiş olan matematiksel ağırlıklar (diferansiyel ağırlık),
- $c$ : Mevcut kaynak,
- $C$ : Sistem kısıtı ile ilgili matris katsayısı,
- $a_{ij}$ : Karar değişkeni katsayısı,
- $P_i$ : i'inci hedefin öncelik (önem) düzeyidir.

Eğer ortada birden çok hedef varsa, bu Hedef Programlama problemlerinde hedefin tamamının karşılanmasından ziyade hedeflere alt ve üst sınır verilerek çözüm sağlanabilir. Bu durumda sistem kısıtlarının gösterimi aşağıdaki eşitlik (Denklem 5.14 ve 5.15) gibidir (Budnick vd., 1988);

$$\sum_{j=1}^n a_{jk} X_j \geq G_k \quad (5.14)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{jk} X_j \leq G_k \quad (5.15)$$

Eşitsizlik (Denklem 5.15)'deki  $G_k$  alt sınır veya üst sınır hedefi olarak tanımlanabilir. Eşitsizlik " $\geq$ " ise bu  $G_k$  için k'inci hedef değerinin alt sınırını gösterir ve aynı zamanda

pozitif ve negatif sapma değişkenleri yer alır. Bu belirtilen sapma değişkenlerden sadece negatif sapmalı olan (istenmeyen) değişkenler amaç fonksiyonunda gösterilir çünkü k'ncı hedef değerinden daha az olan tüm sapma değişkenlerin minimum olması istenir. Eğer eşitsizlik " $\leq$ " şeklinde ise  $G_k$  , k'ncı hedef değerine göre daha üst bir değeri gösterir ve bu kısıtta da sapma değişkenler yer almaktadır. Sapma değişkenlerin k'ncı hedef değerinden büyük olması istendiği için amaç fonksiyonunda sadece pozitif sapma değişkenleri mevcuttur (Keskin, 2013).

### 5.2.3. Öncelikli Hedef Programlama

Öncelikli Hedef Programlama, karar verme probleminde eğer amaçlar arasında kesin öncelik sıralaması belli ise kullanılabilir.

Firmanın hedefleri ve çözülecek problem bakımından, karar vericinin verilen hedefler arasından önemine göre bir sıralama oluşturması gerekir. Öncelikli Hedef Programlamada, hedeflerin öncelik derecelerinde hiyerarşi mevcuttur, yani bir hedef diğerine göre daha önemlidir.

Öncelik Hedef Programlamada her bir hedefe en yüksekten dereceden düşük dereceye doğru  $P_1$ , sonraki  $P_2, \dots, P_n$  ile gösterilebilir. Örnek verilmesi gerekirse pazar payı, kâr hedefine göre daha düşük derecede önemli ise, kâr hedefi pazar payı hedefinden önce gelir. (Cinemre, 2011).

Öncelikli Hedef Programlama varsayımına göre önemlerin hiyerarşi sıralamasına göre yüksek önemli hedefin, kendisinden daha az önemli hedef tarafından düşürülmesine izin vermeden, her seferinde bir hedef değerini optimumda kılmayı başarır (Baray, 2000).

N.K. Kwak, Marc J. Schniederjans, Kimberly S. Warkentin, European Journal of Operation Research 52'de yayınlanmış olan "An Application of Linear Goal Programming to the Marketing Distribution Decision", adlı makalede 336'ncı

sayfasında öncelikli hedef değerlendirme için aşağıdaki formülasyonlar (Denklem 5.16, 5.17, 5.18, 5.19) kullanılmışlardır;

$$\text{MinG} = \sum_{i=1}^m P_l (W_{1in} d_l^- + W_{1ip} d_l^+) \dots \sum_{i=1}^m P_k (W_{2in} d_l^- + W_{2ip} d_l^+) \quad (5.16)$$

$$\sum_{i=1}^m a_{ij} x_j + d_i^- - d_i^+ = b_i \quad (5.17)$$

$$x_j, d_i^-, d_i^+ \geq 0 \quad i=1,2,\dots,m \quad j=1,2,\dots,n \quad (5.18)$$

$$P_1 \gg \gg P_2 \gg \gg P_k \quad (5.19)$$

Yukarıdaki eşitliklerde;

- k: öncelik sırasının sayısı,
- m: kısıtların sayısı,
- n:  $x_j$  karar değişkenlerinin sayısı olarak belirtilmiştir.

Hedeflerde  $P_1$ 'i birinci hedef olarak belirlersek, bu modelde birinci olan hedeften başlayarak hiyerarşiye göre diğer hedeflerin sapma değişkenlerinin ağırlıkları minimize edilmeye çalışılmalıdır. Buna göre öncelikle  $P_1$ , sonra ise  $P_2$  sapma değişkenlerinin ağırlıkları minimize edilir. Bu işlem süreci, öncelik seviyesinde bütün sapma değişkenlerin minimize edilmesine kadar devam eder (Biswas A. Vd, 2005).

#### 5.2.4. Ağırlıklı Hedef Programlama

Ağırlıklı Hedef Programlama tekniğinde, problemin hedeflerindeki fonksiyonların ağırlıkların toplam değeri, amaç fonksiyonun tek bir amaç fonksiyonuna eşitlenmiş olur.

N tane hedefi olan Hedef Programlama modelinde i. hedefin aşağıdaki gibi (Denklem 5.20) verildiğini varsayalım:

$$\text{Min}G_i, i = 1,2,\dots,n \quad (5.20)$$

Ağırlıklandırma yönteminde kullanılan birleştirilmiş amaç fonksiyonu ise aşağıdaki eşitlik (Denklem 5.21)'deki gibi gösterilmiştir.

$$\text{Min}Z = w_1G_1 + w_2G_2 + \dots + w_nG_n \quad (5.21)$$

Burada  $w_i, i=1, 2, \dots, n$ , hedeflerin birbiriyle olan önem derecelerini ifade etmektedir. Örneğin tüm önem ağırlıklarında  $i$ ' için  $w_i= 1$  ifadesinin anlamı tüm hedeflerin aynı derecede önemli olduğunu gösterir. Karar vericiler, bu ağırlıkların belirlenmesinde rol oynar, subjektif yargılarla öncelikler sıralanır (Taha, 2000).

### **5.3. Hedef Programlamanın Avantaj ve Dezavantajları**

#### **5.3.1. Hedef Programlamanın avantajları**

- Kompleks problemleri rahatlıkla çözebilirler. Hedef Programlama, uygun doğrusal programlamayla zahmetsiz bir şekilde çözülebilir.
- Farklı hedeflere, karar vericiye bağlı olarak farklı ağırlıklar verilebilir, uygulanması kolaydır (Nijkamp ve Spronk, 1978).
- Problem çözümü boyunca karar verici farklı gelişen bilgilere göre, değişen isteklere, problemin amacına göre öncelik sıralamasında değişiklik yapabilir (Strager, 2005).
- Problem çözümünde çok farklı hedefin uygulanması gerektiğinde veya bu hedeflerin birbirleri ile çeliştiğinde durumlarda Hedef Programlama rahatlıkla kullanılabilir.
- Hedef Programlamadaki kısıtların dar olmasına gerek yoktur.
- Problemdaki hedef sıralaması önceden belirlendiği için kullanımın uygulanması kolaydır.

#### **5.3.2. Hedef Programlamanın dezavantajları**

- Problemdaki hedef sıralaması, bunlara atanan ağırlıkların karar verici tarafından belirlenmesi ve objektif olmamasıdır.
- Eğer problem karmaşıksa, sadece karar vericiye göre gerekli bilgilerin verilmesi oldukça zordur.
- Hedef Programlama problem çözümünde ekstra bilgi kullanmayı denemediği için etkili sonuç alma üzerinde bir eğilimi yoktur (Strager, 2005).
- Belirlenen hedeflerin ve amaç değerlerinin homojen yapıda olmasına ihtiyaç duyar.
- Belirlenen hedeflerin öncelik sıralaması, verilen ağırlıklar karar veren kişideki farklılığa göre değişebilir, ortak karar varmek zor olabilir.
- Karar verenin mantıklı hedefler oluşturabilmesi için hedeflerde meydana gelen değişiklikleri önceden düşünebilmesi önemlidir, yoksa bunu yorumlamak pahalı bir süreç olabilir.

#### **5.4. Bulanık Hedef Programlama**

Karar vericilerin, karar verme aşamasında gerçek hayattaki, net olmayan hedefleri değerlendirmesi gerekebilir. Bu tarz durumlarda bulanık küme teorisi devreye girer. Hedef Programlama ve bulanık küme teorisinin beraber kullanılmasıyla yani kesin, net hedeflerin olduğu durumlarda Bulanık Hedef Programlama kullanılmaktadır. Bulanık Hedef Programlamanın hedeflerinde kesinlik yerine, “civarında”, “yakın”, “gibi” ifadeler yer almaktadır (Martel, 1998).

Geleneksel Hedef Programlamada, problemin çözümü için karar vericiler tarafından ulaşılması gereken hedef seviyeyi kesin olarak belirlenmelidir. Bu karar vericiler için genellikle zor ve maliyetlidir. Bulanık küme teorisi, karar vericilerin bu zorluğun üstesinden gelmesine izin verir (Yücesan ve Zengin, 2019).

Karar vericiler, belirli ve kesin olan koşullarda çok kriterli karar verme yöntemlerini kullanarak en uygun tedarikçiyi seçebilmektedir. Ancak gerçek hayat kesinliği içermeyen, bulanık bir ortamdır. Net verilere dayalı klasik çok kriterli karar verme yöntem teknikleri, karar vericilerin yargılarını modellemede konusunda yeterli

değildir. Belirsizlik içeren gerçek hayat problemlerini mantıksal biçimde çözebilmek için karar vericiler, Zadeh (1965) tarafından geliştirilen Bulanık Mantık teorisinden yararlanmaktadırlar ( Başaran ve Çakır, 2020).

Bulanık Hedeflerde, aynı Hedef Programlamadaki gibi karar vericiler tarafından belirlenir, ancak Bulanık Hedefler için yaklaşık ifadeler seçilir. Örneğin A değeri bir hedefi belirtsin, eğer ifade “A’nın değeri yaklaşık 100 olmalıdır” şeklindeyse buradaki A hedefi bulanık bir hedef olarak tanımlanmıştır. Bulanık küme teorisine göre var olan her bulanık kümenin alt ve üst sınırı olduğundan, A değerine de alt ve üst sınır verilerek A’yı bir aralık içerisinde gösterilir (Lai ve ark., 1996 ).

### 5.5. Bulanık Hedef Programlama Modeli

Hedeflerin birbiri ile olan önem derecesine göre, iki şekilde Bulanık Hedef Programlama mevcuttur. Bunlardan biri, tüm hedeflerin eşit bir şekilde doyurulması hedef alınır yani tercihler eş değerdir. Diğer model ise, karar vericinin vermiş olduğu farklı tercih sıralamasına göre çözüm bulunmaya çalışılır. Hedeflere ulaşmak için belirlenen değerlerin bulanık olduğu varsayılarak, oluşturulan genel bir Bulanık Hedef Programlama modelinde Bulanık Hedefler aşağıdaki (Denklem 5.22, 5.23, 5.24)’deki gibi ve bulanık olmayan kısıtlayıcılar ise (Denklem 5.25, 5.26)’deki gibi gösterilmektedir (Özkan, 2002) :

$$(Ax)_i \cong b_i ; i = 1,2,3,\dots,m_1 \quad (5.22)$$

$$(Ax)_i \tilde{\leq} b_i ; i = m_1+1,\dots,m_2 \quad (5.23)$$

$$(Ax)_i \tilde{\geq} b_i ; i = m_1+1,\dots,m_2 \quad (5.24)$$

$$(Ax)_i (=, \leq, \geq) b_i ; i = 1,2,\dots,p \quad (5.25)$$

$$X_j \geq 0 \quad ; j= 1,2,\dots,n \quad (5.26)$$

Bu modelde,  $i$ 'ncinci hedefe ulaşmak için, karar verici tarafından belirlenen bulanık erişim değeri  $b_i$  ile ifade edilmektedir.

### 5.6. Bulanık Hedef Programlarının Formülasyonu

Narasimhan (1980) üçgensel üyelik fonksiyonunu, Bulanık Hedeflerini bulanık eşitlikler olarak kabul ederek tanımlamıştır. Narasimhan, Zimmermann tarafından geliştirilen Bulanık Doğrusal Programlama modelinde Zadeh'in bulanık karar kümesi kavramıyla birleştirerek bir çözüm belirlemeye çalışmıştır. Bu yaklaşıma göre, oluşturulan alt problemler içerisindeki maksimum üyelik derecesi ( $\lambda$  değerini) alması, Bulanık Hedef Programlama modelinin çözümü olarak kabul edilir (Özkan, 2002).

Hedef Programlamanın sembolik ifadesi aşağıdaki (Denklem 5.27 ve 5.28)'deki gibi gösterilebilir (Lai ve Hwang, 1994):

$$x \text{ 'i bul} \quad (5.27)$$

$$Ax = b, x \geq 0 \quad (5.28)$$

Burada;  $b$  ifadesi eldeki mevcut kullanıma hazır kaynakları ve hedeflerin vektörünü gösteriyorken,  $A$  ise teknik katsayıları yani birim fayda/maliyet matrisini ifade etmektedir.

