

**T.C.**  
**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ**  
**SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**  
**İŞLETME ANA BİLİM DALI**  
**ÜRETİM BİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**TEDARİKÇİ SEÇİMİNDE BULANIK MANTIK VE**  
**DOĞRUSAL PROGRAMLAMANIN BİRLİKTE**  
**KULLANILMASI**

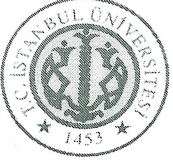
**RAZİYE İPEK ARDA**

**2501070840**

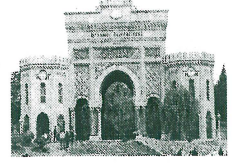
**TEZ DANIŞMANI:**

**PROF.DR. NECDET ÖZÇAKAR**

**İSTANBUL, 2010**



T.C.  
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
MÜDÜRLÜĞÜ



TEZ ONAYI

Enstitümüz ÜRETİM Bilim Dalında ders dönemindeki Eğitim- Öğretim Programını başarı ile tamamlayan 2501070840 numaralı RAZİYE İPEK ARDA'nın hazırladığı "TEDARİKÇİ SEÇİMİNDE BULANIK MANTIK VE DOĞRUSAL PROGRAMLAMANIN BİRLİKTE KULLANILMASI" konulu YÜKSEK LİSANS/ DOKTORA TEZİ ile ilgili TEZ SAVUNMA SINAVI, Lisansüstü Öğretim Yönetmeliği'nin 15.Maddesi uyarınca 03.11.2010 Çarşamba günü saat 13.00'te yapılmış, sorulan sorulara alınan cevaplar sonunda adayın tezinin .....ne\* OYBİRLİĞİ / OYÇOKLUĞUYLA karar verilmiştir.

JÜRİ ÜYESİ	KANAATİ(*)	İMZA
PROF.DR.NECDET ÖZÇAKAR	Kabul	
DOÇ.DR.ALP BARAY	Kabul	
DOÇ.DR.MEHPARE TİMOR	Kabul	
YRD.DOÇ.DR.FAİK BAŞARAN	Kabul	
YRD.DOÇ.DR.SEYHAN SİPAHİ	Kabul	

# **TEDARİKÇİ SEÇİMİNDE BULANIK MANTIK VE DOĞRUSAL PROGRAMLAMAMANIN BİRLİKTE KULLANILMASI**

**RAZİYE İPEK ARDA**

## **ÖZ**

Bu tez çalışmasının amacı, şirketlerin çok sayıda kriterleri, kişiye göre değişebilen sözlü ifadelerle değerlendirerek tedarikçi seçiminin yapılmasını sağlamaktır. Çalışma kapsamında tedarikçi tipleri tanıtarak, tedarikçi seçiminde dikkat edilmesi gereken noktalar detaylı incelenmiş ve seçim yapmak üzere bir matematiksel model kullanılmıştır. Bu modelde bulanık mantık, TOPSIS ve doğrusal programlama yöntemlerinden yararlanılmıştır. Literatür araştırması da yapılarak tedarikçi seçiminde kullanılan diğer yöntemlerden de bahsedilmiştir. Model, inşaat sektöründe faaliyet gösteren bir şirkette uygulanarak tedarikçi seçimi yapılmış ve aday tedarikçiler arasındaki sipariş dağıtımını belirlenmiştir.

## **APPLYING BOTH FUZZY LOGIC AND LINEAR PROGRAMMING IN SUPPLIER SELECTION**

**RAZİYE İPEK ARDA**

## **ABSTRACT**

The purpose of this thesis study is, to provide the companies a supplier choice, considering the criteria based on the linguistic statements that may vary among people. Within the scope of the study, supplier types have been introduced, the points that need to be considered while choosing a supplier have been analyzed in depth, and a mathematical model has been applied in order to make this choice. In this model, fuzzy logic, TOPSIS and linear programming techniques have been applied. Conducting a literature research, other methods of choosing a supplier have also been mentioned. Applying the model in a company operating in building industry, the supplier selection has been made and the purchase order distribution within the candidate suppliers have been determined.

## ÖNSÖZ

Tedarikçi seçimi günümüzde piyasanın ve teknolojinin gelişimiyle birlikte artan rekabet koşulları karşısında şirketler için önemini arttırmıştır. Üretimin tercih edilebilir ürünler üretebilmesi için şirket öncelikle kaliteli ürünler tedarik etmelidir, elbette kaliteli ürün alırken de maliyet artışlarını kontrol altında tutmalıdır. Çünkü ürün kalitesi kadar fiyat politikası da şirketler arası rekabette ve tüketici tercihlerinde kilit rol oynamaktadır.

Bu çalışmanın amacı, çok kişinin karar vermek zorunda olduğu ve dikkate alınacak çok kriterlerin yer aldığı tedarikçi seçimi problemindeki karmaşıklığı çözmek ve en uygun tedarikçiyi seçmektir. Bunun için tedarikçiler ayrıntılı incelenmiş, karar verme sürecinde ise şirket yetkilileriyle yapılan anketler neticesinde ortaya çıkan kişisel değerlendirmeler sayısal verilere dönüştürülerek bulanık mantık, TOPSIS ve doğrusal programlama içeren bir matematiksel model yardımıyla tedarikçi seçilmiştir.

## İÇİNDEKİLER

ÖZ.....	iii
ÖNSÖZ.....	iv
TABLolar LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	x
SEMBOLLER LİSTESİ.....	xi
GİRİŞ .....	1
BÖLÜM 1.TEDARİKÇİ SEÇİMİ STRATEJİSİ .....	2
1.1. GİRİŞ.....	2
1.2. SEÇİM ZORLUĞUNUN NEDENLERİ .....	2
1.3. TEDARİKÇİ TİPLERİ .....	3
1.3.1. KAYNAĞINA GÖRE TEDARİKÇİ SEÇİMİ .....	4
1.4. TEDARİKÇİ BİLGİ KAYNAKLARI.....	5
1.5. TEDARİKÇİ SEÇİM SÜRECİ.....	7
1.6. TEDARİKÇİ DEĞERLENDİRME YAKLAŞIMLARI VE TEDARİKÇİ SEÇİMİNDE SIK KULLANILAN MATEMATİKSEL YÖNTEMLER.....	10
1.6.1. TEDARİKÇİ DEĞERLENDİRME YAKLAŞIMLARI .....	10
1.6.2. TEDARİKÇİ SEÇİMİNDE SIK KULLANILAN.....	12
MATEMATİKSEL YÖNTEMLER .....	12
1.6.2.1. ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ.....	12
1.6.2.2. ANALİTİK NETWORK PROSESİ.....	15
1.6.2.3. DURUM TABANLI ÇIKARSAMA.....	16
1.6.2.4. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ .....	18

1.7. TEDARİKÇİ SEÇİMİNDE YAPILAN HATALAR.....	19
<b>BÖLÜM 2.KARAR SÜRECİNDE KULLANILAN MATEMATİKSEL YÖNTEMLER .....</b>	<b>21</b>
2.1. BULANIK KÜMELER TEORİSİ.....	21
2.1.1. ÜYELİK FONKSİYONLARI VE ÜYELİK DERECELERİ.....	22
2.1.2. BULANIK SAYILAR .....	25
2.1.3. BULANIK SAYILARDA ARİTMETİK .....	28
2.1.4. BULANIK İLİŞKİLER.....	31
2.1.5. İLİŞKİ GEÇİŞ MATRİSİ:.....	32
2.1.6. EŞ DEĞERLİK İLİŞKİLERİ.....	35
2.2. TOPSIS.....	36
2.2.1. TOPSIS UYGULAMA ADIMLARI .....	36
2.2.2. ÖRNEK BİR TOPSIS UYGULAMASI.....	48
2.3. DOĞRUSAL PROGRAMLAMA .....	50
2.3.1. GİRİŞ .....	50
2.3.2. DOĞRUSAL PROGRAMLAMANIN DAYANDIĞI VARSAYIMLAR.....	51
2.3.3. SİMPLİKS METODU .....	52
<b>BÖLÜM 3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI .....</b>	<b>55</b>
3.1. BULANIK MANTIK.....	55
3.2. DOĞRUSAL PROGRAMLAMA .....	56
3.3. TOPSIS.....	57
3.4. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ.....	58
3.5. DURUM TABANLI ÇIKARSAMA .....	58
3.6. LİTERATÜRDE KARŞILAŞILAN DİĞER KARMA MODELLER .	58
<b>BÖLÜM 4.UYGULAMA.....</b>	<b>62</b>

<b>4.1. GİRİŞ.....</b>	<b>62</b>
<b>4.2. UYGULAMA SÜRECİ.....</b>	<b>63</b>
<b>4.2.1. BULANIK MANTIK SÜRECİ.....</b>	<b>63</b>
<b>4.2.2. TOPSİS SÜRECİ .....</b>	<b>67</b>
<b>4.2.3. DOĞRUSAL PROGRAMLAMA SÜRECİ.....</b>	<b>75</b>
<b>4.2.4. ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ (AHP) SÜRECİ .....</b>	<b>79</b>
<b>BÖLÜM 5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>92</b>
<b>KAYNAKÇA .....</b>	<b>97</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>107</b>

## **TABLULAR LİSTESİ**

Tablo 1.1 Dickson kriterleri.....	9
Tablo 1.2 Kategorize değerlendirmesi örneği.....	11
Tablo 1.3 Saaty'nin 1-9 önem dereceleri skalası.....	13
Tablo 1.4 Matris büyüklüğüne göre random indeksleri.....	14
Tablo 2.1 Yakınlık katsayılarının sınıflandırılması.....	49
Tablo 2.2 Alternatifler ve kriterlerin puan ve ağırlıklarının gösterilmesi.....	48
Tablo 2.3 Normalize edilmiş puanlar.....	49
Tablo 2.4 Ağırlıklı normalize edilmiş puanlar.....	49
Tablo 2.5 Başlangıç simpleks tablosu.....	54
Tablo 4.1 Kriterlerin önem ağırlıkları.....	65
Tablo 4.2 Tedarikçilere verilen puanlar.....	66
Tablo 4.3 Adayların kriterlere göre toplanmış değerlendirilmesi.....	67
Tablo 4.4 Kriterlerin toplanmış önem ağırlıkları.....	68
Tablo 4.5 Normalize edilmiş puanlar.....	68
Tablo 4.6 Ağırlıklı normalize edilmiş puanlar.....	69
Tablo 4.7 Adayların pozitif ideal çözümden toplam uzaklıkları.....	73
Tablo 4.8 Adayların negatif ideal çözümden toplam uzaklıkları.....	73
Tablo 4.9 Negatif ve pozitif toplam uzaklıklar.....	74
Tablo 4.10 Yakınlık katsayıları.....	74
Tablo 4.11 Problemin WinQSB ile çözümü.....	78
Tablo 4.12 Kriterlerin ikili kıyaslanması.....	80

Tablo 4.13 Kriterlerin kıyaslanmasının geometrik ortalamaları.....	81
Tablo 4.14 Adayların her bir kritere göre ikili kıyaslanmaları.....	81
Tablo 4.15 Adayların her bir kritere göre kıyaslanmalarının geometrik ortalamaları.....	83
Tablo 4.16 Başlangıç matrisinde sütun toplamları.....	85
Tablo 4.17 Normalize edilmiş matris ve satır ortalamaları.....	85
Tablo 4.18 Her bir adayın öncelik vektörleri ve tutarlılık oranları.....	87
Tablo 4.19 Ağırlıklı normalizasyon.....	88
Tablo 4.20 Adayların pozitif ideal çözümden uzaklıkları.....	88
Tablo 4.21 Adayların negatif ideal çözümden uzaklıkları.....	89
Tablo 4.22 Toplam uzaklıklar ve yakınlık katsayıları.....	89
Tablo 4.23 Problemin WinQSB ile diğer çözümü.....	90

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1 ANP modeli organizasyonu.....	17
Şekil 1.2 Durum tabanlı çıkarsama organizasyonu.....	19
Şekil 2.1 Üyelik fonksiyonları.....	24
Şekil 2.2 Bulanık ve klasik kümenin üyelik fonksiyonu.....	25
Şekil 2.3 Bulanık sayıların pozitif ve negatif kümede üyelik derecesi.....	26
Şekil 2.4 Dış bükey bir üyelik fonksiyonu.....	27
Şekil 2.5 Üçgen ve yamuksal bulanık sayılar.....	29
Şekil 2.6 X,Y ve Z uzaylarının elemanlarının Sattigal diyagramı.....	34
Şekil 2.7 Kriterlerin önem ağırlıklarının sözle ifadesi.....	39
Şekil 2.8 Alternatiflerin puanlamalarının sözle ifadesi.....	39
Şekil 4.1 Uygulama akım şeması.....	65
Şekil 4.2 Kriterlerin önem ağırlıklarının sözle ifadesi.....	66
Şekil 4.3 Alternatiflerin puanlamalarının sözle ifadesi.....	67

## SEMBOLLER LİSTESİ

$\lambda_{\max}$  = Matristeki en büyük değer

CI = Tutarlılık düzeyi

RI = Random indeksi

CR = Tutarlılık oranı

n = Matris büyüklüğü

$\sum_{i=1}^n w_i$  = Problemin özelliğinin ağırlıkları toplamı

$f_i^I$  = Mevcut problemde yer alan i'ninci özellik

$f_i^R$  = Geçmiş problemde yer alan i'ninci özellik

I = Mevcut problem

R = Geçmiş problem

$S_{IR}$  = Mevcut problem ile geçmiş problem arasındaki benzerlik derecesi

$h_0$  = Veri zarflama analizinde amaç fonksiyonu

r = Çıktı miktarı

i = Girdi miktarı

s = Çıktı sayısı

m = Girdi sayısı

n = Karar noktası sayısı

$\sum_{r=1}^s$  = Çıktı miktarları toplamı

$\sum_{i=1}^m$  = Girdi miktarları toplamı

$Y_{rj}$  = J karar noktası tarafından üretilen r çıktısının miktarı

$X_{ij}$  = J karar noktası tarafından üretilen i girdi miktarı

$U_r$  = Çıktı r'ye verilen ağırlık

$V_i$  = Girdi i'ye verilen ağırlık

$\mu_s$  = Üyelik derecesi

$\alpha$  = Alfa kesimi

$A \circ B$  = A ve B matrisi arasındaki ilişki

$w_j$  = Kriterlerin önem ağırlıkları

$r_j$  = J'ninci kriterin sıralamadaki yeri

$D^k$  = Karar matrisi

$v_{ij}$  = Normalizasyon

$V_{ij}$  = Ağırlıklı normalizasyon

$A^+$  = Pozitif ideal çözüm

$A^-$  = Negatif ideal çözüm

$CC_i$  = Yakınlık katsayısı

$d_i^+$  = İ'ninci adayın pozitif ideal çözüme olan uzaklığı

$d_i^-$  = İ'ninci adayın negatif ideal çözüme olan uzaklığı

$z$  = Doğrusal programlamada amaç fonksiyonu

$c_j$  = Amaç fonksiyonu katsayıları

$z_j$  = Görece getiri

$Y$  = Yönetici

$K$  = Kriter

A = Aday tedarikçi

d = Uzaklık

## GİRİŞ

Günümüzde değişen pazar koşullarıyla beraber bir şirketin pazar payını kaybetmemesi için bu koşullara uyum sağlaması gerekmektedir. Özellikle hızla değişen teknolojik gelişmeler sayesinde üretim süreci daha hızlı ve verimli, üretilen ürünler daha kaliteli olabilmekte ve ürün çeşitliliği yaratılmaktadır. Bütün bu gelişmelerin sonucu olarak da giderek rekabet artmış ve pazar genişlemiştir.

Artan ürün ve üretici çeşitliliği sayesinde artık tek tedarikçiyle çalışmak şirketin bütün ihtiyaçlarını karşılamaya yetmemekte ve farklı malları farklı tedarikçiden almak tercih edilmektedir. Farklı tedarikçilerle çalışılan bir üretim sürecinde ise üretimin aksamaması ve maliyetleri düşük tutmak açısından etkin bir tedarik zinciri kurulmalıdır. Aynı şekilde şirket ile tedarikçi arasındaki uyum ve tedarik zincirinin verimli işleyebilmesi için tedarikçilerin birbirleriyle uyumu büyük önem arz etmektedir. Bu noktada da tedarikçi seçiminin ne kadar stratejik ve ciddi bir karar olduğu görülmektedir.

Bu çalışma birçok karar alternatifi bulunan ve bir çok kişinin karar vermesi gereken gerçek hayattaki koşullarda, alternatifler arasından en iyi tedarikçiyi seçmeyi amaçlamaktadır. Bu kapsamda birinci bölümde tedarikçiler tanıtılmış ve tiplerine, sayılarına ve bilgi kaynaklarına göre sınıflandırılmıştır. Tedarikçi seçim süreci anlatıldıktan sonra tedarikçi seçiminde yapılan hatalara da değinilerek seçim yaparken göz önüne alınması gereken noktaların da altı çizilmiştir.

İkinci bölümde karar almak için kullanılan matematiksel modeller anlatılmıştır. Bulanık mantık, TOPSIS ve doğrusal programlama yöntemleri genel hatlarıyla anlatılmış ve örnekler verilmiştir.

Üçüncü bölümde literatür çalışması yapılarak tedarikçi seçimiyle ilgili geçmişte yapılan çalışmalar incelenmiştir. Modelde kullanılan esas yöntemlerin yanı sıra, sık karşılaşılan bazı matematiksel modellere de yer verilmiştir.

Dördüncü bölümde önerilen modelin bir şirkette uygulamasına yer verilmiş ve seçim yapılmıştır.

## **BÖLÜM 1.TEDARİKÇİ SEÇİMİ STRATEJİSİ**

Tedarik zinciri, hammaddelerin nihai ürünlere dönüşene kadar üreticiler, tedarikçiler, toptancılar, perakendeciler ve dağıtıcılardan geçerek tüketicilere ulaştığı bir mekanizmadır. Tedarik zincirinin lojistik, stok, satın alma ve üretim planlama gibi birçok fonksiyonu vardır (Kanda ve Deshmukh, 2008: 317 ) . Tedarik zincirinin amacı, müşteri memnuniyetini üst düzeyde tutarken aynı zamanda en iyi yatırımı ve paranın değerini elde etmeyi başararak rekabet avantajı yaratmaktır. Bir tedarik zincirinin başarılı olabilmesi için tedarikçi seçimi başarılı yapılmalıdır.

### **1.1. GİRİŞ**

Tedarikçi seçimi, üretimin yapılabilmesi için ihtiyaç duyulan hammadde, yarı mamul ve malzemelerin hangi tedarikçiden ne miktarda ve hangi dönemlerde alınmasına karar verme süreci olarak tanımlanabilir. Çoğu endüstride kullanılan hammadde ve malzemelerin, ürünün maliyetine yadsınamaz bir katkısı vardır; hatta bu oran bazı ürünlerde %70'e kadar çıkmaktadır (Ghodsypour ve O'Brien, 1998: 199) . Tedarikçinin seçimi işletmenin toplam karını ve piyasa içindeki konumunu doğrudan etkileyecektir, bu nedenle satın alma fonksiyonu giderek önemini arttırmıştır. Bu kararı almak ise çok sayıda alternatif olmasından dolayı problemi birçok açıdan ele almayı gerektirmektedir.

### **1.2. SEÇİM ZORLUĞUNUN NEDENLERİ**

Tedarikçi seçimini zorlaştıran, bu problemin çok yönlü incelenmesi gerekliliğidir. Öncelikle tedarikçiler iyi tanınmalı, şirketin ihtiyaçlarının bir ya da daha çok tedarikçiyle mi çalışmayı gerektirdiği iyi bilinmelidir. Bu soruların net cevaplanması için bu bölümde tedarikçilere ne yollarla ulaşılabileceği, ulaşılan tedarikçiler arasından nasıl seçim yapılacağı anlatılacaktır.

### 1.3. TEDARİKÇİ TİPLERİ

Hangi tip tedarikçiyle çalışılmasına karar verebilmek için tedarikçi tipleri iyi bilinmelidir. Tedarikçiler genel olarak dört kategoriye ayrılmaktadırlar (Kağnıcıoğlu, 2007: 98-99) :

- Üreticiler

Değişik işletmelerin ürünleri işletme satış elemanları ya da bağımsız acentalar aracılığıyla satın alınır. Genelde fiyatlar çok düşüktür; ancak perakendecinin yerleşim yeri taşıma maliyetini, dolayısıyla fiyatı artırabilir.

- Toptancılar

Bu tip tedarikçiler değişik üreticilerden çok miktarda ürünü alarak işletmelere satmak için depolarlar. Üreticilere göre fiyatları yüksek olmasına rağmen, aynı ürünün değişik üreticiler tarafından üretilen çeşitlerini perakendecilere sunarlar ve perakendeciler değişik ürünlerden az miktarda alabilirler. Perakendeciye yerleşim yeri olarak yakın bir dağıtıcının kullanıldığı durumlarda ulaştırma maliyetinin düşük olması ve talebe hızlı yanıt alınabilmesi fiyattaki yüksekliği dengeleyebilmektedir.

- Bağımsız esnaflar

Eşi olmayan ürünlerin dağıtımını yaparlar. Bu tip tedarikçiler genelde maliyeti normal ürünlere göre pahalı ve özel ürünlerin dağıtıcılarıdır. Bu tedarikçiler ürünlerini satış temsilcileri ya da ticari fuarlarda ve sergilerde satmaktadırlar.

- İthalat kaynakları

Son tip tedarikçiler birçok perakendecinin ithal ürünlerini satın aldığı yerel toptancılar gibi hareket eden ve ithalatçı olan, ithalat kaynaklarıdır. Bu tip tedarikçiler yurt dışına seyahat edip değişik ürünler satın almayı seven ithalatçılar da olabilirler.

İşletme maliyetlerini etkilediği ve işletmenin büyüklüğüne bağlı olarak talep beklentilerini karşılaması için doğru tip tedarikçiyle çalışmak oldukça önemlidir.

### 1.3.1. KAYNAĞINA GÖRE TEDARİKÇİ SEÇİMİ

Tedarikçi seçimi çalışılan tedarikçi sayısına göre de tek kaynaklı ve çok kaynaklı tedarikçiyle çalışma olarak sınıflandırılabilir. Şirketler tedarikçilerle uzun anlaşmalar yaparak devamlı aynı tedarikçiyle çalışmayı tercih edebilirler, buna tek kaynaklı tedarikçiyle çalışma denir. Tek bir tedarikçiyle çalışmanın avantajları ise (Waters, 2003: 235) :

- Müşteri ve tedarikçi arasında uzun süreli anlaşma ve ortaklıkların bağladığı güçlü bir ilişki kurabilmek
- Bütün partilerde aynı özen ve sorumluluğun duyulması
- Yüksek miktarda siparişlerde indirim uygulama imkanı
- İletişimin daha hızlı, bürokrasinin daha az olması
- Malzemelerde farklılığın azalması
- İşlerin daha güvenilir yürütülmesi

olarak sayılabilir.

Ancak tek tedarikçiyle çalışmanın riskleri de vardır, örneğin tedarikçi şirketin yaşayacağı bir finansal krizde, şirket kendi hatası olmasa bile üretimi durdurabilir, siparişi aksatabilir ve müşteri şirketi de bu durum karşısında çaresiz bırakır. Bu nedenle bazı şirketler de çok sayıda tedarikçiyle çalışmayı isteyebilir. Bütçelerini belli tedarikçilere belli oranlarda ayırıp, siparişlerini paylaştırarak herhangi bir tedarikçinin işi aksatması riskini minimuma indirme imkanı bulabilirler. Böylece birinin yaşadığı dışsal bir sorun, malzeme bekleyen şirketin krize uyum sağlamasını zorlaştırmaz. Ayrıca bir tedarikçiyle anlaşılmışken, ileride ihtiyaç duyulacak bir sipariş de diğer bir tedarikçiye ileride teslim edilmek üzere verilerek stoklama maliyeti de azaltılabilir, ancak bu durum da bir şirketin gelecekteki sorumluluğuna güvenmek demek olduğundan riskli olabilir. Çok kaynaklı tedarikçiyle çalışmanın diğer avantajları ise aşağıdaki gibi sayılabilir (Waters,2003: 235) :

- Tedarikçiler arasındaki fiyat rekabetinden faydalanmak
- Farklı veya çok miktarda talebe kısa süre içinde cevap verebilmek
- Piyasa hakkında daha fazla bilgi sahibi olmak
- Tek bir şirkete bağımlı olmamak

#### 1.4. TEDARİKÇİ BİLGİ KAYNAKLARI

Bir tedarikçiye ihtiyaç duyulduğunda tedarikçilere ulaşmak için çeşitli yollar vardır. Seçim yapmadan önce adaylara ulaşmak için aşağıdaki bilgi kaynakları kullanılabilir (Nicosia ve Moore, 2006: 48-50) :

- **Tedarikçi Veri Bankası**

Tedarikçilere ulaşmak için veri bankası iyi bir başlangıç olabilir. Tedarikçi veri bankasını geçmişte çalışılmış tedarikçiler oluşturur. Geçmişteki tecrübelerle dayanılarak tedarikçiler hakkında bilgi sahibi olunabilir. Bunun dışında veri bankasında yeni önerilen tedarikçiler de olabilir. Bazı şirketler tedarikçilere ileride değerlendirilmek üzere veri bankalarına kaydolmaları için çağrıda bulunabilirler. Veri bankası tedarikçilerden toplanan anlaşmalar, prosedürler, satın alınmış mallar, iş bitirme süresi gibi bilgiler içermelidir. Bunlarla ilgili detaylı bilgiler ise tedarikçinin iletişim bilgileri, üretim ve sertifika bilgileri, teslimat, kalite, maliyet, kapasite ve güvenlik bilgileri olarak sayılabilir. Bütün bu bilgilere erişme imkanı sağlayan tedarikçi veri bankasının sürekli olarak verimli olabilmesi için sık sık güncellenmesi gerekmektedir.

- **İnternet Siteleri**

İnternet siteleri tedarikçileri belirlemede kullanışlı ve ulaşılması kolay kaynaklardır. İnternet sitelerinde genelde yapılan işler, kapasite bilgileri, iletişim adres ve telefonu, yönetim bilgisi ve bazılarında da geçmiş işlerle ilgili raporlar ve kataloglar bulunabilir.

- **Kataloglar**

Kataloglar tedarikçi kapasiteleri hakkında bilgi verir ve üretimle ilgili teklifler içerir. Böylece yöneticiler tedarikçileri fiyat bilerek değerlendirme imkanı bulurlar. Bazı kataloglar tedarikçinin internet sitesinde de ayrıca yer alabilirler.

- **Yıllık Raporlar**

Yıllık raporlar tedarikçi hakkında internet sitesi ve kataloglarda yer almayan daha detaylı ve sayısal veriler içerir. Personel bilgisi, finansal durumu, üretim ve üretim teklifleri yıllık raporlarda yer alır. Bazı tedarikçilerin internet sitelerinde de yıllık raporlara ulaşılabilir. Yıllık raporlar daha spesifik ve detaylı bilgi içerdiği için yararlıdır, ancak sadece yılda bir kez yapıldığı için çok güncel bilgi içermeyebilir.

- **Endüstri İnternet Siteleri**

Endüstri internet siteleri tedarikçi internet sitelerinden farklı olarak tek bir tedarikçi hakkında değil, bütün tedarikçiler hakkında bilgi sahibi olunmasına olanak sağlar ve endüstri standartları hakkında bilgi verir.

- **Ticari Kayıtlar Ve Dizin**

ThomasNet.com , Thomas Global Kayıtlar gibi ticari kayıt ve dizinler sayesinde tedarikçilere ait adres, şube sayısı ve üyelik bilgilerine ulaşılabilir. Tedarikçiler mal cinsi, üretici adı veya ticari sicil numarasına göre dizin içinde sıralanır.

- **Ticari Dergiler**

Tedarikçiler zaman zaman ticari dergilere reklam verirler. Dergilerin günümüzde internet ile erişilebilme olanağı tedarikçilerin tanıtımının yaygınlaşmasına olanak verir.

- **Ticari Ortaklıklar**

Ticari ortaklıklar müşteriler ve tedarikçilerin bir araya gelmesine yardımcı olabilirler.

- **Telefon Rehberleri**

Telefon rehberleri tedarikçilere ulaşılmasını sağlayan kolay bir yoldur, ancak rehberde sadece telefon bilgileri olduğu için tedarikçi hakkında çok sınırlı bilgi verirler.

- **Satış Personeli**

Tedarikçinin satış personeli, müşteriye tedarikçi hakkında ürün, kapasite ve olanakları hakkında bilgi verir ve yapılan uygulamaları anlatarak teklifler sunar.

- **Profesyonel Satın Alma Organizasyonları**

Bu organizasyonlar satın alma uygulamaları hakkında bilgi verir ve beklenen performans hakkında örnekler vurgular.

- **Şirket Personeli Ve Tüzel Bilgi**

Tedarikçi geçmiş tecrübelerini ve bilgilerini kendi personeliyle paylaşmalıdır. Bu bilgilerin bazıları tedarikçi veri bankasında yer alsa da tedarikçinin kendi çalışanlarından birinden de öğrenilebilir.

