

**MAKİNE TEÇHİZAT SEÇİMİ KARARI:
BİR UYGULAMA**

Fatma Gül YAZICILAR

**Yüksek Lisans Tezi
İşletme Anabilim Dalı
Yrd. Doç. Dr. Dilşad GÜZEL
2015**

Her Hakkı Saklıdır

**T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI**

Fatma Gül YAZICILAR

MAKİNE TEÇHİZAT SEÇİMİ KARARI: BİR UYGULAMA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**TEZ YÖNETİCİSİ
Yrd. Doç. Dr. Dilşad GÜZEL**

ERZURUM-2015



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ BEYAN FORMU

15.06/20.15

SOSYAL BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

BİLDİRİM

Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğine göre hazırlamış olduğum "Makine Teçhizat Seçimi Kararı: Bir Uygulama" adlı tezin/raporun tamamen kendi çalışmam olduğunu ve her alıntıya kaynak gösterdiğimi taahhüt eder, tezimin/raporumun kağıt ve elektronik kopyalarının Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü arşivlerinde aşağıda belirttiğim koşullarda saklanmasına izin verdiğimi onaylarım:

Lisansüstü Eğitim-Öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim.

- Tezimin/Raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir.
 Tezim/Raporum sadece Atatürk Üniversitesi yerleşkelerinden erişime açılabilir.
 Tezimin/Raporumun yıl süreyle erişime açılmasını istemiyorum. Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin/raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir.

[Tarih ve İmza]

[Öğrencinin Adı Soyadı]

Fatma GÜL YAZICIAR



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ



TEZ KABUL TUTANAĞI

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Yrd. Doç. Dr. Dilşad Güzel danışmanlığında, Fatma Gül Yazıcılar tarafından hazırlanan bu çalışma 15/06/2015 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından, İşletme Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Osman DEMİRDÖĞEN

İmza:

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Orhan KÜÇÜK

İmza:

Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Dilşad GÜZEL

İmza:

Yukarıdaki imzalar adı geçen öğretim üyelerine aittir. 15 / 06 /2015

Prof. Dr. Mustafa YILDIRIM

Enstitü Müdürü

İÇİNDEKİLER

ÖZET	V
ABSTRACT	VI
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	VII
TABLolar DİZİNİ	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ	X
ÖNSÖZ	XI
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

ÜRETİM TEKNOLOJİSİ VE MAKİNE TEÇHİZAT SEÇİMİ

1.1. ÜRETİM TEKNOLOJİSİ	2
1.1.1. Üretim Teknolojisinin Değişim ve Gelişimi	2
1.1.2. İşletmelerde Teknoloji Seçim Kararı	3
1.2. MAKİNE TEÇHİZAT SEÇİMİ	3

İKİNCİ BÖLÜM

KARAR VERME ANALİZİ

2.1. KARAR VERME	6
2.1.1. Karar Verme Faaliyetinin Özellikleri	7
2.1.2. Karar Durumları	7
2.2. KARAR VERME SÜRECİ	9
2.3. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME	12
2.3.1. Çok Kriterli Karar Verme Türleri	15
2.3.1.1. Ağırlıklı Toplam Yöntemi	15
2.3.1.2. Ağırlıklı Çarpım Yöntemi.....	16
2.3.1.3. Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi	16
2.3.1.3.1. Analitik Hiyerarşi Süreci'nin Uygulama Alanları	17
2.3.1.3.2. Analitik Hiyerarşi Süreci' nin Temel Aksiyomları.....	17
2.3.1.3.3. Analitik Hiyerarşi Süreci' nin Katkı ve Kısıtları	18
2.3.1.3.4. Analitik Hiyerarşi Süreci' nin Uygulama Aşamaları.....	19

2.3.1.3.4.1. Hiyerarşik Yapının Oluşturulması	19
2.3.1.3.4.2. İkili Karşılaştırmaların Yapılması	20
2.3.1.3.4.3. Sentez Aşaması	23
2.3.1.4. Topsis (Technique For Order Preference By Similarity To Ideal Solution) Yöntemi	25
2.3.1.4.1. TOPSIS Yöntemi Uygulama Aşamaları	26
2.3.1.5. PROMETHEE (The Preference Ranking Organization Method For Enrichment Evaluation) YÖNTEMİ.....	29
2.3.1.6. ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant la Realite) Yöntemi	29

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

BULANIK MANTIK

3.1. BULANIK MANTIK KAVRAMI	31
3.2. BULANIK KÜME TEORİSİ.....	32
3.3. BULANIK SAYILAR	34
3.3.1. Bulanık Matris	35
3.3.2. Bulanık Sayılarla Yapılan Aritmetik İşlemler	35
3.3.3. Üçgen Bulanık Sayılar.....	37
3.3.3.1. Üçgen Bulanık Sayılarda Matematiksel İşlemler	37
3.3.4. Yamuk Bulanık Sayılar	38
3.3.4.1. Yamuk Bulanık Sayılarda Matematiksel İşlemler.....	38
3.4. BULANIK MANTIĞIN AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARI.....	39

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ VE ENTROPY YÖNTEMİ

4.1. BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ (FAHP) YÖNTEMİ.....	40
4.1.1. Chang'in Mertebe Analizine Dayalı Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi	42
4.2. ENTROPY YÖNTEMİ.....	44
4.2.1. Shannon Entropy Yöntemi	45
4.2.1.1 Shannon Entropy Süreci	45

BEŞİNCİ BÖLÜM

MAKİNE TEÇHİZAT SEÇİMİNE YÖNELİK BİR UYGULAMA

5.1. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME TEKNİKLERİ İLE MAKİNE SEÇİMİ İÇİN LİTERATÜR TARAMASI	47
5.2. MAKİNE TEÇHİZAT SEÇİM PROBLEMİNİN TANIMLANMASI.....	48
5.3. ÇALIŞMANIN AMACI KAPSAMI VE KISITLARI.....	49
5.4. VERİLERİN TOPLANMASI VE ANALİZİ	49
5.5. BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ YÖNTEM AŞAMALARI	51
5.5.1. Aşama 1: Hiyerarşik Yapının Kurulması	51
5.5.2. Aşama 2: AHP Yoluyla Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi İçin İkili Karşılaştırma Matrislerinin Oluşturulması	52
5.5.3.1. Kriterin İkili Karşılaştırma Matrisinin Üçgensel Bulanık Sayılar ile İfadesi	55
5.5.3.2. Matristeki Elemanların Kötümser (En Düşük Olası), Olası ve İyimser (En büyük Olası) Değerlerinin Toplanarak Üçgensel Bulanık Sayılı Sütun Vektörünün Elde Edilmesi.....	56
5.5.3.3. Üçgensel Bulanık Sayılardan Oluşan Vektörün En Düşük Olası, Olası ve En Büyük Olası Değerlerinin Toplanarak Tek Bir Bulanık Sayı Elde Edilmesi ve Bu Sayının Tersinin Alınması.	58
5.5.3.4. Sentez Değerinin Hesabı.....	60
5.5.3.5. Chang's Yöntemi Kullanılarak Üçgensel Bulanık Sayılarla İfade Edilen Değerlerin Olasılık Değerlerine(Olabilirlik derecesi) Göre Sıralanması ..	64
5.5.3.6. Sıralanan Olasılık Değerlerinin Minimumu Alınarak Kriter Ağırlıklarının Oluşturulması ve Bulunan Ağırlıkların Normalleştirilmiş Değerleri	66
5.6. SHANNON ENTROPY YÖNTEMİ.....	68
5.6.1. Aşama 1: Alternatif Kriter Matrisinde Alternatif Verilerinden Hareketle Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi	68
5.6.2. Aşama 2: Matris Normalleştirme	68
5.6.3. Aşama 3: Normalleştirilmiş Matrisin Logaritması.....	73
5.6.4. Aşama 4:ENTROPY 'nin Uygulanması.....	73
5.6.4.1. Aşama 1: K değerinin Bulunması.....	73

5.6.4.2. Aşama 2 : Entropy (E) değerinin Bulunması.....	74
5.6.4.3. Aşama 3: D değerinin Bulunması.....	75
5.6.4.4. Aşama 4: Entropy Ağırlığının (W) bulunması	75
5.6.5. Aşama 5: Ortalama Ağırlıklarının Belirlenmesi	77
5.7. TOPSİS YÖNTEMİ.....	79
5.7.1. Aşama 1: Normalize Edilmiş Karar Matrisinin (R) Oluşturulması.....	79
5.7.2. Aşama 2: Ağırlıklı Normalize Edilmiş Karar Matrisinin (V) Oluşturulması...	83
5.7.3. Aşama 3: Pozitif İdeal Çözüm, Negatif İdeal Çözümler.....	86
5.7.4. Aşama 4: Ayrım Ölçülerinin Hesaplanması.....	87
5.7.5. Aşama 5: İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması.....	90
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	91
KAYNAKLAR	95
ÖZGEÇMİŞ.....	103

ÖZET**YÜKSEK LİSANS TEZİ****MAKİNE TEÇHİZAT SEÇİMİ KARARI: BİR UYGULAMA****Fatma Gül YAZICILAR****Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Dilşad GÜZEL****2015, 103 sayfa****Jüri: Yrd. Doç. Dr. Dilşad GÜZEL (Danışman)****Prof. Dr. Osman DEMİRDÖĞEN****Doç. Dr. Orhan KÜÇÜK**

İmalat fabrikalarına rekabet avantajı sağlayan en önemli konulardan birisi makine-teçhizat seçimidir. Makine-teçhizat seçimi, üretim sisteminin performansını doğrudan etkileyen kritik bir yatırım kararıdır. Üretim hızı, ürün kalitesi ve maliyeti bu karardan etkilenmektedir. Bu çalışmada en uygun makine-teçhizat seçimini gerçekleştirmek amacıyla Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (FAHP) yöntemi ve Shannon Entropy'e dayalı TOPSİS yöntemi kullanılmıştır. Yöntemin uygulanma alanı olarak çay sektörü seçilmiştir. Araştırma için gerekli bilgiler literatür taranıp, fabrika yöneticileri ve uzman elemanlar ile birebir görüşülerek elde edilmiştir. Uzman kişilerin görüşleri ile faktör ve alternatifler belirlenmiş üçgensel bulanık sayılarla ifade edilmiştir. İfadelerle 2 li matrisler oluşturulmuş ve gerekli hesaplamalar yapıldıktan sonra Rize çay fabrikası için en uygun redüktör seçiminde hangi alternatifin baz alınması gerektiği saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bulanık AHP, TOPSİS, Makine Teçhizat Seçimi

ABSTRACT**MACHINERY AND EQUIPMENT SELECTION DECISIONS: AN APPLICATION****Fatma Gül YAZICILAR****Advisor: Assist. Prof. Dr. Dilşad GÜZEL****2015, Page: 103****Jury: Assist. Prof. Dr. Dilşad GÜZEL (Advisor)
Prof. Dr. Osman DEMİRDÖĞEN
Assoc. Prof. Dr. Orhan KÜÇÜK**

Machinery and equipment selection is one of the most important issues which provides competitive advantages to the manufactures companies. Machinery and equipment selection is the critical investment decision which directly affects the manufacture system performance. Production speed, product quality and cost are affected by this decision. In this study, Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) method and the TOPSIS method based on the Shannon Entropy are used for selection of the most suitable machinery and equipment. The tea sector is chosen as the field of application of the method. The necessary information for the study is obtained by reviewing the literature, and making face to face interviewes with the factory managers and experts in this field. With the opinions at the experts, factors and alternatives are determined and are stated with fuzzy numbers. Binary matrices are generated and after making the necessary calculations, which alternatives insult get to the base in the most suitable reducer selection for the Rize tea factory.

Key Words: Fuzzy AHP, TOPSIS, Machinery – Equipment Selection

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

A	: Karar Matrisi
A^*	: Pozitif İdeal Çözüm
A^-	: Negatif İdeal Çözüm
\tilde{A}	: Bulanık Sayı Matrisi
a_{ij}	: i. Alternatifinin j. Kriterine Göre Performans Değeri
C	: Kriter
C_i^*	: İdeal Çözüme Olan Göreli Yakınlık
D	: Ayrım Değeri
D_{pis}	: Pozitif İdeal Çözüme Uzaklık
D_{nis}	: Negatif İdeal Çözüme Uzaklık
E	: Entropy Değer
h_i	: Entropy Değer
J	: Fayda Değeri
J	: Kayıp Değeri
L	: En Düşük Olası Değer
M	: Mertebe Analiz Değeri
m	: Alternatif Sayısı
p	: İhtimal Değeri
p_{ij}	: Normalleştirilmiş Değerler Matrisi
P^*	: En İyi Alternatifin Öncelik Değeri
R	: Normalize Edilmiş Karar Matrisi
S	: Sentez Değeri (Olasılık Değeri)
S_i^*	: Pozitif İdeal Ayrım Ölçüsü
S_i^-	: Negatif Ayrım Ölçüsü
U	: Evrensel Küme
u	: En Büyük Olası Değer
V	: Ağırlıklı Normalize Edilmiş Karar Matrisi
W	: Ağırlık Değeri
w_j	: j. Kriterin Önem Ağırlığı

WN	: Normalize Edilmiş Ağırlık Değeri
λ_{max}	: En Büyük Özdeğer
$\mu_{\bar{A}}$: Bulanık Sayı Üyelik Fonksiyonu
\oplus	: Bulanık Sayı Toplam Sembolü
\otimes	: Bulanık Sayı Çarpım Sembolü
\oslash	: Bulanık Sayı Bölme Sembolü

Kısaltmalar

AAS	: Analitik Ağ Süreci
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AHP	: Analitik Hiyerarşi Süreci
CI	: Tutarlılık Göstergesi
CR	: Tutarlılık Oranı
ÇAKV	: Çok Amaçlı Karar Verme
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
ÇNKV	: Çok Nitelikli Karar Verme
DEA	: Veri Zarflama Analizi
ELECTRE	: Elimination Et Choix Traduisant la Realite
FAHP	: Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci
GAIA	: Geometrik Temsili İki Boyutlu Düzlem
GP	: Hedef Programlama
PROMETHEE	: The Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation
RI	: Rasgele Tutarlılık İndeksi
SMART	: Simple Multiattribute Rating Technique
TOPSİS	: Technique for Order Preference by Smilarity to İdeal Solution

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 2.1. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri	14
Tablo 2.2. ÇNKV ve ÇAKV Kıyaslanması	15
Tablo 2.3. Önem Skalası Tablosu (Saaty, 1980:54).....	22
Tablo 2.4. Tesadüfilik Göstergesi	25
Tablo 4.1. FAHP Yöntemlerinin Karşılaştırılması.....	41
Tablo 5.1. Anket Sorularına Verilen Cevaplar	53
Tablo 5.2. Kriterlerin 2 li Karşılaştırma Matrisi.....	55
Tablo 5.3. Bulanık Saaty Ölçeği	55
Tablo 5.4. Bulanık Evrik (Ters) Saaty Ölçeği.....	55
Tablo 5.5. Kriterlerin İkili Karşılaştırma Matrisinin Üçgensel Bulanık Sayılarla İfadesi	56
Tablo 5.6. Üçgensel Bulanık Sayılı Sütun Vektörü	58
Tablo 5.7. Üçgensel Bulanık Sayılı Sütun Vektöründen Tek Bir Bulanık Sayı Elde Edilmesi ve Bu Sayının Tersine.....	60
Tablo 5.8. Sentez Değeri	64
Tablo 5.9. Olasılık Değerlerinin Sıralanması	66
Tablo 5.10. Sıralanan Olasılık Değerlerinin Minimumu Alınarak Kriter Ağırlıklarının Oluşturulması ve Bulunan Ağırlıkların Normalleştirilmiş Değerleri.....	67
Tablo 5.11. Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi.....	68
Tablo 5.12. Normalleştirilmiş Değerler Matrisi	73
Tablo 5.13. Normalleştirilmiş Matrisin Logaritmik Değerleri.....	73
Tablo 5.14. Entropy ve Entropy Ağırlıklı Değerler	76
Tablo 5.15 Ortalama Ağırlık Değerleri	78
Tablo 5.16. Normalize Edilmiş Karar Matrisi (R)	82
Tablo 5.17 Ağırlıklı Normalize Edilmiş Karar Matrisi (V)	86
Tablo 5.18 Pozitif İdeal Çözüm, Negatif İdeal Çözümler.....	87
Tablo 5.19. Pozitif ve Negatif Ayrım Ölçülerinin Hesaplanması	89
Tablo 5.20. İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması.....	90

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Karar Verme Süreci	9
Şekil 2.2. AHP Hiyerarşik Yapısı	19
Şekil 2.3. $n \times n$ Matrisi.....	21
Şekil 2.4 . İki Boyutlu Uzayda Pozitif ve Negatif İdeal Çözümler Kümesi	25
Şekil 3.1. Kesin Küme ve Bulanık Küme Arasındaki Ayrım	33
Şekil 3.2. A ve B Bulanık Sayılarının Toplamı	35
Şekil 3.3. A ve B Bulanık Sayılarının Farkı	36
Şekil 3.4. Üçgen Bulanık Sayı	37
Şekil 3.5. Yamuk Bulanık Sayı Grafiği	38
Şekil 4.1. M1 ve M2 Arasındaki Kesişim Noktası	43
Şekil 5.1. Verilerin Analiz Adımları.....	50
Şekil 5.2. Amaç, Alternatif ve Kriterler.....	51

ÖNSÖZ

Bu tezin hazırlanması esnasında ve Yüksek Lisans öğrenciliğim boyunca, kendisiyle çalışma imkânı sağlayıp, çalışmalarımı büyük bir sabır ve ilgi ile takip eden, bilgi ve tecrübelerini benden esirgemeyen, çok kıymetli danışman hocam sayın Yrd. Doç. Dr. Dilşad GÜZEL'e ve ayrıca tezin başlangıcından sonlandırılmasına kadar yardımlarına her zaman başvurduğum bana katkılarını eksik etmeyen değerli hocam sayın Arş. Gör. Miraç EREN'e bu tez çalışmasının tamamlanması için desteklerini benden esirgemeyen bana içtenlikle yardımcı olan sevgili arkadaşım İlknur TÜFEKÇİ ve ablam Ruhan ATAR'a

Son olarak ise, yaşamım boyunca benden hiçbir zaman desteklerini esirgemeyen, her zaman yanımda olan aileme, sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Erzurum – 2015

Fatma Gül YAZICILAR

GİRİŞ

Doğru karar almak rekabette üstünlük sağlamayı da beraberinde getirecektir. Günümüz rekabet ortamında doğru karar almak çok önemli bir hale gelmiştir. Doğru karar aynı zamanda etkili karardır. Etkili karar verme her zaman ve her ortamda mümkün olamayabilir. Belirsizliğin ve riskin hakim olduğu durumlarda etkin karar almak zorlaşabilir. Alınan kararlar, personel seçimi, tedarikçi veya makine seçimi gibi problemleri kapsayabilir. İşletmelerin maddi anlamda kayıplar yaşamamaları ve en önemlisi müşteri kaybetme durumuyla karşılaşmamaları için işletmelerini ilgilendiren tüm kararları doğru şekilde vermeleri gerekir.

Bu kararlardan bir tanesi de üretilen ürünün hedef müşteri kitlesine hitap edecek şekilde üretilmiş olmasıdır. Sıfır hatalı üretimi gerçekleştirmek, müşteri memnuniyetini sağlamak ve rakiplere fark atabilmek için minimum maliyetle üretimi gerçekleştirecek en uygun makineyi seçmek gerekir.

Bu çalışmanın amacı, doğru makine teçhizat seçimi için belli kriterler doğrultusunda en uygun alternatifi belirlemek için karar vericilere doğru tespiti sunmak ve karar almada sayısal yöntemlerin uygulanmasının yaygınlaşmasını sağlamaktır. Bunun için çalışmada, makine teçhizat seçimi, uzman görüşüne dayanan FAHP , matematiksel verilere dayanan Shannon Entropy ve pozitif ideal çözüme yakınlığı hesaplayan TOPSİS yöntemi açıklanmaya çalışılmıştır.

Tez çalışması 5 bölümden oluşmaktadır. Çalışmanın birinci bölümünde, üretim teknolojisi ve makine teçhizat seçimi ele alınmıştır. Bu bölümde öncelikle üretim teknolojisi açıklanmış sonrada makine teçhizat seçimi üzerinde durulmuştur. İkinci bölümde, karar verme faaliyeti tanımlanmış ve ÇKKV türlerine değinilerek uygulamada kullanılan AHP ve TOPSİS yöntemleri aşamaları ile beraber açıklanmıştır. Üçüncü bölümde bulanık mantık, bulanık küme ve bulanık mantığın avantaj ve dezavantajları açıklanmıştır. Dördüncü bölümde, FAHP' ye değinilerek Chang'in Mertebe Analizine Dayalı FAHP yöntemi detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Ayrıca uygulamada ağırlık almaya yardımcı olan Shannon Entropy süreci de detaylı bir şekilde anlatılmıştır. Son bölüm olan beşinci bölümde ise bir fabrika için en uygun makine teçhizat seçim amacı doğrultusunda FAHP ve Shannon Entropy'e dayalı olarak TOPSİS yöntemi uygulanarak gerekli analizler yapılmıştır. Analizler doğrultusunda elde edilen bulgular yorumlanarak sonuçlar ifade edilmiştir.

BİRİNCİ BÖLÜM

ÜRETİM TEKNOLOJİSİ VE MAKİNE TEÇHİZAT SEÇİMİ

1.1. ÜRETİM TEKNOLOJİSİ

Teknoloji kavramı günlük hayatta çeşitli şekillerde yorumlanmaktadır. Uygulama alanlarının farklılığı sebebiyle, tek bir teknoloji tanımı yapmak zordur. Üretim bazlı teknolojinin tanımını yaparsak:

Teknoloji, herhangi bir şeyi işletme amaçları doğrultusunda daha iyi biçimde ve ekonomik çerçevede yapabilme becerisidir (Demirdöğen, 1998:3). Teknoloji, üretim faktörlerinin bir araya getirilip üretim sürecine katılmalarını ve daha verimli olmalarını sağlayan bir faktördür (Barutçugil, 1983:92).

Özellikle son yüzyılda bilim ve teknolojiye önemli başarılar elde edilmiştir. Üretim süreçleri, kalite ve kapsam olarak gelişme göstermiştir. Ülkeler gelişen teknoloji ile kaynaklarını daha verimli kullanmaya çalışmış ve dolayısıyla teknoloji, üretilen ürünleri kaynakları ve toplumu etkileyerek üretimde verimliliği arttırmıştır (Demirdöğen, 1998:3).

1.1.1. Üretim Teknolojisinin Değişim ve Gelişimi

Geçmişten günümüze kadar teknoloji sürekli değişerek gelişim göstermiştir. Üretim bazlı teknolojik değişimleri kısaca özetlersek:

Üretim bazlı değişimlerin temelini birinci endüstri devrimi oluşturur. Bu devrimde üretim için gerekli olan enerji tedarik fonksiyonunu insandan alıp makinelere vermiştir. Bununla birlikte makinelerin kontrolünü yine de insanda bırakmıştır. İkinci endüstri devriminde ise, makinelerin insan tarafından kontrol edilmesi yerini, makinelerin kendilerini otomatik olarak kontrol etmelerine bırakmıştır. Üretim teknolojisinde yaşanan bu değişimler yerini gelişime bırakmıştır.

Teknolojik gelişmeler, mevcut üretim yöntemleri ve ürünler üzerinde, şekil, kullanma kolaylığı, üretim ve yöntem teknikleri geliştirme yoluyla teknolojinin ilerlemesini ifade etmektedir (Demirdöğen, 1998: 4).

1.1.2. İşletmelerde Teknoloji Seçim Kararı

İşletme yöneticileri belirli bir ürünü elde etmek için, ihtiyaç duydukları teknolojiyi, üretim sistemleri ve makine grupları ile sağlayabilirler (Barutçugil, 1983:98). Bir işletme için uygun teknolojinin seçimi, tüm departmanlarını etkileyecektir. Üretim departmanı ise bunlar arasında en önemli olanıdır.

Bu nedenle gelişmiş ülkeler teknolojiyi arttırmak amacıyla, araştırma geliştirme faaliyetlerine önem vermektedirler (Demirdöğen, 1998:7). Araştırma geliştirme desteği ile uygun teknolojiyi seçmek daha da kolaylaşacaktır. Bu doğrultuda, uygun teknolojiyi seçmede üç amaçtan söz edilebilir. Bu amaçlar (Barutçugil, 1983:94):

- Seçilecek teknolojinin yararını bütün işletme için üst düzeye çıkarmak.
- Teknolojinin belirli bir üretim sistemine sağlayacağı yararı en üst düzeye çıkarmak.
- Teknolojinin belirli bir ürüne sağlayacağı yararı en üst düzeye çıkarmak şeklindedir.

Bu amaçlar doğrultusunda yapılacak olan doğru teknoloji seçimi işletmeleri doğru sonuçlara götürecektir.

1.2. MAKİNE TEÇHİZAT SEÇİMİ

Bir işletmede mevcut kapasite ile mal ve hizmet üretmek için yerine getirilen işlemler pek çok materyalin sağlanması ve bunların yönetilmesini zorunlu kılmaktadır (Demir ve Gümüšoğlu, 2003:607).

Bu materyallerden bir tanesi de üretimin her hattında bulunan makine ve teçhizattır. İşletmeye yapılan en büyük yatırım, uygun makine teçhizat kullanımınıdır. Bir çok işletmede o işletmeye yapılan yatırımların en büyük bölümünü makine ve tesisler oluşturmaktadır. Makine maliyeti çoğu zaman fabrikadaki toplam ücretlerden daha yüksektir (Kanawaty, 2004:257).

Verimli bir üretim ortamının geliştirilmesinde işe uygun makinelerin seçilmesi, işletmeler tarafından verilmesi gereken önemli kararlardan biridir (Ertuğrul, 2007). Bu süreçte, esneklik, uyumluluk, verimlilik, kullanım kolaylığı, güvenlik, servis desteği, maliyet vb. gibi çok sayıda nitel ve nicel faktör birlikte düşünülmelidir (Perçin, 2012).

Bu faktörler aynı potada eritilerek doğru karar verilmeye çalışılmalıdır.

Makinelerin fonksiyonel gereklilikleri, kalitesi, verimliliği, maliyeti, servis olanakları, pazarda satışa sunulan uygun makine alternatifleri gibi ölçütlere bakıldığında makine seçim problemi, karmaşık bir hal almaktadır (Ertuğrul, 2007). Bu işletmelerin makine –teçhizat seçimi, üretim sisteminin performansını doğrudan etkileyen kritik bir yatırım kararıdır. Zira, hatalı seçilmiş makineler, üretim sistemlerinin performansını olumsuz etkilerler. Üretimin hızı, kalitesi ve maliyeti önemli derecede kullanılan makinelere bağlıdır. Makine seçim işleminin zaman alıcı ve zor bir süreç olması, ileri düzeyde bilgi birikimi ve deneyimi gerektirmesi yöneticiler ve mühendisler açısından birçok soruna neden olabilmektedir (Organ, 2013).

Makine seçim işleminin zaman alıcı ve zor bir süreç olmasından ve deneyim, ileri düzeyde bilgi birikimi gerektirmesinden dolayı yöneticiler ve mühendisler uygun ve etkili bir karara ulaşmak için, birçok veriyi analiz etmek ve birçok faktörü dikkate almak zorundadır. Alternatifler arasından en iyi makinenin seçimini yapabilmek için, karar vericinin makinelerin özelliklerini iyi bilmesi bir anlamda o konuda uzman olmaları gerekmektedir (Ertuğrul, 2007).

Makine teçhizat seçim kararı verirken karar vericinin dikkate alması gereken çeşitli faktörler vardır. Bu faktörler (Barutçugil, 1983:120):

- **Rekabet:** Rekabetçi bir ortamda işletme daha etkin bir üretimi daha düşük bir maliyetle gerçekleştirmek için teknolojiyi daha yakından takip ederek, daha modern makine teçhizat seçimi yapmalıdır
- **Sermaye Maliyeti:** Yasal düzenlemelerle amortisman oranları yüksek, geri ödeme dönemleri kısa olarak belirlenirse , işletmeler daha modern makineler satın alabilir
- **Nitelikli İşgören:** Makine teçhizatları kullanacak olan işgörenlerin niteliği ve eğitimi alınacak olan makine teçhizat seçiminde etkili olacaktır.
- **Finansman Kaynakları:** Seçilecek makine teçhizat, büyük ölçüde işletmelerin yararlanabilecekleri kredilere ve bunların geri ödeme dönem ve sürelerine bağlıdır
- **Hammadde:** Hammaddelerin varlığı, niteliği ve elde edilebilme durumları makine teçhizat seçimini etkiler

- **rn Esnekliği:** Seçilecek olan makine teçhizat arasında ürünün kalitesi, değişik ürünler üretebilme yeteneği ve değişikliklere ayak uydurabilme kolaylığı açısından oluşan farklılıklar makine teçhizat seçim kararında rol oynayacaktır
- **Mevcut Teknolojik Yapı:** Yeni makine teçhizat alımında, mevcut işgörenlerin eğitimi amacıyla yararlanabilme, bunları tamamlayıcı nitelikte kullanma açısından mevcut teknolojiye bağlılık önem taşır şeklindedir.

İKİNCİ BÖLÜM

KARAR VERME ANALİZİ

2.1. KARAR VERME

Kişiler yaşamlarının her aşamasında; gerek özel gerekse meslek hayatlarında sürekli olarak karar vermek zorunda kalırlar. Karşılaşılan sorunlar çok basit olabildiği gibi bir çok faktörün etkisi altında gerçekleşen çok karmaşık sorunlar da olabilmektedir (Sağır, 2006:7). Her insan, karşısına çıkan sorunlar karşısında, o andaki psikolojik durumuna, kişisel isteklerine ve statüsüne, çevre etkilerine, mevcut olanaklarına göre iki veya daha fazla alternatiften birini seçmek durumunda kalır, bu seçim en basit tanımı ile karar vermek olarak adlandırılabilir (Davis ve Goetsch, 2000:515). Bu durumda karar verme en basit şekli ile “Seçenekler arasından bir tanesinin tercih edilmesi” olarak tanımlanabilir (Daft, 2003:272). Diğer bir tanıma göre ise karar verme, fark edilen ihtiyaçlara yönelik, üzerinde dikkatlice düşünülerek yapılan seçimdir (Kleindorfer, Kunreuther ve Schoemaker, 1993:193).

Karar verme yönetsel bir işlev ve aynı zamanda da örgütsel bir süreçtir. Ayrıca karar verme eylemi; faaliyetler, alternatifler, ölçütler ve sonuç gibi elemanlardan oluşur. Karar verme işlevi yönetsel bir süreçtir. Çünkü yöneticinin temel sorumluluğu karar vermedir. Hatta yönetim deyince karar veren birim, yönetici ya da karar veren kişi akla gelir. Bu nedenle bazıları karar verme ile yönetimi eş anlamlı sayarlar. Yöneticiler aldıkları kararların sonucuna göre değerlendirilirler. Örgütler başarısızlığa uğramamak için doğru kararlar veren yöneticilere ihtiyaç duyarlar. İyi yönetici doğru ve çabuk karar veren yöneticidir (Erkiletlioğlu, 2000:2).