Verilen hedeflerin ve eldeki mevcut kullanıma hazır kaynakların net olarak belirlenmesi karar verici tarafından imkansız olduğu yönünde değerlendirilebilir. Verilen hedeflenen değeri " $b$ " yerine, " $b$ 'ye yakın" gibi bulanık bir ifadenin çok daha kabul edilebilir ve bulanık dilsel hedeflerin olduğu bir Hedef Programlama aşağıdaki (Denklem 5.29, 5.30 ve 5.31)'deki formüle edilebilir:

$$x \text{ 'i bul} \quad (5.29)$$

$$(Ax)_i = \tilde{b}_i ; i= 1,2,3,\dots,m \quad (5.30)$$

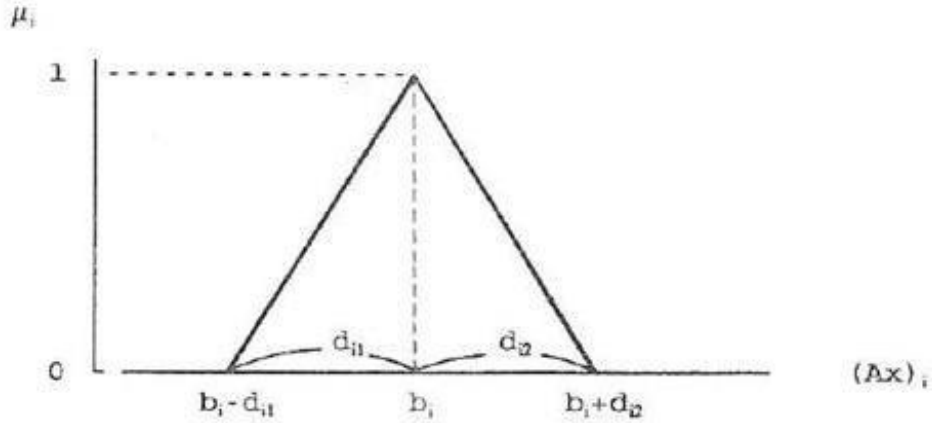


$$X \geq 0 \quad (5.31)$$

Buradaki  $\tilde{b}_i$ ,  $\forall i$  için dilsel hedefleri ifade etmektedir. Örneğin, “kar oranı  $\$b$  civarında olmalı” gibi.

Karar vericini “ $b_i$ ” hedef değerini net olarak hesaplayamadığı için bu değere göre kabul edilebilen maksimum miktarda sapmalar meydana gelebilir. Bu sapmaları “ $d_i$ ” olarak ifade edilebilir (Güneş ve Umarusman, 2002).

Net olarak hesaplanamayan veya belirlenemeyen hedef ve kabul edilebilir maksimum sapma, üçgensel formda halinde Şekil 5.1.’de ifade edilmiştir (Lai ve Hwang, 1994).



Şekil 5.1. Bulanık Hedefler için üçgensel üyelik fonksiyonu (Lai ve Hwang, 1994).

Bulanık eşitsizliğin ifade eden üçgensel üyelik fonksiyonu  $\mu_i(x)$  aşağıda (Denklem 5.32) gibi ifade edilir (Lai ve Hwang, 1994):

$$\mu_i(x) = \begin{cases} [(Ax)_i - (b_i - d_i)] / d_i, & b_i - d_i \leq (Ax)_i < b_i \\ [(b_i + d_i)_i - ((Ax)_i)] / d_i, & b_i \leq (Ax)_i < b_i + d_i \\ 0, & b_i + d_i < (Ax)_i \text{ veya } (Ax)_i < b_i - d_i \end{cases} \quad (5.32)$$

Burada;  $d_i$  hedef değere göre kabul edilebilen maksimum sapmaları göstermektedir.

Üçgensel üyelik fonksiyonunda;

- $b_i$  : tercih edilen değer,
- $b_i + d_i$  : en iyimser değer,
- $b_i - d_i$  : en kötümser değerdir.

### 5.7. Bulanık Hedef Programlama Uygulamaları

SciendeDirect veritabanına “goal programming” yazdığımız zaman toplam 909650 adet makale çıkmaktadır. Bu oran yıllar içerisinde artmıştır; 1996-2000 yılları arasında 72105 adet, 2000-2005 yılları arasında 96439 adet, 2005-2010 yılları arasında 143970 adet, 2010-2015 yılları arasında 204915 adet, 2015-2019 yılları arasında 225547 adet çalışma çıkmıştır. “Fuzzy Goal Programming”olarak yazdığımız zaman toplam 36414 adet makale çıkmaktadır. Bu oran yıllar içerisinde artmıştır; 1996-2000 yılları arasında 2660 adet, 2000-2005 yılları arasında 2976 adet, 2005-2010 yılları arasında 5324 adet, 2010-2015 yılları arasında 8911 adet, 2015-2019 yılları arasında 11470 adet çalışma çıkmıştır.

Bazı farklı uygulama veya önerilere göz atıldığında;

Lee ve Wen (1997) yaptıkları çalışmada seçtikleri bir akarsu havzasında, su kalitesi yönetiminde belirledikleri aynı veya eşit olmayan ağırlıklı, öncelikli sıralamalı veya sıralamasız Bulanık Hedef Programlaması kullanarak farklı modeller sunmuşlardır.

Özkan (2002) yapmış olduğu çalışmada çarşaf üreten bir fabrikanın üretim planlaması için Bulanık Hedef Programlamasını kullanmıştır.

Kumar vd. (2004) yaptıkları tedarikçi seçimi probleminin çözümünde, toplam maliyetin minimizasyonu, red oranının azalması ve geç teslimat oranının azalması

olmak üzere üç temel hedef baz alınarak bulanık tamsayı programlaması formüle edilmiştir. Ve aynı zamanda, gerçek bir durumu gösteren verilen kullanılarak, modelin etkin olup olmadığı gösterilmiştir.

Famuyiwa vd. (2008) yaptıkları çalışmada örnek bir olayı göstererek, stratejik ortaklık metodunu baz alan tedarikçi seçimi problemi için Bulanık Mantık ve Hedef Programlamayı bir arada kullanmasını sağlayan bir metot sunmuşlardır.

Jones vd. (2010) bir hastanadaki hemşilerin aylık çalışma vardiya programını düzenlemek için hastanenin hedeflerini, hemşirelerin gece veya gündüz çalışma düzenindeki tercihlerini baz alarak Bulanık Hedef Programlama modeli üzerinde çalışmışlardır. Bu modelde hastanenin hedeflerine dayalı yasaların belirlediği koşullara göre her vardiyada uygun kabileyetteki minimum hemşire sayısı ve maksimum çalışma saatleri hesaplanmıştır.

Oruç (2014) yaptığı uygulamada 19-30 yaş aralığındaki işçiler için, seçimsiz 20 günlük öğlen yemeği için Bulanık Hedef kullanarak menü planlaması yapmıştır.

## BÖLÜM 6. PROGRAMLAMA MODELİ

Uygulama kısmında tedarikçi seçimi için farklı kriterler sunulmuş ve belirlenen hedeflere göre en uygun tedarikçiyi seçmek amaçlanmıştır.

Literatürde tedarikçi seçimi ile ilgili olarak birçok uygulama ve çözüm önerileri vardır. Uygulamada bahsi geçen problemi çözmek için çok amaçlı Bulanık Hedef Programlama Modeli kullanılmıştır. Birçok uzmanın görüşleri değerlendirilip, sayısal örnekle model uygulanılarak sonuçlar değerlendirilmiştir.

Amaçların doğru önem derecede belirlenebilmesi için, tedarikçi kriterleri detaylı bir şekilde incelenmiş, uzmanların görüşleri alınmıştır. Belirsizliklerin kriter seçiminde sayısal olarak ifade etmek için BAHP kullanılmıştır. Burdan çıkan önem sıralamasına göre, Öncelikli Hedef Programlamasının sıralaması belli olmuştur.

Hedef Programlama seçilmesinin sebebi ise aynı anda birçok amacı birlikte gerçekleştirmeye çalışması olmuştur. Ancak, tüm amaçların birlikte tatmin edilmesi mümkün değildir. Bu amaçlar için belirlenen hedef değerlerinden birini arttırmaya / azaltmaya çalışmak diğeri üzerinde ters etki yapabilir. Bu durumda amaçlara karar verici tarafından öncelik verilmiştir. Karar vericilerin gerçek hayattaki belirsizlikleri dahil edebilmesi için model bulanık entegre edilerek, Bulanık Hedef Programlama metodu seçilmiştir. Bunun başlıca nedenlerinden biri gerçek hayatta karşılaşılan belirsizlikleri modele entegre ederek daha gerçekçi bir çözüm önerisi sunmak olmuştur.

Uygulamamızda üç müşteri(fabrika), üç ürün çeşidi ve dört tedarikçinin olduğu bir tedarikçi seçim problemi ele alınmıştır. Her bir müşterinin, hangi tedarikçilerden hangi ürünleri ne miktarda alacağını belirlemek için beş hedef kriterine göre bir

değerlendirme yapılmıştır. Literatürde tedarikçi seçimi probleminin çözümü için çeşitli Hedef Programlama modelleri sunulmuştur.

Uygulamış olduğumuz model hem belirsizliği ve riskleri hesaba dahil etmiştir, ve beş farklı amacı karşılamıştır. Hedef Programlama, Bulanık Mantık ve BAHP'nin bir arada olması modelin avantajlarından.

### **6.1. Problemin Tanımlanması**

Bu ele alınan tedarikçi seçim probleminde, aynı firmaya bağlı çikolata üreten 3 farklı fabrikanın, satın alacakları 3 farklı hammadde için, 4 tedarikçi adayından seçim yapılmak istenilmiştir.

Tedarikçi değerlendirmesinde kullanılacak kriterler için, literatürdeki tedarikçi seçim kriterleri, uzmanların görüşleri, firmanın ulaşmak istediği ana hedefler gözönüne alınmıştır. Bütün değerlendirmeler incelendikten sonra, maliyet, reddedilen hammadde yüzdesi (kalite), geç teslim edilen hammadde yüzdesi, tedarikçi esneklik risk performans faktörleri ve ekonomik faktör olmak üzere beş kriter belirlenmiştir.

Uygulamamızda müşteri pozisyonunda üç farklı çikolata fabrikası vardır. Bu fabrikalar; Türkiye fabrikası, Almanya fabrikası ve Fransa fabrikasıdır. Bu fabrikalar aynı firmaya bağlı olmalarına rağmen beklentileri ve standartları açısından farklılıklar mevcuttur. Tüm fabrikaların ortak temel amacı gıda güvenliğini esas alarak, en iyi kalite ürünleri üretmektedir. Bu çikolata fabrikalarında farklı çeşitlerde ve reçetelerde çikolata ürünleri üretilmektedir. Bu problemde üç hammadde üzerinde yoğunlaşmıştır. Örneğin, Almanya fabrikası daha üst kalite ürünler üreten bir fabrikadır. Bundan dolayı diğer fabrikalara göre belirli hammadde standartları daha yüksektir ve hammadde edeceği ürünleri seçerken çok daha hassas davranmaktadır. Ve fiyatların daha yüksek olmasına rağmen, daha kaliteli ürünler sunan tedarikçileri seçmektedir ve bu durumu reddedilen parça hammadde yüzdelерinde de görmek mümkündür.

Almanya fabrikasının aylık üretimi 12.000 ton çikolatadır. Türkiye fabrikasına değinecek olursak; Türkiye fabrikası orta kalitedeki ürünler üreten bir fabrikadır. Standartları Almanya fabrikası kadar yüksek olmamasına rağmen kalitesiz ürünleri ve hizmet kalitesi düşük tedarikçileri mümkün olduğunca tercih etmemektedir. Kalite standartlarıyla doğru orantılı olarak reddedilen hammadde yüzdeleri de Almanya fabrikasına göre genellikle daha düşük çıkmaktadır.

Firmanın diğer bir fabrikası olan Fransa fabrikasının üretim kapasitesi üç fabrika arasında en yüksek olanıdır ve ayda 30.000 ton çikolata üretimi yapmaktadır. Aylık üretim kapasitesi 30.000 ton çikolata olan Fransa fabrikasının kalite standartları diğer iki fabrikaya göre nispeten biraz daha düşüktür. Diğer kriterleri sağlıyorsa, en uygun fiyat teklifini veren tedarikçiler genellikle tercih edilmektedir. Tedarik edilecek hammadde ürünlerinde şeker tozu, kakao tozu ve süt tozu seçilmiştir. Çalışmada kullanılan müşteriler ve bu müşterilerin talep ettikleri ürünler Tablo 6.1.'de verilmiştir. Tabloda belirtilen ürün hammadde miktarları müşterilerin aylık hammadde (ton) taleplerini ifade etmektedir.

Tablo 6.1. Tedarik edilecek ham madde.

Müşteri/Ürün	Şeker Tozu ( ton)	Kakao Tozu (ton)	Süt Tozu (ton)
Fransa Fabrikası	1800	300	900
Türkiye Fabrikası	1200	200	600
Almanya Fabrikası	600	100	300

Problemdede müşterilerin taleplerini karşılayacak 4 tedarikçi adayı bulunmaktadır: Fransa tedarikçisi, Almanya tedarikçisi, Belçika tedarikçisi ve Hollanda tedarikçileri vardır. Tedarikçilerin birbirlerine göre avantajlı ve dezavantajlı olduğu kriterler bulunmaktadır. Tedarikçilerin hepsi hammadde toptancısı (distribütör) olmakla beraber, müşterilerin tüm ürün taleplerini karşılayabilmektedirler.

Tedarikçi adaylarını yakından tanıyacak olursak; Hollanda tedarikçisi, orta ve kısmen üst kaliteli ürünler ve hizmet sunmaktadır. Belçika tedarikçisi ise hem uygun fiyatlı ve buna rağmen üst kalite ürünler sağlayabilmektedir. Almanya tedarikçisi ise üst kaliteli ürünler vermekle beraber, fiyat konusunda bazı durumlarda avataj sağlayabilmektedir.

Fransa tedarikçisi ise fiyat konusunda avantajlı olmasına rağmen kalite konusunda diğer tedarikçilere göre daha düşük seviyededir.

Tedarikçileri birbirleriyle kıyaslarken ele alınacak çok fazla sayıda kriter mevcuttur. Tüm kriterlerin seçilmesi durumunda, problemin çözümü çok daha kompleks ve maliyetli hale gelebilir. Bundan dolayı, doğru hedef kriterlerini seçmek problemin çözümünü sağlamada kritik bir rol oynamaktadır.

Bu uygulamada çalışmada kullanılacak kriterlerin belirlenmesi için gerçek hayattaki koşulların önerilen modele mümkün olduğunca dahil edilebilmesi amaçlanmış, Dickson'nun tanımladığı tedarikçi seçim kriterlerinden ve uzman kişilerin görüşlerinden yararlanılarak belirlenen temel beş kriter Tablo 6.2.'de gösterilmiştir.