## **1.5. TEDARİKÇİ SEÇİM SÜRECİ**

Tedarikçi seçim süreci kısaca potansiyel tedarikçileri belirleyip bunları bir süzgeçten geçirerek ayıklamaya benzetilebilir. Bu sürecin daha iyi anlaşılması için seçim 5 adımda incelenebilir (Power, Clyde ve Bonifazi, 2006: 101) :

### **Hazırlık**

Hazırlık aşamasında ilk olarak kararı vermek üzere şirket yöneticilerinden oluşan bir tedarikçi değerlendirme takımı kurulur. Bu takımın üyeleri gerek finansal gerek üretim ve operasyon konularında bilgi ve tecrübe sahibi olmalıdır. Bu takım üyeleri seçim yapmaya başlamadan önce, tedarikçi seçimi sürecini gerekliyse eğitimini alarak iyi biliyor olmalıdırlar. Seçimin adil yapılabilmesi için de tüm adaylara uygulanabilecek bir seçim süreci oluşturulmalıdır.

### **Aday Tedarikçilerin Ön Elemesi**

Bu aşama bir ön eleme gibidir, bütün aday tedarikçiler listelenir ve yönetimin ana amaçlarını sağlamayanlar daha detaylı incelemeye gerek görülmeksizin devre dışı bırakılır. Örneğin yönetim coğrafi konumu yakın bir tedarikçiyle çalışmak istiyorsa istediği sınırlar dışında kalanları bu aşamada direkt eleyecektir. Ön eleme aşaması sayesinde aday sayısı azaltılarak kalan tedarikçileri daha derinden inceleme ve daha sağlıklı bir karar alma şansı artırılır.

### **Aday Tedarikçileri Belirleme**

Bu aşamada her bir tedarikçide ölçülecek olan, eskiden yapılan anlaşmalardaki tavrı, güven, marka ismi, referanslar gibi özelliklerin bir listesi yapılır. Ayrıca her adayın kapasitelerine ve piyasa gücüne bakılır, bu istenebilecek talebi karşılayabilmesi açısından önemlidir. Başka dikkat edilmesi gereken noktalar ise tedarikçinin benzer işler yapıp yapmadığı, kaliteli ve şirketin işine yarayacak malzemeler sağlayıp sağlamadığı, yönetim prosedürleri ve tecrübeleri, aldığı sertifikalar olarak sayılabilir. Bunların dışında kullandığı teknoloji ve müşteri şirketin rakipleriyle çalışıp çalışmadığı da araştırılması gereken konular arasındadır.

### **Tedarikçinin Teklifinin Değerlendirilmesi**

Kuvvetli adayların belirlenmesinden sonra her birinin teklifi değerlendirilmeye alınır. Burada en önemli unsurlardan biri fiyattır, fiyatın ayrılan bütçeye uygun olup olmadığına ve beklentileri karşılayıp karşılayamayacağına bakılır. Fiyatı ortalamadan bariz düşük tutan adaylara da hemen aldanılmamalıdır, bunların amacı sadece müşterinin onlarla irtibata geçerek pazarlık yapmasını sağlamak olabilir. Bu sebeple fiyat tek karar verici unsur olmamalıdır, fiyatın yanında dikkate alınması gereken diğer kriterleri ise Dickson (1966) aşağıdaki tabloda göstermiştir:

**Tablo 1.1:**Dickson kriterleri (Kağnıcıoğlu, 2007:88)

Sıralama	Kriter	Ortalama Puan	Değerlendirme
1	Kalite	3,508	Çok önemli
2	Teslimat	3,147	
3	Geçmiş performans	2,998	
4	Garanti politikası	2,849	
5	Üretim tesisleri ve kapasite	2,775	Oldukça önemli
6	Fiyat	2,758	
7	Teknik yeterlilik	2,545	
8	Finansal durum	2,514	
9	Yöntem uyumu	2,488	
10	İletişim sistemi	2,426	
11	Endüstrideki yeri ve ünü	2,412	
12	İş isteği	2,256	
13	Yönetim ve organizasyon	2,216	
14	İş kontrolü	2,211	
15	Tamir hizmeti	2,187	Orta önemli
16	Tutum	2,120	
17	İşletme etkisi	2,054	
18	Paketleme yeteneği	2,009	
19	İşçi ilişkileri kaynağı	2,003	
20	Coğrafi yerleşim	1,872	
21	Geçmiş dönem iş miktarı	1,597	
22	Ürün için eğitim olanağı	1,537	
23	Karşılıklı düzenlemeler	0,610	Az önemli

Tablo 1.1'e göre kriterler puanlar verilerek sıralanmış ve "çok önemli", "oldukça önemli", "orta önemli" ve "az önemli" ifadeleriyle değerlendirilmiştir. Bu kadar çok sayıda kriter olduğu ve kriterlerin de birbiriyle çatışabileceği durumlar olabileceği için tedarikçi seçimi zorlaşmaktadır. Örneğin kalite ve teslimatın en üst sıralarda

olduğu görülmektedir; ancak kalitenin en yüksek olduğu bir tedarikçi, teslimatı zamanında gerçekleştirmeyebilir.

### **Tedarikçilere Derin Bir İnceleme Ve Karar**

Son aşamada sayıları iyice azaltılan adaylar daha derinden incelenip her birinin riski hesaplanmaktadır. Böylece tedarikçiler için daha önceki aşamalarda düşünülmemiş ihtimaller de düşünülerek karar vermeye çalışılır. Örneğin tedarikçi tek müşteri ise o müşterinin yaşayacağı bir kriz tedarikçiyi derinden sarsacak ve bu esas şirketin işlerini aksatacaktır. Tedarikçinin finansal durumu da daha detaylı incelenmelidir, tedarikçinin finansal varlıkları, alacaklarını toplama gücü ne kadar iyi olması sorularını sormak, ileride yaşanacak bir finansal krizde tedarikçinin ayakta kalıp kalmayacağını bilmek açısından önemlidir.

Bütün bu kriterlere göre düşünüp, ihtimalleri değerlendirerek tedarikçi havuzundan biri seçilir.

## **1.6. TEDARİKÇİ DEĞERLENDİRME YAKLAŞIMLARI VE TEDARİKÇİ SEÇİMİNDE SIK KULLANILAN MATEMATİKSEL YÖNTEMLER**

### **1.6.1. TEDARİKÇİ DEĞERLENDİRME YAKLAŞIMLARI**

Günümüzde genel olarak 3 adet tedarikçi değerlendirme yaklaşımı vardır; kategorizasyon metodu, maliyet-oran metodu ve doğrusal ortalama metodu (Benton ve Mc.Henry, 2010: 67-70) .

#### **Kategorizasyon Metodu**

Kategorizasyon metodu tedarikçinin performansını değişik alanlarda ilgili performans değişkenleriyle kategorize etmeyi gerektirir. Şirket her tedarikçi için performans faktörlerini içeren birer liste hazırlar ve “iyi”, “nötr”, ve “tatmin etmeyen” gibi ifadelerle belirtilmek üzere derecelerin atanması için alan bırakır.

**Tablo 1.2:** Kategorize değerlendirmesi örneği(Benton ve Mc.Henry, 2010 :68)

<b>Tedarikçi</b>	<b>Maliyet</b>	<b>Malzeme kalitesi</b>	<b>Hız</b>	<b>Toplam</b>
A	İyi (+)	Tatminsiz (-)	Nötr (0)	(0)
B	Nötr (0)	İyi (+)	İyi (+)	++
C	Nötr (0)	Tatminsiz (-)	Nötr (0)	-

Kategorizasyon metodu uygulaması kolay bir sistemdir, ancak performansı detaylı olarak ölçmez. Bununla birlikte hemen uygulanabilir olması ve diğer metodlara göre daha ucuza gelmesi avantajları arasındadır. Fakat en büyük dezavantajı ise “iyi” veya “tatminsiz” yargılarının kişilerin bağımsız fikirleriyle oluşması ve neyin iyi olup olmadığının göreceli olarak değişebilmesidir.

#### **Maliyet Oranı Metodu**

Maliyet oranı metodu tedarikçileri standart maliyet analiziyle değerlendirir. Satın alınan toplam malzemenin maliyeti, satış fiyatı ile satın alan şirketin kalite, teslimat ve servis elemanlarıyla ilgili içsel maliyetlerinin toplamıyla bulunur. Hesaplamalar 4 adımda yapılır, ilk adımda kalite, teslimat ve servisle ilgili maliyetler belirlenir. Sonra her bir unsurun maliyetinin, satın alınan toplam maliyetine olan yüzde oranı ile bağdaştırılarak bir maliyet oranına dönüştürülür. Örneğin kalitenin maliyet oranı kalitenin maliyetinin, toplam maliyete oranıdır. 3.adımda her bir unsurun maliyet oranı toplanarak bir toplam maliyet oranı elde edilir. Son olarak da toplam maliyet oranı tedarikçinin birim fiyatına uygulanarak net maliyet elde edilir. Net maliyeti en düşük tedarikçi seçilir. Maliyet oranı metodu hesaplamalar ve maliyet bilgilerini öğrenmek bakımından daha zaman alan bir yöntemdir, kişilere göre değişme ihtimali olmayan net yanıtlar verir.

#### **Doğrusal Ortalama Metodu**

Doğrusal ortalama metodu 3 metod arasında en sık kullanılanıdır. Kalite, servis, fiyat gibi önem ağırlıkları farklı da olabilen performans kriterleri değerlendirmede kullanılır. Bu yöntemde önce değerlendirilecek kriterlere toplamaları 100 edecek şekilde ağırlıklar verilir. Örneğin kaliteye 50, servise 35, fiyata da 15 ağırlık puanı

verilebilir. Sonrasında her aday tedarikçinin bu faktörlerdeki performansına göre aldıkları puanlar ağırlıklarıyla çarpılarak yeni bir puan oluştururlar. Bu puanlar da toplanarak ortaya çıkacak toplam puana göre en yüksek puana sahip tedarikçi seçilir.

## **1.6.2. TEDARİKÇİ SEÇİMİNDE SIK KULLANILAN**

### **MATEMATİKSEL YÖNTEMLER**

Tedarikçi seçiminde kullanılan çeşitli matematiksel yöntemler vardır. Çalışmanın konusunda yer alan bulanık mantık, doğrusal programlama ve TOPSIS dışında, analitik hiyerarşi prosesi, analitik network prosesi, durum tabanlı çıkarsama ve veri zarflama analizi ise sık kullanılan diğer matematiksel yöntemler içinde yer almaktadır.

#### **1.6.2.1. ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ**

Analitik hiyerarşi prosesi çok kriterli karar verme yöntemlerinin en sık kullanılanlarından biridir. 1970'li yıllarda Thomas L. Saaty tarafından geliştirilmiş ve 1980 yılında Analitik Hiyerarşi Prosesi isimli kitabında bahsedilmiştir (Al Subhi-Al Harbi, 2001: 27) . Yöntem isminde geçen *analitik* kelimesi problemin onu oluşturan elemanlarının üzerine dayalı olduğunu, *hiyerarşi* kelimesi problemi oluşturan elemanların birbirleriyle amaca olan ilişkilerine göre hiyerarşik bir sıralama oluşturduğunu, *proses* kelimesi ise veri ve yargıların sonuca varmak üzere işlendiğini gösterir (Bertolini, Braglia ve Carmignani ,2006: 423) . Temeli alternatifleri oran ölçeklerine göre ikili olarak karşılaştırmaya dayanır ve alternatifler arasında öncelik vermeye izin verir. Ayrıca karar vericinin tercihlerinin genel tutarlılığını gösterebilen tutarlılık oranı hesaplamasıyla karar vericinin çalışmasını kolaylaştırır (Vidal ve diğerleri, 2010: 1531) .

Alternatifler arasında bir karar alabilmek için öncelikle alternatifler ve karar kriterleri net bir şekilde belirtilir. Kriterlerin birbirlerine göre kıyaslamalarından çıkacak oranlar karar alma sürecinde önemli rol oynar. Kriterlere verilecek puanlar ise Saaty'nin oluşturduğu 1'den 9'a kadar bir skalada değişen tabloda görülmektedir :

**Tablo 1.3:**Saaty'nin 1-9 önem dereceleri skalası(Ghodsypour ve O'Brien, 1998:202)

<i>Önem dereceleri</i>	<i>Sayısal karşılığı</i>
Eşit derecede önemli	1
Zayıf derecede üstünlük	3
Kuvvetli üstünlük	5
Çok kuvvetli üstünlük	7
Mutlak üstünlük	9
Her iki önem derecesi arasındaki ara değerler	2,4,6,8

Kriterlere 1-9 arası bir önem derecesi atandıktan sonra ikili karşılaştırmaların yapılabileceği bir karşılaştırma matrisi hazırlanır.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Matrisin satırlarında soldan sağa, sütunlarında ise yukarıdan aşağıya kriterlerin sıralandığı düşünülürse 1 sayısının elde edilmesinin nedeni o elemanın ait olduğu satır ve sütunda aynı kriterin karşı karşıya gelmesidir. Dolayısıyla bir kriterin kendine olan üstünlüğü 1'e eşit olacaktır. Örneğin 2.satır 1.sütunda yer alan  $a_{21}$  elemanı, 2.satırdaki kriterin 1.sütundaki kriterle olan ikili kıyaslamasını göstermektedir. Böylece  $a_{12}$  elemanında 1.satırın 2.sütunda olan kritere üstünlüğü  $a_{21}$ 'in 1'e oranlanmış hali olacaktır  $a_{21}=1/a_{12}$  (Lin ve diğerleri, 2008: 19) . İkili karşılaştırma matrislerinden sonra öncelik vektörleri belirlenir ve normalize edilir. Bu öncelik vektörleri her bir alternatifin birbirleriyle olan ilişkisini gösteren yeni bir matrisin her bir sütununu oluştururlar. Bu matris ve normalize edilmiş öncelik vektörleri toplanır ve alternatiflerin nihai karşılaştırmaları elde edilmiş olur. Ancak bu sonuçlar yeterli olmaz, çünkü karar vericilerin verdiği kararların tutarlı olup olmadığına bakmak gerekmektedir (Gomez-Ruiz, Karanik ve Pelaez, 2010: 2961) .

Karşılaştırma matrisindeki tercihler birbirleriyle kıyaslandığında tutarlı olmayabilir. Bunun genel olarak nedenleri (Bodin ve Gass, 2003: 1491) ;

- Karar verenin birbirleriyle geçişsiz tercihler yapmış olabilmesidir.

Örneğin ikili karşılaştırmalar matrisinde karar veren A kriterini B'ye tercih etmiş ve B kriterini de C kriterine tercih etmiş olsun. Bu durumda geçişlilik ilkesine göre A'yı da C'ye tercih etmesi gerekirken ikili karşılaştırmalarda C'yi A'ya tercih edebilmektedir. Bu durum 5 veya daha fazla kriteri karşılaştırırken kolayca rastlanabilir ve kararda tutarsızlık yaratır.

- Başka bir karşılaştırmada da A, B'ye tercih edilmişken aslında gerçek hayatta B'nin A'ya tercih edildiği durumlar ortaya çıkabilmesidir. Bu da tutarsızlık yaratan başka bir durumdur.

Tutarlılık düzeyi matristeki öz değer yani  $\lambda_{max}$  belirler.  $\lambda_{max}$  , matrisin en büyük değeridir. Tutarlılık düzeyi olan CI ise şu şekilde gösterilir:

$$CI = (\lambda_{max} - n) / (n - 1)$$

n burada matris büyüklüğüdür. Tutarlılık oranı (CR) ise tutarlılık düzeyinin random indeksine bölünmesiyle bulunur. Random indeksi (RI) ise daha önce tesadüfi 500 adet matrisin karşılaştırılmalarından oluşturulmuştur ve matris büyüklüğüne göre değerleri aşağıdaki gibidir.

**Tablo 1.4:** Matris büyüklüğüne göre random indeksleri (Al-Subhi Al-Harbi, 2001: 21)

Matris büyüklüğü	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Random indeksi	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Buna göre tutarlılık oranı:

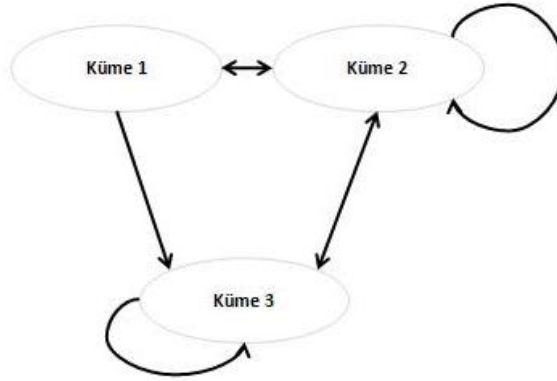
CR= CI/RI 'dır (Al-Harbi,2001). Bu oran 0.10'dan küçük ise alınan karar tutarlıdır.

### 1.6.2.2. ANALİTİK NETWORK PROSESİ

Analitik network prosesi, analitik hiyerarşi prosesinden temel olarak ortaya çıkan bir yöntemdir. Yine AHP’de olduğu gibi Saaty tarafından geliştirilmiştir (Asan ve Soyer, 2009:602). AHP yöntemindeki alternatifler veya kriterler arasındaki bağımsızlık varsayımına karşılık ANP’de alternatif ve kriterler arasındaki bağımlı ilişkiler de incelenmiştir. Bağımlılık ve etkileşimin yaşandığı durumlarda hiyerarşik yapının kurulması zorlaşır ve böyle problemlerde ANP işe yarar. Bu yöntem karar vereni üst seviyelerdeki elemanlar ile alt seviyedeki elemanların birbirlerinden bağımsız olması varsayımında karar vermek zorunda kalmaktan kurtarır (Gencer ve Gürpınar, 2007: 2476) .

Analitik network prosesi uygulaması 4 adımdan oluşmaktadır:

İlk olarak bir bağlantı modeli oluşturulur. Kümeler birbirlerine bağlanır ve herhangi bir kümedeki bir eleman diğer kümenin elemanlarıyla etkileşim halinde olabilmektedir, ayrıca bir küme içindeki elemanlar da birbirleriyle etkileşim halinde olabilmektedirler. Bu etkileşimler kavislerle gösterilebilir.



**Şekil 1.1:** ANP modeli organizasyonu(Lee ve diğerleri, 2009: 896)

İkinci adımda analitik hiyerarşi prosesinde olduğu gibi her bir kümedeki elemanlar arasında birbirlerine olan etkilerine dayanan ikili karşılaştırmalar yapılır. AHP’ye ek olarak ise, ANP’de bir elemanın diğer kümenin elemanlarıyla olan karşılıklı bağımlılıklarına dayanan ikili karşılaştırmalar da yapılır. Ağırlıkların belirlenmesi ve öncelik vektörlerinin elde edilmesi AHP’deki gibidir. Önem dereceleri yine

Saaty'nin 1-9 skalasına göre belirlenir. Sonrasında süpermatris aşamasına geçilir (Lee ve diğerleri, 2009, 896-897) .

Üçüncü adımda süpermatris oluşturulur. Karşılıklı etkileşim halinde olan öncelik vektörlerinden toplu öncelikleri elde etmek için, genel öncelik vektörleri bir matrisin uygun sütunlarına yerleştirilir ve bu matrise süper matris adı verilir (Chung, Lee ve Pearn, 2005: 33) . Süpermatris aslında kısımlara ayrılmış bir matristir, her bir kısım sistemdeki herhangi iki bileşen veya küme arasındaki ilişkiyi gösterir (Dağdeviren ve Yüksel, 2010: 1006) . Sütunlar birbirleriyle toplanarak ağırlıklı süpermatris elde edilir. Son olarak ağırlıklı süpermatris limitli süpermatrise dönüştürülür.

Seçim yapılırken de son aşama sonuç önceliklerinin belirlenmesidir. Süpermatris limitli süpermatrise dönüştüğünde içindeki sütunlar sonuç önceliklerini verir.

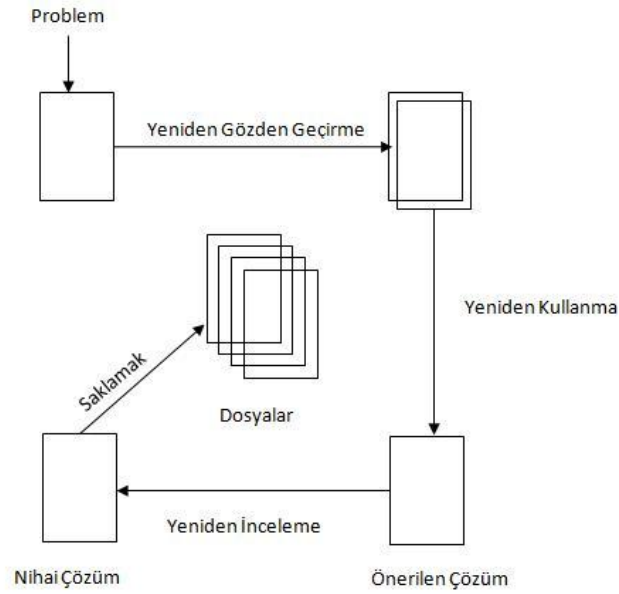
### **1.6.2.3. DURUM TABANLI ÇIKARSAMA**

Durum tabanlı çıkarsama, şimdiki problemi çözmek için geçmişteki problemlere olan yaklaşımlardan yararlanan bir karar verme yöntemidir. 1994 yılında Aamodt ve Plaza tarafından geliştirilmiştir (Choy, Lee ve Lo, 2003: 89). Geçmişteki tecrübelerden yararlanılarak bugünkü probleme benzer problemler aranır ve mevcut duruma benzer bilgiler dosyalar halinde bir kütüphanedeymiş gibi saklanarak karşılaştırmalar yapılır. Her bir dosya farklı bir probleme ait durumu ve çözümünü içerir. Durum tabanlı çıkarsama sayesinde daha hızlı sonuca gidilir, daha kesin, daha tutarlı, daha kaliteli ve daha az maliyetli bir karar alma süreci sağlar (Humphreys, McIvor ve Chan, 2003: 145) .

Durum tabanlı çıkarsama Aamodt ve Plaza (1994) tarafından tanımlanan aşağıdaki gibi bir süreç izlemektedir (Choy, Lee ve Lo, 2003: 89) :

- *Yeniden gözden geçirme*, dosyalar kümesinin içinde benzer durumlar araştırılarak mevcut probleme göre sorgulanır.
- *Yeniden kullan*, eski dosyalar yeni problemin çözümünü oluşturabilecek şekilde yeniden kullanılır. Bu yeni çözüm önceki önerilen çözümün bir çıktısı halini alır.

- *Yeniden incele*, önerilen çözüm, yeni problem ile eski çözüm arasında bir fark olup olmadığına bakılarak incelenir. Bu incelemeden sonra yeni çözüm doğrulanır ve kesin bir çözüm haline gelir.
- *Saklamak*, bulunan yeni çözüm ileride ortaya çıkabilecek problemlerde çözüm aramakta karşılaştırılmak ve kullanılmak üzere dosya kütüphanesinde saklanır.



**Şekil 1.2:**Durum tabanlı çıkarılma organizasyonu (Faez, Ghodsypour ve O’Brien, 2009: 398)

Durum tabanlı çıkarılma yöntemindeki en zor problem, mevcut probleme en çok benzeyen eski problemin çok sayıda dosyadan nasıl bulunacağıdır. Buna yönelik en sık uygulanan yöntem en yakın komşu bulma fonksiyonudur. Problemin öncelikle benzerliğini araştırılan özgün bir özelliği aranır, sonrasında problemin önceki dosyalara benzer tüm yanları, benzerlik ölçümlerinin ağırlıklı bir toplamı yapılarak değerlendirilir:

$$S_{IR} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i \times \text{sim}(f_i^I, f_i^R)}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

Burada  $S_{IR}$  mevcut problemle (I) önceki problem (R) arasındaki benzerlik derecesini gösterir ve 0 ile 1 arasında bir değer alır.  $S_{IR} = 1$  olması “tam benzerlik”,  $S_{IR} < 1$

olması ise “kısmen benzerlik” anlamına gelmektedir. Formülde geçen  $W_i$  problemin özelliğinin ağırlığı anlamına gelmektedir ve genelde 1’dir.  $f_i^L, f_i^R$  simgeleri ise mevcut problemde ve geçmişteki problemde yer alan i’inci özelliği işaret etmektedir (Faez, Ghodsypour ve O’Brien, 2009: 398) . Bu yöntemle birlikte probleme en benzer dosya bulunur ve onun önerdiği çözüme bakılarak yeni probleme bir çözüm getirilmeye çalışılır.

#### 1.6.2.4. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ

Veri zarflama analizi verilen bir karar noktasının girdileri tüketirken çıktıları yaratmada ne derece etkin olduğunu araştıran bir yöntemdir. Charnes ve diğerleri tarafından geliştirilmiş ve 1978 yılındaki çalışmalarıyla ilk kez kullanılmıştır (Ertay ve Ruan, 2005: 802) . Benzer çıktılar verebilecek girdileri birbirleriyle kıyaslayarak en etkin karar noktasını bulmaya çalışır. Bir karar noktasının etkinliği, çıktılarının ağırlıklı toplamının, girdilerin ağırlıklı toplamına oranını olarak tanımlanmıştır. Farklı girdi (maliyet kriterleri) ve çıktılarının (kar kriterleri) sayılarının problemde kısıt sayıları olarak karşıya çıkmaları ve kısıtların artışı olduğunda karar noktalarının etkinliğinin de artması bakımından veri zarflama analizi yöntemi doğrusal programlamaya benzemektedir (Çelebi ve Bayraktar, 2008: 1699) .

Karar noktasının etkinliğinin maksimize edilmek istenmesi problemi doğrusal programlama modeli içine çeker ve bu etkinlik amaç fonksiyonu haline gelir. Dolayısıyla çıktılarının toplamının girdilere toplamına olan oranı maksimize edilmek istenmektedir:

$$\text{Max } h_0 = \frac{\sum_{r=1}^s U_r Y_{rj}}{\sum_{i=1}^m V_i X_{ij}}$$

Amaç fonksiyonu bu şekildedir, kısıtları ise aşağıdaki gibidir:

$$\frac{\sum_{r=1}^s U_r Y_{rj}}{\sum_{i=1}^m V_i X_{ij}} \leq 1, U_r, V_i > 0$$

Burada  $Y_{rj}$  j karar noktası tarafından üretilen r çıktısının miktarını,  $X_{ij}$  ise j karar noktası tarafından üretilen i girdi miktarını gösterir.  $V_i$  girdi i’ye verilen ağırlığı,  $U_r$

ise çıktı r'ye verilen ağırlığı gösterir ve s çıktı sayısını, m girdi sayısını, n ise karar noktası sayısını gösterir (Ertay ve Ruan, 2005: 803) .

Genel veri zarflama analizini daha sonra Banker, Charnes ve Cooper geliştirerek BCC yöntemini oluşturmuşlardır. BCC'nin başlangıçtaki amacı karar noktaları üzerinde sadece teknolojinin etkinliğini araştırmaktır ve aynı zamanda bir karar noktasının artıp artmadığını da gösterebilmektedir (Asosheh, Nalchigar ve Jamporazmey, 2010: 5934) .

Tedarikçi seçimi giderek şirketlerin başarısında önemini artıran bir süreç haline gelmiştir ve bu karmaşık süreç aşamalara bölünerek, konu daha detaylı incelenip yanlış seçim yapma riskini mümkün olduğunca aza indirmek hedeflenmektedir. Bu nedenle öncelikle şirketin ihtiyaçlarına göre karar vermek ön planda tutulmalı, tedarikçilerin tipleri bilinerek doğru tipte ve sayıda tedarikçiyi belirlemek karar aşamasının ilk adımı olmalıdır. Sonrasında bu tipte tedarikçilerin bilgi kaynakları iyi bilinerek tedarikçiye ulaşımdaki zaman kaybı en aza indirilmeli ve detaylı aşamalara ayrılmış bir seçim süreci izlenerek aceleye gelmekten kaçınılmalıdır. Son olarak yapılan seçimin finansal değerlendirilmesi yapılır ve genelde düşülen hatalar göz önünde bulundurulursa sağlıklı bir tedarikçi seçimi yapmak mümkün olabilmektedir.

### **1.7. TEDARİKÇİ SEÇİMİNDE YAPILAN HATALAR**

Tedarikçi seçilmeye çalışılırken elbette hatalar da yapılmaktadır. En sık yapılan hatalar ise aşağıdaki gibidir (Power, Clyde ve Bonifazi, 2006: 107-109) :

- **İhtiyaç Analizi Sürecini Cazip Görünen Bir Tedarikçiye Feda Etmek**

Burada yapılan hata şirketin kendi ihtiyaçlarını iyice analiz etmeden aslında ihtiyacına uymayan bir tedarikçiyle anlaşma yapmasıdır. Markalaşmış bir tedarikçi piyasa içinde iyi bilindiği için genelde bu tedarikçilerle anlaşma yapmak, hissedarları tarafından da olumlu karşılanır. Ancak çok bilinen bir tedarikçinin başarısız olması da markalaşmamış bir tedarikçiye göre oldukça fazla ses getirir ve piyasa içinde yayılır. Bu nedenle şirketin ihtiyaçlarına göre uygun tedarikçiyi bulmak ve piyasadaki yapılan anlaşmalara aldanmamak sürecin düzgün işlemesi açısından oldukça önemlidir.

- **Tedarikçiyi Sadece Düşük Maliyetli Olmasına Göre Belirlemek**

Maliyetin az olması tüm şirketlerce istenen bir durumdur, ancak tedarikçi seçiminde sadece maliyet tasarrufunu karar verici faktör yerine koymak, şirketi yanlışya düşürebilir. Tedarikçi- satın alan ilişkisi çok daha geniş kapsamlı incelenmeli ve rekabete katkı sağlayan itibar, geçmiş ve güvenilirlik gibi diğer faktörler de göz ardı edilmemelidir. En ucuz tedariki sağlayan tedarikçi en iyi tedarikçi demek değildir.

