

**BULANIK ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ İLE
BİR İŞLETME İÇİN İNSAN KAYNAKLARI YÖNETİMİ
UYGULAMASI SEÇİMİ**

**Pamukkale Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi
İşletme Ana Bilim Dalı
Sayısal Yöntemler Programı**

Simge YENİLMEZEL ALICI

Danışman: Prof. Dr. İrfan ERTUĞRUL

**Haziran 2023
DENİZLİ**

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atıfta bulunulduğunu beyan ederim.

İmza

Simge YENİLMEZEL ALICI

ÖNSÖZ

“Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri İle Bir İşletme İçin İnsan Kaynakları Yönetimi Uygulaması Seçimi” başlıklı tezimin hazırlanmasında bilgi ve tecrübeleriyle bana yol gösteren saygıdeğer hocam Prof. Dr. İrfan ERTUĞRUL’a bana olan desteği ve emekleri için sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Bana her konuda destek olan değerli annem Nazime YENİLMEZEL’e, değerli babam Kemal YENİLMEZEL’e ve değerli abim Kutsal YENİLMEZEL’e teşekkür ediyorum.

Üniversite yıllarından itibaren her zaman yanımda olan eğitim ve iş hayatımda beni her zaman destekleyen ve motive eden değerli eşim Emin Can ALICI’ya teşekkür ediyorum.

ÖZET

BULANIK ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ İLE BİR İŞLETME İÇİN İNSAN KAYNAKLARI YÖNETİMİ UYGULAMASI SEÇİMİ

Yenilmezel Alıcı, Simge
Yüksek Lisans Tezi
İşletme ABD
Sayısal Yöntemler Programı
Tez Yöneticisi: Prof. Dr. İrfan ERTUĞRUL

Haziran 2023, XI+ 105 Sayfa

İşletmeler için yoğun rekabet ortamının olduğu günümüzde karar verme her zaman tek bir kriter ve alternatiften oluşmamakta ve karmaşıklık barındırmaktadır. Bu karmaşıklıkların çözümünde Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinin kullanılması çözümleri daha pratik ve etkin hale getirmektedir.

Klasik ÇKKV yöntemleri belirsiz ve kesin olmayan durumlarda yetersiz kaldığında Bulanık ÇKKV yöntemlerini kullanmak avantaj sağlayacaktır. Bulanık ÇKKV yöntemleri ile karar vericilerin sözel olarak ifade ettiği subjektif değerlendirmeler sayısal değerlerle entegre edilmesiyle çözümlenmektedir. Bu tez çalışmasında, karar vericiler tarafından yapılan sözel değerlendirmelerde ortaya çıkan belirsizliğin giderilmesi amacıyla işletmenin karar verme sürecinde Bulanık ÇKKV yöntemlerinin uygulanması önerilmiştir.

Tez çalışmasının uygulama bölümünde lojistik, depolama, satış ve ticari pazarlama alanında faaliyet sürdüren bir işletme için insan kaynakları yönetimi uygulaması seçim probleminde Bulanık PIPRECIA, Bulanık MARCOS, Bulanık CoCoSo, Bulanık MAIRCA ve Borda Sayım yöntemi ile çözüm aranmıştır. Seçim yapılacak uygulama orta ölçekli bir işletme için kullanılacak olup insan kaynakları, muhasebe ve satış departmanlarının işlerini hızlandıracaktır. İşletmeden konuya hakim dört karar vericinin görüşleriyle elde edilen yedi kriter ve dört alternatif belirlenen yöntemlerle değerlendirilmiş ve sonuçlar önerilmiştir. Değerlendirilen yedi kriterden en önemli kriter teknik destek kriterini ifade eden K₇ olurken dört alternatif arasından en uygun alternatif A₁ olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bulanık Çok Kriterli Karar Verme, Bulanık PIPRECIA, Bulanık MARCOS, Bulanık CoCoSo, Bulanık MAIRCA, Borda Sayım Yöntemi, İnsan Kaynakları Yönetimi Uygulaması Seçimi

ABSTRACT

SELECTION OF A HUMAN RESOURCE MANAGEMENT APPLICATION FOR AN ORGANIZATION WITH FUZZY MULTICRITERIA DECISION MAKING METHODS

Yenilmezel Alici, Simge

Master Thesis

Business Administration Department

Quantitative Methods Master Programme

Adviser of Thesis: Prof. Dr. İrfan ERTUĞRUL

June 2023, XI+ 105 Pages

Today, where there's an intense competition environment for businesses, decision-making doesn't always consist of a single criterion and alternative and contains complexity. Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods make solutions more practical and effective.

It'll be advantageous to use Fuzzy MCDM methods when classical MCDM methods are insufficient in uncertain situations. With Fuzzy MCDM methods, subjective evaluations expressed by decision makers are analyzed by integrating them with numerical values. In this thesis, it's proposed to apply Fuzzy MCDM methods in the decision-making process of the enterprise in order to eliminate the uncertainty that arises in the verbal evaluations made by the decision makers.

In the application section, a solution has been sought for the selection problem of human resources management application for a business operating in the field of logistics, warehousing, sales and commercial marketing with Fuzzy PIPRECIA, Fuzzy MARCOS, Fuzzy CoCoSo, Fuzzy MAIRCA and Borda Counting method. The application to be chosen will be used for a medium-sized enterprise and will accelerate the work of human resources, accounting and sales departments. Seven criteria and four alternatives obtained with the opinions of four decision makers from the business were evaluated with the determined methods and the results were suggested. While the most important criterion among the seven evaluated criteria was K_7 , which expresses the technical support criterion, the most suitable alternative among the four alternatives was determined as A_1 .

Keywords: Fuzzy Multi-Criteria Decision Making, Fuzzy PIPRECIA, Fuzzy MARCOS, Fuzzy CoCoSo, Fuzzy MAIRCA, Borda Counting Method, Human Resource Management Application Selection.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
ÖZET	ii
ABSTRACT.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
TABLolar DİZİNİ.....	vii
EKLER DİZİNİ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

KARAR TEORİSİ VE ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME

1.1. Karar Verme.....	4
1.2. Karar Verme Süreci.....	5
1.3. Karar Modelleri.....	6
1.3.1. Belirlilik Halinde Karar Verme	7
1.3.2. Belirsizlik Altında Karar Verme	8
1.3.2.1. İyimserlik (Maximax) Ölçütü	8
1.3.2.2. Kötümserlik (Maximin) Ölçütü	8
1.3.2.3. Pişmanlık (Minimax) Ölçütü	9
1.3.2.4. Gerçekçilik (Hurwicz) Ölçütü	9
1.3.2.5. Eşit Olasılık (Laplace) Ölçütü	10
1.3.3. Risk Altında Karar Verme.....	10
1.4. Karar Ağaçları	11
1.5. Çok Kriterli Karar Verme Tanımı ve Ortaya Çıkışı.....	11
1.6. Çok Kriterli Karar Verme Problemleri	12
1.6.1. Seçim Problemleri	13
1.6.2. Sınıflama Problemleri.....	13
1.6.3. Sıralama Problemleri	14
1.7. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinde Normalizasyon İşlemleri.....	14
1.8. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinde Kriter Ağırlıklandırma İşlemi	16

İKİNCİ BÖLÜM

BULANIK KARAR TEORİSİ

2.1. Bulanık Mantık Kavramı.....	18
2.2. Bulanık Küme Teorisi	19
2.2.1. Bulanık Sayılar	21
2.2.1.1. Üçgensel Bulanık Sayılar	21
2.2.1.1.1. Üçgen Bulanık Sayılarda İşlemler	22
2.2.1.2. Yamuksal Bulanık Sayılar	23
2.2.1.2.1. Yamuksal Bulanık Sayılarda İşlemler	23
2.2.2. Üyelik Fonksiyonları	24
2.2.2.1. Üyelik Fonksiyonu Çeşitleri	25

2.2.2.1.1. Üçgen Üyelik Fonksiyonu.....	25
2.2.2.1.2. Yamuk Üyelik Fonksiyonu	26
2.2.2.1.3. Gaussian Üyelik Fonksiyonu.....	26
2.2.2.1.4. Çan Şekli Üyelik Fonksiyonu	27
2.2.2.1.5. Sigmodial Üyelik Fonksiyonu.....	27
2.2.2.1.6. S Üyelik Fonksiyonu	28
2.2.2.2. Üyelik Fonksiyonun Kısımları	28
2.2.2.2.1. Öz (Core).....	29
2.2.2.2.2. Destek (Support).....	29
2.2.2.2.3. Sınırlar (Boundaries)	29
2.2.2.2.4. Yükseklik (Height)	29
2.2.2.2.5. Geçiş Noktası (Cross-over Point).....	29
2.2.2.3. Sözel (Dilsel) Değişkenler.....	30
2.2.3. Bulanık Kümeler İçin Bazı Tanımlamalar	33
2.2.3.1. Normallik.....	33
2.2.3.2. α Kesim Kümesi	34
2.2.3.3. Dışbükeylik (Konvekslik).....	34
2.2.3.4. Geçiş Noktası.....	35
2.2.3.5. Düzey Kümesi	35
2.3. Bulanık Mantık Kavramının Avantajları ve Dezavantajları	35
2.4. Bulanık Karar Verme	36
2.5. Bulanık Çok Kriterli Karar Verme.....	37
2.6. Uygulamada Kullanılacak Bulanık ÇKKV Yöntemleri.....	38
2.6.1. Bulanık PIPRECIA Yöntemi.....	38
2.6.2. Bulanık MARCOS Yöntemi	42
2.6.3. Bulanık CoCoSo Yöntemi.....	50
2.6.4. Bulanık MAIRCA Yöntemi	53
2.6.5. Borda Sayım Yöntemi	57

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

BİR İŞLETME İÇİN İNSAN KAYNAKLARI YÖNETİMİ UYGULAMASI SEÇİMİ

3.1. Çalışmanın Amacı ve Uygulama Yöntemi	59
3.2. Problemin Bulanık PIPRECIA Yöntemi İle Çözümü.....	60
3.3. Problemin Bulanık MARCOS Yöntemi İle Çözümü.....	62
3.4. Problemin Bulanık CoCoSo Yöntemi İle Çözümü	66
3.5. Problemin Bulanık MAIRCA Yöntemi İle Çözümü.....	69
3.6. Borda Sayım Yöntemi İle Bütünleşik Sıralamanın Elde Edilmesi	73
SONUÇ.....	74
KAYNAKLAR.....	77
EKLER	91
ÖZ GEÇMİŞ	105

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Kesin Kümeler	20
Şekil 2. Bulanık Kümeler	21
Şekil 3. Üçgensel Bulanık Sayı	22
Şekil 4. Yamuksal Bulanık Sayılar	23
Şekil 5. Üçgen Üyelik Fonksiyonu	26
Şekil 6. Yamuk Üyelik Fonksiyonu	26
Şekil 7. Gaussian Üyelik Fonksiyonu	27
Şekil 8. Çan Şekli Üyelik Fonksiyonu	27
Şekil 9. Sigmoidal Üyelik Fonksiyonu	28
Şekil 10. S Üyelik Fonksiyonu	28
Şekil 11. Üyelik Fonksiyonun Kısımlarının Gösterimi.....	30
Şekil 12. Sözel Değişkenler İçin Bulanık Değerler	31
Şekil 13. Yaş Sözel Değişkeni İçin Belirlenen Terimler ve Üyelik.....	32
Şekil 14. a) Normal Bulanık Küme, b) Normal Olmayan Bulanık Küme	34
Şekil 15. Bulanık Kümeler a) Dışbükey b) Dışbükey Olmayan	34

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1. Dilsel İfadelerin Bulanık Sayı Gösterimleri	31
Tablo 2. PIPRECIA ve Bulanık PIPRECIA Yöntemlerinin Literatür İncelemesi.....	39
Tablo 3. Kriterlerin Değerlendirilmesi İçin Ölçek 1-2.....	41
Tablo 4. Kiterlerin Değerlendirilmesi İçin Ölçek 0-1	41
Tablo 5. MARCOS ve Bulanık MARCOS Yöntemi Literatür Araştırması	43
Tablo 6. Bulanık MARCOS Ölçeği	44
Tablo 7. Bulanık CoCoSo Yöntemi Dilsel Ölçek	50
Tablo 8. CoCoSo ve Bulanık CoCoSo Yöntemine Ait Literatür Araştırması	50
Tablo 9. Bulanık MAIRCA Yöntemi Dilsel Ölçek.....	53
Tablo 10. MAIRCA ve Bulanık MAIRCA Yöntemlerine Ait Literatür Araştırması	54
Tablo 11. Borda Sayım Yöntemine Ait Literatür Araştırması	57
Tablo 12. Normal Bulanık PIPRECIA Yöntemi İçin Dört Karar Vericinin Yedi Kitere İlişkin Değerlendirmeleri	61
Tablo 13. Normal Bulanık PIPRECIA Uygulamasının Sonuçları	61
Tablo 14. Ters Bulanık PIPRECIA Yöntemi İçin Dört Karar Vericinin Yedi Kitere İlişkin Değerlendirmeleri	61
Tablo 15. Ters Bulanık PIPRECIA Uygulamasının Sonuçları	62
Tablo 16. Kriterlerin Subjektif Ağırlıkları	62
Tablo 17. Alternatiflerin MARCOS Yöntemine Göre Bütünleşik Değerlendirme Sonuçları	63
Tablo 18. Genişletilmiş Karar Matrisi	63
Tablo 19. Normalize Matris	64
Tablo 20. Ağırlıklandırılmış Normalize Matris	64
Tablo 21. Ağırlıklı Toplam Değer Matrisi	65
Tablo 22. Alternatiflerin Fayda Dereceleri	65
Tablo 23. Alternatiflerin Fayda Fonksiyonları.....	66
Tablo 24. Alternatiflerin Sıralanması.....	66
Tablo 25. Alternatiflerin Bulanık CoCoSo Yöntemine Göre Bütünleşik Değerlendirme Sonuçları	67
Tablo 26. Normalize Matris	67
Tablo 27. S_i Değerleri	68
Tablo 28. P_i Değerleri	68
Tablo 29. Bulanık Değerlendirme Puanları	69
Tablo 30. Net Değerlendirme Puanları	69
Tablo 31. Alternatiflerin Performans Puanları ve Sıralamaları	69
Tablo 32. Alternatiflerin Bulanık MAIRCA Yöntemine Göre Bütünleşik Değerlendirme Sonuçları	70
Tablo 33. Teorik Değerlendirme Matrisi	70
Tablo 34. Normalize Matris	71
Tablo 35. Gerçek Düşünme Matrisi	71
Tablo 36. Boşluk Matrisi	72
Tablo 37. Değerlendirme	73
Tablo 38. Borda Sayım Yöntemi İle Nihai Sonuca Ulaşılması	73

EKLER DİZİNİ

Ek 1. KV ₁ 'in Bulanık MARCOS Yöntemi İle Alternatifleri Değerlendirmesi	92
Ek 2. KV ₂ 'nin Bulanık MARCOS Yöntemi İle Alternatifleri Değerlendirmesi	93
Ek 3. KV ₃ 'ün Bulanık MARCOS Yöntemi İle Alternatifleri Değerlendirmesi	94
Ek 4. KV ₄ 'ün Bulanık MARCOS Yöntemi İle Alternatifleri Değerlendirmesi	95
Ek 5. KV ₁ 'in Bulanık CoCoSo Yöntemi İle Alternatifleri Değerlendirmesi	96
Ek 6. KV ₂ 'nin Bulanık CoCoSo Yöntemi İle Alternatifleri Değerlendirmesi	97
Ek 7. KV ₃ 'ün Bulanık CoCoSo Yöntemi İle Alternatifleri Değerlendirmesi	98
Ek 8. KV ₄ 'ün Bulanık CoCoSo Yöntemi İle Alternatifleri Değerlendirmesi	99
Ek 9. Duyarlılık Analizi Sonuçları	100
Ek 10. KV ₁ 'in Bulanık MAIRCA Yöntemi İle Alternatifleri Değerlendirmesi	101
Ek 11. KV ₂ 'nin Bulanık MAIRCA Yöntemi İle Alternatifleri Değerlendirmesi	102
Ek 12. KV ₃ 'ün Bulanık MAIRCA Yöntemi İle Alternatifleri Değerlendirmesi	103
Ek 13. KV ₄ 'ün Bulanık MAIRCA Yöntemi İle Alternatifleri Değerlendirmesi	104

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

A_i	i. alternatif
C_j	j. değerlendirme ölçütü
d	En büyük durulaştırılmış fayda değeri
D_L	Başlangıç Dilsel Değerlendirme Matrisi
$\tilde{D}$	Bütünleşik Karar Matrisi
X_{ij}	j. değerlendirme ölçütü açısından i. alternatifin değeri
x_j^0	j ölçütüne ilişkin en uygun değer
σ_j	j ölçütüne ilişkin değerlerin standart sapması
$\mu(x)$	Üyelik Fonksiyonu
Q_i	Göreceli Önem Değeri
r_{ik}	k. kriter altındaki i. alternatifin sırası
$\tilde{K}_i^-$	i. alternatifin ideal olmayan çözüme göre bulanık fayda değeri
$\tilde{K}_i^+$	i. alternatifin ideal çözüme göre bulanık fayda değeri
$f(\tilde{K}_i^+)$	İdeal çözüme ilişkin bulanık fayda fonksiyonu
$f(\tilde{K}_i^-)$	İdeal olmayan çözüme ilişkin bulanık fayda fonksiyonu
$f(K_i^+)$	İdeal çözüme ilişkin durulaştırılmış fayda fonksiyonu
$f(K_i^-)$	İdeal olmayan çözüme ilişkin durulaştırılmış fayda fonksiyonu
$f(K_i)$	i. alternatifin nihai fayda fonksiyonu
M	Toplam Alternatif Sayısı
$\tilde{S}_i$	i. alternatifin toplam bulanık ağırlıklı normalize değeri
$\tilde{S}_g$	Bulanık İdeal Çözüm Toplam Ağırlıklı Normalize Değeri
$\tilde{S}_{ag}$	Bulanık İdeal Olmayan Çözüm Toplam Ağırlıklı Normalize Değeri
$\overline{s_j^r}$	r karar vericisi tarafından kriterlerin değerlendirilmesi
$\tilde{T}_{PA}$	Bulanık Teorik Değerlendirme Matrisi
$\tilde{t}_i$	i. alternatifin bütünleşik bulanık fayda değeri
$\overline{w_j''}$	Kriterlerin nihai ağırlığı
$\tilde{A}(ID)$	Bulanık İdeal Çözüm

$\tilde{A}$ (AI)	Bulanık İdeal Olmayan Çözüm
$\tilde{v}_{ij}$	i. alternatifin j kriteri açısından bulanık ağırlıklı normalize değeri