Tablo 6.2. Kriterler.

Z	Ürün Maliyeti
K	Red Ürünün Yüzdesi
D	Geç Teslimat Yüzdesi
T	Tedarikçi Esneklik Risk Performansı Faktörü
E	Ekonomik Risk Faktörü

- a. Ürün maliyeti: Tedarikçi seçimindeki en önemli kriterden biri, sipariş maliyetidir. Tedarikçiler tarafından belirlenen ton başına düşen fiyatlar baz alınarak, fabrikaların üretim planına göre alması gereken hammadde miktarlarını temin etmek için tedarikçilerden belirlediği kg başına düşen fiyatlar baz alınmıştır.
- b. Reddedilen ürünlerin yüzdesi (kalite) : Her bir müşterinin tedarikçilerinden farklı beklentileri olmaktadır. Satın alınan ürün müşterinin kalite standartlarını karşılamıyorsa, maliyet her ne kadar önemli bir değerlendirme

kriteri olsa da, yanlış bir seçim yapılmıştır. Bu kriterle, satın alınan hammaddeye ait reddedilen parça yüzdeleri baz alınmıştır.

- c. Geç teslimat yüzdesi: Her fabrikanın kısıtlı bir stok kapasitenin olması ve minimum stok miktarıyla çalışmanın daha çok teşvik edildiği günümüzde, sipariş edilen hammaddelerin istenilen tarihte teslim edilmesi üretimin aksamaması için oldukça kritiktir. Bu kriter için, tedarikçilerin geç teslim edilen hammadde yüzdeleri değerlendirilmiştir.
- d. Tedarikçi esneklik risk performansı faktörü: Günümüzde fabrikaların ihtiyaçları çeşitli sebeplerle ( ekonomik, yasal mevzuat, yeni kalite sistem değişiklikleri, proses hatları değişikliği..vb) değişiklik gösterebilir ve buna bağlı olarak tedarikçilerinden talep ettiği değişikliklere tedarikçilerin cevap verme süreleri ve uyum sağlama kabiliyetleri tedarikçi performansı kriteriyle değerlendirilmiştir. Değerlendirmeyi yapmak için 0-1 puan aralığında bir ölçek kullanılmıştır. Bu ölçekte 0'dan 1'e doğru gidildikçe, iyiden kötüye doğru gidilmektedir.
- e. Ekonomik risk faktörü: Tedarikçilerin buldukları lokal koşullara göre enflasyon yüzdeleri, dövizdeki değişimler, devletin belirlemiş olduğu indirimler, vergi politikası, kredilerin hepsi düşünülerek ekonomik risk faktörü kriterleri değerlendirilmiştir. Faktör için 0-1 ölçeği baz alınmıştır.

Bu verilen beş hedef kriterlerinin öncelik sıralamasını yapabilmek için belirlemek için uzmanların görüşleri değerlendirilmiş, belirsizlikler dahil edilerek BAHP kullanılmıştır. Yapılan sıralamanın sonrasında toplam maliyetin minimize edilmesi birincil öncelikli amaç olmuştur. Sipariş edilen ürünlerin red yüzdesinin minimizasyonu ikincil öncelikli amaçtır. Tedarikçi esneklik risk performansı riski minimizasyonu üçüncü sıradadır. Dördüncü sıralama ise geç teslimat yüzdelerinin minimize edilmesidir. Ekonomik risk faktörlerinin minimize edilmesi beşinci amacı oluşturmaktadır.

Uygulama modelinde, her fabrika tüm farklı hammaddeleri istediği tedarikçilerden satın alabilmektedir ve aynı özellikteki hammaddeyi farklı tedarikçilerden temin etmesinde bir kısıt bulunmamaktadır. Bu şekilde fabrikaların hangi tedarikçi veya



tedarikçileri seçeceği belirlenmiştir. Uygulama modelinin çözümün için Bulanık Hedef Programlama modeli kullanılmıştır.

## 6.2. Problemden Kabul Edilen Faktörler

- Problemden bahsi geçen fabrikalar tek aynı firmanın çatısı altındadır ve ana hedefler bu firma içindir.
- Fabrikalar taleplerini aylık ve tonaj olarak belirlemektedirler.
- Tedarikçilerin hepsi farklı çeşit ürünleri temin edebilmektedir.
- Sipariş ve üretim kapasitelerinde bulanıklık yoktur ; fabrikaların üretim kapasiteleri, sipariş alt-üst sınırları sabittir.
- Satın alma maliyetleri Euro olarak belirlenmiştir.
- Birim tonaj maliyetler tüm masrafları ; işçilik, nakliye....vb kapsamaktadır.
- Fabrikalar tüm siparişlerini bir tane tedarikçiden karşılayabilmektedir.
- Fabrikaların aynı ürünü farklı tedarikçilerden temin etmesinde bir kısıt yoktur.

## 6.3. Kısıtlar, Parametreler ve Hedefler

### 6.3.1. Kısıtlar

Modelin kısıtları aşağıdaki verilmiştir;

1. Kısıt : Talep ve sipariş edilen miktar birbirlerini karşılamalıdır.
2. Kısıt : Müşteri sipariş alt sınırı, sipariş edilen hammadde miktarının altında olmamalıdır.
3. Kısıt : Müşteri sipariş üst sınır, sipariş edilen hammadde miktarının üstünde olmamalıdır.
4. Kısıt : Satın alınmak istenen sipariş edilen hammadde miktarı negatif olamaz.

### 6.3.2. Parametreler

Parametreler aşağıda verilmiştir.

- $i$  Müşteriler ( $i= 1, 2, 3$ ),
- $j$  Tedarikçiler ( $j=1, 2, 3, 4$ ),
- $k$  Ürünler ( $k=1, 2, 3$ )'dir.
  
- $a_{ijk}$  :  $i$  müşterisi tarafından  $j$  tedarikçisinden sipariş edilen  $k$  ürününün miktarı,
- $z_{ijk}$  :  $i$  müşterisi tarafından  $j$  tedarikçisinden sipariş edilen  $k$  ürününün birim sipariş değeri,
- $R_{ik}$  :  $i$  müşterisinin  $k$  ürününe olan talebi ,
- $K_{ijk}$  :  $i$  müşterisinin  $j$  tedarikçisinden aldığı ürünlerin reddedilme yüzdesi,
- $D_{ijk}$  :  $i$  müşterisinin  $j$  tedarikçisinden geç teslim aldığı ürünlerin yüzdesi,
- $T_{ij}$  : Tedarikçi esneklik risk performansı faktörü,
- $E_{ij}$  : Ekonomik risk faktörü,
- $h_{ik}^u$  :  $i$  müşterisinin  $k$  ürünü için sipariş miktarı üst sınırı,
- $h_{ik}^l$  :  $i$  müşterisinin  $k$  ürünü için sipariş miktarı alt sınırıdır.

### 6.3.3. Hedefler

Her üç fabrikanın da bağlı olduğu firmanın 5 tane hedefi vardır. Öncelik sıralarına göre bu hedefler:

1. Hedef toplam maliyetin minimize edilmesi,
2. Reddedilen parça yüzdesinin minimize edilmesi,
3. Tedarikçi esneklik risk faktörünün minimize edilmesi,
4. Geç teslimat yüzdesinin minimize edilmesi,
5. Ekonomik risk faktörünün minimize edilmesi'dir.

#### 6.4. BAHP ve Bulanık Hedef Programlama Modeli

Uygulama çalışmasında belirlediğimiz öncelik sıralamasına göre Doğrusal Çok Amaçlı Programlama için modeller oluşturulur ve eşitlikler (Denklem 6.10, 6.11, 6.12, 6.13, 6.14, 6.15, 6.16, 6.17, 6.18) aşağıda gösterilmiştir;

$$\text{Min } g_1(a_{ijk}) = \left( \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p z_{ijk} a_{ijk} \right) \quad (6.10)$$

$$\text{Min } g_2(a_{ijk}) = \left( \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p k_{ijk} a_{ijk} \right) \quad (6.11)$$

$$\text{Min } g_3(a_{ijk}) = \left( \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p d_{ijk} a_{ijk} \right) \quad (6.12)$$

$$\text{Min } g_4(a_{ijk}) = \left( \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p t_{ij} a_{ijk} \right) \quad (6.13)$$

$$\text{Min } g_5(a_{ijk}) = \left( \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p e_{ij} a_{ijk} \right) \quad (6.14)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ijk} \geq \sum_{i=1}^m R_{ik} \quad (k=1,2,3) \quad (6.15)$$

$$a_{ijk} \leq h_{ik}^u \quad \forall_{i,j,k} \quad (6.16)$$

$$a_{ijk} \geq h_{ik}^l \quad \forall_{i,j,k} \quad (6.17)$$

$$a_{ijk} \geq 0 \quad \forall_{i,j,k} \quad (6.18)$$

Modelin kısıtları, minimum ve maksimum sipariş miktarları kesin sayılarla ifade edilmiştir ancak modelin hedefleri belirsizdir ve objektif değildir. Bu nedenle model bulanıklaştırılmıştır. Hedefler, Öncelikli Hedef Programlamaya göre belirlenerek önem sıralarına göre problem çözümü sağlanmıştır, bu şekilde hedefler arasındaki denge korunarak, optimum sonuç elde edilmesi mümkün olmuştur.

Doğrusal Model oluşturulduktan sonra aşağıdaki Bulanık Hedef Programlama modelleri tanımlanmıştır.

$\sim$  sembolü bulanıklığı, “ $\alpha$ ” kabul edilen risk seviyesini ve  $\tilde{g}_l$  ilgili bulanık değişkenin üst sınırını ifade etmektedir. Bu model bilgisayar ortamında GAMS ( the General Algebraic Modelin System) yazılımı ile çözülmüştür.

Min  $\{\tilde{g}_1, \tilde{g}_2, \tilde{g}_3, \tilde{g}_4, \tilde{g}_5\}$  modelinin çözüm eşitlikleri aşağıda (Denklem 6.19, 6.20, 6.21, 6.22, 6.23, 6.24, 6.25, 6.26, 6.27) ile ifade edilmiştir;

$$\pi \left( \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \tilde{z}_{ijk} a_{ijk} \leq \tilde{g}_1 \right) \leq a_1 \quad (6.19)$$

$$\pi \left( \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \tilde{k}_{ijk} a_{ijk} \leq \tilde{g}_2 \right) \leq a_2 \quad (6.20)$$

$$\pi \left( \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \tilde{d}_{ijk} a_{ijk} \leq \tilde{g}_3 \right) \leq a_3 \quad (6.21)$$

$$\pi \left( \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \tilde{t}_{ij} a_{ijk} \leq \tilde{g}_4 \right) \leq a_4 \quad (6.22)$$

$$\pi \left( \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \tilde{e}_{ij} a_{ijk} \leq \tilde{g}_5 \right) \leq a_5 \quad (6.23)$$

$$\pi \left( \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ijk} \geq \sum_{i=1}^m R_{ik} \right) \leq a_6 \quad (k=1,2,3) \quad (6.24)$$

$$\pi \left( a_{ijk} \geq h_{ik}^l \right) \leq \alpha_7 \quad \forall_{i,j,k} \quad (6.25)$$

$$\pi \left( a_{ijk} \leq h_{ik}^u \right) \leq \alpha_8 \quad \forall_{i,j,k} \quad (6.26)$$

$$a_{ijk} \geq 0 \quad \forall_{i,j,k} \quad (6.27)$$

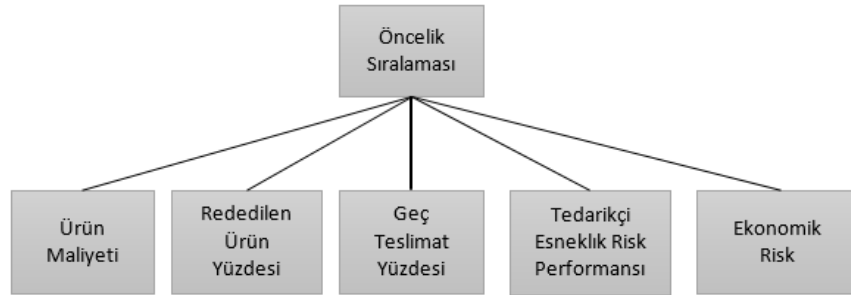
Modelin çözümü için, öncelikle belirlenen beş hedefin, BAHP’ye göre öncelik sıralaması belirlenmiştir. Sonrasında maliyet, geç teslimat ve red yüzdeler, tedarikçi esneklik performans risk faktörleri, ekonomik risk faktörü bulanık sayılarla

gösterilmiştir. Bu bulanık sayıların modele aktarılması için durulaştırılması sağlanarak ve en son haliyle GAMS'a aktarılarak çözüm elde edilmiştir.

#### 6.4.1. BAHP ile öncelik sıralaması

Uygulama problemin çözümü için, tedarikçi seçim kriterleri firmanın hedeflerine göre, uzman görüşleri ve tecrübeleri değerlendirilmiştir. Detaylı uzman görüşleri harmanlarak, bu 5 kriterin birbirlerine göre önemleri belirlenmesi ve sıralanması amaçlanmıştır.

Bu sıralama adımları Buckley (1985) BAHP yöntemine göre belirlenmiştir. İlk adım'da, AHP'nin ilk adımında olduğu gibi burada seçimler arasında ikili karşılaştırmalar yapılmıştır ve Tablo 6.4.'deki matris tablosu oluşturulmuştur. BAHP problemimiz iki seviyeli, basit bir hiyerarşik yapıdadır; ve Şekil 6.1'de gösterilmiştir.



Şekil 6.1. AHP tekniği.

Kriterlerin ikili karşılaştırma matrisini yapmak için, kriterler birbirleriyle kıyaslanmıştır. Kriterlerin birbirileri ile karşılaştırmalarını yapmak için tecrübeli uzman görüşleri alınmıştır ve ikili karşılaştırma matrisi Tablo 6.3.'de verilmiştir.