İyi bir karar; mantığa dayanan, var olan tüm verileri ve olası alternatifleri dikkate alan ve nicel yaklaşıma başvurularak elde edilen karardır. Bazen iyi bir karar ile beklenmedik veya uygun olmayan bir sonuç elde edilebilir. Fakat bu o kararın iyi olma özelliğini değiştirmez. Öte yandan, kötü karar ise mantığa dayanmayan, mevcut bilgileri kullanmayan, tüm alternatifleri dikkate almayan ve sayısal tekniklere başvurmadan alınan karardır. Eğer kötü bir karar alınmasına rağmen şans faktörü sayesinde iyi bir sonuca ulaşıldıysa, bu durum kişinin kötü bir karar verdiği gerçeğini değiştirmez (Render ve Stair, 1991: 154).

Bir karar verme probleminde somut veriler olduğunda karar vermenin daha kolay soyut veriler olduğunda ise karar vermenin zorlaşacağı bilinmektedir. Ayrıca karar vermede eğer tek bir kriter varsa alternatif olarak buna rahatlıkla karar verilebilirken, karar problemindeki kriter sayısının birden çok olduğu durumda karar verme de zorlaşmaktadır (Göksu, 2008:1-26).

Kısaca karar verme, eldeki tüm verilerin dikkate alınarak durumun anlaşılması, alternatif eylem biçimleri ile getirecekleri sonuçların gözden geçirilmesi ve en uygun eylemin seçilerek uygulanması sürecidir. Artan rekabet koşulları ile beraber, işletmeler açısından karar verme uygulamaları çok daha büyük önem taşımaya başlamıştır. Bilim ve teknolojiye ki gelişmeler sonucunda artık karar verme problemlerinin çözümleri sezgisel değil bilimsel yöntemlerle aranmaya başlanmıştır (Kaya, Kılınç ve Çevikcan, 2007:8-14). Uzun zamandır inanıldığığının aksine, günümüzde karar verme bir "sanat" olmaktan çok bir "bilim" olma haline gelmiştir (Saaty, 2001:3-10).

2.1.1. Karar Verme Faaliyetinin Özellikleri

Karar verme faaliyetinin başlıca özellikleri aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Karar verme işlemi geleceğe yöneliktir ve öngörüye dayanır.
- Karar verme psikolojik ve maddi zorluklar taşır.
- Karar süreci etkinlik ve rasyonelliğe dayanır.
- Karar bir tür plandır ve geleceği görebilmeye dayanır.
- Karar belli bir davranış özgürlüğü ve otoriteyi gerektirir.
- Karar alternatif giderler doğurur.
- Karar süreci bir sorun çözme sürecidir.
- Kararın verilmesi ve uygulanması bir zaman süreci gerektirir.
- Kararın süreci pahalıdır (Sağır, 2006:10).

2.1.2. Karar Durumları

Genelde, hangi kararın verilmesi gerektiği üzerinde üç durum vardır. Bu durumlar; belirlilik altında karar verme, risk altında karar verme ve belirsizlik altında karar verme olarak sınıflandırılmaktadır. Bu durumların her biri, hangi karar

alternatifinin geleceğe daha uygun olduğunun belirtilmesi tabanlıdır (Koçoğlu, 2010:58).

- **Belirlilik Altında Karar Verme:** Belirlilik ortamında karar verici, alternatiflerin her birinin hangi şartlar altında gerçekleştiği ve nasıl bir sonuç vereceği konusunda tam ve kesin bilgilere sahiptir. Başka bir ifadeyle, karar verme sürecine ilişkin davranışların doğuracağı sonuçlar önceden kesinlikle biliniyorsa buna belirlilik şartları altında karar verme denir (Tekin, 1995:29-30). Bu durumda yöneticilerin yapacakları tek şey alternatiflerin sonuçlarını listelemek ve bu alternatifler arasından örgüt için en yüksek değerli olanı seçmektir. Örnek olarak devlet tahvillerine yatırım kararı verilebilir. Devlet faiz oranları tam olarak bilindiğinden bu karar sonucu elde edilecek gelir, net olarak saptanabilmektedir. Dolayısıyla belirlilik durumunda karar verme söz konusu olmaktadır. Ancak, çoğu örgütsel karar belirlilik durumu dışında verilir (Certo, 2003:155).

- **Risk Altında Karar Verme:** Risk durumunda, hedefler bellidir ve doğru bilgiye ulaşabilme imkanı vardır. Ancak; iki yada daha çok gerçekleşme olasılığı bulunan durum mevcuttur. Bu durumlardan hangisinin ortaya çıkacağı belli olmadığı için matematiksel olasılıkları bilmek yada tahmin etmek gerekmektedir (Koçoğlu, 2010:60).

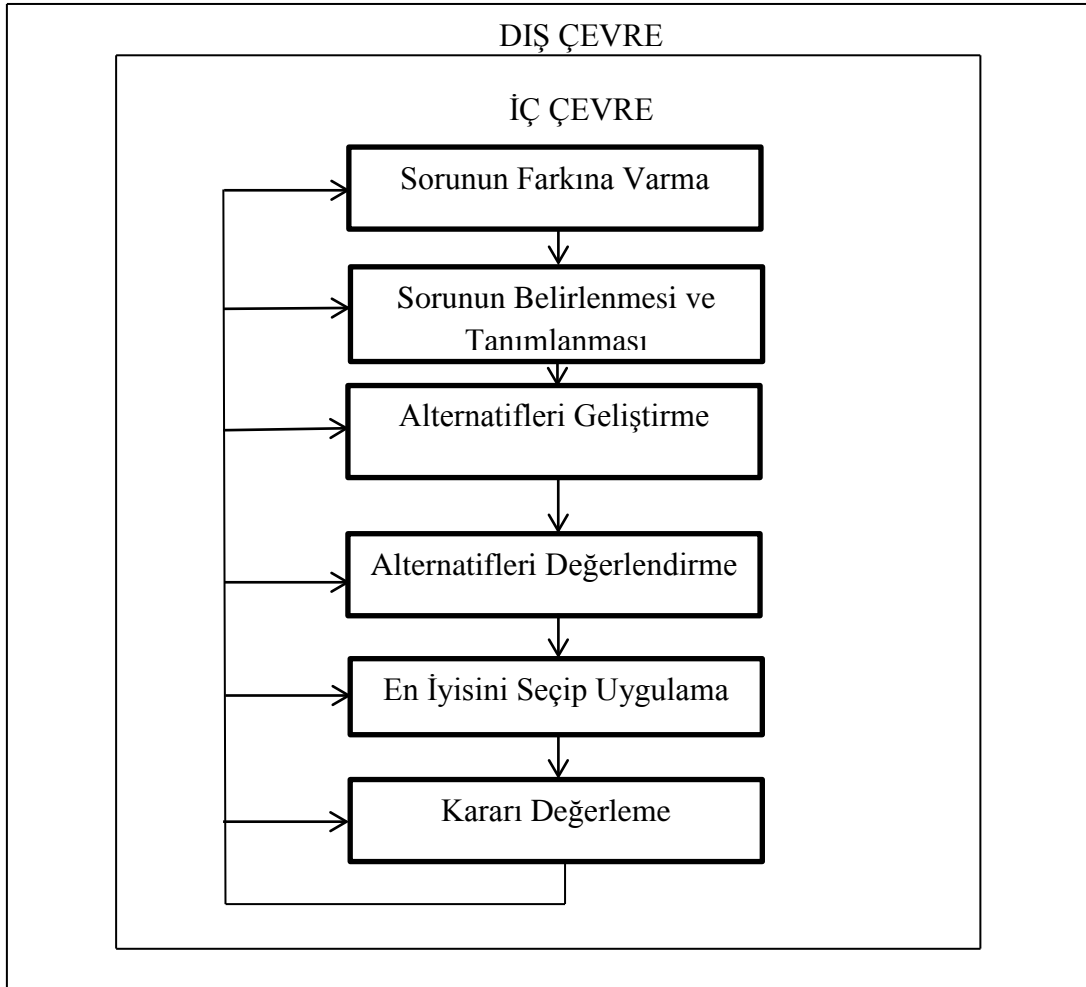
Risk ortamında karar vermede alınacak belirli bir karara ilişkin değişik sayıda koşul söz konusu olmaktadır. Her alternatifin her koşul altında elde edebileceği sonuçlar belirli bir olasılık çerçevesinde oluşur. Risk ortamında alternatiflerin ne gibi sonuçlar doğuracağı önceden bilinemez. Karar vericinin amacı doğa koşullarının belirli bir olasılıkla meydana geldiğini kabul ederek, beklenen parasal değerleri hesaplayıp en iyi alternatifi seçmektedir (Tekin, 1995:29–30).

- **Belirsizlik Altında Karar Verme:** Ortaya çıkacağı umulan olayların veya gerçekleşme olasılıklarının belirlenemediği karar problemleri belirsizlik altında karar verme problemi olarak adlandırılmaktadır. Belirsizlik altında karar veren kişinin, elinde sonuçlara verebileceği olasılıklar söz konusu değildir. Elinde geçmişe ilişkin tecrübe ve kayıtlar olmadığından bir olasılık hesaplaması yapması mümkün olmamaktadır (Kentli, 2011:140-159). Karar vericiler; belirsizlik durumunda uygun alternatifler oluşturmalıdır. Alternatif oluştururken yaratıcı yaklaşımlar, uygun alternatifi seçerken

de kişisel hükümler ortaya koymalıdır (Daft, 2003:276). Doğa durumlarının olasılıkları hakkında hiçbir bilgi olmadığından, kullanılan teknikler karar vericinin iyimser ve kötümser olmasına göre değişiklik gösterecektir (Ulucan, 2004: 306).

2.2. KARAR VERME SÜRECİ

Karar, bir anda ortaya çıkan bir olgu değil aynı zamanda çeşitli aşamalardan geçerek oluşan bir süreçtir. Genel anlamda süreç, belirli bir sona ulaşılmasını sağlayan bir dizi eylem ve çalışmaların tümüdür. Bundan dolayı, etkin bir karara ulaşmak için karar verme sürecinin hangi aşamalardan oluştuğunu bilmek gerekmektedir (Karakaya, 2003: 9). Bu aşamalar şu şekilde sıralanabilmektedir



Şekil 2.1. Karar Verme Süreci (Can, 1991:209)

1) Sorunun Farkına Varma

Karar sürecinin amaçlı ve akılsal olabilmesi için sorunun net biçimde anlaşılması ve tanımlanması gereklidir. Yönetici, zamanı gelmemiş ve başka birimlere ait olan kararlara dikkat edebildiği ölçüde başarılıdır. Sorunun anlaşılması, kararı yönlendirecek amacın öğelerini saptamayı sağlar. Zaten sorun, anlaşılıp ifade edilmezse üzerinde bilimsel bir araştırma yapılamaz (Batçioğlu, 1994:73).

2) Sorunun Belirlenmesi ve Tanımlanması

Sorunun tanımlanması aşaması tamamen çalışmanın sonucunu etkileyeceği için çok önemlidir. Çünkü yanlış tanımlanmış sorun ile doğru yanıtı ulaşmak zordur. Bu yüzden kararın kim tarafından verildiği, uygun hedeflerin belirlenmesi problemin tanımı için çok önemli bir yöndür (Arıkan, 2008:9).

Tanımlama aşamasında sorun açıkça ortaya çıkarılarak, kişi ve grupların sorumluluğu açıkça belirtilerek, sorunla ilgili konuların ortaya çıkarılması için uygun bir ortam oluşturulmalıdır. Sorun tam olarak tanımlanamaz ise karar verme sürecine başlanmasının doğru olmayacağı kabul edilir (Lippitt,1969:112).

Karar verme süreci içerisinde sorunların tanımları yapılırken dört farklı durumla karşılaşılmaktadır. Bu durumlar aşağıdaki şekildedir.

- Açıkça tanımlanmış ve belirlenmiş alternatiflerin tek bir kritere göre değerlendirilmesi
- Açıkça tanımlanmamış ve belirsiz alternatiflerin tek bir kritere göre değerlendirilmesi
- Açıkça tanımlanmış ve belirlenmiş alternatiflerin çoklu kriterlere göre değerlendirilmesi
- Açıkça tanımlanmamış ve belirsiz alternatiflerin çoklu kriterlere göre değerlendirilmesi (Zeleny, 1982:23).

3) Alternatiflerin Belirlenmesi

Bu aşamada çözüm alternatifleri geliştirilir. Her alternatif potansiyel bir çözümü oluşturduğu için belirlenen alternatifler uygulanabilir olmalıdır. Ne kadar iyi seçenekler geliştirilirse, çözümde o oranda etkili olacaktır. Bu aşamada yapılan işin esası şu şekildedir: Belirlenmiş olan amaca ulaştıracak veya tanımlanmış olan sorunu ortadan

kaldırarak, başlıca alternatiflerin bir listesi yapılır. Bir alternatif veya seçenek, amacı gerçekleştirmek için veya sorunu ortadan kaldırmak için insan gücü ve fiziksel kaynakların nasıl kullanılacağını gösteren bir yoldur. Eğer gidilebilecek sadece tek yol varsa, yani tek bir alternatif var ve seçim imkanı yoksa, karar vermek söz konusu olmayacaktır. Çünkü karar vermek birçok alternatif arasından bir seçim yapma işlemidir. Ayrıca geliştirilen alternatifler, aralarından seçim yapılabilecek yolları gösterir nitelikte olmalıdır (Koçel, 2003:96).

4) Alternatiflerin Değerlendirilmesi

Sorun açıkça saptandıktan, uygun alternatifler tanımlandıktan ve her alternatifin olası sonuçları iyi biçimde tahmin edildikten sonra, son seçimin yapılması gerekmektedir. Ancak durum bu kadar da kolay değildir. Genellikle, her alternatif çeşitli zamanlarda çeşitli sonuçları ortaya çıkaran bir çok olasılığa sahiptir. Bu çeşitli sonuç dizileri arasından bir seçim yapmak için ise, karmaşık bir değerler sistemine ihtiyaç duyulmaktadır. Karar verme işleminin bu aşamasında karar verenin görevi, bir dizi sonucun başka bir diziyle kıyasını yapmaktır (Newhman, 1979:133–134). Diğer bir anlamıyla alternatiflerin olasılıklarına göre tek tek değerlendirilip, kendi aralarında kıyaslanmasıdır.

5) En İyi Alternatifin Belirlenmesi

Seçenekler ve bunların sonuçları en iyi şekilde saptansa bile en kritik adım, bunlar arasından en uygun seçeneğin belirlenmesidir. Bu aşamada bir tercihler sıralaması yapılır. Yönetici en iyi sonucu elde etmek istemekle birlikte kendisi için de en tatmin edici olan alternatifini seçecektir. (Can, 1991:211).

Mümkün olan en iyi alternatifin seçiminde dört ölçek kullanılmaktadır. Bunlar; risk derecesi, ekonomik olma, zamanlama ve kullanılacak kaynakların sınırlandırılmasıdır. Bu ölçekler şu şekilde açıklanabilir.

- **Risk derecesi:** Karar vericiler karar verme aşamasında iken beklenen kazançlara göre beklenen kayıpları da dikkate almak zorundadırlar. Bundan dolayı seçilecek alternatifin en uygun alternatif olması için risk açısından değerlendirilmesinin yapılması gerekmektedir.

- **Ekonomik olma:** Seçilen alternatifin mümkün olan en az çaba ve en az emek ile yerine getirilmesi kapsamaktadır.
- **Zamanlama:** Karar verilecek konu acil bir konu ise karar verme süresi kısa, eğer karar verilecek konu acil değil ve zaman kısıtı yoksa yavaş bir başlangıç tercih edilmelidir.
- **Kaynakların sınırlandırılması:** Organizasyonda mevcut olan en önemli kaynak insandır. Verilecek kararın yerine getirilmesini sağlayan insan sayısının da en az olması gerekmektedir (Drucker, 1996:389–390).

6) Kararın Değerlendirilmesi ve Uygulanması

Bu aşamada gerçek sonuçlar ile hedefler karşılaştırılır. Bu kıyaslama sonucunda sorunlar ortaya çıkarsa gerekli değişiklikler yapılmalıdır. Sorunların saptanması için hedeflerin ölçülebilir olması gerekmektedir (Sağır, 2006:41).

Yukarıda belirtilen karar verme süreci aşamalarında bir standart söz konusu değildir. Karşılaşılan karar probleminin yapısına, boyutuna ve karar ortamına göre bu aşamalardan bir veya birkaçı ihmal edilebilir (Tekin, 2004:20).

2.3. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME

İşletmelerde yöneticiler, belirli amaçlarını gerçekleştirmek ve değişik konularda karşılaştıkları sorunları çözmek için sürekli olarak karar vermek durumunda kalırlar ve zamanlarının büyük bir bölümünü karar vermeye ayırırlar. Yöneticiler, basit günlük kararları alırken sezgilerini kullanırken, daha karmaşık kararlar için analiz yapmaya ihtiyaç duyarlar. Çeşitli karar problemleriyle karşı karşıya kalan yöneticiler için zor problemlerden bir tanesi de alternatifler kümesinden en uygun alternatifin seçilmesidir.

Bu seçim sürecine çelişen ve fazla sayıda kriter dahil olduğu için geleneksel seçim prosedürlerinin kullanılması gerçekçi bir çözüm sunmaz. Bu durumda, çok kriterli karar verme yöntemlerinin kullanılması gerekmektedir.

Çok kriterli karar verme yöntemlerini kullanmakta ki amaç, çoklu ve genellikle birbiriyle çelişen kriterlerin olduğu durumlarda karar verme sürecini kontrol altına alabilmek ve karara mümkün olduğu kadar kolay ve çabuk ulaşmaktır (Ertuğrul ve Karakaşoğlu, 2010: 23-41).

Çok kriterli karar verme yöntemlerinin başlıca amaçlarından birisi karar vericilere karar verme konusunda güvenli ve rahat hissetmelerini sağlayarak bilgiyi organize, sentez ederek ve tüm kriterlerin belirlenmesini sağlamak ve bu sayede karar sonrası pişmanlığı en aza indirmektir (Belton ve Steward, 2002:2). Çok kriterli karar verme yöntemleri sayesinde bir çok problemin çözümü sağlanılır (Güzel ve Erdal, 2015).

Çok kriterli karar verme yi ele almada dört önemli anahtar sözcük; nitelikler (attributes), amaçlar (objectives), hedefler (goals), kriterler (criteria) dir. Bu terimlerin evrensel tanımları olamamakla birlikte genel olarak şu şekilde tanımlanabilir.

- **Nitelikler (Bileşenler):** Nitelik kelimesi yerine, performans dereceleri, bileşenler, faktörler, ayırt edici nitelikler ve özellikler kelimeleri kullanılabilir. Nitelik, amacın seviyelerini değerlendirme anlamına gelmektedir Her bir alternatif, birçok nitelik ile tanımlanabilir (Lai ve Hwang, 1996).

- **Amaçlar:** Bir karar verme probleminde amaçlar, kriterlerin karar vericinin arzuları doğrultusunda yönlendirilmesi olarak tanımlanabilir (Alp, 2008:73-91).

- **Hedefler:** Hedefler, isteğin öncelik değerlerini belirlemeyi veya isteği derecelendirmeyi ifade eder. Genellikle hedefler, alternatif kümesini kısıtlamak ve sınırlamak için tasarlandığından kısıtlar olarak belirtilir (Lai ve Hwang, 1996).

- **Kriter ve öznitelik:** Kriter ve öznitelik kavramları bazı farklar içerse de literatür de genellikle birbirlerinin yerine kullanılmaktadır. Öz nitelikler kriterlerin temel alt gruplarıdır. Kriterler, alternatiflerin temel özellikleri, kaliteleri veya verimlilik parametreleri olarak tanımlanır ve karar vericinin değer yargılarına bağlı olarak tanımlanıp ölçümlenirler.

- **Alternatifler:** Bir problemdeki tercih seçenekleridir. Ele alınan problemlerde yerine göre birkaç, yerine göre çok daha fazla sayıda alternatif olabilir. Bu alternatifler elenerek amaca en uygun olanı seçilir (Karakışoğlu, 2008:19).

Çok kriterli karar verme problemlerinde karar vericiler için alternatiflerin incelenmesi, alternatiflerin önem derecelerine göre sıralanması ve en uygun alternatifin seçimi önemli bir konudur (Jahanshahloo, Hosseinzadeh ve Izadikhah, 2006: 1544-1551).

Çok kriterli karar verme ile ilgili önemli noktalar şöyle ifade edilir:

- Çok kriterli karar verme, çelişen kriterlerin ve çoklu işlemlerin açıkça ortaya konmasını araştırır.
- Çok kriterli karar verme süreci, problemin yapılandırılmasına yardım eder.
- Çok kriterli karar verme genellikle modeller ve ilgili konuya odaklanma ile ilgilenir.
- Çok kriterli karar vermedeki temel amaç karar vericilere problemin durumunu, kendilerinin ve diğerlerinin değerlerini ve yargılarını öğrenmelerini sağlamak ve örgüt içinde uygun bilginin sunumu ile bilginin sentezini tartışarak tercih edilen faaliyetin belirlenmesine ve sürdürülmesine yardım etmektir.
- En kullanışlı yaklaşımlar basit ve anlaşılır olanlardır.
- Potansiyel karmaşık bir çevrede bu tür basit araçların kullanımını daha etkili kılmak için önemli beceriler gereklidir (Belton ve Steward, 2002:5).

C.L. Hwang ve K. Yoon, çok kriterli karar verme kavramlarının taşıdıkları farklı özellikler ışığında çok kriterli karar verme problemlerini iki büyük sınıfa ayırmışlardır. Bu sınıflardan birisi, çok nitelikli karar verme (ÇNKV) ve diğeri ise çok amaçlı karar verme (ÇAKV) dir. Çok nitelikli karar verme yöntemleri, belirlenen kesin alternatifler içerisinden bir alternatifin seçilmesini kapsarken, çok amaçlı karar verme yöntemleri, matematiksel kısıtlar yardımı ile tanımlanan sınırsız sayıdaki alternatifleri içeren amaç problemlerini tanımlamak için kullanılmaktadır. Çok kriterli karar verme yöntemlerinden olan çok amaçlı karar verme ve çok nitelikli karar vermede en çok kullanılan yöntemler aşağıda Tablo 2.1’de verilmiştir (Hwang ve Yoon, 1981:4).

Tablo 2.1. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri

Çok Amaçlı Karar Verme	Çok Nitelikli Karar Verme
Değer/ Fayda Modelleri	PROMETHEE
Hedef Programlama (GP)	Analitik Hiyerarşi Süreci(AHP)
Dinamik Programlama	Analitik Ağ Süreci (AAS)
Veri Zarflama Analizi (DEA)	TOPSIS
	ELECTRE
	SMART

Yukarıda sınıflandırmış olduğumuz çok amaçlı karar verme ve çok nitelikli karar verme yöntemleri arasındaki karşılaştırma aşağıda Tablo 2.2’de gösterilmektedir (Güneş ve Umarusman, 2003: 242-255).

Tablo 2.2. ÇNKV ve ÇAKV Kıyaslanması

	Çok Nitelikli Karar Verme	Çok Amaçlı Karar Verme
Kriterlerin tanımlanması	Nitelikler tarafından	Amaçlar tarafından
Amaçların tanımlanması	Örtük/ Zımni olarak	Açık/ Belirgin olarak
Niteliklerin tanımlanması	Açık/ Belirgin olarak	Örtük/ Zımni olarak
Kısıtlılıklar	Aktif değil	Aktif
Alternatifler	Sonlu sayıda, ayrık (önceden tanımlanmış)	Sonsuz sayıda, sürekli (süreç sırasında belirir)
Karar verici ile etkileşim	Çok fazla değil	Çoğunlukla
Kullanım amacı, problem türü	Seçim/ Değerlendirme	Tasarım

2.3.1. Çok Kriterli Karar Verme Türleri

2.3.1.1. Ağırlıklı Toplam Yöntemi

Ağırlıklı toplam yönteminde, her alternatifin farklı kriterlere göre elde ettiği performans değerleri bulunur. Bu performans değerleri sonra normalize edilip, ölçüt göreceli derecesine göre ağırlıklı ortalaması alınarak toplam puana ulaşılır. Diğer bir ifadeyle, her bir kriter gere alternatifin değeri, gerçek sayısal değerlerden oluşur ve o kriterin ağırlığı ile çarpılarak tüm kriterler için bu değerlerin toplamları alınır. Böylece sonuç değerleri elde edilir. Elde edilen bu değerler arasından maksimum değeri sağlayan alternatif, en iyi alternatif olarak seçilir (Alpay, 2010:63).

Eğer karar verme probleminde m tane alternatif ve n tane kriter varsa, en iyi alternatif aşağıdaki şekilde ifade edilir:

$$P^* = \max_{m \geq i \geq 1} \sum_{j=1}^n a_{ij} w_j$$

Bu denklemde, a_{ij} , i . alternatifin j . kriter gere performans değerini ve w_j de j . kriterin önem derecesini göstermektedir. P^* ise en iyi alternatifin öncelik değerine eşittir. Ağırlıklı toplam yöntemi, farklı birimlerde ki problemleri çözmek için kullanıldığında kavramsal bir sorun oluşturur. Bu nedenle bu yöntemin benzer birimlere

sahip tek boyutlu problemlerde uygulanması daha mantıklıdır (Triantaphyllou ve Lin, 1996: 281-310).

2.3.1.2. Ağırlıklı Çarpım Yöntemi

Ağırlıklı çarpım yönteminde, alternatifleri sıralamak için çarpma işleminden faydalanılır. Her bir alternatif, diğer alternatiflerle her bir kriter için belirlenen oranla çarpılarak kıyaslanır. Genel olarak iki alternatifin kıyaslanması şu şekilde ifade edilir:

$$R\left(\frac{a_k}{a_p}\right) = \prod_{j=1}^n \left(\frac{a_{kj}}{a_{pj}}\right)^{w_j}$$

Formülde görüldüğü üzere, her bir alternatifin diğer bir alternatifle tüm kriterlere göre oranı alınır. Bulunan değerler üstel olarak ağırlıklandırılarak tüm kriterler için çarpımları alınır ve sonuç değerine ulaşılır. $R\left(\frac{a_k}{a_p}\right)$ değeri ile $R\left(\frac{a_p}{a_k}\right)$ değeri kıyaslanır. $R\left(\frac{a_k}{a_p}\right)$ değeri $R\left(\frac{a_p}{a_k}\right)$ değerinden büyükse, tercih sırasında a_k , a_p den önde yer alır (Alpay, 2010:64).

Ağırlıklı çarpım yöntemi ile ağırlıklı toplam yöntemi birbirlerine benzemektedir. Ağırlıklı çarpım yöntemine, yapısının ölçü birimlerinin elimine edilmesine izin vermesinden dolayı “boyutsuz analiz” de denilmektedir. Bu nedenle ağırlıklı çarpım yöntemi, tek ve çok boyutlu karar problemlerine de uygulanabilmektedir (Triantaphyllou ve Lin, 1996: 281-310).

2.3.1.3. Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi

Analitik Hiyerarşi Süreci (Analytic Hierarchy Process – AHP), Saaty tarafından geliştirilen ve çok kriterli karar verme problemlerinin çözümünde etkili kullanım sağlayan bir karar analiz yöntemidir (Saaty ve Vargas, 2001:13) Saaty bu yöntemi ilk olarak 1971 tarihinde geliştirmiştir. Bu yöntem insanoğlunun kendisine hiçbir şekilde öğretilmeyen, fakat doğumundan bu yana içgüdüsel olarak kullandığı bir yöntemdir (Aslan, 2005:5).

Karşılaşılan sorunları çözmek için doğru karar vermek gereklidir. Son zamanlarda ise karar verme problemi ile karşılaşan insanların kendi yargılarıyla karar verdikleri

dikkat çekmektedir. AHP yöntemi ile karar vericilerin birbirinden farklı psikolojik ve sosyolojik durumları dikkate alınarak nasıl karar verdikleri anlaşılmaya çalışılmaktadır. Bu yöntemin amacı, karar vericilerin nasıl daha etkin karar verebileceklerini anlamaya ve açıklamaya çalışmaktır (Saaty, 1980:50).

AHP yöntemi karar verme sürecini sistematik hale getirir ve doğru kararlara ulaşmayı sağlar. Karar vericinin amacına ilişkin doğru tercihlerde bulunmasına olanak sağlayarak uygulamaları kolaylaştırır. Ayrıca, karar vericinin karar probleminin tanımı ve unsurlarına ilişkin bilgisinin artmasını sağlar (Çiçekli ve Karaçizmeli, 2013:71-94). AHP yönteminin diğer bir avantajı ise nitel ve nicel faktörler arasında ilişki kurularak en iyi sonucun elde edilmesine imkân vermesidir (Karakaşoğlu, 2008:22)

2.3.1.3.1. Analitik Hiyerarşi Süreci'nin Uygulama Alanları

AHP yöntemi ilk kez 1965 yılında L. Thomas Saaty tarafından ortaya konmuştur. 1971 yılında ise geliştirilerek ilk kez ABD Savunma Bakanlığı'nda olasılık planlama problemlerinde kullanılmıştır. Daha sonra çeşitli alanlarda uygulanmış ve 1973 yılında Sudan ulaşım projesinde kullanılmasıyla tam olgunluğa ulaşmıştır. Teorik olarak tam olarak gelişimini 1974-1978 yıllarında tamamlamıştır (Ayyıldız, 2003: 110).

AHP dünyada birçok alanda yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Örneğin; planlama, pazarlama, toplam kalite yönetimi, kıyaslama (benchmarking), üretim gibi alanlarda kullanılmasının yanı sıra, proje seçimi, yatırım kararları, risk yönetimi, yönetim stratejilerinin değerlendirilmesi gibi işletme için önemli olan konularda da AHP yönteminden faydalanılmaktadır.

Yöntemin bu kadar yaygın kullanılmasının nedeni, kullanım kolaylığı sağlaması ve aynı zamanda hem ölçülebilir hem de ölçülemeyen kriterleri dikkate almasıdır (Arıkan, 2008:27)

2.3.1.3.2. Analitik Hiyerarşi Süreci'nin Temel Aksiyomları

Saaty 'e göre AHP 'nin temeli 4 temel aksiyoma dayanır:

- **Ters Karşılaştırma:** İki ögenin birbirleri ile karşılaştırılmasıdır. Karşılaştırmaları yaparken iki öge iki yönlü olarak karşılaştırılır. İlk öge ikinciye göre x

oranda tercih ediliyorsa, ikinci ögenin ilk ögeye göre tercih edilme oranı da otomatik olarak $\frac{1}{x}$ kadar olacaktır.

- **Homojenlik:** Birbirinden ayrı özelliğe sahip öğeleri karşılaştırmak büyük hatalara sebep olabilmektedir. Benzer özelliklere sahip öğeler birbirleri ile karşılaştırmak ise daha kolay olmaktadır. Karşılaştırılması yapılan öğeler eğer homojen değilse, bu öğeler gruplandırmaya tabi tutularak karşılaştırılmalıdır.

- **Bağımsızlık:** Tercih yaparken kriterlerin değerlendirilmesinin alternatiflerin sahip olduğu özelliklerden bağımsız olduğu varsayılmaktadır.

- **Beklentiler:** Oluşturulan hiyerarşik yapı, karar vericilerin düşüncelerini yansıtabilecek biçimde olmalıdır. Hedeflenen sonuç gelecek ile ilgili beklentilerle uyum göstermelidir. Aynı zamanda tüm kriterler ve alternatifler hiyerarşi içerisinde bulunmalıdır (Saaty, 1986:841-855).