Kısaltmalar

AHP	Analitik Hiyerarşi Süreci (Analytic Hierarchy Process)
ARAS	Toplamsal Oran Değerlendirmesi (Additive Ratio Assessment)
BWM	En İyi-En Kötü Yöntemi (Best-Worst Method)
CILOS	Kriterlerin Kayıp Etkisi (Criterion Impact LOSs)
CoCoSo	Birleşik Uzlaşma Çözümü (COMBINED COMPROMISE SOLUTION)
COPRAS	Karmaşık Nisbi Değerlendirme (COMPLEX PROPORTIONAL ASSESSMENT)
CRITIC	Kriterler Arası Korelasyon Açısından Kriterlerin Önemi (CRITERIA IMPORTANCE THROUGH INTERCRITERIA CORRELATION)
ÇKKV	Çok Kriterli Karar Verme
DEMATEL	Karar Vermede Deneme ve Değerlendirme Laboratuvarı (DECISION MAKING TRIAL AND EVALUATION LABORATORY)
EDAS	Ortalama Çözüme Uzaklığa Göre Değerlendirme (EVALUATION based on DISTANCE FROM AVERAGE SOLUTION)
ELECTRE	Eleme ve Seçim Yansıtan Gerçeklik (ELIMINATION ET CHOIX Traduisant la Réalité)
FUCOM	Tam Tutarlılık Yöntemi (FULL CONSISTENCY METHOD)
GRA	Gri İlişkisel Analiz (Grey Relational Analysis)
IDOCRIW	Objektif Kriter Ağırlıklarının Bütünleşik Olarak Belirlenmesi (INTEGRATED DETERMINATION OF OBJECTIVE CRITERIA WEIGHTS)
LBWA	Düzey Temelli Ağırlık Değerlendirmesi (LEVEL BASED WEIGHT ASSESMENT)
LOPCOW	Logaritmik Yüzde Değişime Yönelik Hedef Ağırlıklandırma (LOGARITHMIC PERCENTAGE CHANGE-DRIVEN OBJECTIVE WEIGHTING)
MABAC	Çok Nitelikli Sınır Yakınlık Alanı Karşılaştırması (MULTIATTRIBUTIVE BORDER APPROXIMATION AREA COMPARISON)
MAIRCA	Çok Kriterli İdeal-Gerçek Karşılaştırma Analiz (MULTIATTRIBUTIVE IDEAL-REAL COMPARATIVE ANALYSIS)
MARCOS	Uzlaşık Çözüme Göre Alternatifleri Değerlendirme ve Sıralama (MEASUREMENT OF ALTERNATIVES AND RANKING ACCORDING TO COMPROMISE SOLUTION)

PIPRECIA	Pivot İkili Görelî Ölçüt Önem Değerlendirmesi (PIvot PAirwise RElative Criteria Importance Assessment)
SAW	Basit Toplamsal Ağırlıklandırma Yöntemi (Simple Additive Weighting)
SWARA	Adım Adım Ağırlık Değerlendirme Oran Analizi (A Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis)
TOPSIS	İdeal Çözüme Benzerliğe Göre Tercih Sıralaması Yöntemi (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)
WPM	Ağırlıklı Çarpım Yöntemi (Weighted Product Method)



GİRİŞ

Günümüz rekabetçi ortamında işletmelerin uzun vadeli sürdürülebilirlik sağlamaları için sürekli olarak değişim ve gelişim içinde olması gerekmektedir. Bu rekabette sektörel performansın artırılması işletme içi faaliyetlerin etkinleştirilmesiyle sağlanabilmektedir. Doğru ve etkin kararların alınabilmesi bilgilerin en uygun şekilde kullanılmasıyla mümkün hale gelmektedir. Çok fazla kriter ve alternatifin olduğu gerçek hayat problemlerinde etkin karar verme yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Oluşan karmaşık modelin çözülmesinde karar vericilerin görüşleri, bilimsel analiz ve analitik süreçler bir araya getirilerek işletmelerin rakiplerine üstünlük sağlamasını kolaylaştırmıştır.

En sade tanımıyla karar; hareket ya da fikir bekleyen bir olay karşısında verilen tepki ve fiiler bütünüdür. Karar verme ise; belirli bir problemi çözmek ve amaca ulaşmak için bazı ölçütler altında mevcut alternatifler arasından en uygun olanı seçme işlemi olarak tanımlanabilmektedir. Karar verme sürecinde ilk olarak problem belirlenir. Sonrasında çözüme varılmasını sağlayacak seçenekler belirlenir ve karar verici tarafından belirlenen kriterler altında bu seçenekler değerlendirilir ve en uygun seçeneğin belirlenmesi hedeflenir.

Karar verme sürecinin günümüzde daha karmaşık bir hal almasının sebepleri arasında kriterlerin ve alternatiflerin çokluğu gösterilebilir. Bu karmaşıklık halinde problemlerin en kısa ve en etkin çözüm yolu Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinin uygulanmasıdır. ÇKKV yöntemleri problemlere gerçekçi çözümler üretmesi, nicel ve nitel verilerle analiz yapabilmesi ve karmaşık matematiksel işlemler gerektirmemesinden dolayı uygulanabilirliği yüksek yöntemlerdir. ÇKKV yöntemleri kişisel kararlardan işletmeler tarafından verilmesi gereken kararlara kadar uygulanması mümkün yöntemlerdir. ÇKKV yöntemleri kriter ve kriterlerin ağırlıklarının objektif veya subjektif olarak belirlenmesi, alternatiflerin puanlanması, sıralanması ve sınıflandırılması gibi işlemler yaparak karar vericilere yardımcı olmaktadır.

Karar verme sürecinde problemler belirsizlik içerebilmektedir. Bu durumda klasik ÇKKV yöntemleri yetersiz kalabilmektedir. Bu belirsizliğin giderilmesinde bulanık ÇKKV yöntemlerinin kullanılması yerinde bir karar olacaktır. Bulanık ÇKKV yöntemlerinde karar vericilerin yaptıkları sözel değerlendirmeler matematiksel karar sürecine uyumlu hale getirilerek çözümleme yapılmaktadır. Bu çalışmada, karar

sürecinde birden çok kriter ve alternatifin olmasından doğan karmaşıklığın giderilmesi ve şirket için uzun vadeli kullanımı sağlamak amacıyla işletme için en uygun insan kaynakları uygulaması seçimi problemi ele alınmıştır. Problemin çözümünde Bulanık PIPRECIA, Bulanık MARCOS, Bulanık CoCoSo ve Bulanık MAIRCA yöntemleri ile çözüm aranmıştır. Farklı yöntemlerin sonuçlarından tek bir sıralama elde edilmesi için Borda Sayım Yönteminden yararlanılmıştır. Problem ele alınırken dört karar vericiden yararlanılarak kriter ve alternatifler değerlendirilmiştir. Probleme konu olan insan kaynakları uygulaması seçimi işletmenin dijitalleşerek teknolojiyi takip etmesini, daha az zaman kaybıyla kararlar alabilmesini ve şirket çalışanlarının ve operasyonların tek bir platform altında toplanmasını sağlamıştır.

Literatürde yeni olan bu yöntemlerin bir arada kullanımına rastlanılmamıştır. Ayrıca probleme konu olan insan kaynakları uygulamasının seçilmesine dair bir çalışma literatürde yer almamaktadır. Yapılan çalışmayla bu açığın kapatılması amaçlanmaktadır. Uygulama da farklı yöntemlerin kullanılmasına ek olarak çalışmanın diğer bölümlerinde ÇKKV yöntemlerine ve Bulanık ÇKKV yöntemlerine ayrıntılı bir şekilde yer verilmiştir. Bu sayede içerdiği bilgiler doğrultusunda gelecek çalışmalar için kaynak oluşturmak hedeflenmiştir.

Üç bölümden oluşan tez çalışmasının ilk bölümünde karar teorisi ve Çok Kriterli Karar Verme ele alınmıştır. İlk olarak karar verme ve karar verme süreci tanımlanmış ardından karar modelleri açıklanmıştır. Karar ağaçlarına değinilerek Çok Kriterli Karar Verme kavramının ortaya çıkışı tanımlanmıştır. Çok Kriterli Karar Verme problemleri ile ilgili bilgi verildikten sonra ÇKKV yöntemlerinde normalizasyon teknikleri anlatılmış ve son olarak kriter ağırlıklandırma işlemleri ile ilgili bilgilerle birinci bölüm sonlanmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde ilk olarak bulanık mantık kavramı üzerinde durulmuş, bulanık mantığın tarihçesi ve bulanık küme teorisi hakkında bilgilere yer verilmiştir. Devamında bulanık mantık kavramının avantaj ve dezavantajlarına değinildikten sonra bulanık karar verme ve bulanık çok kriterli karar verme anlatılmıştır. Son olarak uygulamada kullanılacak olan Bulanık PIPRECIA, Bulanık MARCOS, Bulanık CoCoSo, Bulanık MAIRCA ve Borda Sayım Yöntemleri hakkında bilgiler verilmiş ve literatürde yer alan çalışmalarına değinilmiştir.

Çalışmanın son bölümü olan üçüncü bölümünde lojistik, depolama, satış ve ticari pazarlama alanında faaliyet gösteren bir işletme için insan kaynakları uygulaması seçim

problemi ele alınmıştır. Probleme konu olan uygulama ile şirketin İK, muhasebe ve satış gibi birçok departmanının işleri hızlanacak ve kolaylaşacaktır. Bu uygulamalar dijitalleşen dünyada şirketlerin rekabet gücünü artırması ve sektörü takip edebilmesi adına oldukça önem taşımaktadır. Belirlenen yöntemler ile probleme çözümleme yapılmıştır. Sonuç ve öneriler kısmında ise çalışmada elde edilen sonuçlar tartışılmış ve gelecekte yapılabilecek çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.



BİRİNCİ BÖLÜM

KARAR TEORİSİ VE ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME

İnsanlar gerek iş yaşamları, gerekse özel yaşamlarında karar almak zorundadır. Karar, bir iş veya sorun hakkında düşünülerek verilen kesin yargı olarak tanımlanmaktadır. Karar verme ise hedef ve amaçlara ulaşılması için mevcut alternatifler arasından birini seçme işlemidir (Yıldırım ve Önder, 2018:1). Ayrıca karar verme işlemi, karar vericinin farklı seçeneklerle karşı karşıya kaldığı durumlarda bu alternatifler arasından kendi amaçlarına ve kendi belirlediği ölçütlere en uygun olanı seçebilmesidir (Ersöz ve Kabak, 2010: 98).

İşletme yöneticilerinin temel görevlerinden biri karar vermedir. Artan rekabet ve maliyet gibi nedenler karar verme sürecini yavaşlatmaktadır. Bu nedenle rasyonel kararlar alabilmek için tecrübeler, sezgiler ve sınırlı bilgilere ek olarak sistematik ve analitik bilgilere de ihtiyaç duyulmaktadır: (Yıldırım ve Önder, 2018: 1). Karar teorisine göre kötü bir karar, sistematik ve analitik olmayan, mantıksal bir esasa dayanmayan ve tüm seçenekleri göz önüne almadan verilen bir karardır (Karakaşoğlu, 2008: 4).

1.1. Karar Verme

Karar verme, insan yaşamının her safhasında karşılaşılan, insan doğası ve yaşam koşullarının gereği olarak başvurulmuş zihinsel bir süreç ve faaliyettir (Arıkan, 2008: 5). Yaşamın her alanında fark ederek ya da etmeyerek birçok karar verilmektedir. Karar ve karar verme kavramları arasındaki fark literatürde açıkça belirtilmiştir. Karar genel anlamıyla; verildiği andan sonra belirsiz durumların kesinlik kazandığı ve alternatifler arasından en iyi olanın belirlenmesini temsil eden nihai üründür (Gök, 2015: 12). Karar verme ise bu durumu bir süreç olarak ele alır ve karar vericinin değerlerine ve tercihlerine göre seçeneklerin belirlenmesi ve sonuca varılmasına dayanmaktadır (Özçil, 2020:4).

Diğer bir tanımla karar verme, birbiriyle çelişen ve aralarında rekabet olan kriterler ile değerlendirilen alternatifler kümesinden en uygun olanı seçmektir (Saaty, 1986: 841). Karar verme, hedef ve amaçların gerçekleştirilmesi yönünde alternatif eylem planlarından birini seçme süreci olarak tanımlanabilmektedir. Karar verme tüm yönetim fonksiyonlarının özünü oluşturur. Doğru kararın alınması rekabet avantajı kazanmak ve bunu sürdürmek için önemlidir (Kuruüzüm ve Atsan:2001: 84).

Bir problemin karar problemi olabilmesi için aşağıdaki şartları taşıması gerekmektedir:

- Birden çok davranış yolunun bulunması,
- Her bir davranışın sonuçlarının birbirinden farklı olması,
- Gerçekleştirilmek istenen birtakım amaçların olması.

Tek bir davranış yolunun bulunması durumunda karar vermeden söz edilemez. Tüm bu koşullar sağlandığında karar verici, problemin yapısını bir model biçiminde ortaya koyabilmektedir (Karakaşoğlu, 2008:5).

Karar verme sürecinin oluşabilmesi için belli koşulların yerine getirilmesi gerekmektedir:

- Amacın belirlenmesi ve sorunun tanımlanması
- Amacı ve sorunları irdeleme, öncelik belirleme
- Alternatiflerin belirlenmesi
- Alternatifleri irdeleme ve değerlendirme
- Seçim kriterlerini belirleme ve seçim yapma şeklinde sıralanabilir (Yıldırım ve Önder, 2018:1).

1.2. Karar Verme Süreci

İyi karar verebilmek için karar verme sürecinin nasıl oluştuğunu ve hangi evrelerden geçerek karara varıldığını bilmek önemlidir. Etkin ve verimli bir sonuca ulaşmak için gerekli bilgileri toplamak gerekir. Bu bilgilerin toplanması kararın verilmesindeki aşamalardan biri olarak görülmektedir. Karar alma süreci literatürde farklı şekillerde sistematize edilmiş olsa da bu çalışmada genel kabul görmüş süreç aşağıda verilmiştir.

- Sorunun (amacın) tanımlanması
- Çeşitli alternatiflerin geliştirilmesi
- En uygun alternatifin seçilmesi
- Kararın uygulamaya konulması ve sonuçların izlenmesi (Emhan, 2007:215).

Karar verme, amaç, hedef ve stratejilerin bir sistem bütünlüğü çerçevesinde algılanmasını gerektirmektedir. Belirlenen hedeflere varmak için izlenmesi gereken süreçler, değişen ve gelişen bilgi ve iletişim teknolojileri vb. koşullarına göre en iyi olanı

belirlemek amacıyla kullanılan çeşitli analiz, yaklaşımlar ve yöntemler bulunmaktadır. Karar verme sürecine analitik olarak yaklaşabilmek için kararı oluşturan temel unsurların önceden belirlenmesi önemlidir. Karar verme sürecinde gerekli olan temel öğeler şunlardır.

Karar vericiler: Mevcut seçenekler arasından en uygun olanı seçmek için yetki ve sorumluluğu olan kişi ya da grubu ifade eder.

Amaç: Karar vericilerin belirledikleri tercihlere göre yaptıkları faaliyetlerin sonucu olarak mevcut durumun yeni halini yani değişmiş olanı tanımlamaktadır.

Karar Kriterleri: Seçenekleri belirleme sürecinde karar verenlerin temel aldıkları değerler bütünüdür. Bir kararın ne ölçüde gerçekleştirilebildiğinin değerlendirilmesine yarayan ölçüdür. Kriterler, fayda ya da maliyet yönlü olmaktadır. Her bir problem çoklu kriterlere sahip olmaktadır. Karar vericiler, her problem için uygun ve yeterli miktarda kriter belirlemelidirler. Kriterlerin sayısı problemin doğasına bağlıdır.

Seçenekler: Problemin çözümünde kullanılabilecek olan farklı çözümleri ifade eden kontrol edilebilir yaklaşımlardır. Seçenekler, çoklu amaçların veya kriterlerin performansı bağlamında ifade edilmektedir.

Olaylar: Karar verenin kontrolü altında olmayan ve seçenek tercihini etkileyebilen çevresel faktörlerdir.

Kriter Ağırlığı: Neredeyse tüm ÇKKV yöntemleri her bir kriterin göreceli önemine dair veriye ihtiyaç duymaktadır. Bu veri genellikle ordinal ya da kardinal ölçek tarafından sağlanmaktadır.

Ölçme: Tercihlerin ya da kriterlerin sayısallaştırılmasını ifade etmektedir.

Sonuç: Karar verme sürecinin mutlaka bir sonucu vardır. Sonuç, her bir olay ve alternatiften ortaya çıkışını yansıtır (Özbek, 2019: 16).

Karar problemleri, tüm mevcut alternatifler arasından mümkün olan en iyi alternatifin seçilmesi problemleri olup; alternatifler, mevcut olaylar, mevcut olayların olasılıkları, sonuçlar ve kriterleri içermektedir (Yıldırım ve Önder, 2018: 2).

1.3. Karar Modelleri

İşletmelerin yönetiminde verilen kararları değişik kriterlere göre gruplamak ve tiplere ayırmak mümkündür. Karar modelleri ile ilgili en çok kullanılan sınıflamalar şunlardır:

- Programlanabilen ve programlanamayan kararlar,
- Stratejik ve operasyonel kararlar,
- Kişi ve grup kararları,
- Alt ve üst kademe kararları,
- Belirlilik ve belirsizlik şartları altında verilen kararlardır.

Alınan bir karar yukarıdaki sınıflandırmalardan birine dahil olabileceği gibi birkaçına da dahil olabilir. Örneğin üst kademelerde verilen kararların çoğu stratejik nitelikte, programlanamayan ve belirsizlik şartları altında verilen kararlardır.

Kararlar; olaylar, olayların gerçekleşme olasılıkları arasındaki ilişkiye göre:

- Belirlilik Halinde Karar Verme
- Risk Altında Karar Verme
- Belirsizlik Altında Karar Verme
- Kısmi bilgi halinde karar verme
- Rekabet halinde karar verme olarak da sınıflandırılabilir (Yıldırım ve Önder, 2018: 3).

1.3.1. Belirlilik Halinde Karar Verme

Belirlilik ortamında karar verici, mevcut alternatiflerin hangi şartlar altında gerçekleştiği ve nasıl sonuç vereceği konusunda tam ve kesin bir bilgiye sahiptir (Emhan, 2007: 218). Yani ortaya çıkacak olan olayın olasılığı 1'dir. Her bir seçime ilişkin tam bir bilgi olduğundan karar veren kişi gelecek konusunda güvenceli bilgiye sahiptir (Karakaşoğlu, 2008: 9). Örneğin; devlet tahviline, kamu ortaklığı fonu tahvillerine yapılacak olan bir yatırım sonunda elde edilecek gelir tutarı kesin olarak bilindiği için tahvillere yapılacak yatırım kararı belirlilik altında karar vermeyele ilgili olmaktadır (Emhan, 2007: 218). Doğrusal programlama modelleri de belirlilik altında karar vermenin bir örneğidir. Bu modeller yalnızca alternatiflerin kendi aralarında iyi tanımlanmış matematiksel doğrusal fonksiyonlarla ilişkilendirilebileceği durumlarda uygundur (Karakaşoğlu, 2008: 10).

1.3.2. Belirsizlik Altında Karar Verme

Çeşitli karakterdeki sorunların çözüm bulabilmesi için verilen kararın istenildiği gibi gerçekleşmesi, kesin olarak tanımlanamayan etkenlere bağlı ise bu gibi durumlarda belirsizlik durumunda karar vermede söz edilebilmektedir. Bu durumda karar vermede her bir seçenek sorunun çözümünde kullanılacak olan ortamlara göre birden fazla sonuç sağlayabilir. Ancak bu sonuçların olasılığı bilinmemektedir (Akıllı, 2018: 10).

Belirsizlik altında karar verme, en zor ve en çok karşılaşılan karar verme durumudur. Bu tip karar verme durumunda probleme ilişkin az ya da eksik bilgi vardır (Karakaşoğlu, 2008: 10). Farklı sonuçlar ortaya çıkması nedeniyle karar verici, mevcut durumu çok iyi analiz etmeli ve içinde bulunduğu duruma en uygun yaklaşımı seçmelidir (Karaca, 2011: 12).

Karar vericilerin belirsizlik halinde karar vermelerine yardımcı olan başlıca karar ölçütleri şunlardır:

- İyimserlik (Maximax) Ölçütü,
- Kötümserlik (Maximin) Ölçütü,
- Pişmanlık (Minimaks) Ölçütü,
- Gerçekçilik (Hurwicz) Ölçütü,
- Eşit Olasılık (Laplace) Ölçütü (Karakaşoğlu, 2008: 11).