Değerlendirmede, hedeflerin öncelik sıralaması için, klasik AHP seçim skalasının, bulanık üçgensel sayılarla ifade edildiği veri Tablo 6.4.'de (Chan ve Kumar, 2007) gibi ifade edilmiştir. Bu değerler sabittir ve karar vericilerin kıyaslama yaparken kullanmış oldukları sözel ifadeyi karşılayan sayısal değerler kullanılmıştır.

Tablo 6.3. İkili karşılaştırma matrisi için veriler.

Z	Ürün Maliyeti
K	Red ÜrününYüzdesi
D	Geç Teslimat Yüzdesi
T	Tedarikçi Performansı Faktörü
E	Ekonomi Faktörü

Tablo 6.4. İkili karşılaştırma matrisi.

Gerçek Sayı	Önem Derecesi	Üçgensel Bulanık Sayı	Üçgensel Bulanık Sayıların Tersini
1	Eşit önemli	(1,1,1)	(1,1,1)
2	Zayıf	(1,2,3)	(1/3,1/2,1)
3	Orta derecede	(2,3,4)	(1/4,1/3,1/2)
4	Orta (+)	(3,4,5)	(1/5,1/4,1/3)
5	Kuvvetli	(4,5,6)	(1/6,1/5,1/4)
6	Kuvvetli (+)	(5,6,7)	(1/7,1/6,1/5)
7	Çok kuvvetli	(6,7,8)	(1/8,1/7,1/6)
8	Çok çok kuvvetli	(7,8,9)	(1/9,1/8,1/7)
9	Aşırı derecede	(8,9,9)	(1/9,1/9,1/8)

Sonrasında ikili karşılaştırma matrisleri için, sözel ifadelerin üçgensel sayısal olarak gösterildiği Tablo 6.5.'deki matris tablosu hazırlanmıştır.

Tablo 6.5. Üçgensel bulanık ikili karşılaştırma matrisi.

	Z	K	D	T	E
Z	(1,1,1)	(1,2,3)	(2,3,4)	(2,3,4)	(5,6,7)
K	(1/3), (1/2),(1)	(1,1,1)	(2,3,4)	(1,2,3)	(6,7,8)
D	(1/4),(1/3),(1/2)	(1/4),(1/3),(1/2)	(1,1,1)	(1,1,1)	(7,8,9)
T	(1/4),(1/3),(1/2)	(1/3), (1/2),(1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(7,8,9)
E	(1/7),(1/6),(1/5)	(1/8),(1/7),(1/6)	(1/9),(1/8),(1/7)	(1/9),(1/8),(1/7)	(1,1,1)

Sonrasında, her satırın, bulanık geometrik ortalaması aşağıdaki eşitliklerle (Denklem 6.28, 6.29, 6.30, 6.31, 6.32) ile hesaplanmıştır.

Z satırının bulanık geometrik ortalaması;

$$\tilde{r}_i = \left( \prod_{j=1}^n \tilde{d}_{ij} \right)^{1/n} = \left[ (1 * 1 * 2 * 2 * 5)^{\frac{1}{5}}; (1 * 2 * 3 * 3 * 6)^{\frac{1}{5}}; (1 * 3 * 4 * 4 * 7)^{\frac{1}{5}} \right]$$

$$= [1,82, 2,55, 3,20] \quad (6.28)$$

K satırının geometrik ortalaması;

$$\tilde{r}_i = \left( \prod_{j=1}^n \tilde{d}_{ij} \right)^{1/n} = \left[ \left( \frac{1}{3} \right) * 1 * 2 * 1 * 6 \right]^{\frac{1}{5}}; \left( \frac{1}{2} \right) * 1 * 3 * 2 * 7 \right]^{\frac{1}{5}}; \left( 1 * 1 * 4 * 3 * 8 \right)^{\frac{1}{5}} \right] = [1,31, 1,83, 2,49] \quad (6.29)$$

D satırının geometrik ortalaması;

$$\tilde{r}_i = \left( \prod_{j=1}^n \tilde{d}_{ij} \right)^{1/n} = \left[ \left( \frac{1}{4} \right) * \left( \frac{1}{4} \right) * 1 * 1 * 7 \right]^{\frac{1}{5}}; \left( \frac{1}{3} \right) * \left( \frac{1}{3} \right) * 1 * 1 * 8 \right]^{\frac{1}{5}}; \left( \frac{1}{2} \right) * \left( \frac{1}{2} \right) * 1 * 1 * 9 \right]^{\frac{1}{5}} \right] = [0,84, 0,97, 1,17] \quad (6.30)$$

T satırının geometrik ortalaması;

$$\tilde{r}_i = \left( \prod_{j=1}^n \tilde{d}_{ij} \right)^{1/n} = \left[ \left( \frac{1}{4} \right) * \left( \frac{1}{3} \right) * 1 * 1 * 7 \right]^{\frac{1}{5}}; \left( \frac{1}{3} \right) * \left( \frac{1}{2} \right) * 1 * 1 * 8 \right]^{\frac{1}{5}}; \left( \frac{1}{2} \right) * 1 * 1 * 1 * 9 \right]^{\frac{1}{5}} \right] = [0,89, 1,05, 1,35] \quad (6.31)$$

E satırının geometrik ortalaması;

$$\tilde{r}_i = \left( \prod_{j=1}^n \tilde{d}_{ij} \right)^{1/n} = \left[ \left( \frac{1}{7} \right) * \left( \frac{1}{8} \right) * \left( \frac{1}{9} \right) * \left( \frac{1}{9} \right) * 1 \right]^{\frac{1}{5}}; \left( \frac{1}{6} \right) * \left( \frac{1}{7} \right) * \left( \frac{1}{8} \right) * \left( \frac{1}{8} \right) * 1 \right]^{\frac{1}{5}}; \left( \frac{1}{5} \right) * \left( \frac{1}{6} \right) * \left( \frac{1}{7} \right) * \left( \frac{1}{7} \right) * 9 \right]^{\frac{1}{5}} \right] = [0,18, 0,20, 0,23] \quad (6.32)$$

Bulanık geometrik ortalamalar alındıktan sonra, en son matris tablosu aşağıdaki gibi oluşur;

Tablo 6.6. Bulanık geometrik ortalama matrisi.

	$\tilde{r}_1$	$\tilde{r}_2$	$\tilde{r}_3$
Z	1,82	2,55	3,2
K	1,31	1,83	2,49
D	0,84	0,97	1,17
T	0,89	1,05	1,35
E	0,18	0,2	0,23

Sonrasında, her satırın bulanık ortalama ağırlığı alınarak Tablo 6.7. oluşturulmuştur ve bu satırların bulanık ortalama ağırlığını hesaplamak için aşağıdaki eşitlikler (Denklem 6.33, 6.34, 6.35, 6.36, 6.37, 6.38, 6.39, 6.40, 6.41, 6.42) kullanılmıştır;

$$\tilde{w}_l = \tilde{r}_l \otimes (\tilde{r}_1 \oplus \tilde{r}_2 \oplus \dots \oplus \tilde{r}_n)^{-1} = (l_i, m_i, u_i) \quad (6.33)$$

$$\tilde{r}_1 = [1,82+1,31+0,84+0,89+0,18] = 5,04 \quad (6.34)$$

$$\tilde{r}_2 = [2,55+1,83+0,97+1,05+0,2] = 6,60 \quad (6.35)$$

$$\tilde{r}_3 = [3,2+2,49+1,17+1,35+0,23] = 8,44 \quad (6.36)$$

$$(\tilde{r}_1 \oplus \tilde{r}_2 \oplus \tilde{r}_3)^{-1} = \left( \frac{1}{8,44}, \frac{1}{6,60}, \frac{1}{5,04} \right) \quad (6.37)$$

Z satırı bulanık ortalama ağırlığı;

$$(1,82, 2,55, 3,20) \otimes \left( \frac{1}{8,44}, \frac{1}{6,60}, \frac{1}{5,04} \right) = (0,215, 0,386, 0,634) \quad (6.38)$$

K satırı bulanık ortalama ağırlığı;

$$(1,31, 1,83, 2,49) \otimes \left( \frac{1}{8,44}, \frac{1}{6,60}, \frac{1}{5,04} \right) = (0,155, 0,277, 0,494) \quad (6.39)$$

D satırı bulanık ortalama ağırlığı;



$$(0,84, 0,97, 1,17) \otimes \left(\frac{1}{8,44}, \frac{1}{6,60}, \frac{1}{5,04}\right) = (0,099, 0,146, 0,232) \quad (6.40)$$

T satırı bulanık ortalama ağırlığı;

$$(0,89, 1,05, 1,35) \otimes \left(\frac{1}{8,44}, \frac{1}{6,60}, \frac{1}{5,04}\right) = (0,105, 0,159, 0,267) \quad (6.41)$$

E satırı bulanık ortalama ağırlığı;

$$(0,18, 0,20, 0,23) \otimes \left(\frac{1}{8,44}, \frac{1}{6,60}, \frac{1}{5,04}\right) = (0,021, 0,030, 0,045) \quad (6.42)$$

Tablo 6.7. Bulanık ortalama ağırlık matrisi.

$\tilde{w}_i$	$l_i$	$m_i$	$u_i$
Z	0,215	0,386	0,634
K	0,155	0,277	0,494
D	0,099	0,146	0,232
T	0,105	0,159	0,267
E	0,021	0,03	0,045

Sonrasında, kriterlerin bulanık ortalama değerlerinin, bulanıklıktan durulaşma fazına geçmesi için aşağıdaki formül (Denklem 6.43) kullanılmıştır. Durulaşmış yeni matris verisi Tablo 6.8.'de gösterilmiştir.

$$D_i = \frac{(l_i + m_i + u_i)}{3} \quad (6.43)$$

$$Z \text{ satırının durulaşmış hali} = \frac{(0,215 + 0,386 + 0,634)}{3} = 0,412 \quad (6.44)$$

$$K \text{ satırının durulaşmış hali} = \frac{(0,155 + 0,277 + 0,494)}{3} = 0,309 \quad (6.45)$$

$$D \text{ satırının durulaşmış hali} = \frac{(0,099 + 0,146 + 0,232)}{3} = 0,159 \quad (6.46)$$

$$T \text{ satırının durulaşmış hali} = \frac{(0,105+0,159+0,267)}{3} = 0,177 \quad (6.47)$$

$$E \text{ satırının durulaşmış hali} = \frac{(0,021+0,03+0,045)}{3} = 0,032 \quad (6.48)$$

Tablo 6.8. Durulaşmış matris tablosu.

Z	0,412
K	0,309
D	0,159
T	0,177
E	0,032
Toplam	1,088

Bulanıklıktan kurtulan değerleri normalize ağırlık değerini hesaplamak için aşağıdaki formül (Denklem 6.49) kullanılmıştır.

$$N_i = \frac{D_i}{\sum_{i=1}^n D_i} \quad (6.49)$$

$$Z \text{ satırı normalize değeri için} = (0,412) \div 1,088 = 0,378 \quad (6.50)$$

$$K \text{ satırı normalize değeri için} = (0,309) \div 1,088 = 0,284 \quad (6.51)$$

$$D \text{ satırı normalize değeri için} = (0,159) \div 1,088 = 0,146 \quad (6.52)$$

$$T \text{ satırı normalize değeri için} = (0,177) \div 1,088 = 0,163 \quad (6.53)$$

$$E \text{ satırı normalize değeri için} = (0,032) \div 1,088 = 0,029 \quad (6.54)$$

Ve bu değerlere göre kriterlerin en son normalize olmuş matrisi Tablo 6.9.'da gösterilmiştir.

Tablo 6.9. Kriterlerin normalize değer matrisi.

Z ( Maliyet)	0,378
K ( Kalite )	0,284
D ( Geç Teslimat Yüzdesi)	0,146
T ( Tedarikçi Performansı)	0,163
E ( Ekonomi)	0,029
Toplam	1,000

Normalize edilen tablo sonucuna göre, kriterlerin öncelik sıralaması Tablo 6.10.'da gösterilmiştir.

Tablo 6.10. Kriterlerin öncelik sıralaması.

Öncelik Sırası
1 Maliyet = Alınana ürünlerin maliyetlerinin minimize edilmesi
2 Kalite= Red edilen hammadde yüzdesinin minimize edilmesi
3 Tedarikçi Performansı = Tedarikçilerin esneklik risk performansının minimize edilmesi
4 Geç Teslimat Yüzdesi= Alınan ürünlerin geç teslim olması yüzdesinin minimize edilmesi
5 Ekonomi = Ekonomik risk faktörünün minimize edilmesi

#### 6.4.2. Verilerin sayısal ifade edilmesi

Siparişlerin alt-üst miktarları sabit olduğundan dolayı, tablodaki veriler kesin sayılarla gösterilmiştir.

Tablo 6.11. Müşterilerin aylık ürün talepleri.

Müşteri/Ürün	Şeker Tozu (ton)	Kakao Tozu (ton)	Süt Tozu (ton)
Fransa Fabrikası	1800	300	900
Türkiye Fabrikası	1200	200	600
Almanya Fabrikası	600	100	300

Tablo 6.12. Müşterilerin sipariş miktarı alt sınırları.

Müşteri/Ürün	Şeker Tozu ( ton)	Kakao Tozu (ton)	Süt Tozu (ton)
Fransa Fabrikası	1800	300	900
Türkiye Fabrikası	1200	200	600
Almanya Fabrikası	600	100	300

Tablo 6.13. Müşterilerin sipariş miktarı üst sınırları.

Müşteri/Ürün	Şeker Tozu ( ton)	Kakao Tozu (ton)	Süt Tozu (ton)
Fransa Fabrikası	2500	500	1200
Türkiye Fabrikası	1600	400	850
Almanya Fabrikası	820	340	520

Bu bölümde göstereceğimiz birim ton maliyetleri, red yüzdeleri, geç teslimat yüzdeleri, tedarikçi esneklik risk faktörü, ekonomik faktörü verileri ise kesin olarak ifade edilemediği için üçgensel bulanık sayılarla  $\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3)$  verilmiştir.