2.3.1.3.3. Analitik Hiyerarşi Süreci' nin Katkı ve Kısıtları

AHP nin Kısıtları:

- Herhangi bir karar alternatifi, probleme eklendiğinde veya problemden çıkarıldığında karar alternatifi sıralamasının değişmesi durumudur. Bu nedenle AHP de sıra değişimine dikkat edilmesi gerekir.

- Modelleme sürecinin subjektif olması AHP nin bir kısıtı olarak görülür ve bu durum, yöntemin “kesinlikle doğru” kararları garanti edemeyeceği anlamına gelir.

- Bir karar hiyerarşisindeki kademe sayısı arttıkça ikili karşılaştırma sayısı da artar. Buda AHP için fazla zaman ve çaba harcaması demektir.

AHP' nin Katkıları:

- Karmaşık problemleri daha basit hale getiren bir yapısı vardır.
- Karar vericilerin karar probleminin tanımını ve unsurlarına ilişkin anlayışını ve bilgisini artırır.

- Bir karar problemine ilişkin hem objektif hem subjektif yargılarla, hem nitel hem de nicel bilgilerin karar sürecine dahil edilmesine olanak verir.

- Grup kararlarında kullanımı uygun ve yaygındır.

- Karar vericinin yargılarının tutarlılık derecesini ölçmesine olanak verir (Durdudiler, 2006:32).

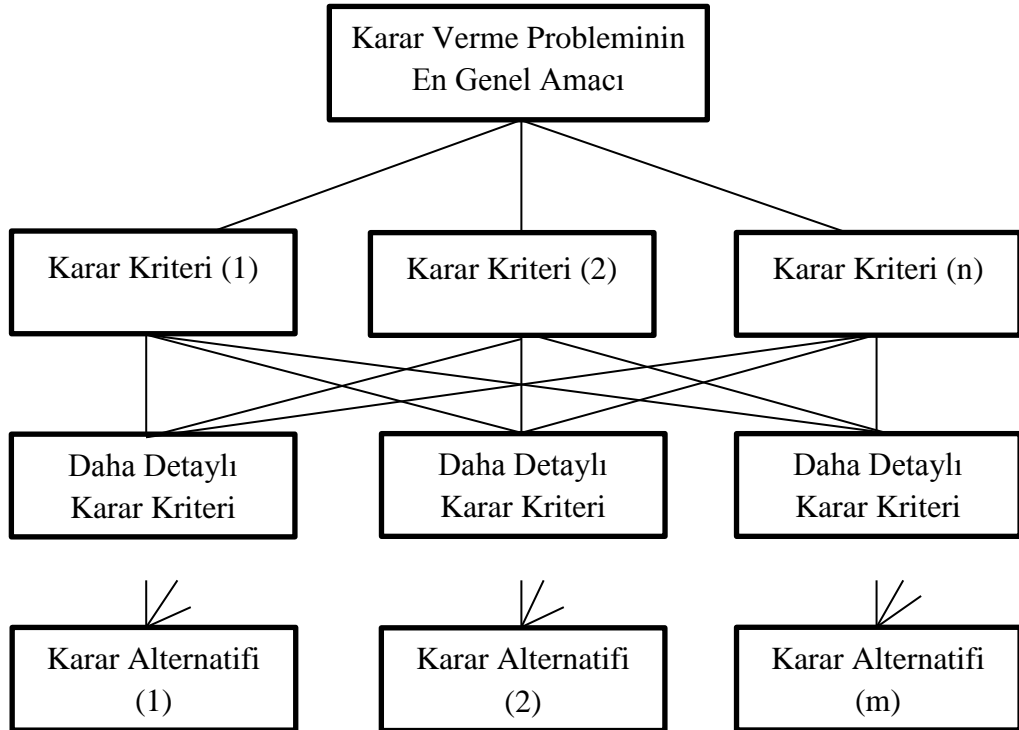
2.3.1.3.4. Analitik Hiyerarşi Süreci' nin Uygulama Aşamaları

AHP' nin karar problemini çözüm aşamaları aşağıda sıralanmıştır.

1. Hiyerarşik yapının oluşturulması
2. İkili karşılaştırmaların yapılması
3. Sentez

2.3.1.3.4.1. Hiyerarşik Yapının Oluşturulması

AHP ile karar verme sürecinin uygulama aşamalarından ilki, problemi tanımlayarak hiyerarşik yapıyı oluşturacak genel amacı, kriterleri, alt kriterleri ve alternatifleri belirlemektir. Şekil 2.2 de AHP ile karar vermede kurulan hiyerarşik yapı gösterilmiştir.



Şekil 2.2. AHP Hiyerarşik Yapısı (Zahedi, 1986:96-108)

Genel olarak hiyerarşi oluşturulurken şu hususlara dikkat edilmelidir:

- Hiyerarşik yapı, problemi en iyi şekilde temsil etmelidir.
- Problemi etkileyen tüm yan faktörler göz önüne alınmalıdır.
- Çözüme ışık tutacak tüm yayın ve belgeler dikkate alınmalıdır.
- Problemin içerisinde etkili olacak katılımcılar en iyi şekilde belirlenmelidir.

(Karakışoğlu, 2008:26)

Bu hususlar ışığında şekilde de belirtildiği gibi önce genel amaçlar sonrada kriterler belirlenmelidir. Kriterlerin belirlenmesinde üç sorunla karşılaşılabilir. Birincisi, konu ile çok ilgisi olmayan kriter veya kriterlerin modele dahil edilmesi, ikincisi konuyu çok etkileyebilecek kriter veya kriterleri modele dahil edilmemesi, üçüncüsü de kriterlerin aynı başlık altında toplanması gerekirken, kriterlerin farklı başlıklar altında çoğaltılmasıdır. Bu üç sorunun oluşmaması için kriterleri belirlerken konunun uzmanından faydalanmak gerekmektedir (Özveri, 2006:380-391)

2.3.1.3.4.2. İkili Karşılaştırmaların Yapılması

Sorun, hiyerarşik model haline getirilir ve sonra hiyerarşiyi oluşturan öğelerin birbirleri ile görelî üstünlükleri hesaplanır. Karar verici, bir düzeydeki öğeleri hiyerarşide hemen bir üst düzeyde yer alan öğeler ile karşılaştırarak görelî önemlerini saptayacak şekilde bir puanlama oluşturur. Bunun sonucunda da ikili karşılaştırmalar matrisi ortaya çıkar (Saaty, 1986:19-43)

İkili karşılaştırmalar; öncelikle ana kriterler, daha sonra her bir ana kriterde yer alan alt kriterler ve son olarak da tüm kriterler göz önüne alınarak alternatiflerin karşılaştırıldığı matrislerden meydana gelmektedir. Yapılan bu karşılaştırmalarda iki soruya cevap verilmesi gerekmektedir. Bunlardan ilki; iki eleman arasından bir üst düzeyde bulunan kriter göre hangisinin daha önemli olduğudur. Diğeri ise elemanların birbirlerine göre kaç kat önemli olduğudur. Daha sonra da “Ne kadar?” sorusu sorularak önemin derecesi saptanmaya çalışılmaktadır (Arıkan, 2008:38)

Oluşturulan ikili karar matrisinde elemanlar kendileriyle karşılaştırılır ve 1 sayısı elde edilir. Bunun sonucunda matrisin diyagonal köşegenlerine 1 değerleri yerleştirilir. n elemanlı bir matriste $n(n-1)/2$ adet karşılaştırma yapılır. Bunun sebebi, matrisin diyagonal köşegeninde, elemanların kendileriyle karşılaştırmalarından dolayı 1

değerlerinin yer almasıdır. Matriste diyagonal köşegenin üst tarafındaki eleman sayısı kadar değerlendirme yapılması gereklidir. Diyagonal köşegenin altında kalan değerlendirmeler ise köşegenin üstünde yer alan değerlerin tersi alınarak yapılmaktadır (Saat, 2000:149-162)

Örneğin: Bir hiyerarşide n adet kriter var ise karar vericinin farklı kriterlerin göreceli önemini yorumlamasını sağlayan ve A ile tanımlanan n x n ikili karşılaştırma matrisi aşağıdaki Şekil 2.3 de ifade edilebilir.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{1n} \\ a_{21} & \cdot & \cdot \\ a_{n1} & \cdot & a_{nn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{1n} \\ 1/a_{12} & \cdot & \cdot \\ 1/a_{1n} & \cdot & a_{nn} \end{bmatrix}$$

Şekil 2.3. n x n Matrisi

İkili karşılaştırma, i satırındaki (i=1,2,...,n) kriterlerin, n sütunu ile temsil edilen her bir kritere bağlı olarak derecelenmesiyle yapılır. a_{ij} , A'nın (i, j) elemanını tanımladığında, AHP, 1 ile 9 arasında bir değer almalıdır.

Her faktörün göreceli üstünlükleri'nin (önem dereceleri) saptanması için 1 – 9 arasındaki değerlerden oluşan bir ölçek kullanılmaktadır. 1, iki faktörün eşit öneme sahip olduğunu, 9 ise birinin diğerine göre en fazla öneme sahip olduğunu göstermektedir (Yang ve Shi, 2002:29-46)

Karar vericilerin ikili karşılaştırma sırasında yargıda bulunurken kullandıkları ölçek Saaty tarafından geliştirilen önem skalası tablosu olup aşağıda Tablo 2.3 de gösterilmiştir.

Tablo 2.3. Önem Skalası Tablosu (Saaty, 1980:54)

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit önem	İki faaliyet amaca eşit düzeyde katkıda bulunuyor.
3	Birinin diğerine göre çok az önemli olması	Tecrübe ve yargı bir faaliyeti diğerine orta derecede tercih ettiriyor.
5	Kuvvetli derecede önem	Tecrübe ve yargı bir faaliyeti kuvvetli bir şekilde tercih ettiriyor.
7	Çok kuvvetli derecede önem	Bir faaliyet güçlü bir şekilde tercih ediliyor ve baskınlığı uygulamada rahatlıkla görülüyor.
9	Aşırı derecede önemli	Bir faaliyetin diğerine tercih edilmesine ilişkin kanıtlar büyük güvenilirliğe sahip.
2, 4, 6, 8	Ortalama Değerler	Uzlaşma gerektiğinde kullanılmak üzere yukarıda listelenen yargılar arasına düşen değerler.
	Reciprocal	Tersi karşılaştırma için
	Kesirli Değerler	Matriste tutarlılık oluşturulmak istendiğinde kullanılır

Yukarıda tablodan yola çıkarak, $a_{ij}=1$ ise i ve j ' nin eşit önemde olduğunu, $a_{ij}=5$ ise i ' nin j 'den çok önemli olduğunu, $a_{ij}=9$ ise i 'nin j ' den kesinlikle çok önemli olduğu kabul edilebilir. 2, 4, 6, 8 değerleri kesin yargıya sahip olmamakla birlikte derecelendirmede uzlaşma gerektiğinde verilecek ara değerlerdir. Ayrıca A matrisinin tüm diyagonal a_{ii} elemanları, kendilerine bağlı kriteri derecelendirdikleri için 1 sayısı ile ifade edilmelidir (Kadak, 2006:31)

Oluşturulan bu ikili karşılaştırma matrisinin özellikleri şunlardır:

- Oluşan matris kare matristir ve tüm elemanları pozitif sayı olmak zorundadır.

- Matris tam tutarlı ise her i, j, k için $a_{ij} \cdot a_{jk} = a_{ik}$ eşitliği sağlanır ve matrisin herhangi bir satırından matrisin diğer tüm elemanları elde edilir.
- Matrisin en büyük özdeğerine karşılık gelen özvektör, AHP matrisinde ağırlık veya görelî önem vektörü olarak tanımlanır.
- A matrisinin köşegenleri elemanlar kendileri ile karşılaştırıldığı için 1 olmalıdır (Eraslan ve Algün, 2004:95-106)

2.3.1.3.4.3. Sentez Aşaması

AHP yönteminde, ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulduktan sonra karşılaştırılan her bir elemanın önceliği hesaplanır. Öncelikler hesaplandıktan sonra özvektör bulunur ve bunun normalize edilmesiyle görelî önem vektörü olarak adlandırılan vektörler elde edilir.

Elle hesaplanması zor olan görelî önem vektörleri bilgisayar paket programları yardımıyla bulunabilir. Öte yandan büyük ölçekli bilgisayarlar olmadığında ise aşağıda belirtilen dört çeşit yöntem ile görelî önem vektörünün yüzeysel tahminleri elde edilebilir:

- ***En Genel (The crudest) Yöntem:*** Bu yöntemde ikili karşılaştırmalar matrisinin her satırındaki elemanlar toplanır. Oluşan yeni matristeki her satır elemanı, önceki matriste yer alan tüm elemanların toplamına yani genel toplama bölünerek normalize edilir. Elde edilen vektörün ilk elemanı birinci faaliyetin önceliğini, ikinci eleman ikinci faaliyetin önceliğini gösterir. Diğer elemanlar da öncelik olarak aynı şekilde yorumlanır.
- ***Daha İyi Yöntem:*** Bu yöntemde ikili karşılaştırmalar matrisinin her sütundaki elemanları toplanır. Bu toplamların tersleri alınarak yeni bir vektör elde edilir. Elde edilen bu yeni vektörün tüm elemanlarının toplamı alınır ve tüm elemanları bu toplama yani genel toplama bölünür. Bu şekilde görelî önem vektörü elde edilir.
- ***İyi Yöntem:*** Bu yöntemde ikili karşılaştırmalar matrisinin her sütunundaki elemanları toplanır. Bulunan her eleman o sütun toplamına bölünerek normalize edilir. Daha sonra elde edilen bu yeni vektörün satırlarındaki elemanların toplamı alınır. Bu toplam satırdaki eleman sayısına bölünür. Bu işlem normalize edilmiş sütunlar üzerinde

bir ortalama (aritmetik ortalama) alma sürecidir. Bu işlemler sonrası görelî önem vektörü elde edilmiş olunur.

- **En İyi Yöntem:** Bu yöntemde ikili karşılaştırmalar matrisinin her satırında yer alan elemanlar birbiri ile çarpılır ve eleman sayısının derecesinden kökü alınır. Elde edilen değerler normalize edilir. Yapılan bu işlem geometrik ortalamayı bulma olarak ta adlandırılır (Saaty, 1988)

İkili karşılaştırma matrisinin görelî önem vektörü bulunduktan sonra, bulunan bu değerî tutarlı olup olmadığı kontrol edilir. Bu amaçla tutarlılık oranı hesaplanır. Bunun için, elde edilen görelî önem vektörü ile ikili karşılaştırma matrisi çarpılır ve yeni bir vektör elde edilir. Elde edilen vektörün birinci elemanı, görelî önem vektörünün birinci elemanına, ikinci elemanı ikinciye ve n. elemanı n.'ye bölünerek üçüncü bir vektör elde edilir.

Üçüncü vektörün elemanları toplanır ve eleman sayısına bölünür. Böylece en büyük öz değer λ_{max} için yaklaşık bir değer elde edilir. Elde edilen λ_{max} değerinin n değerine yakınlığı tespit edilir. Yakınlık ne kadar çoksa bulunan sonuçlarında o kadar tutarlı olduğu kabul edilir.

λ_{max} değeri bulunduktan sonra tutarlılık oranını bulmak için, tutarlılık göstergesi, tesadüfilik göstergesine bölünür. Elde edilen oran 0,10'dan daha küçük ise yapılan işlemlerin tutarlı olduğuna karar verilir.

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

$$\text{Tutarlılık Oranı(CR)} = \frac{\text{Tutarlılık Göstergesi (CI)}}{\text{Tesadüfilik Göstergesi (Rastgele Tutarlılık İndeksi)(RI)}}$$

Tutarlılık göstergesi ve tutarlılık oranı yukarıda verilen formüller yardımıyla hesaplanır. Formüldeki tesadüfilik göstergesi, aşağıda gösterilen 10 boyutlu matrisler için hesaplanan Tablo 2.4 yardımıyla bulunur (Saaty ve Tran, 2007: 962-975)

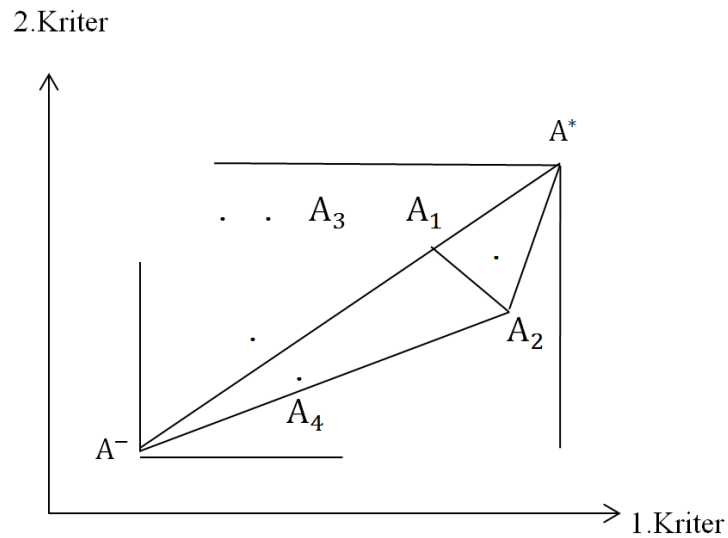
Tablo 2.4. Tesadüfilik Göstergesi

Matris boyutu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tesadüfilik göstergesi	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49

Tutarlılık oranının 0,10'dan daha büyük çıkması durumunda ikili karşılaştırma değerleri kontrol edilerek hesaplamalar yeniden yapılır ve tutarlı sonuç elde edilinceye kadar hesaplamalara devam edilir (Göksu, 2008:1-26)

2.3.1.4. Topsis (Technique For Order Preference By Similarity To Ideal Solution) Yöntemi

TOPSİS, çok kriterli karar verme yöntemlerinden biridir. Yöntem ilk olarak Hwang ve Yoon tarafından 1981 tarihinde geliştirilmiştir. Bu yöntem ile tüm alternatiflerin pozitif ve negatif ideal çözüm kümesine olan uzaklıkları hesaplanır. Seçilen alternatifin pozitif ideal çözüme en yakın mesafede, negatif ideal çözüme ise en uzak mesafede olması tercih edilir (Chen, 2000: 1-9.). Pozitif ideal çözüm, fayda kriterlerini maksimize eden ve zarar kriterlerini minimize eden çözüm olarak tanımlanırken, negatif ideal çözüm bunun tersi olan zarar kriterlerini maksimize eden ve fayda kriterlerini minimize eden çözüm olarak tanımlanır (Wang ve Lee, 2007: 1762-1772). Şekil 2.4'te negatif ve pozitif ideal çözüm kümesi gösterilmiştir.

**Şekil 2.4 .** İki Boyutlu Uzayda Pozitif ve Negatif İdeal Çözümler Kümesi

Şekil 2.4'e göre pozitif ideal çözüme en yakın nokta A_1 ve A_2 noktaları iken, negatif ideal çözüme en yakın nokta A_4 noktasıdır (Karakaşoğlu, 2008:35).

Karar problemlerinde sıklıkla kullanılan ve problemlere sezgi yardımıyla yaklaşan TOPSIS yönteminin bazı önemli özellikleri şunlardır:(Yurdakul ve İç, 2003: 1-18)

- Yöntemin içeriği yalın ve anlaşılabilir.
- Hesaplama yeteneği güçlüdür.
- Karar alternatiflerinin ilişkilerini belirlemede basit matematiksel formlar kullanılabilir.
- Alternatiflerin belirli kriterler doğrultusunda ve kriterlerin alabileceği maksimum ve minimum değerler arasında ideal duruma göre karşılaştırılmasına olanak tanır.

2.3.1.4.1. TOPSIS Yöntemi Uygulama Aşamaları

TOPSIS yöntemi 6 adımdan oluşmaktadır (Shih, Shyur ve Lee, 2007:805-806).

1. Karar Matrisinin (A) Oluşturulması

Karar matrisinin sütunlarında değerlendirme faktörleri ve satırlarında üstünlükleri sıralanmak istenilen karar noktaları yer almaktadır. Karar matrisi (A) karar vericilerin değerlendirmelerini ifade eden bir başlangıç matrisi dir. Karar matrisi (2.1) de gösterilen şekilde ifade edilir.

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{1n} \\ x_{21} & \cdot & \cdot \\ x_{m1} & x_{m2} & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

A_{ij} karar matrisinde m karar noktası sayısını verirken, n değerlendirme faktörü sayısını vermektedir.

2. Normalize Edilmiş Karar Matrisinin (R) Oluşturulması

Normalize edilmiş karar matrisi, karar matrisi olan A'nın elemanlarından faydalanılarak ve (1.2) no'lu denklem oluşturularak elde edilir.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}} \quad i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n \quad (2.2)$$

Normalize edilmiş karar matrisi adı verilen R matrisi (2.3)'te gösterilmiştir.

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{1n} \\ r_{21} & \cdot & \cdot \\ r_{m1} & r_{m2} & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

3. Ağırlıklı Normalize Edilmiş Karar Matrisinin (V) Oluşturulması

İlk olarak değerlendirme faktörlerine ilişkin ağırlık değerleri olan w_i belirlenmelidir.

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (2.4)$$

w_i değeri belirlendikten sonra R matrisinin her bir sütunundaki elemanlar ilgili ağırlık değerleri olan w_i değerleri ile çarpılarak V matrisi oluşturulur. V matrisi (2.5)' te gösterilmiştir.

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & \cdot & \cdot \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & w_n r_{mn} \end{bmatrix} \quad (2.5)$$

4. Pozitif İdeal (A^*) ve Negatif İdeal (A^-) Çözümlerin Oluşturulması

TOPSİS yönteminde her bir değerlendirme faktörünün monoton artan veya monoton azalan bir eğilimine sahip olduğu varsayılmaktadır. İdeal çözümlerin bulunabilmesi için V matrisinde ki sütun değerlerinin yani ağırlıklandırılmış değerlendirme faktörlerinin en büyüklerinin seçilmesi gerekir. Değerlendirme faktörü eğer minimizasyon yönlü bir faktör ise en küçüğü seçilir.

Pozitif ideal çözümlerin bulunması (2.6) no'lu denklem ile sağlanır.

$$A^* = \{(\max_i v_{ij} \setminus j \in J), (\min_i v_{ij} \setminus j \in j)\} \quad (2.6)$$

Denklem (1.6) ile hesaplanacak set :

$$A^* = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*\} \quad (2.7)$$

şeklinde gösterilebilir.

Negatif ideal çözümlerin bulunması için V matrisindeki sütun değerlerinin yani ağırlıklandırılmış değerlendirme faktörlerinin en küçüklerinin seçilmesi gerekir. Değerlendirme faktörü maximizasyon yönlü bir faktörse en büyüğü seçilir.

Negatif ideal çözümün bulunması (2.8) no'lu denklem ile sağlanır.

$$A^- = \{(\max_i v_{ij} \setminus j \in J), (\min_i v_{ij} \setminus j \in J)\} \quad (2.8)$$

Denklem (1.8) ile hesaplanacak set:

$$A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\} \quad (2.9)$$

şeklinde gösterilebilir.

Her iki denklemde de J fayda (maximizasyon), j' ise kayıp (minimizasyon) değerini göstermektedir. Hem pozitif ideal çözüm seti hem de negatif ideal çözüm kümesinde m yani değerlendirme faktörü sayısı kadar eleman vardır.

5. Ayrım Ölçülerinin Hesaplanması

TOPSİS yönteminde n boyutlu Euclidian Uzaklık yaklaşımından faydalanılarak, her bir karar noktasına ilişkin değerlendirme faktör değerinin pozitif ideal ve negatif ideal çözüm kümesinden ne ölçüde saptığı bulunmaktadır. Euclidian Uzaklık Yaklaşımından elde edilen karar noktalarına ilişkin sapma değerleri ise Pozitif ideal ayırım (S_i^*) ve Negatif ideal ayırım (S_i^-) ölçüsü olarak gösterilmektedir. Pozitif ideal ayırım (S_i^*) ölçüsünün hesaplanması ve negatif ideal ayırım (S_i^-) ölçüsünün hesaplanması (1.10) no' lu denklem ile sağlanır.

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (2.10)$$

Denklem (1.10) ile hesaplanacak olan (S_i^*) ve (S_i^-) karar noktası sayısı kadar olacaktır.

6. İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması

Karar noktalarının ideal çözüme olan göreli yakınlıklarının C_i^* hesaplanmasında daha önceki adımda hesaplanan pozitif ideal ve negatif ideal ayırım ölçülerinden

yararlanılmaktadır. Pozitif ideal çözüme olan görelî yakınlık, negatif ideal ayırım ölçüsünün toplam ayırım ölçüsü içindeki payı ile ifade edilmektedir. Pozitif ideal çözüme görelî yakınlığı hesaplaması (2.11) no' lu denklemlle sağlanır.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^+} \quad (2.11)$$

Burada C_i^* değeri $0 \leq C_i^* \leq 1$ aralığında değeri alır. $C_i^* = 1$ ilgili karar noktasının pozitif ideal çözüme, $C_i^* = 0$ ilgili karar noktasının negatif ideal çözüme mutlak yakınlığını gösterir. Son olarak, seçenekler C_i^* değerlerine en büyükten en küçüğe doğru sıralanır.

2.3.1.5. PROMETHEE (The Preference Ranking Organization Method For Enrichment Evaluation) Yöntemi

PROMETHEE, çok kriterli karar verme yöntemidir. Jean-Pierre Brans ve arkadaşları tarafından 1985-1986 tarihlerinde geliştirilmiştir. Çelişen çok sayıda kriter ve sınırlı sayıda alternatifin olduğu problemlere uygulanan bir yöntemdir. Aynı zamanda diğer metotlarla karşılaştırıldığında çok kriterli analizler için konsept ve uygulama olarak daha basit olan bir sıralama yöntemidir (Goumas ve Lygerou, 2000:606-613).Yöntem alternatiflerin hem kısmi hem de tam sıralamasını sunmakla birlikte karar probleminin geometrik temsilini iki boyutlu bir düzlemde (GAIA düzlemi) sonuçlarıyla birlikte gösterebilmesini sağlar. Ayrıca çok çeşitli duyarlılık analizlerinin sayısal ya da grafiksel olarak yapılmasına da imkan verir (Şenol, 2012:68).

Jean Pierre Brans tarafından geliştirilen bu yönteme ek olarak PROMETHEE I ve PROMETHEE II yöntemleri geliştirilmiştir. PROMETHEE I yöntemi alternatiflerin karşılaştırılması ile kısmî öncelikleri tespit etmeyi, PROMETHEE II yöntemi ise alternatiflerin karşılaştırılması ile net özellikleri tespit etmeyi mümkün kılar (Anand ve Kodali, 2008: 40-70).

2.3.1.6. ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant la Realite) Yöntemi

ELECTRE (ELimination Et Choix Traduisant la REalite) yöntemi, Bernard Roy'un karar verme çalışmaları sonucunda 1968 yılında bulunmuştur. ELECTRE

yöntemi üzerinde yapılan çalışmalar sonunda altı farklı ELECTRE yöntemi bulunmuştur (Yürekli, 2008:40)

ELECTRE yöntemi, tercih edilen ve edilmeyen alternatifler arasında üstünlük ilişkisi kurulmasına dayanır. ELECTRE yönteminde üstünlük ilişkisinin kurulabilmesi için uyum ve uyumsuzluk indeksleri oluşturulur. Bu indeksler, hangi alternatifin daha baskın olduğunun seçilmesini sağlayan tatmin veya tatminsizliğin ölçüsünü gösteren indekslerdir (Karakışoğlu, 2008:49).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

BULANIK MANTIK

3.1. BULANIK MANTIK KAVRAMI

Bulanık kelimesi genel olarak puslu, kesin olmayan, belirsiz gibi bir dizi anlamda kullanılır. Günlük konuşma dilinde belirsizlik içeren birçok kelime bulunmaktadır. Örneğin “hava sıcak” denildiğinde herkes, hava kelimesinin günlük hayattaki kullanımını anlayacaktır. Ancak “sıcak” kelimesinin ifade ettiği anlam bireylere göre değişecektir. Kutuplarda bulunan bir kişinin sıcaklık için 15 dereceyi algılamasına karşın, ekvator civarındaki bir kişinin sıcaklık için algısı 35 derece olabilir. Böylece sıcak kelimesinin altında, insanların ima ettiği sayısal anlayışın bir sonucu olarak belirsiz bir durum vardır. Bu rastgele değildir, ancak belirsizdir ve bu şekilde kelimelerin ima ettikleri belirsizlikler bulanık (fuzziness) kelimesiyle ifade edilir (Şen, 2001:26). Gerçekte insan kararları kesin sayısal değerlerle ifade edilmeye uygun olmayan belirsizlik ve bulanıklıktadır. Bu nedenle kararları modellemede sözel değişkenleri kullanmak daha gerçekçidir. Bu bağlamda bulanık mantık sistemi kesin sayısal değerlerle ifade edilmeyen durumları, sözel değişkenleri kullanarak oluşturulur (Li ve Yang, 2004: 263-264).

Bulanık mantık, incelenen olayın çok karmaşık olduğu ve bununla ilgili yeterli bilginin bulunmadığı durumlarda kişilerin görüş ve değer yargılarına yer verilmesi esasına dayanır. Bu sayede kesin olmayan bir bilgi basit ve kullanışlı bir hale getirilir (Timothy, 1995)

Bulanık mantık kavramını ilk olarak, California’da Berkeley Üniversitesinde öğretim üyesi olan Lotfi A.Zadeh 1965 yılında ortaya atmıştır (Çitli, 2006:3). Buna karşın Zadeh’in fikirleri Batı dünyasında şüphe ile karşılanmış ve oldukça yoğun tepki almıştır. Fakat 1970’li yıllardan sonra Doğu dünyasında ve özellikle de Japonya’da bulanık mantık kavramı ilgi görmüştür. Batıda tepki görmesinin asıl nedeni, Batı kültürünün temelinde ikili mantık, yani Aristo mantığının yatması ve olaylara evet-hayır, beyaz-siyah, kurak-sulak, artı-eksi, 0-1 gibi ikili esasla yaklaşılmasıdır. Batı’da

bulanık (fuzzy) kelimesi güvensizliği ifade ederken, Doğu'da bu güvensizlikte bile güzelliklerin bulunabileceği düşüncesi vardır (Zimmerman, 1987:117).