1.3.2.1. İyimserlik (Maximax) Ölçütü

İyimser yaklaşım her bir karar alternatifini maksimum kar oranına dayalı olarak değerlendirir. Problemde maksimum kar elde edilmek istendiğinde bu yaklaşım karar vericiyi maksimum kar oranını sağlayacak alternatife yönlendirmektedir. Maliyet yapılı problemlerde ise karar vericiyi maliyeti en aza indiren alternatife yönlendirmektedir (Karaca, 2011: 13). Bu ölçüte göre:

Her bir karar alternatifinin maksimum getirisi bulunur.

Bu maksimum gelirler arasından en büyük getirisi olan karar olarak seçilir (Karakaşoğlu, 2008: 12).

1.3.2.2. Kötümserlik (Maximin) Ölçütü

Her stratejinin iyi tarafını görüp en iyi sonuca odaklanan karar vericiler olduğu gibi her stratejinin kötü tarafını görüp en kötü sonuca odaklanan karar vericiler de vardır.

Maximin stratejisi olarak da adlandırılan kötümser yaklaşım, her zaman en kötü sonucun ortaya çıkacağı varsayımına dayanan bir yaklaşımdır. Kötümser yaklaşıma göre izlenecek en iyi yol mevcut stratejilerin zararlarını hesaplayarak bunların arasından en az zarar getiren stratejiyi seçmektir. Başka bir ifadeyle bu yaklaşım ‘Kötünün İyisi’ni seçmek olarak da adlandırılabilir (Karaca, 2011: 15).

İlk olarak Wald tarafından önerilen bu ölçütü ‘hangi stratejiyi uygularsam uygulayayım benim için en kötü sonuçları doğuracak doğal durumlarla karşılaşırım’ diye düşünen kötümser karakterli karar vericilere yöneliktir. Bu karar ölçütüne göre en kötü sonuçlar içinden en iyisini veren strateji en iyi strateji olarak seçilir. Bu ölçüt kullanıldığında karar vericinin kar zarar tablosundaki en yüksek kazançla ulaşma şansı oldukça az olacaktır (Karaca, 2011: 15).

1.3.2.3. Pişmanlık (Minimax) Ölçütü

Ölçütün temel ilkesi, bir stratejinin uygulanması sonucu elde edilmesi beklenen kazançların yanı sıra diğer stratejilerin uygulanmamış olmalarından ortaya çıkan kayıpları da dikkate alır. Pişmanlık ölçütü, her bir strateji için en büyük pişmanlığı belirler ve sonra söz konusu pişmanlıkları en küçükmeye çalışır. Burada önemli olan pişmanlık matrisinin yani pişmanlık ölçütünün belirlenmesidir. Pişmanlık ölçütünü fırsat kayıpları belirler. Fırsat kaybı ise eksik ya da değerlendirilmeyen bilgiden dolayı elde edilemeyen kazançtan doğan zarardır (Kara, 2013: 27).

1.3.2.4. Gerçekçilik (Hurwicz) Ölçütü

Leonid Hurwicz tarafından geliştirilen bu karar modelinde amaç, bir kısmı aşırı iyimser bir kısmı aşırı kötümser düşüncelere sahip karar vericiler arasında bir uzlaşma yolu olarak çözüme ulaşmaktır. Bu kurala göre, ödeme matrisinde yer alan her seçenek için en iyi ve en kötü ödeme sütunları oluşturulur. Her maximax değeri için iyimserlik katsayısı (α), her maximin değeri için kötümserlik katsayısı ($1-\alpha$) olarak hesaplanmaktadır. En büyük beklenen değeri veren alternatif en uygun seçenek olmaktadır (Çürük, 2007: 14).

Hurwicz ölçütüne göre karar vericinin karar problemi kazanç yapılı ise;

$$\max_i [\alpha \max_j (a_{ij}) + (1 - \alpha) \min_j (a_{ij})]$$

Maliyet yapılı ise;

$$\min_i [\alpha \min_j (a_{ij}) + (1 - \alpha) \max_j (a_{ij})]$$

İşlemine karşı gelen strateji seçilir. Buradaki α ($0 \leq \alpha \leq 1$), karar vericinin iyimserlik derecesini ve $(1-\alpha)$ ise kötümserlik derecesini göstermektedir. $\alpha=1$ ise karar verici bütünüyle iyimser demektir. Bu durumda Hurwicz ölçütü iyimserlik ölçütüne dönüşür. Benzer biçimde $\alpha=0$ ise, ölçüt kötümserlik ölçütüne dönüşmektedir (Karaca, 2011: 16).

1.3.2.5. Eşit Olasılık (Laplace) Ölçütü

Bu ölçüt Laplace tarafından ortaya atılan bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım karar vericinin mevcut doğa durumlarından hangilerinin ortaya çıkacağına dair yeterli bilgiye sahip olmadığını ve her doğa durumunun ortaya çıkma olasılığının eşit olduğunu varsaymaktadır. Karar verici her doğa durumuna eşit olasılık atayacaktır. Bu olasılığın değeri $1/n$ (n : doğa durumu sayısı) olacaktır. Bu hesaplara göre alınabilecek en optimal karar, en yüksek kar oranını sağlayan stratejiyi seçmektir (Karaca, 2011: 17).

1.3.3. Risk Altında Karar Verme

Karar verici ya da karar vericilerin alacağı bir karara ilişkin farklı koşullar söz konusu olduğundan, her bir seçeneğin her bir koşul altında varacağı sonuçlar belirli bir olasılık ile oluşacaktır. Seçeneklerin tercihinin belirli olasılıklara dayanarak yapıldığı duruma risk ortamında karar verme ya da stokastik karar problemleri denmektedir.

Karar verici, karar verme sürecindeki seçenek ya da olayların gerçekleşeceğini bilir ancak elinde net ve doğrulanabilir bilgi yoktur. Bu durumlarda karar verici olayların olasılıklarını belirlemek istemektedir. Karar vericinin risk ortamını oluşturabilmesi için olayların:

- Kesin sayısını,
- Kesin sınırlarını,
- Olasılıklarını saptayabilme olanağını ve
- Olayların sabit olup olmadığını bilmesi gerekmektedir.

Yani seçenek ya da olayların bilinmesi yerine kesin olasılık değerlerinin belirlenmesi risk ortamında yeterli olacaktır (Cömert, 2018: 14).

1.4. Karar Ağaçları

Karar ağaçları, karar seçenekleri ve olay durumlarını bir arada ifade etmede kullanılan ve karar verme durumlarını daha iyi ifade eden karar analizi şeklidir. Karar ağaçları düğümlerden ve düğümlerin gittiği yollardan oluşmaktadır (Özcan ve Külahlı, 2020: 37).

Karar ağaçları; ürün planlama, süreç analizi ve kapasitesi, kuruluş yeri seçimi gibi karar problemlerinde sıkça kullanılan bir yaklaşımdır (Cömert, 2018: 16). Risk altında karar verme yöntemi ile aynı hesaplamalar yapılmaktadır. Karar, durum düğümlerinden oluşmaktadır. Süreç sondan başa doğru ilerlemektedir (Özcan ve Külahlı, 2020: 37).

1.5. Çok Kriterli Karar Verme Tanımı ve Ortaya Çıkışı

İnsanlığın ilk yıllarından itibaren karar verme çok boyutlu bir süreç olmuştur. Hızla gelişen teknolojik ve ekonomik büyüme insan yaşamını değiştirdiği gibi günümüz toplumunu da, karmaşık karar verme problemleri ile yüz yüze getirmiştir (Arıkan, 2008: 18).

ÇKKV, benzer ölçülere sahip olmayan ve birbiriyle çatışan kriterler ile karakterize edilebilen problemler ile karşılaşılması durumunda, çözülmek istenen probleme özgü değer yargılarına uygun seçim yapılmasını sağlamaya yönelik tasarlanan teknikleri veya yöntemleri kapsayan bir kavramdır (Yücel, 2018: 30).

ÇKKV yöntemleri, çok sayıda kriter ile alternatifleri bir araya getirerek eş zamanlı olarak çözebilen bir yapıya sahiptir. Bu durum uygulamada karşılaşılan problemlerin karmaşık yapısı düşünüldüğünde doğru karar vermeyi kolaylaştıran önemli bir avantajdır (Arıkan, 2019: 15).

ÇKKV, en çok tercih edilen seçenektan en az tercih edilen seçeneğe kadar genel bir seçenek düzeni oluşturmak amacıyla bir yaklaşım ve bir dizi tekniktir. Seçenekler, çeşitli hedeflere ulaştıklarında farklılık gösterebilmekte ve hiçbir seçenek tüm hedeflere ulaşmada en iyi seçenek olmayacaktır. Çok kriterli karar verme, karmaşık sorunlara, parçaların daha kolay yönetilmesine ve parçaların bir araya getirilmesine yönelik karar vericilere genel bir yol çizmektedir. Buradaki amaç düşünmeye ve karar vermeye yardımcı olmaktır. ÇKKV, seçeneklerin hedeflere ulaşma derecesinin ölçülmesine, ağırlık değerlerinin hesaplanmasına ve bir araya getirilmesine ilişkin farklı yollar sunmaktadır (Ertuğrul ve Budak, 2019: 66).

ÇKKV yöntemleri, alternatiflerin kriterler üzerinde performanslarını kapsamlı bir şekilde ele alınması yoluyla insanların etkili ve verimli kararlar almasına yardımcı olmaktadır. Karar vericiler ÇKKV yöntemleri kullanarak karmaşık karar problemlerini tutarlı ve sistematik bir biçimde çözebilirler (Özçil, 2020: 6). ÇKKV, önceden belirlenen kriterlere göre en uygun çözümü belirlemeye yönelik bir optimizasyon sürecidir (Ecer, 2020: 22).

ÇKKV yöntemleriyle ilgili ilk kaynak 1772 yılında yayımlanan ve Franklin'e ait olan 'Letter to Joseph Priestley' yayınıdır. Ancak bu alandaki dikkate değer diğer gelişmeler toplumun ve iş hayatının artan gereksinimleri nedeniyle 1960'lı yıllarda gerçekleşmiştir. O yıllardan bugüne geliştirilen çok sayıda ÇKKV yöntemi bulunmaktadır ve bunlar ihtiyaç duyulan bilginin miktarı, kullanım kolaylığı, analiz süresi ve matematiksel özellikleri bakımından birbirinden farklılaşmaktadır (Ecer, 2020: 23).

Hayatın her alanında olduğu gibi işletmeler ve büyük organizasyonların da geleceklerini yönlendirmede ve karar almalarında yöneticilerin büyük sorumlulukları vardır. Geçmişte karar problemlerinin çözümünde sınırlı bilgilere sahip yöneticiler deneyim ve sezgilerine dayanarak karar verirlerdi. Ancak ulusal ve uluslararası rekabetin baskısı, belirsizliklerin artması ve maliyet gibi nedenlerle karar probleminin çözümünde deneyim ve sınırlı bilgilerin yanı sıra sürece etki edebilecek tüm faktörlerin değerlendirilerek alternatifler arasından seçim yapılması gerekmektedir. Karmaşık yapıdaki bu problemler için ÇKKV yöntemleri geliştirilmeye başlanmıştır (Üçüncü, 2019: 26).

ÇKKV yöntemleri, performans değerlendirme, depo kuruluş yeri seçimi, tedarikçi seçimi, finansal yatırım kararları, sağlık hizmetleri atıklarının değerlendirilmesi, bankacılık performansı, çalışan performansı gibi birçok alanda kullanılmaktadır (Üçüncü, 2019: 27).

1.6. Çok Kriterli Karar Verme Problemleri

İnsanlar her zaman karşılarına çıkan seçenekleri, seçim kriterlerine göre kıyaslar, sıralar ve seçerler. Sadece çok basit veya alışılmış durumlarda, tek bir seçim kriteri ile tam bir tatmine ulaşılabileceğini söyleyebiliriz. Çok kriterli karar verme problemlerine örnek olarak bir ev satın almak isteyen kişi; evin fiyatının uygun olması, işçilik ve malzeme kalitesi, iyi bir semtte olması, ulaşım kolaylığı, hava kirliliğinin olmaması gibi

birçok kriteri göz önünde bulundurmaktadır. Bakıldığında birçok kriterin varlığı ve karmaşıklığı görülmektedir. Dolayısıyla karar için bazı kriterlerden vazgeçilerek veya kriterleri dengeleyerek bir çözüme ulaşmak mümkündür (Arıkan, 2008: 22).

ÇKKV, çok az bilgi gerektiren basit yaklaşımlardan matematiksel programlama tekniklerine dayanan, her bir özellik ve karar vericilerin tercihi hakkında kapsamlı bilgi gerektiren oldukça ileri yöntemlere kadar değişebilmektedir. Greening ve Bernow'a göre aşağıda ifade edildiği gibi ÇKKV problemlerinin ortak özellikleri bulunmaktadır:

- 1- Gösterilebilir, önceliklendirilebilir, seçilebilir ve/veya sıralanabilir sonlu sayıda alternatifler
- 2- Problemin doğasına bağlı kriterlerin sayısı
- 3- Her bir kriterin ölçümüne özgü birim setleri
- 4- Her kriterin nisbi öneminin karakterize edilmesi için potansiyel
- 5- Matris formatı (Burada sütunlar belirli bir sorunda ele alınan özellikleri, satırlar ise rekabet eden alternatifleri karşılaştırır).

Her ÇKKV probleminin çözümü, karar verme matrisinin oluşturulmasıyla başlar. Karar matrisinin elemanları gerçek sayılar, aralıklar, olasılık dağılımları ve nitel etkiler olabilir (Akıllı, 2018: 17).

ÇKKV problemleri aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi 3 başlık altında toplanabilmektedir.

1.6.1. Seçim Problemleri

Seçim problemlerinde amaç, en iyi alternatifin belirlenmesi ya da birçok alternatifin bulunduğu birbiriyle kıyaslanması zor veya eşit ağırlıklara sahip bir küme içerisinde iyi bir seçim yapılmasıdır. Bir yöneticinin spesifik bir proje için seçeceği çalışan bu tür problemlere bir örnek olarak gösterilebilmektedir.

1.6.2. Sınıflama Problemleri

Bu tür problemlerde alternatifler, belirli kriter ya da tercihlere göre sınıflandırılmaktadır. Buradaki amaç, benzer özellikleri ve davranışları gösteren alternatiflerin tekrar bir araya getirilmesidir. Örneğin bir iş yerinde çalışanların performanslarını güçlü, ortalama ve zayıf olarak tasnif edip buna göre çalışanların değerlendirilmesi bir sınıflama problemidir.

1.6.3. Sıralama Problemleri

Sıralama problemlerinde alternatifler iyiden kötüye doğru ölçülebilir bir şekilde sınıflanırlar. Bu tasnif işlemi çeşitli şekillerde çok parçalı olabilir. Örneğin, dünyadaki üniversitelerin sıralamasında dikkate alınan kriterler bu çok parçalı yapıya örnek olarak verilebilmektedir (Yıldırım ve Önder, 2018: 18, 19).

1.7. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinde Normalizasyon İşlemleri

Diğer adıyla standardizasyon olan normalizasyon işlemi çok kriterli karar verme yöntemlerinin işlem adımlarından biridir. Bu normalizasyon işleminin yapılmasının amacı kriterler ve alternatifler değerlendirilirken belirlenen değerlerin karşılaştırılabilir olmasını sağlamaktır.

Literatürde farklı ölçüm birimlerinden kaynaklanan hesaplama sorununu ortadan kaldırmak için geliştirilmiş normalizasyon yöntemleri üç ana başlıkta toplanmıştır.

- Vektör Normalizasyonu
- Doğrusal Normalizasyon
- Monoton Olmayan Normalizasyon

Bu normalizasyon tekniklerinden doğrusal normalizasyon dört farklı şekilde uygulanabilmektedir. Tekniklerin uygulanışına dair formüller belirtilmeden önce normalizasyon işlemlerinde kullanılacak olan değişkenler aşağıda açıklanmaktadır (Shih vd., 2007: 805).

A_i : i. alternatif $i=1, 2, \dots, m$

C_j : j. Değerlendirme ölçütü $j=1,2,\dots,n$

X_{ij} =j. değerlendirme ölçütü açısından i. alternatifin değeri

Bu değişkenlere göre oluşan karar matrisi (1) numaralı denklemde gösterimiştir.

$$D = \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ \dots \\ A_m \end{matrix} \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & x_{23} & \dots & x_{2n} \\ x_{31} & x_{32} & x_{33} & \dots & x_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & x_{m3} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Normalizasyon yöntemlerinin bu değişkenler doğrultusunda uygulanması Eşitlik (2) - (10) aralığında verilmiştir.

Vektör Normalizasyonu

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

Doğrusal Normalizasyon 1

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j^*} \quad i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n; x_j^* = \max_i (x_{ij}) \quad (\text{ölçüt için en iyi durum maksimizasyon ise}). \quad (3)$$

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j^-} \quad i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n; x_j^- = \min_i (x_{ij}) \quad (\text{ölçüt için en iyi durum minimizasyon ise}). \quad (4)$$

Doğrusal Normalizasyon 2

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j^*} \quad i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n; x_j^* = \max_i (x_{ij}) \quad (\text{ölçüt için en iyi durum maksimizasyon ise}). \quad (5)$$

$$r_{ij} = 1 - \frac{x_{ij}}{x_j^*} \quad i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n; x_j^* = \max_i (x_{ij}) \quad (\text{ölçüt için en iyi durum minimizasyon ise}). \quad (6)$$

Doğrusal Normalizasyon 3

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - x_j^-}{x_j^* - x_j^-} \quad i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n; x_j^* = \max_i (x_{ij}), x_j^- = \min_i (x_{ij}) \quad (\text{ölçüt için en iyi durum maksimizasyon ise}). \quad (7)$$

$$r_{ij} = \frac{x_j^* - x_{ij}}{x_j^* - x_j^-} \quad i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n; x_j^* = \max_i (x_{ij}), x_j^- = \min_i (x_{ij}) \quad (\text{ölçüt için en iyi durum minimizasyon ise}). \quad (8)$$

Doğrusal Normalizasyon 4

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}}} , i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n. \quad (9)$$

Monoton Olmayan Normalizasyon

$$e^{-\frac{z^2}{2}}, z = \frac{x_{ij} - x_j^0}{\sigma_j} \quad (10)$$

x_j^0 : j ölçütüne ilişkin en uygun değer

σ_j : j ölçütüne ilişkin değerlerin standart sapması

ÇKKV’de normalizasyon, ortak bir ölçek kullanarak sayısal ve karşılaştırılabilir girdi verileir elde etmek için yapılan bir dönüşüm işlemidir. Girdi verilerinin elde edilmesinden sonra, kriterleri karşılaştırabilmek için yapılan bir ön işlem olarak düşünülebilir. Normalizasyon teknikleri ile farklı ölçüm birimlerindeki kriter değerleri (0,1) aralığına indirgenmektedir (Ecer, 2020: 29).

1.8. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinde Kriter Ağırlıklandırma İşlemi

ÇKKV yöntemlerinde çözümün en önemli adımlarından biri de kriter önem derecelerinin belirlenmesidir. Kriter önem derecelerinin belirlenmesi bazı ÇKKV yöntemlerinde doğrudan ilgili yöntem tarafından gerçekleştirilirken, bazılarında ise karar vericiler tarafından yapılmaktadır. Bunun için kriter önemlerini belirlemek amacıyla birçok kriter ağırlıklandırma yöntemi geliştirilmiştir (Durmuş ve Tayyar, 2017: 66).