Problemin çözümü için bilgisayar ortamında verilerin kesin sayılara dönüştürülmesi gerekir. Bunu sağlamak için bulanık sayıları “Ortalama En Büyük Üyelik ” yöntemi ile durulaştırılarak kesin sayılara dönüştürülmüştür.

Durulaştırmada  $\alpha$ -kesim değeri 0,6 olarak kabul edilip, üyelik değerleri bu  $\alpha$ -kesim’e göre yapılmıştır.

Hesaplanan üyelik fonksiyonlarının alt ve üst sınırları  $a_1^\alpha$  ve  $a_3^\alpha$  ile gösterilmiştir.  $a^*$  ise bulanık sayının kesin sayı olarak ifade edilmiş halidir.

Ortalama en büyük üyelik yönteminde;  $a^*$ : durulaştırılmış bulanık sayı ise, aşağıdaki eşitlik (Denklemler 6.55 ) ile hesaplanmıştır.

$$a^* = \frac{a_1^\alpha + a_3^\alpha}{2} \quad (6.55)$$

Tablo 6.14. Şeker tozu için maliyetlerin bulanık sayılarla gösterimi.

<i>alfa kesim değeri: 0,6</i>	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_{1\alpha}$	$a_{3\alpha}$	$a^*$
Fransa Fabrikası/Fransa Tedarikçisi	0,14	0,15	0,17	0,15	0,16	0,15
Türkiye Fabrikası/Fransa Tedarikçisi	0,15	0,15	0,17	0,15	0,16	0,15
Almanya Fabrikası/Fransa Tedarikçisi	0,15	0,15	0,17	0,15	0,16	0,15
Fransa Fabrikası/Almanya Tedarikçisi	0,16	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
Türkiye Fabrikası/Almanya Tedarikçisi	0,17	0,17	0,18	0,17	0,17	0,17
Almanya Fabrikası/Almanya Tedarikçisi	0,16	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
Fransa Fabrikası/Belçika Tedarikçisi	0,20	0,21	0,22	0,21	0,21	0,21

Tablo 6.14. ( Devamı).

<i>alfa kesim degeri: 0,6</i>	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>1a</sub>	a <sub>3a</sub>	a <sup>a</sup>
Türkiye Fabrikası/BelçikaTedarikçisi	0,21	0,22	0,22	0,21	0,22	0,22
Almanya Fabrikası/Belçika Tedarikçisi	0,21	0,22	0,22	0,21	0,22	0,21
Fransa Fabrikası/HollandaTedarikçisi	0,30	0,31	0,31	0,30	0,31	0,31
Türkiye Fabrikası/Hollanda Tedarikçisi	0,30	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31
Almanya Fabrikası/Hollanda Tedarikçisi	0,31	0,32	0,32	0,31	0,32	0,32

Tablo 6.15. Kakao tozu için maliyetlerin bulanık sayılarla gösterimi.

<i>alfa kesim degeri: 0,6</i>	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>1a</sub>	a <sub>3a</sub>	a <sup>a</sup>
Fransa Fabrikası/Fransa Tedarikçisi	14,12	14,45	15,04	14,32	14,69	14,50
Türkiye Fabrikası/Fransa Tedarikçisi	14,08	14,42	15,02	14,28	14,66	14,47
Almanya Fabrikası/Fransa Tedarikçisi	13,22	13,98	14,56	13,68	14,21	13,94
Fransa Fabrikası/Almanya Tedarikçisi	20,12	20,84	21,38	20,55	21,06	20,80
Türkiye Fabrikası/Almanya Tedarikçisi	20,07	20,86	21,43	20,54	21,09	20,82
Almanya Fabrikası/AlmanyaTedarikçisi	20,76	21,14	22,01	20,99	21,49	21,24
Fransa Fabrikası/BelçikaTedarikçisi	8,07	8,42	8,93	8,28	8,62	8,45
Türkiye Fabrikası/BelçikaTedarikçisi	8,12	8,50	8,70	8,35	8,58	8,46
Almanya Fabrikası/Belçika Tedarikçisi	8,15	8,48	8,90	8,35	8,65	8,50
Fransa Fabrikası/HollandaTedarikçisi	16,93	17,78	18,56	17,44	18,09	17,77
Türkiye Fabrikası/Hollanda Tedarikçisi	16,86	18,02	18,62	17,56	18,26	17,91
Almanya Fabrikası/Hollanda Tedarikçisi	17,03	18,46	18,93	17,89	18,65	18,27

Tablo 6.16. Süt tozu için maliyetlerin bulanık sayılarla gösterimi.

<i>alfa kesim degeri: 0,6</i>	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>1a</sub>	a <sub>3a</sub>	a <sup>a</sup>
Fransa Fabrikası/Fransa Tedarikçisi	2,02	2,08	2,14	2,06	2,10	2,08
Türkiye Fabrikası/Fransa Tedarikçisi	2,17	2,25	2,37	2,22	2,30	2,26
Almanya Fabrikası/Fransa Tedarikçisi	2,28	2,31	2,52	2,30	2,39	2,35
Fransa Fabrikası/Almanya Tedarikçisi	2,78	2,84	2,93	2,82	2,88	2,85
Türkiye Fabrikası/Almanya Tedarikçisi	2,92	3,10	3,15	3,03	3,12	3,07
Almanya Fabrikası/AlmanyaTedarikçisi	2,89	3,04	3,06	2,98	3,05	3,01
Fransa Fabrikası/BelçikaTedarikçisi	2,45	2,57	2,65	2,52	2,60	2,56
Türkiye Fabrikası/BelçikaTedarikçisi	2,54	2,67	3,04	2,62	2,82	2,72
Almanya Fabrikası/Belçika Tedarikçisi	2,52	2,61	2,80	2,57	2,69	2,63
Fransa Fabrikası/HollandaTedarikçisi	2,78	2,83	2,95	2,81	2,88	2,84

Tablo 6.16. ( Devamı).

<i>alfa kesim degeri: 0,6</i>	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>1a</sub>	a <sub>3a</sub>	a <sup>a</sup>
Türkiye Fabrikası/Hollanda Tedarikçisi	3,08	3,17	3,23	3,13	3,19	3,16
Almanya Fabrikası/Hollanda Tedarikçisi	3,01	3,14	3,21	3,09	3,17	3,13

Tablo 6.17. Şeker tozu için reddedilen yüzdelerin bulanık sayılarla gösterimi.

<i>alfa kesim degeri: 0,6</i>	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>1a</sub>	a <sub>3a</sub>	a <sup>a</sup>
Fransa Fabrikası/Fransa Tedarikçisi	0,052	0,058	0,062	0,056	0,060	0,058
Türkiye Fabrikası/Fransa Tedarikçisi	0,059	0,064	0,067	0,062	0,065	0,064
Almanya Fabrikası/Fransa Tedarikçisi	0,061	0,072	0,073	0,068	0,072	0,070
Fransa Fabrikası/Almanya Tedarikçisi	0,034	0,042	0,048	0,039	0,044	0,042
Türkiye Fabrikası/Almanya Tedarikçisi	0,037	0,047	0,052	0,043	0,049	0,046
Almanya Fabrikası/Almanya Tedarikçisi	0,052	0,062	0,067	0,058	0,064	0,061
Fransa Fabrikası/Belçika Tedarikçisi	0,023	0,028	0,031	0,026	0,029	0,028
Türkiye Fabrikası/Belçika Tedarikçisi	0,027	0,031	0,042	0,029	0,035	0,032
Almanya Fabrikası/Belçika Tedarikçisi	0,031	0,042	0,051	0,038	0,046	0,042
Fransa Fabrikası/Hollanda Tedarikçisi	0,046	0,049	0,052	0,048	0,050	0,049
Türkiye Fabrikası/Hollanda Tedarikçisi	0,052	0,059	0,063	0,056	0,061	0,058
Almanya Fabrikası/Hollanda Tedarikçisi	0,058	0,066	0,071	0,063	0,068	0,065

Tablo 6.18. Kakao tozu için reddedilen yüzdelerin bulanık sayılarla gösterimi.

<i>alfa kesim degeri: 0,6</i>	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>1a</sub>	a <sub>3a</sub>	a <sup>a</sup>
Fransa Fabrikası/Fransa Tedarikçisi	0,071	0,073	0,078	0,072	0,075	0,074
Türkiye Fabrikası/Fransa Tedarikçisi	0,076	0,081	0,085	0,079	0,083	0,081
Almanya Fabrikası/Fransa Tedarikçisi	0,078	0,081	0,088	0,080	0,084	0,082
Fransa Fabrikası/Almanya Tedarikçisi	0,022	0,025	0,023	0,024	0,024	0,024
Türkiye Fabrikası/Almanya Tedarikçisi	0,024	0,026	0,032	0,025	0,028	0,027
Almanya Fabrikası/Almanya Tedarikçisi	0,027	0,031	0,036	0,029	0,033	0,031
Fransa Fabrikası/Belçika Tedarikçisi	0,018	0,021	0,026	0,020	0,023	0,021
Türkiye Fabrikası/Belçika Tedarikçisi	0,022	0,028	0,034	0,026	0,030	0,028
Almanya Fabrikası/Belçika Tedarikçisi	0,033	0,037	0,040	0,035	0,038	0,037
Fransa Fabrikası/Hollanda Tedarikçisi	0,061	0,067	0,071	0,065	0,069	0,067
Türkiye Fabrikası/Hollanda Tedarikçisi	0,067	0,072	0,076	0,070	0,074	0,072
Almanya Fabrikası/Hollanda Tedarikçisi	0,073	0,077	0,080	0,075	0,078	0,077

Tablo 6.19. Süt tozu için reddedilen yüzdelerin bulanık sayılarla gösterimi.

<i>alfa kesim degeri: 0,6</i>	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_{1a}$	$a_{3a}$	$a^a$
Fransa Fabrikası/Fransa Tedarikçisi	0,068	0,073	0,082	0,071	0,077	0,074
Türkiye Fabrikası/Fransa Tedarikçisi	0,069	0,078	0,083	0,074	0,080	0,077
Almanya Fabrikası/Fransa Tedarikçisi	0,072	0,083	0,087	0,079	0,085	0,082
Fransa Fabrikası/Almanya Tedarikçisi	0,019	0,021	0,025	0,020	0,023	0,021
Türkiye Fabrikası/Almanya Tedarikçisi	0,024	0,026	0,032	0,025	0,028	0,027
Almanya Fabrikası/Almanya Tedarikçisi	0,025	0,029	0,035	0,027	0,031	0,029
Fransa Fabrikası/Belçika Tedarikçisi	0,018	0,021	0,031	0,020	0,025	0,022
Türkiye Fabrikası/Belçika Tedarikçisi	0,023	0,026	0,032	0,025	0,028	0,027
Almanya Fabrikası/Belçika Tedarikçisi	0,017	0,028	0,034	0,024	0,030	0,027
Fransa Fabrikası/Hollanda Tedarikçisi	0,013	0,016	0,019	0,015	0,017	0,016
Türkiye Fabrikası/Hollanda Tedarikçisi	0,018	0,021	0,026	0,020	0,023	0,021
Almanya Fabrikası/Hollanda Tedarikçisi	0,019	0,023	0,028	0,021	0,025	0,023

Tablo 6.20. Fransa tedarikçisi için tedarikçi esneklik risk performansı risk faktörlerinin bulanık sayılarla gösterimi.

<i>alfa kesim degeri: 0,6</i>	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_{1a}$	$a_{3a}$	$a^a$
Fransa Fabrikası	0,121	0,141	0,150	0,133	0,145	0,139
Türkiye Fabrikası	0,210	0,240	0,245	0,228	0,242	0,235
Almanya Fabrikası	0,160	0,180	0,250	0,172	0,208	0,190

Tablo 6.21. Almanya tedarikçisi için tedarikçi esneklik risk performansı risk faktörlerinin bulanık sayılarla gösterimi.

<i>alfa kesim degeri: 0,6</i>	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_{1a}$	$a_{3a}$	$a^a$
Fransa Fabrikası	0,140	0,160	0,180	0,152	0,168	0,160
Türkiye Fabrikası	0,170	0,210	0,250	0,194	0,226	0,210
Almanya Fabrikası	0,180	0,220	0,260	0,204	0,236	0,220

Tablo 6.22. Belçika tedarikçisi için tedarikçi esneklik risk performansı risk faktörlerinin bulanık sayılarla gösterimi.

<i>alfa kesim degeri: 0,6</i>	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_{1a}$	$a_{3a}$	$a^a$
Fransa Fabrikası	0,212	0,219	0,225	0,216	0,221	0,219
Türkiye Fabrikası	0,203	0,211	0,219	0,208	0,214	0,211
Almanya Fabrikası	0,223	0,231	0,235	0,228	0,233	0,230

Tablo 6.23. Hollanda tedarikçisi için tedarikçi esneklik risk performansı risk faktörlerinin bulanık sayılarla gösterimi.

<i>alfa kesim degeri: 0,6</i>	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_{1a}$	$a_{3a}$	$a^a$
Fransa Fabrikası	0,216	0,221	0,224	0,219	0,222	0,221
Türkiye Fabrikası	0,222	0,231	0,236	0,227	0,233	0,230
Almanya Fabrikası	0,237	0,245	0,254	0,242	0,249	0,245

Tablo 6.24. Şeker tozu için geç teslimat yüzdelerinin bulanık sayılarla gösterimi.