Söz konusu kuramın ilk uygulaması endüstri de ve çimento sanayisinde yapılmıştır. Bulanık mantık sisteminin bir çimento fabrikasında uygulanmasıyla birlikte bulanık kavramlar dünyanın bir çok yerinde kullanılmaya başlanmıştır. Kronolojik sırada sonraki önemli bir uygulama da 1987 yılında Japonya'da gerçekleşmiş, Sendai Metro sisteminde çalışan trenlerin otomatik olarak denetimi için bulanık mantık kullanılmıştır. 1987'den sonraki yıllarda da elektrikli süpürgeler, çamaşır makineleri, asansörler vb gibi konularda bulanık mantık uygulamaları yapılarak günümüze kadar bu uygulamalar taşınmıştır (Şen, 2001:28)

Bulanık mantık ile çalışmanın tercih edilmesinin nedenleri aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- Bulanık mantık anlaşılması kolay ve dayandığı matematiksel teoriler basittir.
- Bulanık mantık kompleks ya da karmaşıklıktan uzaktır.
- Bulanık mantık esnektir.
- Bulanık mantıkta eksik ya da yetersiz verilerle işlemler yapılabilir.
- Bulanık mantık karmaşık ve lineer olmayan fonksiyonları modellemeye imkan tanır.
- Bulanık mantık uzman kişilerin görüş ve tecrübelerinden faydalanmaya imkan tanır.
- Bulanık mantık günlük konuşma diline dayanır. Bu da mantığın en büyük avantajıdır (Kurtcan, 2009:91)

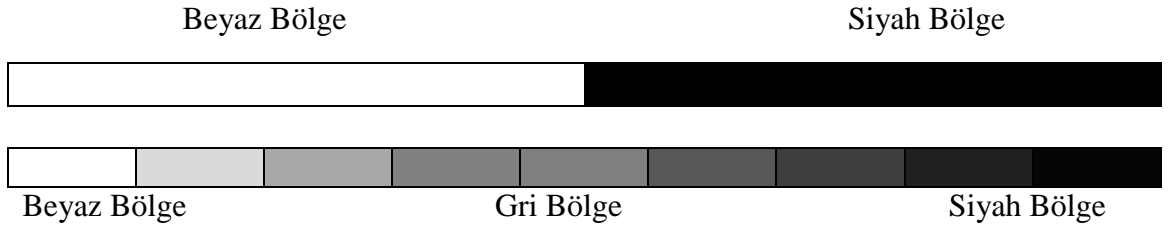
3.2. BULANIK KÜME TEORİSİ

Bulanık küme kavramını, ilk kez 1965 yılında Lotfi A. Zadeh "Bulanık Kümeler" adlı makaleyi yayımlayarak ortaya çıkarmıştır. Bulanık küme, devamlı üyelik derecesine sahip nesnelere kümesi anlamına gelir ve her nesneyi 0 ile 1 arasında değişen üyelik derecesine sahip üyelik fonksiyonu ile nitelendirir (Zadeh, 1965: 338- 353.)

Bulanık küme teorisinde bir eleman bir kümeye, 0 ve 1 dahil olmak üzere, 0 ile 1 arasında değişen üyelik dereceleri ile ait olmaktadır. Başka bir ifadeyle bulanık

kümelerde bir bulanık küme elemanı bir kümeye biraz aittir veya biraz değildir şeklinde ifade edilmektedir. Bir bulanık küme elemanı aynı anda farklı üyelik dereceleri ile iki kümeye de ait olabilmektedir. Klasik küme anlayışında olduğu gibi ya hep ya hiç anlayışı bulanık kümelerde geçerli değildir (Şentürk, 2006:16-17).

Şekil 2.1’de kesin küme ile bulanık küme arasındaki ayırım gösterilmiştir. Kesin kümelerde sadece siyah ve beyaz bölgeler mevcutken bulanık kümelerde siyah ve beyaz bölgelerin yanı sıra gri bölgeler de mevcuttur. Bir eleman kümeye tam üye ise siyah bölgenin, üye değilse beyaz bölgenin, kısmi üye ise gri bölgenin elemanıdır (Ecer, 2007:7)



Şekil 3.1. Kesin Küme ve Bulanık Küme Arasındaki Ayırım

Genel olarak, “üyelik fonksiyonu” küme üyelerinin değerleri ile değişiklik gösteren eğri olarak tanımlanır. Başka bir ifadeyle, bulanık küme tarafından tanımlanan ve 0 ile 1 arasında değer alabilen karakteristik fonksiyona üyelik fonksiyona denir (Zadeh ve Kacprzyk, 1992: 214)

Bir \tilde{A} bulanık kümesi, $[0,1]$ kapalı aralığında tanımlanan karakteristik bir fonksiyon ile ifade edilmektedir. Bu fonksiyon, üyelik fonksiyonu olarak tanımlanmaktadır. \tilde{A} bulanık kümesi için tanımlanacak üyelik fonksiyonu, (3.1)’de gösterilmektedir (Hohle ve Rodaugh, 1999: 63).

$$\mu_{\tilde{A}} : E \rightarrow [0, 1] \quad (3.1)$$

Bulanık kümenin matematiksel olarak ifadesi şu şekildedir. U klasik bir evrensel küme, x ’ te bu kümenin elemanları ise evrensel küme aşağıdaki şekilde gösterilir,

$$U = \{x\} \quad (3.2)$$

U kümesi içindeki bir A bulanık kümesi, U kümesinin her elemanına $[0,1]$ aralığında bir reel sayı atayan $\mu_A(x)$ üyelik fonksiyonu ile karakterize edilir.

A bulanık kümesi, küme elemanı ve üyelik derecesi çifti ile beraber aşağıdaki şekilde gösterilir,

$$A = \{(x, \mu_A(x)), x \in U\} \quad (3.3)$$

Klasik bir A kümesi için üyelik fonksiyonu aşağıdaki şekilde gösterilir,

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1, & \text{sadece ve sadece } x \in A \\ 0, & \text{sadece ve sadece } x \notin A \end{cases} \quad (3.4)$$

$U = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ şeklinde sonlu bir küme ise U da bulanık bir küme ise A şu şekilde ifade edilir (Chen ve Hwang, 1992:302)

$$A = \sum_i^n x_i / \mu_A(x_i) \quad (3.5)$$

Eğer U sonsuz ve sürekli küme ise, formül olarak ifadesi aşağıdaki şekildedir (Ross, 1995)

$$A = \int x_i / \mu_A(x_i) \quad (3.6)$$

3.3. BULANIK SAYILAR

Bulanık sayı terimi “10 a yakın”, “7 civarında” gibi kesin olmayan sayısal değerleri ele almak için kullanılır. Bulanık sayılar üyelik fonksiyonları kullanılarak ifade edilir. Her bir elemana, üyelik fonksiyonu aracılığı ile bir üyelik derecesi atanır. Üyelik dereceleri [0,1] kapalı aralığında değerler alabilmektedir. Herhangi bir eleman için üyelik derecesi 1 ise bu eleman kesinlikle kümenin elemanıdır; üyelik derecesi 0 ise bu eleman kesinlikle kümenin elemanı değildir şeklinde ifade edilir (Çitli, 2006:4). Bulanık sayıların tanımını daha iyi anlayabilmek için önce, iki tanım açıklanmalıdır. Bu tanımlar konvekslik ve normaldir.

Konvekslik (Dışbükeylik): Bir A kümesi için A' nın artan değerlerinin üyelik değerleri monoton artan veya azalan ya da önce monoton artıp sonra monoton azalan oluyorsa A kümesi konveksdir.

Normallik: X 'in en az bir elemanı için “1” üyelik değerini alan \tilde{A} bulanık kümesi normaldir. Normal ve konveks olan bulanık kümeye bulanık sayı denir (Demir, 2010:50)

Bulanık bir kümenin bulanık bir sayı olabilmesi için aşağıdaki özelliklere sahip olması gerekmektedir:

- Bulanık kümenin en az bir üyesinin üyelik değerinin 1 olması gerekmektedir.
- Bulanık küme dış bükey olmalıdır.
- Bulanık kümenin her bir α kesimi, gerçel sayı doğrusunun kapalı bir aralığında tanımlı olmalıdır (Şen, 2001:34)

3.3.1. Bulanık Matris

En az bir elemanı bulanık sayı olan matrise bulanık matris denir. \tilde{x}_{ij} için $(\forall i, j)$ bir bulanık sayıyı temsil etmek üzere \tilde{A} bulanık matrisi aşağıdaki gibi gösterilebilir (Demir, 2010:51)

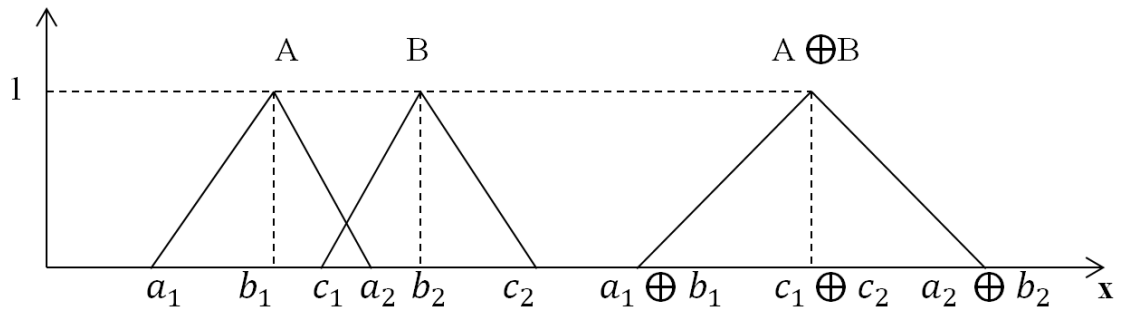
$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{11} \\ \tilde{x}_{21} & \cdot & \cdot \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix}$$

3.3.2. Bulanık Sayılarla Yapılan Aritmetik İşlemler

• Toplama İşlemi

A ve B bulanık sayılarının toplamı alınırken her iki kümenin minimum noktalarının toplamı toplam kümesinin minimum noktasını oluştururken, maksimum noktalarının toplamı da maksimum noktasını oluşturmaktadır. Üyelik derecesi 1 olan noktaların toplamı ise toplam kümesinin merkezini oluşturmaktadır (Görgülü, 2007:23-24).

$$A \oplus B = [a_1, a_2] \oplus [b_1, b_2] = [(a_1 \oplus b_1), (a_2 \oplus b_2)] \quad (3.7)$$

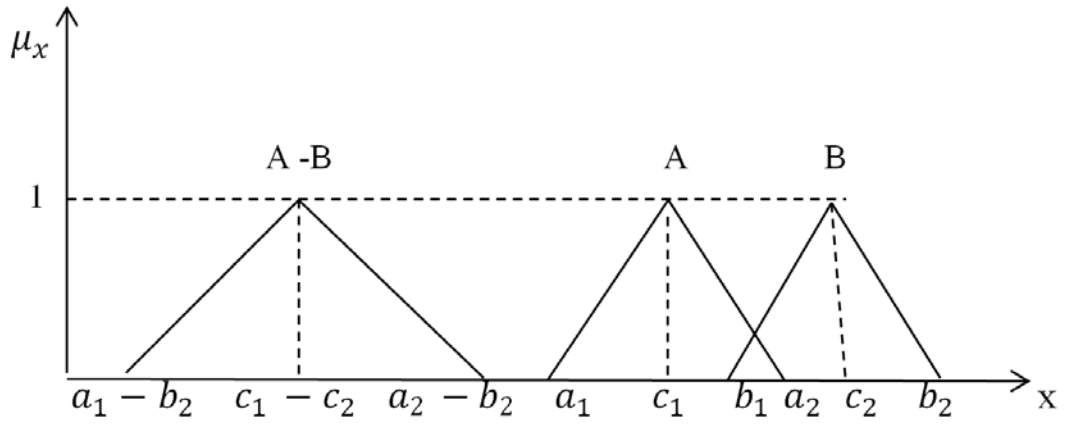


Şekil 3.2. A ve B Bulanık Sayılarının Toplamı

- **Çıkarma İşlemi**

A ve B bulanık sayılarının farkları alınırken, A bulanık kümesinin en küçük elemanı B kümesinin en büyük elemanından çıkarılarak toplam kümesinin en küçük elemanı, A bulanık kümesinin en büyük elemanından B kümesinin en küçük elemanı çıkartılarak fark kümesinin en büyük elemanı elde edilir. Üyelik dereceleri 1'e eşit olan merkez noktalarının farkları da toplam bulanık kümesinin merkezini oluşturmaktadır.

$$A-B = [a_1, a_2] - [b_1, b_2] = [(a_1 - b_2), (a_2 - b_1)] \quad (3.8)$$



Şekil 3.3. A ve B Bulanık Sayılarının Farkı

- **Çarpma İşlemi**

A ve B bulanık sayılarının kartezyen çarpımı alınır. Elde edilen değerlerin en küçüğü çarpımın alt sınırını, en büyüğü de üst sınırını oluşturmaktadır.

$$A \otimes B = [a_1, a_2] \otimes [b_1, b_2] \quad (3.9)$$

$$= \left[\begin{array}{l} \text{Min}[(a_1 \otimes b_1), (a_1 \otimes b_2), (a_2 \otimes b_1), (a_2 \otimes b_2)], \\ \text{Maks}[(a_1 \otimes b_1), (a_1 \otimes b_2), (a_2 \otimes b_1), (a_2 \otimes b_2)] \end{array} \right]$$

- **Bölme İşlemi**

Çarpma işlemine benzer olarak A ve B bulanık sayılarının bölme işlemi aşağıdaki formül yardımıyla yapılır.

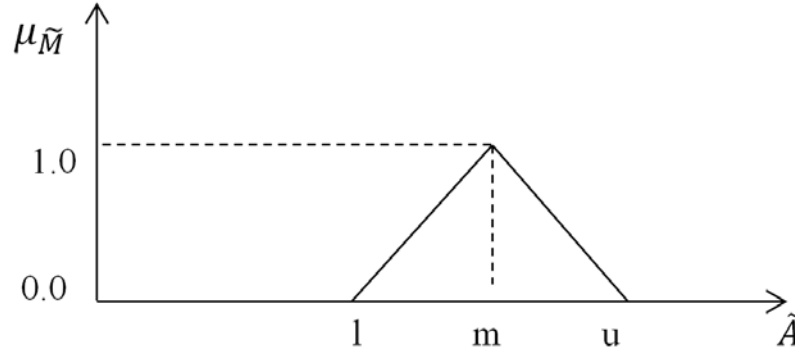
$$A \circledast B = [a_1, a_2] / [b_1, b_2] \quad (3.10)$$

$$= [\text{Min}[(a_1 \circledast b_1), (a_1 \circledast b_2), (a_2 \circledast b_1), (a_2 \circledast b_2)], \text{Maks}[(a_1 \circledast b_1), (a_1 \circledast b_2), (a_2 \circledast b_1), (a_2 \circledast b_2)]]$$

3.3.3. Üçgen Bulanık Sayılar

Ele alınan konuya göre değişik bulanık sayılar kullanmak mümkündür. Genel olarak pratik uygulamalarda üçgen ve yamuk olmak üzere 2 tür bulanık sayı kullanılmaktadır (Baykal ve Bayan, 2004: 234)

Üçgen bulanık sayılar, üç gerçekte sayıyla tanımlanmış bulanık sayıların özel bir türü olup (l, m, u) şeklinde ifade edilmektedir. l , en küçük olası değeri m , en olası değeri ve u en büyük olası değeri ifade etmektedir. Üçgen bulanık sayı \tilde{A} 'nın gösterilişi aşağıda Şekil 3.4 ile verilmektedir (Kaptanoğlu, 2006: 193-204)



Şekil 3.4. Üçgen Bulanık Sayı

3.3.3.1. Üçgen Bulanık Sayılarda Matematiksel İşlemler

Özellikle çok kriterli bulanık karar verme problemlerinde yaygın bir biçimde kullanılan üçgensel bulanık sayılarla temel aritmetik işlemler şu şekilde ifade edilebilir (Kaptanoğlu, 2006: 193-204)

$\tilde{A}_1 = (l_1, m_1, u_1)$ $\tilde{A}_2 = (l_2, m_2, u_2)$ iki üçgensel bulanık sayı olsun.

Toplama İşlemi = $\tilde{A}_1 \oplus \tilde{A}_2 = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2)$

Çarpma İşlemi = $\tilde{A}_1 \otimes \tilde{A}_2 = (l_1 \times l_2, m_1 \times m_2, u_1 \times u_2)$

$$\text{Bölme İşlemi} = \tilde{A}_1 \oslash \tilde{A}_2 = (l_1 / u_2, m_1 / m_2, u_1 / l_2)$$

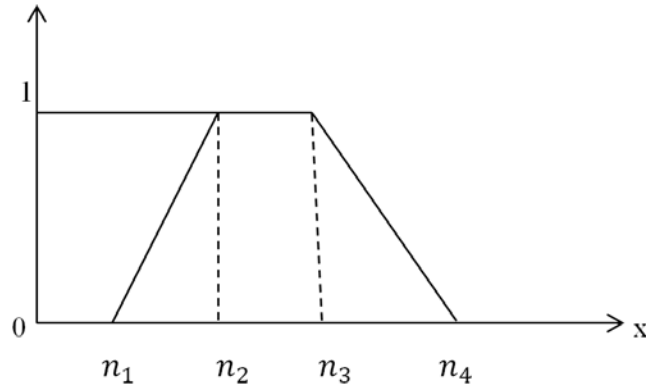
$$\text{Negatiflik} = -\tilde{A}_1 = (-l_1, -m_1, -u_1)$$

$$\text{Tersi} = \tilde{A}^{-1} = (1/u_1, 1/m_1, 1/l_1)$$

3.3.4. Yamuk Bulanık Sayılar

Bir yamuk bulanık sayı (n_1, n_2, n_3, n_4) şeklinde ifade edilir (Chen, Lin ve Hwang, 2006: 289-301)

Yamuk bulanık sayıları ifade eden grafik aşağıdaki gibidir.



Şekil 3.5. Yamuk Bulanık Sayı Grafiği

3.3.4.1. Yamuk Bulanık Sayılarda Matematiksel İşlemler

(m_1, m_2, m_3, m_4) ve (n_1, n_2, n_3, n_4) şeklinde iki bulanık sayı ise yamuksal bulanık sayılarda yapılan aritmetik işlemler aşağıdaki şekildedir (Chen, Lin ve Hwang., 2006: 289-301).

$$\text{Toplama İşlemi} = \tilde{A}_1 \oplus \tilde{A}_2 = (m_1 + n_1, m_2 + n_2, m_3 + n_3, m_4 + n_4)$$

$$\text{Çarpma İşlemi} = \tilde{A}_1 \otimes \tilde{A}_2 = (m_1 \cdot n_1, m_2 \cdot n_2, m_3 \cdot n_3, m_4 \cdot n_4)$$

$$\text{Bir pozitif reel sayı}(r) \text{ ile çarpımı} = (m_1 \cdot r, m_2 \cdot r, m_3 \cdot r, m_4 \cdot r)$$

3.4. BULANIK MANTIĞIN AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARI

Avantajlar

- Günlük hayatta olduğu gibi belirsiz, zamanla değişen, karmaşık, iyi tanımlanmamış sistemler için basit çözümler sunmaya imkan tanır.
- Bulanık mantık denetimi geleneksel mantığa göre daha iyi analiz yapılmasına imkan tanır ve aynı zamanda da ekonomiktir.
- Bulanık denetim genellikle daha küçük bir yazılımla daha hızlı bir şekilde sonuçlanır.
- Az sayıda değerler üzerinde uygulanacak kural sayısı da az olduğundan sonuca ulaşmak daha da çabuktur.
- Doğrudan kullanıcı girişlerine ve kullanıcının deneyimlerinden yararlanabilmesine imkan tanır.

Dezavantajlar

- Bulanık denetimde kullanılan kurallar deneyime bağlıdır.
- Üyelik fonksiyonlarının seçiminde belirli bir yöntem yoktur. En uygun fonksiyon deneme yanılma ile bulunur. Bu da oldukça uzun bir zaman alabilir.
- Denetlenen sistemin nasıl cevap vereceği önceden kestirilemez. Yapılacak tek şey benzetim çalışmasıdır.
- Bulanık mantık ile oluşturulan bir sistemin kararlılık analizi yapılamaz.

Eleştiriler

Bulanık denetleyicilere yönelik çeşitli eleştiriler de getirilmiştir. Bunlardan birkaçı aşağıda sıralanmıştır:

- Bulanık mantık denetleyicilerinin süreç hakkında daha fazla bilgiye ve algılayıcıya ihtiyaç duyması, dolayısıyla hem pahalı hem de daha az güvenilir olması,
- Bulanık mantık denetleyicilerinin geleneksel denetleyicilere kıyasla gösterdiği yüksek performans doğrusal olmayan denetleyici aracılığı ile de sağlanabilir (İnan, 2008:44-46).

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ VE ENTROPY YÖNTEMİ

4.1. BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ (FAHP) YÖNTEMİ

Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden biri olan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) belirsizlik durumunda karar vermeye tam uygun olmadığı için, bulanık mantıkla AHP birleştirilerek Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi (FAHP) oluşturulmuştur. Karar verici genellikle kesin değerler içeren değerlendirme yapmak yerine, aralıklı değerlendirme yapmayı daha güvenilir bulmuştur. FAHP ile ilgili ilk çalışma Van Laarhoven ve Pedrycz tarafından 1983 yılında yapılmıştır (Göksu, 2008:1-26).

Van Laarhoven ve Pedrycz, Saaty'nin AHP yöntemini alternatifler arasında yaptıkları mukayeselerle dilsel değişkenleri üçgensel bulanık sayılar kullanarak ifade etmişler ve FAHP yönetime ulaşmışlardır (Chen ve Hwang, 1992: 339). Literatürde, çeşitli yazarlar tarafından ortaya konmuş birçok FAHP yöntemi bulunmaktadır. Bunlardan ilki Buckley'dir.

Buckley 1984-1985'te yaptığı çalışmalarda Saaty'nin AHP yöntemini karar vericilerin kendi tercihlerini kesin oranlar yerine bulanık oranlar ile ifade edebilmelerini sağlamış ve bu bulanık oranları yamuksal bulanık sayılarla ifade etmiştir (Chen ve Hwang, 1992:351).

Chang ise, 1996' da yaptığı çalışmalarda FAHP' nin ikili karşılaştırmaları için üçgensel bulanık sayıların kullanılması ve ikili karşılaştırmaların derece değerleri için mertebeye analiz yönteminin kullanılmasını içeren yeni bir yaklaşım ileri sürmüştür (Chang, 1996: 649 -655.).

Literatürde yer alan geleneksel FAHP yöntemleri yorucu aritmetik hesaplamaları kapsadığı ve kesin bir sonuca ulaşmak için fazladan durulaştırma işlemine ihtiyaç duyduğu için genellikle Chang (1996) tarafından önerilen bulanık sayıların kesişimi yöntemiyle hesaplamalar yapılmasını kapsayan FAHP tercih edilmektedir (Akay, 2011:25)

Tablo 4.1’de literatürde çeşitli yazarlar tarafından ileri sürülen FAHP yöntemlerinin karşılaştırılması görülmektedir (Büyüközkan, Kahraman ve Ruan, 2004: 259–280)

Tablo 4.1. FAHP Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Kaynak	Yöntemin Temel Özellikleri	Avantaj (A) ve Dezavantajları (D)
Van Laarhoven ve Pedrycz (1983)	-Saaty’nin AHP yönteminin üçgen bulanık sayılarla genişletilmiş şeklidir. -Bulanık ağırlıkların ve bulanık performans ölçütlerinin bulunmasında Lootsma’nın logaritmik en küçük kareler yöntemi kullanılır.	(A) Karar vericilerin görüşleri karşılaştırma matrisi ile modellenebilir. (D) Doğrusal denklemlerde her zaman bir çözüm yoktur. (D) Küçük bir problem için bile çok fazla sayısal hesaplama gerektirir. (D) Sadece üçgen bulanık sayıların kullanılmasına izin verir.
Buckley (1985)	-Saaty’nin AHP yönteminin ikizkenar yamuk bulanık sayılar ile birlikte genişletilmiş şeklidir. -Bulanık ağırlıkları ve bulanık performans ölçütlerini elde etmek için geometrik ortalama yöntemi kullanılır.	(A) Bulanık duruma genişletmek kolaydır. (A) Karşılıklı karşılaştırma matrisinde tek bir çözümü garanti etmektedir. (D) Çok fazla sayısal hesaplama gerektirir.
Boender vd (1989)	-Van Laarhoven ve Pedrycz’in modelinin geliştirilmiş şeklidir. -Yerel önceliklerin normalizasyonunda daha sağlam yaklaşım sunmaktadır	(A) Çok sayıda karar vericinin görüşleri modellenebilir. (D) Çok fazla sayısal hesaplama gerektirir.
Chang (1996)	Derece değerleri • Basit seviye sıralaması • Birleşik toplam sıralama	(A) Daha az sayısal hesaplama gerektirir. (A) Klasik AHP’nin adımlarını takip eder ve ek işlemler gerektirmez. (D) Sadece üçgen bulanık sayıların kullanılmasına izin verir.
Cheng (1996)	• Performans ölçütlerini üyelik fonksiyonlarıyla gösterir. • Toplam ağırlığın hesaplanmasında entropi kavramlarını kullanır	(A) Sayısal hesaplama ihtiyacı çok fazla değildir. (D) Entropi olasılık dağılımı bilindiği zaman kullanılır. (D) Yöntem hem olasılık ve hem de olabilirlik ölçülerine dayanır.

4.1.1. Chang'in Mertebe Analizine Dayalı Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi

$X=\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, bir kriter kümesi ve $U=\{u_1, u_2, \dots, u_n\}$, bir amaç kümesi olsun. Chang'in mertebe analizine göre, her bir kriter alınır ve her bir g_i amacı için sırasıyla

mertebe analizi uygulanır. Böylece, her bir kriter için m tane mertebe analizi değeri elde edilir. Bu değerler aşağıdaki şekilde gösterilir.

$$M_{g_i}^1, M_{g_i}^2, \dots, M_{g_i}^m \quad i = 1, 2, \dots, n$$

Burada $M^j g_i = (j=1, 2, \dots, m)$ lerin hepsi üçgensel bulanık sayılardır.

Chang'in mertebe analizinin adımları aşağıdaki şekilde özetlenebilir (Cheng, 1996: 343-350).

Adım 1: i 'nci kritere göre, bulanık sentetik mertebenin değeri şu şekilde tanımlanır;

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \otimes \left[\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n M_{g_i}^j \right]^{-1} \quad (4.1)$$

Burada $\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j$ yi elde etmek için, m mertebe analiz değerine (4.2)'de görüldüğü gibi bulanık toplama işlemi uygulanır.

$$\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left[\sum_{j=1}^m l_j \quad \sum_{j=1}^m m_j \quad \sum_{j=1}^m u_j \right] \quad (4.2)$$

ve daha sonra

$$\left[\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n M_{g_i}^j \right]^{-1} \text{ denklemini elde etmek için; aşağıda gösterildiği şekilde}$$

$M_{g_i}^j = (j = 1, 2, n \dots m)$ değerlerine bulanık toplama işlemi uygulanır.

$$\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n M_{g_i}^j = \left[\sum_{i=1}^n l_i \sum_{i=1}^n m_i \sum_{i=1}^n u_i \right] \quad (4.3)$$

Daha sonra (4.3) ' teki vektörün tersi elde edilir.

$$\left[\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n M_{g_i}^j \right]^{-1} = \left[\frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i} \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i} \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right] \quad (4.4)$$

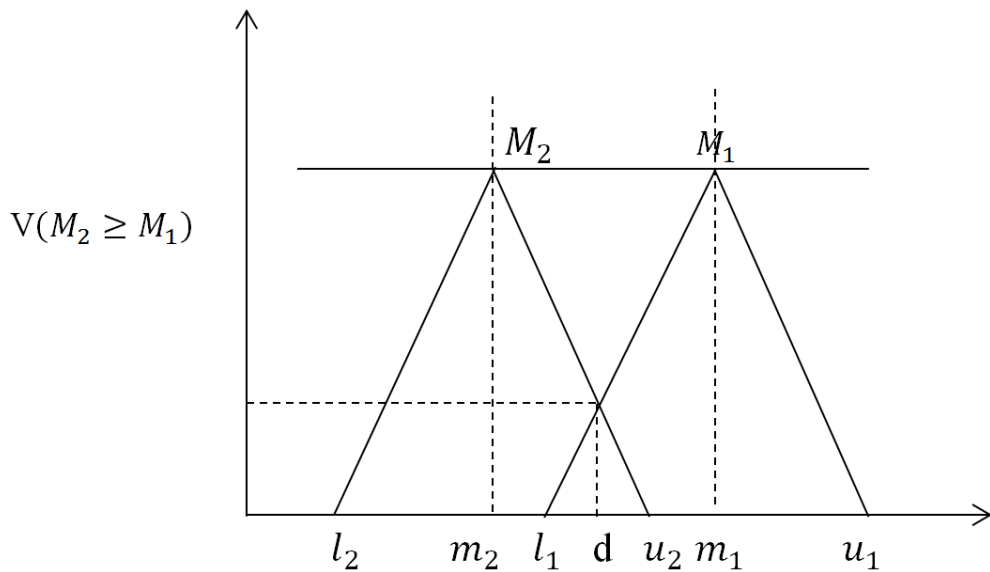
Adım 2: $M_2 = (l_2 \ m_2 \ u_2) \geq M_1 = (l_1 \ m_1 \ u_1)$ ' nin olabilirlik derecesi şu şekilde tanımlanır;

$$V(M_2 \geq M_1) = \sup_{y \geq x} [\min(\mu_{M_1}(x) \mu_{M_2}(y))] \text{ ve}$$

$$V(M_2 \geq M_1) = \text{hgt}(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d)$$

$$= \begin{cases} 1, \text{ if } m_2 \geq m_1 \\ 0, \text{ if } l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, \text{ diğ er durumlarda} \end{cases} \quad (4.5)$$

Denklemd e $V(M_2 \geq M_1)$ d, μ_{M_1} ve μ_{M_2} arasındaki en yüksek kesişim noktası D' nin ordinatı olmak üzere Şekil 4.1' deki gibi ifade edilir.



Şekil 4.1. M_1 ve M_2 Arasındaki Kesişim Noktası

Adım 3: Konveks bir bulanık sayının k tane konveks bulanık sayıdan M_i ($i=1,2,\dots,n$) büyük olmasının olabilirlik derecesi şu şekilde tanımlanır:

$$V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) = V[(M \geq M_1) \text{ ve } V(M \geq M_2)]$$

$$V(M \geq M_k) = \min V(M \geq M_i) \quad i=1,2,\dots,k \quad (4.6)$$

$$d'(A_i) = \min V[(S_i \geq S_k)] \quad (4.7)$$

olduğunu varsayalım, $k=1,2,\dots,n$; $k \neq i$ için ağırlık vektörü aşağıdaki gibidir:

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T \quad (4.8)$$

burada A_i ($i=1,2,\dots,n$) n sayısı kadardır.

Adım 4: Normalize edilmiş ağırlık vektörleri, aşağıdaki gibidir. Burada W , bulanık olmayan bir sayıdır.