Karar verme probleminin yapısına göre kriter ağırlıkları farklı şekilde belirlenmektedir. Ağırlık atamanın en basit yolu ‘eşit ağırlık verme’ yöntemidir. Bu yöntemde tüm kriterlere eşit ağırlık dağıtılmaktadır. Ağırlıklar atanarak problemdeki göreceli önemi belirlenir ve alternatiflerin değerlendirilmesinde bundan yararlanılarak değerlendirme yapılır (Arıcan, 2019: 20). Ağırlıklandırma işleminde temel kural ağırlık değerlerinin toplamalarının 1’e eşit olması koşuludur.

Ağırlıklandırma yöntemleri kendi içinde objektif, subjektif ve karma ağırlıklandırma yöntemleri olarak 3’e ayrılmaktadır.

Kriter ağırlıklandırmada karar vericinin önyargılarını ve değerlendirmelerini dikkate almadan yalnızca yöntemin verileri kullanılarak yapılan değerlendirme objektif ağırlıklandırma yöntemidir. Bu yöntem karar vericinin değerlendirmelerini göz önünde bulundurmadığından daha gerçekçi sonuçlar vermektedir (Kılıç ve Çerçioğlu, 2016: 213). Objektif ağırlıklandırma yöntemlerine örnek olarak Entropi, CILOS, CRITIC ve IDOCRIW yöntemleri verilebilmektedir.

Diğer bir yöntem olan subjektif ağırlıklandırma yöntemi ise karar sürecinde kriterlerin farklı önem derecelerini elde ederken alanında uzman kişilerce değerlendirilerek yapılan işlemidir. Subjektif (öznel) olan yöntemlere örnek olarak AHP, SWARA, FUCOM, LBWA gibi yöntemler verilebilmektedir (Ecer, 2020: 54). Öznel yöntemler ikili karşılaştırma gerektirdiğinden işlem adımlarını en aza indirgeyen diğer bir deyişle ikili karşılaştırma sayısını en aza indiren yöntem avantaj sağlamaktadır.

Karma yöntem ise öznel ve nesnel yöntemleri birbirine entegre ederek kullanan yöntemlerdir. Bu yönteme örnek olarak çarpımsal sentez, toplamsal sentez, kareler toplamı tabanlı optimal ağırlık verilebilir.



İKİNCİ BÖLÜM

BULANIK KARAR TEORİSİ

2.1. Bulanık Mantık Kavramı

Dünyada insanların karşılaştığı olayların neredeyse hepsi karmaşıktır. Bu karmaşıklık genel olarak belirsizlik, kesin düşünce veya karar verilemeyişten kaynaklanmaktadır (Örs, 2013: 24). Bulanık mantık, doğal konuşma dilindeki sözel değişkenler üzerine odaklanarak, belirsiz önermeler üzerine akıl yürütme yapılabilmesi için altyapı oluşturmayı amaçlayan bir sistem olarak tanımlanabilmektedir (Koçak, 2016: 29).

Bulanık mantık kavramı ilk kez 1965 yılında Lotfi A. Zadeh tarafından yayınlanan ‘Bulanık Kümeler’ adlı makale ile ortaya atılmıştır. Yayınlanan makalede bulanık kümelerin tanımı, temel işlemleri, kavramları ve özellikleri belirtilmiştir (Ertuğrul, 2007: 175).

Mühendislikte ve diğer bilim dallarında olaylar ve sistemler, kesin matematiksel modeller kullanılarak tanımlanmaktadır (Aytaç, 2006: 46). Günlük hayatta ise insan kararları tamamen sayısal verilerle alınmadığından bulanık mantık sözel verileri kullanarak karar vermemizi sağlamaktadır (Arslankaya ve Göraltay, 2019: 54). Birçok sosyal, iktisadi ve teknik konularda insan düşüncelerinin tam anlamıyla netleşmemiş olmasından dolayı belirsizlikler her zaman vardır. Bulanık mantık, herhangi bir problemin yaklaşık olarak modellenmesine ve matematiksel olarak karmaşık olmayacak çözümlerle denetim altına alınmasına çalışmaktadır.

İnsan mantığı açık, kapalı, sıcak, soğuk, 0 ve 1 gibi değişkenlerden oluşan kesin ifadeler ek olarak az açık, az kapalı, serin, ılık gibi ara değerleri de göz önüne almaktadır (Karakaşoğlu, 2008: 57). Örneğin hava sıcaklığının algılanma düzeyi kimine göre aynı şartlarda ‘çok sıcak’ iken, kimine göre ‘biraz sıcak’ olabilmektedir. Bu noktada bir belirsizlik oluşmaktadır (Örs, 2013: 25).

Bir önermenin doğruluğunun kesin yanlış ve kesin doğru arasındaki sonsuz sayıda doğruluk değerlerini içeren bir kümedeki değerler ya da sayısal olarak (0,1) gerçel sayı aralığıyla ilişkilendirilen bir fonksiyon olarak kabul edilmesi bulanık mantığın temel fikri olarak tanımlanabilmektedir (Ünal, 2011: 10). İnsan beyni bulanık modeller ile rahatlıkla çalışabilirken bilgisayarlarda durum aynı değildir. Bulanık mantık, insanların kesin

olmayan ifadelerle düşünme yeteneğiyle örtüşen mantık sistemidir (Aytaç, 2006: 46). Bulanık mantıkla bunun üstesinden gelinmeye çalışılsa da tümüyle bulanık mantıkla çözmek mümkün değildir. Bulanık mantık bir probleme çözüm üretirken önceden tanımlanmış kurallardan yararlanmaktadır. Yani, sistemin istenilen performansa ulaşılabilmesi için gerekli şartlar sağlanırsa bulanık mantık etkin bir çözüme ulaşmaktadır (Karakaşoğlu, 2008: 57).

Bulanık mantığın genel özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilmektedir:

- Bulanık mantıkta kesin nedenlere dayalı düşünme yerine yaklaşık değerlere dayanan düşünme kullanılır.
- Bulanık mantıkta her şey (0,1) aralığında belirli bir derece ile gösterilir.
- Bulanık mantıkta bilgi büyük, küçük, çok az gibi sözel ifadeler şeklindedir.
- Her mantıksal sistem bulanık olarak ifade edilebilmektedir.
- Bulanık mantık matematiksel modeli çok zor elde edilen sistemler için oldukça uygundur (Ünal, 2011: 11).

2.2. Bulanık Küme Teorisi

Bulanık küme teorisi, ilk kez 1965 yılında Lotfi Zadeh tarafından belirsizliği açıklama özelliği ile literatüre kazandırılmıştır (Örs, 2013: 25). Geleneksel küme teorisinde kesin sınırlı küme kavramı kullanılır. Bu kavram bir nesnenin bir kümenin elemanı olması ya da olmaması gibi iki seçenekli bir mantığa dayanmaktadır (Ünal, 2011: 11). Örneğin 6 gerçel sayısından küçük sayılardan oluşan A klasik kümesi aşağıdaki şekilde ifade edilebilmektedir:

$$A = \{ x \mid x < 6 \}$$

Burada, ifade edilen x sayısı 6'den küçükse A kümesine aittir. Tersine durumda x bu kümeye ait değildir (Jang vd., 1997: 13).

Klasik küme teorisi dilsel değişkenler söz konusu olduğundan yetersiz kalabilmektedir. Böyle durumlarda bulanık küme teorisi, belirsizlik ifade eden, tanımlanması zor kavramlara üyelik derecesi atayarak onlara belirlilik kazandırır ve matematiksel olarak ifade edilmesini sağlar (Örs, 2013: 25).

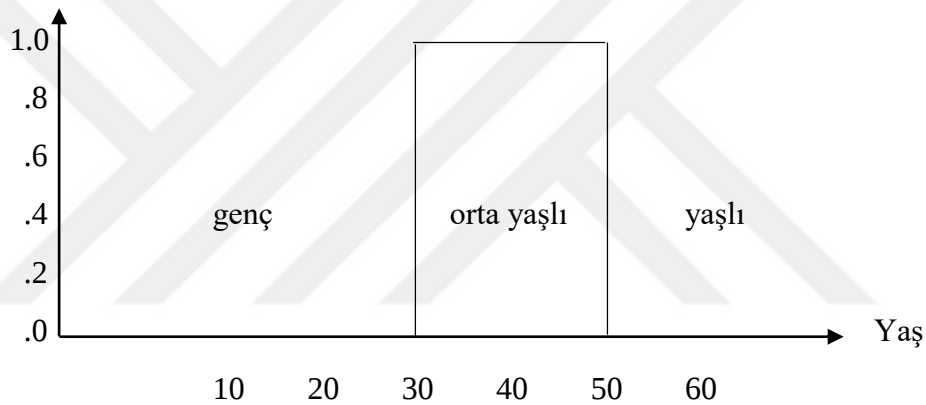
Çok değerli küme kuramı, belirsizliğin bir çeşit formülleştirilmesi olarak tanımlanabilmektedir. Fakat klasik küme de yapılan işlemlere göre farklılıklar

içermektedir. Klasik küme de kullanılan ‘üye’ ya da ‘üye değil’ kavramları bulanık küme de ‘bir dereceye kadar üye’ kavramına dönüşmektedir (Ünal, 2011: 11).

Bulanık küme değişik üyelik derecesinde öğeler barındırmaktadır ve klasik küme teorisinde siyah-beyaz ikili üyelik kavramını kısmi üyelik kavramına genelleştirmektedir. Klasik küme kavramında ‘0’ değeri üye olmamayı, ‘1’ değeri ise tam üyeliği belirtirken, (0, 1) arası değerler de kısmi üyelik kavramına denk gelmektedir (Ünal, 2011: 12).

Bulanık küme teorisi, X evrenindeki bir A alt kümesiyle ilgilidir (Karanfil, 1997: 4).

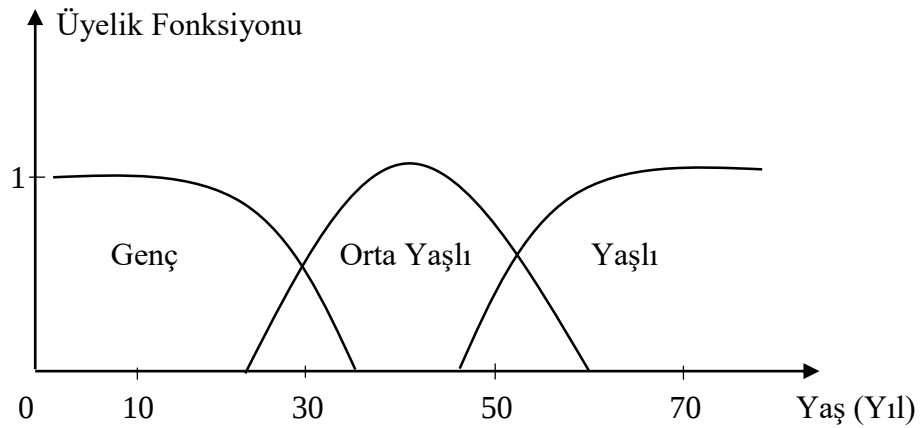
$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1, & \text{eğer } x \in A \text{ (gerekli ve yeterli ise)} \\ 0, & \text{eğer } x \notin A \text{ (gerekli ve yeterli ise)} \end{cases} \quad (11)$$



Şekil 1. Kesin Kümeler (Menteş, 2000: 29)

Eğer 40 yaş orta yaş olarak alınırsa klasik küme kavramında 30 yaş altındakiler ‘genç’, 30-50 yaş arası ‘orta yaşlı’, 50 yaşın üstü de ‘yaşlı’ kümeleri olarak sınıflandırılabilir. Dolayısıyla 29.5 yaşındaki birisi ‘genç’ iken 30.5 yaşındaki biri de ‘orta yaşlı’ olarak tanımlanacaktır. İşte bulanık küme burada etkili olmaktadır. Keskin dünya da genç/yaşlı, açık/kapalı, soğuk/sıcak gibi ikili değişkenlere karşılık; gerçek dünyadaki daha az yaşlı/çok yaşlı, az açık/az kapalı gibi değişkenleri kullanarak daha gerçekçi bir yaklaşım sağlamaktadır (Menteş, 2000: 29).

Bulanık bir küme, sınır koşulları esnek olarak tanımlanan kümedir. Bulanık küme teorisi, kısmi üyeliğe izin vererek geleneksel küme teorisini genişletir ve küme üyeliği için [0,1] aralığındaki herhangi bir değeri kabul eder. Buna göre, bulanık küme teorisinde kümenin elemanı olmayan nesnelerden, kümenin tam elemanı olan nesnelere doğru esnek ve dereceli bir geçişe izin verilmektedir (Şengül vd., 2012: 148).



Şekil 2. Bulanık Kümeler (Karanfil, 1997: 4)

2.2.1. Bulanık Sayılar

Sıradan bir sayı tek bir noktada tanımlıdır ve üyelik derecesi 0 ya da 1'dir. Bulanık bir sayı ise en az bir aralıkta tanımlı ve üyelik derecesi $[0,1]$ kapalı aralığındaki herhangi bir değerdir.

Her bulanık sayı bulanık küme olmasına rağmen, her bulanık küme bulanık bir sayı değildir. Bulanık sayıların kullanım alanları arasında bulanık regresyon, bulanık programlama ve bulanık karar verme sıkça kullanılmaktadır.

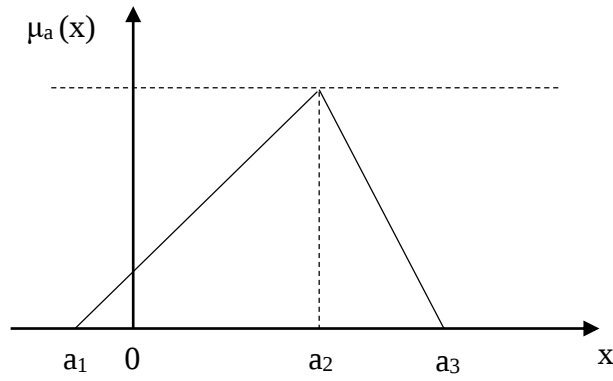
Bulanık kümeler, üyelik fonksiyonlarıyla tanımlandıkları için bulanık sayıların üyelik fonksiyonları ile aynı kavramdır ve bu nedenle üyelik fonksiyonu çeşidi kadar bulanık sayı çeşidi vardır. Bulanık sayı biçimleri arasında en önemli iki tanesi üçgensel ve yamuksal bulanık sayılardır (Pelitli, 2007: 75).

2.2.1.1. Üçgensel Bulanık Sayılar

Üçgen bulanık sayılar (a_1, a_2, a_3) gibi üçlüler ile gösterilmektedirler. (a_1, a_2, a_3) parametreleri sırasıyla en küçük değeri, alınabilecek en büyük değeri ve en geniş değeri temsil etmektedirler.

$A = (a_1, a_2, a_3)$ şeklindeki bir üçgensel bulanık sayı için üyelik fonksiyonu aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır (Çitli, 2006: 5).

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < a_1 \\ \frac{x-a_1}{a_2-a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2 \\ \frac{a_3-x}{a_2-a_2}, & a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0, & x > a_3 \end{cases} \quad (12)$$



Şekil 3. Üçgensel Bulanık Sayı (Tuş, 2006: 32)

2.2.1.1.1. Üçgen Bulanık Sayılarda İşlemler

$A = (a_1, a_2, a_3)$ ve $B = (b_1, b_2, b_3)$ şeklinde iki üçgensel bulanık sayı olsun. Verilen elemanların eşitlik, toplama, çıkarma, çarpma ve bölme işlemleri aşağıda gösterilecektir (Çitli, 2006: 7).

Eşitlik

A ve B bulanık sayılarının eşitliği karşılıklı bütün elemanlarının eşitliği anlamına gelmektedir. Matematiksel olarak aşağıdaki gibi gösterilmektedir.

$$A=B \leftrightarrow (a_1, a_2, a_3) = (b_1, b_2, b_3) \leftrightarrow a_1 = b_1, a_2 = b_2, a_3 = b_3 \text{ dir.}$$

Toplama İşlemi

$A+B = (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3)$ şeklinde ifade edilir ve sonuç yine bir üçgensel bulanık sayıdır.

Çıkarma İşlemi

$A-B = (a_1 - b_3, a_2 - b_2, a_3 - b_1)$ şeklinde ifade edilir ve sonuç üçgensel bulanık sayıdır.

Üçgensel Bulanık Sayının Simetriği

$A = (a_1, a_2, a_3)$ üçgensel bulanık sayı olmak üzere simetriği $-(A) = (-a_3, -a_2, -a_1)$ olacaktır.

Çarpma İşlemi

$A \times B = (a_1.b_1, a_2.b_2, a_3.b_3)$ şeklinde ifade edilir ve sonuç üçgensel bulanık sayıdır.

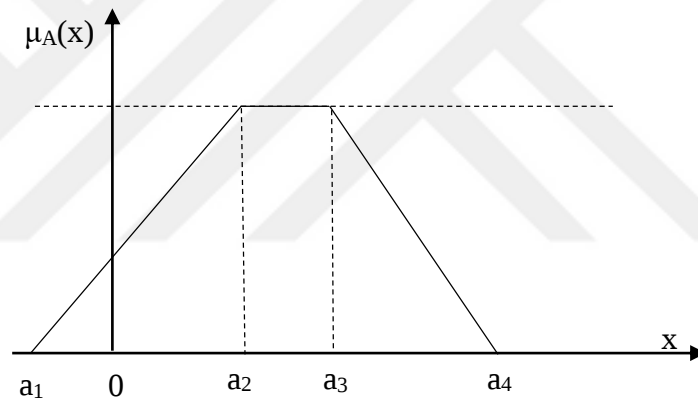
Bölme İşlemi

$A \div B = \left(\frac{a_1}{b_3}, \frac{a_2}{b_2}, \frac{a_3}{b_1} \right)$ dir. Bu işlemin sonucu da bir üçgensel bulanık sayıdır.

2.2.1.2. Yamuksal Bulanık Sayılar

Yamuk bulanık sayılar (a_1, a_2, a_3, a_4) şeklindeki dörtlülerle ifade edilmektedir. Burada $[a_2, a_3]$ aralığı büyüklüğün kesinlikle gösterilebildiği sayıları ifade etmektedir. a_1 ve a_4 sırasıyla alt ve üst sınırlardır. Yamuk bulanık sayının yapısı aşağıdaki gibidir (Çitli, 2006: 5).

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < a_1 \\ \frac{x-a_1}{a_2-a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2 \\ 1, & a_2 \leq x \leq a_3 \\ \frac{a_4-x}{a_4-a_3}, & a_3 \leq x \leq a_4 \\ 0, & x > a_4 \end{cases} \quad (13)$$



Şekil 4. Yamuksal Bulanık Sayılar (Tuş, 2006: 33)

2.2.1.2.1. Yamuksal Bulanık Sayılarda İşlemler

$A = (a_1, a_2, a_3, a_4)$ be $B = (b_1, b_2, b_3, b_4)$ şeklinde iki yamuksal bulanık sayı olsun. İşlemler aşağıdaki gibidir (Çitli, 2006: 8).

Eşitlik

$A(=)B \leftrightarrow (a_1, a_2, a_3, a_4) = (b_1, b_2, b_3, b_4) \leftrightarrow a_1 = b_1, a_2 = b_2, a_3 = b_3, a_4 = b_4$ dir.

Toplama İşlemi

$A (+) B = (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3, a_4 + b_4)$ şeklinde ifade edilir.

Çıkarma İşlemi

$A (-) B = (a_1 - b_4, a_2 - b_3, a_3 - b_2, a_4 - b_1)$ şeklinde gösterilmektedir.