<i>alfa kesim degeri: 0,6</i>	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_{1a}$	$a_{3a}$	$a^a$
Fransa Fabrikası/Fransa Tedarikçisi	0,013	0,018	0,020	0,016	0,019	0,017
Türkiye Fabrikası/Fransa Tedarikçisi	0,028	0,034	0,041	0,032	0,037	0,034
Almanya Fabrikası/Fransa Tedarikçisi	0,017	0,022	0,029	0,020	0,025	0,022
Fransa Fabrikası/Almanya Tedarikçisi	0,017	0,019	0,021	0,018	0,020	0,019
Türkiye Fabrikası/Almanya Tedarikçisi	0,034	0,042	0,051	0,039	0,046	0,042
Almanya Fabrikası/Almanya Tedarikçisi	0,010	0,015	0,017	0,013	0,016	0,014
Fransa Fabrikası/Belçika Tedarikçisi	0,014	0,018	0,020	0,016	0,019	0,018
Türkiye Fabrikası/Belçika Tedarikçisi	0,028	0,031	0,038	0,030	0,034	0,032
Almanya Fabrikası/Belçika Tedarikçisi	0,024	0,028	0,031	0,026	0,029	0,028
Fransa Fabrikası/Hollanda Tedarikçisi	0,023	0,030	0,036	0,027	0,032	0,030
Türkiye Fabrikası/Hollanda Tedarikçisi	0,024	0,031	0,031	0,028	0,031	0,030
Almanya Fabrikası/Hollanda Tedarikçisi	0,019	0,029	0,039	0,025	0,033	0,029

Tablo 6.25. Kakao tozu için geç teslimat yüzdelerinin bulanık sayılarla gösterimi.

<i>alfa kesim degeri: 0,6</i>	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_{1a}$	$a_{3a}$	$a^a$
Fransa Fabrikası/Fransa Tedarikçisi	0,071	0,073	0,078	0,072	0,075	0,074
Türkiye Fabrikası/Fransa Tedarikçisi	0,076	0,081	0,085	0,079	0,083	0,081
Almanya Fabrikası/Fransa Tedarikçisi	0,078	0,081	0,088	0,080	0,084	0,082
Fransa Fabrikası/Almanya Tedarikçisi	0,022	0,025	0,023	0,024	0,024	0,024
Türkiye Fabrikası/Almanya Tedarikçisi	0,024	0,026	0,032	0,025	0,028	0,027
Almanya Fabrikası/Almanya Tedarikçisi	0,027	0,031	0,036	0,029	0,033	0,031
Fransa Fabrikası/Belçika Tedarikçisi	0,018	0,021	0,026	0,020	0,023	0,021
Türkiye Fabrikası/Belçika Tedarikçisi	0,022	0,028	0,034	0,026	0,030	0,028
Almanya Fabrikası/Belçika Tedarikçisi	0,033	0,037	0,040	0,035	0,038	0,037
Fransa Fabrikası/Hollanda Tedarikçisi	0,061	0,067	0,071	0,065	0,069	0,067
Türkiye Fabrikası/Hollanda Tedarikçisi	0,067	0,072	0,076	0,070	0,074	0,072
Almanya Fabrikası/Hollanda Tedarikçisi	0,073	0,077	0,080	0,075	0,078	0,077



Tablo 6.26. Süt tozu için geç teslimat yüzdelerinin bulanık sayılarla gösterimi.

<i>alfa kesim degeri: 0,6</i>	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>1a</sub>	a <sub>3a</sub>	a <sup>a</sup>
Fransa Fabrikası/Fransa Tedarikçisi	0,032	0,035	0,038	0,034	0,036	0,035
Türkiye Fabrikası/Fransa Tedarikçisi	0,041	0,046	0,051	0,044	0,048	0,046
Almanya Fabrikası/Fransa Tedarikçisi	0,034	0,042	0,047	0,039	0,044	0,041
Fransa Fabrikası/Almanya Tedarikçisi	0,038	0,044	0,052	0,042	0,047	0,044
Türkiye Fabrikası/Almanya Tedarikçisi	0,062	0,064	0,067	0,063	0,065	0,064
Almanya Fabrikası/Almanya Tedarikçisi	0,030	0,035	0,039	0,033	0,037	0,035
Fransa Fabrikası/Belçika Tedarikçisi	0,019	0,022	0,034	0,021	0,027	0,024
Türkiye Fabrikası/Belçika Tedarikçisi	0,025	0,028	0,036	0,027	0,031	0,029
Almanya Fabrikası/Belçika Tedarikçisi	0,019	0,031	0,035	0,026	0,033	0,029
Fransa Fabrikası/Hollanda Tedarikçisi	0,014	0,018	0,021	0,016	0,019	0,018
Türkiye Fabrikası/Hollanda Tedarikçisi	0,017	0,023	0,037	0,021	0,029	0,025
Almanya Fabrikası/Hollanda Tedarikçisi	0,021	0,024	0,027	0,023	0,025	0,024

Tablo 6.27. Fransa tedarikçisi için ekonomik risk faktörlerinin bulanık sayılarla gösterimi.

<i>alfa kesim degeri: 0,6</i>	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>1a</sub>	a <sub>3a</sub>	a <sup>a</sup>
Fransa Fabrikası	0,080	0,090	0,101	0,086	0,094	0,090
Türkiye Fabrikası	0,115	0,128	0,150	0,123	0,137	0,130
Almanya Fabrikası	0,090	0,110	0,123	0,102	0,115	0,109

Tablo 6.28. Hollanda tedarikçisi için ekonomik risk faktörlerinin bulanık sayılarla gösterimi.

<i>alfa kesim degeri: 0,6</i>	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>1a</sub>	a <sub>3a</sub>	a <sup>a</sup>
Fransa Fabrikası	0,213	0,218	0,221	0,216	0,219	0,218
Türkiye Fabrikası	0,219	0,228	0,232	0,224	0,230	0,227
Almanya Fabrikası	0,234	0,241	0,252	0,238	0,245	0,242

Tablo 6.29. Belçika tedarikçisi için ekonomik çevre faktörlerinin bulanık sayılarla gösterimi.

<i>alfa kesim degeri: 0,6</i>	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>1a</sub>	a <sub>3a</sub>	a <sup>a</sup>
Fransa Fabrikası	0,106	0,113	0,119	0,110	0,115	0,113
Türkiye Fabrikası	0,100	0,105	0,112	0,103	0,108	0,105
Almanya Fabrikası	0,095	0,104	0,114	0,100	0,108	0,104

Tablo 6.30. Almanya tedarikçisi için ekonomik risk faktörlerinin bulanık sayılarla gösterimi.

<i>alfa kesim degeri: 0,6</i>	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>1a</sub>	a <sub>3a</sub>	a <sup>a</sup>
Fransa Fabrikası	0,112	0,116	0,123	0,114	0,119	0,117
Türkiye Fabrikası	0,124	0,128	0,130	0,126	0,129	0,128
Almanya Fabrikası	0,092	0,095	0,098	0,094	0,096	0,095

Tablo 6.31. Çok amaçlı tedarikçi seçimi problemimin hedefleri.

HEDEFLER	
Hammadde maliyeti ( euro)	200000
Reddedilen hammadde yüzdesi %	0,05
Tedarikçilerin esneklik risk performansı faktörü ( 0-1 )	0,02
Geç teslimat yüzdesi %	0,035
Ekonomi risk faktörü (0-1)	0,19

### 6.4.3. Modelin Gams yazılımında uygulanması

Modelin uygulanması aşağıdaki adımlarla gösterilmiştir;

- sets
- i musteriler / fransafab, turkiyefab, almanyafab /
- j tedarikçiler / fransated, almanyated, belcikated, hollandated /
- k urunler / seker\_tozu, kakao\_tozu, sut\_tozu / ;
- table
- U(i,k) Musterilerin talepleri
  - seker\_tozu kakao\_tozu sut\_tozu
- fransafab      1800      300      900
- turkiyefab      1200      200      600
- almanyafab      600      100      300 ;
- table
- C(i,j,k) KG basi maliyetler
  - seker\_tozu kakao\_tozu sut\_tozu
- fransafab. fransated      0,15      14,50      2,08
- turkiyefab. fransated      0,15      14,47      2,26
- almanyafab. fransated      0,15      13,94      2,35
- fransafab. almanyated      0,17      20,80      2,85
- turkiyefab. almanyated      0,17      20,82      3,07
- almanyafab. almanyated      0,17      21,24      3,01
- fransafab. belcikated      0,21      8,45      2,56
- turkiyefab. belcikated      0,22      8,46      2,72
- almanyafab. belcikated      0,21      8,50      2,63

-	fransafab. hollandated	0,31	17,77	2,84	
-	turkiyefab. hollandated	0,31	17,91	3,16	
-	almanyafab. hollandated	0,32	18,27	3,13	
-	table				
-	B(i.j.k) Reddedilen Hammadde Yuzdeleri				
	- seker_tozu kakao_tozu sut_tozu				
-	fransafab. fransated	0,058	0,074	0,074	
-	turkiyefab. fransated	0,064	0,081	0,077	
-	almanyafab. fransated	0,070	0,082	0,082	
-	fransafab. almanyated	0,042	0,024	0,021	
-	turkiyefab. almanyated	0,046	0,027	0,027	
-	almanyafab. almanyated	0,061	0,031	0,029	
-	fransafab. belcikated	0,028	0,021	0,022	
-	turkiyefab. belcikated	0,032	0,028	0,027	
-	almanyafab. belcikated	0,042	0,037	0,027	
-	fransafab. hollandated	0,049	0,067	0,016	
-	turkiyefab. hollandated	0,058	0,072	0,021	
-	almanyafab. hollandated	0,065	0,077	0,023	
-	table				
-	R(i.j) Tedarikci Esneklik Risk Performansi Faktorleri				
	- fransated almanyated belcikated hollandated				
-	fransafab	0,139	0,160	0,219	0,221
-	turkiyefab	0,235	0,210	0,211	0,230
-	almanyafab	0,190	0,220	0,230	0,245 ;
-	table				
-	SF(i.j.k) Gec Teslimat yuzdeleri				
	- seker_tozu kakao_tozu sut_tozu				
-	fransafab. fransated	0,017	0,074	0,035	
-	turkiyefab. fransated	0,034	0,081	0,046	
-	almanyafab. fransated	0,022	0,082	0,041	
-	fransafab. almanyated	0,019	0,024	0,044	
-	turkiyefab. almanyated	0,042	0,027	0,064	

- almanyafab. almanyated 0,014 0,031 0,035
- fransafab. belcikated 0,018 0,021 0,024
- turkiyefab. belcikated 0,032 0,028 0,029
- almanyafab. belcikated 0,028 0,037 0,029
- fransafab. hollandated 0,030 0,067 0,018
- turkiyefab. hollandated 0,030 0,072 0,025
- almanyafab. hollandated 0,029 0,077 0,024
- table
- F(i.j) Ekonomik Risk Faktorleri
  - fransated almanyated belcikated hollandated
  - fransafab 0,090 0,117 0,113 0,218
  - turkiyefab 0,130 0,128 0,105 0,227
  - almanyafab 0,109 0,095 0,104 0,242 ;
- table
- Qmaks(i.k) Musterilerin Urunler Icin Siparis Miktari Ust Sinirlari
  - seker\_tozu kakao\_tozu sut\_tozu
  - fransafab 2500 500 1200
  - turkiyefab 1800 400 850
  - almanyafab 820 340 520 ;
- table
- Qmini(i.k) Musterilerin Urunler Icin Siparis Miktari Alt Sinirlari
  - seker\_tozu kakao\_tozu sut\_tozu
  - fransafab 1800 300 900
  - turkiyefab 1200 200 600
  - almanyafab 600 100 300 ;
- table
- data(\*.\*) Arzulanan Hedef Degerler
  - hedef\_veri
  - maliyet 200000
  - red 0,50
  - ted\_performans 0,02
  - gec\_teslimat 0,03

- ekonomi 0,210;
- variables
- x(i.j.k) Siparis Miktarı ;
- Positive variable
- x ;
- set hedefler
- / maliyet. red. ted\_performans. gec\_teslimat. ekonomi / ;
- positive variables
- dmin(hedefler) 'negatif sapma'
- dplus(hedefler) 'pozitif sapma'
- equations
- maliyet\_amac toplam hammadde maliyetinin minimizasyonu
- red\_amac reddedilen hammadde yuzdesinin minimizasyonu
- ted\_performans amac tedarikcilerin performans riskinin minimizasyonu
- gec\_teslimat\_amac gec teslimat yuzdesinin minimizasyonu
- ekonomi\_amac ekonomik risk faktorlerinin minimizasyonu
- Qmaksis(i.k)
- Qminis(i.k)
- talep(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\_veri') ;
- red\_amac .. sum((i.j.k). B(i.j.k)\*x(i.j.k)) + dmin('red') - dplus('red') =e=
- data('red'. 'hedef\_veri') ;
- ted\_performans\_amac .. sum((i.j.k). R(i.j.k)\*x(i.j.k)) + dmin('ted\_performans') - dplus('ted\_performans')
- =e= data('ted\_performans'. 'hedef\_veri') ;
- gec\_teslimat\_amac .. sum((i.j.k). SF(i.j.k)\*x(i.j.k)) + dmin('gec\_teslimat') - dplus('gec\_teslimat') =e=
- data('gec\_teslimat'. 'hedef\_veri') ;

```

- ekonomi_amac .. sum((i,j,k). F(i,j)*x(i,j,k)) + dmin('ekonomi') -
  dplus('ekonomi')
- == data('ekonomi'. 'hedef_veri') ;
- talep (k).. sum((i,j). x(i,j,k)) =g= sum ((i). U(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
- red
- ted_performans
- gec_teslimat
- ekonomi /;
- set goalmin(hedefler)
- / ted_performans / ;
- parameter pplus(hedefler). pmin(hedefler) ;
- variables obj ;
- equation amac ;
- amac.. obj == sum(hedefler).
  pmin(hedefler)*dmin(hedefler)+pplus(hedefler)*dplus(hedefler)) ;
- parameter preempt(hedefler)
- / maliyet 1
- red 2
- ted_performans 3
- gec_teslimat 4
- ekonomi 5 /;
- model tedsecimi /all/;
- option limrow=20 ;
- option limcol=10 ;
- alias(hedefler.g.g1) ;
- scalar preempt_level /1/ ;
- loop(g1).