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T \quad (4.9)$$

4.2. ENTROPY YÖNTEMİ

Entropi kavramı, ilk olarak 19. yüzyılda Rudolf Clausius tarafından termodinamik sistemdeki enerji miktarının bir ölçüsü olarak ortaya atılmıştır. Daha sonra Ludwig Boltzman, istatistiksel fizikte entropi kavramını incelemiş ve ünlü Boltzman bağıntısını bulmuştur (Fang, Rajasekera ve Tsao, 1997)

Bilgi kuramı açısından “entropi”, bir durumun belirsizliğini ortadan kaldırmak için gerekli olan bilgi açığı olarak ifade edilmektedir (Brillouin, 1960). Entropi kavramı ve belirsizlik kavramı aynı amaçlar için kullanılır. İfade edilmek istenen belirsizlik, olasılıksal belirsizliktir. Örneğin, bir madeni para atıldığında yazı veya tura gelmesi bir belirsizliktir. Bununla birlikte, farklı olasılık dağılımları farklı belirsizliklere sahiptir (Kapur ve Kesevan, 1992)

4.2.1. Shannon Entropy Yöntemi

Bilgi teorisi üzerinde çalışan bir akademisyen olan Claude Shannon, 1943'de bilgi ve entropinin aynı madalyonun farklı yüzleri olduğu ifade etmiştir (Shannon, 1948: 379-423)

Entropy kavramını 1948 yılında Shannon geliştirmiştir. Shannon, entropi kavramını iletişim kuramı kapsamındaki problemler için bir ölçüt olarak kabul etmesine karşın, bu ölçüt matematik, fizik, biyoloji, mühendislik ve sosyal bilimler gibi pek çok bilim dalında geniş uygulama alanları bulmuştur. Entropinin bu başarısının nedeni, olasılıksal sistemlerdeki belirsizliği ölçebilmesine dayanır (Karmeshu ve Pal, 2003). Entropi, belli birimlerle (bit, desibel gibi) ölçülebilen kantitatif bir büyüklüğü temsil etmektedir. Böylelikle, bir rastgele sürecin olasılık yapısı belli olduğunda, o sürecin entropisi sayısal olarak hesaplanabilmekte ve elde edilen birimlerle ifade edilebilmektedir. Bu özellikleriyle entropi kavramı, herhangi bir istatistik sürecin bilgi içeriğinin ölçülmesinde kullanılabilir nesnel bir kriter olarak kabul görmektedir (Amarocho ve Espildora, 1973: 1511-1522).

4.2.1.1 Shannon Entropy Süreci

Shannon Entropy, karar vermenin zor olduğu durumlarda çok kriterli karar verme problemlerinde ağırlık elde etmenin en iyi yöntemlerinden biridir. Bu yöntemin aşamaları şu şekildedir (Lotfi ve Fallahnejad, 2010:53-62).

1.aşama: Karar Matrisini Normalleştirme

$$p_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{j=1}^m x_{ij}} \quad j=1, \dots, m, \quad i=1, \dots, n$$

Veriler, farklı ölçü birimleri ve ölçekleri ortadan kaldırmak için normalize edilir. Bu süreç farklı kriterlerin karşılaştırılmalarına izin vermek içindir.

2. aşama: Entropy Hesaplama:

$$h_i(E) = - \sum_{j=1}^m p_{ij} \ln p_{ij}, \quad i=1, \dots, n$$

$$h_0(K) = (\ln m)^{-1}$$

3. aşama:

$d_i = 1 - h_i$, $i=1, \dots, n$ çeşitlendirme derecesi olarak

4. aşama: Ağırlık Hesaplama

$W_i = \frac{d_i}{\sum_{s=1}^n d_s}$ $i=1, \dots, n$ i' nin önem derecesi olarak

BEŞİNCİ BÖLÜM

MAKİNE TEÇHİZAT SEÇİMİNE YÖNELİK BİR UYGULAMA

5.1. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME TEKNİKLERİ İLE MAKİNE SEÇİMİ İÇİN LİTERATÜR TARAMASI

İşletmelerin çalışma alanlarına göre, en uygun makineyi seçmeleri gerekir. Bu seçimi ön sezilere göre yapmak mantıklı olmayacaktır. Bu sebeple işletmeler seçimlerini sezgilere dayanarak değil, belirli yöntemlere dayanarak yapmalıdırlar. Literatürde makine teçhizat seçimi için, Veri Zarflama Analizi (DEA) yöntemi kullanılsa bile genel olarak ÇKKV teknikleri tercih edilmiştir. ÇKKV teknikleri personel seçiminden, tedarikçi seçimine, performans değerlendirmesinden, yer seçimine ve makine teçhizat seçimine kadar birçok alanda kullanılmıştır. Literatürde makine teçhizat seçiminde ÇKKV tekniklerinden en çok FAHP ve Bulanık TOPSİS kullanılmıştır.

Wang vd. (2000) esnek imalat hücreleri için makine seçimine yardımcı olabilecek bir Bulanık ÇKKV modeli geliştirmiştir. Cheng ve Lin (2002) askeri tank seçimi için FAHP yöntemi kullanan bir çalışma gerçekleştirmiştir. Chu ve Lin (2003) robot seçimine yönelik bulanık TOPSİS uygulaması yapmıştır.

Yurdakul (2004) AHP yaklaşımını dizayn makine üretim ve mühendislik A.Ş inde en iyi makinenin seçimi için test etmiştir. Arslan vd. (2004) çok kriterli makine seçimi problemi için karar destek sistemi geliştirmiştir. Ayağ vd. (2006) makine seçimi probleminde en iyi alternatifin belirlenmesinde FAHP yöntemi ile fayda/maliyet oranı analizini kullanmıştır. Yine Ayağ, Özdemir (2006) ile yaptığı çalışmada FAHP yardımıyla makine alternatiflerini ağırlıklandırmış ve fayda/maliyet oranını kullanarak, FAHP skorları ve makinelerin tedarik maliyetlerini dikkate alan bir model önermiştir. Ayrıca Ayağ (2007) üretim sisteminin ihtiyaç ve beklentilerini karşılayan en uygun makine teçhizat seçiminde simülasyon ve AHP yöntemlerini bütünleştiren bir model sunmuştur. Kaya vd. (2007) makine teçhizat seçiminde bulanık karar verme sürecini kullanmıştır. Ertuğrul (2007) FAHP ni bir tekstil işletmesine makine seçimi için

kullanmıştır. Yurdakul ve İç (2008) de makine ekipman seçimine bulanıklığın etkisini ve (2009) makine teçhizat seçiminde bulanık TOPSIS yaklaşımını kullanmışlardır.

Chakraborty ve Banik özel bir taşıma çevresinde en uygun malzeme taşıma ekipmanının seçimi için AHP tekniğini uygulamış ve bu süreçte en kritik ve en gereksiz kriterlerin belirlenmesi amacıyla duyarlılık analizi yapmıştır. Dağdeviren ekipman seçimi problemine AHP ve PROMETHEE yöntemleri ile bütünleşik bir çözüm yöntemi önermiştir.

Perçin (2012) FAHP ve TOPSİS yöntemleri ile makine teçhizat seçimi yapmıştır.

Ayrıca literatürde AHP kullanarak makine seçimi yapan araştırmacılar arasında, Lin ve Yang (1996), Çimren vd. (2007) ve Oeltjenbruns vd. (1995) sayılabilir.

5.2. MAKİNE TEÇHİZAT SEÇİM PROBLEMİNİN TANIMLANMASI

Redüktör, elektrik motorlarının yüksek dönüş hızlarını makineler için gerekli olan dönüş hızlarına düşürmek için tasarlanan kapalı dişli düzenektir. Redüktör kullanmada ki amaç, miller arasında güç iletimini sağlamak küçük bir hacimde büyük bir çevrim oranı elde etmektir. Redüktör inşaat sektöründen tekstil sektörüne kadar bir çok sektörde kullanılır. Bu çalışmada uygun redüktör seçim problemi çözülmeye çalışılmıştır. Bu doğrultuda uzman görüşüne dayalı kriter ve alternatifler belirlenmiştir.

Uzman görüşü çerçevesinde ,çıkış mili çapı, motor gücü, rulman markası ve garanti süreleri her redüktör de aynı olması sebebiyle bu maddeler kriterler grubuna dahil edilmemiş, her redüktör de farklı olan çıkış devri, en küçük piyonun diş sayısı, servis faktörü, fiyat, dişli modül sayısı ve rulmanın büyüklüğü kriter olarak kabul edilmiştir. Her bir kriter sırasıyla C1, C2, C3, C4, C5, C6 olarak ifade edilmiştir. Kriterler tek tek incelendiğinde:

Çıkış Devri (C1) :Bir redüktörün 1 dakika da ne kadar devir yaptığını ifade eder ve devir sayısının yüksek olması tercih edilir. Fayda yönlü nicel bir kriterdir.

En Küçük Piyonun Diş Sayısı (C2) : Redüktörü oluşturan piyonun diş sayısının ifade eder. Fayda yönlü nitel bir kriterdir.

Servis Faktörü (C3) : Redüktörün çalıştığı set ile uyumlu olması için gerekli olan emniyet katsayısıdır. Günlük olarak 8 saat ve 100 start çalışmayı karşılar ve 1 den

başlayıp (1.1- 1.2- 1.3- 1.4- 1.5- 1.6- 1.7) 1.8' e kadar değer alır. Yüksek değer alması tercih edilir ve fayda yönlü nicel bir kriterdir.

Fiyat (C4): Maliyet yönlü nicel bir kriterdir.

Dişli Modül Sayısı (C5): Fayda yönlü nitel bir kriterdir.

Rulmanın büyüklüğü (C6): Rulman hareketin en az sürtünmeyle yani güçten en az ödün verilerek iletimin sağlanmasıdır. Büyüklüğü redüktörden redüktöre değişim gösterir. Fayda yönlü nitel bir kriterdir.

Kriterler fayda maliyet yönlü ve nicel nicel özellik taşımaları doğrultusunda en uygun redüktörün seçimi aynı zamanda üretimin en az hata ile gerçekleşmesine katkıda bulunacaktır. Bu doğrultuda doğru redüktör seçiminde uzmanlara yardımcı olmak için alternatif ve kriterler belirlenerek problemin tanımlaması yapılmıştır.

5.3. ÇALIŞMANIN AMACI KAPSAMI VE KISITLARI

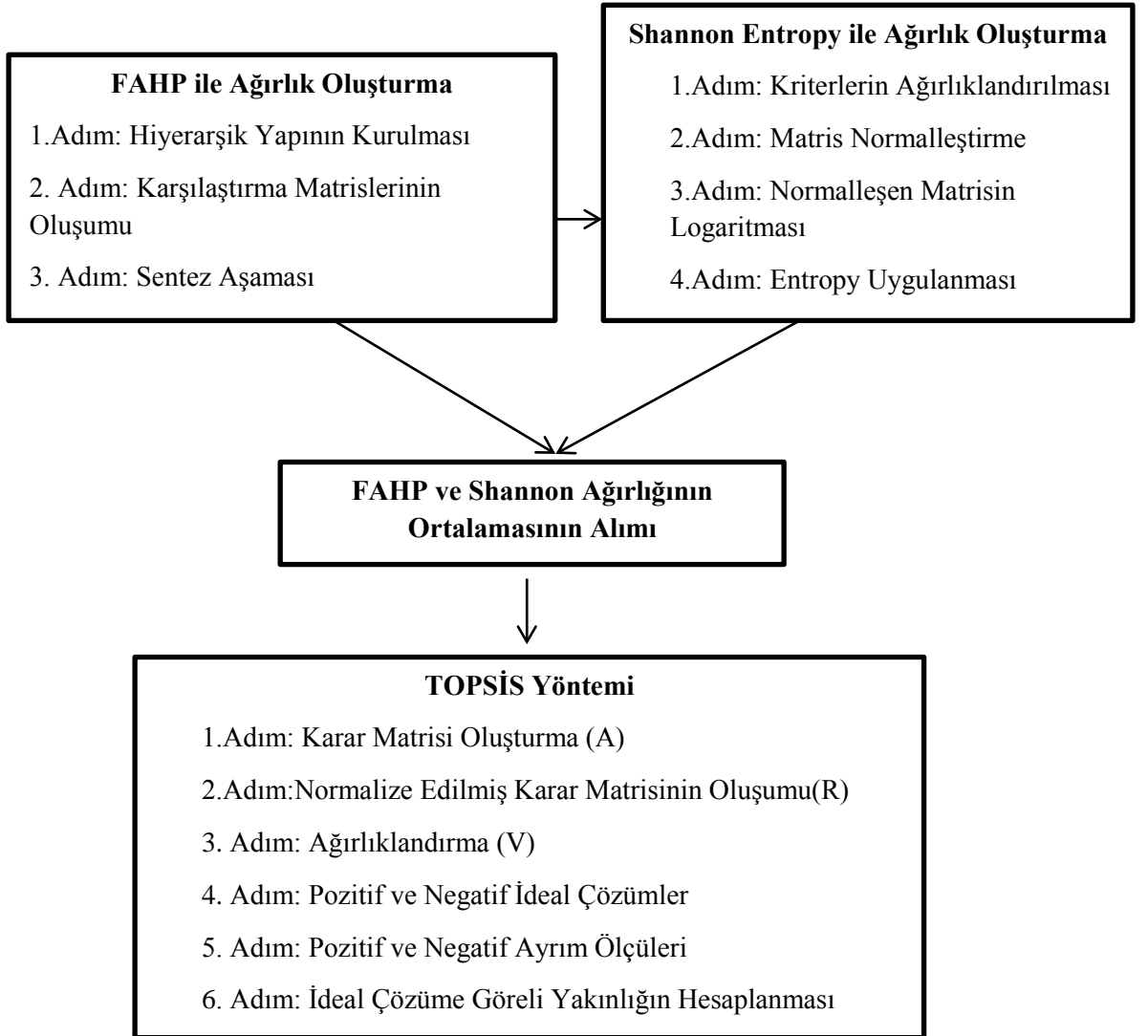
Makine teçhizat seçimi işletmelerde en önemli kararlardan biridir. Doğru Makine teçhizat seçimi, işletmenin üretim için hedeflediği amaçların gerçekleşmesini de beraberinde getirecektir. Verimliliğin artarak, maliyetin düşmesini aynı zamanda hatalı ürün üretiminin minimize edilmesini sağlayacaktır. Araştırmanın amacı yukarıda belirtilen hedefler doğrultusunda, karar alma sürecinde yöneticilere yardımcı olmak ve sayısal yöntemlerin karar almada yaygınlaşmasını sağlamaktır. Araştırmanın kapsamını imalatçı firmalarda makine teçhizat seçimi oluştururken, kısıtını işletmelerde makine sayısının fazla olması ve her biri için ayrı ayrı işlem yapılmasının uzun zaman alması ve bu sebeple araştırmanın sadece bir makine üzerinde yapılması oluştururken, bu uygulama başka makineler için ileri ki çalışmalarda da yapılabilir.

5.4. VERİLERİN TOPLANMASI VE ANALİZİ

Veriler toplanmadan önce literatür taraması yapılmış, sektör ve yöntemler hakkında bilgi edinilmiştir. Bu bilgiler doğrultusunda yetkili uzman ile birebir görüşülmüştür. Bu görüşme doğrultusunda redüktör seçimi için hangi hususlara önem verdikleri ve redüktör seçiminde hangi kriterleri baz aldıkları bilgisi edinilerek, çıkış devri, en küçük piyonun diş sayısı, servis faktörü, fiyat dişli modül sayısı, rulmanın

büyüklüğü adlı 6 kriter ve Yılmaz, Öztefen ve İmak firma isimli 3 alternatif belirlenmiştir. Sonrasında anket soruları hazırlanarak uzmanla ikinci bir görüşme yapılmış ve cevaplar alınmıştır. Sorular Saaty 1-9 ölçeği paralelinde sorularak her bir kriterin alternatifine, görelî üstünlüğü saptanmaya çalışılmıştır.

Elde edilen veriler doğrultusunda en uygun yöntem ile veriler analiz edilmeye çalışılmıştır. Çalışmamızda günümüzde genellikle yaygın olarak kullanılan ÇKKV tekniklerinden faydalanılmıştır. ÇKKV teknikleri sayesinde karar vericinin öznel yargıları somutlaştırılarak doğru karar verilmesi sağlanmaya çalışılmıştır. Veriler Excel programı yardımıyla analiz edilmiştir. Analizde FAHP ve Shannon Ağırlığı alınarak TOPSİS yöntemi kullanılmıştır. Yapılan analizin adımları Şekil 5.1’de ifade edilmiştir:

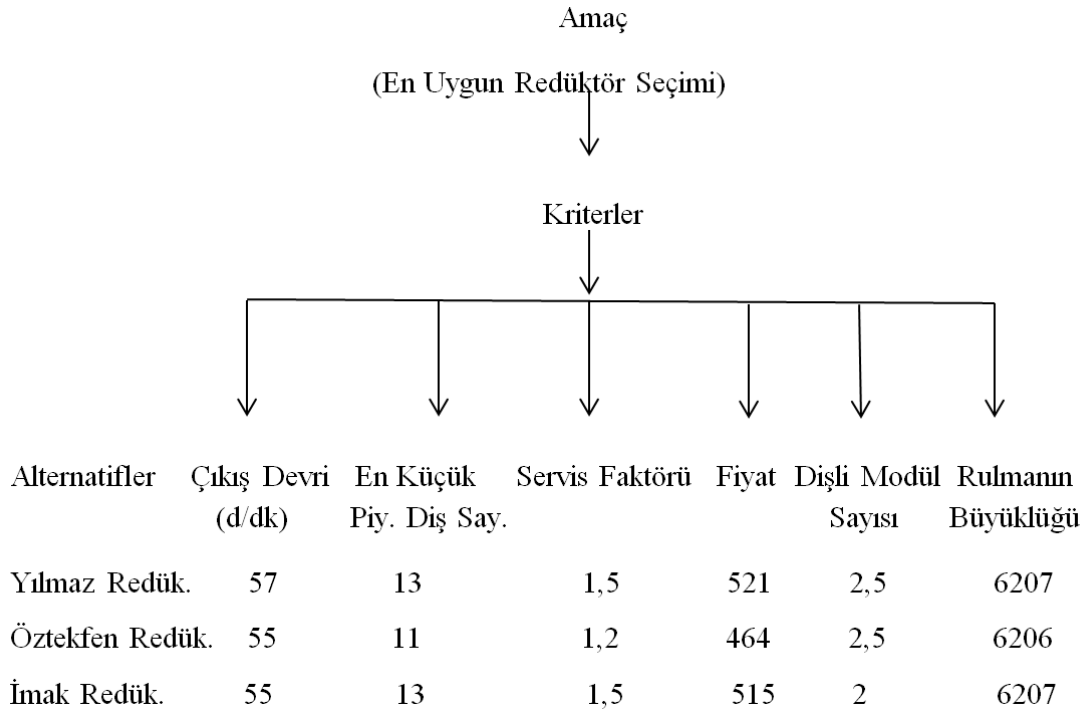


Şekil 5.1. Verilerin Analiz Adımları

5.5. BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ YÖNTEM AŞAMALARI

5.5.1. Aşama 1: Hiyerarşik Yapının Kurulması

Çay fabrikası için uygun redüktör seçimi amacıyla yetkili uzman ile görüşmeler yapılmıştır. Bu görüşmeler doğrultusunda çıkış devri, en küçük piyonun diş sayısı, servis faktörü, fiyat, dişli modül sayısı ve rulmanın büyüklüğü kriter olarak belirlenmiştir. Alternatif olarak da işletmenin redüktör satın aldığı Yılmaz, Öztekfен ve İmak redüktör firmaları belirlenmiştir. Amaç, kriter ve alternatifler aşağıdaki şekilde gösterilmiştir:



Şekil 5.2. Amaç, Alternatif ve Kriterler

Şekil 5.2’de görüldüğü üzere, amaç çay fabrikası için en uygun redüktörün seçimidir. Kriterler sırasıyla, çıkış devri, en küçük piyonun diş sayısı, servis faktörü, fiyat, dişli modül sayısı ve rulmanın büyüklüğüdür. Alternatifler, Yılmaz , Öztekfен ve İmak redüktördür.

5.5.2. Aşama 2: AHP Yoluyla Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi İçin İkili Karşılaştırma Matrislerinin Oluşturulması

İkili karşılaştırma matrisleri oluşturulmadan önce anket soruları hazırlanmış ve yetkili uzman ile yüz yüze görüşülerek sorular sorulmuştur. Anket soruları aşağıdaki gibidir:

ANKET SORULARI:

- 1) Çıkış devrinin, en küçük piyonun diş sayısına göre önem durumunu 1'den 9'a kadar artan önem derecesine göre cevaplandırınız.
- 2) Çıkış devrinin, servis faktörüne göre önem durumunu 1'den 9'a kadar artan önem derecesine göre cevaplandırınız.
- 3) Çıkış devrinin, fiyata göre önem durumunu 1'den 9'a kadar artan önem derecesine göre cevaplandırınız.
- 4) Çıkış devrinin, dişli modül sayısına göre önem durumunu 1'den 9'a kadar artan önem derecesine göre cevaplandırınız.
- 5) Çıkış devrinin, rulmanın büyüklüğüne göre önem durumunu 1'den 9'a kadar artan önem derecesine göre cevaplandırınız.
- 6) En küçük piyonun, servis faktörüne göre önem durumunu 1'den 9'a kadar artan önem derecesine göre cevaplandırınız.
- 7) En küçük piyonun, fiyata göre önem durumunu 1'den 9'a kadar artan önem derecesine göre cevaplandırınız.
- 8) En küçük piyonun, dişli modül sayısına göre önem durumunu 1'den 9'a kadar artan önem derecesine göre cevaplandırınız.
- 9) En küçük piyonun, rulmanın büyüklüğüne göre önem durumunu 1'den 9'a kadar artan önem derecesine göre cevaplandırınız.
- 10) Servis faktörünün, fiyata göre önem durumunu 1'den 9'a kadar artan önem derecesine göre cevaplandırınız.
- 11) Servis faktörünün, dişli modül sayısına göre önem durumunu 1'den 9'a kadar artan önem derecesine göre cevaplandırınız.

12) Servis faktörünün, rulmanın büyüklüğüne göre önem durumunu 1'den 9'a kadar artan önem derecesine göre cevaplandırınız.

13) Fiyatın, dişli modül sayısına göre önem durumuna 1'den 9'a kadar artan önem derecesine göre cevaplandırınız.

14) Fiyatın, rulmanın büyüklüğüne göre önem durumunu 1'den 9'a kadar artan önem derecesine göre cevaplandırınız.

15) Dişli modül sayısının, rulmanın büyüklüğüne göre önem durumu 1'den 9'a kadar artan önem derecesine göre cevaplandırınız.

Cevaplanan anket soruları doğrultusunda Tablo 5.1 elde edilmiş ve sorulara verilen cevaplar Tablo 5.1'de gösterilmiştir.

Tablo 5.1. Anket Sorularına Verilen Cevaplar

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
C1													x					C2
C1																	x	C3
C1				x														C4
C1																x		C5
C1				x														C6
C2																	x	C3
C2		x																C4
C2			x															C5
C2			x															C6
C3	x																	C4
C3	x																	C5
C3	x																	C6
C4																x		C5
C4															x			C6
C5			x															C6

C1, 1.kriteri, C2, 2.kriteri, C3, 3. kriteri, C4, 4. kriteri, C5, 5.kriteri, C6, 6. kriteri sembolize etmektedir ve değerler 1'den 9'a kadar artan önem derecesini ifade etmektedir.

Tablo 5.1 incelendiği zaman:

- 1.kriter olan çıkış devrinin, 2.kriter olan en küçük piyonun diş sayısına göre önem derecesi 1/5 tir.

- 1.kriter olan çıkış devrinin, 3.kriter olan servis faktörüne göre önem derecesi 1/9 dur.
- 1.kriter olan çıkış devrinin, 4.kriter olan fiyata göre önem derecesi 6 dir.
- 1.kriter olan çıkış devrinin, 5.kriter olan dişli modül sayısı sayısına göre önem derecesi 1/8 dir.
- 1.kriter olan çıkış devrinin, 6.kriter olan rulmanın büyüklüğüne göre önem derecesi 6 dir.
- 2.kriter olan en küçük piyonun diş sayısının, 3.kriter olan servis faktörüne göre önem derecesi 1/9 dur.
- 2.kriter olan en küçük piyonun diş sayısının, 4.kriter olan fiyata göre önem derecesi 8 dir.
- 2.kriter olan en küçük piyonun diş sayısının, 5.kriter olan dişli modül sayısına göre önem derecesi 7 dir.
- 2.kriter olan en küçük piyonun diş sayısının, 6.kriter olan rulmanın büyüklüğüne göre önem derecesi 7 dir.
- 3.kriter olan en küçük piyonun diş sayısının, 6.kriter olan rulmanın büyüklüğüne göre önem derecesi 7 dir.
- 3.kriter olan servis faktörünün, 4.kriter olan fiyata göre önem derecesi 9 dur.
- 3.kriter olan servis faktörünün, 5.kriter olan dişli modül sayısına göre önem derecesi 9 dur.
- 3.kriter olan servis faktörünün, 6.kriter olan rulmanın büyüklüğüne göre önem derecesi 9 dur.
- 4.kriter olan fiyatın, 5.kriter olan dişli modül sayısına göre önem derecesi 1/7 dir.
- 4.kriter olan fiyatın, 6.kriter olan rulmanın büyüklüğüne göre önem derecesi 1/7 dir.
- 5.kriter olan dişli modül sayısının 6.kriter olan rulmanın büyüklüğüne göre önem derecesi 7 dir.

Ağırlıklar belirlendikten sonra aşağıdaki 2'li karşılaştırma matrisi elde edilmiştir.

Tablo 5.2. Kriterlerin 2 li Karşılaştırma Matrisi

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1	1	1/5	1/9	6	1/8	6
C2	5	1	1/9	8	7	7
C3	9	9	1	9	9	9
C4	1/6	1/8	1/9	1	1/7	1/7
C5	8	1/7	1/9	7	1	7
C6	1/6	1/7	1/9	7	1/7	1

5.5.3. Aşama 3: Kriterlerin Kendi Arasında Bulanık Mantık Çerçevesinde Değerlendirilmesi ve Sentez Değeri Hesabı

5.5.3.1. Kriterin İkili Karşılaştırma Matrisinin Üçgensel Bulanık Sayılar ile İfadesi

Puanlamada kişisel yargıdaki belirsizlikten dolayı deterministik veri kullanmak yerine bulanık veri kullanılması tercih edilmiştir. Bu yüzden ikili karşılaştırma matrisleri üçgensel bulanık sayılarla ifade edilirken aşağıdaki gibi gösterilen Bulanık Saaty ölçeği dikkate alınmıştır.

Tablo 5.3. Bulanık Saaty Ölçeği

1,00	1,00	1,00
1,00	2,00	3,00
2,00	3,00	4,00
3,00	4,00	5,00
4,00	5,00	6,00
5,00	6,00	7,00
6,00	7,00	8,00
7,00	8,00	9,00

Tablo 5.4. Bulanık Evrik (Ters) Saaty Ölçeği

1,00	1,00	1,00
0,33 (1/3)	0,50 (1/2)	1,00
0,25 (1/4)	0,33 (1/3)	0,50 (1/2)
0,20 (1/5)	0,25 (1/4)	0,33 (1/3)
0,17 (1/6)	0,20 (1/5)	0,25 (1/4)
0,14 (1/7)	0,17 (1/6)	0,20 (1/5)
0,13 (1/8)	0,14 (1/7)	0,17 (1/6)
0,11 (1/9)	0,13 (1/8)	0,14 (1/7)

Tablo 5.4, Tablo 5.3 de ifade edilen Bulanık Saaty Ölçeğinin evrik (ters) şeklidir. Yani değerlerin kesirli ifadesidir. Örneğin: 0,33 sayısı 3 sayısının tersidir yani 1/3 ifadesidir ve 0,33 sayısının bir önceki değeri 1/4 iken bir sonraki değeri 1/2 dir.

Bulanık Saaty ölçeği doğrultusunda Tablo 5.5 elde edilir:

Tablo 5.5. Kriterlerin İkili Karşılaştırma Matrisinin Üçgensel Bulanık Sayılarla İfadesi

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1	1,00 1,00 1,00	0,17 0,20 0,25	0,11 0,11 0,11	5,00 6,00 7,00	0,11 0,13 0,14	5,00 6,00 7,00
C2	4,00 5,00 6,00	1,00 1,00 1,00	0,11 0,11 0,11	7,00 8,00 9,00	6,00 7,00 8,00	6,00 7,00 8,00
C3	9,00 9,00 9,00	9,00 9,00 9,00	1,00 1,00 1,00	9,00 9,00 9,00	9,00 9,00 9,00	9,00 9,00 9,00
C4	0,14 0,17 0,20	0,11 0,13 0,14	0,11 0,11 0,11	1,00 1,00 1,00	0,13 0,14 0,17	0,13 0,14 0,17
C5	7,00 8,00 9,00	0,13 0,14 0,17	0,11 0,11 0,11	6,00 7,00 8,00	1,00 1,00 1,00	6,00 7,00 8,00
C6	0,14 0,17 0,20	0,13 0,14 0,17	0,11 0,11 0,11	6,00 7,00 8,00	0,13 0,14 0,17	1,00 1,00 1,00

Tablo 5.4' de bulunan veriler dikkate alınarak tablo 5.5 oluşturulmuştur. Tablo 5.5 de görüldüğü üzere, C1 kriterinin C2 kriterine göre değeri 5 iken, bulanık sayılarla ifadesinde Saaty ölçeği dikkate alınarak 4ile 6 arasında bir değer alabileceği ifade edilmiştir. Aynı işlem her kriter için yapılarak, gerekli üçgensel sayılar bulunmuştur.

5.5.3.2. Matristeki Elemanların Kötümser (En Düşük Olası), Olası ve İyimser (En büyük Olası) Değerlerinin Toplanarak Üçgensel Bulanık Sayılı Sütun Vektörünün Elde Edilmesi

M_{ij} : Kıyaslama matrisinin i'nci satır j'nci sütundaki üçgensel bulanık sayı (Tringular Fuzzy Number-TFN) olarak ifade edilir. $M_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$ biçiminde ifade edilir. Öyleyse bulanık toplama işlemi şu şekilde yapılır:

İ(Kriter Sayısı) =1,...,6 olmak üzere;

$$\sum_{j=1}^6 M_{ij} = \left(\sum_{j=1}^6 l_{ij}, \sum_{j=1}^6 m_{ij}, \sum_{j=1}^6 u_{ij} \right)$$

Buna göre i=1 (Çıkış Devri Kriteri) İçin Bulanık Sayılarının Toplamı;

$$\sum_{j=1}^6 M_{1j} = (1,1,1) \oplus (0.17, 0.20, 0.25) \oplus (0.11, 0.11, 0.11) \oplus (5,6,7) \\ \oplus (0.11, 0.13, 0.14) \oplus (5,6,7) = (11.39, 13.44, 15.5)$$

Çıkış devri kriteri için her bir sütundaki değerler toplanır ve sütun üçgensel bulanık sayısı olan (11.39, 13.44, 15.5) değerleri elde edilir.

Buna göre $i=2$ (En Küçük Piyonun Dış Sayısı) İçin Bulanık Sayılarının Toplamı;

$$\sum_{j=1}^6 M_{2j} = (4,5,6) \oplus (1,1,1) \oplus (0.11, 0.11, 0.11) \oplus (7,8,9) \oplus (6,7,8) \oplus (6,7,8) \\ = (24.11, 28.11, 32.11)$$

En küçük piyonun dış sayısı kriteri için her bir sütundaki değerler toplanır ve sütun üçgensel bulanık sayısı olan (24.11, 28.11, 32.11) değerleri elde edilir.

Buna göre $i=3$ (Servis Faktörü) İçin Bulanık Sayılarının Toplamı;

$$\sum_{j=1}^6 M_{3j} = (9,9,9) \oplus (9,9,9) \oplus (1,1,1) \oplus (9,9,9) \oplus (9,9,9) \oplus (9,9,9) = (46, 46, 46)$$

Servis faktörü kriteri için her bir sütundaki değerler toplanır ve sütun üçgensel bulanık sayısı olan (46, 46, 46) değerleri elde edilir.