Yamuksal Bulanık Sayının Simetriği

$A = (a_1, a_2, a_3, a_4)$ yamuksal bulanık sayı olmak üzere simetriği $-(A) = (-a_4, -a_3, -a_2, -a_1)$ olacaktır.

Çarpma İşlemi

$A(.)B = (a_1.b_1, a_2.b_2, a_3.b_3, a_4.b_4)$ şeklinde ifade edilir.

Bölme İşlemi

$A (\div) B = \left(\frac{a_1}{b_4}, \frac{a_2}{b_3}, \frac{a_3}{b_2}, \frac{a_4}{b_1} \right)$ dir.

2.2.2. Üyelik Fonksiyonları

Genel olarak, küme üyelerinin değerleri ile değişiklik gösteren eğriye üyelik fonksiyonu denilmektedir. Başka bir ifade ile, bulanık küme tarafından tanımlanan ve 0 ile 1 arasında değer verebilen ilgili karakteristik fonksiyona üyelik fonksiyonu denilmektedir (Ertuğrul, 2007: 175).

Bulanık kümelerde, evrenin elemanlarının bir A bulanık kümesine ait olma derecelerini temsil etmek amacıyla üyelik fonksiyonları belirlenir. Bu fonksiyonlar, elemanlara $[0,1]$ kapalı aralığında gerçel değerler atayarak elemanların A bulanık kümesi ile temsil edilen kavrama ne derece uygun olduklarını göstermektedir (Karakaşoğlu, 2008: 66). E evrensel kümesine ait bir x elemanının, A alt kümesine ait olma derecesine veren bir fonksiyondur ve $\mu_A(x)$ ile gösterilmektedir.

$\forall x \in E$ için $\mu_A(x) \in [0,1]$ olmaktadır. Burada $[0,1]$, 0'dan 1'e kadar olan kapalı aralığı temsil etmektedir.

$\mu_A(x)$ alt kümesi, bulanık alt küme veya bulanık küme olarak adlandırılır. Bulanık küme yalnızca 0 veya 1 değerlerini almamakta, bunlardan başka 0 ve 1 arasında değerler de alabilmektedir (Menteş, 2000: 29).

Yine bulanık A kümesindeki x elemanı için üyelik derecesi aşağıdaki şekilde gösterilmektedir (Örs, 2013: 26).

$$\tilde{A} = \{(x, \mu_A(x)) | x \in X\}$$

Üyelik fonksiyonlarını oluşturmak için birçok yöntem mevcuttur. En gelişmiş yöntemler uzman tecrübelerinden faydalananarak küme değerlerini noktalı olarak belirlemek ve analitik fonksiyon biçiminde ifade etmektir. Üyelik fonksiyonunu oluştururken üç yol izlenebilmektedir. Bunlardan ilki, konu hakkında uzman olan kişilerle görüştüktan sonra gerekli düzenlemeler yapılmaktadır. İkincisi, verilerden yararlanarak oluşturmaktır. Üçüncüsü ise, sistem performansından gelen geri bildirimlerden yararlanarak oluşturmaktır (Karakaşoğlu, 2008: 67).

$\mu_A(x)$ üyelik fonksiyonu, $[0,1]$ kapalı aralığı 0 sayısı ilgili nesnenin kümenin üyesi olmadığını, 1 sayısı ilgili nesnenin tam üyesi olduğunu ve bu iki değer arasındaki herhangi bir sayı ile ilgili nesnenin kümeye kısmi üyeliğini gösterir. Küme üyelik derecesi üçgen, yamuk, çan, Gaussian, sigmodial gibi fonksiyonlarda tanımlanmaktadır (Ertuğrul, 2007: 175).

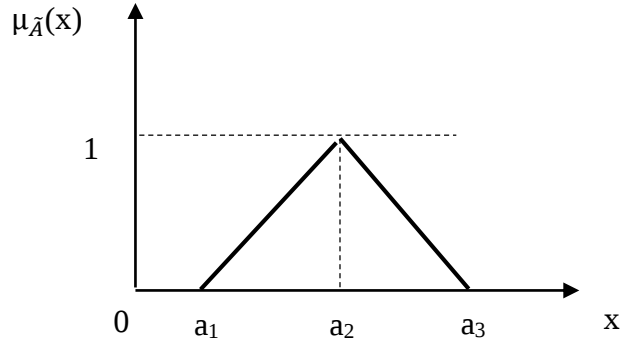
Bulanık sayılar dışbükey, normalleştirilmiş, sınırlı-sürekli üyelik fonksiyonları olan bir bulanık küme olarak olaral ifade edilmektedir. Ele alınan konuya göre değişiklik gösterse de genel olarak pratik uygulamada üçgen ve yamuk olmak üzere iki tane bulanık sayı söz konusudur (Ertuğrul, 2007: 176).

2.2.2.1.Üyelik Fonksiyonu Çeşitleri

2.2.2.1.1.Üçgen Üyelik Fonksiyonu

Üçgen üyelik fonksiyonları a_1 , a_2 ve a_3 olmak üzere üç parametre ile tanımlanmaktadır. a_2 fonksiyonun özünü oluştururken a_1 ve a_3 arasındaki değerler desteği oluşturmaktadır (Gülcan, 2012: 38).

$$\mu_{\tilde{A}}(x; a_1, a_2, a_3) = \begin{cases} 0, & x < a_1 \text{ veya } x > a_3 \\ \frac{x-a_1}{a_2-a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2 \\ \frac{a_3-x}{a_3-a_2}, & a_2 \leq x \leq a_3 \end{cases} \quad (14)$$

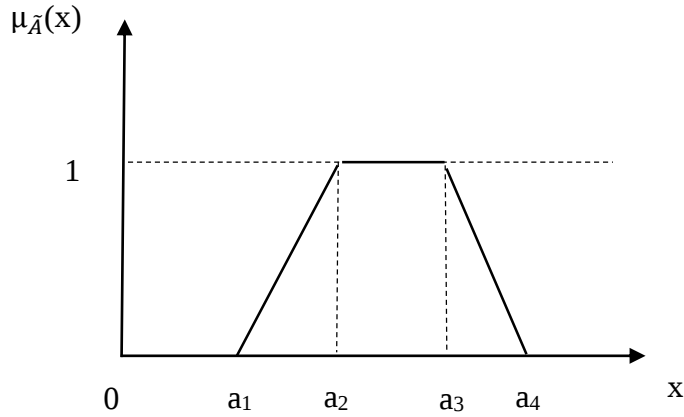


Şekil 5. Üçgen Üyelik Fonksiyonu (Çitli, 2006: 5)

2.2.2.1.2. Yamuk Üyelik Fonksiyonu

Yamuk üyelik fonksiyonları a_1 , a_2 , a_3 ve a_4 olmak üzere dört parametre ile tanımlanır. Şekil 6'da görüleceği gibi a_2 - a_3 aralığı fonksiyonun özünü oluştururken a_1 - a_2 ve a_3 - a_4 arasındaki değerler fonksiyonun desteğini oluşturur. Yamuk üyelik fonksiyonu aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

$$\mu_{\tilde{A}}(x; a_1, a_2, a_3, a_4) = \begin{cases} 0, & x < a_1 \text{ veya } x > a_4 \\ \frac{x-a_1}{a_2-a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2 \\ 1, & a_2 \leq x \leq a_3 \\ \frac{a_4-x}{a_4-a_3}, & a_3 \leq x \leq a_4 \end{cases} \quad (15)$$



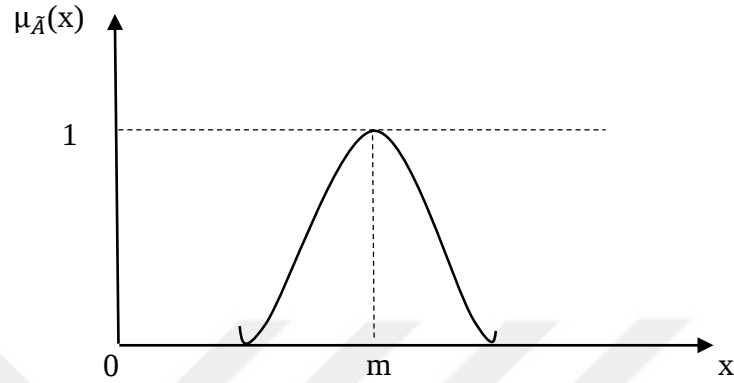
Şekil 6. Yamuk Üyelik Fonksiyonu (Çitli, 2006: 6)

2.2.2.1.3. Gaussian Üyelik Fonksiyonu

Bu tip bir üyelik fonksiyonu m ve σ parametreleri ile tanımlanmaktadır.

$$\mu_A(x; m, \sigma) = \exp\left\{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}\right\}$$

Burada m , fonksiyon merkezini ve σ da genişliğini ifade etmektedir. σ küçük olduğunda üyelik fonksiyonu daha ince olurken, bu değer büyüdükçe üyelik fonksiyonu gittikçe yayvanlaşacaktır. Şekilde Gaussian fonksiyonuna bir örnek gösterilmiştir (Pelitli, 2007: 81).

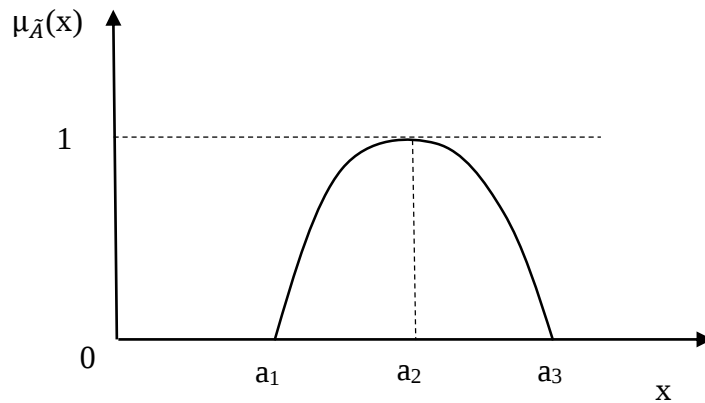


Şekil 7. Gaussian Üyelik Fonksiyonu

2.2.2.1.4. Çan Şekilli Üyelik Fonksiyonu

Bu tip üyelik fonksiyonu a_1 , a_2 , a_3 olarak üç parametre ile tanımlanmaktadır (Pelitli, 2007: 81-82).

$$\mu_A(x; a_1, a_2, a_3) = \left\{ \frac{1}{1 + \left| \frac{x-a_3}{a_1} \right|^{a_2}} \right\} \quad (16)$$

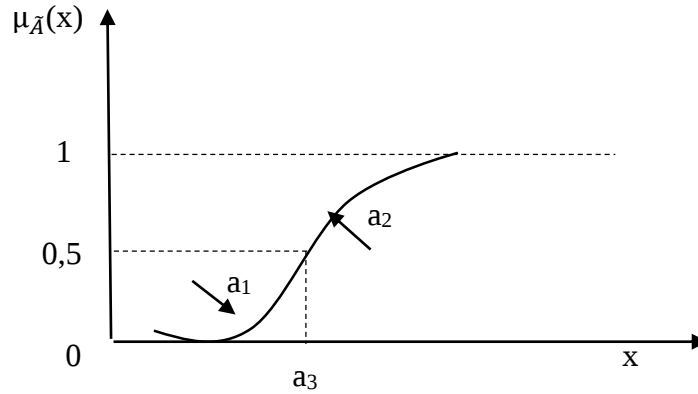


Şekil 8. Çan Şekilli Üyelik Fonksiyonu

2.2.2.1.5. Sigmodial Üyelik Fonksiyonu

Bu tip üyelik fonksiyonu, a_1 ve a_2 olarak iki parametre ile tanımlanmaktadır. (Pelitli, 2007: 82).

$$\mu_A(x; a_1, a_2) = \left\{ \frac{1}{1 + e^{-a_1(x-a_2)}} \right\} \quad (17)$$

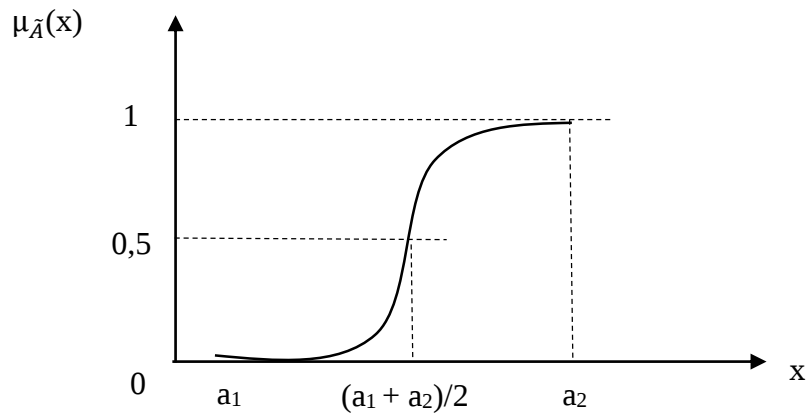


Şekil 9. Sigmoidal Üyelik Fonksiyonu

2.2.2.1.6. S Üyelik Fonksiyonu

Bu üyelik fonksiyonu a_1 ve a_2 parametre ile tanımlanan düzgün bir üyelik fonksiyonudur. Bu fonksiyonun adı, şeklinin S harfine benzemesinden gelmektedir (Pelitli, 2007: 82-83).

$$\mu_A(x; a_1, a_2) = \begin{cases} x \leq a_1 \text{ ise,} & 0 \\ a_1 \leq x \leq \left[\frac{a_1+a_2}{2} \right] \text{ ise,} & 2 \left[\frac{x-a_1}{a_2-a_1} \right]^2 \\ \left[\frac{a_1+a_2}{2} \right] \leq x \leq a_2 \text{ ise,} & 1 - 2 \left[\frac{x-a_2}{a_2-a_1} \right]^2 \\ a_2 \leq x \text{ ise,} & 1 \end{cases} \quad (18)$$



Şekil 10. S Üyelik Fonksiyonu

2.2.2.2. Üyelik Fonksiyonun Kısımları

Bir üyelik fonksiyonunda beş temel kavramdan bahsedilmektedir. Bunlar; öz(çekirdek), destek, sınırlar, yükseklik ve geçiş noktalarıdır.

2.2.2.2.1. Öz (Core)

Bulanık kümede tam üyeliğe sahip olan elemanların oluşturduğu topluluğa üyelik fonksiyonunun özü (çekirdeği) denir. Öz, $\tilde{A}$ bulanık kümesine üyeliği $\mu_{\tilde{A}}(x) = 1$ olan evrensel kümedeki x elemanlarından oluşmaktadır (Ross, 2010: 90).

2.2.2.2.2. Destek (Support)

$\tilde{A}$ Bulanık kümesinin üyelik derecesi sıfırdan büyük olan elemanlarına $\tilde{A}$ bulanık kümesinin desteği denir. Bu desteğin oluşturduğu klasik küme ise destek kümesi olarak tanımlanmaktadır (Gülcan, 2012: 33). Bir $\tilde{A}$ bulanık kümesinin, $\text{supp}(\tilde{A})$, evrensel kümenin kesin altkümesidir (Zimmermann, 1991: 14). Destek kümesi matematiksel olarak aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır (Dubois ve, Prade, 1980: 10).

$$\text{Supp}(\tilde{A}) = \{x \mid \mu_{\tilde{A}}(x) > 0 \text{ ve } x \in U\}$$

2.2.2.2.3. Sınırlar (Boundaries)

Sınır kümesi, evrensel küme U 'da tanımlı olan $\tilde{A}$ bulanık kümesine kısmen üye olan elemanların oluşturduğu klasik kümedir. Matematiksel olarak aşağıdaki gibi gösterilmektedir (Ross, 2010: 91).

$$\text{sınır}(\tilde{A}) = \{x \mid 0 < \mu_{\tilde{A}}(x) < 1 \text{ ve } x \in U\}$$

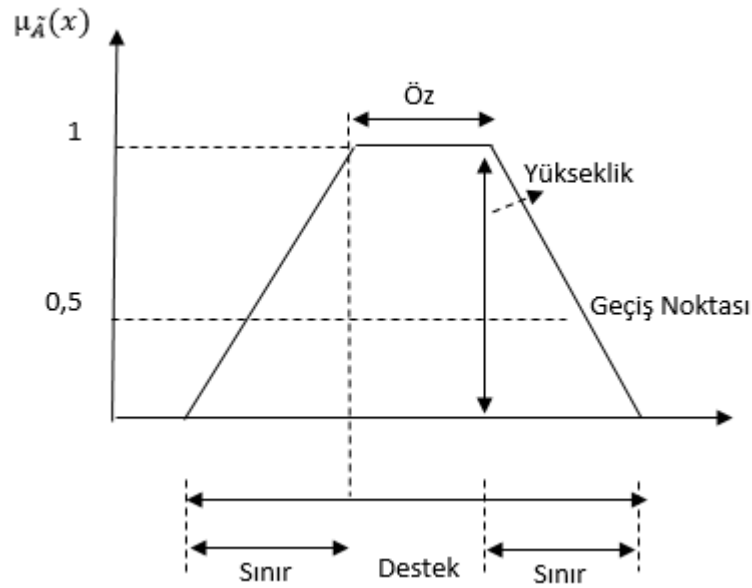
2.2.2.2.4. Yükseklik (Height)

Bulanık bir $\tilde{A}$ kümesinin en büyük üyelik derecesi o kümenin yüksekliğini vermektedir. Yükseklik, $\tilde{A}$ bulanık kümesi tarafından verilen bilginin geçerliliği şeklinde görülebilir. Yükseklik, matematiksel olarak aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır (Ross, 2010: 92).

$$\text{hgt}(\tilde{A}) = \max[\mu_{\tilde{A}}(x)] \quad , \forall x \in U$$

2.2.2.2.5. Geçiş Noktası (Cross-over Point)

Bir üyelik fonksiyonunun geçiş noktası, evrensel kümede tanımlı $\tilde{A}$ kümesine $\mu_{\tilde{A}}(x)=0,5$ üyelik derecesi ile üye olan elemanları ifade etmektedir (Ross, 2010: 92).



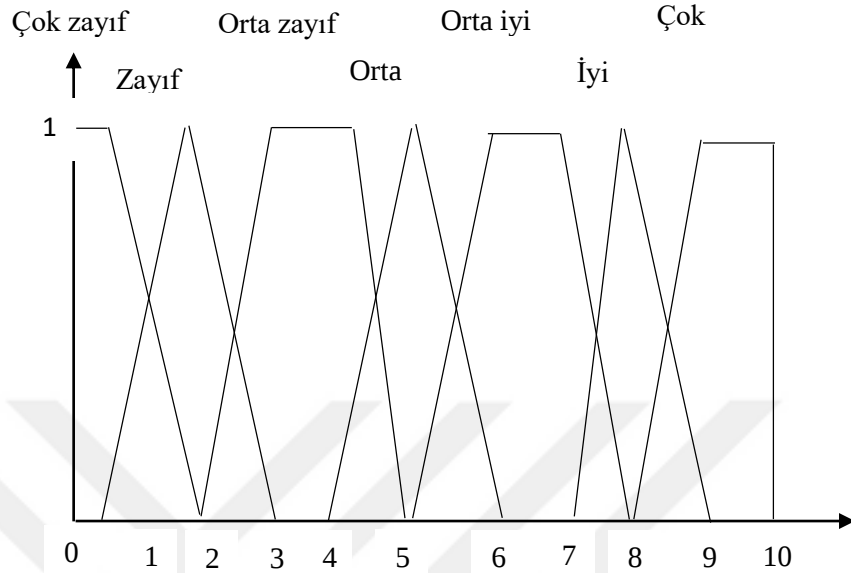
Şekil 11. Üyelik Fonksiyonunun Kısımlarının Gösterimi

2.2.2.3. Sözel (Dilsel) Değişkenler

Sözel bir değişken, doğruluk değeri doğal konuşma dili içerisindeki kelimeler ya da cümlelerdeki bulanıklık ile belirlenen değişkendir.