- **Zayıf Risk Değerlendirmesi**

Tedarikçiyi değerlendirirken risk analizini yeterli yapamamak yanlış seçim yapma riskini çoğaltır. Bu yüzden iyi risk analizi yapmak için tedarikçi hakkında iyi bilgi sahibi olunmalı, daha önce yaptığı iş ve anlaşmalar ve performansı iyi bilinmelidir. Her bir tedarikçiyi riskleri açısından karşılaştırarak karar vermek en sağlıklı yol olabilir.

- **Tedarikçi Seçim Sürecinin Aceleye Getirilmesi**

Zaman elbette ki her iş için çok değerlidir, ancak tedarikçi seçimini aceleye getirerek yanlış yapmanın yol açacağı maliyetler, zaman kaybının yol açacağından daha çok olabilir. Bu nedenle bütün faktörleri incelemeyen, örneğin bir tedarikçiyi sırf piyasada iyi bilinen bir marka olmasından dolayı seçmek, işin detayına inildiğinde aslında şirketin beklentilerine çok iyi uymaması sonucunu da verebilir.

- **Tedarikçiler Arasındaki Etkileşimin Yönetiminde Eksiklik**

Tedarikçiler seçilirken yeni seçilecek tedarikçi ile mevcut çalışılan tedarikçiler arasındaki yapısal farklılıklar göz ardı edilmemelidir. Bir işin dağıtımını çeşitli tedarikçiler arasında yapıldığında bu tedarikçilerin hem birbirleriyle bir işin parçası, hem de birbirlerinin rakibi oldukları unutulmamalıdır. Bu nedenle uyumlu çalışabilecek tedarikçilerin seçilmesi iş sürecinin sağlıklı yürümesi için oldukça önem taşır.

## **BÖLÜM 2.KARAR SÜRECİNDE KULLANILAN MATEMATİKSEL YÖNTEMLER**

Tedarikçi seçiminde tedarikçileri iyi tanımak kadar matematiksel yöntemlerden de yararlanmak iyi bir seçim yapmayı kolaylaştırmaktadır. Çalışmada kullanılan matematiksel yöntemler ise bulanık kümeler teorisine dayalı bulanık mantık, TOPSIS ve doğrusal programlamadır.

### **2.1. BULANIK KÜMELER TEORİSİ**

Bulanık kümeler teorisi Zadeh'in 1965 yılındaki kitabında geliştirmiş olsa da teori ilk olarak Max Black tarafından 1937 yılında ortaya konulmuştur (Yuan ve Clir, 1995: 3) . Bulanık mantık yönteminin iyi anlaşılabilmesi için bu yöntemin çıkış noktasından başlamak iyi olacaktır.

Bulanık kümeler teorisi temelinde klasik küme teorisine dayanır. Klasik küme teorisinin yeterli olmadığı durumlarda daha açıklayıcı olmak için geliştirilmiştir. Klasik küme teorisini kısaca hatırlamak gerekirse;

Klasik kümelerde bir birey o kümenin ya elemanıdır ya da değildir. Bu yüzden o bireyin hangi kümenin elemanı olduğunu ayırt etmek bu kadar kesin ve belirli sınırlarla ayrıldığı için çok kolaydır. Klasik küme teorisinde bir elemanın bir kümede aynı anda hem olması hem de olmamasına izin verilmez (Chen ve Pham, 2001:1) . Gerçek hayatta klasik küme teorisinin bir elemanın kısmen bir kümeye ait olmasını kabul etmediği için, problemler yeterince tanımlanamaz ve çözümlenemez.

Klasik kümeden bulanık kümeye geçiş noktası, bulanık kümenin kısmen ait olmaya elverişli olmasıdır. Bir eleman örneğin, A kümesinin elemanıyken belli özellikleri dolayısıyla B kümesinin de elemanı olabilmektedir. Oysa klasik küme teorisinde A kümesine ait ise asla B'de yer alamaz. Kısmen ne kadar ait? Sorusunu ise üyelik fonksiyonları açıklamaya yardımcı olur.

## 2.1.1. ÜYELİK FONKSİYONLARI VE ÜYELİK DERECELERİ

Üyelik dereceleri bir elemanın ait olduğu kümeye ne kadar ait olduğunu, bir başka deyişle özelliklerinin o kümeye ne kadar yakın olduğunu gösteren değerlerdir. Üyelik fonksiyonları ise elemanın kümeye dahil olması şartını gösteren matematiksel ifadelerdir.

Klasik kümelerde üyelik dereceleri sadece 0 ve 1'dir, bunun sebebi bir elemanın o kümeye ya tamamen ait olması ya da ait olmamasıdır. Eleman o kümeye ait ise üyelik derecesi 1, ait değil ise üyelik derecesi 0'dır. Bu kadar keskin ve net sınırlarla ayrılan üyelik fonksiyonu da aşağıdaki gibi gösterilebilir;

$$\mu_S(x) = \begin{cases} 1 & \text{eğer } x \in S, \\ 0 & \text{eğer } x \notin S, \end{cases}$$

“x” elemanın S kümesi için üyelik fonksiyonu (Chan ve Pham, 2001:5) .

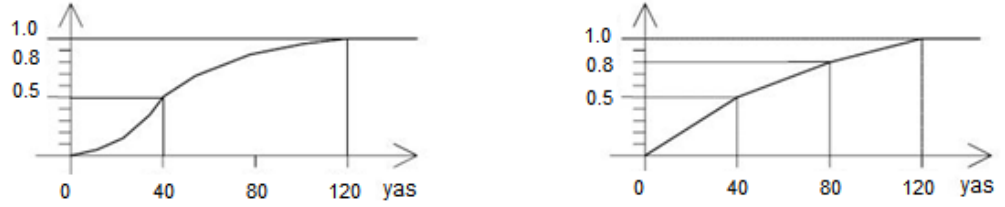
Bulanık kümelerde ise üyelik dereceleri negatif olmayan gerçek sayıların alt kümesi olan 0 ve 1 aralığında değişir (Kumar, Vrat ve Shankar, 2006:278) . Net olarak 0 ya da 1 olup olmadığı belli olmayan sözlü ifadelerde hiç istenmeyen ya da tam olarak istenen sonuca ne kadar yakın olduğunu gösteren üyelik dereceleri kullanılır.

Örneğin, S kümesini, her yaşta insanları kapsayan bir evrensel küme olarak düşünelim ve yaşlı insanları gösteren bir üyelik fonksiyonu yazıldığında,

$$\mu_S = \{x \in S | x \text{ yaşlı}\}$$

Bu durumda  $\mu_S$  bulanık bir kümedir, çünkü yaşlı ifadesinin tam olarak hangi yaş ifade ettiği belli değildir. Örneğin 40 yaşında bir insanın bu kümeye dahil olup olmadığı kesin olarak bilinemez, bu durumda ancak yaşlı tanımını alabilecek yaşların üyelik fonksiyonu çizilip 40 sayısına bir üyelik derecesi verilebilir. Bunun için de üst ve alt sınırlar belirlenerek başlanabilir, genelde kabul edilmiş bilgilere göre bir

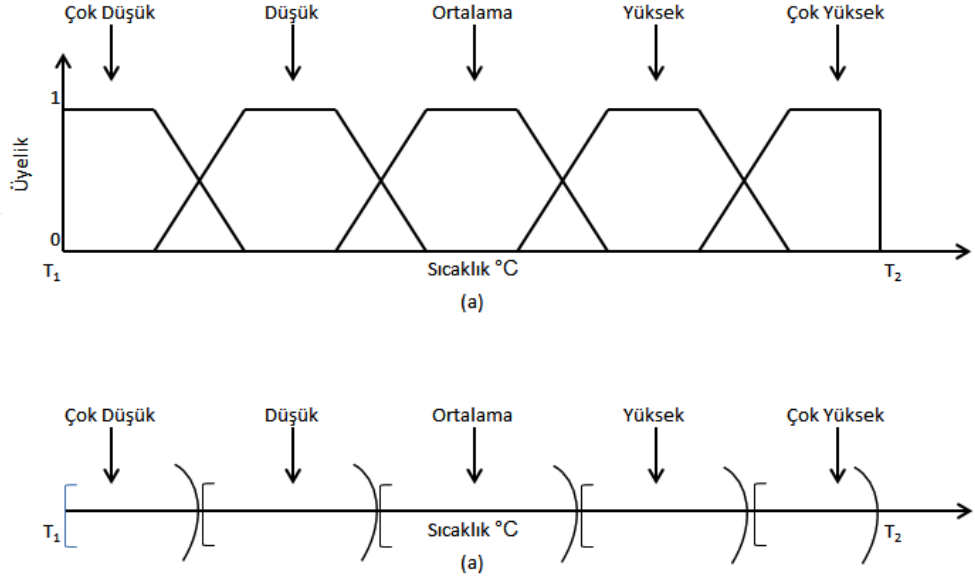
insana eğer 120 yaş ve üstündeyse “kesinlikle yaşlı” denilebilir. Aynı şekilde yeni doğmuş bir insana “kesinlikle genç” denilebilir. Bu durumda 120 yaş ve üstü grubun üyelik derecesi 1, yeni doğanların ise üyelik derecesi 0 olacaktır. En başta verilen 40 yaşa ise 0.5 gibi bir üyelik derecesi verilebilir, bunun anlamı ne hem yaşlı hem de yaşlı sayılmayacak bir yaş olabilmesidir. Aşağıda verilen şekildeki üyelik fonksiyonu, bize net olarak karar verilemeyen durumlarda düşünülen sayının en azından istenilen şekilde olup olmamasına ne kadar yakın olduğunu göstererek ona bir yer verme imkanını verir (Chen ve Pham, 2001:6)



**Şekil 2.1:** Üyelik fonksiyonları (Chen ve Pham, 2001:7)

Bulanık değerlerin önemi, durumlar arasındaki aşamalı geçişi kolaylaştırması ve bu sayede gözlem ve ölçümlerdeki belirsizliklerin üstesinden gelebilme olanağına sahip olmasıdır. Klasik kümelerin doğasında ise böyle bir olanak yoktur (Clir ve Yuan, 1995: 15). Aşağıdaki şekilde sıcaklık değerleri hakkında hem klasik hem de bulanık kümede oluşan üyelik fonksiyonları gösterilerek bulanık ve klasik kümeleri karşılaştırma olanağı bulunmaktadır. Bulanık değerler, sözlü ifadeleri içeren 5 adet bulanık kümelerdir; çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek. Bunlar T1 ve T2 değerleri arasında olarak 0 ve 1 arasında üyelik dereceleriyle tanımlanırlar.

$$[T1, T2] \rightarrow [0, 1]$$



**Şekil 2.2:**(a).Bulanık kümenin üyelik fonksiyonu (Clir ve Yuan, 1995:15)

(b).Klasik kümenin üyelik fonksiyonu

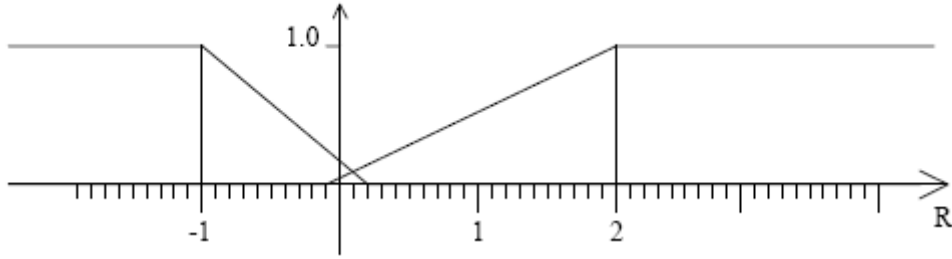
Şekil 2.2 (a) 'da bulanık kümeye göre bir üyelik fonksiyonu görülmektedir. Üyelik derecelerinin 1 ve 0 olduğu durumlar dışında, bu dereceler arasında değişen aşamalı geçişi gösteren yamuk şekiller vardır. Çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek değerleri kesin belirten yerler arasında kalırken, hem orta hem yüksek ya da hem çok düşük hem de düşük kalabilen yerlerin varlığı da kabul edilmekte ve değişik üyelik dereceleri ile ifade edilmektedir.

Şekil (b)'de ise klasik küme yaklaşımına göre bir üyelik fonksiyonu görülmektedir. Çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek olarak belirtilen değerler kesin çizgilerle birbirlerinden ayrılmış ve ayrıldıkları noktalarda boşluk bırakılmamıştır, bu sebeple şekil doğrusaldır. Sınır olan sıcaklık değerlerinin sol tarafının “)” sağ tarafının ise “[“ şeklinde olması sınır değerinin bir alt kümeye dahil olurken diğer alt kümeye dahil olma olanağının olmadığını göstermektedir.

Bulanık kümelerle klasik kümelerin bir başka farkı ise, bir bulanık alt küme şu iki bileşeni içerir; bir alt küme ve onunla ilişkili bir üyelik fonksiyonu. Bu özellik

bulanık kümeleri klasik kümelerden ayırır, çünkü klasik kümelerde bütün kümeler ve alt kümeler aynı ve tek üyelik fonksiyonuyla ilişkilidir (Chen ve Pham, 2001: 7) .

Bulanık kümeyi klasik kümelerden ayıran diğer bir fark ise bulanık kümelerdeki bir elemanın iki farklı üyelik fonksiyonunda iki farklı üyelik derecesiyle aynı anda yer alabilmesidir. Örneğin, “pozitif ve büyük sayılar” ve “negatif ve küçük sayılar” adında iki üyelik fonksiyonu düşünüldüğünde  $s = 0.1$  değerindeki elemanın ilk fonksiyondaki üyelik derecesi 0.095 olurken ikincisindeki üyelik derecesi ise 0.08 olabilmektedir.



**Şekil 2.3:**Bulanık sayıların pozitif ve negatif kümede üyelik derecesi (Chen ve Pham, 2001: 9)

Bu, bir sayının hem pozitif hem negatif sayılabilmesi ya da bir kişinin hem genç hem yaşlı sayılabilmesi gibi, klasik matematikte kabul edilmeyen ancak gerçek hayatta sık sık karşılaşılabilen bir durumdur.

### 2.1.2. BULANIK SAYILAR

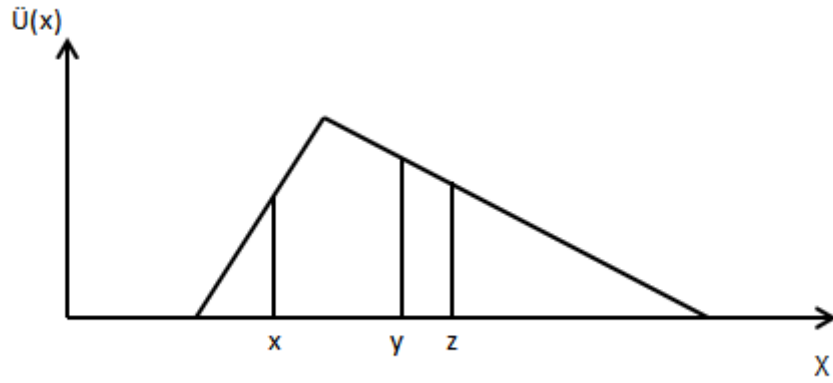
Bulanık bir kümenin bulanık bir sayı olabilmesi için aşağıdaki özelliklere sahip olması gereklidir;

- Bulanık küme normal bir bulanık küme olmalıdır.

Bulanık bir kümenin normal olması için üyelik fonksiyonunun en yüksek üyelik derecesi 1 olmalı ve en az bir elemanı 1 üyelik derecesini taşımalıdır. Bu koşul bulanık kümelerdeki üyelik fonksiyonlarının üyelik derecelerinin **[0,1]** aralığında değişmesinden kaynaklanmaktadır.

- Bulanık küme dış bükey bir bulanık küme olmalıdır.

Bulanık bir kümenin değişik elemanları  $x, y$  ve  $z$  olsun.  $x < y < z$  koşulunu sağlayan bu üç elemanda  $y$  'nin üyelik derecesi,  $x$  ve  $z$  arasından, küçük olan üyelik derecesinden daima büyük ise dış bükeylik koşulunu sağlar (Şen , 2004: 29) .



**Şekil 2.4:**Dış bükey bir üyelik fonksiyonu (Şen, 2004:29)

- Bulanık kümenin her bir  $\alpha$  kesimi gerçel sayı doğrusunun kapalı bir aralığında tanımlı olmalıdır.

Bulanık kümelerin  $\alpha$  kesimleri, herhangi bir  $\alpha$  değerindeki üyelik derecesine sahip sayıların oluşturduğu gerçel sayı doğrusundaki kapalı aralıktır. Örneğin “20 civarı yaşlar” adındaki  $S$  bulanık kümesi(ve sayısı) evrensel kümede  $[10,30]$  aralığında tanımlanabilir. Bu bulanık kümenin üyelik fonksiyonu ise aşağıdaki gibi olsun.

$$\mu_S(x) = \frac{1}{1+(x-20)^2}$$

$S$  kümesi için bir  $\alpha$  sayısı belirlensin.  $\alpha=0.5$  durumunda  $S$  kümesinin  $\alpha$  kesimini bulmak için üyelik fonksiyonu  $\alpha$  değerine eşitlenir.

$$\frac{1}{1+(x-20)^2} = 0.5$$

Bu denklem ikinci dereceden bir polinom olduğu için kökleri

$$x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{\Delta}}{2a}$$

formülünden hesaplanır. Bu durumda kökleri  $x_1=17$  ve  $x_2=23$  bulunur. Bunun anlamı **[17,23]** aralığındaki  $\alpha$  kesim kümesinin alt sınırının 17, üst sınırının 23 olduğunu ve bu sınır noktalarındaki üyelik derecesinin  $\alpha=0.5$  olduğunu göstermesidir (Özkan, 2003: 65) .

Örnekte verilen  $\alpha=0.5$  üyelik derecesinde **[17,23]** aralığının çıkması gibi, o kümenin bir bulanık sayı olabilmesi için alınan her  $\alpha$  değerinde de gerçel sayı doğrusunda bulanık sayıya ait kapalı bir sayı aralığı bulunmalıdır.

Bu üç koşul özetlenecek olursa, normal bir bulanık alt küme, üyelik fonksiyonu dış bükey olduğu ve üyelik derecesinin maksimum 1 değerini aldığı ve  $\alpha$  kesim kümesinin bulanık küme dahilinde kapalı bir aralıkta tanımlı olduğu takdirde “bulanık sayı”adını alır (Chen ve Pham, 2001: 42) .

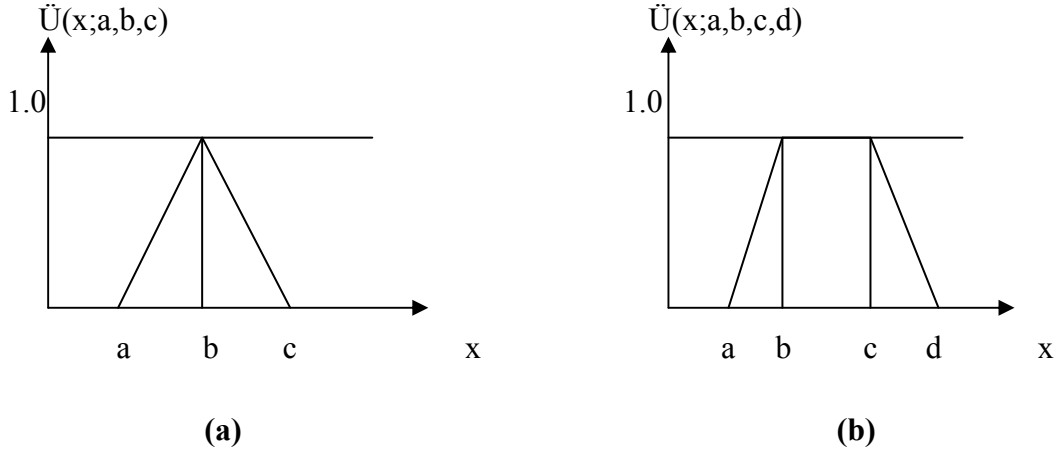
Aşağıdaki bulanık kümeler de aynı zamanda bulanık sayılardır;

$$\text{Yaklaşık } 5 = \{(3,2), (4,6), (5,1), (6,7), (7,1)\}$$

$$\text{Yaklaşık } 10 = \{(8,3), (9,7), (10,1), (11,7), (12,3)\}$$

Ancak **{(3,3), (4,1), (5,1), (6,7)}** bulanık kümeleri birer bulanık sayı değildir, çünkü üyelik dereceleri  $\mu(4)$  ve  $\mu(5)=1$ 'dir (Zimmerman, 1992: 58) .

Bulanık sayılar genelde iki çeşit olarak karşımıza çıkarlar. Bunlar üçgen bulanık sayı ve yamuk bulanık sayıdır. Çalışmada yamuk bulanık sayılar kullanılacaktır.



Şekil 2.5: a)üçgen b)yamuk bulanık sayılar (Şen, 2004: 61)

### 2.1.3. BULANIK SAYILARDA ARİTMETİK

Bulanık sayılar tek bir sayıyı değil, bir aralığı belirttikleri için aralıklı değişkenler için en genel yöntem olan aralıklı aritmetikte hesaplanırlar. Aralıklı aritmetiğin temeli reel sayılar kümesinde içinde verilen iki kapalı aralığın aynen skaler aritmetikteki gibi toplama, çıkarma, çarpma ve bölmesini gösteren aralık aritmetiğine dayanır. Skaler aritmetikteki toplama, çıkarma gibi temel operatörler aralık hesaplaması için genişletilerek uygulanır (Degrauwe, Lombaert ve Roeck, 2010: 248).

Örneğin  $A=[a_1, a_2]$  ve  $B=[b_1, b_2]$  reel sayılar kümesinde tanımlı iki kapalı aralık olsun. Bunları takiben, aralık aritmetiğinde şu eşitlikler geçerli olur (Bector ve Chandra, 2005: 40) :

- Toplama

Eğer  $x$ ,  $[a_1, a_2]$  aralığının ve  $y$ ,  $[b_1, b_2]$  aralığının birer elemanı iseler,  $(x+y)$ ,  $[a_1 + b_1, a_2 + b_2]$  kapalı aralığının bir elemanı olurlar. Bu nedenle  $A$  ve  $B$  kümesinin toplamı  $A(+ )B$  olarak gösterilir ve

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

olarak tanımlanır.

Örnek 2.1

$A=[5,7]$  ve  $B=[1,4]$  aralıklarının toplamı

$A(+ )B=[5 + 1,7 + 4] = [6,11]$  olur.

- Çıkarma

Eğer  $x, [a_1, a_2]$  aralığının ve  $y, [b_1, b_2]$  aralığının birer elemanı iseler,

$(x-y), [a_1 - b_2, a_2 + b_1]$  kapalı aralığının bir elemanı olurlar. Bu nedenle  $A$  ve  $B$  kümesinin farkı  $A(-)B$  olarak gösterilir ve

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

olarak tanımlanır.

Örnek 2.2

$A=[5,7]$  ve  $B=[1,4]$  aralıklarının farkı

$A(-)B=[5 - 4,7 - 1] = [1,6]$  olur.

- Çarpma

$A=[a_1, a_2]$  ve  $B=[b_1, b_2]$  olan iki kapalı aralığın çarpımı  $A(\cdot)B$  olarak gösterilir ve

$$\begin{aligned} A(\cdot)B &= [a_1, a_2] (\cdot) [b_1, b_2] \\ &= [\min(a_1 b_1, a_1 b_2, a_2 b_1, a_2 b_2), \max(a_1 b_1, a_1 b_2, a_2 b_1, a_2 b_2)] \end{aligned}$$

olarak tanımlanır.

Eğer bu aralıklar pozitif reel sayılar kümesinde tanımlıysa, yani negatif olmayan hat dahilindeyse, çarpma formülü

$A(\cdot)B=[a_1 b_1, a_2 b_2]$  şeklini alarak daha basit hale gelir.

Eğer  $A=[a_1, a_2]$  aralığı pozitif reel sayılar kümesinde tanımlanıyorsa, yine pozitif reel sayılar kümesinde tanımlanan bir  $k$  skaler sayısı ile çarpılmak istenirse,  $k$  sayısı  $[k, k]$  gibi bir kapalı aralıkta tanımlandığı varsayılır.

Bu durumda  $k$  sayısı ve  $A$  kapalı aralığının çarpımı,

$$k \cdot A = [k, k] (\cdot) [a_1, a_2] = [ka_1, ka_2] \text{ olur.}$$

Ayrıca,  $A=[a_1, a_2]$  aralığı pozitif reel sayılar kümesinde tanımlanıyorsa,  $A$  aralığında tanımlanan bir  $x$  sayısı olduğunda ve  $A$  aralığı  $0$  içermediği takdirde,

$$\left(\frac{1}{x}\right) \in \left[\frac{1}{a_2}, \frac{1}{a_1}\right] \text{ eşitliği geçerli olur.}$$

Böylece A aralığının tersi  $A^{-1}$  olarak gösterilir ve

$$A^{-1} = [a_1, a_2]^{-1} = \left[ \frac{1}{a_2}, \frac{1}{a_1} \right] \text{ olarak tanımlanır.}$$

Örnek 2.3

$A=[5,7]$  ve  $B=[1,4]$  aralıklarının çarpımı

$$A(\cdot)B = [\min(5.1, 5.4, 7.1, 7.4), \max(5.1, 5.4, 7.1, 7.4)]$$

$$= [\min(5, 20, 7, 28), \max(5, 20, 7, 28)] = [5, 28] \text{ olur.}$$

Örnek 2.4

$A=[5,7]$  aralığının  $k=8$  skaleriyle çarpımı

$$8 \cdot [5,7] = [8.5, 8.7] (\cdot) [5,7] = [8.5.5, 8.7.7] = [40, 56] \text{ olur.}$$

- Bölme

$A=[a_1, a_2]$  ve  $B=[b_1, b_2]$  olan iki kapalı aralığın bölümü  $A(\cdot)B$  olarak gösterilir ve

$[a_1, a_2]$  aralığı ile  $\left[ \frac{1}{b_2}, \frac{1}{b_1} \right]$  aralığının çarpımı gibi tanımlanır.  $[b_1, b_2]$  aralığının 0

içermemesi koşulu da unutulmamalıdır.

$$A(\cdot)B = [a_1, a_2] (\cdot) [b_1, b_2] = [a_1, a_2] (\cdot) \left[ \frac{1}{b_2}, \frac{1}{b_1} \right]$$

$$= \left[ \min \left( \frac{a_1}{b_2}, \frac{a_1}{b_1}, \frac{a_2}{b_2}, \frac{a_2}{b_1} \right), \max \left( \frac{a_1}{b_2}, \frac{a_1}{b_1}, \frac{a_2}{b_2}, \frac{a_2}{b_1} \right) \right]$$

Aynı şekilde A kapalı aralığının 0'dan farklı bir k skalerine bölünmesi

$$A(\cdot)k = [a_1, a_2] (\cdot) \left[ \frac{1}{k}, \frac{1}{k} \right] = \left[ \frac{a_1}{k}, \frac{a_2}{k} \right] \text{ olarak gösterilir.}$$

Örnek 2.5

$A=[5,7]$  ve  $B=[1,4]$  aralıklarının bölümü

$$A(\cdot)B = [5,7] (\cdot) [1,4] = [5,7] (\cdot) \left[ \frac{1}{4}, \frac{1}{1} \right]$$

$$= \left[ \min \left( \frac{5}{4}, \frac{5}{1}, \frac{7}{4}, \frac{7}{1} \right), \max \left( \frac{5}{4}, \frac{5}{1}, \frac{7}{4}, \frac{7}{1} \right) \right] = \left[ \frac{5}{4}, 7 \right] \text{ olur.}$$

Örnek 2.6

$A=[5,7]$  aralığının  $k=8$  skalerine bölümü

$$[5,7] (\cdot) 8 = [5,7] (\cdot) \left[ \frac{1}{8}, \frac{1}{8} \right] = \left[ \frac{5}{8}, \frac{7}{8} \right] \text{ olur.}$$

#### 2.1.4. BULANIK İLİŞKİLER

Bulanık ilişkileri anlatmadan önce klasik küme ilişkilerini bilmek, bulanık ilişkilerin anlaşılmasında yararlı olacaktır. Küme ilişkisi, iki ya da daha çok kümenin elemanlarının, diğer küme ya da kümelerin elemanlarıyla olan ya da olmayan karşılıklı bağlantıları ve etkileşimlerini gösterir. Bu ilişkileri, klasik küme ilişkilerinde kümelerin birbirleriyle bağlantısının olması ya da olmaması olarak, bulanık küme ilişkilerinde ise üyelik derecelerini dikkate alarak derecelendirmek mümkündür. Yani klasik ilişkiler aslında bulanık ilişkilerin kısıtlanmış bir şekli olarak sayılabilir (Klir ve Yuan, 1995: 119) .

Küme ilişkilerindeki her bir küme, o kümelerin yapılacak Kartezyen çarpımı kümesinin alt kümeleridir. Kartezyen çarpımı kümesi, iki kümenin elemanlarının bir araya getirme olasılığı olan alt kümelerinin oluşturduğu kümedir.

Örneğin  $A = \{a, b, c\}$  ve  $B = \{1, 2, 3\}$  kümelerinin oluşturduğu Kartezyen kümesi (R)

$A \times B = \{(a, 1), (a, 2), (a, 3), (b, 1), (b, 2), (b, 3), (c, 1), (c, 2), (c, 3)\}$  olacaktır.