```

```

- loop(g$(preempt(g) = preempt_level).
- pmin(hedefler) = 0 ;
- pplus(goalplus(g)) = 1 ;
- solve tedsecimi using lp minimizing obj ;
- abort$(tedsecimi.modelstat <> 1) "Model not solved to optimality" ;
- 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
- Problem Çözümünün Elde Edilmesi:
- fransafab .fransated .seker_tozu      0,00
- fransafab .fransated .kakao_tozu     0,00
- fransafab .fransated .sut_tozu       0,00
- fransafab .almanyated .seker_tozu    0,00
- fransafab .almanyated .kakao_tozu    0,00

```

- fransafab .almanyated .sut_tozu	0,00
- fransafab .belcikated .seker_tozu	1800,0000
- fransafab .belcikated .kakao_tozu	300,0000
- fransafab .belcikated .sut_tozu	0,00
- fransafab .hollandated.seker_tozu	0,00
- fransafab .hollandated.kakao_tozu	0,00
- fransafab .hollandated.sut_tozu	900,0000
- turkiyefab.fransated .seker_tozu	0,00
- turkiyefab.fransated .kakao_tozu	0,00
- turkiyefab.fransated .sut_tozu	0,00
- turkiyefab.almanyated .seker_tozu	0,00
- turkiyefab.almanyated .kakao_tozu	200,0000
- turkiyefab.almanyated .sut_tozu	0,00
- turkiyefab.belcikated .seker_tozu	1200,0000
- turkiyefab.belcikated .kakao_tozu	0,00
- turkiyefab.belcikated .sut_tozu	0,00
- turkiyefab.hollandated.seker_tozu	0,00
- turkiyefab.hollandated.kakao_tozu	0,00
- turkiyefab.hollandated.sut_tozu	600,0000
- almanyafab.fransated .seker_tozu	0,00
- almanyafab.fransated .kakao_tozu	0,00
- almanyafab.fransated .sut_tozu	0,00
- almanyafab.almanyated .seker_tozu	0,00
- almanyafab.almanyated .kakao_tozu	100,0000
- almanyafab.almanyated .sut_tozu	0,00
- almanyafab.belcikated .seker_tozu	600,0000
- almanyafab.belcikated .kakao_tozu	0,00
- almanyafab.belcikated .sut_tozu	0,00
- almanyafab.hollandated.seker_tozu	0,00
- almanyafab.hollandated.kakao_tozu	0,00
- almanyafab.hollandated.sut_tozu	300,0000



## BÖLÜM 7. SONUÇLAR

Tedarikçi seçimleri, tüm üretim veya proses süreçlerinin doğru ve verimli ilerleyebilmesi ve Tedarik Zincirinin doğru çalışabilmesi için oldukça kritiktir. Yanlış bir tedarikçi seçimi tüm süreçlerin aksamasına sebep olabilmektedir. Doğru tedarikçiyi seçebilmek için amaçlanan hedeflerin, kısıtların, kriterlerin çok iyi analiz edilmesi gerekmektedir. Bunlarla beraber diğer önemli bir husus da gerçek hayattaki belirsizliklerin bu problem çözümlerine dahil ederek, daha gerçekçi sonuçları elde etmektir.

Kriterleri, amaçları ve bunların arasındaki ilişkileri belirlerken, uzmanların tecrübelerini almak, gerçek hayattaki problemlerin yani belirsizliklerin kağıt üzerine daha iyi aktarılmasını sağlar.

Çok Amaçlı Karar Verme problemlerinin çözümü için literatürde geliştirilmiş çok sayıda yöntem vardır bunlardan birisi de Hedef Programlamadır. Önermiş olduğumuz bu yaklaşımda, Bulanık Mantık ve Hedef Programlamanın birleşiminden oluşan Bulanık Hedef Programlama tekniği esas alınmıştır. Bu şekilde firmanın hedeflerinin doğrultusunda daha önem vermiş olduğu kriterlere göre amaç fonksiyonu hesaplanarak, daha tatmin edici sonuç alınmasını sağlanmıştır.

Uygulama problemine göre, firmanın hedeflerini belirleyebilmek için uzman görüşlerinin detaylı geribildirimleri alınarak ve literatürdeki bilgiler incelenerek beş temel ana hedef belirlenmiştir. Öncelikli amaçlara ulaşmak için, belirlenen bu hedeflerin kendi içerisindeki önem derecelerini doğru belirlemek oldukça kritiktir. Bundan dolayı kriterleri belirlemek için en çok kullanılan yöntemlerden biri olan BAHF tekniği uygulanıp, öncelik sıralanması oluşturulmuştur. Öncelik sıralaması belli olan hedefler bulanıklaştırılarak, Bulanık Hedef Programlama modeli ile çözülmüştür.

Çözüm sonucunda tüm hedeflerin önem sıralamasına göre, hangi fabrikanın hangi tedarikçiden ne kadar ürün alacağı, GAMS isimli yazılım kullanılarak çözülmüştür.

Sonuçları detaylı incelediğimiz zaman, Fransa fabrikasının şeker ve kakao tozunun yüzde yüzünü Belçika tedarikçisinden elde ettiğini, süt tozunun yüzde yüzünü ise Hollanda tedarikçisinden elde ettiği gözlemlenmiştir. Türkiye fabrikası ise kakao tozunun tamamını Almanya tedarikçisinden, şeker tozunun tamamını Belçika tedarikçisinden ve süt tozunun tamamını ise Hollanda tedarikçisinden seçmiştir. Almanya fabrikası kakao ihtiyacının tamamını Almanya tedarikçisinden, şeker tozu ihtiyacını Belçika tedarikçisinden ve süt tozunun tamamını ise Belçika tedarikçisinden seçmiştir. Fransa tedarikçisi hiçbir fabrika tarafından seçilmemiştir.

Diğer hedef kısıtlarını sabit tutup, toplam maliyeti artırdığımız zaman (5000000 euro) sonuçların aynı kaldığı gözlemlenmiştir.

Diğer hedef kısıtlarını sabit tutup, maliyeti düşürdüğümüz zaman ( 1000 euro), Fransa fabrikasının süt tozunu Fransa tedarikçisinden temin ettiği gözlemlenmiştir. Türkiye fabrikasının, kakao tozunu Belçika tedarikçisinden temin ettiğini, süt tozunu ise %50'sini Fransa tedarikçisinden, %50'sini ise Belçika tedarikçisinden elde ettiği gözlemlenmiştir. Almanya fabrikasının ise tüm hammaddeleri Belçika tedarikçisinden temin ettiği gözlemlenmiştir. Hammadde red yüzdesi, geç teslimat yüzdesi, tedarikçi performansı ve ekonomik parametreler ayrı ayrı değiştirildiğinde (diğer kısıtlar sabit tutularak) sonucun değişmediği gözlemlenmiştir.

Çalışmanın sonucunda hedeflerdeki değişikliklerin, sonuçları etkileyip etkilemediği gözlemlenmiştir. Örneğin toplam maliyet hedefi artırıldığı zaman bunun tedarikçi seçiminde etkisi olmadığı gözlemlenmiştir. Ancak tam tersi maliyet hedefi düşürüldüğü zaman, bazı tedarikçilerde maliyeti daha az, kalitesi diğerlerine göre nisbeten daha düşük olan tedarikçi seçim değişikliği gözlemlenmiştir. BAHP tarafından belirlenip daha alt sıralarda olan kriterlerde yapılan değişikliklerin ana çıktıyı çok etkilemediği gözlemlenmiştir. Kullanmış olduğumuz Bulanık Hedef

Proglamlamada,  $\alpha$  kesim değerleri ( $\alpha=0,6$ ) de sonucu etkilemiştir. Farklı  $\alpha$  değerleri içinde problemin çözümlünde farklılıklar görülecektir.

İlerleyen çalışmalarda, kriterlerin artırılması, müşterielerin sayısı, ürün çeşitliliği ve tedarikçi sayılarının farklı kombinasyonlarıyla uygulama çalışmaları yapılabilir. Belirlenen kriterlerin sıralamaları farklı metodlar kullanılarak ve farklı  $\alpha$  kesim yöntemleriyle çözümlere gidilebilir.



## KAYNAKLAR

- Amid, A. Ghodsypour, S. H., 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., 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.
- Andraski, J. C. 1998. Leadership and the Realization of Supply Chain Collaboration. *Journal of Business Logistics*, Oak Brook., Vol 19., No 2., s., 9-20.
- Anonim, 2013. <http://farabi.selcuk.edu.tr/egitim/>, Erişim Tarihi: 04.05.2013.
- Araz, C. 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.
- Ardalı, Z. 2020. Bulanık AHP ve Bulanık Aksiyonomatik Tasarım ile Yeşil Tedarikçi Seçimi. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Ayyıldız, G. 2003. CIM Yatırımlarının Bulanık AHP Yöntemi İle Değerlendirilmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Baray, A., Sakir, E. 2000. Yöneylem Arastırması (Hamdy, A. Taha. *Operation Research An Introduction 6. Basımdan Çeviri*). Literatür Yayınları, Birinci Baskı.
- Barbarosoğlu, G., Yazgaç, T. 1997. An Application of the Analytic Hierarchy Process to the Supplier Selection Problem. *Production and Inventory Management Journal*, 14-21.
- Başaran, S., Çakır, S. 2020. Bulanık TODIM Yöntemiyle Gıda Sektöründe Tedarikçi Seçimi. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 28: 65-68.
- Baykal, N., Beyan, T. 2004. Bulanık Mantık İlke ve Temelleri. Bıçaklar Kitapevi, Ankara, 413.
- Buckley, J.J. 1985. Fuzzy Hierarchical Analysis. *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 17., 233- 247.
- Budnick, F. S., Mcleavy, D., Mojeno, R. 1988. *Principles of Operations Research for Management*. Second Edition, Illinois, Irwin.
- Buffa, F.P., Jackson, W. M. 1983. A goal programming model for purchase planning. *Journal of Purchasing and Materials Management*, Fall: 27-34.

- Büyüközkan, G., Göçer, F. ve Karabulut, Y. 2019. A New Group Decision Making Approach with IF AHP and IF VIKOR for Selecting Hazardous Waste Carriers. *Measurement*, 134, 66-82
- Cebeci, U., Kilinç, M. S. 2008. Hastane Yeri seçiminde Analitik Hiyerarşi yöntemi Uygulanması. İstanbul Teknik Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, T.Y.
- Cengiz, T., Çelem, H. 2003. Kırsal Kalkınmada Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) Yönteminin Kullanımı. *Kafkas Üniversitesi Artvin Orman Fakültesi Dergisi*, 4. Cilt, 144-153.
- 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.
- Chan, F. T. S., Kumar, N. 2007. Global supplier development considering risk factors using fuzzy extended AHP based approach. *Omega*, 35 (4): 417-431.
- Chang, C-W. 2008. Evaluating and Controlling Silicon Wafer Slicing Quality using Fuzzy Analytic Hierarchy and Sensitivity Analysis. *International Journal Adv. Manuf. Technol.*, 36. 322-333.
- Chang, Ni-Bin., S. F., Wang, 1997. A Fuzzy Goal Programming Approach for the Optimal Planning of Metropolitan Solid Waste Management System. *European Journal of Operation Research* 99, 303-321.
- Chang, P. T. 1997. Fuzzy Seasonality Forecasting. *Fuzzy Sets and Systems*, 90(1): 1-10.
- Chang, S.L., Wang, R. C., 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.
- Chen, C. T., Lin, C. T., 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.
- Cho, S. I., Kim, N. H. 1999. Autonomous Speed Sprayer Guidance Using Machine Vision and Fuzzy Logic. *Transactions of The Asae*, 42(4): 1137–1143.
- Chopra, S., Meindl, P. 2001. *Supply Chain Management: Strategy Planning and Operation*. Prentice Hall, New Jersey.
- Christopher, M. 1998. *Logistics and Supply Chain Management: Strategies for Reducing Cost and Improving Service*. Prentice Hall Financial Times, England.
- Cinemre, N. 2011. *Doğrusal programlama*. İkinci Baskı, Evrim Yayınevi, İstanbul.
- Cinemre, N. 2004. *Yöneylem Arastırması*. İkinci Baskı, Beta yayınları, İstanbul.
- Coello, C. A. C., Lamont, G. B., Veldhuizen, D. A. V. 2007. *Evolutionary Algorithms for Solving Multi-Objective Problems*. Springer Science+Business Media, New York.
- Coupland, S. 2009. *Fuzzy Logic in the Real World*. De Montfort University, Leicester.

- Csutora, R., Buckley, J. J. 2001. Fuzzy Hierarchical Analysis: The Lambda-Max Method. *Fuzzy Sets and Systems*, 181-195.
- Çebi. F. ve Bayraktar. D. 2003. "An Integrated Approach for Supplier Selection". *Logistics Information Management*, 16(6): 395-400.
- Çitli, N. 2006. Bulanık Çok Kriterli Karar Verme. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Dağdeviren, M., 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.
- Dereli, T. 2000. Toplam kalite yönetimi ışığında yapay zekanın endüstriyel problemlerin çözümünde kullanımı semineri. Gaziantep Üniversitesi.
- Dubois, D., Prade, H. 2000. *Fundamentals of Fuzzy Sets*. Kluwer Academic Publishers, Massachusetts.
- Eraslan, E., Algün, O. 2005. İdeal Performans Değerlendirme Formu Tasarımında Analitik Hiyerarşi Yöntemi Yaklaşımı. *Gazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 20(1): 95-106.
- Erol, V., Basligil, H. 2005. Analytic Hierarchy Process and Artificial Neural Networks Model for Management Information Systems Software selection In Companies. *Journal of Engineering and Natural sciences*, 4. Cilt, 107-120.
- Famuyiwa, O., Monplaisir, L., 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.
- Kafalı, M., Özkök, M., Çebi, S. 2014. Evaluation of Pipe Cutting Technologies in Shipbuilding. *Brodogradnja*, Vol. 65., No. 2., pp. 33-48.
- Koç, N., Tosun, N. 2019. Bulanık AHP ve Bulanık WASPAS Yöntemleri ile Ürün Seçimi. 3. Pazarlam İçgörüsü Üzerine Çalışmalar, 3. Cilt, Sayı 2., s. 25-34.
- Göksu, A. 2008. BAHPK Proses ve Üniversite Tercih Sıralamasında Uygulanması. Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Güneş, M., 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., İşler, D. 2005. Analitik Hiyerarşi Yaklaşımı ile Otomobil seçimi. *ZKÜ Sosyal Bilimler Dergisi*, 1. Cilt, Sayı 2., s.21-33.
- Hacimenni, E. 1998. Analitik Hiyerarşi Süreci ve Bilişim Teknolojisi Kararlarında Uygulanması. Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ekonometri Anabilim Dalı, Doktora Tezi.