Bulanık mantığın en önemli karakteristik özelliklerinden biri doğruluk değerlerinin doğru, çok doğru, çok doğru değil gibi sözel değişkenler tarafından tanımlanmasıdır. Bir sözel değişken genellikle $(x, T(x), E)$ ifadeleri ile gösterilmektedir. Burada x , sözel değişkene verilen adı, $T(x)$, x sözel değişkenin sözel terimlerinden oluşan kümeyi ve E ise, sözel değişkenin tanımlandığı evrensel kümeyi göstermektedir.

Sözel değişkenler için bulanık değerlere ait grafik çalışması Şekil 12’de, dilsel ifadelerin bulanık sayı ile gösterimleri Tablo 1’de gösterilmiştir (Sofu, 2018: 55).



Şekil 12. Sözel Değişkenler İçin Bulanık Değerler

Tablo 1. Dilsel İfadelerin Bulanık Sayı Gösterimleri

Dilsel İfade	Bulanık Sayı
Çok Zayıf (ÇZ)	(0, 0, 1)
Zayıf (Z)	(0, 1, 3)
Orta Zayıf (OZ)	(1, 3, 5)
Orta (O)	(3, 5, 7)
Orta İyi (OI)	(5, 7, 9)
İyi (İ)	(7, 9, 10)
Çok İyi (Çİ)	(9, 10, 10)

Sözel değişken kavramı günlük konuşma dilinde sıkça kullanılan yaş kelimesi üzerine oluşturulmuş bir örnek üzerinde aşağıda açıklanmaktadır (Öztürk, 2011: 13).

x: Yaş

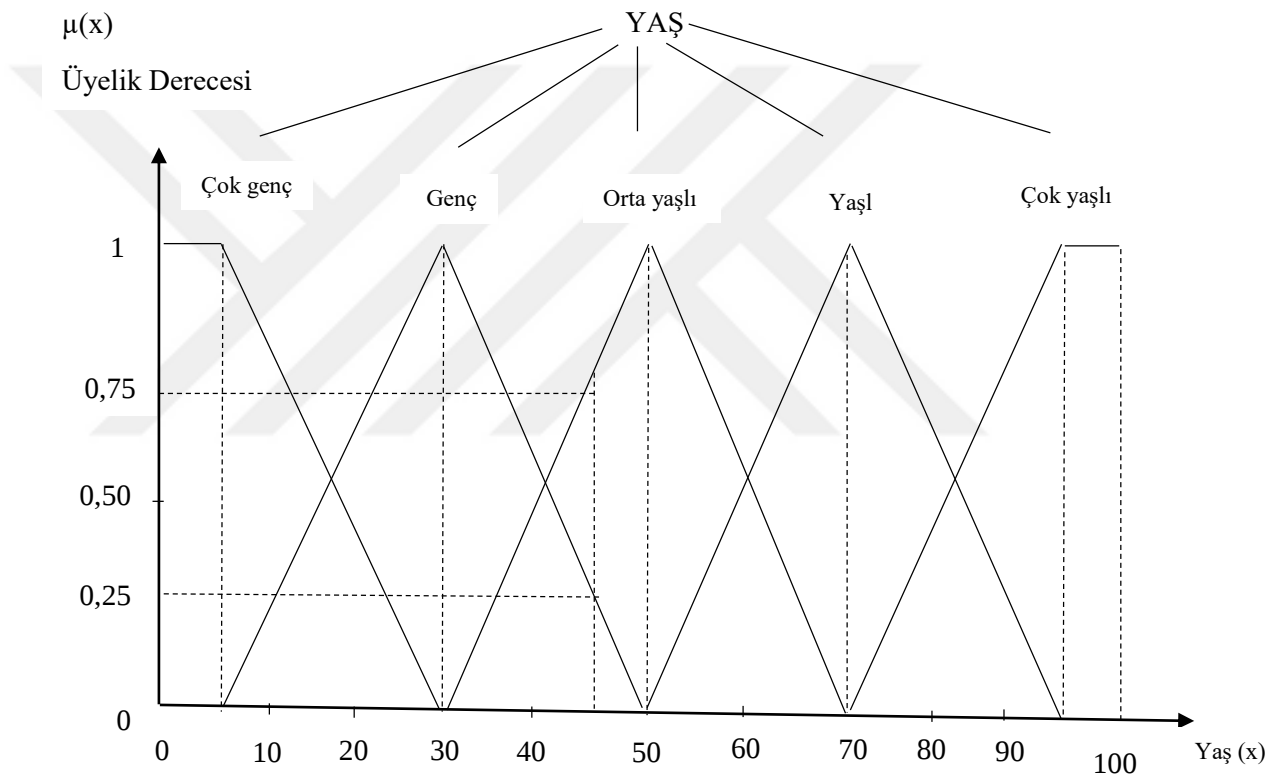
$T(x)$: {çok genç, genç, orta yaşlı, yaşlı, çok yaşlı}

$E = \{0, 1, \dots, 100\}$

Yaş değişkeni, “çok genç”, “genç”, “orta yaşlı”, “yaşlı”, “çok yaşlı” gibi sözel ifadeler kullanılarak bulanık bir sözel değişken olarak ifade edilebilir. Yaş sözel değişkeni için ölçü yıllardır.

Sözel bir değişken olan yaş, x yıllar açısından yaş değerlerini göstermek üzere evrensel küme $E = [0, 100]$ içerisinde x temel değişkeni ile tanımlanmıştır. Bu tanımlama için çok genç, genç, orta yaşlı, yaşlı ve çok yaşlı bulanık kümelerini belirtmek üzere üçgen ve yamuk şeklindeki bulanık sayılar kullanılmıştır.

Şekilde verilmiş olan üyelik fonksiyonlarından her biri bir bulanık kümeyi ifade etmektedir. Örneğin 45 yaşındaki bir kişinin genç ve orta yaşlı kümelerine üyelik derecesi belirlenebilir. Söz konusu kişi, 0.25 üyelik derecesi ile genç bulanık kümesine ve 0.75 üyelik derecesi ile orta yaşlı bulanık kümesine üyedir. 45 yaşındaki bir kişi daha az genç ve daha çok orta yaşlı olarak tanımlanabilmektedir (Öztürk: 2011: 14).



Şekil 13. Yaş Sözel Değişkeni İçin Belirlenen Terimler ve Üyelik

Burada “çok genç”, “genç”, “orta yaşlı”, “yaşlı” ve “çok yaşlı” kümelerini tanımlayan üyelik fonksiyonları aşağıdaki gibidir (Bojadziev ve Bojadziev, 2007: 45).

$$\mu_{\text{çok genç}}(x) = \begin{cases} 1 & 0 \leq x \leq 5 \\ \frac{30-x}{25} & 5 \leq x \leq 30 \\ 0 & x \geq 30 \end{cases}$$

$$\mu_{genç}(x) = \begin{cases} \frac{x-5}{25} & 5 \leq x \leq 30 \\ \frac{50-x}{20} & 30 \leq x \leq 50 \\ 0 & x \leq 5 \text{ ve } x \geq 50 \end{cases}$$

$$\mu_{orta yaşlı}(x) = \begin{cases} \frac{x-30}{20} & 30 \leq x \leq 50 \\ \frac{70-x}{20} & 50 \leq x \leq 70 \\ 0 & x \leq 30 \text{ ve } x \geq 70 \end{cases}$$

$$\mu_{yaşlı}(x) = \begin{cases} \frac{x-50}{20} & 50 \leq x \leq 70 \\ \frac{95-x}{25} & 70 \leq x \leq 95 \\ 0 & x \leq 50 \text{ ve } x \geq 95 \end{cases}$$

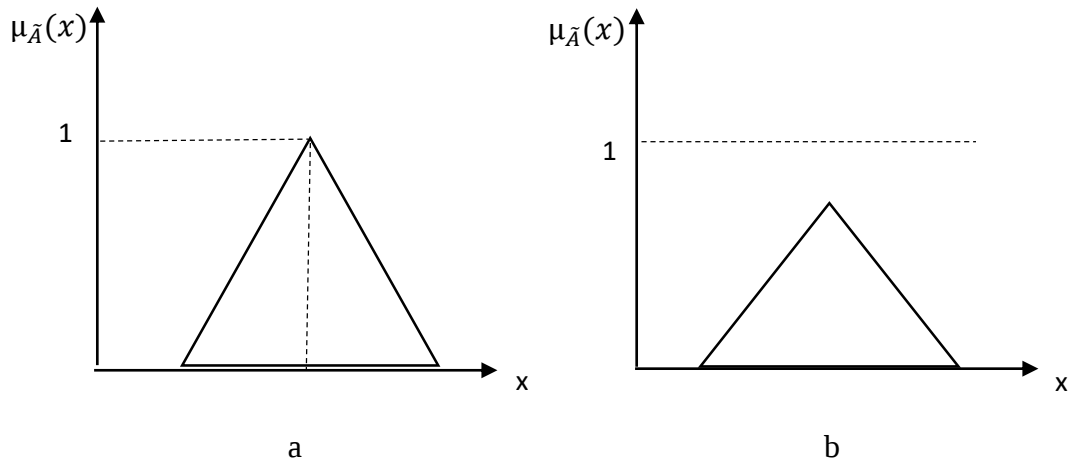
$$\mu_{çok yaşlı}(x) = \begin{cases} \frac{x-70}{25} & 70 \leq x \leq 95 \\ 1 & 95 \leq x \leq 100 \\ 0 & x \leq 70 \end{cases}$$

2.2.3. Bulanık Kümeler İçin Bazı Tanımlamalar

Bu kısımda bulanık kümelerle ilgili normallik, α kesim kümesi, dışbükeylik, geçiş noktası ve düzey kümesi gibi kavramlar açıklanacaktır.

2.2.3.1. Normallik

En az bir tane üyelik derecesi 1'e eşit olan kümeye normal bulanık küme denir. Aksi durumda küme normalaltı (subnormal) olarak tanımlanmaktadır. Bulanık kümenin yüksekliği üyelik derecesinin en büyük olduğu öğeye karşılık gelmektedir. Yani normal bulanık kümenin yüksekliği 1'e eşittir. Normal olmayan bulanık kümeleri normal bulanık küme haline dönüştürebilmek için (dışbükey olmaları şartıyla), kümenin üyelik derecesinin, en büyük üyelik derecesine bölünmesi gerekmektedir. Aşağıdaki şekilde normal ve normal olmayan bulanık kümeler gösterilmiştir (Erdin, 2007: 45, 46).



Şekil 14. a) Normal Bulanık Küme, b) Normal Olmayan Bulanık Küme

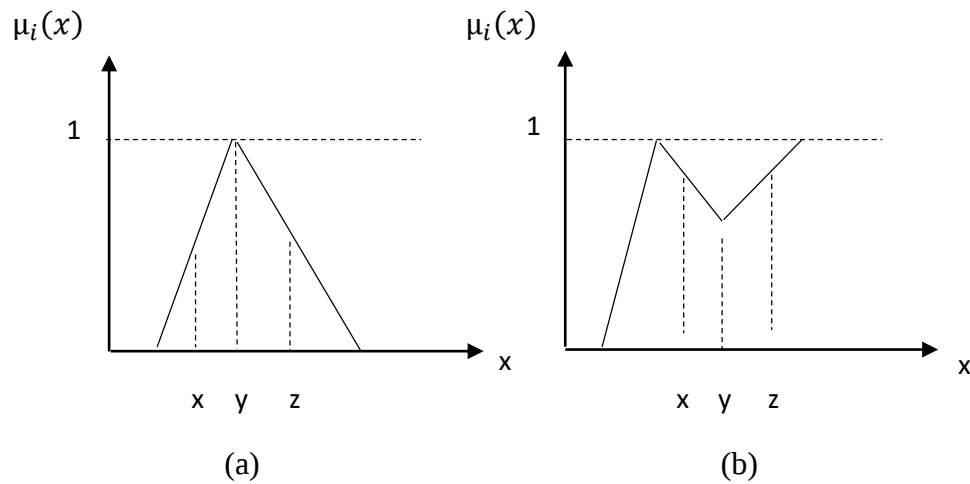
2.2.3.2. α Kesim Kümesi

A kesim kümesi, $\tilde{A}_\alpha$ üyelikleri α dan az olmayan üyelerden kurulmuştur. Burada α keyfi bir değerdir. $\tilde{A}_\alpha = \{x \in X \mid \mu_{\tilde{A}}(x) \geq \alpha\}$

Yukarıdaki gösterimde $\geq$ yerine $>$ oluyorsa, buna güçlü α kesim kümesi denir. Örneğin uzunluk ile ilgili olarak bir evrensel küme tanımlayalım.

2.2.3.3. Dışbükeylik (Konvekslik)

Dışbükeylik, üyelik fonksiyonunun sürekli artan, sürekli azalan veya üçgen gibi olması durumudur. Aşağıdaki şekilde dışbükey olan ve dışbükey olmayan bulanık alt küme örnekleri verilmiştir (Pelitli, 2007: 69).



Şekil 15. Bulanık Kümeler a) Dışbükey b) Dışbükey Olmayan

Dışbükeyliğin matematiksel olarak tanımlanmasında, aynı bulanık alt kümeye düşen x , y ve z gibi üç tane öge düşünülürse ve bunlar arasında değerce büyüklük olarak $x < y < z$ gibi bir sıra bulunuyorsa, bunlardan ortadakinin üyelik fonksiyonu önceki ve sonrakine göre

$\mu_i(y) \geq \text{EK} [\mu_i(x), \mu_i(z)]$ bağıntısı daima geçerli olmalıdır. Bu durumda o kümeye dışbükey bulanık küme denmektedir. (Aytaç, 2006: 69).

2.2.3.4. Geçiş Noktası

Bulanık kümelerin üyelik fonksiyonlarında üyelik derecelerinin 0.5'e eşit olması halindeki noktaya 'geçiş noktası' denir. $\mu_A(x) = 0.5$ şeklinde matematiksel olarak ifade edilmektedir.

2.2.3.5. Düzey Kümesi

Üyelik fonksiyon değerini açıkça gösteren α değeri $[0,1]$ aralığındadır. Düzey kümesi α ile elde edilebilir.

$\tilde{A}_\alpha = \{x | \mu_A(x) = \alpha, \alpha \geq 0, x \in X\}$ şeklinde gösterilmektedir (Öztürk, 2011: 32).

2.3. Bulanık Mantık Kavramının Avantajları ve Dezavantajları

Bulanık mantık kavramının avantajları;

- İnsan faktörünün içine girdiği, belirsizlik, kişisel önyargı, davranış ve amaçları kapsandığı durumlarda uygulama alanı bulduğundan gerçek hayat problemleri için klasik matematiksel modellemekten daha esnek ve güvenlidir (Tuş, 2006: 40).
- Bulanık mantıkta işaretlerin bir ön işleme tabi tutulmaları ve oldukça geniş bir alana yayılan değerlerin az sayıda üyelik fonksiyonlarına indirgenmeleri nedeniyle bulanık denetim genellikle daha küçük bir yazılımla daha hızlı bir şekilde sonuçlanmaktadır (Abduljabar, 2011: 4).
- Matematiksel bir model gerektirmediğinden bulanık mantığı anlamak oldukça basittir (Dündar, 2019: 11).

- İnsanlar birbirleriyle iletişiminde kullandıkları sözel ifadelerin bulanık mantıkla ifade edilmesiyle oldukça yararlı sonuçlar elde edilmektedir (Dündar, 2019: 12).

Bulanık mantığın avantajlarının yanında dezavantajları da bulunmaktadır. Bunlar aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- Bulanık mantık uygulamalarında mutlaka kuralların uzman deneyimlerine dayanarak tanımlanması gerekir. Üyelik fonksiyonlarını ve bulanık mantık kurallarını tanımlamak her zaman kolay değildir (Karakaşoğlu, 2008: 91).
- Üyelik fonksiyonlarının belirlenmesinde kesin sonuç veren belirli bir yöntem ve öğrenme yeteneği olmadığından deneme yanılma yöntemine gidilir bu da oldukça uzun zaman alabilir (Öz, 2007: 42).
- Belirli formal tasarımının olmaması ve iyi metriklere sahip bulunmaması, geleneksel yöntemlere göre ne kadar iyi sonuç vereceğinin ve ne zaman kullanılması gerektiğinin kestirilememesi de dezavantajları arasında sayılabilir (Menteş, 2000: 28).

2.4. Bulanık Karar Verme

Karar verme işlemi, bazı sınırlayıcı şartlar altında bir takım hedeflere ulaşmak için karşılaşılan problemleri çözme sürecidir. Bu süreç mümkün seçenekler arasından birisini seçme ile karakterizedir ve sürecin çıktısı olan karar, bir aksiyon ile sonuçlanmalıdır (Stanciulescu vd., 2003: 655).

Klasik karar teorisinde bir karar; karar alternatiflerinin (karar uzayı) bir kümesi; doğa durumlarının bir kümesi (durum uzayı kümesi); kararın her bir ikilisini atayan ve bir sonuç belirten bağıntı; ve son olarak sonuçları çekiciliklerine göre sıraya koyan fayda fonksiyonu ile tanımlanabilir (Çitli, 2006: 33).

Karar verme kişiden kişiye değiştiğinden belirsizlik ve subjektif özelliklerini taşımaktadır. Klasik karar verme yöntemleri belirli ve kesin olan durumlarda kullanıldığından aksi durumlarda bulanık karar verme yöntemlerini kullanmak sonucu daha verimli kılmaktadır (Erokutan, 2016: 51).

Günlük yaşamda karşılaşılan karar problemleri, amaç ve parametrelerinin tam olarak bilinmemesinden dolayı iyi tanımlanamaz. Bu nedenle karar vericiler, kesin olmamasından kaynaklanan sorunlarla karşılaşır. Ayrıca, gerçek hayatta var olan problemleri ele almada olasılık uygulamaları yeterli sonuçlar vermemektedir. Diğer yandan gerçek hayatta karşılaşılan karar problemlerinde bulanık küme uygulamaları daha akılcı çözümler vermektedir. Bulanık karar vermenin asıl görevi, tam bilgiye ulaşmada çıkan engelleri ortadan kaldırmasıdır (Gu ve Zhu: 2006: 400).

Kişiler tarafından sıklıkla kullanılan doğal konuşma dilinden kaynaklanan bilgiler klasik karar verme sürecinde görmezden gelinmektedir. Oysaki, sözel belirsizlik ifadelerinin bulunduğu koşullarda da verilecek olan kararların tutarlı ve doğru seçimlerle sonuçlanması oldukça önemlidir (Öztürk, 2011: 64).

Karar verme kişiler için önemli olduğu kadar işletmeler ve kuruluşlar içinde önemlidir. Birçok masraf yapılarak elde edilen bilgilerin ardından bunların değerlendirilmesi ve bir sonuca bağlanması, özellikle karmaşık ve hayati kararların verilmesinde modern yöntemlere başvurulmasını gündeme getirmiştir. Son yıllarda karar verme yöntemlerinin kullanım alanları giderek artmıştır (Erokutan, 2016: 51). Birçok işletmede uzman kişilerin görüşleri alınarak ya da mevcut bilgilerin değerlendirilmesiyle satın alma esnasında uygun kriter ve alternatifler belirlenerek sonuca varılmaktadır. Bunun dışında personel seçimi ya da performansların değerlendirilmesi gibi birçok alanda karar verme yöntemleri kullanılmaktadır.