Bulanık kümelerde Kartezyen çarpımları da klasik kümelerdeki gibidir. Yani  $A_1, A_2, \dots, A_n$  gibi kümeler  $U_1, U_2, \dots, U_n$ 'lerin bulanık alt kümeleri ise,  $A_1, A_2, \dots, A_n$  bulanık kümelerinin oluşturacağı Kartezyen kümesi,  $U_1 \times U_2 \times U_3 \dots \times U_n$  çarpımıyla oluşacak uzayın bulanık bir alt kümesi olacaktır. Kartezyen çarpımının üyelik fonksiyonu aşağıdaki gibi gösterilebilir (Lee, Jeon ve Lee, 1995: 407) ;

$$\mu_{A_1 \times A_2 \times \dots \times A_n}(y_1, y_2, \dots, y_n) = \mu_{A_1}(y_1) \cdot \dots \cdot \mu_{A_n}(y_n)$$

Kartezyen çarpımı yapılan kümelerdeki öğelerin sayılarının sonlu olması durumunda ilişkiler matris şeklinde de gösterilebilir. Bu matrislere ilişki matrisi adı verilir. Klasik ilişkilerde her biri Kartezyen kümesinin alt kümesi olan klasik ilişki kümeleri, istenilen şartı taşıyorlarsa “1”, taşıyorlarsa “0” değerini alır. Bulanık ilişkilerde ise bu durum üyelik dereceleriyle gösterilecektir.

Örnekteki kümelerin ilişki matrisi şu şekilde gösterilebilir:

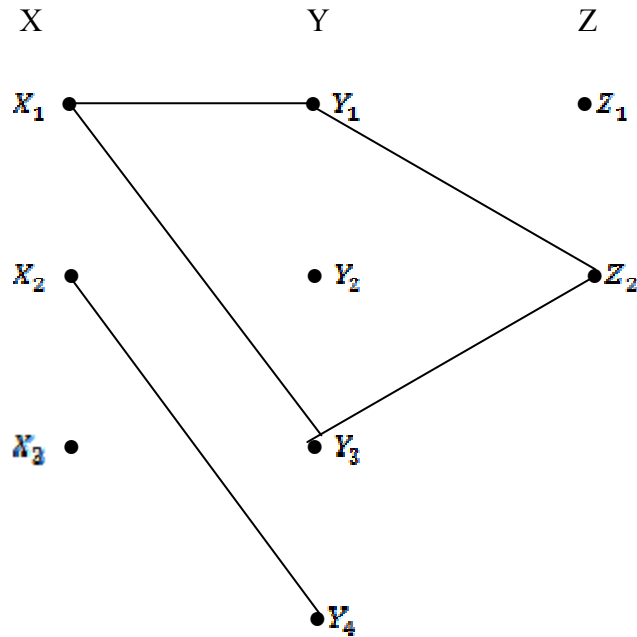
$$I = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Buradaki A ve B kümesinin ilişkili olduğu tüm kümeler gösterildiği için hepsi 1 olarak gösterilmiştir. Ancak buna örneğin “2’den büyük sayılar olmasın” gibi bir kısıt eklendiğinde, 2’den büyük sayıları içeren ilişki kümeleri 0 ile gösterilecektir.

$$R = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

### 2.1.5. İLİŞKİ GEÇİŞ MATRİSİ:

Az önceki örnekte iki küme arasındaki ilişkiyi incelenmiştir. Şimdi ise iki küme arasındaki ilişki, kümelerden birinin farklı bir kümeyle olan ilişkisine bağlanabilir mi? Sorusuna cevap aranacaktır. Yani X uzayından Y uzayına geçişi gösteren bir A ilişki matrisiyle, Y uzayından Z uzayına geçişi gösteren bir B ilişki matrisi arasında bağlantı kurulup, X uzayının Z uzayına geçişi gösterilebilecektir. İlişki geçiş matrislerinden önce, bu bağlantılar Sattigal diyagramı sayesinde basitçe gösterilebilir (Şen, 2004: 72) .



Şekil 2.6: X, Y ve Z uzaylarının elemanlarının Sattigal diyagramı (Şen, 2004:72)

Sattigal diyagramına göre,

X ve Y uzayının ilişkisini gösteren A matrisi:

$$A = \{(x_1, y_1), (x_1, y_2), (x_2, y_4)\}$$

Y ve Z uzayının ilişkisini gösteren B matrisi:

$$B = \{(y_1, z_2), (y_3, z_3)\}$$

X ve Z uzayının arasındaki geçişler ise,

$$X_1 - Y_1 - Z_2 \text{ ve } X_1 - Y_3 - Z_2 \text{ olmaktadır.}$$

Yine X ve Z gibi iki ilişki matrisinin birleşmesi için en büyük-en küçük(EB-EK) (max-min) işlemi yapılabilir. X ve Y matrisleri arasındaki ilişkiyi gösteren A matrisi ile, Y ve Z matrisleri arasındaki ilişkiyi gösteren B matrisinin birbirleriyle bağlanarak X ve Z matrisinin arasındaki ilişkiyi gösterdiği durumda oluşacak T matrisi:

$T = A \circ B$  notasyonu ile da gösterilip,

$$\mu_T(x, z) = V[\mu_A(x, y)] \wedge [\mu_B(y, z)] \text{ olarak ifade edilebilir.}$$

Yani X-Y matrislerinde üyelik dereceleri ve Y-Z matrisinde üyelik dereceleri ayrı ayrı incelenecek, kendi aralarında minimum tercih edildikten sonra X-Y ve Y-Z arasındaki üyelik derecelerinin maksimumu alınıp, bu üyelik derecesi X ve Z arasındaki ilişkiyi belirleyecektir.

Örnek 2.7

Aşağıda ilişki matrisleri verilen X-Y ve Y-Z uzaylarından, X-Z ilişki matrisini minimum-maksimum yöntemine göre bulmaya çalışılsın.

$$A = \begin{bmatrix} x_1 & y_1 & y_2 & y_3 & y_4 \\ x_2 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ x_3 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ x_4 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} y_1 & z_1 & z_2 \\ y_2 & 0 & 1 \\ y_3 & 1 & 0 \\ y_4 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\mu_S(x_1, z_1) = V[[\mu_S(x_1, y_1)] \wedge [\mu_S(y_1, z_1)], [\mu_S(x_1, y_2)] \wedge [\mu_S(y_2, z_1)], [\mu_S(x_1, y_3)] \wedge [\mu_S(y_3, z_1)], [\mu_S(x_1, y_4)] \wedge [\mu_S(y_4, z_1)]]$$

$$= V[(0 \wedge 0), (1 \wedge 1), (1 \wedge 0), (0 \wedge 0)] = V(0, 1, 0, 0) = 1$$

$$\mu_S(x_1, z_2) = V[[\mu_S(x_1, y_1)] \wedge [\mu_S(y_1, z_2)], [\mu_S(x_1, y_2)] \wedge [\mu_S(y_2, z_2)], [\mu_S(x_1, y_3)] \wedge [\mu_S(y_3, z_2)], [\mu_S(x_1, y_4)] \wedge [\mu_S(y_4, z_2)]]$$

$$= V[(0 \wedge 1), (1 \wedge 0), (1 \wedge 0), (0 \wedge 1)] = V(0, 0, 0, 0) = 0$$

$$\mu_S(x_2, z_1) = V[[\mu_S(x_2, y_1)] \wedge [\mu_S(y_1, z_1)], [\mu_S(x_2, y_2)] \wedge [\mu_S(y_2, z_1)], [\mu_S(x_2, y_3)] \wedge [\mu_S(y_3, z_1)], [\mu_S(x_2, y_4)] \wedge [\mu_S(y_4, z_1)]]$$

$$= V[(0 \wedge 0), (0 \wedge 1), (1 \wedge 0), (0 \wedge 0)] = V(0, 0, 0, 0) = 0$$

$$\mu_S(x_2, z_2) = V[[\mu_S(x_2, y_1)] \wedge [\mu_S(y_1, z_2)], [\mu_S(x_2, y_2)] \wedge [\mu_S(y_2, z_2)], [\mu_S(x_2, y_3)] \wedge [\mu_S(y_3, z_2)], [\mu_S(x_2, y_4)] \wedge [\mu_S(y_4, z_2)]]$$

$$= V[(0 \wedge 0), (0 \wedge 0), (1 \wedge 0), (0 \wedge 1)] = V(0, 0, 0, 0) = 0$$

$$\mu_S(x_3, z_1) = V[[\mu_S(x_3, y_1)] \wedge [\mu_S(y_1, z_1)], [\mu_S(x_3, y_2)] \wedge [\mu_S(y_2, z_1)], [\mu_S(x_3, y_3)] \wedge [\mu_S(y_3, z_1)], [\mu_S(x_3, y_4)] \wedge [\mu_S(y_4, z_1)]]$$

$$= V[(0 \wedge 0), (0 \wedge 1), (0 \wedge 0), (1 \wedge 0)] = V(0, 0, 0, 0) = 0$$

$$\mu_S(x_3, z_2) = V[[\mu_S(x_3, y_1)] \wedge [\mu_S(y_1, z_2)], [\mu_S(x_3, y_2)] \wedge [\mu_S(y_2, z_2)], [\mu_S(x_3, y_3)] \wedge [\mu_S(y_3, z_2)], [\mu_S(x_3, y_4)] \wedge [\mu_S(y_4, z_2)]]$$

$$= V[(0 \wedge 1), (0 \wedge 0), (0 \wedge 0), (1 \wedge 1)] = V(0, 0, 0, 1) = 1$$

$$\mu_S(x_4, z_1) = V[[\mu_S(x_4, y_1)] \wedge [\mu_S(y_1, z_1)], [\mu_S(x_4, y_2)] \wedge [\mu_S(y_2, z_1)], [\mu_S(x_4, y_3)] \wedge [\mu_S(y_3, z_1)], [\mu_S(x_4, y_4)] \wedge [\mu_S(y_4, z_1)]]$$

$$= V[(0 \wedge 0), (0 \wedge 1), (0 \wedge 0), (0 \wedge 0)] = V(0, 0, 0, 0) = 0$$

$$\mu_S(x_4, z_2) = V[[\mu_S(x_4, y_1)] \wedge [\mu_S(y_1, z_2)], [\mu_S(x_4, y_2)] \wedge [\mu_S(y_2, z_2)], [\mu_S(x_4, y_3)] \wedge [\mu_S(y_3, z_2)], [\mu_S(x_4, y_4)] \wedge [\mu_S(y_4, z_2)]]$$

$$= V[(0 \wedge 1), (0 \wedge 0), (0 \wedge 0), (0 \wedge 1)] = V(0,0,0,0) = 0$$

Bu durumda X ve Z uzayının ilişki matrisi olan T şu şekilde olur:

$$T = \begin{bmatrix} & z_1 & z_2 \\ x_1 & 1 & 0 \\ x_2 & 0 & 0 \\ x_3 & 0 & 1 \\ x_4 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

### 2.1.6. EŞ DEĞERLİK İLİŞKİLERİ

Bulanık ilişkiler aşağıdaki koşulları sağladığında eş değerlik söz konusu olabilir. A uzayındaki bir E bulanık ilişkisi eğer (Ciric, Ignjatovic ve Bogdanovic, 2007:1298) ;

- Yansıyabilirlik :  $E(x,x) = 1$  koşulunu sağlıyorsa ve her  $x \in A$ 'nın elemanı ise yansıyabilirlikten söz edilebilir.
- Simetriklik :  $E(x,y) = E(y,x)$  koşulunu sağlıyorsa ve her  $x$  ve  $y \in A$ 'nın elemanı ise simetriden söz edilebilir.
- Geçişlilik :  $E(x,y) = \lambda_1$  ve  $E(y,z) = \lambda_2$  ve  $E(x,z) = \lambda_3$  olduğunda  $\lambda_3 \geq \min(\lambda_1, \lambda_2)$  koşulunu sağlıyorsa geçişlilikten söz edilebilir.

Yansıyabilen, simetrik ve geçişli bir bulanık ilişki eş değerlik ilişkisi adını alır. A 'nın üzerindeki eş değerlik ilişkisi E, A 'nın elemanı olan her hangi birer (x,y) ikilisinde  $x = y$  bulanık eşitliği adını alır.

$E(x,y) = 1$  yani  $x = y$  şeklinde gösterilir.

Aynı şekilde E, A üzerinde bir eş değerlik ilişkisi olsun. A 'nın elemanı

olan her bir a sayısı A 'nın bulanık alt kümesi olan  $E_a$  'yı gösterebilir.

$E_a(x) = E(a,x)$  her bir  $x \in A$  koşulunda  $E_a$ , eş değerlik sınıfı adını alır ve a elemanı tarafından belirlenir. (Ciric, Ignjatovic ve Bogdanovic, 2009: 1957) .

Bulanık küme ilişkileri de klasik küme ilişkilerini temel alır. Klasik kümelerdeki işlemlerden tek farkı, ilişki matrislerinde 0 ve 1 gibi değerler yerine her elemanın üyelik derecesinin kullanılmasıdır.

## 2.2. TOPSIS

Topsis yöntemi (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) çok kriterli ve çok seçenekli durumlarda kullanılan karar verme yöntemlerinden biridir. 1981 yılında Hwang ve Yoon tarafından geliştirilmiştir . Bu yöntemin temel prensibi, seçeceğimiz alternatifin pozitif ideal çözüme en yakın ve negatif ideal çözüme en uzak olan alternatif olmasıdır. (Chen ve Tsao, 2007: 1410) . İdeal çözüme ulaşmak tamamen mümkün olmayabileceği için ideale en yakın, yani en olması istenilen çözüm ve ideale en uzak, yani en olması istenilmeyen çözümler belirlenerek seçilecek alternatifin bunlara uzaklığına göre karar verilir. Bu uzaklıklar da alternatifler için başta verilmiş olan öncelikler ve puanlardır. Topsis, insanların belirlediği göreceli öncelikler ve puanlamaların yarattığı, tek bir kümeyle ait veya net olmayan ifadelerden yararlanır ve bu şekilde tek ve kesin bir ideal sonuca ulaşmayı zorunlu kılmadığından bulanık mantıkla çok uyumlu kullanılan bir yöntemdir. Çünkü topsisde de aynı bulanık mantıkta olduğu gibi tek bir ideal doğru yoktur, o doğruya tamamen ulaşamayacağını kabul ederek ona en yakın doğruya ulaşmayı hedefler. “Bulunan sonuç ya idealdir ya değildir” ifadesi yerine “Bulunan sonuç ideale en yakın olmalıdır” ifadesiyle bulanık mantıktaki gibi, bir kümeyle kısmen de ait olunabileceğini söylenmektedir.

### 2.2.1. TOPSIS UYGULAMA ADIMLARI

Topsis süreci 8 adımdan oluşmaktadır; önce kriter ve ağırlıklar belirlenir, ardından normalizasyon adımları yapılır, pozitif-negatif ideal çözüme olan uzaklıklar hesaplanır ve son olarak yakınlık katsayıları hesaplanarak en uygun alternatife karar verilir.

#### **Kriter Ve Alternatiflerin Ağırlıklarının Belirlenmesi**

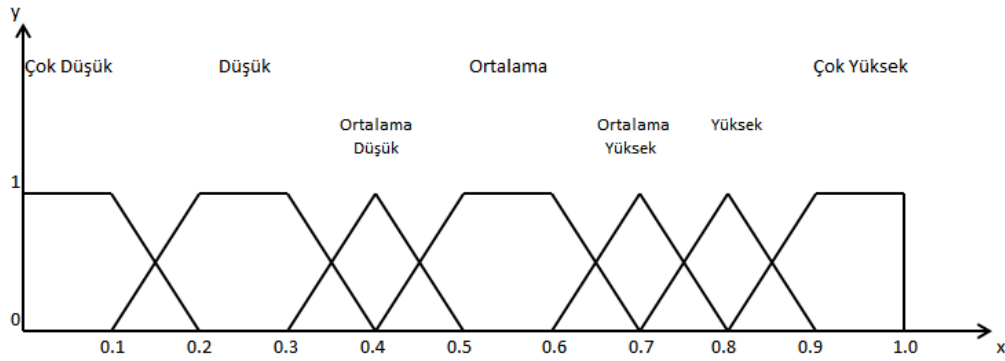
Öncelikle problem tanımlanır; alternatifler ve kriterler belirlenir. Her karar vericinin her kritere bakış açısı farklı olacağı için kriterleri kendi önceliklerine göre önem ağırlıkları hesaplanır. Klasik yöntemde kriterler en önemli kriter birinci sıraya, en önemsizi ise sonuncu sıraya konularak sıralanır ve aşağıdaki denklem sayesinde önem ağırlıkları belirlenir.

$$w_j = \frac{\frac{1}{r_j}}{\sum_{k=1}^n \frac{1}{r_k}}$$

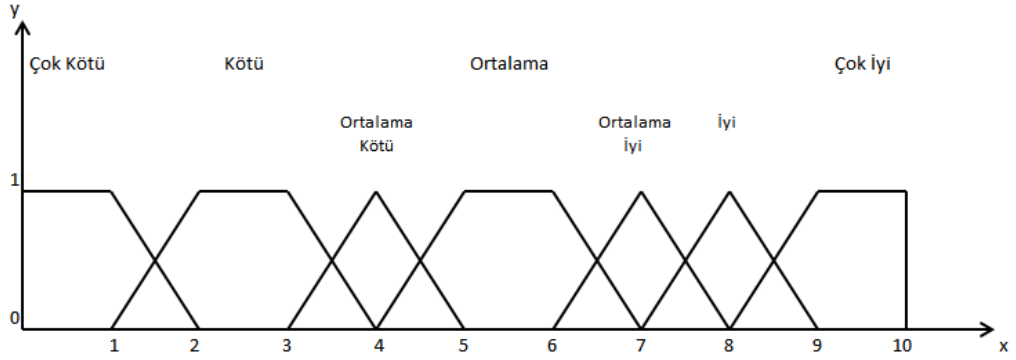
Sıralanmış kriterlerin önem ağırlıklarının hesaplanması

Çalışmada kullanılan esas kriteri sıralayan yöntem ise kişinin tam olarak ne ifade ettiği kesin olmayan, “çok düşük, düşük, ortalama-düşük, orta, ortalama-yüksek, yüksek ve çok yüksek” bulanık ifadeleridir. Bulanık ifadelerin her biri bir bulanık sayıyla gösterilir ve her birinin ayrı bir üyelik fonksiyonu vardır. Buradaki ifadeler ise yamuk şeklinde bulanık sayılar oluşturacaktır (Kelemenis ve Askounis, 2010: 5002) .

Aynı şekilde sıra alternatifleri değerlendirmeye geldiğinde bu ifadeler “çok zayıf, zayıf, ortalama-zayıf, ortalama, ortalama-iyi, iyi ve çok iyi” olmaktadır (Roghianian, Rahimi ve Ansari, 2010: 3757) .



**Şekil 2.7:**Kriterlerin önem ağırlıklarının sözle ifadesi(Guneri, Yucel ve Ayyildiz, 2009:9225)



Şekil 2.8: Alternatiflerin puanlamalarının sözle ifadesi(Guneri, Yucel ve Ayyildiz, 2009:9225)

Kriterler ve alternatiflere verilen ağırlık ve puanlar yukarıdaki gibi belirlendikten sonra karar matrisi oluşturmaya geçilebilir.

### Karar Matrislerinin Oluşturulması

Her bir karar vericinin herhangi bir kritere ne kadar önem verdiğini ya da her bir alternatife kaç puan verdiğini net bir şekilde gösterecek karar matrisleri hazırlanır.

$$\bar{D}^k = \begin{matrix} & x_1 & x_2 & \dots & x_j & \dots & x_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_i \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} \bar{x}_{11}^k & \bar{x}_{12}^k & \dots & \bar{x}_{1j}^k & \dots & \bar{x}_{1n}^k \\ \bar{x}_{21}^k & \bar{x}_{22}^k & \dots & \bar{x}_{2j}^k & \dots & \bar{x}_{2n}^k \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ \bar{x}_{i1}^k & \bar{x}_{i2}^k & \dots & \bar{x}_{ij}^k & \dots & \bar{x}_{in}^k \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ \bar{x}_{m1}^k & \bar{x}_{m2}^k & \dots & \bar{x}_{mj}^k & \dots & \bar{x}_{mn}^k \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Karar matrisinde satırdaki A harfleri alternatifleri, sütunlardaki X 'ler ise karar vericilerin puanlarını göstermektedir. Bu puanlar ise yöneticilere yapılan anketler yoluyla elde edilebilir (Sadi-Nezhad ve Damghani, 2010:1034) . Karar matrisinin oluşturulması sonrasında toplama işlemine geçilir.

## Toplama

İlk iki adım sonunda her karar verici için ayrı ayrı kriterlerin önem ağırlıkları ve alternatiflerin puanları oluşmuştur. Toplama yapmaktaki amaç, farklı karar vericilerin fikirlerini tek bir karar verici varmış gibi birleştirerek problemin karmaşıklaşmasını önlemektir. Şüphesiz ki bu bütünleşmeyi yaparken her bir kriterin ağırlığında o kriteri ağırlıklandıran karar vericilerin etkileri farklı olacaktır. Bu durum alternatiflerin puanlanmasında da geçerlidir. Böylece minimum ve maksimum değerler arasındaki farklar göz ardı edilmeyecek ve ortaya tüm kişilerin iradesini mümkün olduğunca ideale yakın yansıtacak değerler çıkacaktır.

Uygulamada kullanılacak veriler kişilerin bulanık ifadeleri olacağı için kriterlerin ağırlıkları da, alternatiflere verilen puanlar da dörtgen bulanık sayılar ortaya çıkacaktır. Bu bulanık sayılarda toplama şu şekilde yapılır;

$R=(a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}, d_{ij})$  alternatiflere verilen puanı gösteren R bulanık sayısında toplama yapmak için her bir kişinin oluşturduğu R bulanık sayısının her hanesi ayrı ayrı işlem görür ve sonunda tek bir dörtgen bulanık sayıya ulaşılır.

$$R^* = (a_{ij}^*, b_{ij}^*, c_{ij}^*, d_{ij}^*)$$

$$a_{ij}^* = \min_k \{a_{ij}^k\}$$

$$b_{ij}^* = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K b_{ij}^k$$

$$c_{ij}^* = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K c_{ij}^k$$

$$d_{ij}^* = \max_k \{d_{ij}^k\}$$

Aynı şekilde ağırlıkların toplanması için;

$$W^* = (w_{j1}^*, w_{j2}^*, w_{j3}^*, w_{j4}^*)$$

$$w_{j1}^* = \min_k \{w_{j1}^k\}$$

$$w_{j2}^* = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K w_{j2}^k$$

$$w_{j3}^* = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K w_{j3}^k$$

$$w_{j4}^* = \max_k \{w_{j4}^k\}$$

Örneğin bir otelde 5 farklı müşteriye yapılan ankette hizmet kalitesiyle ilgili bir soru sorulduğunda seçilebilecek şıklar “zayıf, ortalama, iyi ve çok iyi” olsun. Bu şıkların ifade ettiği bulanık sayılar da;

Zayıf (1,2,2,3)

Ortalama (3,4,5,6)

İyi (6,7,7,8)

Çok iyi (8,9,10,10) olmak üzere müşterilerin cevapları;

	M1	M2	M3	M4	M5	
Puanlar (R)	ortalama	zayıf	iyi	iyi	ortalama	olsun.

Bu durumda toplama işlemini yapıldığında ortaya çıkacak sonuç;

$$R^* = (a_{ij}^*, b_{ij}^*, c_{ij}^*, d_{ij}^*)$$

$$a_{ij}^* = \min_k \{a_{ij}^k\} = \min(3,1,6,6,3) = 1$$

$$b_{ij}^* = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K b_{ij}^k = \frac{(4+2+7+7+4)}{5} = 4.8$$

$$c_{ij}^* = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K c_{ij}^k = \frac{(6+2+7+7+6)}{5} = 5.2$$

$$d_{ij}^* = \max_k \{d_{ij}^k\} = \max(6,3,8,8,6) = 8$$

Bu işlemlerin sonucunda 5 müşterinin de kararlarını yansıtacak toplanmış sonuç

$$R^* = (1,4.8,5.2,8) \text{ olacaktır.}$$

## Normalizasyon

Normalizasyon, karar matrisinde yer alan alternatiflere verilen puanların bir standarda konulması için yapılan bir işlemdir. Her alternatifi kıyaslamak için genelde normalizasyon sonrası bir vektör oluşur ve 0 ile 1 arasında pozitif bir değer alırlar. Bu sayede karar matrisinde bulunan farklı ölçümleri hesaplamaktan kaynaklanan problemler giderilmiş olur.

Karar matrisinde verilen bulanık ifadelerin sonucunda tek bir ağırlık vektörü oluşturmak için, ağırlık vektörü de normalize edilmelidir, aksi halde karar matrisinden sonsuz sayıda ağırlık vektörü türetilir. Böylece ağırlık vektörleri kıyaslanamaz hale gelir. Normalize etme işlemi belirsiz ve bulanık sayıları küçültmek için de gereklidir. Üstelik bu işlem bulanık sayıların ağırlıklı vektörünü hesaplamayı da kolaylaştıracaktır (Wang ve Elhag, 2006: 2456) .

Sık kullanılan normalizasyon Yöntemleri:

- Vektör normalizasyonu

$$v_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}}$$

Vektör normalizasyonunda her bir sayı bütün sayıların kareleri toplamının kareköküne bölünerek bir standartlaşma yakalamaya çalışılır.

- Doğrusal normalizasyon

Önceki adımda toplanmış puanlar aşağıdaki gibi normalize edilir (Chu ve Lin, 2009: 10872) ;

$$v_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j^*} \quad x_j^* = \max_i(x_{ij}) \text{ kar kriterinde}$$

$$v_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j^*} \quad x_j^* = \min_i(x_{ij}) \text{ maliyet kriterinde}$$

Doğrusal normalizasyonda amaç, matematiksel hesaplamalardaki karmaşıklığı önlemek üzere çok sayıda kriterleri birbirleriyle karşılaştırılabilen iki kritere indirmektir. Bu kriterler genelde kar ve maliyet olarak seçilir çünkü biri maksimum

olduğunda, biri de minimum olduğunda en memnun edecek tercih yapılmış olacaktır. Karın maksimum, maliyetin minimum olması ideale en yakın durumdur (Shih, Shyur ve Lee, 2007: 805) .

Kar kriterinde her bir sayı matristeki en büyük sayıya bölünür. Maliyet kriterinde ise matristeki en küçük sayı her bir sayıya bölünür.

Normalizasyonu bir örnekle anlatmak gerekirse;

4 tane karar vericinin 4 kriteri (1,10)puan aralığında değerlendirmesiyle oluşan karar matrisi aşağıdaki gibi olsun.

	C1	C2	C3	C4
A1	4	5	5	10
A2	8	4	6	8
A3	5	8	3	4
A4	10	7	7	6

Vektör normalizasyonuna göre;

$$v_{11} = \frac{x_{11}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}} = \frac{4}{\sqrt{(4^2 + 8^2 + 5^2 + 10^2)}} = 0.27$$

	C1	C2	C3	C4
A1	0.27	0.4	0.45	0.68
A2	0.55	0.32	0.55	0.54
A3	0.34	0.64	0.27	0.27
A4	0.69	0.56	0.64	0.4

Aynı örneği doğrusal normalizasyonda karı göz önüne alarak yapılırsa,

$$v_{11} = \frac{x_{1j}}{x_j^*} = \frac{4}{10} = 0.4$$

	C1	C2	C3	C4
A1	0.4	0.5	0.5	1
A2	0.8	0.4	0.6	0.8
A3	0.5	0.8	0.3	0.4
A4	1	0.7	0.7	0.6

Maliyet göz önüne alınarak da aynı şekilde karar matrisi normalize edilebilir.

Topsis, kriterlerdeki karakterleri normalize edilmiş bulanık performans

matrisleri elde etmek için kullanır ve sonra tüm kriter ağırlıklarını çarparak ağırlıklı normalize edilmiş matrise ulaşmaya çalışır (Wang, Cheng ve Kun-Cheng, 2009: 380)

### Ağırlıklı Normalizasyon

Bu adımda normalize edilmiş karar matrisi elemanları, her bir matrisin değişen önemine göre belirlenen ağırlık vektörüyle çarpılır. Böylece alternatiflere verilen puanlarda kriterlere verilen önem göz ardı edilmemiş olur.

Ağırlıklı normalize edilmiş matris  $V = [V_{ij}]_{m \times n}$   $i = 1, 2, \dots, m$   $j = 1, 2, \dots, n$

Şeklinde gösterilir ve  $V_{ij} = v_{ij}(\cdot)w_j$ 'dir. Ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi ortaya çıkınca pozitif ve negatif ideal çözümler hesaplanabilir.

### Pozitif Ve Negatif İdeal Çözümlerin Hesaplanması

İdeal çözüm, tüm kriterler göz önüne alındığında seçilen alternatifin bu kriterleri ideal seviyelerde yerine getirmesidir. Bu ideal çözüm tam olarak mümkün olmayabilir, bu nedenle ideal çözüme en yakın çözümler bulunmaya çalışılır. Pozitif ideal çözüm ideal çözüme en yakın, negatif ideal çözüm ise ideal çözüme en uzak noktayı işaret eder. Genelde pozitif ideal çözüme en yakın nokta ile negatif ideal çözüme en uzak nokta aynı noktayı ifade eder. Ancak bu iki çözümün farklı olduğu durumlar da olabilir. Pozitif ve negatif ideal çözümler ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisinden yararlanılarak belirlenir.