Buna göre $i=4$ (Fiyat) İçin Bulanık Sayılarının Toplamı;

$$\sum_{j=1}^6 M_{4j} = (0.14, 0.17, 0.20) \oplus (0.11, 0.13, 0.14) \oplus (0.11, 0.11, 0.11) \oplus (1,1,1) \\ \oplus (0.13, 0.14, 0.17) \oplus (0.13, 0.14, 0.17) = (1.62, 1.69, 1.79)$$

Fiyat kriteri için her bir sütundaki değerler toplanır ve sütun üçgensel bulanık sayısı olan (1.62, 1.69, 1.79) değerleri elde edilir.

Buna göre $i=5$ (Dişli Modül Sayısı) İçin Bulanık Sayılarının Toplamı;

$$\sum_{j=1}^6 M_{5j} = (7, 8, 9) \oplus (0.13, 0.14, 0.17) \oplus (0.11, 0.11, 0.11) \oplus (6, 7, 8) \oplus (1, 1, 1) \\ \oplus (6, 7, 8) = (20.24, 23.25, 26.28)$$

Dişli modül sayısı kriteri için her bir sütundaki değerler toplanır ve sütun üçgensel bulanık sayısı olan (20.24, 23.25, 26.28) değerleri elde edilir.

Buna göre $i=6$ (Rulmanın Büyüklüğü) İçin Bulanık Sayılarının Toplamı;

$$\sum_{j=1}^6 M_{6j} = (0.14, 0.17, 0.20) \oplus (0.13, 0.14, 0.17) \oplus (0.11, 0.11, 0.11) \oplus (6, 7, 8) \\ \oplus (0.13, 0.14, 0.17) \oplus (1, 1, 1) = (7.50, 8.56, 9.64)$$

Rulmanın büyüklüğü kriteri için her bir sütundaki değerler toplanır ve sütun üçgensel bulanık sayısı olan (7.50, 8.56, 9.64) değerleri elde edilir.

Gerekli hesaplamalar yapıldıktan sonra $\sum_{j=1}^6 l_{ij}$, $\sum_{j=1}^6 m_{ij}$, $\sum_{j=1}^6 u_{ij}$ değerleri elde edilir. Rakamsal değerler Tablo 5.6'da gösterilmiştir.

Tablo 5.6. Üçgensel Bulanık Sayılı Sütun Vektörü

	$\sum_{j=1}^6 l_{ij}$	$\sum_{j=1}^6 m_{ij}$	$\sum_{j=1}^6 u_{ij}$
M1J	11,39	13,44	15,50
M2J	24,11	28,11	32,11
M3J	46,00	46,00	46,00
M4J	1,62	1,69	1,79
M5J	20,24	23,25	26,28
M6J	7,50	8,56	9,64

5.5.3.3. Üçgensel Bulanık Sayılardan Oluşan Vektörün En Düşük Olası, Olası ve En Büyük Olası Değerlerinin Toplanarak Tek Bir Bulanık Sayı Elde Edilmesi ve Bu Sayının Tersinin Alınması.

J=1 İçin (En Düşük Olası Değerlerin Toplamı)

$$M1J+ M2J+ M3J+ M4J+ M5J+ M6J= (11,39+ 24,11+ 46+ 1,62+ 20,24+ 7,5) = 110,86$$

1. sütundaki her bir değer tek tek toplanarak kötümser değerler toplamı olan 110,86 elde edilir.

J=2 İçin (Olası Değerlerin Toplamı)

$$M1J+ M2J+ M3J+ M4J+ M5J+ M6J= (13,44+ 28,11+ 46+ 1,69+ 23,25+ 8,56) = 121,05$$

2. sütundaki her bir değer tek tek toplanarak olası değerler toplamı olan 121,05 elde edilir.

J=3 İçin (En Büyük Olası Değerlerin Toplamı)

$$M1J+ M2J+ M3J+ M4J+ M5J+ M6J= (15,50+32,11+46+ 1,79+ 26,28+9,64) = 131,32$$

3. sütundaki her bir değer tek tek toplanarak iyimser değerler toplamı olan 131,32 elde edilir.

Bulanık Sayıların Tersini Alınır;

J=1 İçin (En Düşük Olası Değerler Toplamının Tersini)

$$1/(M1J+ M2J+ M3J+ M4J+ M5J+ M6J)= 1/(11,39+ 24,11+ 46+ 1,62+ 20,24+ 7,5) = 0,007615$$

1. sütundaki her bir değer toplamı ile elde edilen kötümser değerler toplamı 1 e bölünerek 0,0076 değeri elde edilir.

J=2 İçin (Olası Değerler Toplamının Tersini)

$$1/(M1J+ M2J+ M3J+ M4J+ M5J+ M6J)= 1/(13,44+ 28,11+ 46+ 1,69+ 23,25+ 8,56) = 0,008261$$

2. sütundaki her bir değer toplamı ile elde edilen olası değerler toplamı 1 e bölünerek 0,0083 değeri elde edilir.

J=3 İçin (En Büyük Olası Değerler Toplamının Tersini)

$$1/(M1J+ M2J+ M3J+ M4J+ M5J+ M6J)= 1/(15,50+32,11+46+ 1,79+ 26,28+9,64) = 0,009021$$

3. sütundaki her bir değer toplamı ile elde edilen iyimser değerler toplamı 1 e bölünerek 0,0090 değeri elde edilir.

Gerekli hesaplamalar yapıldıktan sonra aşağıdaki tablo elde edilir:

Tablo 5.7. Üçgensel Bulanık Sayılı Sütun Vektöründen Tek Bir Bulanık Sayı Elde Edilmesi ve Bu Sayının Tersine

$\sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^6 M_{ij}$	$\sum_{i=1}^6 l_i, \sum_{i=1}^6 m_i, \sum_{i=1}^6 u_i$	110,86 ; 121,05 ; 131,32
$\left(\sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^6 M_{ij} \right)^{-1}$	$\frac{1}{\sum_{i=1}^6 u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^6 m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^6 l_i}$	0,007615;0,008261;0,009021

5.5.3.4. Sentez Değerinin Hesabı

Sentez değeri aşağıdaki formül ile hesaplanır:

$$S_i = \sum_{j=1}^6 l_{ij} \otimes \left[\sum_{j=1}^6 u_{ij} \right]^{-1}$$

1.Sütun için (En Düşük Olası Değer İçin)

İ=1 (Çıkış Devri Kriteri) İçin Sentez Değeri;

$$S_1 = \sum_{j=1}^6 l_{1j} \otimes \left[\sum_{j=1}^6 u_{1j} \right]^{-1} = 11,39 \times 0,007615 = 0,086723$$

Çıkış devri kriteri için hesaplanan en düşük olası değer ile bu değerlerin toplamının tersinin çarpılmasıyla 0,086723 sentez değeri elde edilir.

İ=2 (En Küçük Piyonun Dış Sayısı) İçin Sentez Değeri;

$$S_2 = \sum_{j=1}^6 l_{2j} \otimes \left[\sum_{j=1}^6 u_{2j} \right]^{-1} = 24,11 \times 0,007615 = 0,183599$$

En küçük piyonun dış sayısı kriteri için hesaplanan en düşük olası değer ile bu değerlerin toplamının tersinin çarpılmasıyla 0,0183599 sentez değeri elde edilir.

İ=3 (Servis Faktörü) İçin Sentez Değeri;

$$S_3 = \sum_{j=1}^6 l_{3j} \otimes \left[\sum_{j=1}^6 u_{3j} \right]^{-1} = 46 \times 0,007615 = 0,350277$$

Servis faktörü kriteri için hesaplanan en düşük olası değer ile bu değerlerin toplamının tersinin çarpılmasıyla 0,350277 sentez değeri elde edilir.

İ=4 (Fiyat) İçin Sentez Değeri;

$$S_4 = \sum_{j=1}^6 l_{4j} \otimes \left[\sum_{j=1}^6 u_{4j} \right]^{-1} = 1,62 \times 0,007615 = 0,012298$$

Fiyat kriteri için hesaplanan en düşük olası değer ile bu değerlerin toplamının tersinin çarpılmasıyla 0,012298 sentez değeri elde edilir.

İ=5 (Dişli Modül Sayısı) İçin Sentez Değeri;

$$S_5 = \sum_{j=1}^6 l_{5j} \otimes \left[\sum_{j=1}^6 u_{5j} \right]^{-1} = 20,24 \times 0,007615 = 0,154092$$

Dişli modül sayısı kriteri için hesaplanan en düşük olası değer ile bu değerlerin toplamının tersinin çarpılmasıyla 0,154092 sentez değeri elde edilir.

İ=6 (Rulmanın Büyüklüğü) İçin Sentez Değeri;

$$S_6 = \sum_{j=1}^6 l_{6j} \otimes \left[\sum_{j=1}^6 u_{6j} \right]^{-1} = 7,5 \times 0,007615 = 0,057141$$

Rulmanın büyüklüğü için hesaplanan en düşük olası değer ile bu değerlerin toplamının tersinin çarpılmasıyla 0,057141 sentez değeri elde edilir.

2.Sütun için: (Olası Değer İçin)

İ=1 (Çıkış Devri Kriteri) İçin Sentez Değeri;

$$S_1 = \sum_{j=1}^6 m_{1j} \otimes \left[\sum_{j=1}^6 m_{1j} \right]^{-1} = 13,44 \times 0,008261 = 0,110993$$

Çıkış devri kriteri için hesaplanan olası değer ile bu değerlerin toplamının tersinin çarpılmasıyla 0,110993 sentez değeri elde edilir.

İ=2 (En Küçük Piyonun Diş Sayısı) İçin Sentez Değeri;

$$S_2 = \sum_{j=1}^6 m_{2j} \otimes \left[\sum_{j=1}^6 m_{2j} \right]^{-1} = 28,11 \times 0,008261 = 0,232221$$

En küçük piyonun dış sayısı kriteri için hesaplanan olası değer ile bu değerlerin toplamının tersinin çarpılmasıyla 0,232221 sentez değeri elde edilir.

İ=3 (Servis Faktörü) İçin Sentez Değeri;

$$S_3 = \sum_{j=1}^6 m_{3j} \otimes \left[\sum_{j=1}^6 m_{3j} \right]^{-1} = 46 \times 0,008261 = 0,379998$$

Servis faktörü kriteri için hesaplanan olası değer ile bu değerlerin toplamının tersinin çarpılmasıyla 0,379998 sentez değeri elde edilir.

İ=4 (Fiyat) İçin Sentez Değeri;

$$S_4 = \sum_{j=1}^6 m_{4j} \otimes \left[\sum_{j=1}^6 m_{4j} \right]^{-1} = 1,69 \times 0,008261 = 0,013948$$

Fiyat kriteri için hesaplanan olası değer ile bu değerlerin toplamının tersinin çarpılmasıyla 0,013948 sentez değeri elde edilir.

İ=5 (Dişli Modül Sayısı) İçin Sentez Değeri;

$$S_5 = \sum_{j=1}^6 m_{5j} \otimes \left[\sum_{j=1}^6 m_{5j} \right]^{-1} = 23,25 \times 0,008261 = 0,192097$$

Dişli modül sayısı kriteri için hesaplanan olası değer ile bu değerlerin toplamının tersinin çarpılmasıyla 0,192097 sentez değeri elde edilir.

İ=6 (Rulmanın Büyüklüğü) İçin Sentez Değeri;

$$S_6 = \sum_{j=1}^6 m_{6j} \otimes \left[\sum_{j=1}^6 m_{6j} \right]^{-1} = 8,56 \times 0,008261 = 0,070742$$

Rulmanın büyüklüğü kriteri için hesaplanan olası değer ile bu değerlerin toplamının tersinin çarpılmasıyla 0,070742 sentez değeri elde edilir.

3.Sütun için: (En Büyük Olası Değer İçin)

İ=1 (Çıkış Devri Kriteri) İçin Sentez Değeri;

$$S_1 = \sum_{j=1}^6 u_{1j} \otimes \left[\sum_{j=1}^6 l_{1j} \right]^{-1} = 15,50 \times 0,009021 = 0,139858$$

Çıkış devri kriteri için hesaplanan en büyük olası değer ile bu değerlerin toplamının tersinin çarpılmasıyla 0,139858 sentez değeri elde edilir.

İ=2 (En Küçük Piyonun Dış Sayısı) İçin Sentez Değeri;

$$S_2 = \sum_{j=1}^6 u_{2j} \otimes \left[\sum_{j=1}^6 l_{2j} \right]^{-1} = 32,11 \times 0,009021 = 0,289667$$

En küçük piyonun dış sayısı kriteri için hesaplanan en büyük olası değer ile bu değerlerin toplamının tersinin çarpılmasıyla 0,289667 sentez değeri elde edilir.

İ=3 (Servis Faktörü) İçin Sentez Değeri;

$$S_3 = \sum_{j=1}^6 u_{3j} \otimes \left[\sum_{j=1}^6 l_{3j} \right]^{-1} = 46 \times 0,009021 = 0,414956$$

Servis Faktörü kriteri için hesaplanan en büyük olası değer ile bu değerlerin toplamının tersinin çarpılmasıyla 0,414956 sentez değeri elde edilir.

İ=4 (Fiyat) İçin Sentez Değeri;

$$S_4 = \sum_{j=1}^6 u_{4j} \otimes \left[\sum_{j=1}^6 l_{4j} \right]^{-1} = 1,79 \times 0,009021 = 0,016123$$

Fiyat kriteri için hesaplanan en büyük olası değer ile bu değerlerin toplamının tersinin çarpılmasıyla 0,016123 sentez değeri elde edilir.

İ=5 (Dişli Modül Sayısı) İçin Sentez Değeri;

$$S_5 = \sum_{j=1}^6 u_{5j} \otimes \left[\sum_{j=1}^6 l_{5j} \right]^{-1} = 26,28 \times 0,009021 = 0,237046$$

Dişli modül sayısı için hesaplanan en büyük olası değer ile bu değerlerin toplamının tersinin çarpılmasıyla 0,237046 sentez değeri elde edilir.

$\dot{I}=6$ (Rulmanın Büyüklüğü) İçin Sentez Değeri;

$$S_6 = \sum_{j=1}^6 u_{6j} \otimes \left[\sum_{j=1}^6 l_{6j} \right]^{-1} = 9,64 \times 0,009021 = 0,087$$

Rulmanın büyüklüğü kriteri için hesaplanan en büyük olası değer ile bu değerlerin toplamının tersinin çarpılmasıyla 0,087 sentez değeri elde edilir.

Gerekli hesaplamalar yapıldıktan sonra elde edilen sentez değerleri Tablo 5.8 de gösterilmiştir.

Tablo 5.8. Sentez Değeri

	l	m	u
S1	0,086723	0,110993	0,139858
S2	0,183599	0,232221	0,289667
S3	0,350277	0,379998	0,414956
S4	0,012298	0,013948	0,016123
S5	0,154092	0,192097	0,237046
S6	0,057141	0,070742	0,087

Tablo 5.8'de görüldüğü üzere, her bir kriter için hesaplanan en düşük olası, olası, en yüksek olası değerler her bir kriter için bu değerlerin toplamının tersi ile çarpılarak tabloda ki rakamsal değerler elde edilmiştir.

5.5.3.5. Chang's Yöntemi Kullanılarak Üçgensel Bulanık Sayılarla İfade Edilen Değerlerin Olasılık Değerlerine(Olabilirlik derecesi) Göre Sıralanması

Tablo 5.8 den elde edilen sentez değerler olabilirlik derecelerine göre sıralanmıştır.

Sıralanacak bulanık sayılar \tilde{S}_1 ve \tilde{S}_2 olarak tanımlanırsa

$\tilde{S}_2 = (l_2, m_2, u_2) \geq \tilde{S}_1 = (l_1, m_1, u_1)$ ifadesinin olasılık derecesi aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$V(\tilde{S}_2 \geq \tilde{S}_1) = \sup_{y \geq x} [\min(\mu_{\tilde{S}_1}(x) \mu_{\tilde{S}_2}(y))] \text{ ve}$$

$$V(\tilde{S}_2 \geq \tilde{S}_1) = \text{hgt}(\tilde{S}_1 \cap \tilde{S}_2) = \mu_{\tilde{S}_2}(d)$$

$$= \begin{cases} 1, & \text{if } m_2 \geq m_1 \\ 0, & \text{if } l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & \text{diğer durumlarda} \end{cases}$$

Her bir kriter için sıralama yapılırsa:

$$V(S1 \geq S2) = 0,183599 \geq 0,139858 = 0$$

$$V(S1 \geq S3) = 0,350277 \geq 0,139858 = 0$$

$$V(S1 \geq S4) = 0,110993 \geq 0,013948 = 1$$

$$V(S1 \geq S5) = 0,154092 \geq 0,139858 = 0$$

$$V(S1 \geq S6) = 0,110993 \geq 0,070742 = 1$$

$$V(S2 \geq S1) = 0,232221 \geq 0,110993 = 1$$

$$V(S2 \geq S3) = 0,350277 \geq 0,289667 = 0$$

$$V(S2 \geq S4) = 0,232221 \geq 0,013948 = 1$$

$$V(S2 \geq S5) = 0,232221 \geq 0,192097 = 1$$

$$V(S2 \geq S6) = 0,232221 \geq 0,070742 = 1$$

$$V(S3 \geq S1) = 0,379998 \geq 0,110993 = 1$$

$$V(S3 \geq S2) = 0,379998 \geq 0,232221 = 1$$

$$V(S3 \geq S4) = 0,379998 \geq 0,013948 = 1$$

$$V(S3 \geq S5) = 0,379998 \geq 0,192097 = 1$$

$$V(S3 \geq S6) = 0,379998 \geq 0,070742 = 1$$

$$V(S4 \geq S1) = 0,086723 \geq 0,016123 = 0$$

$$V(S4 \geq S2) = 0,183999 \geq 0,016123 = 0$$

$$V(S4 \geq S3) = 0,350277 \geq 0,016123 = 0$$

$$V(S4 \geq S5) = 0,154092 \geq 0,016123 = 0$$

$$V(S4 \geq S6) = 0,057141 \geq 0,016123 = 0$$

$$V(S5 \geq S1) = 0,192097 \geq 0,110993 = 1$$

$V(S5 \geq S2) = m_2 \geq m_1 = 0,192097 \geq 0,23224$ ve $l_2 \geq u_2 = 0,183599 \geq 0,237046$ eşitlikleri sağlanamadığı için, diğer durum eşitliği kullanılır. Diğer durum eşitliği:

$$\frac{0,1836-0,23705}{(0,1921-0,23705)-(0,23222-0,1836)} = 0,57119$$

$$V(S5 \geq S3) = 0,350277 \geq 0,0237046 = 0$$

$$V(S5 \geq S4) = 0,0192097 \geq 0,013948 = 1$$

$$V(S5 \geq S6) = 0,192097 \geq 0,070742 = 1$$

$$V(S6 \geq S1) = 0,110993 \geq 0,070742 = 1$$

$V(S6 \geq S2) = m_2 \geq m_1 = 0,070742 \geq 0,232221$ ve $l_2 \geq u_2 = 0,057141 \geq 0,289667$ eşitlikleri sağlanamadığı için, diğer durum eşitliği kullanılır. Diğer durum eşitliği:

$$\frac{0,08672-0,087}{(0,07074-0,087)-(0,11099-0,08672)} = 0,00684$$

$$V(S6 \geq S3) = 0,350277 \geq 0,087 = 0$$

$$V(S6 \geq S4) = 0,070742 \geq 0,013948 = 1$$

$$V(S6 \geq S5) = 0,154092 \geq 0,087 = 0$$

Gerekli hesaplamalar yapıldıktan sonra hesaplanan olasılık değerleri Tablo 5.9'da gösterilmiştir.

Tablo 5.9. Olasılık Değerlerinin Sıralanması

$V(S1 \geq S2)$	0	$V(S2 \geq S1)$	1	$V(S3 \geq S1)$	1	$V(S4 \geq S1)$	0	$V(S5 \geq S1)$	1	$V(S6 \geq S1)$	0,00684
$V(S1 \geq S3)$	0	$V(S2 \geq S3)$	0	$V(S3 \geq S2)$	1	$V(S4 \geq S2)$	0	$V(S5 \geq S2)$	0,57119	$V(S6 \geq S2)$	0
$V(S1 \geq S4)$	1	$V(S2 \geq S4)$	1	$V(S3 \geq S4)$	1	$V(S4 \geq S3)$	0	$V(S5 \geq S3)$	0	$V(S6 \geq S3)$	0
$V(S1 \geq S5)$	0	$V(S2 \geq S5)$	1	$V(S3 \geq S5)$	1	$V(S4 \geq S5)$	0	$V(S5 \geq S4)$	1	$V(S6 \geq S4)$	1
$V(S1 \geq S6)$	1	$V(S2 \geq S6)$	1	$V(S3 \geq S6)$	1	$V(S4 \geq S6)$	0	$V(S5 \geq S6)$	1	$V(S6 \geq S5)$	0

5.5.3.6. Sıralanan Olasılık Değerlerinin Minimumu Alınarak Kriter Ağırlıklarının Oluşturulması ve Bulunan Ağırlıkların Normalleştirilmiş Değerleri

Tablo 5.9'dan elde edilen olasılık derecelerinin sıralanmış hallerinin minimum değerleri alınarak, minimum değerler toplamına bölünüp normalleştirme sağlanmıştır.

$j = 1, \dots, 6$ olmak üzere, normalleştirilmiş değer formülizasyonu aşağıdaki şekildedir.

$$WN_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^6 x_{ij}}$$

Buna göre i=1 (Çıkış Devri Kriteri) için ağırlık değerinin normalleşmiş değeri;

$$WN_{ij} = \frac{0}{0+0+1+0+0+0} = 0$$

Buna göre i=2 (En Küçük Piyonun Dış Sayısı) için ağırlık değerinin normalleşmiş değeri;

$$WN_{ij} = \frac{0}{0+0+1+0+0+0} = 0$$

Buna göre i=3 (Servis Faktörü) için ağırlık değerinin normalleşmiş değeri;

$$WN_{ij} = \frac{1}{0+0+1+0+0+0} = 1$$

Buna göre i=4 (Fiyat) için ağırlık değerinin normalleşmiş değeri;

$$WN_{ij} = \frac{0}{0+0+1+0+0+0} = 0$$

Buna göre i=5 (Dişli Modül sayısı) için ağırlık değerinin normalleşmiş değeri;

$$WN_{ij} = \frac{0}{0+0+1+0+0+0} = 0$$

Buna göre i=6 (Rulmanın Büyüklüğü) için ağırlık değerinin normalleşmiş değeri;

$$WN_{ij} = \frac{0}{0+0+1+0+0+0} = 0$$

Gerekli hesaplamalar yapıldıktan sonra elde edilen değerler Tablo 5.10'da gösterilmiştir.

Tablo 5.10. Sıralanan Olasılık Değerlerinin Minimumu Alınarak Kriter Ağırlıklarının Oluşturulması ve Bulunan Ağırlıkların Normalleştirilmiş Değerleri

W	0	0	1	0	0	0
WN	0	0	1	0	0	0

Ağırlık değeri (W) her bir kriter için hesaplanan sıralama olasılık değerlerinin minimumu alınarak oluşturulur. Ağırlık Normalleştirilmesi ise: oluşturulan ağırlık

değerlerinin toplamının her bir kriter için hesaplanan olasılık değerlerine bölünmesiyle bulunur.

5.6. SHANNON ENTROPY YÖNTEMİ

5.6.1. Aşama 1: Alternatif Kriter Matrisinde Alternatif Verilerinden Hareketle Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi

Uzmanlarla görüşülerek belirlenen alternatif ve kriterlerin ağırlıkları alınarak, ağırlıkların pozitif yada negatif yönlü olup olmadıkları tespit edilmiş ve Tablo 5.11’de gösterilmiştir.

Tablo 5.11. Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi

	C1 +	C2 +	C3 +	C4 -	C5 +	C6 +
FİRMALAR	Çıkış Devri (d/dk)	En Küçük Piyonun Diş Sayısı	Servis Faktörü	Fiyat (TL)	Dişli Modül Sayısı	Rulmanın Büyüklüğü
1)Yılmaz Redüktör (A)	57	13	1,5	521	2,5	6207
2)Öztekfen Redüktör (B)	55	11	1,2	464	2,5	6206
3)İmak redüktör (C)	55	13	1,5	515	2	6207

Tablo 5.11’de görüldüğü üzere fiyat dışındaki kriterler pozitif değer olarak kabul edilirken, fiyat gider ifade ettiği için, negatif değer olarak kabul edilmiştir.

5.6.2. Aşama 2: Matris Normalleştirme

Matris normalleştirme için iyi yöntem kullanılmıştır.

İyi yöntem:

$i=1, \dots, 3$ olmak üzere

$$p_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^3 x_{ij}}$$

şeklindedir.

Buna göre $i=1$ (Çıkış Devri Kriteri) için Yılmaz redüktöre göre normalleşmiş matris değeri:

$$p_{11} = \frac{57}{57+55+55} = 0,341317$$

Çıkış devri kriterinin Yılmaz redüktöre göre normalleştirilmiş değeri: Yılmaz redüktörün verdiği değer diğer değerler toplamına bölünmesiyle 0,0341317 elde edilir.

Buna göre $i=1$ (Çıkış Devri Kriteri) için Öztekfен redüktöre göre normalleşmiş matris değeri:

$$p_{21} = \frac{55}{57+55+55} = 0,329341$$

Çıkış devri kriterinin Öztekfен redüktöre göre normalleştirilmiş değeri: Öztekfен redüktörün verdiği değer diğer değerler toplamına bölünmesiyle 0,329341 elde edilir.

Buna göre $i=1$ (çıkış devri kriteri) için İmak redüktöre göre normalleşmiş matris değeri:

$$p_{31} = \frac{55}{57+55+55} = 0,329341$$

Çıkış devri kriterinin İmak redüktöre göre normalleştirilmiş değeri: İmak redüktörün verdiği değer diğer değerler toplamına bölünmesiyle 0,329341 elde edilir.

Buna göre $i=2$ (En Küçük Piyonun Dış Sayısı) için Yılmaz redüktöre göre normalleşmiş matris değeri:

$$p_{12} = \frac{13}{13+11+13} = 0,351351$$

En küçük piyonunu dış sayısının Yılmaz redüktöre göre normalleştirilmiş değeri: Yılmaz redüktörün verdiği değer diğer değerler toplamına bölünmesiyle 0,351351 elde edilir.

Buna göre $i=2$ (En Küçük Piyonun Dış Sayısı) için Öztekfен redüktöre göre normalleşmiş matris değeri:

$$p_{22} = \frac{11}{13+11+13} = 0,297297$$

En küçük piyonunu dış sayısının Öztekfен redüktöre göre normalleştirilmiş değeri: Öztekfен redüktörün verdiği değerin diğer değerler toplamına bölünmesiyle 0,297297 elde edilir

Buna göre $i=2$ (En Küçük Piyonun Dış Sayısı) için İmak redüktöre göre normalleşmiş matris değeri:

$$p_{32} = \frac{13}{13+11+13} = 0,351351$$

En küçük piyonunu dış sayısının İmak redüktöre göre normalleştirilmiş değeri: İmak redüktörün verdiği değerin diğer değerler toplamına bölünmesiyle 0,351351 elde edilir

Buna göre $i=3$ (Servis Faktörü) için Yılmaz redüktöre göre normalleşmiş matris değeri:

$$p_{13} = \frac{1,5}{1,5+1,2+1,5} = 0,357143$$

Servis faktörü kriterinin Yılmaz redüktöre göre normalleştirilmiş değeri: Yılmaz redüktörün verdiği değerin diğer değerler toplamına bölünmesiyle 0,357143 elde edilir

Buna göre $i=3$ (Servis Faktörü) için Öztekfен redüktöre göre normalleşmiş matris değeri:

$$p_{23} = \frac{1,2}{1,5+1,2+1,5} = 0,285714$$

Servis faktörü kriterinin Öztekfен redüktöre göre normalleştirilmiş değeri: Öztekfен redüktörün verdiği değerin diğer değerler toplamına bölünmesiyle 0,285714 elde edilir

Buna göre $i=3$ (Servis Faktörü) için İmak redüktöre göre normalleşmiş matris değeri:

$$p_{33} = \frac{1,5}{1,5+1,2+1,5} = 0,357143$$

Servis faktörü kriterinin İmak redüktöre göre normalleştirilmiş değeri: İmak redüktörün verdiği değerin diğer değerler toplamına bölünmesiyle 0,357143 elde edilir

Buna göre $i=4$ (Fiyat) için Yılmaz redüktöre göre normalleşmiş matris değeri:

$$p_{14} = \frac{521}{521+464+515} = 0,347333$$

Fiyat kriterinin Yılmaz redüktöre göre normalleştirilmiş değeri: Yılmaz redüktörün verdiği değer diğer değerler toplamına bölünmesiyle 0,347333 elde edilir

Buna göre i=4 (Fiyat) için Öztefken redüktöre göre normalleşmiş matris değeri:

$$p_{24} = \frac{464}{521+464+515} = 0,309333$$

Fiyat kriterinin Öztefken redüktöre göre normalleştirilmiş değeri: Öztefken redüktörün verdiği değer diğer değerler toplamına bölünmesiyle 0,309333 elde edilir

Buna göre i=4 (Fiyat) için İmak redüktöre göre normalleşmiş matris değeri:

$$p_{34} = \frac{515}{1521+464+515} = 0,343333$$

Fiyat kriterinin İmak redüktöre göre normalleştirilmiş değeri: İmak redüktörün verdiği değer diğer değerler toplamına bölünmesiyle 0,343333 elde edilir.

Buna göre i=5 (Dişli Modül Sayısı) için Yılmaz redüktöre göre normalleşmiş matris değeri:

$$p_{15} = \frac{2,5}{2,5+2,5+2} = 0,357143$$

Dişli modül sayısı kriterinin Yılmaz redüktöre göre normalleştirilmiş değeri: Yılmaz redüktörün verdiği değer diğer değerler toplamına bölünmesiyle 0,357143 elde edilir

Buna göre i=5 (Dişli Modül Sayısı) için Öztefken redüktöre göre normalleşmiş matris değeri:

$$p_{25} = \frac{2,5}{2,5+2,5+2} = 0,357143$$

Dişli modül sayısı kriterinin Öztefken redüktöre göre normalleştirilmiş değeri: Öztefken redüktörün verdiği değer diğer değerler toplamına bölünmesiyle 0,357143 elde edilir

Buna göre i=5 (Dişli Modül Sayısı) için İmak redüktöre göre normalleşmiş matris değeri:

$$p_{35} = \frac{2}{2,5+2,5+2} = 0,285714$$

Dişli modül sayısı kriterinin İmak redüktöre göre normalleştirilmiş değeri: İmak redüktörün verdiği değer diğer değerler toplamına bölünmesiyle 0,285714 elde edilir

Buna göre $i=6$ (Rulmanın Büyüklüğü) için Yılmaz redüktöre göre normalleşmiş matris değeri:

$$p_{16} = \frac{6207}{6207+6206+6207} = 0,333351$$

Rulmanın büyüklüğü kriterinin Yılmaz redüktöre göre normalleştirilmiş değeri: Yılmaz redüktörün verdiği değer diğer değerler toplamına bölünmesiyle 0,333351 elde edilir

Buna göre $i=6$ (Rulmanın Büyüklüğü) için Öztefken redüktöre göre normalleşmiş matris değeri:

$$p_{26} = \frac{6206}{6207+6206+6207} = 0,333298$$

Rulmanın büyüklüğü kriterinin Öztefken redüktöre göre normalleştirilmiş değeri: Öztefken redüktörün verdiği değer diğer değerler toplamına bölünmesiyle 0,333298 elde edilir

Buna göre $i=6$ (Rulmanın Büyüklüğü) için İmak redüktöre göre normalleşmiş matris değeri:

$$p_{36} = \frac{6207}{6207+6206+6207} = 0,333351$$

Rulmanın büyüklüğü kriterinin İmak redüktöre göre normalleştirilmiş değeri: İmak redüktörün verdiği değer diğer değerler toplamına bölünmesiyle 0,333351 elde edilir.