Bulanık karar vermenin ana çalışma alanı belirsizlik altında karar vermektir. Kriterler, adaylar ve sonuçlara ilişkin sayısal değerlerin olmadığı durumlarda sözel değerler mevcuttur ve bu da belirsizliğe neden olmaktadır. Karar verici adayları oluştururken kişisel görüşlerine dayanarak belirsizlik içeren sözel değerlerde kullanılmaktadır. Karar verici tarafından üretilen ve bu tarzdaki adayların mevcut kriterlere göre subjektif değerlendirilmesinden sonra kriterlerin tümü sıralamaya konulur ve en yüksek fayda sağlayanın bulunması ile optimal çözüm elde edilmiş olur (Ballı, 2005: 39).

2.5. Bulanık Çok Kriterli Karar Verme

Farklı kriterlerin ve alternatiflerin belirlenerek farklı karar verme işleminin gerçekleştirilmesi, yönetim kademesinde bulunanların en önemli ve zor görevlerinden biridir. Günümüzde hızla gelişen rekabetçi ortamı, bir işletmenin başarılı olması için detaylı bir karar verme sürecine dahil olmasını gerektirir. Karar verme, sadece bilgiyi

kullanarak değil aynı zamanda gelişmiş karar verme tekniklerinin yardımıyla gerçekleştirilmelidir. Bu karar verme sürecinde, birden fazla amaç ve kriter dahil olmaktadır. Bu yüzden işletmelerin önemli kararlarını verirken, bütün kriterleri göz önünde bulunduran, çok kriterli karar verme tekniklerini kullanmaları onların yararına olacaktır (Soner ve Önüt, 2006: 120).

Çok kriterli karar verme, karar vericilerin seçenekleri birçok kritere göre tanımlamasına, değerlendirmesine, sıralamasına, derecelendirmesine, seçme ya da reddetmesine yardımcı olan kavramlar, yaklaşımlar, modeller ve yöntemler bütünüdür.

Faaliyetlerin arzu edilebilirliklerine göre karşılaştırılmaları, ürünlerin uygunluğuna karar verilmesi veya karar problemlerine optimal çözümlerin belirlenmesi çoğu durumda tek bir kriter veya tek bir amaç fonksiyonu kullanılarak yapılamaz. Bu durum çok kriterli karar vermeyi gerektirir (Çitli, 2006: 49).

Bulanık küme teorisinin kullanımına en uygun alanlardan biri karar analizidir. Genellikle karmaşık içerikleri ve değerleri sözel olabilen ancak çok iyi tanımlanamayan kriterlerden oluşan çok kriterli karar problemleri bulanık küme teorisi kullanarak modellenmeye çok uygundur. Son yıllarda bulanık kümelerin çok kriterli karar verme sürecine dahil edilmesiyle, ÇKKV'nin alanı genişletilmiş ve Bulanık Çok Kriterli Karar Verme (BÇKKV) ortaya çıkmıştır (Ünal, 2011: 18).

2.6. Uygulamada Kullanılacak Bulanık ÇKKV Yöntemleri

2.6.1. Bulanık PIPRECIA Yöntemi

Kersulienne vd. tarafından önerilen SWARA yönteminin bir uzantısı olarak Stanujkic vd. (2017) tarafından geliştirilen PIPRECIA (PIvot Pairwise RElative Criteria Importance Assessment) yöntemi kriter ağırlıklarının subjektif olarak değerlendirilmesini sağlayan bir ÇKKV yöntemidir. Yöntemin SWARA yöntemine göre temel avantajı, birçok kriter ve karar vericinin olması durumunda kriterleri önem sırasına göre sıralamadan değerlendirmeye izin vermesidir (Dalic vd., 2020: 127). Değerlendirme yapılırken ön sıralama yerine göreceli önemin önceki kriterin önem değerinden küçük, eşit veya büyük olması adımını dikkate alır (Özdağoğlu vd., 2021: 272). Günümüzde ÇKKV problemleri genellikle grup karar verme yöntemi uygulanarak çözülmektedir (Stević vd., 2018: 7). Bu durumda PIPRECIA yöntemi daha doğru ve karmaşıklıktan uzak çözümler elde etmeyi mümkün kılmaktadır.

Stević vd. (2018), Bulanık PIPRECIA yöntemini geliştirerek gerçek hayat problemlerinde karar vericilerin dilsel değerlendirmelerini sayısallaştırmasını sağlamıştır (Arman ve Kundakcı, 2022: 86).

PIPRECIA yöntemi literatüre yeni kazandırılan bir yöntem olmasına karşın farklı yöntemlerle entegre edilerek literatürde yer edinmiştir. Aşağıdaki tabloda PIPRECIA ve Bulanık PIPRECIA yöntemlerine ait çalışmalar gösterilmiştir.

Tablo 2. PIPRECIA ve Bulanık PIPRECIA Yöntemlerinin Literatür İncelemesi

Yazar	Konu	Çözüm Metodolojisi
Stanujkic vd. (2017)	Barkod teknolojisinin uygulanması için SWOT öğelerinin değerlendirilmesi	F-PIPRECIA
Đalić vd. (2020)	Yeşil tedarikçi seçimi	F-PIPRECIA
Vesković vd. (2020)	Yolcu demiryolu operatörünün iş dengesi için en iyi çözümü seçmeye yönelik bir çalışma	Bulanık PIPRECIA, bulanık EDAS
Marković vd. (2020)	Banka performanslarının değerlendirilmesi	F-PIPRECIA, CRITIC, I-distance
Stanković vd. (2020)	Karayolu trafiği risk analizi	F-PIPRECIA, bulanık MARCOS, bulanık SAW, bulanık TOPSIS
Tomašević vd. (2020)	Bilgi işlem sistemleri için kriterlerin değerlendirilmesi	Bulanık PIPRECIA
Blagošević vd. (2020)	Demiryolu trafiğinin güvenlik değerlendirilmesi	Bulanık PIPRECIA, Entropi, DEA
Jocić vd. (2020)	E-öğrenim kurs seçimi	PIPRECIA, aralık değerli üçgen bulanık ARAS
Memiş vd. (2020)	Karayolu ulaşım risklerinin önceliklendirilmesi	Bulanık PIPRECIA
Jocić vd. (2020)	E-öğrenme materyallerinin kalitesinin değerlendirilmesi	PIPRECIA
Blagošević vd. (2021)	Sürdürülebilir trafik yönetimine ulaşmak için demiryolu geçişlerinde güvenlik derecesinin değerlendirilmesi	Bulanık PIPRECIA, Bulanık MARCOS
Özdağoğlu vd. (2021)	Dünyanın en işlek havalimanlarının değerlendirilmesi	PIPRECIA-E, SMART, MARCOS
Özdağoğlu vd. (2021)	Motosiklet seçimi üzerine bir araştırma	PIPRECIA, MOPA, MOOSRA, COPRAS, SAW, WPM, ROW
Puška vd. (2021)	Tarımsal üretim örneğinde sürdürülebilir tedarikçi seçimi	Aralıklı değerli bulanık PIPRECIA, aralıklı değerli bulanık MABAC
Nedeljković vd. (2021)	Kolza çeşitlerinin değerlendirilmesi	Bulanık PIPRECIA, Bulanık MABAC

Stanujkić vd. (2021)	Grup karar alma ortamında farklı yöntemlerin kullanılması	PIPRECIA, SWARA
Taş (2021)	Tıbbi atık için yer seçim kriterlerinin belirlenmesi	Bulanık PIPRECIA
Özdağoğlu vd. (2021)	Kamyon traktör seçimi	Bulanık PIPRECIA, Bulanık COPRAS
Arman ve Kundakcı (2022)	Bankacılık endüstrisinde blokzincir teknolojisinin benimsenmesini etkileyen kritik faktörlerin değerlendirilmesi	Bulanık PIPRECIA

Klasik PIPRECIA yöntemine bulanık kümeler eklenerek geliştirilen bulanık PIPRECIA yöntemi işlem adımları 10 adımdan oluşmaktadır ve aşağıdaki gibidir (Stević vd., 2018: 7-9).

Adım 1. Oluşturulan karar alma ekibi tarafından kriterler belirlenir. Kriterlerin önemi gözötilmeksizin kriterler sıralanmaktadır.

Adım 2. Her karar verici ikinci kriterden başlayarak sıralanmış olan kriterleri Eşitlik (19) ile değerlendirerek kriterlerin görelî önemi belirlenir.

$$\bar{s}_j^r = \begin{cases} > \bar{l} \text{ eğer } C_j > C_{j-1} \\ = \bar{l} \text{ eğer } C_j = C_{j-1} \\ < \bar{l} \text{ eğer } C_j < C_{j-1} \end{cases} \quad (19)$$

$\bar{s}_j^r$, r karar vericisi tarafından kriterlerin değerlendirilmesini ifade etmektedir. Aritmetik ya da geometrik ortalama kullanılarak $\bar{s}_j^r$ matrisinin ortalaması bulunur ve $\bar{s}_j^r$ matrisi elde edilir. Kriterlerin değerlendirilmesi için Tablo 1 ve Tablo 2 kullanılmaktadır. Tablo 1 kriterin bir önceki kritere göre önemli olduğu durumlarda kullanılırken Tablo 2 kriterin bir önceki kritere göre daha az önemli olması halinde kullanılır. Karar vericilerin değerlendirmesini kolaylaştırmak için her karşılaştırmaya durulaştırma işlemi yapılmış ve Tablo 3 ve Tablo 4’de gösterilmiştir.

l: üçgen bulanık sayı alt sınır değeri

m: üçgen bulanık sayı en umut verici değeri

u: üçgen bulanık sayı üst sınır değeri

Tablo 3. Kriterlerin Değerlendirilmesi İçin Ölçek 1-2

Dilsel Değişkenler	Bulanık Sayı			
	l	m	u	Durulaştırılmış Değer
Neredeyse Eşit Değer	1,000	1,000	1,050	1,008
Biraz Daha Önemli	1,100	1,150	1,200	1,150
Orta Derecede Daha Önemli	1,200	1,300	1,350	1,292
Daha Önemli	1,300	1,450	1,500	1,433
Çok Daha Önemli	1,400	1,600	1,650	1,575
Baskın Olarak Daha Önemli	1,500	1,750	1,800	1,717
Kesinlikle Daha Önemli	1,600	1,900	1,950	1,858

Tablo 4. Kiterlerin Değerlendirilmesi İçin Ölçek 0-1

Dilsel Değişkenler	Bulanık Sayı			
	l	m	u	Durulaştırılmış Değer
Zayıf Bir Şekilde Daha Az Önemli	0,667	1,000	1,000	0,944
Orta Derecede Daha Az Önemli	0,500	0,667	1,000	0,694
Daha Az Önemli	0,400	0,500	0,667	0,511
Gerçekten Daha Az Önemli	0,333	0,400	0,500	0,406
Çok Daha Az Önemli	0,286	0,333	0,400	0,337
Baskın Olarak Daha Az Önemli	0,250	0,286	0,333	0,288
Kesinlikle Daha Az Önemli	0,222	0,250	0,286	0,251

Adım 3. Eşitlik (20) ile $\bar{k}_j$ katsayısı belirlenmektedir.

$$\bar{k}_j = \begin{cases} \bar{l} & \text{eğer } j = 1 \\ 2 - \bar{s}_j & \text{eğer } j > 1 \end{cases} \quad (20)$$

Adım 4. Eşitlik (21) ile $\bar{q}_j$ bulanık ağırlığı bulunur.

$$\bar{q}_j = \begin{cases} \bar{l} & \text{eğer } j = 1 \\ \frac{\bar{q}_{j-1}}{\bar{k}_j} & \text{eğer } j > 1 \end{cases} \quad (21)$$

Adım 5. $\bar{w}_j$ görelî ağırlığı Eşitlik (22) yardımı ile elde edilir.

$$\bar{w}_j = \frac{\bar{q}_j}{\sum_{j=1}^n \bar{q}_j} \quad (22)$$

Çalışmanın devamındaki işlem adımları ters bulanık PIPRECIA yöntemine aittir.

Adım 6. Sondan bir önceki kiterden başlanarak kriterler Tablo 3 ve 4'e göre değerlendirilir.

$$\bar{s}_j^{r'} = \begin{cases} > \bar{l} & \text{eğer } C_j > C_{j+1} \\ = \bar{l} & \text{eğer } C_j = C_{j+1} \\ < \bar{l} & \text{eğer } C_j < C_{j+1} \end{cases} \quad (23)$$

$\bar{s}_j'$, karar verici r tarafından kriterlerin değerlendirilmesini ifade etmektedir.

Adım 7. Eşitlik (24) ile $\bar{k}_j'$ katsayısı gösterilmektedir.

$$\bar{k}_j' = \begin{cases} \bar{l} & \text{eğer } j = n \\ 2 - \bar{s}_j' & \text{eğer } j > n \end{cases} \quad (24)$$

n ile gösterilen toplam kriter sayısıdır.

Adım 8. Bulanık ağırlık $\bar{q}_j'$ Eşitlik (25) ile elde edilir.

$$\bar{q}_j' = \begin{cases} \bar{l} & \text{eğer } j = n \\ \frac{\bar{q}_{j+1}'}{\bar{k}_j'} & \text{eğer } j > n \end{cases} \quad (25)$$

Adım 9. $\bar{w}_j'$ kriterinin göreceli ağırlığı Eşitlik (26) ile hesaplanır.

$$\bar{w}_j' = \frac{\bar{q}_j'}{\sum_{j=1}^n \bar{q}_j'} \quad (26)$$

Adım 10. Kriterlerin nihai ağırlıklarının belirlenmesi için elde edilen $\bar{w}_j$ ve $\bar{w}_j'$ değerleri Eşitlik (27) ile çözümlenir.

$$\bar{w}_j'' = \frac{1}{2} (\bar{w}_j + \bar{w}_j') \quad (27)$$

2.6.2. Bulanık MARCOS Yöntemi

Stevic, Pamucar, Puska ve Chatterjee tarafından 2019 yılında geliştirilmiş bir yöntem olan MARCOS (Measurement of Ranking According to Compromise Solution-Uzlaşık Çözüme Göre Alternatifleri Değerlendirme ve Sıralama) yöntemi mevcut alternatifler ve belirlenen referans değerlerin arasındaki ilişkiyi incelemektedir (Yenilmezel ve Ertuğrul, 2022: 254). Yöntemde ideal ve ideal olmayan çözüme göre alternatiflerin durumunu gösteren fayda fonksiyonları belirlenerek ideal ve ideal olmayan çözümlere göre uzlaşma sıralaması elde edilmektedir (Madenoglu, 2020: 103). Yöntemin dilsel ifadelerle birlikte kullanımı sağlamak için Stanković vd. (2020) yılında Bulanık MARCOS yöntemini geliştirerek daha geniş bir alanda kriter ve alternatiflerin değerlendirilmesini sağlamışlardır.

Aşağıda MARCOS ve Bulanık MARCOS yöntemlerine ait çalışmalar tabloda gösterilmiştir.

Tablo 5. MARCOS ve Bulanık MARCOS Yöntemi Literatür Araştırması

Yazar	Konu	Çözüm Metodolojisi
Stević vd. (2020)	Sağlık sektöründe sürdürülebilir tedarikçi seçimi	MARCOS
Madenoglu (2020)	Tedarikçi seçimi	Dengeli Puan Kartı, AHP, MARCOS
Puska vd. (2020)	Proje yönetim yazılım değerlendirmesi	MARCOS
Stević vd. (2020)	Bir taşımacılık şirketinde insan kaynaklarının değerlendirilmesi	FUCOM ve MARCOS
Stanković vd. (2020)	Karayolu trafiği risk analizi	F-PIPRECIA, bulanık MARCOS, bulanık SAW, bulanık TOPSIS
Özdağoglu vd. (2020)	Türk üniversitelerinin sıralanması	CoCoSo ve MARCOS
Ecer ve Pamucar (2021)	Sigorta şirketlerinin sağlık hizmetleri açısından COVID-19 pandemik performanslarının	Bulanık MARCOS
Altıntaş (2021)	Akdeniz ülkelerinin destinasyon rekabetçilik performanslarının analizi	MAIRCA ve MARCOS
Çınaroğlu vd. (2021)	Yenilikçi ve girişimci üniversite analizi	CRITIC ve MARCOS
Blagošević vd. (2021)	Sürdürülebilir trafik yönetimine ulaşmak için demiryolu geçişlerinde güvenlik derecesinin değerlendirilmesi	Bulanık PIPRECIA, bulanık MARCOS
Özdağoglu vd. (2021)	Dünyanın en işlek havalimanlarının değerlendirilmesi	PIPRECIA-E, SMART, MARCOS
Özdağoglu vd. (2021)	Sivil havacılıkta kabin memuru seçimi	Bulanık SWARA ve bulanık MARCOS
Pala (2021)	BIST ulaştırma işletmelerinin finansal performanslarının analizi	IDOCRIW ve MARCOS
Tuş ve Adalı (2022)	Yeşil tedarikçi seçimi	Bulanık SWARA ve bulanık MARCOS
Yenilmez ve Ertuğrul (2022)	Kesintisiz güç kaynağı seçimi	IDOCRIW, MARCOS, CoCoSo, Borda sayım yöntemi

Bulanık MARCOS yönteminin işlem adımları aşağıda verilmiştir (Stanković vd., 2020: 5-7).