Pozitif ideal çözüm:

$$A^+ = (v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+) \quad v_j^+ = \max\{v_{ij}\} \text{ kar söz konusu olduğunda,}$$

$$v_j^+ = \min\{v_{ij}\} \text{ maliyet söz konusu olduğunda}$$

$$i=1,2,\dots,m$$

Karar matrisindeki her bir kriterin bulunduğu sütunlardaki bulanık sayılar ayrı ayrı incelenir. Herhangi bir kriterin altındaki her bir bulanık sayı arasında dördüncü elemanı en büyük olan sayının o elemanı alınarak o kriter için bir pozitif ideal çözüm, yine bulanık bir sayı şeklinde belirlenir.

Negatif ideal çözüm:

Belirleme mantığı pozitif olanla aynıdır, bu kez her bir kriter altındaki en küçük eleman dikkate alınarak bir bulanık sayı oluşturulur.

$$A^- = (v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-) \quad v_j^- = \min\{v_{ij}\} \text{ kar söz konusu olduğunda,}$$

$$v_j^- = \max\{v_{ij}\} \text{ maliyet söz konusu olduğunda.}$$

Örneğin aşağıdaki ağırlıklı normalize edildiği varsayılan karar matrisine göre pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözümleri belirlensin.

	C1	C2	C3
A1	(0.33,0.48,0.55,0.77)	(0.4,0.63,0.82,1)	(0.49,0.7,0.77,0.9)
A2	(0.49,0.6,0.65,0.81)	(0.64,0.82,0.92,1)	(0.56,0.78,0.89,1)
A3	(0.49,0.7,0.75,0.9)	(0.56,0.75,0.88,1)	(0.45,0.67,0.88,1)
A4	(0.33,0.46,0.56,0.77)	(0.4,0.66,0.72,0.9)	(0.35,0.56,0.72,0.9)

Bu matrise göre pozitif ve negatif ideal çözümler

$$A^+ = [(0.9,0.9,0.9,0.9), (1,1,1,1), (1,1,1,1)]$$

$$A^- = [(0.33,0.33,0.33,0.33), (0.4,0.4,0.4,0.4), (0.35,0.35,0.35,0.35)]$$

olarak belirlenir.

### Alternatiflerin Pozitif-Negatif İdeal Çözümle Aralarındaki Mesafelerin Hesaplanması

Alternatifler ile pozitif-negatif ideal çözümler arasındaki mesafelerin hesaplanması, temelde iki nokta arasındaki mesafeyi hesaplamada kullanılan Pisagor yöntemine dayanır. Pisagor yöntemini kısaca hatırlamak gerekirse;

$A(x_1, y_1)$  ve  $B(x_2, y_2)$ , A ve B sayıları arasındaki mesafe

$$= \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \text{ şeklinde hesaplanır.}$$

Söz konusu birkaç elemanlı bulanık sayılar olduğunda Chen'in, Pisagor'u temel alan köşe(vertex) metodu kullanılır.(Chen, 2000: 4)

Üçgen bulanık sayılarda mesafeler;

$A=(m_1, m_2, m_3)$  ve  $B=(n_1, n_2, n_3)$  üçgen bulanık sayıları arasındaki mesafe

$$= \sqrt{\frac{1}{3} [(m_1 - n_1)^2 + (m_2 - n_2)^2 + (m_3 - n_3)^2]}$$

olarak hesaplanır.

Dörtgen bulanık sayılarda mesafeler;

$A=(m_1, m_2, m_3, m_4)$  ve  $B=(n_1, n_2, n_3, n_4)$  dörtgen bulanık sayılar arasındaki mesafe

$$= \sqrt{\frac{1}{4} [(m_1 - n_1)^2 + (m_2 - n_2)^2 + (m_3 - n_3)^2 + (m_4 - n_4)^2]}$$

olarak hesaplanır.

Çalışmada dörtgen bulanık sayılar arasındaki mesafe formülü kullanılacaktır.

Bu formüller sayesinde pozitif ve negatif ideal çözümlere olan uzaklıklar aralık değerlerine uygulanarak hesaplanabilecektir. Böylece aralıkları bulanıklıktan klasik veriye dönüştürmeye gerek kalmayacağı için veriler arasında bilgi kaybı önlenilecektir (Ashtiani ve diğerleri,2009: 457) .

6.adımdaki örneğe göre alternatiflerin pozitif ve negatif ideal çözümlerden uzaklığı aşağıdaki gibidir;

$$d(A_1, A^*)_{C1} = \sqrt{\frac{1}{4} [(0.33 - 0.9)^2 + (0.48 - 0.9)^2 + (0.55 - 0.9)^2 + (0.77 - 0.9)^2]}$$

$$= 0.4$$

	C1	C2	C3
$d(A_1, A^*)$	0.4	0.36	0.32
$d(A_2, A^*)$	0.28	0.2	0.25
$d(A_3, A^*)$	0.24	0.26	0.33
$d(A_4, A^*)$	0.4	0.37	0.41

Negatif ideal çözüme uzaklıklar da aynı şekilde hesaplanabilir.

### Yakınlık Katsayısı Belirlenmesi ve En Uygun Alternatifin Seçimi

Bir önceki adımda her bir alternatifin pozitif ideal çözüme ve negatif ideal çözüme uzaklığını ayrı ayrı hesaplanmıştı. Şimdi ise her bir alternatifin hem pozitif hem de negatif ideal çözüme olan yakınlığını gösteren bir yakınlık katsayısı hesaplanır. Böylece bu katsayılar kullanılarak alternatifler sıralanır ve seçim yapılabilir.

Yakınlık katsayısı  $CC_i = \frac{d_i^+}{d_i^+ + d_i^-}$  olarak hesaplanır (Sun,2010:7748). Buradaki  $d_i^+$ , i'ninci alternatifin pozitif ideal çözüme,  $d_i^-$  ise negatif ideal çözüme olan

uzaklığını gösterir ve her bir alternatifin bütün kriterlerdeki uzaklıklarının toplamlarıyla elde edilmişlerdir.

6 ve 7.adımlardan yararlanarak örnek bir yakınlık katsayısını göstermek gerekirse;

$$A_1 \text{ için } CC_1 = \frac{1.08}{1.08+1.08} = 0.48 \text{ olacaktır.}$$

Diğer alternatifler için de yakınlık katsayıları hesaplanarak aralarında en büyük değer, en uygun alternatif olarak seçilir.

Yakınlık katsayısı 0 ve 1 arasında yer alan pozitif bir değerdir. Chen'e göre yakınlık katsayısı belli aralıklarda sınıflandırılabilir(Chen, Lin ve Huang, 2006:296) ;

**Tablo 2.1:**Yakınlık katsayılarının sınıflandırılması (Chen, Lin ve Huang, 2006: 296)

Yakınlık katsayısı ( $CC_i$ )	Değerlendirme
$CC_i \in [0,0.2)$	Önerilmez
$CC_i \in [0.2,0.4)$	Yüksek riskle önerilir
$CC_i \in [0.4,0.6)$	Düşük riskle önerilir
$CC_i \in [0.6,0.8)$	Kabul edilebilir
$CC_i \in [0.8,1]$	Kesinlikle kabul edilir

Yakınlık katsayısı sıralaması aslında pozitif ideal çözüme en yakın, negatif ideal çözüme en uzak nokta anlamına gelmektedir, böylece TOPSIS aslında iki tane çıkış noktası verir (Jahanshahloo, Hosseinzadeh ve Davoodi, 2009: 1138) . Sonuç olarak alternatifler TOPSIS yöntemiyle yakınlık katsayısının sıralaması yapılarak en yüksek değerdeki yakınlık katsayısını veren alternatif seçilir. Ancak elimizde sadece tek yakınlık katsayısı olduğunda Chen'in tablosuna bakılarak da bir karar verilebilir.

### 2.2.2. ÖRNEK BİR TOPSIS UYGULAMASI

İstanbul Üniversitesi Üretim Bilim dalına yüksek lisans yapmak üzere başvuran beş öğrenciden biri seçilecektir. Bu seçim Ales sınav puanı 100 tam puan, mezuniyet notu 4.00 tam puan, ve mülakat notu 100 tam puan üzerinden değerlendirilecektir. Beş alternatif ve üç kriterin ağırlıkları ve aldıkları puanlar aşağıda gösterilmiştir. Bu uygulama TOPSIS'i basitçe özetleyen bir uygulamadır, tek bir karar verici karar verdiği için ve ağırlıklar önceden belli olduğundan kümeleme aşamasına gerek duyulmadan normalizasyonla başlanabilir.

**Tablo 2.2:** Alternatifler ve kriterlerin puan ve ağırlıklarının gösterilmesi

<b>Kriterler</b>	<b>ALES puanı</b>	<b>Mezuniyet notu</b>	<b>Mülakat notu</b>
<b>Adaylar</b>			
Deniz	85	3.8	90
Esin	80	3.5	90
Tuğba	74	2.75	80
Kübra	90	2.9	75
Ahmet	76	3.6	78
<b>Ağırlıklar</b>	0.5	0.2	0.3

Puanlar normalize edilir.

**Tablo 2.3:**Normalize edilmiş puanlar

<b>Kriterler</b>	<b>ALES puanı</b>	<b>Mezuniyet notu</b>	<b>Mülakat notu</b>
<b>Adaylar</b>			
Deniz	0.94	0.04	1
Esin	0.88	0.03	1
Tuğba	0.82	0.04	0.88
Kübra	1	0.03	0.83
Ahmet	0.84	0.4	0.86

Ağırlıklı normalizasyon yapılır.

**Tablo 2.4:**Ağırlıklı normalize edilmiş puanlar

<b>Kriterler</b>	<b>ALES puanı</b>	<b>Mezuniyet notu</b>	<b>Mülakat notu</b>
<b>Adaylar</b>			
Deniz	0.47	0.008	0.3
Esin	0.44	0.006	0.3
Tuğba	0.41	0.008	0.264
Kübra	0.5	0.23	0.249
Ahmet	0.42	0.008	0.258

Pozitif ve negatif ideal çözümler belirlenir.

$$A^* = (0.47, 0.23, 0.3)$$

$$A^- = (0.41, 0.006, 0.249)$$

Alternatiflerin pozitif ve negatif ideal çözümlerden uzaklıkları hesaplanır.

$$d^+ A = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2}$$

$$=(0.221, 0.225, 0.232, 0.059, 0.231)$$

A1, A2, A3, A4, A5

$$d^- A = (0.078, 0.059, 0.014, 0.241, 0.01)$$

A1, A2, A3, A4, A5

Yakınlık katsayıları belirlenir.

$$CC_1 = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-}$$

$$CC_{A_1} = 0.26$$

$$CC_{A_2} = 0.207$$

$$CC_{A_3} = 0.056$$

$$CC_{A_4} = 0.8$$

$$CC_{A_5} = 0.041$$

Yakınlık katsayıları sıralandığında dördüncü aday olan Kübra seçilir.

## 2.3. DOĞRUSAL PROGRAMLAMA

### 2.3.1. GİRİŞ

Optimizasyonun kökeni çok sayıda karışık karar verme ve dağıtma problemini analiz etme ihtiyacından gelir. Optimizasyon mantığına göre bir karar verme problemi, birbirleriyle ilişkisi olan belirli sayıda değerlerin seçimini içerir ve optimizasyon, dikkatli bir biçimde amaca odaklanarak performansı ve kararın kalitesini ölçer. Bu

amaç fonksiyonu maksimize ya da minimize edilmek isteniyor olabilir ve kısıtları karar değişkeni değerlerinin seçimini sınırlandırmaya maruz bırakır (Luenberger ve Ye, 2008: 1) .

Doğrusal programlama kavramı ilk olarak Sovyet matematikçisi A.N.Kolmogorov tarafından 2.Dünya Savaşı yıllarında geliştirilmiştir (Timor, 2001: 1) .

### **2.3.2. DOĞRUSAL PROGRAMLAMANIN DAYANDIĞI VARSAYIMLAR**

Doğrusal programlamada problemin çözümünde temel alınan bazı varsayımlar vardır.

#### **Doğrusallık**

Doğrusallık varsayımı, amaç fonksiyonundaki her hangi bir değişkenin amaç fonksiyonuna olan etkisinin kendinde olacak değişim oranı kadar olması gerektiğine dayanır, bu nedenle bu yaklaşıma oransallık da denir. Örneğin bir gömlek üretiminin maliyeti 4 TL ise 100 gömlek üretmenin maliyeti de  $(4 \times 100 = 400)$  TL olacaktır (Öztürk, 2005: 37) . Aynı şekilde kısıtlardaki her faaliyet kısıtlayımın oranı, faaliyet oranıyla ilişkilidir. Doğrusallık varsayımı üretimde girdi ve çıktılar arasında doğrusal bir ilişki olduğunu gösterir.

#### **Toplanabilirlik**

Faaliyetlerin birbirini etkilemediği varsayımdır. Yani tüm faaliyetlerden elde edilecek kazanç her bir faaliyetten ayrı ayrı elde edilecek kazançların toplamına eşittir (Özkan, 2005: 10) .

#### **Bölünebilirlik**

Bölünebilirlik varsayımında her bir karar değişkenleri ayrı faaliyetleri belirttikleri için faaliyetlerin kesirli değerlerle de çalışabileceğini belirterek, değişkenlerin kesirli değerler almasına izin verilir (Öztürk, 2005: 37) .

### **Kesinlik**

Kesinlik varsayımında modelin bütün parametrelerinin ve sağ taraf sabitlerinin bilindiği ve sabit kalacakları varsayılır. Ancak özellikle fiyat gibi ekonomiye bağlı olarak sürekli değişebilen bir unsurda gerçek hayatta kesinlik varsayımı mümkün olmayabilir (Timor, 2001: 4) .

### **Negatif Olmama**

Negatif olmama varsayımına göre ekonomide negatif üretim yapılması mümkün olmadığına göre üretim düzeyi ve karar değişkenleri de negatif olamaz (Özkan, 2005: 10) . Yani 0'a eşit veya 0'dan büyük değerler almak zorundadır.

### **2.3.3. SİMPLEKS METODU**

Doğrusal programlama yaparken bu çalışma için gerekecek kısım simpleks algoritmasıdır. Simpleks algoritması 1947 yılında G. Dantzig tarafından tasarlanmış ve doğrusal programlamada sık kullanılan bir metod haline gelmiştir. Binlerce değişken ve kısıt simpleks yardımıyla çözülebilir (Karloff, 2009 :23) .

Simpleks metodunda öncelikle bir amaç fonksiyonu ve onu sınırlayan kısıtlar bulunur. Amaç fonksiyonu maksimizasyon ya da minimizasyon şeklinde olabilir. Örneğin kar getirebilecek değişkenlerde maksimizasyon, maliyet getirebilecek değişkenlerde ise minimizasyon halini alır. Kısıtlar ise amaç fonksiyondaki değişkenlerin belli koşullarda belli bir miktarı aşmamasını ya da en az belli bir miktar olarak yer almasını isteyen sınır denklemleridir. Böylece optimum çözüm bulunurken kısıtların sınırlamasına da bağlı kalınır.

Örneğin z adlı minimizasyonu istenen amaç fonksiyonunun  $x_1, x_2$  değişkenleri olsun.

$$\text{Minimize } z = -x_1 - 2x_2$$

$$\text{Kısıtlar } -2x_1 + x_2 \leq 2$$

$$-x_1 + 2x_2 \leq 7$$

$$x_1 \leq 3$$

$$x_1, x_2 \geq 0$$

Simpleks metoduna geçebilmek için öncelikle eşitsizlikler yok edilmeli ve eşitliklere dönüştürülmelidir. Bu işlemi yapmaya problemi standart hale getirme adı verilir ve standart hale getirmek için her bir kısıta aylak değişkenler eklenir.

Problemin standart hali:

$$\text{Minimize } z = -x_1 - 2x_2$$

$$\text{Kısıtlar } -2x_1 + x_2 + x_3 = 2$$

$$-x_1 + 2x_2 + x_4 = 7$$

$$x_1 + x_5 = 3$$

$$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 \geq 0$$

Böylece kısıtlar eşitlik haline gelmiştir ve artık simpleks çözüme geçilebilir. Buradaki  $x_3, x_4, x_5$  aylak değişkenlerdir (Griva, Nash ve Sofer, 2009: 126) .

Bu işlemin sonrasında simpleks başlangıç tablosu hazırlanır. Başlangıç tablosunda amaç fonksiyonunun katsayıları, temel ve aylak değişkenlerin katsayıları ve denklemdaki sağ taraf sabitleri bulunur. Aşağıdaki amaç fonksiyonu ve kısıtlara göre yapılan simpleks başlangıç tablosu aşağıdaki gibidir (Timor, 2001: 31) :

Amaç fonksiyonu

Standart hale gelmiş denklem

$$\text{Maksimize } z = 6x_1 + 7x_2$$

$$\text{Kısıtlar } 2x_1 + 3x_2 \leq 120 \quad \rightarrow \quad 2x_1 + 3x_2 + x_3 = 120$$

$$2x_1 + x_2 \leq 80 \quad \rightarrow \quad 2x_1 + x_2 + x_4 = 80$$

$$4x_1 + 4x_2 \leq 400 \quad \rightarrow \quad 4x_1 + 4x_2 + x_5 = 400$$

$$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 \geq 0$$

**Tablo 2.5:**Başlangıç simpleks tablosu( Timor, 2001: 31)

Amaç fonksiyonu		6	7	0	0	0	
katsayıları ( $c_j$ )							
Değişkenler		$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	
Temel değişken	Amaç fonk.katsayısı						Sağ taraf sabiti
$x_3$	0	2	3	1	0	0	120
$x_4$	0	2	1	0	1	0	80
$x_5$	0	4	4	0	0	1	400
$(c_j - z_j)$		6	7	0	0	0	0

Başlangıç tablosu hazırlandıktan sonra

- $(c_j - z_j)$  satırındaki maksimum pozitif değerli değişken çözüme girer. Bu değişkenin bulunduğu sütun anahtar sütun adını alır.
- Çözümünden çıkacak değişkeni bulmak için sağ taraf sabitleri anahtar sütunun elemanlarına bölünür. Negatif olmayan değerler içinde minimum olan seçilir. Bu satır anahtar satır adını alır. Anahtar sütun ile anahtar satırın kesiştiği elemana ise anahtar eleman adı verilir.
- Anahtar satırın yeni değerlerinin hesaplanması için anahtar satırın tamamı anahtar elemana bölünür.
- Diğer tablo değerleri de çeşitli matris işlemleriyle hesaplanır.
- $(c_j - z_j)$  değerleri yeniden hesaplanır. Bu satıra ait yeniden hesaplanmış değerlerin tamamı küçük eşit 0 ise tablo optimumdur. Eğer değilse optimum çözüme ulaşmak üzere adımlar tekrar edilir (Timor, 2001: 39) .

## BÖLÜM 3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Literatürde tedarikçi seçimi yapmak için geliştirilen birçok model ve hazırlanmış birçok çalışma bulunmaktadır. Öncelikle tezin kullandığı ana yöntemlerdeki yapılan çalışmalar ayrı ayrı incelenmiş, sonrasında da çeşitli yöntemlerin birlikte uygulandığı çalışmalara yer verilmiştir. Kullanılan yöntemlere göre ayrılmış literatürdeki tedarikçi seçimi yaklaşımları aşağıdaki gibi incelenebilir.

### 3.1. BULANIK MANTIK

Sarkar ve Mohapatra (2006) çalışmalarında tedarikçi seçiminin performans ve kabiliyet adındaki iki önemli kriterini dikkate almışlardır. Çünkü performansın bir tedarikçinin başarısı üzerindeki kısa dönem etkilerini, kabiliyetin ise uzun dönemdeki etkilerini yansıtacağı varsayılmıştır. Bulanık küme teorisi, tedarikçilerin çok sayıda karakteristik özelliklerindeki belirsizlikleri hesaplamada kullanılmıştır. En iyi iki tedarikçi dört adet performansa bağlı, on adet de kabiliyete bağlı faktöre göre değerlendirilerek seçilmesini sağlayan bir model geliştirilmiştir.

Florez-Lopez (2007) çalışmasında güvenilirlik, sorumluluk, teknik yardımda yeterlilik gibi nitel veriler ve fiyat, teslimat süresi, teslimat hata sayısı gibi nicel veriler kullanmıştır. Bu veriler satış müdürlerine yaptırılan anketler sayesinde 84 adet özellikten en çok önemsenen 14 tanesi seçilerek alınmıştır. Ölçülemeyen veriler bulanık mantık sayesinde sayısallaştırılmıştır. Bu puanlamalara göre de uygun tedarikçi seçilmeye çalışılmıştır.

Hsu, Chiang ve Shu (2010) tedarikçi seçiminde kaliteye dayalı bir yol izlemişler ve bulanık kalite verileriyle çalışmışlardır. Seçilmesi önerilen tedarikçiler, bulanık tercih ilişkisi sıralamasına göre seçilmişlerdir. Bu yöntem bir dokunmatik ekran alımında uygulanmıştır.

Zhang ve diğerleri (2009) çalışmalarında nicel veya nitel faktörlerin sözlü ifadeleri bulanık mantık yardımıyla sayısallaştırmış ve bulanık kümelerin benzerlik dereceleri ile olasılıkları, aday tedarikçilerin sıralamasını belirlemede kullanılmışlardır. 4 adet karar verici tarafından, 6 adet aday tedarikçi ürün kalitesi, servis kalitesi, zamanında teslimat ve fiyat kriterine göre değerlendirilmiştir. Bu sözlü değerlendirmeler bulanık

kümelere dönüştürülmüş, sonrasında ise benzerlik ve olasılık matrisleri oluşturularak en iyi tedarikçiyi seçmek üzere sıralama yapılmıştır.

Kaya ve Kahraman (2010) çalışmalarında tedarikçi seçimine süreç performanslarına bağlı endeksleri kullanarak farklı bir bakış açısı getirmişlerdir. Bu endeksler yeni bir karar verme aracına dönüştürülmüştür. Süreç kontrolünde hedeflenen değerden sapmaları gösteren ve bunlara işaret eden proses hata endeksi üçgen ya da yamuksal bulanık sayılar olarak tanımlanmıştır. Bu endekse göre tedarikçi seçimi yapılmıştır.

### **3.2. DOĞRUSAL PROGRAMLAMA**

Talluri ve Narasimhan (2003) aday tedarikçiler arasında performans ölçümünü ele almışlardır. Karar vericiler tarafından hedef ölçümler konulmuştur ve bu hedeflere karşılık her tedarikçinin performansını maksimize ve minimize edecek iki adet doğrusal programlama modeli kurulmuştur. Uygulaması da bir ilaç firmasında yapılmıştır.

Sawik (2010) çalışmasında tedarikçiler arasındaki sipariş dağıtımını problemini ele almış ve bunu tek ya da çok hedefli tam sayılı programlamayla ifade etmiştir. Tedarikçi seçimi fiyat, mal kalitesi ve teslimat süresi dikkate alınarak yapılmıştır. Hatalı siparişlerde risk, bütün tedarikçilerin siparişteki hata oranlarının ortalaması da olabilecek maksimum kabul edilir bir oran belirlenerek korunmaya çalışılmıştır. Sonrasında indirim yapan tedarikçiler de göz önüne alınmıştır.

Erol ve Feller (2009) çalışmalarında satın alma işleminde nitel ve nicel değişkenleri dahil ederek tam zamanında alım ve toplam verimli bakım tekniklerini kullanmışlardır. Sonrasında net maliyeti, net hataları ve net geç siparişleri minimize eden üç hedefli bir hedef programlama modeli kurulmuştur. Çelik endüstrisinde bir firmada uygulanmıştır.

Yücel ve diğerleri (2009) çalışmalarında müşteri odaklı talebe göre ürün sınıflandırması ve stok planlaması sorunu analiz etmişler ve bu sorun için üç model kurmuşlardır. Bunların birincisinde müşterinin yer değiştirmesi ihtimali ihmal edilmiş, ikincisinde tedarikçi seçimi kararı dışarıda tutulmuş, diğerinde de raf yeri limitleri ihmal edilmiştir. Bu modeller ayrı ayrı sayısal deneylerle analiz edilmiştir.

Bu analizlerin sonucu modellerde yapılan varsayımların oldukça verimsiz sınıflandırmalara yol açtığı görülmüştür. Talep değişkenliğinin ve yer değiştirmenin maliyetinin optimum sınıflandırma ve tedarikçi seçimi kararları üzerindeki etkileri ve optimum gelire etkileri ayrıca araştırılmıştır. Perakendecilere optimum sınıflandırmayı yapmaları ve beklenen karı maksimize etmelerine yardımcı olmak için model oluşturulmuştur.

Huang ve diğerleri (2010) çalışmalarında ortaklıklardaki optimum partnerleri belirlemek ve ilgili kaynak dağılımını optimum sağlamak üzere çok amaçlı bir model kurmuşlardır. Uygulama servis endüstrisinde bir firmada yapılmıştır. Üç aday tedarikçinin amaç olarak karı, kaliteyi ve müşteri memnuniyetini maksimize etmeleri istenmiştir. Kısıtlar ise malzeme, kanal ve reklam olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak kaynak dağıtımının tedarikçi seçimi üzerinde kilit bir rol oynadığı ve ortaklık anlaşmalarında göz ardı edilmemesi gerektiği vurgulanmıştır.

### **3.3. TOPSIS**

Roghanian, Rahimi ve Ansari (2010) Topsis metodunun toplama aşamasıyla ilgili bir çalışma yapmışlardır. Toplama aşaması topsis metodundan önce ve sonra uygulandığında sonucun ne kadar farklı olacağı araştırılmıştır. Önce yapılan toplamada kriterlerin ağırlıkları ve adayların puanları hemen toplama yapılarak tek bir sayı ifade eder hale getirilmiş, ardından toplanmış değerlere topsis metodu uygulanmıştır. Sonra yapılan toplama yaklaşımında ise topsis yöntemi direkt uygulanmış, sonrasında elde edilen pozitif ve negatif ideal çözümler toplama işleminden geçirilmiş ve yakınlık katsayıları hesaplanmıştır. Sonuç olarak başlangıçta yapılan toplama işleminin daha hızlı ve tercih edilen bir yaklaşım olduğuna karar verilmiştir.

Boran ve diğerleri (2009) çalışmalarında tedarikçi seçiminde kullanılacak topsis yönteminin yanı sıra sezgisel bulanık ağırlıklı ortalama işlemi kullanarak öncelikle karar vericilerin fikirlerini tek bir ortak fikirde toplamayı amaçlamışlardır. Uygulaması otomotiv sektöründe bir şirkette yapılmış, 5 aday tedarikçi ürün kalitesi, iş ilişkileri, teslimat performansı ve fiyat olmak üzere 4 kritere göre

değerlendirilmiştir. Kriterlerin ağırlıkları belirlendikten sonra topsisin kalan aşamaları izlenerek en uygun tedarikçi seçilmeye çalışılmıştır.

### **3.4. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ**

Yu, Ting ve Chen (2010) tedarikçi seçimi yapmak üzere tedarikçilerin performanslarını kıyaslamak için bir simülasyon çalışması yapmışlardır. Bu çalışma için farklı bilgi paylaşımı senaryoları kurulmuş ve bunların etkinliğini ölçmek için de veri zarflama analizinden yararlanılmıştır. Literatürde önceki çalışmalara göre söylenen mümkün olduğunca çok miktarda bilgi paylaşımının karı artıracığı görüşüne karşın, bu çalışmanın sonuçları talep konusunda bilgi paylaşımını destekleyen senaryonun en etkili olduğu gösterilmiştir. Ayrıca kapasite ve stok bilgilerinin paylaşımının da yararlı olacağı söylenmektedir ancak sadece bunlardan birini veya ikisini, talep bilgisi paylaşımı olmaksızın paylaşıldığında eksik bilgidен yola çıkan anlaşmazlıkların ortaya çıkacağı ve etkinliğin bozulacağı savunulmuştur.

### **3.5. DURUM TABANLI ÇIKARSAMA**

Choy ve diğerleri (2005) çalışmalarında tedarikçi seçimini, aday tedarikçilerin geçmişteki performanslarına bakarak seçmeyi uygun görmüşler ve durum tabanlı çıkarsama yöntemini kullanmışlardır. Tedarikçilerle daha önce yapılan işler dosyalarda saklanmış ve birbirleriyle rakip olanlar ve işbirliği içinde çalışanlar olarak iki kategoriye ayrılmıştır. Modelin adımları ise tedarikçinin gereksinimlerini belirlemek, bu gereksinimleri sınıflandırmak, sınıflandırılmış özellikler arasındaki benzerlikleri hesaplamak, hesaplanmış dosyaları sıralamak ve sıralandıktan sonra karar vermek olarak yapılmıştır.

### **3.6. LİTERATÜRDE KARŞILAŞILAN DİĞER KARMA MODELLER**

Uygulamanın temelinde kullanılan bulanık mantık, TOPSIS ve doğrusal programlamanın dışında, tedarikçi seçiminde kullanılan ve literatürde sık karşılaşılan diğer modeller de incelenmiştir.

### **Bulanık Mantık- Analitik Hiyerarşi Prosesi**

Lee (2009) çalışmasında tedarikçileri değerlendirmek üzere kar, fırsatlar, maliyetler ve riskleri içerik alan bir bulanık analitik hiyerarşi modeli kurmuştur. Bulanık bilgiler altında bir analitik yaklaşım çizerek tedarikçileri değerlendirmek amaçlanmıştır. Hesap uzmanlarından alınan bulanık ifadelerle göre bu faktörlerin tedarikçi-şirket ilişkilerine olumlu ve olumsuz etkileri tanımlanmış ve tedarikçiler arasında bir performans sıralaması yapılmıştır. Uygulaması Taiwan'da TFT-LCD üreten bir şirkette, şirketin gün geçtikçe sektördeki artan rekabet karşısında en uygun tedarikçiyle çalışılmasının önemini fark etmesi üzerine yapılmıştır.