- Harris, J. 1998. Raw Milk Grading Using Fuzzy Logic. *Int J Dairy Technol*, 51(2): 52-56.
- Hugos, M. 2006. *Essentials of Supply Chain Management*. John Wiley & Sons, New Jersey.
- Jean-Marc, M., Belaid, A. 1998. Diverse İmprecise Goal Programming Model Formulations. *Journal Of Global Optimization*, V12, s. 130.
- Jones, D. F., Mirrazavi, S. K., Tamiz, M. 2002. Multi-Objective Meta-Heuristics: An Overview of the Current State of the Art. *European Journal of Operation Research*, 137, 1-9.
- Jones, D., Tamiz, M., Ries, J. 2010. *New Developments in Multiple Objective and Goal Programminng*. Springer-Verlag, Berlin.
- Kahraman, C., Cebeci, U., Ruan, D. 2004. Multi Attribute Comparison of Catering Service Companies Using Fuzzy AHP: The Case of Turkey. *International Journal of Economics*, 171-184.
- Karadoğan, A., Başçet, N., Kahrıman, A., Görgün, S. 2001. Bulanık Küme Teorisinin Yer altı Üretim Yöntemi seçiminde Kullanılabilirliği. Türkiye uluslar arası Madencilik Kongresi ve Sergisi, TUMAKS.
- Karagöz, S. 2009. *Tedarik Zinciri Yönetiminde Tedarikçi Seçimi ve AHP ile Uygulaması*. Pamukkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Kaya, O. Ö. 2010. *Bulanık Hedef Programlama Yaklaşımı ile Tedarik Seçimi*. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi.
- Keskin, R. 2013. *Bulanık Hedef Progmalama ve Portföy Analizi Uygulaması*. Mimar Sinan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik Anabilim Dalı İstatistik Programı, Doktora Tezi.
- Ketchen, D. J., Rebarick, W., Hult, G. T. M., Meyer, D. 2008. Best Value Supply Chains: A Key Competitive Weapon for the 21st Century. *Business Horizons*, 51: 235-243.
- Kırçova, İ. 2006. *Küçük ve Orta Ölçekli İşletmelerde Elektronik Tedarik Sistemleri ve Avantajları*, İstanbul.
- Klir, G. J., Yuan, B. 1995. *Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications*. Prentice Hall, New Jersey.
- Kosko, B. 1997. *Fuzzy Engineering*. Prentice Hall, 9(1): 39-41.
- Krause, R., Pagell, M., Curkovic, S. 2001. Toward a Measure of Competitive Priorities for Purchasing. *Journal of Operations Management*, s. 501.
- 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.

- Kuruüzüm, A., Atsan, N. 2001. Analitik Hiyerarsi Yöntemi ve İşletmecilik Alanındaki Uygulamaları. Akdeniz Üniversitesi, İ.İ.B.F Dergisi, sayı 1, s.83-105.
- Kwak, N. K., Lee, C. W., 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., Hwang, C. L. 1994. *Fuzzy Multiple Objective Decision Making: Methods and Applications*. Springer-Verlag, Berlin.
- Lee, A. H. I., Kang, H. Y., 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., Wen, C. G. 1997. Fuzzy goal programming approach for water quality management in a river basin. *Fuzzy Sets and Systems*, 89: 181-192.
- Lootsma, F. A. 1997. *Fuzzy Logic for Planning and Decision Making*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Luis, G., Vargas, 1989. An Overview of the Analytic Hierarchy Process and Its Applications. *European Journal of Operational Research*, No s. 2.
- Min, H., Zhou, G. 2002. Supply chain modeling: past, present and future. *Computers & Industrial Engineering*, s. 231–249.
- Narasimhan, R. 1980. Goal Programming in a Fuzzy Environment. *Decision Sciences*, 11: 325-336.
- Nedjah, N., Mourelle, L. M. 2005. *Fuzzy Systems Engineering: Theory and Practice*. Springer-Verlag, Berlin.
- Nga, E. W. T., Chan, E. W. C. 2005. Evaluation of Knowledge Management Tools Using AHP. The Hong Kong Polytechnic University, Department of Management and Marketing.
- Nguyen, H. T. 2005. Fuzzy and Random Sets. *Fuzzy Sets and Systems*, 156(3): 349–356.
- Nijkamp, P., Spronk, J. 1978. Interactive Multiple Goal Programming. 7th meeting of the EURO-working group, Aide a la decision multicritere, York.
- Oruç, K. O. 2014. Bulanık Hedef Programlama ile Menü Planlama. *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 12(23): 51-33.
- Önder, E. 2000. Askeri Müzeye Gelen Ziyaretçilerin Ziyaret Sürelerinin Fuzzy Matematiği ile Optimizasyonu. Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Öner, N. 1996. *Klasik Mantık*. Bilim Yayınları, Ankara, 191.
- Özdemir, Ü., Güneroğlu, A. 2017. Quantitative Analysis of the World Sea Piracy by Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS Methodologies. *International Journal of Transport Economics*, in progress.
- Özkan, M. M. 2002. Bulanık Hedef Programlama modeli ve bir uygulama denemesi. *Review of Social. Economic & Business Studies*, 2:265-301.



- Özkan, M. M. 2003. Bulanık Doğrusal Programlama Ve Bir Tekstil İşletmesinde Uygulama Denemesi. Uludağ Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Pan, C. T. 1989. A vector majorization method for solving a nonlinear programming Problem. *Linear Algebra and its Applications*, 119:129-139.
- Ramazan, E., Füsün, Ü. 1992. Yönetimde Karar verme. ITÜ Yayını, No., 478, İstanbul, s. 47-48.
- Ross, C. A. 1998. Competing Through Supply Chain Management. *Creating Market-Winning Strategies Through Supply Chain Partnerships*, Material Management/Logistics Series, Boston, Kluwer Academic Publisher, s. 32-33.
- Ross, T. J. 2004. *Fuzzy Logic with Engineering Applications*. John Wiley & Sons Ltd, Chichester.
- Saaty, L.T., Tran, L. T. 2007. On The invalidity Of Fuzzifying Numerical Judgments in The Analytic Hierarchy Process. *Mathematical and Computer Modelling*, 46: 962-975.
- Saaty, T. L., Özdemir, M. S. 2003. Why The Magic Number Seven Plus Or Minus Two. *Mathematical and Computer Modelling*, 38: 233-244.
- Saaty, T.L., Vargas, L. G. 2001. *Models, Methodes, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process*. Kluwer Academic Publishers, Massachusetts.
- Saaty, T. L., Vargas, L. G., Dellmann, K. 2003. The Allocation Of intangible Resources: The Analytic Hierarchy Process and Linear Programming. *Socio-Economic Planning Sciences*, 37, 169-184.
- Sakawa, M. 1993. *Fuzzy Sets and Interactive Multiobjective Optimization*. Plenum Press, New York.
- Sarkar, A., 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.
- Sivanandam, S. N., Sumathi, S., Deepa, S. N. 2007. *Introduction to Fuzzy Logic Using MATLAB*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Shimoda, M. 2002. A Natural Interpretation of Fuzzy Sets and Fuzzy Relations. *Fuzzy Sets and Systems*, 128(2):135-147.
- Siler, W., Buckley, J. J. 2005. *Fuzzy Expert Systems and Fuzzy Reasoning*. John Wiley & Sons, New Jersey.
- Simchi-Levi, D., Kaminsky, P., Simchi-Levi, E. 2003. *Designing & Managing the Supply Chain: Concepts. Strategies and Case Studies*. McGraw-Hill Higher Education, New York.
- Sipahioğlu, A. 2008. Analitik Hiyerarşi Süreci Ders Notları. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü.
- Strager, M. 2005. *Are 521 Goal Programming Lecture Notes*. West Virginia University.

- Susuz, Z. 2005. Analitik Hiyerarşi Prosesi'ne Dayalı Optimum Tedarikçi Seçim Modeli. Çukurova Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Şen, Z. 2004. Mühendislikte Bulanık Mantık ile Modelleme Prensipleri. Su Vakfı Yayınları, Türkiye, 191.
- Şengül, Ü. 2019. Tedarikçi Seçim Kriterlerinin Bulanık Vikor ile Belirlenmesi. *Management and Political Sciences Review*, Volume 1, Issue 1, pp: 93-116.
- Taha, H. A. 2000. Yöneylem Araştırması (Çev. Ş.A., Baray ve Ş. Esnaf). Literatür Yayıncılık, İstanbul.
- Tam, M. C. Y., Tummala, V. M. R. 2001. An Application of the AHP in Vendor Selection of a Telecommunications System. *Omega*, 29:171-182.
- Tan, K. C. 2000. A Faramework of Supply Chain Management Literature. *European Journal of Purchasing & Supply Management*, s. 614.
- Teigein, R. 1997. Information Flow in a Supply Chain Management System. Department of Industrial Economics and Technology Management. Trondheim University. Sweden, Unpublished Ph.D. Thesis, s. 35.
- Tekeş, M. 2002. Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri ve Türk Silahlı Kuvvetlerinde Kullanılan Tabancaların Bulanık Uygunluk İndeksli Analitik Hiyerarşi Prosesi ile Karşılaştırılması. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Thomas, Gal., Theodor, S., Thomas, H. 1999. Multicriteria Decision Making: Advances in MCDM Models, Algorithms, Theory and Applications. Kluwer Academic Publishers, Boston, p. 81.
- Timmerman, E. 1986. An approach to vendor performance evaluation. *Journal of Purchasing and Materials Management*, 2-8.
- Tüysüz, F. 2004. Proje risk analizinde BAHP Prosesinin Kullanılması. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Toktaş, İ., Aktürk, N. 2004. Makina Tasarım İşleminde Kullanılan Yapay Zeka Teknikleri ve Uygulama Alanları. *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2:7-20.
- Ünlükal, C. 2019. Konaklama İşletmelerinin Hizmet Kalitesinin Değerlendirilmesi için Sezgisel Bulanık AHP ve Topsis Yöntemlerinin Kullanılması. Eskişehir Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Üzgün, T. 2006. Bulanık Analitik Hiyerarsi Prosesi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Weber, C. A., Current, J. R., Benton, W. C. 1991. Vendor Selection Criteria and Methods. *European Journal of Operational Research*, s. 2-3.
- Weber, C. A., Current, J. R. 1993. A multiobjective approach to vendor selection. *European Journal of Operational Research*, 68(2):173-184.

- Weber, C. A., Current, J., Desai, A. 2000. An optimization approach to determining the number of vendors to employ. *Supply Chain Management, An International Journal*, s. 90-94.
- Wu, N., Coppins, R. 1981. *Linear Programming and Extensions*. McGraw-Hill Inc, New York.
- Yalçın, N. 2011. Bulanık Mantık, Yapay Zeka Ders Notları. [http://bm.bilecik.edu.tr/Dosya/Arsiv/odevnot/bulanik\\_mantik.pdf](http://bm.bilecik.edu.tr/Dosya/Arsiv/odevnot/bulanik_mantik.pdf).
- Yaralıoğlu, K. 2007. Bulanık Mantık. Dokuz Eylül Üniversitesi, 2007 [http://www.deu.edu.tr/userweb/k.yaralioglu/dosyalar/bul\\_man.doc](http://www.deu.edu.tr/userweb/k.yaralioglu/dosyalar/bul_man.doc).
- Yaralıoğlu, K. 2005. Bulanık Mantık Ders Notları. Dokuz Eylül Üniversitesi.
- Yıldız, B. 2009. *Finansal Analizde Yapay Zekâ*. Detay Yayıncılık, Ankara, 279.
- Yıldıztekin, A. 2001. *Borusan Lojistik*, s.1.
- Yılmaz, M., Arslan, E. 2005. Bulanık Mantığın Jeodezik Problemlerin Çözümünde Kullanılması. 2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, 512-522.
- Yılmaz, K. B., Çetin, D. 2008. *Tedarik Zinciri Yönetimi ve Uygulaması*. Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya-Metalürji Fakültesi, Matematik Mühendisliği Bölümü, Lisans Tezi.
- Young, J. L., Ching, L. H. 1996. *Fuzzy Multiple Objective Decision Making Methods and Applications*. Springer-Verlag, Berlin, s. 139.
- Yurdakul, M. 2004. *AHP as Strategic Decision Making Tool to Justify Machine Tool Selection*. Gazi University Department of Mechanical Engineering.
- Yücesan, M., Zengin, H. 2019. Çok Ürünli Üretim Planlama Problemlerini Çözmek İçin Minmax Yaklaşımına Dayanan Bir Bulanık Hedef Programlama Modeli: Mobilya İmalat Fabrikasında Örnek Bir Çalışma. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi, Sosyal Bilimler Dergisi*. 7. Cilt, Sayı :4, s. 141-147.
- Yüksel, H. 2002. *Tedarik Zinciri Yönetiminde Bilgi Sistemlerinin Önemi*. D.E.Ü.S.B.E. Dergisi, 4.Cilt, Sayı: 2, 2002, s. 263.
- Zadeh, L. A. 1965. *Fuzzy Sets*. *Information and Control*, 8:338-353.

## ÖZGEÇMİŞ

Elif Aydın, 08.10.1989'da Amasya'da doğdu. Lise eğitimini Balıkesir'de tamamladı. 2007 yılında Fatma Emin Kutvar Anadolu Lisesi'nden mezun oldu. 2007 yılında başladığı Sakarya Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nü 2011 yılında bitirdi. Şu anda Sakarya Üniversitesi'nde Endüstri Mühendisliği üzerine yüksek lisans yapmaktadır.