Gerekli hesaplamalar yapılmış ve normalleştirilmiş değerler Tablo 5.12'de gösterilmiştir.

Tablo 5.12. Normalleştirilmiş Değerler Matrisi

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
1)Yılmaz Redüktör (A)	0,341317	0,351351	0,357143	0,347333	0,357143	0,333351
2)Öztekfen Redüktör (B)	0,329341	0,297297	0,285714	0,309333	0,357143	0,333298
3)İmak redüktör (C)	0,329341	0,351351	0,357143	0,343333	0,285714	0,333351

Tablo 5.12 de görüldüğü üzere her kriterin alternatiflere göre normalleştirilmesi yapılmıştır.

5.6.3. Aşama 3: Normalleştirilmiş Matrisin Logaritması

Normalleştirilmiş matrisde ki her bir kriterin alternatiflere göre logaritmik değeri alınmış ve Tablo 5.13 de gösterilmiştir.

Tablo 5.13. Normalleştirilmiş Matrisin Logaritmik Değerleri

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
1)Yılmaz Redüktör (A)	-1,07494	-1,04597	-1,02962	-1,05747	-1,02962	-1,09856
2)Öztekfen Redüktör (B)	-1,11066	-1,21302	-1,25276	-1,17334	-1,02962	-1,09872
3)İmak redüktör (C)	-1,11066	-1,04597	-1,02962	-1,06905	-1,25276	-1,09856

5.6.4. Aşama 4:ENTROPY 'nin Uygulanması

Tablo 5.13 'de logaritmik değerler alındıktan sonra sırasıyla Entropy aşamaları uygulanır ve Entropy değeri aşağıdaki formüller yardımıyla bulunur.

$$K = (\ln m)^{-1} \quad m = \text{alternatif sayısı}$$

$$İ (\text{Kriter sayısı}) = 1, \dots, n \text{ ise}$$

$$E = -K \sum_{j=1}^m p_{ij} \times \ln p_{ij}$$

5.6.4.1. Aşama 1: K değerinin Bulunması

Alternatif sayısının ln değerinin alınarak 1' e bölünmesiyle bulunur.

$$K = \frac{1}{\ln m} = \frac{1}{\ln 3} = 0,910239$$

5.6.4.2. Aşama 2 : Entropy (E) değerinin Bulunması

K değerinin negatif halinin, normalleştirilmiş değerler matsininin (p_{ij}) In değeriyle \ln_{ij} çarpılmasıyla bulunur. Her bir kriter için E değeri aşağıdaki şekildedir.

1. Kriter (Çıkış Devri)' in Entropy Değeri:

$$\begin{aligned} E &= -\frac{1}{\ln 3} [(p_{11} * \ln_{11}) + (p_{21} * \ln_{21}) + (p_{31} * \ln_{31})] \\ &= -0,9102 [(0,3413 (-1,075)) + (0,3293 (-1,1108)) + (0,3293(-1,1108))] \\ &= - 0,99987 \end{aligned}$$

2. Kriter (En Küçük Piyonun Diş Sayısı)' in Entropy Değeri:

$$\begin{aligned} E &= -\frac{1}{\ln 3} [(p_{12} * \ln_{12}) + (p_{22} * \ln_{22}) + (p_{32} * \ln_{32})] \\ &= -0,9102 [(0,3114 (-1,1667)) + (0,2973 (-1,2130)) + (0,3516(-1,0453))] \\ &= - 0,99729 \end{aligned}$$

3. Kriter (Servis Faktörü)' in Entropy Değeri:

$$\begin{aligned} E &= -\frac{1}{\ln 3} [(p_{13} * \ln_{13}) + (p_{23} * \ln_{23}) + (p_{33} * \ln_{33})] \\ &= -0,9102 [(0,3571 (-1,0297)) + (0,2857 (-1,2528)) + (0,3571(-1,030))] \\ &= - 0,99523 \end{aligned}$$

4. Kriter (Fiyat)' in Entropy Değeri:

$$\begin{aligned} E &= -\frac{1}{\ln 3} [(p_{14} * \ln_{14}) + (p_{24} * \ln_{24}) + (p_{34} * \ln_{34})] \\ &= -0,9102 [(0,3473 (-1,0576)) + (0,3093 (-1,1734)) + (0,3433(-1,0692))] \\ &= - 0,99879 \end{aligned}$$

5. Kriter (Dişli Modül Sayısı)' in Entropy Değeri:

$$E = -\frac{1}{\ln 3} [(p_{15} * \ln_{15}) + (p_{25} * \ln_{25}) + (p_{35} * \ln_{35})]$$

$$= -0,9102 [(0,3571 (-1,0297)) + (0,3571 (-1,0297)) + (0,2857(-1,2528))] \\ = - 0,99523$$

6. Kriter (Rulmanın Büyüklüğü)' in Entropy Değeri:

$$E = - \frac{1}{\ln 3} [(p_{16} * \ln_{16}) + (p_{26} * \ln_{26}) + (p_{36} * \ln_{36})] \\ = -0,9102 [(0,3334 (-1,0984)) + (0,3332 (-1,0990)) + (0,3334(-1,0984))] \\ = - 1$$

5.6.4.3. Aşama 3: D değerinin Bulunması

1' den Entropy değerinin çıkarılmasıyla bulunur.

1. Kriter (Çıkış Devri)' in D (Ayrım) Değeri:

$$D = 1 - E = 1 - (- 0,99987) = 1,99987$$

2. Kriter (En Küçük Piyonun Dış Sayısı)' in D (Ayrım) Değeri:

$$D = 1 - E = 1 - (- 0,99729) = 1,99729$$

3. Kriter (Servis Faktörü)' in D (Ayrım) Değeri:

$$D = 1 - E = 1 - (- 0,99523) = 1,99523$$

4. Kriter (Fiyat)' in D (Ayrım) Değeri:

$$D = 1 - E = 1 - (- 0,99879) = 1,99879$$

5. Kriter (Dişli Modül Sayısı)' in D (Ayrım) Değeri:

$$D = 1 - E = 1 - (- 0,99523) = 1,99523$$

6. Kriter (Rulmanın Büyüklüğü)' in D (Ayrım) Değeri:

$$D = 1 - E = 1 - (- 1) = 2$$

5.6.4.4. Aşama 4: Entropy Ağırlığının (W) bulunması

D değerinin Toplam D değerine bölünmesiyle bulunur.

1. Kriter (Çıkış Devri)' in W Değeri:

$$W = \frac{D}{\sum D} = \frac{1,99987}{1,99987+1,997288+1,995233+1,998795+1,995233+2} = 0,166845$$

2. Kriter (En Küçük Piyonun Diş Sayısı)' in W Değeri:

$$W = \frac{D}{\sum D} = \frac{1,997288}{1,99987+1,997288+1,995233+1,998795+1,995233+2} = 0,1666629$$

3. Kriter (Servis Faktörü)' in W Değeri:

$$W = \frac{D}{\sum D} = \frac{1,995233}{1,99987+1,997288+1,995233+1,998795+1,995233+2} = 0,1666458$$

4. Kriter (Fiyat)' in W Değeri:

$$W = \frac{D}{\sum D} = \frac{1,998795}{1,99987+1,997288+1,995233+1,998795+1,995233+2} = 0,166755$$

5. Kriter (Dişli Modül Sayısı)' in W Değeri:

$$W = \frac{D}{\sum D} = \frac{1,995233}{1,99987+1,997288+1,995233+1,998795+1,995233+2} = 0,166458$$

6. Kriter (Rulmanın Büyüklüğü)' in W Değeri:

$$W = \frac{D}{\sum D} = \frac{2}{1,99987+1,997288+1,995233+1,998795+1,995233+2} = 0,166856$$

Gerekli hesaplamalar yapıldıktan sonra Tablo 5.14 'de elde edilmiştir.

Tablo 5.14. Entropy ve Entropy Ağırlıklı Değerler

K	0,910239	0,910239	0,910239	0,910239	0,910239	0,910239
E	-0,99987	-0,99729	-0,99523	-0,99879	-0,99523	-1
D=1-E	1,99987	1,997288	1,995233	1,998795	1,995233	2
W=D/TOPLAM(D)	0,166845	0,166629	0,166458	0,166755	0,166458	0,166856

5.6.5. Aşama 5: Ortalama Ağırlıklarının Belirlenmesi

Hesaplamalardan sonra bulanık AHP ve SHANNON ağırlığı belirlenir. Genel ağırlık ise Tablo 5.14' de gösterilen SHANNON Entropy ağırlığı (W) ile Tablo 5.10 'da gösterilen AHP ağırlıklarının ortalamalarının alınarak hesaplanmasıyla elde edilir:

1.kriter olan, çıkış devri kriterine göre genel ağırlık:

$$\frac{\text{Bulanık AHP ağırlığı} + \text{SHANNON ağırlığı}}{2} = \frac{0 + 0,166845}{2} = 0,083422$$

2.kriter olan, en küçük piyonun diş sayısı kriterine göre genel ağırlık:

$$\frac{\text{Bulanık AHP ağırlığı} + \text{SHANNON ağırlığı}}{2} = \frac{0 + 0,166629}{2} = 0,083315$$

3.kriter olan , servis faktörü kriterine göre genel ağırlık:

$$\frac{\text{Bulanık AHP ağırlığı} + \text{SHANNON ağırlığı}}{2} = \frac{1 + 0,166458}{2} = 0,583229$$

4.kriter olan, fiyat kriterine göre genel ağırlık:

$$\frac{\text{Bulanık AHP ağırlığı} + \text{SHANNON ağırlığı}}{2} = \frac{0 + 0,166755}{2} = 0,083377$$

5.kriter olan, dişli modül sayısı kriterine göre genel ağırlık:

$$\frac{\text{Bulanık AHP ağırlığı} + \text{SHANNON ağırlığı}}{2} = \frac{0 + 0,166458}{2} = 0,083229$$

6.kriter olan, rulmanın büyüklüğü kriterine göre genel ağırlık:

$$\frac{\text{Bulanık AHP ağırlığı} + \text{SHANNON ağırlığı}}{2} = \frac{0 + 0,166856}{2} = 0,083428$$

Normalleştirilmiş genel ağırlık ise, genel ağırlıkların tamamının toplamının alınıp, her bir kriterin genel ağırlığına bölümü ile bulunur.

1.kriter olan, çıkış devri kriterine göre normalleştirilmiş genel ağırlık:

$$W_N = \frac{0,083422}{0,083422 + 0,083315 + 0,583229 + 0,083377 + 0,083229 + 0,083428} = 0,083422$$

2.kriter olan, en küçük piyonun diş sayısı kriterine göre normalleştirilmiş genel ağırlık:

$$WN = \frac{0,083315}{0,083422+0,083315+0,583229+0,083377+0,083229+0,083428} = 0,083315$$

3.kriter olan, servis faktörü kriterine göre normalleştirilmiş genel ağırlık:

$$WN = \frac{0,583229}{0,083422+0,083315+0,583229+0,083377+0,083229+0,083428} = 0,583229$$

4.kriter olan, fiyat kriterine göre normalleştirilmiş genel ağırlık:

$$WN = \frac{0,083377}{0,083422+0,083315+0,583229+0,083377+0,083229+0,083428} = 0,083377$$

5.kriter olan , dişli modül sayısı kriterine göre normalleştirilmiş genel ağırlık:

$$WN = \frac{0,083229}{0,083422+0,083315+0,583229+0,083377+0,083229+0,083428} = 0,083229$$

6.kriter olan, rulmanın büyüklüğü kriterine göre normalleştirilmiş genel ağırlık:

$$WN = \frac{0,083428}{0,083422+0,083315+0,583229+0,083377+0,083229+0,083428} = 0,083428$$

Gerekli hesaplamalar yapıldıktan elde edilen değerler Tablo 5.15' de gösterilmiştir.

Tablo 5.15 Ortalama Ağırlık Değerleri

Bulanık AHP Ağırlığı	0	0	1	0	0	0
SHANNON Ağırlığı	0,166845	0,166629	0,166458	0,166755	0,166458	0,166856
Genel Ağırlık	0,083422	0,083315	0,583229	0,083377	0,083229	0,083428
Normalleştirilmiş Genel Ağırlık	0,083422	0,083315	0,583229	0,083377	0,083229	0,083428

Tablo 5.15'de görüldüğü üzere, genel ağırlık bulanık AHP ve SHANNON ağırlıklarının ortalaması alınarak bulunur. Normalleştirilmiş genel ağırlık ise, genel

ağırlıkların tamamının toplamının alınıp, her bir kriterin genel ağırlığına bölümü ile bulunur.

5.7. TOPSİS YÖNTEMİ

5.7.1. Aşama 1: Normalize Edilmiş Karar Matrisinin (R) Oluşturulması

Karar matrisinin normalize edilmesi anlamına gelmektedir.

$i = 1, \dots, m$ $j = 1, \dots, n$ olmak üzere

Normalize edilmiş karar matrisi:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m x_{kj}^2}} \text{ şeklindedir.}$$

Buna göre $i=1$ (Çıkış Devri Kriteri) için Yılmaz redüktöre göre normalize edilmiş karar matris değeri;

$$r_{11} = \frac{57}{\sqrt{57^2 + 55^2 + 55^2}} = 0,591094$$

Çıkış devri kriterinin Yılmaz redüktöre göre normalize edilmiş karar matris değeri: değerlerin tek tek karelerinin alınıp toplanması ve kareköklerin alınıp, bulunan değer Yılmaz redüktörün çıkış devri kriterine bölünmesiyle 0,591094 şeklinde elde edilir.

Buna göre $i=1$ (Çıkış Devri Kriteri) için Öztefen redüktöre göre normalize edilmiş karar matris değeri;

$$r_{21} = \frac{55}{\sqrt{57^2 + 55^2 + 55^2}} = 0,570354$$

Buna göre $i=1$ (Çıkış Devri Kriteri) için İmak redüktöre göre normalize edilmiş karar matris değeri;

$$r_{31} = \frac{55}{\sqrt{57^2 + 55^2 + 55^2}} = 0,570354$$

Buna göre $i=2$ (En Küçük Piyonun Diş sayısı) için Yılmaz redüktöre göre normalize edilmiş karar matris değeri;

$$r_{12} = \frac{13}{\sqrt{13^2 + 11^2 + 13^2}} = 0,606788$$

En küçük piyonun dış sayısı kriterinin Yılmaz redüktöre göre normalize edilmiş karar matris değeri: değerlerin tek tek karelerinin alınıp toplanması ve kareköklerin alınıp, bulunan değerın Yılmaz redüktörün en küçük piyonun dış sayısı kriterine bölünmesiyle 0,606788 şeklinde elde edilir.

Buna göre $i=2$ (En Küçük Piyonun Dış sayısı) için Öztefken redüktöre göre normalize edilmiş karar matris değeri;

$$r_{22} = \frac{11}{\sqrt{13^2 + 11^2 + 13^2}} = 0,513436$$

Buna göre $i=2$ (En Küçük Piyonun Dış sayısı) için İmak redüktöre göre normalize edilmiş karar matris değeri;

$$r_{32} = \frac{13}{\sqrt{13^2 + 11^2 + 13^2}} = 0,606788$$

Buna göre $i=3$ (Servis Faktörü) için Yılmaz redüktöre göre normalize edilmiş karar matris değeri;

$$r_{13} = \frac{1,5}{\sqrt{1,5^2 + 1,2^2 + 1,5^2}} = 0,615457$$

Servis faktörü kriterinin Yılmaz redüktöre göre normalize edilmiş karar matris değeri: değerlerin tek tek karelerinin alınıp toplanması ve kareköklerin alınıp, bulunan değerın Yılmaz redüktörün servis faktörü kriterine bölünmesiyle 0,615457 şeklinde elde edilir.

Buna göre $i=3$ (Servis Faktörü) için Öztefken redüktöre göre normalize edilmiş karar matris değeri;

$$r_{23} = \frac{1,2}{\sqrt{1,5^2 + 1,2^2 + 1,5^2}} = 0,492366$$

Buna göre $i=3$ (Servis Faktörü) için İmak redüktöre göre normalize edilmiş karar matris değeri;

$$r_{33} = \frac{1,5}{\sqrt{1,5^2 + 1,2^2 + 1,5^2}} = 0,615457$$

Buna göre $i=4$ (Fiyat) için Yılmaz redüktöre göre normalize edilmiş karar matris değeri;

$$r_{14} = \frac{521}{\sqrt{521^2 + 464^2 + 515^2}} = 0,600814$$

Fiyat kriterinin Yılmaz redüktöre göre normalize edilmiş karar matris değeri: değerlerin tek tek karelerinin alınıp toplanması ve kareköklerin alınıp, bulunan değer Yılmaz redüktörün fiyat kriterine bölünmesiyle 0,600814 şeklinde elde edilir

Buna göre $i=4$ (Fiyat) için Öztefken redüktöre göre normalize edilmiş karar matris değeri;

$$r_{24} = \frac{464}{\sqrt{521^2 + 464^2 + 515^2}} = 0,535082$$

Buna göre $i=4$ (Fiyat) için İmak redüktöre göre normalize edilmiş karar matris değeri;

$$r_{34} = \frac{515}{\sqrt{521^2 + 464^2 + 515^2}} = 0,593894$$

Buna göre $i=5$ (Dişli Modül sayısı) için Yılmaz redüktöre göre normalize edilmiş karar matris değeri;

$$r_{15} = \frac{2,5}{\sqrt{2,5^2 + 2,5^2 + 2^2}} = 0,615457$$

Dişli modül sayısı kriterinin Yılmaz redüktöre göre normalize edilmiş karar matris değeri: değerlerin tek tek karelerinin alınıp toplanması ve kareköklerin alınıp, bulunan değer Yılmaz redüktörün dişli modül sayısı kriterine bölünmesiyle 0,615457 şeklinde elde edilir.

Buna göre $i=5$ (Dişli Modül sayısı) için Öztefken redüktöre göre normalize edilmiş karar matris değeri;

$$r_{25} = \frac{2,5}{\sqrt{2,5^2 + 2,5^2 + 2^2}} = 0,615457$$

Buna göre $i=5$ (Dişli Modül sayısı) için İmak redüktöre göre normalize edilmiş karar matris değeri;

$$r_{35} = \frac{2}{\sqrt{2,5^2 + 2,5^2 + 2^2}} = 0,492366$$

Buna göre $i=6$ (Rulmanın Büyüklüğü) için Yılmaz redüktöre göre normalize edilmiş karar matris değeri;

$$r_{16} = \frac{6207}{\sqrt{6207^2 + 6206^2 + 6207^2}} = 0,577381$$

Rulmanın büyüklüğü kriterinin Yılmaz redüktöre göre normalize edilmiş karar matris değeri: değerlerin tek tek karelerinin alınıp toplanması ve kareköklerin alınıp, bulunan değerlerin Yılmaz redüktörün rulmanın büyüklüğü kriterine bölünmesiyle 0,577381 şeklinde elde edilir.

Buna göre $i=6$ (Rulmanın Büyüklüğü) için Öztefken redüktöre göre normalize edilmiş karar matris değeri;

$$r_{26} = \frac{6206}{\sqrt{6207^2 + 6206^2 + 6207^2}} = 0,577288$$

Buna göre $i=6$ (Rulmanın Büyüklüğü için İmak redüktöre göre normalize edilmiş karar matris değeri;

$$r_{36} = \frac{6207}{\sqrt{6207^2 + 6206^2 + 6207^2}} = 0,577381$$

Her bir kriter için hesaplanan normalize edilmiş değerler Tablo 5.16'da gösterilmiştir.

Tablo 5.16. Normalize Edilmiş Karar Matrisi (R)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
AĞIRLIK(Normalleştirilmiş Genel Ağırlık)	0,083422	0,083315	0,583229	0,083377	0,083229	0,083428
1)Yılmaz Redüktör (A)	0,591094	0,606788	0,615457	0,600814	0,615457	0,577381
2)Öztefken Redüktör (B)	0,570354	0,513436	0,492366	0,535082	0,615457	0,577288
3)İmak redüktör (C)	0,570354	0,606788	0,615457	0,593894	0,492366	0,577381

Tablo 5.16 dan anlaşıldığı üzere, her bir kriterin alternatiflere göre normalize edilmiş karar matris değeri: değerlerin tek tek karelerinin alınıp toplanması ve kareköklerin alınıp, bulunan değerlerin kriterlerin alternatiflere göre değerine bölünmesiyle elde edilir.

5.7.2. Aşama 2: Ağırlıklı Normalize Edilmiş Karar Matrisinin (V) Oluşturulması

Normalize edilmiş karar matrisinin ağırlığının bulunması anlamına gelmektedir.

$j = 1, 2 \dots, J$ $i = 1, 2 \dots, n$ olmak üzere;

$v_{ij} = w_i x r_{ij}$ şeklindedir.

Buna göre $i=1$ (Çıkış Devri Kriteri) için Yılmaz redüktöre göre ağırlıklı normalize edilmiş karar matris değeri;

$$v_{ij} = 0,083422 \times 0,591094 = 0,049310461$$

Çıkış devri kriterinin Yılmaz redüktöre göre ağırlıklı normalize edilmiş karar matris değeri, ağırlık değeri ile normalize edilmiş değer çarpımı ile 0,049310461 şeklinde ifade edilir.

Buna göre $i=1$ (Çıkış Devri Kriteri) için Öztefen redüktöre göre ağırlıklı normalize edilmiş karar matris değeri;

$$v_{ij} = 0,083422 \times 0,570354 = 0,0475803$$

Buna göre $i=1$ (Çıkış Devri Kriteri) için İmak redüktöre göre ağırlıklı normalize edilmiş karar matris değeri;

$$v_{ij} = 0,083422 \times 0,570354 = 0,0475803$$

Buna göre $i=2$ (En Küçük Piyonun Dış Sayısı) için Yılmaz redüktöre göre ağırlıklı normalize edilmiş karar matris değeri;

$$v_{ij} = 0,083315 \times 0,606788 = 0,050504$$

En küçük piyonun dış sayısı kriterinin Yılmaz redüktöre göre ağırlıklı normalize edilmiş karar matris değeri, ağırlık değeri ile normalize edilmiş değer çarpımı ile 0,050504 şeklinde ifade edilir.

Buna göre $i=2$ (En Küçük Piyonun Dış Sayısı) için Öztefen redüktöre göre ağırlıklı normalize edilmiş karar matris değeri;

$$v_{ij} = 0,083315 \times 0,513436 = 0,0427768$$

Buna göre $i=2$ (En Küçük Piyonun Dış Sayısı) için İmak redüktöre göre ağırlıklı normalize edilmiş karar matris değeri;

$$v_{ij} = 0,083315 \times 0,606788 = 0,050554$$

Buna göre $i=3$ (Servis Faktörü) için Yılmaz redüktöre göre ağırlıklı normalize edilmiş karar matris değeri;

$$v_{ij} = 0,583229 \times 0,615457 = 0,3589526$$

Servis faktörü kriterinin Yılmaz redüktöre göre ağırlıklı normalize edilmiş karar matris değeri, ağırlık değeri ile normalize edilmiş değerlerin çarpımı ile 0,3589526 şeklinde ifade edilir.

Buna göre $i=3$ (Servis Faktörü) için Öztefken redüktöre göre ağırlıklı normalize edilmiş karar matris değeri;

$$v_{ij} = 0,583229 \times 0,492366 = 0,2871620$$

Buna göre $i=3$ (Servis Faktörü) için İmak redüktöre göre ağırlıklı normalize edilmiş karar matris değeri;

$$v_{ij} = 0,583229 \times 0,615457 = 0,3589526$$

Buna göre $i=4$ (Fiyat) için Yılmaz redüktöre göre ağırlıklı normalize edilmiş karar matris değeri;

$$v_{ij} = 0,083377 \times 0,600814 = 0,050094$$

Fiyat kriterinin Yılmaz redüktöre göre ağırlıklı normalize edilmiş karar matris değeri, ağırlık değeri ile normalize edilmiş değerlerin çarpımı ile 0,050094 şeklinde ifade edilir.

Buna göre $i=4$ (Fiyat) için Öztefken redüktöre göre ağırlıklı normalize edilmiş karar matris değeri;

$$v_{ij} = 0,083377 \times 0,535082 = 0,044614$$

Buna göre $i=4$ (Fiyat) için İmak redüktöre göre ağırlıklı normalize edilmiş karar matris değeri;

$$v_{ij} = 0,083377 \times 0,593894 = 0,0495174$$

Buna göre $i=5$ (Dişli Modül Sayısı) için Yılmaz redüktöre göre ağırlıklı normalize edilmiş karar matris değeri;

$$v_{ij} = 0,083229 \times 0,615457 = 0,051224$$

Dişli modül sayısı kriterinin Yılmaz redüktöre göre ağırlıklı normalize edilmiş karar matris değeri, ağırlık değeri ile normalize edilmiş değer in çarpımı ile 0,051224 şeklinde ifade edilir.

Buna göre $i=5$ (Dişli Modül Sayısı) için Öztefen redüktöre göre ağırlıklı normalize edilmiş karar matris değeri;

$$v_{ij} = 0,083229 \times 0,615457 = 0,051224$$

Buna göre $i=5$ (Dişli Modül Sayısı) için İmak redüktöre göre ağırlıklı normalize edilmiş karar matris değeri;

$$v_{ij} = 0,083229 \times 0,492366 = 0,0409791$$

Buna göre $i=6$ (Rulmanın Büyüklüğü) için Yılmaz redüktöre göre ağırlıklı normalize edilmiş karar matris değeri;

$$v_{ij} = 0,083428 \times 0,577381 = 0,0481696$$

Rulmanın büyüklüğü kriterinin Yılmaz redüktöre göre ağırlıklı normalize edilmiş karar matris değeri, ağırlık değeri ile normalize edilmiş değer in çarpımı ile 0,0481696 şeklinde ifade edilir.

Buna göre $i=6$ (Rulmanın Büyüklüğü) için Öztefen redüktöre göre ağırlıklı normalize edilmiş karar matris değeri;

$$v_{ij} = 0,083428 \times 0,577288 = 0,0481619$$

Buna göre $i=6$ (Rulmanın Büyüklüğü) için İmak redüktöre göre ağırlıklı normalize edilmiş karar matris değeri;

$$v_{ij} = 0,083428 \times 0,577381 = 0,0481697$$

Normalize edilen ağırlıklar hesaplandıktan sonra Tablo 5.17' de gösterilmiştir.

Tablo 5.17 Ağırlıklı Normalize Edilmiş Karar Matrisi (V)

	C1	C2	C3	C4 -	C5	C6
1)Yılmaz Redüktör (A)	0,049310461	0,05055433	0,358952568	0,05009433	0,05122384	0,048169625
2)Öztekfen Redüktör (B)	0,047580269	0,042776741	0,287162054	0,04461376	0,05122384	0,048161864
3)İmak redüktör (C)	0,047580269	0,05055433	0,358952568	0,049517428	0,040979072	0,048169625

Tablo 5.17 den anlaşıldığı üzere, her bir kriterin alternatiflere göre ağırlıklı normalize edilmiş karar matris değeri, ağırlık değeri ile normalize edilmiş değerler çarpılması ile bulunur.

5.7.3. Aşama 3: Pozitif İdeal Çözüm, Negatif İdeal Çözümler

Tablo 5.17’de bulunan değerlerin her bir kritere göre maximum ve minimum değerlerini ifade eder. Formül olarak ifade edilirse:

$A^* = \{ (\max_i v_{ij} \setminus j \in J), (\min_i v_{ij} \setminus j \in j) \}$ ile hesaplanacak set $A^* = \{ v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^* \}$
 $A^- = \{ (\max_i v_{ij} \setminus j \in J), (\min_i v_{ij} \setminus j \in j) \}$ ile hesaplanacak set $A^- = \{ v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^- \}$
şeklindedir.

Buna göre $i=1$ (Çıkış Devri Kriteri) için pozitif ve negatif ideal çözüm değerleri;

$$A^* = 0,0493105$$

$$A^- = 0,0475803$$

Buna göre $i=2$ (En Küçük Piyonun Dış Sayısı) için pozitif ve negatif ideal çözüm değerleri;

$$A^* = 0,050554$$

$$A^- = 0,0427768$$

Buna göre $i=3$ (Servis Faktörü) için pozitif ve negatif ideal çözüm değerleri;

$$A^* = 0,3589526$$

$$A^- = 0,2871620$$

Buna göre $i=4$ (Fiyat) için pozitif ve negatif ideal çözüm değerleri;

$$A^* = 0,050094$$

$$A^- = 0,044614$$

Buna göre $i=5$ (Dişli Modül Sayısı) için pozitif ve negatif ideal çözüm değerleri;

$$A^* = 0,051224$$

$$A^- = 0,0409791$$

Buna göre $i=6$ (Rulmanın Büyüklüğü) için pozitif ve negatif ideal çözüm değerleri;

$$A^* = 0,0481697$$

$$A^- = 0,0481619$$

Her bir kriter için pozitif ve negatif çözümler hesaplanmış ve Tablo 5.18'de gösterilmiştir.

Tablo 5.18 Pozitif İdeal Çözüm, Negatif İdeal Çözümler

PIS	0,049310461	0,05055433	0,358952568	0,04461376	0,05122384	0,048169625
NIS	0,047580269	0,042776741	0,287162054	0,05009433	0,040979072	0,048161864

5.7.4. Aşama 4: Ayrım Ölçülerinin Hesaplanması

Ayrım ölçüleri aşağıda ki formül ile hesaplanır:

$$S^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad S^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}$$

Pozitif Ayrım Ölçülerinin Hesaplanması:

Buna göre Yılmaz redüktör için pozitif ayrım ölçülerinin değeri:

$$\begin{aligned} S^* &= \sqrt{(0,0493105 - 0,0493105)^2 + (0,050504 - 0,050504)^2 + (0,3589526 - 0,3589526)^2 +} \\ &\sqrt{(0,050094 - 0,04461376)^2 + (0,051224 - 0,051224)^2 + (0,0481696 - 0,0481696)^2} \\ &= 0,00548057 \end{aligned}$$

Yılmaz redüktör için pozitif ayrım ölçülerinin değeri, kriter ağırlıkları ile çarpılmış normalleştirilmiş matris değerinden, pozitif ideal çözümün çıkarılıp, karesinin alımı ve bu işlemin her bir kriter için yapıp toplanması ve kareköklerinin alınmasıyla 0,00548057 değerinin elde edilmesidir.

Buna göre Öztefen Redüktör için pozitif ayrım ölçülerinin değeri:

$$\begin{aligned}
S^* &= \\
&\sqrt{(0,0475803 - 0,0493105)^2 + (0,0427768 - 0,050504)^2 + (0,2871620 - 0,3589526)^2 +} \\
&\sqrt{(0,044614 - 0,04461376)^2 + (0,051224 - 0,051224)^2 + (0,0481619 - 0,0481696)^2} \\
&= 0,072231311
\end{aligned}$$

Öztekfen redüktör için pozitif ayırım ölçülerinin değeri, kriter ağırlıkları ile çarpılmış normalleştirilmiş matris değerinden, pozitif ideal çözümün çıkarılıp, karesinin alımı ve bu işlemin her bir kriter için yapıp toplanması ve kareköklerinin alınmasıyla 0,072231311 değerinin elde edilmesidir.