### **Bulanık Mantık - Analitik Network Prosesi**

Önüt, Kara ve Işık (2009) , Türkiye 'de GSM sektöründe bir firmadan alınan bulanık verilerle tedarikçi değerlendirmesi yapmışlardır. Bulanık ifadeler üçgen bulanık sayılara dönüştürülmüş ve ardından topsis uygulaması yapılmıştır. Kriterler maliyet, referanslar, ürün kalitesi, teslimat zamanı, işi yerine getirme süresi ve kurumsallık olarak belirlenmiş ve 6 adet aday tedarikçi saptanmıştır. Kriterlerin ağırlıkları bulanık-analitik network prosesi kullanılarak ikili karşılaştırmalar yapılmıştır. Gerisinde topsis adımları uygulanarak ideal çözümlere benzerlik karşılaştırılmasına gidilmiştir.

### **Bulanık Mantık- Doğrusal Programlama**

Wu ve diğerleri (2010) tedarikçi seçiminde bir bulanık-doğrusal programlama modeli geliştirerek risk faktörlerini dikkate alan bir seçim yapmaya çalışmışlardır. Üç aşamadan oluşan ve geçmiş nitel ve nicel verilere dayalı bir tedarik zinciri simülasyonu yapılmıştır. İlk aşamada 10 adet tedarikçi maliyet, kalite kabul seviyeleri ve teslimat süresi olmak üzere 3 adet nicel değişkenle, ekonomik şartlar ve tedarikçi puanları olan nitel değişkenlerle göz önüne alınmıştır. İkinci aşamada organizasyon ve karar verme sistemi kurgulanmıştır. Son aşamada ise 10 adet müşteri karar vermişlerdir. Amaç fonksiyonu kısıtlarla beraber MATLAB programıyla çözülmüştür. Sonuç olarak tedarikçi seçimine nitel kriterler dahil edildiğinde kesin bir tedarikçinin seçilme olasılığının etkilendiği öne sürülmüştür.

### **Bulanık Mantık- Topsis**

Awasthi, Chauhan ve Goyal (2010) , tedarikçilerin çevresel performanslarını değerlendirmek üzere bir bulanık çok kriterli model kurmuşlardır. Model üç aşamadan oluşturulmuştur. İlk aşamada tedarikçilerin çevresel performansını gösterebilecek 12 adet kriterler belirlenmiştir. Bu kriterler çevresel dost teknoloji kullanımı, çevresel dost materyel kullanımı, yeşil piyasa paylaşımı, yeşil organizasyonlarda ortaklık, yönetimde sorumluluk, çevresel politikara bağlılık, yeşil projeler, personel eğitimi, zayıf proses planlaması, çevresel düzenleme ve çevre kirliliğini önleme olarak belirlenmiştir. Kriterler B kar ve C maliyet gruplarında düşünülmüş, daha çok olmasının daha iyi olacağı kriterler B grubuna, daha az olmasının daha iyi olacağı kriterler de C grubuna dahil edilmiştir. Bu kriterler arasında tümü B grubuna dahil edilmiştir. İkinci aşamada karar vericiler tarafından sözlü ifadelerle 12 kriter ve 4 aday tedarikçi değerlendirilmiştir. Sonrasında bu sözlü ifadeler bulanık sayılara dönüştürülmüş ve gerisinde topsis süreci uygulanarak pozitif ve negatif ideal çözümlere uzaklıklarla en uygun tedarikçi seçilmiştir.

### **Bulanık Mantık- Analitik Hiyerarşi Prosesi- Topsis**

Wang, Cheng ve Kun-Cheng (2009) çalışmalarında Chen'in topsis yönteminde kullanılan uzaklık hesaplama yöntemini kolaylaştırmaya çalışmışlardır. Belirsizlikler incelenirken Chen'in pozitif ve negatif ideal çözüm olarak gösterdiği 0 ve 1 sayılarından farklı olarak kriter ağırlıkları hesaplanmıştır. Bulanık ifadeler bulanık sayılara dönüştürülmüş, bu sayılarla yapılan bulanık hiyerarşi prosesiyle her bir kriterin ağırlığını hesaplamak üzere bir hiyerarşik yapı oluşturulmuştur. Sonrasında topsis kriterleri normalize edilmiş bir performans matrisi kurmak üzere kullanılmıştır. Pozitif ve negatif ideal çözümlere olan uzaklıklar hesaplanmış ve son olarak Öklit uzaklık formülüne göre uzaklıklar hesaplanarak üç aday arasında sıralama yapılmıştır.

### **Durum Tabanlı Çıkarılma-Bulanık Mantık-Doğrusal Programlama**

Faez, Ghodsypour ve O'Brien (2009) çalışmalarında tedarikçi seçimini yapmak için durum tabanlı çıkarılma, bulanık mantık ve doğrusal programlama yöntemlerini

birlikte kullanmışlardır. Önceki seçimlerden bilgi almak ve mevcut probleme en çok benzeyen problemi bulmak amacıyla durum tabanlı çıkarsama, kriterleri belirlerken kullanılan belirsiz ifadeleri sayısallaştırma gücüne karşın bulanık mantık ve son olarak talep, tedarikçi kapasitesi gibi gerçek kısıtlarla optimum seçimi yapmak üzere doğrusal programlama kullanılmıştır.

### **Topsis-Analitik Network Prosesi**

Shyur ve Shih (2006) tedarikçi seçiminde önce analitik network prosesinden, sonra da topsis yönteminden yararlanmışlardır. Oluşturulan modelin aşamaları aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

- 1.Adım. Tedarikçi seçimi için gerekli olan kriter tanımlanır.
- 2.Adım. Kriterle olan karşılıklı bağımlılık doğrulanır.
- 3.Adım. Kriterin ağırlığı belirlenir.
- 4.Adım. Tedarikçiler değerlendirilir.
- 5.Adım. Satın alma işlemi için anlaşmaya gidilir.

Problemde değerlendirmeye alınan 7 kriter, zamanında teslimat, ürün kalitesi, fiyat/maliyet, teknoloji, müşteriye duyulan sorumluluk, profesyonellik, tedarikçiyle olan iletişim kalitesi olarak belirlenmiştir. Kriterlerin ağırlıklandırılmaları analitik network prosesi yöntemiyle, sonrasında oluşan karar matrisleri ise TOPSIS yöntemiyle oluşturulup sonuca gidilmiştir. Sonuç olarak önerilen modelin rakip tedarikçileri karşılıklı bağımlı olarak kriterlerdeki performanslarına göre sıralamasının tedarikçi seçiminde pratik bir süreç olduğu kanaatine varılmıştır.

### **Veri Zarflama Analizi-Analitik Hiyerarşi Prosesi**

Ramanathan (2007) tedarikçi seçiminde veri zarflama analizini tedarikçilerin performansını toplam maliyet yaklaşımı ve analitik hiyerarşi prosesiyle elde edilen nitel ve nicel bilgilere göre değerlendirmek üzere kullanmıştır. Maliyetler girdi değerleri olarak, AHP ağırlıkları da çıktı değerleri olarak veri zarflama analizi içinde yer almıştır.

## **BÖLÜM 4.UYGULAMA**

### **4.1. GİRİŞ**

Uygulamanın amacı, tedarikçi seçiminin bulanık mantık, topsis ve doğrusal programlama gibi matematiksel yöntemleri kullanarak yapılabileceğini göstermektir. Bunun için öncelikle inşaat sektöründeki bir şirketle çalışılmış ve gerçek veriler alınmıştır. Devamında gerçek hayattaki verileri kullanarak yukarıdaki yöntemler uygulanarak hesaplamalar yapılacak ve nihayetinde çalışmanın en verimli düşünüldüğü tedarikçi belirlenebilecektir.

Uygulamanın 3 ana yöntemi sırasıyla bulanık mantık, topsis ve doğrusal programlama olacaktır. Bulanık mantık sayesinde şirketteki yöneticilerin sözle ifade ettikleri değerlendirmeler sayısal olarak anlam kazanacak, topsis yöntemi sayesinde bulanık mantık ile elde edilen sayısal veriler kullanılarak ideal tedarikçi önerilebilecek ve doğrusal programlama sayesinde de bütün tedarikçileri birden değerlendirerek toplamda maksimum verimi alabilecek tedarikçilerden alınacak miktar dağıtımları yapılabilecektir. Böylece hem tek bir tedarikçiyle çalışmak istenirse hangisi olacağı, hem de bütün tedarikçiler göz önüne alındığında optimum dağıtımını sağlamak için hangi tedarikçiden ne kadar mal alınması gerektiği anlaşılabilir.

Bu yöntemlerin yanı sıra, bulanık ifadelerin kullanılmak istenmediği durumlarda sonucun ne kadar değişeceğini göstermek amacıyla analitik hiyerarşi prosesi yönteminden yararlanılarak kriter ve adayların önem derecelerine göre bir kıyaslama yapılacaktır. Devamında yine topsis ve doğrusal programlama yöntemlerini izleyerek model tekrar uygulanacak ve sonuçlar karşılaştırılacaktır.

## Uygulama Akım Şeması



Şekil 4.1: Uygulama akım şeması

### 4.2. UYGULAMA SÜRECİ

Uygulama için inşaat sektöründe bir şirketle çalışılmıştır. Tedarik edilecek ürün bina yapımında kullanılan en önemli maddelerden biri olan hazır betondur. Yapılacak inşaatda kullanılacak hazır betonları tedarik etmek üzere dört adet tedarikçi bu işe talip olmuştur ve şirketten üç yönetici birlikte karar vermiştir. Yöneticilere sunulan uygulama anketinde belirli kriterlere göre tedarikçiler değerlendirilmiş ve talep, kapasite gibi gerekli diğer bilgiler alınmıştır. Bütün bu verilerin ışığında uygulamanın ilk adımı olan bulanık mantık yöntemine geçilebilir.

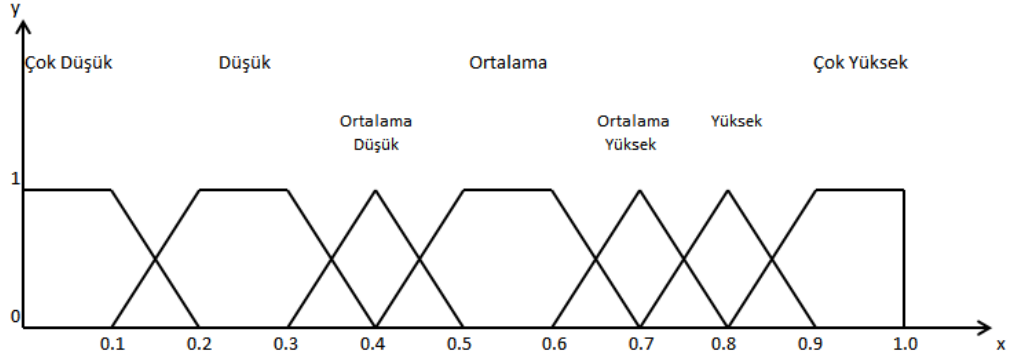
#### 4.2.1. BULANIK MANTIK SÜRECİ

Uygulama anketinde tedarikçileri değerlendirecek beş adet kriter vardır. Bunlar;

- İş ilişkileri
- Tedarikçinin sektördeki itibarı
- Performans geçmişi
- Tedarikçinin problem giderme kabiliyeti

- Teslimat kabiliyeti

Bu kriterler yöneticiler tarafından önemlerine göre “çok düşük”, “düşük”, “ortalama-düşük”, “ortalama”, “ortalama-yüksek”, “yüksek” ve “çok yüksek” olarak değerlendirilmiştir. Bu ifadeler aşağıdaki şekil yardımıyla bulanık sayılara dönüştürülür.



**Şekil 4.2:** Kriterlerin önem ağırlıklarının sözle ifadesi(Guneri, Yucel ve Ayyildiz, 2009:9225)

Şekle göre “çok yüksek” ifadesi (0.8,0.9,1,1) yamuksal bulanık sayısıyla gösterilmiştir. Aynı şekilde,

“yüksek” → (0.7,0.8,0.8,0.9)

“ortalama-yüksek” → (0.6,0.7,0.7,0.8)

“ortalama” → (0.4,0.5,0.6,0.7)

“ortalama-düşük” → (0.3,0.4,0.4,0.5)

“düşük” → (0.1,0.2,0.3,0.4)

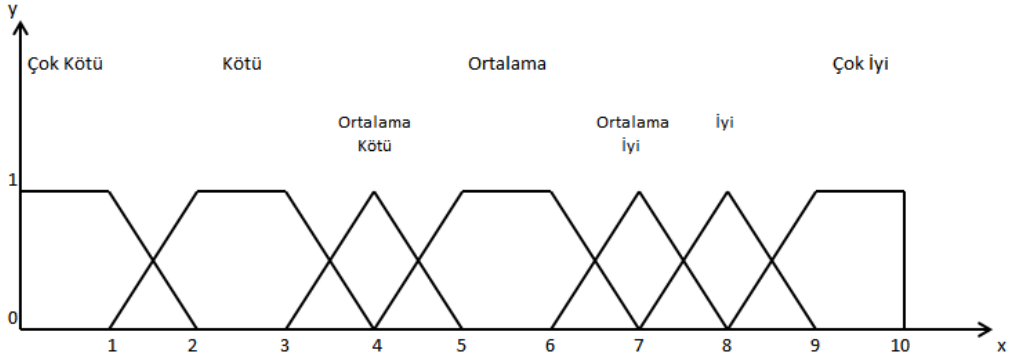
“çok düşük” → (0,0,0.1,0.2) olarak gösterilir.

Buna göre karar vericilerin kriterleri değerlendirmeleri aşağıdaki gibidir.

**Tablo 4.1:**Kriterlerin önem ağırlıkları

	$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$
$K_1$	ÇY	Y	Y
$K_2$	ÇY	Y	ÇY
$K_3$	ÇY	ÇY	ÇY
$K_4$	Y	ÇY	Y
$K_5$	ÇY	ÇY	ÇY

Sonraki adımda yöneticiler aday tedarikçileri her bir kriterine göre ayrı ayrı düşünüp “çok zayıf”, “zayıf”, “ortalama-zayıf”, “ortalama”, “ortalama-iyi”, “iyi” ve “çok iyi” ifadeleriyle değerlendirmiştir. Bu sözlü ifadelerin gösterdiği bulanık sayılar aşağıdaki şekil yardımıyla hesaplanabilir.



**Şekil 4.3:** Alternatiflerin puanlamalarının sözle ifadesi(Guneri, Yucel ve Ayyildiz, 2009:9225)

Şekle göre “çok iyi” sözlü ifadesini (8,9,10,10) yamuksal bulanık sayı gösterir. Aynı şekilde;

“iyi” → (7,8,8,9)

“ortalama-iyi” → (6,7,7,8)

“ortalama” → (4,5,6,7)

“ortalama-zayıf” → (3,4,4,5)

“zayıf” → (1,2,3,4)

“çok zayıf” → (0,0,1,2) olarak gösterilir.

Bu durumda tedarikçilere verilen puanlar aşağıdaki gibidir.

**Tablo 4.2:**Tedarikçilere verilen puanlar

		$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$
$K_1$	$A_1$	İ	Çİ	İ
	$A_2$	Oİ	Oİ	İ
	$A_3$	Oİ	Oİ	İ
	$A_4$	Oİ	Oİ	İ
$K_2$	$A_1$	Çİ	Çİ	Çİ
	$A_2$	İ	İ	İ
	$A_3$	İ	İ	İ
	$A_4$	İ	İ	Çİ
$K_3$	$A_1$	İ	Çİ	İ
	$A_2$	Oİ	Oİ	Oİ
	$A_3$	Oİ	Oİ	Oİ
	$A_4$	İ	İ	İ
$K_4$	$A_1$	Çİ	Çİ	Çİ
	$A_2$	İ	İ	Oİ
	$A_3$	İ	İ	Oİ
	$A_4$	İ	İ	İ
$K_5$	$A_1$	Çİ	Çİ	Çİ
	$A_2$	İ	İ	İ
	$A_3$	İ	İ	İ
	$A_4$	Çİ	İ	İ

#### 4.2.2. TOPSİS SÜRECİ

Topsis sürecinde ilk olarak üç yöneticinin değerlendirmesini toplama yapılarak bütün yöneticileri temsil eden tek bir bütünleşmiş karar mekanizması oluşturulur. Her bir kişinin ayrı ayrı ifadelerinden oluşan bulanık sayılara aşağıdaki işlemler yapılarak bu bütünleşmiş tek karar sağlanabilir.

$$R^* = (a_{ij}^*, b_{ij}^*, c_{ij}^*, d_{ij}^*)$$

$$a_{ij}^* = \min_k \{a_{ij}^k\}$$

$$b_{ij}^* = \frac{1}{k} \sum_{k=1}^K b_{ij}^k$$

$$c_{ij}^* = \frac{1}{k} \sum_{k=1}^K c_{ij}^k$$

$$d_{ij}^* = \max_k \{d_{ij}^k\}$$

Buna göre bütün yöneticilerin kararını temsil edebilecek bulanık sayılar hesaplanır ve her bir adayın kriterlere göre değerlendirmeleri aşağıdaki gibi olur.

**Tablo 4.3:** Adayların kriterlere göre toplanmış değerlendirilmesi

	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$
$A_1$	(7,8.3,8.7,10)	(8,9,10,10)	(7,8.3,8.7,10)	(8,9,10,10)	(8,9,10,10)
$A_2$	(6,7.3,7.3,9)	(7,8,8,9)	(6,7,7,8)	(6,7.7,7.7,9)	(7,8,8,9)
$A_3$	(6,7.3,7.3,9)	(7,8,8,9)	(6,7,7,8)	(6,7.7,7.7,9)	(7,8,8,9)
$A_4$	(6,7.3,7.3,9)	(7,8.3,8.7,10)	(7,8,8,9)	(7,8,8,9)	(7,8.3,8.7,10)

Aynı şekilde üç yöneticinin ayrı ayrı değerlendirdiği kriterlerin önem ağırlıkları da toplama işleminden geçerek aşağıdaki gibidir.

**Tablo 4.4:**Kriterlerin toplanmış önem ağırlıkları

$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$
(0.7,0.83,0.87,1)	(0.7,0.87,0.93,1)	(0.8,0.9,1,1)	(0.7,0.83,0.87,1)	(0.8,0.9,1,1)

Toplama işlemi sonrasında normalizasyon işlemine geçilir.

$$v_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j^*} \quad x_j^* = \max_i(x_{ij}) \quad \text{her bir bulanık sayı bu şekilde normalize edilir.}$$

Normalize edilmiş sayılar aşağıdaki tabloda gösterilmektedir.

**Tablo 4.5:**Normalize edilmiş puanlar

	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$
$A_1$	(0.7,0.83,0.87, 1)	(0.8,0.9,1,1)	(0.7,0.83,0.8 7,1)	(0.8,0.9,1,1)	(0.8,0.9,1,1)
$A_2$	(0.6,0.73,0.73, 0.9)	(0.7,0.8,0.8,0 .9)	(0.6,0.7,0.7,0 .8)	(0.6,0.77,0.77, 0.9)	(0.7,0.8,0.8,0 .9)
$A_3$	(0.6,0.73,0.73, 0.9)	(0.7,0.8,0.8,0 .9)	(0.6,0.7,0.7,0 .8)	(0.6,0.77,0.77, 0.9)	(0.7,0.8,0.8,0 .9)
$A_4$	(0.6,0.73,0.73, 0.9)	(0.7,0.83,0.8 7,1)	(0.7,0.8,0.8,0 .9)	(0.7,0.8,0.8,0.9 )	(0.7,0.83,0.8 7,1)

Normalizasyondan sonra normalize edilmiş puanlar tablo 4.4'deki ağırlık vektörüyle çarpılarak ağırlıklı normalizasyon yapılır.

**Tablo 4.6:**Ağırlıklı normalize edilmiş puanlar

	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$
$A_1$	(0.49,0.69,0.76,1)	(0.56,0.78,0.93,1)	(0.56,0.75,0.87,1)	(0.56,0.75,0.87,1)	(0.64,0.81,1,1)
$A_2$	(0.42,0.6,0.63,0.9)	(0.49,0.67,0.74,0.9)	(0.48,0.63,0.7,0.8)	(0.42,0.64,0.67,0.9)	(0.56,0.72,0.8,0.9)
$A_3$	(0.42,0.6,0.63,0.9)	(0.49,0.67,0.74,0.9)	(0.48,0.63,0.7,0.8)	(0.42,0.64,0.67,0.69)	(0.56,0.72,0.8,0.9)
$A_4$	(0.42,0.6,0.63,0.9)	(0.49,0.72,0.81,1)	(0.56,0.72,0.8,0.9)	(0.49,0.67,0.7,0.9)	(0.56,0.75,0.87,1)

Ağırlıklı normalizasyondan sonra pozitif ve negatif ideal çözümler belirlenir. Pozitif ideal çözüm belirlenirken aşağıdaki formül kullanılır.

$$A^* = (v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*) \quad v_j^* = \max\{v_{ij}\}$$

Buna göre  $A^* = [(1,1,1,1), (1,1,1,1), (1,1,1,1), (1,1,1,1), (1,1,1,1)]$  olarak belirlenir.

Negatif ideal çözüme ulaşmak için de,

$A^- = (v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-) \quad v_j^- = \min\{v_{ij}\}$  formülü kullanılır. Buna göre negatif ideal çözüm :

$$A^- = [(0.42,0.42,0.42,0.42), (0.49,0.49,0.49,0.49), (0.48,0.48,0.48,0.48), (0.42,0.42,0.42,0.42), (0.56,0.56,0.56,0.56)]$$

olur.

Pozitif ve negatif ideal çözümlerde yer alan 5 adet bulanık sayı her bir kriter için belirlenen pozitif ve negatif ideal çözümü gösterir. Örneğin üçüncü yani performans geçmişi kriterinin negatif ideal çözümü (0.48,0.48,0.48,0.48) bulanık sayısıdır.

Pozitif ve negatif ideal çözümler belirlendikten sonra her bir aday tedarikçinin pozitif ve negatif ideal çözümlerinden uzaklığı belirlenmelidir. Elimizdeki puanlar yamuksal bulanık sayılar olduğu için bu uzaklıkların hesaplanmasında Chen'in Vertex metodu kullanılacaktır (Chen, 2000: 4) .

$A=(m_1, m_2, m_3, m_4)$  ve  $B=(n_1, n_2, n_3, n_4)$  yamuksal bulanık sayıları arasındaki mesafe

$$d(A,B) = \sqrt{\frac{1}{4}[(m_1 - n_1)^2 + (m_2 - n_2)^2 + (m_3 - n_3)^2 + (m_4 - n_4)^2]}$$

Bu formül kullanılarak her bir kritere göre, adayların pozitif ve negatif ideal çözümden uzaklıkları hesaplanır. 1.kritere göre, 1.adayın pozitif ideal çözümden uzaklığı

$$(K_1) \quad d(A_1, A^+) = \sqrt{\frac{1}{4}[(0.49 - 1)^2 + (0.69 - 1)^2 + (0.76 - 1)^2 + (1 - 1)^2]} = 0.32$$

olur. Aynı şekilde devam edilirse;

$$d(A_2, A^+) = \sqrt{\frac{1}{4}[(0.42 - 1)^2 + (0.6 - 1)^2 + (0.63 - 1)^2 + (0.9 - 1)^2]} = 0.4$$

$$d(A_3, A^+) = 0.4$$

$$d(A_4, A^+) = 0.4$$

$$(K_2) \quad d(A_1, A^+) = \sqrt{\frac{1}{4}[(0.56 - 1)^2 + (0.78 - 1)^2 + (0.93 - 1)^2 + (1 - 1)^2]} =$$

$$0.25$$

$$d(A_2, A^+) = \sqrt{\frac{1}{4}[(0.49 - 1)^2 + (0.67 - 1)^2 + (0.74 - 1)^2 + (0.9 - 1)^2]} =$$

$$0.33$$

$$d(A_3, A^*) = 0.33$$

$$d(A_4, A^*) = 0.31$$

$$(K_3) \quad d(A_1, A^*) = 0.26$$

$$d(A_2, A^*) = 0.37$$

$$d(A_3, A^*) = 0.37$$

$$d(A_4, A^*) = 0.28$$

$$(K_4) \quad d(A_1, A^*) = 0.26$$

$$d(A_2, A^*) = 0.38$$

$$d(A_3, A^*) = 0.38$$

$$d(A_4, A^*) = 0.34$$

$$(K_5) \quad d(A_1, A^*) = 0.2$$

$$d(A_2, A^*) = 0.28$$

$$d(A_3, A^*) = 0.28$$

$$d(A_4, A^*) = 0.26$$

Adayların negatif ideal çözümden uzaklıkları da aynı formülle aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$(K_1)$$

d(

$$A_1, A^-) = \sqrt{\frac{1}{4} [(0.49 - 0.42)^2 + (0.67 - 0.42)^2 + (0.74 - 0.42)^2 + (0.9 - 0.42)^2]}$$

$$= 0.36$$

d(

$$A_{2^+}, A^-) = \sqrt{\frac{1}{4}[(0.42 - 0.42)^2 + (0.6 - 0.42)^2 + (0.63 - 0.42)^2 + (0.9 - 0.42)^2]}$$

$$= 0.28$$

$$d(A_{3^+}, A^-) = 0.28$$

$$d(A_{4^+}, A^-) = 0.28$$

(K<sub>2</sub>)

d(

$$A_{1^+}, A^-) = \sqrt{\frac{1}{4}[(0.56 - 0.49)^2 + (0.78 - 0.49)^2 + (0.93 - 0.49)^2 + (1 - 0.49)^2]}$$

$$= 0.37$$

$$d(A_{2^+}, A^-) = 0.26$$

$$d(A_{3^+}, A^-) = 0.26$$

$$d(A_{4^+}, A^-) = 0.32$$

(K<sub>3</sub>)

$$d(A_{1^+}, A^-) = 0.35$$

$$d(A_{2^+}, A^-) = 0.21$$

$$d(A_{3^+}, A^-) = 0.21$$

$$d(A_{4^+}, A^-) = 0.29$$

(K<sub>4</sub>)

$$d(A_{1^+}, A^-) = 0.41$$

$$d(A_{2^+}, A^-) = 0.29$$

$$d(A_3, A^-) = 0.29$$

$$d(A_4, A^-) = 0.31$$

( $K_5$ )

$$d(A_1, A^-) = 0.34$$

$$d(A_2, A^-) = 0.22$$

$$d(A_3, A^-) = 0.22$$

$$d(A_4, A^-) = 0.28$$

Adayların pozitif ve negatif ideal çözümlere olan uzaklıklarının hesaplanmasından sonra yakınlık katsayılarının hesaplanmasına geçilir. Bunun için pozitif ve negatif ideal çözümlere olan toplam uzaklığa ihtiyaç duyulmaktadır. Pozitif ve negatif ideal çözümlere olan toplam uzaklıklar aşağıdaki tabloda gösterilmektedir.

**Tablo 4.7:**Adayların pozitif ideal çözümden toplam uzaklıkları

	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$	Toplam
$d(A_1, A^+)$	0.32	0.25	0.26	0.26	0.2	1.29
$d(A_2, A^+)$	0.4	0.33	0.37	0.38	0.28	1.76
$d(A_3, A^+)$	0.4	0.33	0.37	0.38	0.28	1.76
$d(A_4, A^+)$	0.4	0.31	0.28	0.34	0.26	1.59

**Tablo 4.8:**Adayların negatif ideal çözümden toplam uzaklıkları

	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$	Toplam
$d(A_1, A^-)$	0.36	0.37	0.35	0.41	0.34	1.83
$d(A_2, A^-)$	0.28	0.26	0.21	0.29	0.22	1.26
$d(A_3, A^-)$	0.28	0.26	0.21	0.29	0.22	1.26
$d(A_4, A^-)$	0.28	0.32	0.29	0.31	0.28	1.48

Pozitif ve negatif ideal çözümlere olan toplam uzaklıklar elde edildikten sonra yakınlık katsayıları,

$CC_1 = \frac{d_1^-}{d_1^+ + d_1^-}$  formülü ile hesaplanabilir.

$$CC_1 = \frac{1.83}{1.29 + 1.83} = \frac{1.83}{3.12} = 0.59$$

$$CC_2 = \frac{1.26}{1.76 + 1.26} = \frac{1.26}{3.02} = 0.42$$

$$CC_3 = \frac{1.26}{1.76 + 1.26} = \frac{1.26}{3.02} = 0.42$$

$$CC_4 = \frac{1.48}{1.59 + 1.48} = \frac{1.48}{3.07} = 0.48$$

**Tablo 4.9:** Negatif ve pozitif toplam uzaklıklar

	$d_i^-$	$d_i^+$	$d_i^+ + d_i^-$
$A_1$	1.83	1.29	3.12
$A_2$	1.26	1.76	3.02
$A_3$	1.26	1.76	3.02
$A_4$	1.48	1.59	3.07

**Tablo 4.10:** Yakınlık katsayıları

$CC_1$	0.59
$CC_2$	0.42
$CC_3$	0.42
$CC_4$	0.48

Maksimum yakınlık kat sayısı değeri olan 0.59 değerine sahip 1. aday seçilir. Bütün adaylardan yararlanılmak istenildiğinde optimum mal dağılım miktarı nasıl olacaktır ? sorusunu ise doğrusal programlama yöntemi cevaplayabilir. Topsis aşamasından sonra doğrusal programlama aşamasına geçilir.

### 4.2.3. DOĞRUSAL PROGRAMLAMA SÜRECİ

Uygulamanın son aşaması olan doğrusal programlamada tedarikçilerden alınan miktarlar  $X_{1,2,3,4}$  ile gösterilmiş ve aralarında optimum dağıtma imkanı aranmıştır. Bunun için gerekli olan amaç fonksiyonu ve kısıtlar ise şunlardır;

#### Amaç Fonksiyonu

Amaç fonksiyonu toplam karı maksimize edebilecek en uygun sipariş miktarını arayan, toplam sipariş verimliliğini maksimize etmek isteyen bir maksimizasyon fonksiyonudur ve katsayıları topsis adımından elde edilen yakınlık katsayılarıdır. Her bir tedarikçinin pozitif ideal çözüme en yakın ya da negatif ideal çözüme en uzak gelecek şekilde hesaplanan yakınlık katsayıları arasındaki farklılık, adayların amaç fonksiyonu üzerindeki etkisini belirtebileceği için amaç fonksiyonu katsayısı olarak seçilmiştir.

Topsis ile elde edilen yakınlık katsayıları hatırlanacağı üzere 1. aday tedarikçinin  $CC_1 = 0.59$ , 2. aday tedarikçinin  $CC_2 = 0.42$  ve diğerlerinin de  $CC_3 = 0.42$  ve  $CC_4 = 0.48$ 'dir. Böylece amaç fonksiyonu aşağıdaki gibi olur;

$$\text{Max (TSV)} = 0.59X_1 + 0.42X_2 + 0.42X_3 + 0.48X_4$$

#### Kısıtlar

Amaç fonksiyonunu gerçekleştirmeye çalışırken bağlı olunması gereken kısıtlar vardır. Uygulamada bunlar talep, bütçe, kalite ve kapasite kısıtlarıdır. Bununla beraber sipariş miktarlarının negatif olmayacağı da unutulmamalıdır.

- **Talep Kısıtı**

Talep kısıtında yer alan hazır beton talep miktarı şirketten 300  $m^3$  olarak alınmıştır. Bu nedenle tedarikçilerden alınan hazır beton miktarları toplamı 300 olacaktır.

$$\text{Talep kısıtı} \rightarrow X_1 + X_2 + X_3 + X_4 = 300$$

- **Bütçe Kısıtı**

Bütçe kısıtını oluşturacak veri hazır beton fiyatlarıdır. Talep miktarına karşılık tedarikçilerden alınan fiyat tekliflerine göre;

1.Adayın önerdiği fiyat hazır beton  $m^3$  fiyatı 78 TL

2.Adayın önerdiği fiyat hazır beton  $m^3$  fiyatı 90 TL

3.Adayın önerdiği fiyat hazır beton  $m^3$  fiyatı 79 TL

4.Adayın önerdiği fiyat hazır beton  $m^3$  fiyatı 70 TL'dir.

Şirket ise  $m^3$  başına 80 TL'den fazla ödemek istememektedir ve talep miktarı da göz önüne alındığında bu iş için  $80 \times 300 = 24000$  TL kadar bütçe ayırmıştır. Bu durumda bütçe kısıtı şu şekilde olur;

$$\text{Bütçe kısıtı} \rightarrow 78X_1 + 90X_2 + 79X_3 + 70X_4 \leq 24000$$

- **Kalite Kısıtı**

Kalite kıyaslaması yapabilecek veri, hazır betondaki agrega miktarıdır. Agrega, beton bileşimindeki maddelerden biridir ve agrega miktarı yüksek olan beton daha kalitelidir. Şirketin istediği beton ise en az 7.5  $m^3$  agrega içermelidir. Bu miktar talep miktarıyla çarpıldığında ise  $7.5 \times 300 = 2250$  elde edilir. Her bir tedarikçideki agrega oranlarına göre hazırlanan kalite kısıtı aşağıdaki gibidir;

$$\text{Kalite kısıtı} \rightarrow 7X_1 + 9.5X_2 + 8.5X_3 + 6X_4 \geq 2250$$

- **Kapasite Kısıtı**

Tedarikçilerin her bir siparişte getirebilecekleri maksimum bir hazır beton miktarı vardır. Bunlar sırasıyla 1. aday için 110, 2. aday için 60, 3. aday için 90 ve 4. aday için de  $136 m^3$ 'dür.

Kapasite kısıtları  $\rightarrow X_1 \leq 110$

$$X_2 \leq 60$$

$$X_3 \leq 90$$

$$X_4 \leq 136$$

- **Negatif Olmama Koşulu**

Sipariş miktarları negatif değer almamalıdır, bu nedenle aşağıdaki kısıtlar da eklenir.

Negatif olmama  $\rightarrow X_1 \geq 0$

$$X_2 \geq 0$$

$$X_3 \geq 0$$

$$X_4 \geq 0$$

Tüm bu kısıtlar ve amaç fonksiyonu bir araya geldiğinde doğrusal programlama modeli oluşmuş olur ve çözülmeye hazırdır.

Doğrusal programlama modeli

$$\text{Max (TSV)} = 0.59X_1 + 0.42X_2 + 0.42X_3 + 0.48X_4$$

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 = 300$$

$$78X_1 + 90X_2 + 79X_3 + 70X_4 \leq 24000$$

$$7X_1 + 9.5X_2 + 8.5X_3 + 6X_4 \geq 2250$$

$$X_1 \leq 110 \quad X_2 \leq 60$$

$$X_3 \leq 90 \quad X_4 \leq 136$$

$$X_1 \geq 0 \quad X_2 \geq 0$$

$$X_3 \geq 0 \quad X_4 \geq 0$$

Bu model Win QSB programı kullanılarak 7 iterasyonda çözülmüştür.

Çözüm:

**Tablo 4.11:** Problemin WinQSB ile çözümü

	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
1	X1	110,0000	0,5900	64,9000	0	basic	0,4560	M
2	X2	60,0000	0,4200	25,2000	0	basic	0,3960	M
3	X3	52,0000	0,4200	21,8400	0	basic	-M	0,4371
4	X4	78,0000	0,4800	37,4400	0	basic	0,4200	0,7033
	Objective	Function	(Max.) =	149,3800				
	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS
1	C1	300,0000	=	300,0000	0	0,6240	284,1667	309,3388
2	C2	23.548,0000	<=	24.000,0000	452,0000	0	23.548,0000	M
3	C3	2.250,0000	>=	2.250,0000	0	-0,0240	2.120,0000	2.345,0000
4	C4	110,0000	<=	110,0000	0	0,1340	15,0000	212,7273
5	C5	60,0000	<=	60,0000	0	0,0240	32,8571	97,1429
6	C6	52,0000	<=	90,0000	38,0000	0	52,0000	M
7	C7	78,0000	<=	136,0000	58,0000	0	78,0000	M
8	C8	110,0000	>=	0	110,0000	0	-M	110,0000
9	C9	60,0000	>=	0	60,0000	0	-M	60,0000
10	C10	52,0000	>=	0	52,0000	0	-M	52,0000
11	C11	78,0000	>=	0	78,0000	0	-M	78,0000

Doğrusal programlama yöntemine göre amaç fonksiyonunu maksimize eden değer 149.38 ve her bir tedarikçiden alınacak optimum sipariş miktarları ise,

$$X_1 = 110$$

$$X_2 = 60$$

$$X_3 = 52$$

$$X_4 = 78$$

olarak hesaplanmıştır.

Uygulama sonucunda, bulanık mantık ve sonrasında topsis yöntemi şirketin bütün talebi tek bir tedarikçiden karşılamak istemesi durumunda 1.tedarikçiyi seçmesini önerilmiş, bütün tedarikçilerden hazır beton almak istemesi durumunda ise hangi tedarikçiden ne kadar mal aldığına en karlı çıkacağını doğrusal programlama yöntemi yardımıyla gösterilmiştir.

#### **4.2.4. ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ (AHP) SÜRECİ**

Bulanık mantık, topsis ve doğrusal programlama yöntemleriyle yapılan uygulama sonucunda 1.tedarikçi önerilmiş ve optimum sipariş miktarları da hesaplanmıştır. AHP sürecinde ise bulanık mantık uygulanmayacak, yapılan anketlerdeki kriter ve adayları önem derecelerine göre kıyaslamadan yola çıkarak uygulamaya başlanacaktır. AHP ile elde edilecek öncelik vektörleriyle topsis yöntemine devam edilecek ve son olarak doğrusal programlama kullanılarak optimum sipariş miktarları tekrar hesaplanacaktır.

İlk olarak “iş ilişkileri”, “tedarikçinin sektördeki itibarı”, “performans geçmişi”, “tedarikçinin problem giderme kabiliyeti” ve “teslimat kabiliyeti” olan 5 adet kriter birbirleriyle ikililer halinde kıyaslanmıştır. Kriterlerin birbirlerine olan üstünlükleri Saaty'nin önem derecesi skalasına göre puanlandırılmıştır.

**Tablo 1.3:**Saaty'nin 1-9 önem dereceleri skalası(Ghodsypour ve O'Brien, 1998:202)

Önem dereceleri	Sayısal karşılığı
Eşit derecede önemli	1
Zayıf derecede üstünlük	3
Kuvvetli üstünlük	5
Çok kuvvetli üstünlük	7
Mutlak üstünlük	9
Her iki önem derecesi arasındaki ara değerler	2,4,6,8

Bu puanlara göre yapılan ikili karşılaştırma matrisleri ise aşağıdaki gibidir;

**Tablo 4.12:**Kriterlerin ikili kıyaslanması

	$Y_1$					$Y_2$					$Y_3$				
	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$
$K_1$	1	1	2	3	2	1	2	0.33	0.33	0.33	1	0.33	0.33	2	0.33
$K_2$	1	1	2	3	1	0.5	1	0.5	0.33	0.33	3	1	2	3	1
$K_3$	0.5	0.5	1	3	2	3	2	1	1	1	3	0.5	1	3	2
$K_4$	0.33	0.33	0.33	1	3	3	3	1	1	2	0.5	0.5	0.33	1	0.33
$K_5$	0.5	1	0.5	0.33	1	3	3	1	0.5	1	3	1	0.5	3	1

Ortak bir iradenin ortaya konulması için 3 yöneticinin verdiği puanların geometrik ortalamaları alınır.

**Tablo 4.13:**Kriterlerin kıyaslamasının geometrik ortalamaları

	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$
$K_1$	1	0.87	0.6	1.25	0.6
$K_2$	1.14	1	1.26	1.44	0.69
$K_3$	1.65	0.79	1	2.08	1.59
$K_4$	0.79	0.69	0.48	1	1.25
$K_5$	1.65	1.44	0.63	0.79	1

Adayların her bir kritere göre ikili kıyaslamaları da aşağıdaki gibidir.

**Tablo 4.14:**Adayların her bir kritere göre ikili kıyaslamaları

		$Y_1$				$Y_2$				$Y_3$			
$K_1$		$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$
	$A_1$	1	3	2	3	1	5	5	4	1	2	2	3
	$A_2$	0.33	1	3	2	0.2	1	2	2	0.5	1	2	2
	$A_3$	0.5	0.33	1	2	0.2	0.5	1	2	0.5	0.5	1	1
	$A_4$	0.33	0.5	0.5	1	0.25	0.5	0.5	1	0.33	0.5	1	1
$K_2$	$A_1$	1	3	2	3	1	3	3	3	1	3	3	2
	$A_2$	0.33	1	3	2	0.33	1	2	2	0.33	1	1	0.33
	$A_3$	0.5	0.33	1	2	0.33	0.5	1	1	0.33	1	1	0.5
	$A_4$	0.33	0.5	0.5	1	0.33	0.5	1	1	0.5	3	2	1

$K_3$	$A_1$	1	3	3	1	1	5	5	3	1	3	3	1
	$A_2$	0.33	1	2	0.33	0.2	1	2	0.33	0.33	1	2	0.33
	$A_3$	0.33	0.5	1	0.33	0.2	0.5	1	0.33	0.33	0.5	1	0.33
	$A_4$	1	3	3	1	0.33	3	3	1	1	3	3	1
$K_4$	$A_1$	1	3	3	3	1	3	2	3	1	6	5	3
	$A_2$	0.33	1	2	1	0.33	1	1	1	0.16	1	2	0.33
	$A_3$	0.33	0.5	1	2	0.5	1	1	2	0.2	0.5	1	0.33
	$A_4$	0.33	1	0.5	1	0.33	1	0.5	1	0.33	3	3	1
$K_5$	$A_1$	1	3	3	2	1	3	4	3	1	3	3	3
	$A_2$	0.33	1	2	0.25	0.33	1	2	2	0.33	1	1	2
	$A_3$	0.33	0.5	1	0.33	0.25	0.5	1	2	0.33	1	1	1
	$A_4$	0.5	4	3	1	0.33	0.5	0.5	1	0.33	0.5	1	1

Aynı şekilde adayların her bir kritere göre kıyaslamalarının da geometrik ortalamaları alınır.

**Tablo 4.15:** Adayların her bir kritere göre kıyaslamalarının geometrik ortalamaları

	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$
$K_1$				
$A_1$	1	3.10	2.71	3.30
$A_2$	0.32	1	2.29	2
$A_3$	0.37	0.43	1	1.59
$A_4$	0.3	0.5	0.63	1
$K_2$				
$A_1$	1	3	2.62	2.62
$A_2$	0.33	1	1.81	1.1
$A_3$	0.38	0.55	1	1
$A_4$	0.38	0.91	1	1
$K_3$				
$A_1$	1	3.56	3.56	1.44
$A_2$	0.28	1	2	0.33
$A_3$	0.28	0.5	1	0.33
$A_4$	0.69	3	3	1
$K_4$				
$A_1$	1	3.78	3.10	3

$A_2$	0.26	1	1.59	0.69
$A_3$	0.32	0.63	1	1.10
$A_4$	0.33	1.44	0.91	1
$K_5$				
$A_1$	1	3	3.3	2.62
$A_2$	0.33	1	1.59	1
$A_3$	0.30	0.63	1	0.87
$A_4$	0.38	1	1.14	1

Geometrik ortalama alındıktan sonra kriterler ve adaylar için tek bir iradeden çıkmış karar matrisleri oluşturulmuş olur. Bunlar başlangıç matrisi olarak alınıp AHP'nin kalan adımlarıyla devam edilir. Öncelik vektörleri bulunarak topsis aşamasına geçilebilir.

- Kriterler arasında öncelik vektörünü bulmak

Kriterlerin geometrik ortalamalarının bulunduğu matris başlangıç matrisidir. Öncelik vektörünü bulmak için;

1-Matristeki sütun toplamları alınır ve ilgili sütundaki değerler sütun toplamlarına bölünerek matris normalize edilir.

2-Normalize edildikten sonra satır ortalamaları alınır ve öncelik vektörü elde edilir.

**Tablo 4.16:**Başlangıç matrisinde sütun toplamları

	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$
$K_1$	1	0.87	0.6	1.25	0.6
$K_2$	1.14	1	1.26	1.44	0.69
$K_3$	1.65	0.79	1	2.08	1.59
$K_4$	0.79	0.69	0.48	1	1.25
$K_5$	1.65	1.44	0.63	0.79	1
Sütun toplamları	<b>6.24</b>	<b>4.8</b>	<b>3.96</b>	<b>6.57</b>	<b>5.14</b>

**Tablo 4.17:** Normalize edilmiş matris ve satır ortalamaları

Sütun toplamına bölümler	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$	Satır ortalamaları
$K_1$	0.16	0.18	0.15	0.19	0.12	<b>0.16</b>
$K_2$	0.18	0.21	0.31	0.22	0.13	<b>0.21</b>
$K_3$	0.26	0.16	0.25	0.32	0.31	<b>0.26</b>
$K_4$	0.13	0.14	0.12	0.15	0.24	<b>0.16</b>
$K_5$	0.27	0.30	0.16	0.12	0.19	<b>0.21</b>

Normalizasyon işlemi ve satır ortalamalarının alınmasıyla öncelik vektörü elde edilir.

Kriterler için öncelik vektörü;

K1 0.16

K2 0.21

K3 0.26

K4 0.16

K5 0.21

Olarak hesaplanır. Ancak verilen kararların tutarlı olup olmadığını kontrol etmek gereklidir. Bunun için tutarlılık analizi yapılır. Tutarlılık analizi için;

1-Başlangıç matrisi ile öncelik vektörü çarpılır.

$$\begin{bmatrix} 1 & 0.87 & 0.6 & 1.25 & 0.6 \\ 1.14 & 1 & 1.26 & 1.44 & 0.69 \\ 1.65 & 0.79 & 1 & 2.08 & 1.59 \\ 0.79 & 0.69 & 0.48 & 1 & 1.25 \\ 1.65 & 1.44 & 0.63 & 0.79 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.16 \\ 0.21 \\ 0.26 \\ 0.16 \\ 0.21 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.82 \\ 1.09 \\ 1.35 \\ 0.81 \\ 1.07 \end{bmatrix}$$

2-Elde edilen ağırlıklı toplam vektörü öncelik vektörüne bölünür.

$$\begin{bmatrix} 0.82/0.16 \\ 1.09/0.21 \\ 1.35/0.26 \\ 0.81/0.16 \\ 1.07/0.21 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5.14 \\ 5.15 \\ 5.17 \\ 5.19 \\ 5.14 \end{bmatrix}$$

3-Elde edilen vektörün aritmetik ortalaması alınır ve  $\lambda_{max}$  elde edilir. Tutarlılık dizisi aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$CI = (\lambda_{max} - n)/(n - 1)$$

$$\text{Buna göre } CI = (5.16 - 5)/(5 - 1) = 0.04$$

Tutarlılık oranı da tutarlılık dizisini n=5 için 1.12 olan random indeksine bölünerek elde edilir.

Tutarlılık oranı = 0.04/1.12 = 0.035 olarak bulunur. 0.10'dan küçük olduğu için verilen karar tutarlı kabul edilir.

- Her bir kritere göre adayların öncelik vektörlerini bulmak

Her bir adayın öncelik vektörleri bulunurken kriterlerin öncelik vektörlerini bulmak üzere yapılan tüm işlemler aynen uygulanır. Bunların sonucunda her bir kritere göre her bir adayın öncelik vektörleri ve tutarlılık oranları aşağıdaki gibidir;

**Tablo 4.18:** Her bir adayın öncelik vektörleri ve tutarlılık oranları

	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$
$A_1$	0.5	0.47	0.43	0.52	0.49
$A_2$	0.25	0.20	0.14	0.16	0.19
$A_3$	0.13	0.15	0.1	0.15	0.14
$A_4$	0.12	0.17	0.33	0.17	0.18
Tutarlılık oranları	-0.03	0.016	0.022	0.028	0.003

Bütün tutarlılık oranlarınının 0.10'dan küçük olması verilen kararların tutarlı olduğunu göstermektedir.

AHP aşamasından sonra bulunan öncelik vektörleri topsis yönteminde başlangıç olarak kullanılacaktır. Kriterlere ait öncelik vektörleri ise, adayların öncelik vektörlerine verilen ağırlıklar olarak alınacaktır.

Topsise geçildiğinde, adayların tekrar normalize edilmesine gerek duyulmamıştır, çünkü analitik hiyerarşi prosesi uygulanırken normalize edilmişlerdir ve 0 ile 1 arasında bir değer almaktadırlar. Ağırlıklı normalize aşamasına geçilir ve ahp ile elde edilen kriterlerin öncelik vektörleri ağırlık olarak alınır ve adayların öncelik vektörleriyle çarpılır.

**Tablo 4.19:** Ağırlıklı normalizasyon

	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$
$A_1$	0.08	0.1	0.11	0.08	0.1
$A_2$	0.03	0.04	0.03	0.025	0.03
$A_3$	0.0205	0.032	0.02	0.024	0.029
$A_4$	0.0203	0.035	0.09	0.027	0.037

Ağırlıklı normalizasyondan sonra pozitif ve negatif ideal çözümler belirlenir.

Buna göre her bir kriterin pozitif ideal çözümleri;

$$A^+ = (0.08, 0.1, 0.11, 0.08, 0.1)$$

Negatif ideal çözümler ise;

$$A^- = (0.0203, 0.032, 0.02, 0.024, 0.029) \text{ olarak belirlenir.}$$

Her bir adayın pozitif ideal çözüme uzaklıkları hesaplanır.

**Tablo 4.20:** Adayların pozitif ideal çözümden uzaklıkları

$A_1$	0
$A_2$	0.13
$A_3$	0.16
$A_4$	0.12

Sonrasında her bir adayın negatif ideal çözüme uzaklıkları hesaplanır.

**Tablo 4.21:**Adayların negatif ideal çözümden uzaklıkları

$A_1$	0.16
$A_2$	0.03
$A_3$	0.0001
$A_4$	0.06

Negatif ve pozitif ideal çözüme olan uzaklıklar toplanır ve negatif ideal çözüme olan uzaklıkların toplam uzaklıklara bölümleriyle yakınlık katsayıları elde edilir.

**Tablo 4.22:**Toplam uzaklıklar ve yakınlık katsayıları

	Poz.ideal çözüme uzaklıklar	Neg.ideal çözüme uzaklıklar	Toplam uzaklıklar	Yakınlık katsayıları
$A_1$	0	0.16	0.16	1
$A_2$	0.13	0.03	0.16	0.19
$A_3$	0.16	0.001	0.16001	0.006
$A_4$	0.12	0.06	0.18	0.33

Yakınlık katsayısı en büyük olan aday yine 1.aday seçilir. Bütün adayları değerlendirerek optimum sipariş miktarlarını belirlemek için doğrusal programlama yapılır ve yakınlık katsayıları yine amaç fonksiyonunun katsayılarını oluşturur. Diğer kısıtlar ise önceki uygulamanın aynısıdır.

$$\text{Max(TSV)} = 1X_1 + 0.19X_2 + 0.006X_3 + 0.33X_4$$

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 = 300$$

$$78X_1 + 90X_2 + 79X_3 + 70X_4 \leq 24000$$

$$7X_1 + 9.5X_2 + 8.5X_3 + 6X_4 \geq 2250$$

$$X_1 \leq 110 \quad X_2 \leq 60$$

$$X_3 \leq 90 \quad X_4 \leq 136$$

$$X_1 \geq 0 \quad X_2 \geq 0$$

$$X_3 \geq 0 \quad X_4 \geq 0$$

Amaç fonksiyonu ve kısıtlar yine WinQSB programıyla çözülür.

**Tablo 4.23:** Problemin WinQSB ile diğer çözümü

	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
1	X1	110,0000	1,0000	110,0000	0	basic	0,2004	M
2	X2	60,0000	0,1900	11,4000	0	basic	-0,1236	M
3	X3	52,0000	0,0060	0,3120	0	basic	-M	0,2300
4	X4	78,0000	0,3300	25,7400	0	basic	0,0060	1,6627
	Objective	Function	(Max.) =	147,4520				
	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS
1	C1	300,0000	=	300,0000	0	1,1076	284,1667	309,3388
2	C2	23.548,0000	<=	24.000,0000	452,0000	0	23.548,0000	M
3	C3	2.250,0000	>=	2.250,0000	0	-0,1296	2.120,0000	2.345,0000
4	C4	110,0000	<=	110,0000	0	0,7996	15,0000	212,7273
5	C5	60,0000	<=	60,0000	0	0,3136	32,8571	97,1429
6	C6	52,0000	<=	90,0000	38,0000	0	52,0000	M
7	C7	78,0000	<=	136,0000	58,0000	0	78,0000	M
8	C8	110,0000	>=	0	110,0000	0	-M	110,0000
9	C9	60,0000	>=	0	60,0000	0	-M	60,0000
10	C10	52,0000	>=	0	52,0000	0	-M	52,0000
11	C11	78,0000	>=	0	78,0000	0	-M	78,0000

Doğrusal programlama aşamasından sonra tedarikçilerden optimum alınması gereken sipariş miktarları ;

$$X_1 = 110$$

$$X_2 = 60$$

$$X_3 = 52$$

$$X_4 = 78$$

olarak hesaplanır. Toplam kar ise 147.452'dir.

Yapılan her iki uygulamada da optimum sipariş miktarları değişmemiştir, sadece amaç fonksiyonunu maksimize eden değer değişmiştir, az bir artış gözlemlenmektedir.

## BÖLÜM 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Şirketler arası giderek artan rekabet ve zorlu piyasa koşulları karşısında tercih edilen bir şirket olabilmek için kaliteli üretim yapmak ve maliyetleri mümkün olduğunca düşürmek gerekmektedir. Bu nedenle üretim süreci öncesinde, kaliteli ve düşük maliyetli bir tedarik sürecini vaat edecek tedarikçiyi seçmek günümüzde giderek önemini arttırmıştır. Bu çalışmada en uygun tedarikçi aranmış ve bulmak üzere matematiksel bir model izlenmiştir.

İnşaat sektöründe faaliyet gösteren ve yapacağı inşaatta kullanmak üzere yapı malzemeleri tedarik etmek isteyen bir şirket incelenmiş ve kendisine teklif getiren tedarikçiler arasından birini seçmek üzere çalışılmıştır. Bunun için karar verme yöntemlerinden bulanık mantık, TOPSIS ve doğrusal programlamadan yararlanılmıştır. Ancak bulanık verilerin kullanılmadığı bir durumda aynı yol izlenerek nasıl bir seçim yapılabileceğini göstermek amacıyla bulanık mantık yerine analitik hiyerarşi prosesiyle başlayan ve TOPSIS, ardından doğrusal programlayı izleyen bir çözüme de yer verilmiştir.

Değerlendirme kriterleri her zaman net bir sayı ifade edecek ve buna göre karşılaştırılabilecek türden değildir. Böyle durumlarda kişiden kişiye değişen öznel ifadelerin tedarikçi karşılaştırmasında yarattığı karmaşık durum, bulanık mantık sayesinde çözülebilmektedir. Ek 1’de verilen anketlerdeki “iş ilişkileri”, “teslimat kabiliyeti” gibi kriterler Tablo 4.1 yardımıyla bulanık sayılara dönüştürülmüş ve nesnel olarak karşılaştırılabilecek bir durum ortaya çıkmıştır. Eğer bulanık mantık kullanılmasa ve direkt TOPSIS yönteminden değerlendirmeye başlansaydı sadece “fiyat”, “kapasite” gibi ölçülebilen değerlere göre seçim yapılacak ve kişilerin iradelerinin çok etkisi olmayacaktı; çünkü sadece kriterler arasındaki önem sıralaması kişi iradesini yansıtacaktı, oysa bulanık mantık sayesinde her bir kriterin ağırlığı sözlü ifadeler kullanılarak iki kriter arasındaki fark daha net belirlenebilmektedir. Bulanık mantık kullanıldığı için bu çalışmada TOPSIS aşamasında kişilerin sözlü ifadelerinin dönüşmüş olduğu sayılar kullanılarak ideal çözüme en yakın tedarikçi bulunmuş ve 1. tedarikçi önerilmiştir. Fiyat, kapasite, talep miktarı ve hazır betondaki agrega bileşimi ise siparişi tedarikçiler arasında en uygun şekilde dağıtırken problemi sınırlamak amacıyla kullanılmıştır. Bu noktada

doğrusal programlama devreye girerek amaç fonksiyonu ve kısıtlar tanımlanmış, problem WinQSB istatistik programı kullanılarak çözülmüştür.

TOPSIS yöntemiyle tedarikçi seçmenin mantığı, problemde tanımlanabilecek bir ideal çözüm olduğu varsayımında bu ideal çözüme en yakın adayı seçmek olmuştur. İdeal çözüm kavramı daha net anlaşılması için pozitif ve negatif ideal çözüm olarak ayrılmış ve ideale yakın tedarikçi pozitive en yakın, negatife ise en uzak olacak şekilde belirlenmiştir. İşte seçimde dikkate alınan yakınlık katsayısı bu iki noktaya olan uzaklığı göstermekte kullanılmıştır. Bu sayede TOPSIS adaylar arasındaki seçimi yakınlık katsayılarına göre yapmakta ve sıralamaktadır. En yüksek yakınlık katsayısına sahip 1.tedarikçi seçilmiştir. Ancak 1.tedarikçiyi devre dışı bırakılsa ve kalan 3 aday arasında bir seçim yapılırdı en iyi ikinci alternatif 4.aday olurdu. 2. ve 3. Adayların yakınlık katsayılarının eşit çıkması ise çeşitli kriterler için yapılan puanlamaların çok benzer nitelikte olduğunu göstermekte ve 2 ile 3. Tedarikçi arasında baskın bir seçim yapılamamaktadır. TOPSIS yöntemi kriterlere verilen önemleri göz önüne alan ve uygulaması kolay bir yöntem olma avantajını taşıırken, işte bu yüzden adaylardan ikisinin yakınlık katsayısının aynı çıkması gibi durumlarda yöntemi yetersiz bırakmaktadır. Böyle bir durum yaşandığında kişisel ve tesadüfi bir tercih gibi, bu çalışmanın uygulamasında sonraki adımı olan doğrusal programlamada çıkan sonuçlara bakılarak da karar verilebilir.