Buna göre İmak Redüktör için pozitif ayırım ölçülerinin değeri:

$$\begin{aligned}
S^* &= \\
&\sqrt{(0,0475803 - 0,0493105)^2 + (0,050554 - 0,050504)^2 + (0,3589526 - 0,3589526)^2 +} \\
&\sqrt{(0,0495174 - 0,04461376)^2 + (0,0409791 - 0,051224)^2 + (0,0481697 - 0,0481696)^2} \\
&= 0,011488899
\end{aligned}$$

İmak redüktör için pozitif ayırım ölçülerinin değeri, kriter ağırlıkları ile çarpılmış normalleştirilmiş matris değerinden, pozitif ideal çözümün çıkarılıp, karesinin alımı ve bu işlemin her bir kriter için yapıp toplanması ve kareköklerinin alınmasıyla 0,01148899 değerinin elde edilmesidir.

Negatif Ayırım Ölçülerinin Hesaplanması:

Buna göre Yılmaz redüktör için negatif ayırım ölçülerinin değeri:

$$\begin{aligned}
S^- &= \\
&\sqrt{(0,0493105 - 0,047580269)^2 + (0,050504 - 0,042776741)^2 + (0,3589526 - 0,287162054)^2 +} \\
&\sqrt{(0,050094 - 0,050094)^2 + (0,051224 - 0,040979072)^2 + (0,0481696 - 0,0481696)^2} \\
&= 0,072954216
\end{aligned}$$

Yılmaz redüktör için negatif ayırım ölçülerinin değeri, kriter ağırlıkları ile çarpılmış normalleştirilmiş matris değerinden, negatif ideal çözümün çıkarılıp, karesinin alımı ve bu işlemin her bir kriter için yapıp toplanması ve kareköklerinin alınmasıyla 0,072954216 değerinin elde edilmesidir.

Buna göre Öztekfен Redüktör için negatif ayırım ölçülerinin değeri:

$$S^- = \frac{\sqrt{(0,0475803 - 0,04758026)^2 + (0,0427768 - 0,0427767)^2 + (0,2871620 - 0,287162)^2} + \sqrt{(0,044614 - 0,05009433)^2 + (0,051224 - 0,04097907)^2 + (0,0481619 - 0,0481696)^2}}{2} = 0,011618602$$

Öztekfен redüktör için negatif ayırım ölçülerinin değeri, kriter ağırlıkları ile çarpılmış normalleştirilmiş matris değerinden, negatif ideal çözümün çıkarılıp, karesinin alımı ve bu işlemin her bir kriter için yapıp toplanması ve kareköklerinin alınmasıyla 0,011618602 değerinin elde edilmesidir.

Buna göre İmak Redüktör için negatif ayırım ölçülerinin değeri:

$$S^- = \frac{\sqrt{(0,0475803 - 0,0475803)^2 + (0,050554 - 0,0427767)^2 + (0,3589526 - 0,2871620)^2} + \sqrt{(0,0495174 - 0,05009433)^2 + (0,0409791 - 0,0409791)^2 + (0,0481697 - 0,0481619)^2}}{2} = 0,072212891$$

İmak redüktör için negatif ayırım ölçülerinin değeri, kriter ağırlıkları ile çarpılmış normalleştirilmiş matris değerinden, negatif ideal çözümün çıkarılıp, karesinin alımı ve bu işlemin her bir kriter için yapıp toplanması ve kareköklerinin alınmasıyla 0,072212891 değerinin elde edilmesidir.

Gerekli hesaplamalar yapıldıktan sonra pozitif ve negatif ayırım ölçüleri elde edilmiş ve Tablo 5.19’da gösterilmiştir.

Tablo 5.19. Pozitif ve Negatif Ayırım Ölçülerinin Hesaplanması

	Dpıs	Dnıs
1)Yılmaz Redüktör (A)	0,00548057	0,072954216
2)Öztekfен Redüktör (B)	0,072231311	0,011618602
3)İmak redüktör (C)	0,011488899	0,072212891

Tablo 5.19’den anlaşıldığı üzere, her bir alternatif için pozitif ayırım ölçülerinin değeri, kriter ağırlıkları ile çarpılmış normalleştirilmiş matris değerinden, pozitif ideal çözümün çıkarılıp, karesinin alımı ve bu işlemin her bir kriter için yapıp toplanması ve kareköklerinin alınmasıyla elde edilmesidir. Negatif ayırım ölçülerinin değeri ise, kriter

ağırlıkları ile çarpılmış normalleştirilmiş matris değerinden, negatif ideal çözümün çıkarılıp, karesinin alımı ve bu işlemin her bir kriter için yapılıp toplanması ve kareköklerinin alınmasıyla elde edilmesidir.

5.7.5. Aşama 5: İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması

İdeal çözüme göreli yakınlığın hesaplanması aşağıdaki formül ile yapılır:

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*}$$

Buna göre Yılmaz redüktör için ideal çözüme göreli yakınlık değeri:

$$C_i^* = \frac{0,072954216}{0,072954216 + 0,00548057} = 0,930125778$$

Buna göre Öztefen redüktör için ideal çözüme göreli yakınlık değeri:

$$C_i^* = \frac{0,011618602}{0,011618602 + 0,072231311} = 0,138564271$$

Buna göre İmak redüktör için ideal çözüme göreli yakınlık değeri:

$$C_i^* = \frac{0,072212891}{0,072212891 + 0,011488899} = 0,862740108$$

Her bir kriter için bu hesaplama yapılırsa Tablo 5.20 elde edilir:

Tablo 5.20. İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması

	Dpıs	Dnıs	Dnıs/(Dpıs+Dnıs)
1)Yılmaz Redüktör (A)	0,00548057	0,072954216	0,930125778
2)Öztefen Redüktör (B)	0,072231311	0,011618602	0,138564271
3)İmak redüktör (C)	0,011488899	0,072212891	0,862740108

Tablo 5.20'den anlaşıldığı üzere, ideal çözüme göreli yakınlık her bir alternatif için negatif ayırım ölçüleri ve pozitif ayırım ölçülerinin toplanıp, negatif ayırım ölçülerine bölünmesiyle elde edilir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Makine teçhizat seçimi bir imalathane yada bir fabrika için verilmesi gereken önemli kararlardan biridir. En uygun makinenin seçimi hem üretimde verimliliği hem de piyasada rekabet edebilirlik ölçüsünü arttıracaktır. Bu doğrultuda doğru seçim doğru karar vermek demektir.

İnsanlar yaşamlarının her döneminde karar vermek zorunda kalırlar. Doğru karar vermek birçok faydayı beraberinde getirirken yanlış karar vermek bir çok olumsuzluğu da beraberinde getirecektir. Karar verme kısaca seçenekler arasında seçim yapma işlemi olarak tanımlanabilmektedir. Bu seçimi gerçekleştirmek için de alternatif ve kriterler oluşturulmalıdır. Kriterlerin çok ve birbiriyle çeliştiği durumlarda ise ÇKKV yöntemleri kullanılmalıdır.

Bu çalışma da, bir çay fabrikasına en uygun redüktörün seçimi için ÇKKV yöntemlerinden FAHP ve TOPSİS yöntemleri uygulanmıştır. Literatür taranarak ve fabrikadaki yetkili uzmanla birebir görüşülerek alternatif ve kriterler belirlenmiştir. Bu görüşmeler doğrultusunda çıkış devri, en küçük piyonun diş sayısı, servis faktörü, fiyat, dişli modül sayısı ve rulmanın büyüklüğü kriter olarak belirlenmiştir. Belirlenen 6 kriter ve 3 alternatif doğrultusunda anket soruları oluşturulmuş ve cevaplar Saaty' nin 1-9 ölçeği doğrultusunda yetkili uzmandan alınmıştır.

Karar verme sürecini sistematik hale getirdiği, nitel ve nicel faktörler arasında ilişki kurmaya imkan verdiği için ÇKKV yöntemlerinden biri olan AHP yöntemi tercih edilmiştir. Ancak karar vericiler her zaman kesin değerlendirmeler yapamayacakları ve belirsizlik durumunda karar vermede AHP çok uygun bir yöntem olmadığı için FAHP yöntemi uygulanması kararı verilmiştir. Bu doğrultuda çalışmaya bulanıklık dahil edilmiştir. En son ve en gelişmiş yöntem olduğu için de Chang' in Mertebe Analizine Dayalı FAHP yöntemi tercih edilmiştir. Bu doğrultuda Chang üçgensel bulanık sayı kullandığı için üçgensel sayılar kullanılmıştır. Yöntem aşamaları sırayla uygulanmıştır. Bulanıklık için Saaty ölçeği doğrultusunda sayılar belirli aralıklarla ifade edilerek üçgensel bulanık sayılar oluşturulmuştur. Oluşturulan bulanık sayılar matrisindeki elemanların en düşük olası, olası ve en büyük olası değerleri toplanarak üçgensel bulanık sayılı sütun vektörü elde edilmiştir. Elde edilen değerler toplanarak tek bir bulanık sayı elde edilmiş ve daha sonra bulanık sayının tersi alınmıştır. Sentez değerler

hesaplanarak, olasılık değerlerinin sıralaması yapılmış ve daha sonra birimsel farklılıkları ortadan kaldırmak için normalleştirme işlemi yapılmış ve Chang' e dayalı ağırlık değeri oluşturulmuştur.

İlk ağırlık hesaplandıktan sonra sadece uzman görüşü yeterli olmadığı için matematiksel verilerden faydalanılarak başka bir ağırlık daha oluşturulmuş ve bu doğrultuda bilgi içerisindeki belirsizliği ölçmeye yarayan Entropy yöntemi kullanılmıştır. Entrop' nin kurucu Shannon olduğu ve bu yöntemi geliştirdiği için çalışmada Shannon Entropy yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem doğrultusunda kriter ağırlıkları belirlenip bulunan matristeki değerler birimsel farklılıkları kaldırmak için normalleştirme işlemine tabi tutulmuştur. Normalleştirilen matrisin logaritması alınarak entropy değerleri ve ağırlıkları bulunmuştur.

Bulunan iki ağırlığın ortalaması alınarak tek bir ağırlık oluşturulmuş ve TOPSİS yöntemi uygulanmaya başlanmıştır. TOPSİS yöntemi ile normalize edilmiş karar matrisi oluşturulmuş, bu matrisin ağırlığı alınarak ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi bulunmuş, bu doğrultuda pozitif ve negatif ideal çözümler belirlenerek ayırım ölçüleri hesaplanmıştır. Son olarak da ideal çözüme göreli yakınlıklar hesaplanarak alternatif sıralaması yapılmış ve doğru alternatifin seçimi sağlanmıştır.

Çalışmanın başında belirtilen amaç doğrultusunda, yöneticilere karar vermede yardımcı olmak için, yapılan analiz ile alternatiflerden en uygunu belirlenmiştir. Belirlenen kriter ve alternatifler doğrultusunda sonuçlar yorumlanırsa:

Yılmaz redüktör firması 0,930125778 değeri ile birinci, İmak redüktör firması 0,862740108 değeri ile ikinci ve Öztefen redüktör firması ,0,138564271 değeri ile son tercih edilmesi gereken firma olmalıdır.

Yılmaz redüktör firmasının kriter değerleri incelendiğinde çıkış devri, en küçük piyonun diş sayısı, servis faktörü, fiyat, dişli modül sayısı ve rulmanın büyüklüğü kriterlerinin hepsinin en yüksek değerde olduğu görülür. Fayda yönlü olan 5 kriterin yüksek olmasının dışında maliyet yönlü fiyat kriterinin de yüksek olduğu görülür. Buradan fiyatın tek başına sonucu etkilemeye yeterli olmayan bir kriter olduğu anlaşılır.

Shannon ve FAHP ağırlık değerlerine bakıldığı zaman, üçüncü kriter olan servis faktörünün yüksek değerde olduğu görülür. Yani redüktör firması seçimi yapılırken servis faktörü kriteri diğer kriterlere göre, ağırlık değeri diğer kriterlere oranla daha

yüksektir. FAHP ağırlığı servis faktöründe 1 iken diğer kriterlerde O değerini almıştır. Shannon ağırlığında ise yine servis faktöründe 0,166458 değeri ile en yüksek seviyededir. Bu sebeple redüktör seçiminde servis faktörü kriteri diğer kriterlere oranla daha önemli bir kriterdir.

Uygulama kısmının literatür taraması bölümünde sözü geçen Veri Zarflama Analiz yöntemi,

✓ Karar verme birimlerinin etkinliğini ölçmek için yeterli ama bu değerlendirmenin mutlak etkinlik bazındaki yorumu ile ilgili ipucu vermediği için

✓ Parametrik olmayan bir yöntem olduğundan dolayı, sonuçlara istatistiksel hipotez testlerinin uygulanmasının zor olduğu için,

✓ Her karar verme birimi için ayrı doğrusal programlama modelinin çözümü gerektiğinden, büyük boyutlu problemlerin Veri Zarflama Analizi ile çözümü, hesaplama açısından zaman alıcı olduğu için,

✓ Sadece analiz edilen karar verme biriminin göreceli etkinliğinin ölçülmesine imkan verdiği için,

✓ Ölçüm hatalarına karşı oldukça duyarlı olduğu için,

✓ Gözlemlenen etkinlik ile en iyi etkinlik arasındaki fark sadece verimsizliğe bağlanmakta ve uç gözlem noktaları için ölçüm hataları göz ardı edildiği için,

✓ Referans kümesi içinde olan karar verme birimlerinin diğerlerine göre üstünlüğünün göreceli olması, bu birimlerinin kendi başlarına değerlendirildiğinde de gerçekten etkin olup olmadıkları hakkında bir yorum yapılabilmesini zorlaştırdığı için,

✓ Yapılan işlemler sonucunda Veri Zarflama Analizi verilerdeki hatalara karşı karar vericiyi uyarmadığı için,

En önemlisi Veri Zarflama Analiz Yönteminin temelini, karar verme birimlerinin, girdi ve çıktı sayısının en az iki katı olması ibaresine dayandığı ve bizim uygulamamızın bu şartı sağlamaması gerekçesiyle bu yöntem çalışmamamıza uygulanmayıp, bunun yerine:

✓ Alternatif ve kriter belirlemede etken olan

✓ Alternatif ve kriterlerin birbirlerine göre üstünlüğünü belirlemede etken olan

✓ Belirsizlik ve risk durumlarında kullanılabilen

✓ Uygulanması ve yapılışı basit olan

- ✓ Uygulanması basit olduğu için zamandan tasarruf sağlayan
- ✓ Doğrudan karar vericinin deneyimlerinden faydalanma imkanı sunan
- ✓ Karmaşık ve bir çok kriterin bulunduğu durumlarda karar vermeyi kolaylaştıran
- ✓ Karar vericinin doğru karar vermesine yardımcı olan, ÇKKV tekniklerinden faydalanılmıştır.

KAYNAKLAR

- Akay, Ö. (2011). *Cep Telefonu Seçiminin Bulanık Analitik Hiyerarşi ve Bulanık Analitik Ağ Süreci ile Belirlenmesi*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Konya: Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İstatistik Anabilim Dalı.
- Alp, S. (2008). “ Doğrusal Hedef Programlama Yönteminin Otobüsle Kent İçi Toplu Taşıma Sisteminde Kullanılması”. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(13),73-91
- Alpay, M. (2010). *Kredi Değerliliğinin Ölçülmesinde TOPSİS Yöntemi ve Bir Uygulama*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı Para ve Banka Programı.
- Amorocho, J., Espildora, B. (1973). “Entropy in the Assessment of Uncertainty in Hydrologic Systems and Models”. *Water Resources Research*, 9(6), 1511-1522.
- Anand, G., Kodali, R. (2008) “Selection of Lean Manufacturing Systems Using The Promethee”. *Journal of Modelling in Management*, 3(1), 40-70
- Arıkan, V. S. (2008). *Fasoncu Seçimi için AHP Modelinin Bir Tekstil İşletmesine Uygulanması*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Bursa: Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Ekonometri Anabilim Dalı Yöneylem Bilim Dalı.
- Aslan, N. (2005). *Analitik Network Prosesi*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul :Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Matematik Anabilim Dalı.
- Ayyıldız, G. (2003). *CIM Yatırımlarının Bulanık AHP Yöntemi ile Değerlendirilmesi*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Barutçugil, İ.S. (1983). *Üretim Sistemi ve Yönetim Teknikleri*. Bursa: Uludağ Üniversitesi Basımevi
- Batçioğlu, G. (1994). *Karar Verme Sürecinin Analizi*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Malatya: İnönü Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

- Baykal N., Beyan T. (2004). *Bulanık Mantık Uzman Sistemler ve Denetleyiciler*. Ankara: Bıçaklar Kitabevi.
- Belton, V., Steward, T. (2002). *Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach*. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Brillouin, L. (1960). *Science and Information Theory*. New York: Academic Press.
- Büyüközkan, G., Kahraman, C., Ruan, D. (2004). “A Fuzzy Multi-Criteria Decision Approach for Software Development Strategy Selection”. *International Journal of General Systems*, 33(2–3), 259–280
- Can, H.(1991). *Organizasyon ve Yönetim*. Ankara: Adım Yayıncılık.
- Certo, S. (2003). *Modern Management*. Ninth Edition, New Jersey: Upper Saddle River,
- Chang, D.Y. (1996). “Applications of the Extent Analysis Method on Fuzzy AHP”. *European Journal of Operational Research*, 95(3), 649 -655.
- Chen, S. J., Hwang, C. L. (1992). *Fuzzy Multiple Attribute Decision Making*. Springer-Verlag, Germany.
- Chen, C. T. (2000). “Extensions of the TOPSIS for Group Decision-Making Under Fuzzy Environment”. *Fuzzy Sets and Systems*, 114, 1-9.
- Chen, C. T., Lin, C. T., Hwang, S. (2006). “A Fuzzy Approach for Supplier Evaluation and Selection in Supply Chain Management”. *International Journal of Production Economics*, 2, 289-301
- Cheng, C.H. (1996). “Evaluation Naval Tactical Missile Systems by Fuzzy AHP Based on Grade Value of Membership Function”. *European Journal of Operational Research*, 96, 343-350.
- Çiçekli, U. G., Karaçizmeli, A. (2013). “ Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci ile Başarılı Öğrenci Seçimi: Ege Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Örneği”. *Ege Stratejik Araştırmalar Dergisi*, 4(1), 71-94.
- Çitli, N. (2006). *Bulanık Çok Kriterli Karar Verme*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü Matematik Anabilim Dalı.
- Daft, R. L. (2003). *Management 6th Edition*. Australia :Thomson South Western.

- Davis, S.B., Goetsch, D. L. (2000). *Quality Management*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Demir, M. H., Gümüőođlu, Ő. (2003). *Üretim Yöntemi*. Kırklareli: Beta Basımevi.
- Demir, H. H. (2010). *İmalat Sektöründe Bulanık TOPSIS Yöntemiyle Tedarikçi Seçimi*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: İstanbul Üniversitesi İşletme Anabilim Dalı Üretim Bilim Dalı.
- Demirdöğen, O. (1998). *Teknoloji Yönetimi*. Erzurum: Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Z.F. Fındıkoğlu Araştırma Merkezi Yayınları.
- Drucker, P.F. (1996). *Yönetim Uygulaması*. (Çeviren: E. Sabri Yarmalı). İstanbul: İnkılap Yayınevi.
- Durdudiler, M. (2006). *Perakende Sektöründe Tedarikçi Performans Değerlemesinde AHP ve Bulanık AHP Uygulaması*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ecer, F. (2007). *Fuzzy TOPSIS Yöntemiyle İnsan Kaynağı Seçiminde Adayların Değerlendirilmesi ve Bir Uygulama*. (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Afyon: Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Eraslan, E., Algün, O. (2004). "İdeal Performans Değerlendirme Formu Tasarımında Analitik Hiyerarşı Yöntemi Yaklaşımı". *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakülte Dergisi*, 20(1), 95-106.
- Erkiletlioğlu, A. (2000). *İşletmelerde Karar Verme ve Analitik Hiyerarşı Yöntemiyle Bir Uygulama*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Ankara: Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Ertuğrul, İ. (2007). "Analitik Hiyerarşı Süreci ve Bir Tekstil İşletmesinde Makine Seçim Problemine Uygulanması". *H.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 25(1), 171-192.
- Ertuğrul, İ., Karakaşoğlu, N. (2010). "Electre ve Bulanık AHP Yöntemleri ile Bir İşletme İçin Bilgisayar Seçimi". *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 25(2), 23-41.
- Fang, S. C., Rajasekera, J. R., Tsao, H. S. J.(1997). *Entropy Optimization and Mathematical Programming*. Boston: Kluwer Academic Publishers.

- Goumas, M., Lygerou, V. (2000). "An Extension of the PROMETHEE Method for Decision Making in Fuzzy Environment: Ranking of Alternative Energy Exploitation Projects". *European Journal of Operational Research*, 123(3), 606-613.
- Göksu, A. (2008). "Bulanık Analitik Hiyerarşik Proses ve Üniversite Tercih Sıralamasında Uygulanması". *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 13(3), 1-26.
- Görgülü, Ö. (2007). *Bulanık Mantık (Fuzzy Logic) Teorisi ve Tarımda Kullanım Olanakları Üzerine Bir Araştırma*. (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Hatay: Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Zootekni Anabilim Dalı.
- Güneş, M., Umarusman, N.(2003) "Bir Karar Destek Aracı Bulanık Hedef Programlama ve Yerel Yönetimlerde Vergi Optimizasyonu Uygulaması". *Review of Social Economic & Business Studies*, 2(242), 242-255.
- Güzel, D., Erdal, H. (2015). "A Comparative Assesment of Facility Location Problem via fuzzy TOPSIS and fuzzy VIKOR: A Case Study on Security Services". *International Journal of Business and Social Research*, 5,(5), 49-61.
- Hohle, U., Rodahaugh, E. E. (1999). *Mathematics of Fuzzy Sets, Logic, Topology and Measure Theory*. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Hwang, C. L., Yoon, K. (1981). *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. Berlin: Springer- Verlag.
- İnan, U. H. (2008). *Kalite Yönetim Sistemlerinde Tetkik Performansının Bulanık Mantık ile Analitik Hiyerarşi Süreci ve Bulanık Analitik Ağ Süreci Kullanılarak Ölçülmesi*. (Yayımlanmamış Doktora Tezi). İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Endüstri Mühendisliği Programı.
- Jahanshahloo, G.R., Hosseinzadeh L. F., Izadikhah, M. (2006). "Extension of the TOPSIS Method for Decision Making Problems with Fuzzy Data. *Applied Mathematics and Computation*, 181(12),1544-1551
- Kadak, E. G. (2006). *Türkiye'de AHP Tekniğinin Performans Değerlemede ki Yeri ve İlaç Dağıtım Sektöründe Uygulanması*, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi).

Adana: Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı.

- Kanawaty, G. (2004). *İş Etüdü*. (Çev.: Zühal Akal). Ankara: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları.
- Kaptanoğlu, D., Özok, A. F. (2006). “Akademik Performans Değerlendirmesi İçin Bir Bulanık Model”. *İstanbul Teknik Üniversitesi Dergisi*, 5(1), 193-204.
- Kapur, J.N., Kesavan, H.K. (1992). *Entropy Optimization Principles with Applications*. New York: Academic Pres.
- Karakaşoğlu, N. (2008). *Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve Uygulama*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Denizli: Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı Sayısal Yöntemler Bilim Dalı.
- Karakaya, K. (2003). *İstanbul Boğazı'ndan Geçen Gemilerin Emniyetli Geçişinin Analitik Hiyerarşi Prosesi Kullanarak Analizi*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Kocaeli :Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Karmeshu, J., Pal, N.R.. (2003). *Entropy Measures, Maximum Entropy Principle and Emerging Applications*. New York: Springer.
- Kaya, İ., Kılınç. S., Çevikcan, E. (2007). “Makine Teçhizat Seçimi Probleminde Bulanık Karar Verme Süreci”. *İstanbul Teknik Üniversitesi Mühendis ve Makine Dergisi*, 49(576), 8-14.
- Kentli, A. (2011). “Studies on Fuzzy Decision Making in Turkish Universities: An Overview”. *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 23(4), 140-159.
- Kleindorfer, P. R., Kunreuther, H. C., Schoemaker, P. (1993). *Decision Sciences: An Integrative Perspective*. Cambridge University Press,
- Koçel, T .(2003). *İşletme Yöneticiliği*. İstanbul: Beta Yayınları.
- Koçoğlu, E. (2010). *İşletmelerde Yöneticilerin Karar Verme Süreci ve Bu Süreçte Bilişim Sistemlerinin Kullanımı: Ankara İli Örneği*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Ankara: Atılım Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim dalı

- Kurtcan, E. (2009). *Yalın Lojistik Tabanlı Sistemin Bağımsızlık ve Bilgi Aksiyonları Kullanılarak Tasarlanması ve Bir Firma Uygulaması*. (Yayımlanmamış Doktora Tezi). İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Lai, Y., Hwang, C. L. (1996). *Fuzzy Multiple Objective Decision Making: Methods and Applications*. Berlin: 2nd Corrected Printing, Springer – Verlag.
- Li, D. F., Yang, J. B. (2004). “Fuzzy Linear Programming Technique for Multiattribute Group Decision Making in Fuzzy Environments”. *Information Sciences*, 158, 263-264
- Lippitt, G. L. (1969). “Organizational Renewal”. New York: Prentice Hall.
- Lotfi, F. H., Fallahnejad, R. (2010). “Imprecise Shannon’s Entropy and Multi Attribute Decision Making”. 12(1), 53-62.
- Newhman, W. H. (1979). *Karar Vermenin Temel Evreleri*. (Çev.: Kenan Sürgit No:186). TODAİE Yayınları: Ankara.
- Organ, A. (2013). “Bulanık Dematel Yöntemiyle Makine Seçimini Etkileyen Kriterlerin Değerlendirilmesi”. *Ç.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 22(1), 157-172.
- Özveri, O. (2006). “Maksimum Anlaşma Yöntemi ile Grup Kararlarının Sıralaması”. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 8(3),380-391.
- Perçin, S. (2012). “Bulanık AHS ve TOPSİS Yaklaşımının Makine Teçhizat Seçimine Uygulanması”. *Ç.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 21(1), 169-184.
- Render, B., Stair, R. M. (1991). *Quantitative Analysis for Management*. USA: Allyn and Bacon.
- Ross, T. J. (1995). *Fuzzy Logic with Engineering Application*. New York: Mc- Graw Hill.
- Saat, M. (2000). “Çok Amaçlı Karar Vermede Bir Yaklaşım: Analitik Hiyerarşi Yöntemi”. *Gazi Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, 2(2) ,149-162
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. USA: McGraw-Hill International Book Company

- Saaty, T. L. (1986) "How To Make A Decision: The Analytic Hierarchy Process". *Interfaces*, 24(6), 19-43.
- Saaty, T. L. (1986). "Axiomatic Foundations of The Analytic Hierarchy Process". *Management Science*, 32(7), 841-855.
- Saaty, T. L. (1988). *The Analytic Hierarchy Process: Planning*. USA: Priority Setting, Resource Allocation, University of Pittsburgh.
- Saaty, T. L. (2001). "Decision Making for Leaders". *RWS Publications, Pittsburgh*, 26(3), 3-10.
- Saaty, T. L., Vargas, L. G. (2001). *Models, Methods, Concepts and Applications of The Analytic Hierarchy*. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Saaty, T. L., Tran, L. T. (2007). "On The Invalidity of Fuzzifying Numerical Judgments in The Analytic Hierarchy Process". *Mathematical And Computer Modelling*, 46(7),962-975
- Sağır, C. (2006). *Karar Verme Sürecini Etkileyen Faktörler ve Karar Verme Sürecinde Etiğin Önemi Uygulamalı Bir Araştırma*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Edirne : Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Shannon, C. E. (1948). "A Mathematical Theory of Communication". *The Bell System Technical Journal*, 27(3) ,379-423.
- Shih, H.S., Shyr, H.J., Lee, E.S. (2007). "An Extension of TOPSIS for Group Decision Making". *Mathematical and Computer Modelling*, 45, 805-806.
- Şen, Z. (2001). " Bulanık Mantık ve Modelleme İlkeleri". İstanbul: Bilgi Kültür Sanat Yapım Yayınevi.
- Şenol, M. B. (2012). *Hava ve Yer Araçlarının Arayüz Tasarımının Eniyilenmesi*. (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Ankara: Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Şentürk, S. (2006). *Deney Planlamasında Bulanık Mantık Yaklaşımı*. (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İstatistik Anabilim Dalı.
- Tekin, M. (1995). *Kantitatif Karar Verme Teknikleri*. Konya: Kuzucular Ofset.

- Tekin, M. (2004). *Sayısal Yöntemler*. Konya: Günay Ofset.
- Timothy, J.R. (1995). *Fuzzy Logic with Engineering Applications*. Newyork: Mc Graw-Hill
- Triantaphyllou, E., Lin, C.T. (1996). “Development and Evaluation of Five Fuzzy Multiattribute Decision-Making Methods”. *International Journal of Approximate Reasoning*, 14(4), 281-310.
- Ulucan, A. (2004). *Yöneylem Araştırması*. Ankara: Siyasal Kitabevi.
- Wang, Y. J., Lee, H. S. (2007). “Generalizing TOPSIS for Fuzzy Multiple-Criteria Group Decisionmaking”. *Computers and Mathematics with Applications*, 53(11), 1762-1772.
- Yang, J., Shi, P. (2002). “Applying Analytic Hierarchy Process in Firm’s Overall Performance Evaluation: A Case Study in China”. *International Journal of Business*, 7(1), 29-46.
- Yurdakul, M., İç, Y. T. (2003). “Türk Otomotiv Firmalarının Performans Ölçümü ve Analizine Yönelik TOPSİS Yöntemini Kullanan Bir Örnek Çalışma”. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 18(1), 1-18.
- Yürekli, H. (2008). *Taarruz Helikopterler Seçiminde ELECTRE Yönteminin Kullanılması*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim dalı Sayısal Yöntemler Bilim Dalı.
- Zadeh, L. A. (1965). “Fuzzy Sets”. *Information and Control*, 8(1) 338- 353.
- Zadeh L. A., Kacprzyk J. (1992). *Fuzzy Logic for the Management of Uncertainty*. Newyork: John Wiley & Sons Inc.
- Zahedi, F. (1986). “The Analytic Hierarchy Process: A Survey of The Method and Its Applications”. *Interfaces*, 16(4), 96-108.
- Zeleny, M. (1982). *Multiple Criteria Decision Making*. New York: McGraw-Hill.
- Zimmermann, H. J.(1987). *Fuzzy Sets, Decision Making and Expert Systems*. Boston: Kluwer Academic Publishers.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Fatma Gül YAZICILAR
Doğum Yeri ve Tarihi	Erzurum -09/10/1987
Eğitim Durumu	
Lisans Öğrenimi	Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi
Y. Lisans Öğrenimi	Atatürk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü
Bildiği Yabancı Diller	İngilizce
Bilimsel Faaliyetleri	
İş Deneyimi	
Stajlar	
Projeler	
Çalıştığı Kurumlar	İspir Hamza Polat Meslek Yüksek Okulu
İletişim	
E-Posta Adresi	
Tarih	