Analitik hiyerarşi prosesi kriterlerin ve adayların birbirlerine göre kıyaslamalarını ölçen ve bunu temel alarak seçim yapan bir yöntemdir. Anketlerdeki kriterlere göre adayların değerlendirmesi ilk olarak sözlü ifadelerle yapılmış, bu ifadeler bulanık mantık yönteminden yararlanılarak sayısallaştırılmış ve TOPSIS aşamasına geçilmiştir. Kriterlerin sözlü değerlendirmelerinin yanı sıra, anketlerde kriter ve adayların ikili kıyaslamalarını 1-9 arası verilen puanlarla ölçen sorular da bulunmaktadır. Bu defa her bir kriterin ya da adayın ne kadar iyi olduğunu söylemek yerine, bir kriter bir kriterine göre ne kadar üstün? Sorusunu cevaplayan ikili karşılaştırmalar yapılmıştır. Bu üstünlüklere göre ahp yöntemi uygulanmış, ahp sonucunda her bir kriterine göre değerlendirilen adayların öncelik vektörleri hesaplanmıştır. Bu öncelik vektörleri de TOPSIS sürecine başlarken alınan puanlar yerine geçmiştir. Devamında TOPSIS ve doğrusal programlama süreci aynen

izlenmiştir. Böylece bulanık verilerin olduğu ve olmadığı durumlarda yapılacak seçimleri karşılaştırma olanağı bulunmuştur.

Bulanık mantıkla başlayan çözüm ile ahp ile başlayan çözüm arasında benzerlikler ve farklılıklar bulunmaktadır. Her iki modelde de 1.aday seçilmiştir, çünkü TOPSIS sürecindeki yakınlık katsayıları farklı değerler olsa da yine en yüksek yakınlık katsayısını 1.tedarikçi vermiştir. Bunun sebebi anket sorularında tek tek değerlendirilen tedarikçiler, ikili kıyaslandıklarında da birbirlerine üstünlükleri sözlü değerlendirmelerdeki fikirlerle yapılmış ve anket sorularına verilen cevaplar birbirlerine tutarlı sonuçlar çıkarmıştır. Bir başka benzerlik de doğrusal programlamada hesaplanan optimum miktarlardır. Optimum miktarlar her iki modelde de değişmemiştir, bunun sebebi amaç fonksiyonundaki katsayıların belli bir değişim aralığında kalması koşuluyla optimum miktarların değişmeyeceğini gösteren duyarlılık analizidir. Her iki çözümde de optimum miktarlar değişmezken, farklı yakınlık katsayıları dolayısıyla farklı amaç fonksiyonu katsayıları sebebiyle maksimum kar miktarı değişmiştir, ancak çok az bir artış gözlenmiştir.

Sonuç olarak bulanık verilerle başlansın ya da başlanmasın, seçilen tedarikçi ve optimum miktarlar aynı kaldığı ve maksimum kar da çok az fark ettiği için başlangıçta bulanık mantık ya da ahp uygulaması yapmak istenildiği gibi tercih edilebilir. Sonuç değerlerine bakılarak düşünüldüğünde her iki yöntemin birbirlerine üstünlüklerinin yakın derecede olduğu görülmüştür.

Doğrusal programlama ise problemdeki bütün adaylar kullanıldığında yapılabilecek optimum dağıtım gösterme işlevini görmüştür. TOPSIS yönteminde 2. ve 3. adayların yakınlık katsayılarının eşit çıktığı durumda doğrusal programlamadaki optimum sipariş dağıtımını iki tedarikçi arasında bir karar vermeye yardımcı olabilir. TOPSIS ve doğrusal programlamada çıkan sonuçlar birbirlerine benzerlik göstermektedir. TOPSIS’de önerilen 1.tedarikçi, doğrusal programlamada yapılan dağıtımda en yüksek payı almıştır. Benzer şekilde TOPSIS’e göre ikinci sırada olan 4.tedarikçi ise doğrusal programlamadaki dağıtımda ikinci büyük payı almıştır. Bu sonuçlara bakılarak 2 ve 3.aday tedarikçilerin dağıtım miktarlarına bakıldığında TOPSIS’de eşit çıkmalarına benzer olarak birbirlerine yakın miktarda, ancak

2.tedarikçinin 3.tedarikçiden daha büyük bir pay aldığı görülmüştür. Bu durumda 2.tedarikçi 3.tedarikçiye tercih edilebilir. TOPSIS yönteminde yapılan tek bir seçim ve geri kalan adayları devre dışı bırakma işlevine karşın doğrusal programlamanın bütün tedarikçilerden yararlanmaya olanak vermesi TOPSIS'e karşı bir üstünlük sağlamaktadır. Ancak iki yöntemin birbirine üstünlüğü bu açıdan kesin ve net sayılamaz, çünkü tek bir tedarikçi seçmek veya bütün adaylardan yararlanmak yöneticilerin alması gereken bir karardır ve bu karara göre seçim süreci değişecektir. Bu çalışmada yapılmak istenen her iki olası kararda da çıkabilecek sonuçları göstermektir, bu nedenle sadece TOPSIS veya sadece doğrusal programlama uygulamak yerine bu yöntemleri ardarda uygulayarak iki türlü kararın vereceği sonuçlar görülmek istenmiştir.

İnşaat sektörü hem uygulama yöntemlerinin yapılabilmesine elverişli olması hem de literatürde çok sık tedarikçi seçiminde uygulanan bir alan olmadığı için tercih edilmiştir. Örneğin Kamann ve diğerleri (2006) çalışmalarında inşaat sektöründe bir belli bir tedarikçi önermek yerine, müteahhitler ile tedarikçiler arasındaki ilişkiyi geçmiş ve gelecekteki tedarikçi davranışlarını oyun teorisi yaklaşımıyla incelemişlerdir. Bu tez çalışmasının inşaat sektöründe yapılmış olması ileride yapılacak çalışmalara destek olabilir ve farklı matematiksel yöntemler de uygulanarak geliştirilebilir.

Anketlerdeki kriterler bir çok sektörde daha değerlendirme kriteri olarak dikkate alınabilir, ancak doğrusal programlamada kullanılan kalite kısıtına elverişli bir alan her zaman bulunmamaktadır, çünkü kalite ayırımı yapmak çok kolay ve ayırt edilir değildir. Çalışmada konu edilen hazır beton alımı ise betonun farklı madde bileşimlerinden oluşması ve bu bileşim oranlarının beton kalitesini tanımlaması özelliği sayesinde uygulamada kullanılmak istenen kalite kısıtını yaratabilecek bir sektör ile çalışma imkanı bulunmuştur.

Günümüzde tedarikçi seçiminin çok daha stratejik bir öneme sahip olması nedeniyle tedarikçi seçimi birçok sayısal ölçülebilir ve ölçülemez kritere göre incelenmiştir. Bu sebeple bu tez çalışmasının amacı problemi daha geniş açıdan ele alarak sadece fiyat gibi sayısal olarak net ve belli olan kriterleri değil, insan iradesini ve düşüncesini

temel alan bir seçim stratejisi önermek olmuştur. Ancak bu stratejinin benimsenmesi gibi, daha nesnel bir karşılaştırma yapmak da tercih edilebilir. Bu durumda ölçülebilen daha çok kriter dikkate alınarak direkt TOPSIS, durum tabanlı çıkarsama, veri zarflama analizi ya da doğrusal programlama gibi diğer matematiksel yöntemler uygulanarak bir tedarikçi önerilebilir.

## KAYNAKÇA

- Al-Subhi Al Harbi, K.M. : “Application of The AHP in Project Management”, **International Journal of Project Management**, Volume 19, Issue 1, 2001, pp. 19-27
- Asan, U. :  
Soyer, A. : “Identifying Strategic Management Concepts: An Analytic Network Process Approach”, **Computers & Industrial Engineering**, Volume 56, Issue 2, 2009, pp. 600-615
- Asosheh, A. :  
Nalchigar, S.  
Jamporazmey, M. : “Information Technology Project Evaluation: An Integrated Data Envelopment Analysis and Balanced Scorecard Approach”, **Expert Systems With Applications**, Volume 37, Issue 8, 2010, pp. 5931-5938
- Ashtiani, B. :  
Haghighirad, F.  
Makui, A.  
Montazer, G : “Extensions of Fuzzy TOPSIS Method Based On Interval-valued Fuzzy Sets”, **Applied Soft Computing** , Volume 9, Issue 2, 2009, pp. 457-461
- Awasthi, A. :  
Chauhan, S.S.  
Goyal, S.K. : “A Fuzzy Multicriteria Approach For Evaluating Environmental Performance of Suppliers”, **International Journal of Production Economics**, Volume 126, Issue 2, 2010, pp.370-378
- Bector, C.R. :  
Chandra, S. : **Fuzzy Mathematical Programming and Fuzzy Matrix Games**, Germany, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2005
- Benton, W.C. :  
: **Construction Purchasing & Supply Chain Management**, New York, The McGraw-Hill Companies, 2010  
McHenry, L.F.

- Bertolini, M. :  
Braglia, M.  
Carmignani,  
G.                    “Application of The AHP Methodology in Making A Proposal For A Public Work Contract”, **International Journal of Project Management**, Volume 24, Issue 5, 2006, pp. 422-430
- Bodin, L. :  
Gass, S.I.                    “On Teaching The Analytic Hierarchy Process”, **Computers & Operations Research**, Volume 30, Issue 10, 2003, pp. 1487-1497
- Boran, E. :  
Genç, S.  
Kurt, M.  
Akay, D.                    “A Multi-criteria Intuitionistic Fuzzy Group Decision Making For Supplier Selection With TOPSIS Method”, **Expert Systems With Applications**, Volume 36, Issue 8, 2009, pp.11363-11368
- Chen, C. :  
Lin, C.  
Huang, S                    “A Fuzzy Approach For Supplier Evaluation And Selection in Supply Chain Management”, **International Journal of Production Economics**, Volume 102, Issue 2, 2006, pp. 289-301
- Chen, C.T. :                    “Extensions of The TOPSIS For Group Decision-making Under Fuzzy Environment”, **Fuzzy Sets And Systems**, Volume 114, Issue 1, 2000, pp. 1-9
- Chen, G. :  
Pham, T.T.                    **Introduction to Fuzzy Sets, Fuzzy Logic and Fuzzy Control Systems**, USA, CRC Press LLC, 2001
- Chen, T:  
Tsao, C.                    “The Interval Valued Fuzzy TOPSIS Method And Experimental Analysis”, **Fuzzy Sets And Systems**, Volume 159, Issue 11, 2008, pp. 1410-1428
- Ciric, M. :  
Ignjatovic, J.  
Bogdanovic,  
S.                    “Fuzzy Equivalence Relations and Their Equivalence Classes”, **Fuzzy Sets and Systems**, volume 158, Issue 12, 2007, pp. 1295-1313

- Ciric, M. : “Uniform Fuzzy Relations and Fuzzy Functions”, **Fuzzy Sets and Systems**, Volume 160, Issue 8, 2009, pp.1054-1081  
 Ignjatovic, J.  
 Bogdanovic,  
 S.
- Choy, K.L. : “Design of a Case Based Intelligent Supplier Relationship  
 Lee, W.B. Management System-The Integration of Supplier Rating System  
 Lo, V. and Product Coding System”, **Expert Systems With Applications**, Volume 25, 2003, pp. 87-100
- Choy, K.L. : “A Knowledge –Based Supplier Intelligence Retrieval System  
 Lee, W.B. For Outsource Manufacturing”, **Knowledge-Based Systems**,  
 Lau, H.C.W. Volume 18, Issue 1, 2005, pp. 1-17  
 Choy, L.C
- Chu, C. : “An Interval Arithmetic Based Fuzzy TOPSIS Model”, **Expert  
 Lin, C. Systems With Applications**, Volume 36, Issue 8, 2009, pp.  
 10870-10876
- Chung, S. : “Analytic Network Process (ANP) For Product Mix Planning in  
 Lee, A.H.I. Semiconductor Fabricator”, **International Journal of  
 Pearn, W.L. Production Economics**, Volume 96, Issue 1, 2005, pp. 15-36
- Clir, J. : **Fuzzy Sets and Fuzzy Logic Theory and Applications**, New  
 Yuan, B. Jersey, Prentice Hall PTR, 1995
- Çelebi, D. : “An Integrated Neural Network and Data Envelopment Analysis  
 Bayraktar, D. For Supplier Evaluation Under Incomplete Information”, **Expert  
 Systems with Applications** , Volume 35, 2008, pp. 1698-1710
- Dağdeviren,  
 M. : “A Fuzzy Analytic Network Process (ANP) Model For  
 Yüksel, İ. Measurement of the Sectoral Competition Level (SCL)”, **Expert  
 Systems with Applications** , Volume 37, Issue 2, 2010, pp.  
 1005-1014

- Degrauwe, D.  
:  
Lombaert, G.  
De Roeck, G.      “Improving Interval Analysis in Finite Element Calculations by Means of Afine Arithmetics”, **Computers and Structures** , Volume 88, Issues 3-4, 2010, pp. 247-254
- Erol, İ. :  
Ferrel, W.G.      “Integrated Approach For Reorganizing Purchasing: Theory and a Case Analysis on a Turkish Company”, **Computers & Industrial Engineering**, Volume 56, Issue 4, 2009, pp. 1192-1204
- Ertay, T. :  
Ruan, D.      “Data Envelopment Analysis Based Decision Model for Optimal Operator Allocation in CMS”, **European Journal of Operational Research**, Volume 164, Issue 3, 2005, pp. 800-810
- Faez, F. :  
Ghodsypour,  
S.H.  
O’Brien, C.      “Vendor Selection and Order Allocation Using An Integrated Fuzzy Case-based Reasoning and Mathematical Programming Model”, **Int. J. Production Economics**, Volume 121, Issue 2, 2009, pp. 395-408
- Florez-Lopez,  
R. :      “Strategic Supplier Selection in the Added-value Perspective”, **Information Sciences**, Volume 177, 2007, Issue 5, pp. 1169-1179
- Gencer, C. :  
Gürpınar, D.      “Analytic Network Process in Supplier Selection: A Case Study in An Electronic Firm”, **Applied Mathematical Modelling**, Volume 31, Issue 11, 2007, pp. 2475-2486
- Ghodsypour,  
S.H. :  
O’Brien, C.      “A Decision Support System For Supplier Selection Using An Integrated Analytic Hierarchy Process And Linear Programming”, **International Journal Of Production Economics**, Volumes 56-57, 1998, Pp.199-212
- Gomez-Ruiz,  
J.A. :  
Karanik, M.  
Pelaez, J.I.      “Estimation of Missing Judgments in AHP Pairwise Matrices Using a Neural Network-based Model”, **Applied Mathematics and Computation**, Volume 216, Issue 10, 2010, pp. 2959-2975

- Griva, I. : **Linear and Nonlinear Optimization**, USA, The Society for Industrial and Applied Mathematics, Second Edition, 2009  
Nash, S.G.  
Sofer, A.
- Guneri, A.F. : “An Integrated Fuzzy-lp Approach For a Supplier Selection Problem in Supply Chain Management”, **Expert Systems With Applications**, Volume 36, Issue 5, 2009, pp. 9223-9228  
Yucel, A.  
Ayyildiz, G.
- Hsu, B. : “Supplier Selection Using Quality Data and Their Applications to Touch Screen”, **Expert Systems With Applications**, Volume 37, Issue 9, 2010, pp. 6192-6200  
Chiang, C.  
Shu, M.
- Huang, J. : “A Multiobjective Programming Model For Partner Selection- Perspectives of Objective Synergies and Resource Allocations”, **Expert Systems With Applications**, Volume 37, Issue 5, 2010, pp. 3530-3536  
Chen, C.  
Liu, H.  
Tzeng, G.
- Humphreys, P. : “Using Case-based Reasoning to Evaluate Supplier Environment Management Performance”, **Expert Systems with Applications**, Volume 25, Issue 2, 2003, pp. 141-153  
McIvor, R.  
Chan, F.
- Jahanshahloo, G.R. : “Extensions of TOPSIS For Decision-making Problems With Interval Data: Interval Efficiency”, **Mathematical and Computer Modelling**, Volume 49, Issue 5-6, 2009, pp. 1137-1142  
Lotfi, F.H.  
Davoodi, A.R.
- Kağrıoğlu, C.H. : **Tedarik Zinciri Yönetiminde Tedarikçi Seçimi**, Eskişehir, T.C.Anadolu Üniversitesi Yayınları, 1. Basım, 2007

- Kamann, D.F.:  
Snijders, C.  
Tazelaar, F.  
Welling, D.T.      “The Ties That Bind: Buyer-Supplier Relations in The Construction Industry”, **Journal of Purchasing & Supply Management**, Volume 12, Issue 1, 2006, Pp. 28-38
- Kanda, A. :  
Deshmukh, S.G.      “Supply Chain Coordination: Perspectives, Empirical Studies and Research Directions”, **International Journal of Production Economics**, Volume 115, Issue 2, 2008, pp. 316-335
- Karloff, H. :      **Linear Programming**, Boston, Birkhäuser, 2009
- Kaya, I. :  
Kahraman, C.      “Development of Fuzzy Process Accuracy Index For Decision Making Problems”, **Information Sciences** , Volume 180, Issue 6, 2010, pp. 861-872
- Kelemenis, A. :  
Askounis, D.      “A New TOPSIS Based Multi-criteria Approach to Personnel Selection”, **Expert Systems With Applications** , Volume 37, Issue 7, 2010, pp. 4999-5008
- Kumar, M. :  
Vrat, P.  
Shankar, R.      “A Fuzzy Programming Approach For Vendor Selection Problem in a Supply Chain”, **International Journal of Production Economics**, Volume 101, Issue 2, 2006, pp. 273-285
- Lee, A. :      “A Fuzzy Supplier Selection Model With The Consideration of Benefits, Opportunities, Costs and Risks”, **Expert Systems with Applications**, Volume 36, Issue 2, 2009, pp. 2879-2893
- Lee, P.G. :  
Jeon, G.J.  
Lee, K.K.      “Techniques and applications of fuzzy theory in the validity of complexity reduction by means of decomposition of multivariable fuzzy systems”, **fuzzy theory systems: techniques and applications**, Volume 1, 1995, pp.405-429

- Lee, H. : “An ANP-based Technology Network For Identification of Core  
Kim, C. Technologies: A Case of Telecommunication  
Cho, H. Technologies”, **Expert Systems With Applications**, Volume 36,  
Park, Y. Issue 1, 2009, pp. 894-908
- Lin, M. : “Using AHP and TOPSIS Approaches in Customer-driven  
Wang, C. Product Design Process”, **Computers in Industry**, Volume 59,  
Chen, M. Issue 1, 2008, pp. 17-31  
Chang, C.
- Luenberger, **Linear and Nonlinear Programming**, USA, Springer Science  
D. : Business Media, LLC, Third Edition, 2008  
Ye, Y.
- Nicosia, N. : **Implementing Purchasing and Supply Chain Management –**  
Moore, N.Y. **Best Practices in Market Research**, USA, RAND Project Air  
Force, 2006
- Önüt, S. : “Long Term Supplier Selection Using a Combined Fuzzy  
Kara, S. MCDM Approach: A Case Study For a Telecommunication  
Işık, E. Company”, **Expert Systems with Applications**, Volume 36,  
Issue 2, 2009, pp. 3887-3895
- Özkan, M. : **Bulanık Hedef Programlama**, Bursa, Ekin Kitabevi, 2003
- Özkan, Ş. : **Lineer Programlama**, Ankara, Nobel Yayın Dağıtım, 1. Basım,  
2005
- Öztürk, A. : **Yöneylem Araştırması**, Bursa, Ekin Kitabevi, 10. Basım, 2005
- Power, **Outsourcing Handbook: How to Implement a Successful**  
D.M.J. : **Outsourcing Process**, London, Kogan Page, 2006  
Clyde K.  
Bonifazi, C.

- Ramanathan, R. : “Supplier Selection Problem: Integrating DEA With the Approaches of Total Cost of Ownership and AHP”, **Supply Chain Management: An International Journal**, Volume 12, Issue 4, 2007, pp. 258-261
- Roghianian, E. : “Comparision of First Aggregation and Last Aggregation in Fuzzy Group TOPSIS”, **Applied Mathematical Programming**, Volume 34, Issue 12, 2010, pp. 3754-3766
- Rahimi, J.  
Ansari, A.
- Sadi-Nezhad, S. : “Application of a Fuzzy TOPSIS Method Base On Modified Preference Ratio and Fuzzy Distance Measurement in Assesment of Traffic Police Centers Performance”, **Applied Soft Computing**, Volume 10, Issue 4, 2010, pp. 1028-1039
- Damghani, K.K.
- Sarkar, A. : “Evaluation of Supplier Capability and Performance: A Method for Supplier Base Reduction”, **Journal of Purchasing & Supplier Management**, Volume 12, Issue 3, 2006, pp. 148-163
- Mohapatra, P.
- Sawik, T. : “Single vs. Multiple Objective Supplier Selection in a Make to Order Environment”, **Omega**, Volume 38, Issues 3-4, 2010, pp. 203-212
- Shih, S. : “An Extension of TOPSIS For Group Decision Making”, **Mathematical and Computer Modelling**, Volume 45, Issues 7-8, 2007, pp. 801-813
- Shyur, H.  
Lee, E.S.
- Shyur, H. : “A Hybrid MCDM Model For Strategic Vendor Selection”, **Mathematical and Computer Modelling**, Volume 44, Issues 7-8, 2006, pp. 749-761
- Shih, H.

- Sun, C. : “A Performance Evaluation Model by Integrating Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS Methods”, **Expert Systems With Applications**, Volume 37, Issue 12, 2010, pp. 7745-7754
- Şen, Z. : **Mühendislikte Bulanık Mantık ile Modelleme Prensipleri**, İstanbul, Su Vakfı, 2.Baskı, 2004
- Talluri, S. : “Vendor Evaluation With Performance Variability: A Max-min Approach”, **European Journal of Operation Research**, Volume 146, Issue 3, 2003, 543-552  
Narasimhan, R.
- Timor, M. : **Yöneylem Araştırması ve İşletmecilik Uygulamaları**, İstanbul, T.C.İstanbul Üniversitesi Basımevi, 2001
- Vidal, L. : “Applying AHP to Select Drugs to Be Produced by Anticipation in a Chemotherapy Compounding Unit”, **Expert Systems With Applications**, Volume 37, Issue 2, 2010, pp. 1528-1534  
Şahin, E.  
Martelli, N.  
Berhoune, M.  
Bonan, B.
- Wang, J. : “Fuzzy Hierarchical TOPSIS For Supplier Selection”, **Applied Soft Computing**, Volume 9, Issue 1, 2009, pp. 377-386  
Cheng, C.  
Kun-Cheng, H.
- Wang, Y. : “On The Normalization of Interval and Fuzzy Weights”, **Fuzzy Sets and Systems**, Volume 157, Issue 18, 2006, pp.2456-2471  
Elhag, T.M.S.
- Waters, D. : **Logistics-An Introduction to Supply Chain Management**, New York, Palgrave McMillan, 2003

- Wu, D. :  
Zhang, Y.  
Wu, D.  
Olson, D.                    “Fuzzy Multi-objective Programming For Supplier Selection and Risk Modelling: A Possibility Approach”, **European Journal of Operational Research**, Volume 200, Issue 3, 2010, pp. 774-787
- Yu, M. :  
Ting, S.  
Chen, M.                    “Evaluating The Cross Efficiency of information Sharing in Supply Chains”, **Expert Systems With Applications**, Volume 37, Issue 4, 2010, pp. 2891-2897
- Yücel, E. :  
Karaesmen,F.  
Salman, F.  
Türkay,M.                    “Optimizing Product Assortment Under Customer-driven Demand Substitution”, **European Journal of Operational Research**, Volume 199, Issue 3, 2009, pp. 759-768
- Zhang, D. :  
Zhang, J.  
Lai, K.  
Lu, Y.                        “A Novel Approach to Supplier Selection Based On Vague Sets Group Decision”, **Expert Systems With Applications**, Volume 36, Issue 5, 2009, pp. 9557-9563
- Zimmerman,  
H.J. :                        **Fuzzy Set Theory and Its Applications**, USA, Kluwer Academic Publishers, Second and Revised Edition, 1992

## EKLER

### T.C İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ TEZ UYGULAMA ANKETİ

Tez konusu: “Tedarikçi seçiminde bulanık mantık ve doğrusal programlamanın birlikte kullanılması”

Hazırlayan: R.İpek Arda

Danışman: Prof.Dr. Necdet Özçakar

Bu anket aday tedarikçileri değerlendirmek üzere hazırlanmıştır ve 6 sorudan oluşmaktadır.

- 1) Aşağıdaki kriterlerin önem derecelerini “çok düşük”, “düşük”, “orta-düşük”, “orta”, “orta-yüksek”, “yüksek” ve “çok yüksek” sıklarından birini seçerek değerlendiriniz.

<i>Dereceler</i>	<i>Çok düşük</i>	<i>Düşük</i>	<i>Ortalama-düşük</i>	<i>Ortalama</i>	<i>Ortalama-yüksek</i>	<i>Yüksek</i>	<i>Çok yüksek</i>
Kriterler							
İş ilişkileri							
Tedarikçinin sektördeki itibarı							
Performans geçmişi							
Tedarikçinin problem giderme kabiliyeti							
Teslimat kabiliyeti							

- 2) Aday tedarikçileri aşağıdaki her bir kriterlere göre ayrı ayrı “çok zayıf”, “zayıf”, “orta zayıf”, “orta”, “orta-iyi”, “iyi” ve “çok iyi” şıklarından birini seçerek değerlendiriniz.

Kriterler	Aday tedarikçiler	<i>Çok zayıf</i>	<i>Zayıf</i>	<i>Ortalama-zayıf</i>	<i>Orta</i>	<i>Orta-iyi</i>	<i>İyi</i>	<i>Çok iyi</i>
İş ilişkileri	<b>Aday 1</b>							
	<b>Aday 2</b>							
	<b>Aday 3</b>							
	<b>Aday 4</b>							
Sektördeki itibarı	<b>Aday 1</b>							
	<b>Aday 2</b>							
	<b>Aday 3</b>							
	<b>Aday 4</b>							
Performans geçmişi	<b>Aday 1</b>							
	<b>Aday 2</b>							
	<b>Aday 3</b>							
	<b>Aday 4</b>							
Problem giderme								

kabiliyeti	<b>Aday 1</b>							
	<b>Aday 2</b>							
	<b>Aday 3</b>							
	<b>Aday 4</b>							
Teslimat kabiliyeti	<b>Aday 1</b>							
	<b>Aday 2</b>							
	<b>Aday 3</b>							
	<b>Aday4</b>							

3) Kriterleri verdiğiniz öneme göre aşağıdaki tabloyu kullanarak soldaki kriteri sağdaki kritere göre kıyaslayınız.

	Eşit derecede önemli		Zayıf derecede üstünlük		Kuvvetli üstünlük		Çok kuvvetli üstünlük		Mutlak üstünlük	
İş ilişkileri	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Tedarikçinin sektördeki itibarı
İş ilişkileri	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Performans geçmişi
İş ilişkileri	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Tedarikçinin problem giderme kabiliyeti
İş ilişkileri	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Teslimat kabiliyeti
Tedarikçinin sektördeki itibarı	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Performans geçmişi
Tedarikçinin sektördeki itibarı	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Tedarikçinin problem giderme kabiliyeti

Tedarikçinin sektördeki itibarı	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Teslimat kabiliyeti
	Eşit derecede önemli		Zayıf derecede üstünlük		Kuvvetli üstünlük		Çok kuvvetli üstünlük		Mutlak üstünlük	
Performans geçmişi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Tedarikçinin problem giderme kabiliyeti
Performans geçmişi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Teslimat kabiliyeti
Tedarikçinin problem giderme kabiliyeti	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Teslimat kabiliyeti

4)Her bir kritere göre ayrı ayrı, soldaki adayları sağdaki adaylara göre aşağıda verilen tabloyu kullanarak kıyaslayınız.

		Eşit derecede önemli		Zayıf derecede üstünlük		Kuvvetli üstünlük		Çok kuvvetli üstünlük		Mutlak üstünlük	
<b>İş ilişkileri</b>	Aday 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aday 2
	Aday 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aday 3
	Aday 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aday 4
	Aday 2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aday 3
	Aday 2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aday 4
	Aday 3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aday 4
<b>Tedarikçinin sektördeki itibarı</b>	Aday 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aday 2
	Aday 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aday 3
	Aday 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aday 4

	Aday 2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aday 3
	Aday 2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aday 4
	Aday 3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aday 4
		Eşit derecede önemli		Zayıf derecede üstünlük		Kuvvetli üstünlük		Çok kuvvetli üstünlük		Mutlak üstünlük	
<b>Performans geçmişi</b>	Aday 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aday 2
	Aday 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aday 3
	Aday 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aday 4
	Aday 2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aday 3
	Aday 2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aday 4
	Aday 3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aday 4

<b>Tedarikçinin problem giderme kabiliyeti</b>	Aday 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aday 2
	Aday 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aday 3
	Aday 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aday 4
	Aday 2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aday 3
	Aday 2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aday 4
	Aday 3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aday 4
		Eşit derecede önemli		Zayıf derecede üstünlük		Kuvvetli üstünlük		Çok kuvvetli üstünlük		Mutlak üstünlük	
<b>Teslimat kabiliyeti</b>	Aday 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aday 2

	Aday 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aday 3
	Aday 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aday 4
	Aday 2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aday 3
	Aday 2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aday 4
	Aday 3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aday 4

5) Talep edilen hazır beton miktarı ..... $m^3$

6) Talep edilen hazır beton için ödeyebileceğiniz maksimum hazır beton birim fiyatı .....YTL

Anketimiz burada sona ermiştir. Katıldığınız için teşekkür ederim..