Alternatiflerin performanslarının değerlendirilmesi için karar vericiler Tablo 6'yı kullanır.

l: üçgen bulanık sayı alt limit değeri

m: üçgen bulanık sayı orta noktası

u: üçgen bulanık sayı üst limit değeri

Tablo 6. Bulanık MARCOS Ölçeği

Sözel İfade	l	m	u
Çok Kötü	1	1	2
Kötü	1	2	3
Kötü-Orta Arası	2	3	4
Orta	3	4	5
Orta-İyi Arası	4	5	6
İyi	5	6	7
Çok İyi	6	7	7

Adım 1. n kriter ve m alternatif kümesini oluşturan başlangıç bulanık karar matrisi oluşturulur.

$$\begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \cdots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \cdots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \cdots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad (28)$$

Adım 2. Bulanık ideal ($\tilde{A} (ID)$) ve bulanık ideal olmayan ($\tilde{A} (AI)$) çözümler bulunarak genişletilmiş başlangıç bulanık karar matrisi oluşturulur. Bulanık ideal olmayan çözüm değerleri Eşitlik (29), (30) ve (31) ile gösterilirken bulanık ideal çözüm değerleri Eşitlik (32), (33) ve (34) ile gösterilmiştir.

$$\tilde{x}_{agjl} = \begin{cases} j \in \text{fayda} \Rightarrow \min_j \tilde{x}_{ijl} \\ j \in \text{maliyet} \Rightarrow \max_j \tilde{x}_{ijl} \end{cases} \quad (29)$$

$$\tilde{x}_{agjm} = \begin{cases} j \in \text{fayda} \Rightarrow \min_j \tilde{x}_{ijm} \\ j \in \text{maliyet} \Rightarrow \max_j \tilde{x}_{ijm} \end{cases} \quad (30)$$

$$\tilde{x}_{agju} = \begin{cases} j \in \text{fayda} \Rightarrow \min_j \tilde{x}_{iju} \\ j \in \text{maliyet} \Rightarrow \max_j \tilde{x}_{iju} \end{cases} \quad (31)$$

$$\tilde{x}_{gjl} = \begin{cases} j \in \text{fayda} \Rightarrow \max_j \tilde{x}_{ijl} \\ j \in \text{maliyet} \Rightarrow \min_j \tilde{x}_{ijl} \end{cases} \quad (32)$$

$$\tilde{x}_{gjm} = \begin{cases} j \in \text{fayda} \Rightarrow \max_j \tilde{x}_{ijm} \\ j \in \text{maliyet} \Rightarrow \min_j \tilde{x}_{ijm} \end{cases} \quad (33)$$

$$\tilde{x}_{gju} = \begin{cases} j \in \text{fayda} \Rightarrow \max_j \tilde{x}_{iju} \\ j \in \text{maliyet} \Rightarrow \min_j \tilde{x}_{iju} \end{cases} \quad (34)$$

Adım 3. Elde edilen değerler ile genişletilmiş başlangıç bulanık karar matrisi Eşitlik (35)' de verilmiştir.

$$\tilde{X} = \begin{matrix} & \tilde{C}_1 & \tilde{C}_2 & \dots & \tilde{C}_n \\ \begin{matrix} \tilde{A} (AI) \\ \tilde{A}_1 \\ \tilde{A}_2 \\ \dots \\ \tilde{A}_m \\ \tilde{A} (ID) \end{matrix} & \begin{bmatrix} \tilde{x}_{ag1} & \tilde{x}_{ag2} & \dots & \tilde{x}_{agn} \\ \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \dots & \tilde{x}_{mn} \\ \tilde{x}_{g1} & \tilde{x}_{g2} & \dots & \tilde{x}_{gn} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (35)$$

Adım 4. Genişletilmiş bulanık karar matrisi Eşitlik (36), (37) ve (38) ile normalize edilir.

$$\tilde{n}_{ijl} = \begin{cases} j \in \text{fayda} \Rightarrow \frac{\tilde{x}_{ijl}}{\tilde{x}_{gju}} \\ j \in \text{maliyet} \Rightarrow \frac{\tilde{x}_{gjl}}{\tilde{x}_{ijl}} \end{cases} \quad (36)$$

$$\tilde{n}_{ijm} = \begin{cases} j \in \text{fayda} \Rightarrow \frac{\tilde{x}_{ijm}}{\tilde{x}_{gju}} \\ j \in \text{maliyet} \Rightarrow \frac{\tilde{x}_{gjl}}{\tilde{x}_{ijm}} \end{cases} \quad (37)$$

$$\tilde{n}_{iju} = \begin{cases} j \in \text{fayda} \Rightarrow \frac{\tilde{x}_{iju}}{\tilde{x}_{gju}} \\ j \in \text{maliyet} \Rightarrow \frac{\tilde{x}_{gjl}}{\tilde{x}_{iju}} \end{cases} \quad (38)$$

Adım 5. Eşitlik (39), (40) ve (41) ile bulanık ağırlıklı normalize değerler elde edilir.

$\tilde{v}_{ij}$: i alternatifinin j kriteri açısından bulanık ağırlıklı normalize değeri

$\tilde{v}_{ijl}$: bulanık ağırlıklı normalize değer alt limit

$\tilde{v}_{ijm}$: bulanık ağırlıklı normalize değer orta nokta

$\tilde{v}_{iju}$: bulanık ağırlıklı normalize değer üst limit

w_j : j kriteri bulanık ağırlığı

$$\tilde{v}_{ijl} = \tilde{w}_{jl} \tilde{n}_{ijl} \quad (39)$$

$$\tilde{v}_{ijm} = \tilde{w}_{jm} \tilde{n}_{ijm} \quad (40)$$

$$\tilde{v}_{iju} = \tilde{w}_{ju} \tilde{n}_{iju} \quad (41)$$

Adım 6. Her bir alternatifi bulanık ağırlıklı normalize değerlerinin toplamı Eşitlik (42), (43) ve (44) ile hesaplanır.

$\tilde{S}_i$: *i* alternatifi toplam bulanık ağırlıklı normalize değer

$\tilde{S}_{il}$: toplam bulanık ağırlıklı normalize değeri alt limit

$\tilde{S}_{im}$: toplam bulanık ağırlıklı normalize değeri orta nokta

$\tilde{S}_{iu}$: toplam bulanık ağırlıklı normalize değeri üst limit

$$\tilde{S}_{il} = \sum_{j=1}^n \tilde{v}_{ijl} \quad (42)$$

$$\tilde{S}_{im} = \sum_{j=1}^n \tilde{v}_{ijm} \quad (43)$$

$$\tilde{S}_{iu} = \sum_{j=1}^n \tilde{v}_{iju} \quad (44)$$

Adım 7. Benzer çözüm bulanık ideal çözüm ve bulanık ideal olmayan çözüm için tekrarlanır. Bulanık ideal çözüm için bulanık ağırlıklı normalize değer toplamı Eşitlik (45), (46) ve (47)'de verilirken bulanık ideal olmayan çözüm için bulanık ağırlıklı normalize değer toplamı Eşitlik (48), (49) ve (50) ile yapılır.

$\tilde{S}_g$: bulanık ideal çözüm toplam ağırlıklı normalize değeri

$\tilde{S}_{gl}$: bulanık ideal çözüm toplam ağırlıklı normalize değeri alt limit

$\tilde{S}_{gm}$: bulanık ideal çözüm toplam ağırlıklı normalize değeri orta nokta

$\tilde{S}_{gu}$: bulanık ideal çözüm toplam ağırlıklı normalize değeri üst limit

$$\tilde{S}_{gl} = \sum_{j=1}^n \tilde{v}_{gjl} \quad (45)$$

$$\tilde{S}_{gm} = \sum_{j=1}^n \tilde{v}_{gjm} \quad (46)$$

$$\tilde{S}_{gu} = \sum_{j=1}^n \tilde{v}_{gju} \quad (47)$$

$\tilde{S}_{ag}$: bulanık ideal olmayan çözüm toplam ağırlıklı normalize değeri

$\tilde{S}_{agl}$: bulanık ideal olmayan çözüm toplam ağırlıklı normalize değeri alt limit

$\tilde{S}_{agm}$: bulanık ideal olmayan çözüm toplam ağırlıklı normalize değeri orta nokta

$\tilde{S}_{agu}$: bulanık ideal olmayan çözüm toplam ağırlıklı normalize değeri üst limit

$$\tilde{S}_{agl} = \sum_{j=1}^n \tilde{v}_{agjl} \quad (48)$$

$$\tilde{S}_{agm} = \sum_{j=1}^n \tilde{v}_{agjm} \quad (49)$$

$$\tilde{S}_{agu} = \sum_{j=1}^n \tilde{v}_{agju} \quad (50)$$

Adım 8. İdeal olmayan çözüme ve ideal olan çözüme göre her bir alternatif için bulanık fayda değeri aşağıda verildiği gibi hesaplanmaktadır.

$\tilde{K}_i^-$: i alternatifi ideal olmayan çözüme göre bulanık fayda değeri

$\tilde{K}_{il}^-$: ideal olmayan çözüme göre bulanık fayda değeri alt limit

$\tilde{K}_{im}^-$: ideal olmayan çözüme göre bulanık fayda değeri orta nokta

$\tilde{K}_{iu}^-$: ideal olmayan çözüme göre bulanık fayda değeri üst limit

$$\tilde{K}_{il}^- = \frac{\tilde{S}_{il}}{\tilde{S}_{agu}} \quad (51)$$

$$\tilde{K}_{im}^- = \frac{\tilde{S}_{im}}{\tilde{S}_{agm}} \quad (52)$$

$$\tilde{K}_{iu}^- = \frac{\tilde{S}_{iu}}{\tilde{S}_{agl}} \quad (53)$$

$\tilde{K}_i^+$: i alternatifi ideal çözüme göre bulanık fayda değeri

$\tilde{K}_{il}^+$: ideal çözüme göre bulanık fayda değeri alt limit

$\tilde{K}_{im}^+$: ideal çözüme göre bulanık fayda değeri orta nokta

$\tilde{K}_{iu}^+$: ideal çözüme göre bulanık fayda değeri üst limit

$$\tilde{K}_{il}^+ = \frac{\tilde{S}_{il}}{\tilde{S}_{gu}} \quad (54)$$

$$\tilde{K}_{im}^+ = \frac{\tilde{S}_{im}}{\tilde{S}_{gm}} \quad (55)$$

$$\tilde{K}_{iu}^+ = \frac{\tilde{S}_{iu}}{\tilde{S}_{gl}} \quad (56)$$

Adım 9. Eşitlik (57), (58) ve (59) ile ideal ve ideal olmayan fayda değerleri birleştirilir.

$\tilde{t}_i$: i alternatifi bütünleşik bulanık fayda

$\tilde{t}_{il}$: i alternatifi bütünleşik bulanık fayda alt limit

$\tilde{t}_{im}$: i alternatifi bütünleşik bulanık fayda orta nokta

$\tilde{t}_{iu}$: i alternatifi bütünleşik bulanık fayda üst limit

$$\tilde{t}_{il} = \tilde{K}_{il}^- + \tilde{K}_{il}^+ \quad (57)$$

$$\tilde{t}_{im} = \tilde{K}_{im}^- + \tilde{K}_{im}^+ \quad (58)$$

$$\tilde{t}_{iu} = \tilde{K}_{iu}^- + \tilde{K}_{iu}^+ \quad (59)$$

Adım 10. Eşitlik (60), (61) ve (62) ile bütünleşik fayda değerlerinin en büyüğü elde edilir.

$\tilde{d}_l$: en büyük bütünleşik bulanık fayda alt limit

$\tilde{d}_m$: en büyük bütünleşik bulanık fayda orta nokta

$\tilde{d}_u$: en büyük bütünleşik bulanık fayda üst limit

$$\tilde{d}_l = \max_i \tilde{t}_{il} \quad (60)$$

$$\tilde{d}_m = \max_i \tilde{t}_{im} \quad (61)$$

$$\tilde{d}_u = \max_i \tilde{t}_{iu} \quad (62)$$

Adım 11. En büyük bütünleşik bulanık fayda değeri Eşitlik (63) ile durulaştırılır.

d: en büyük durulaştırılmış fayda değeri

$$d = \frac{\tilde{d}_l + 4\tilde{d}_m + \tilde{d}_u}{6} \quad (63)$$

Adım 12. İdeal çözüme ilişkin bulanık fayda fonksiyonu Eşitlik (64), (65) ve (66) ile elde edilirken ideal olmayan çözüme ilişkin bulanık fayda fonksiyonu Eşitlik (67), (68) ve (69) ile elde edilmiştir.

$f(\tilde{K}_i^+)$: ideal çözüme ilişkin bulanık fayda fonksiyonu

$f(\tilde{K}_{il}^+)$: ideal çözüme ilişkin bulanık fayda fonksiyonu alt limit

$f(\tilde{K}_{im}^+)$: ideal çözüme ilişkin bulanık fayda fonksiyonu orta nokta

$f(\tilde{K}_{iu}^+)$: ideal çözüme ilişkin bulanık fayda fonksiyonu üst limit

$$f(\tilde{K}_{il}^+) = \frac{\tilde{K}_{il}^-}{d} \quad (64)$$

$$f(\tilde{K}_{im}^+) = \frac{\tilde{K}_{im}^-}{d} \quad (65)$$

$$f(\tilde{K}_{iu}^+) = \frac{\tilde{K}_{iu}^-}{d} \quad (66)$$

$f(\tilde{K}_i^-)$: ideal olmayan çözüme ilişkin bulanık fayda fonksiyonu

$f(\tilde{K}_{il}^-)$: ideal olmayan çözüme ilişkin bulanık fayda fonksiyonu alt limit

$f(\tilde{K}_{im}^-)$: ideal olmayan çözüme ilişkin bulanık fayda fonksiyonu orta nokta

$f(\tilde{K}_{iu}^-)$: ideal olmayan çözüme ilişkin bulanık fayda fonksiyonu üst limit

$$f(\tilde{K}_{il}^-) = \frac{\tilde{K}_{il}^+}{d} \quad (67)$$

$$f(\tilde{K}_{im}^-) = \frac{\tilde{K}_{im}^+}{d} \quad (68)$$

$$f(\tilde{K}_{iu}^-) = \frac{\tilde{K}_{iu}^+}{d} \quad (69)$$

Adım 13. Eşitlik (70) ve (71) ile sırasıyla ideal çözüme ilişkin bulanık fayda fonksiyonu ve ideal olmayan çözüme ilişkin fayda fonksiyonu durulaştırılır.

$f(K_i^+)$: ideal çözüme ilişkin durulaştırılmış fayda fonksiyonu

$f(K_i^-)$: ideal olmayan çözüme ilişkin durulaştırılmış fayda fonksiyonu

$$f(K_i^+) = \frac{f(K_{il}^+) + 4f(K_{im}^+) + f(K_{iu}^+)}{6} \quad (70)$$

$$f(K_i^-) = \frac{f(K_{il}^-) + 4f(K_{im}^-) + f(K_{iu}^-)}{6} \quad (71)$$

Adım 14. Durulaştırma işlemi yapıldıktan sonra her bir alternatif için nihai fayda fonksiyonu değeri Eşitlik (72) ile hesaplanır.

$f(K_i)$: i alternatifi nihai fayda fonksiyonu

$$f(K_i) = \frac{K_i^+ + K_i^-}{1 + \frac{1-f(K_i^+)}{f(K_i^+)} + \frac{1-f(K_i^-)}{f(K_i^-)}} \quad (72)$$

En yüksek nihai değer en iyi alternatifi göstermektedir.

2.6.3. Bulanık CoCoSo Yöntemi

Bütünleşik bir basit ağırlıklı toplam ve üstel ağırlıklı çarpım modeline dayanan CoCoSo (Kombine Uzlaşmacı Çözüm - Combined Compromise Solution) yöntemi Yazdani vd. tarafından 2019 yılında geliştirilen bir yöntemdir (Bektaş, 2022: 256). Analizlere yeni bir alternatif eklenmesi ya da mevcut alternatifin analizlerden çıkarılması elde edilen nihai sonuçlarda diğer ÇKKV yöntemlerine göre daha az etki etmesi yöntemin bir avantajı olarak gösterilmektedir (Demir vd., 2022: 9). Yöntem ilk olarak farklı toplama/birleştirme operatörleri aracılığıyla farklı perspektiflerden alternatiflerin fayda değerlerini bulur ve daha sonra bir uzlaşma çözümü elde etmek ve her bir alternatifin fayda değerlerini bir araya toplamak için bir birleştirme fonksiyonu kullanmaktadır (Yenilmezel ve Ertuğrul, 2022: 256). Yöntemin dilsel ifadelerle birlikte kullanımı sağlanarak Bulanık CoCoSo yöntemi geliştirilmiş daha geniş bir alanda kriter ve alternatiflerin değerlendirilmesi sağlanmıştır. Değerlendirme yapılırken kullanılan dilsel ölçek Tablo 7’de verilmiştir (Demir vd., 2022: 9).

Tablo 7. Bulanık CoCoSo Yöntemi Dilsel Ölçek

Sözel İfade	l	m	u
Kesinlikle Daha Az Önemli	0,222	0,250	0,286
Ağırlıklı Olarak Daha Az Önemli	0,250	0,286	0,333
Çok Daha Az Önemli	0,286	0,333	0,400
Gerçekten Daha Az Önemli	0,333	0,400	0,500
Daha Az Önemli	0,400	0,500	0,667
Orta Derecede Daha Az Önemli	0,500	0,667	1,000
Zayıf Olarak Daha Az Önemli	0,667	1,000	1,000

Literatürde yer alan CoCoSo ve Bulanık CoCoSo yöntemine ait çalışmalar aşağıdaki tabloda bir arada verilmiştir.

Tablo 8. CoCoSo ve Bulanık CoCoSo Yöntemine Ait Literatür Araştırması

Yazar	Konu	Çözüm Metodolojisi
Yazdani vd. (2019)	Lojistik sağlayıcı seçimi	CoCoSo
Peng vd. (2020)	5G endüstrisinin değerlendirilmesi	CoCoSo ve CRITIC yöntemine dayalı Pisagor bulanık ÇKKV yöntemi
Stanujkić vd. (2020)	AB ülkelerinin 2030 gündeminin sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmaya yönelik ilerlemesinin değerlendirilmesi	Entropi, CoCoSo

Peng ve Smarandache (2020)	Çin'in toprak endüstrisi güvenlik değerlendirmesi	Nötrozofik CoCoSo
Peng ve Huang (2020)	Finansal risk değerlendirmesi	CRITIC, CoCoSo
Ecer ve Pamucar (2020)	Sürdürülebilir tedarikçi seçimi	Bulanık BWM, bulanık CoCoSo
Ulutaş vd. (2020)	Lojistik merkezi seçimi	Bulanık SWARA, CoCoSo
Dündar vd. (2021)	Samsun ilinde kurulabilecek kompost tesislerinin optimal sıralaması	CoCoSo, WASPAS
Khan ve Haleem (2021)	Gelişmekte olan ekonomiler bağlamında döngüsel ekonomi uygulamalarının incelenmesi	CoCoSo
Popović (2021)	Personel seçimi	SWARA, CoCoSo
Topal (2021)	Elektrik üretim şirketlerinin finansal performanslarının değerlendirilmesi	Entropi, CoCoSo
Ulutaş vd. (2021)	Nakliye şirketi seçim problemi	Hibrit Bulanık PSI-PIPRECIA-CoCoSo
Altıntaş (2021)	G7 ülkelerinin bilgi performanslarının analizi	CoCoSo
Çiftçi vd. (2021)	BIST'te işlem gören enerji firmalarının nakit akış oranlarına dayalı finansal performanslarının değerlendirilmesi	CRITIC ve CoCoSo
Pala (2021)	BIST inşaat endeksinde finansal performansların analizi	CCSD ve CoCoSo
Bektaş (2022)	Türk sigorta sektörünün 2002-2021 dönemi için performansının değerlendirilmesi	MEREC, LOPCOW, CoCoSo, EDAS
Görçün ve Küçükönder (2022)	Kentlerin raylı sistem performanslarının karşılaştırmalı analizi	BWM, CoCoSo
Demir vd. (2022)	Sürdürülebilir kentsel hareketliliğin değerlendirilmesi	Bulanık FUCOM ve bulanık CoCoSo

Bulanık CoCoSo yöntemine ait işlem adımları aşağıdaki gibidir (Ulutaş vd., 2021: 1235-1237).

Adım 1. Bulanık karar matrisi Eşitlik (73) ile oluşturulur.

$$\tilde{Z} = [\tilde{z}_{ij}]_{k \times n} = \begin{bmatrix} \tilde{z}_{11} & \cdots & \tilde{z}_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{z}_{k1} & \cdots & \tilde{z}_{kn} \end{bmatrix} \quad (73)$$

Adım 2. Eşitlik (74) ile maliyet bazlı kriterler için normalize işlemi yapılırken Eşitlik (75) ile fayda temelli kriterler için normalize işlemi yapılmaktadır.

$$\tilde{r}_{ij} = (r_{ij}^l, r_{ij}^m, r_{ij}^u) = \frac{\max(\tilde{z}_{ij}) - \tilde{z}_{ij}}{\max(\tilde{z}_{ij}) - \min(\tilde{z}_{ij})} = \left(\frac{\max(z_{ij}^u) - z_{ij}^u}{\max(z_{ij}^u) - \min(z_{ij}^l)}, \frac{\max(z_{ij}^u) - z_{ij}^m}{\max(z_{ij}^u) - \min(z_{ij}^l)}, \frac{\max(z_{ij}^u) - z_{ij}^l}{\max(z_{ij}^u) - \min(z_{ij}^l)} \right) \quad (74)$$

$$\tilde{r}_{ij} = (r_{ij}^l, r_{ij}^m, r_{ij}^u) = \frac{\tilde{z}_{ij} - \min(\tilde{z}_{ij})}{\max(\tilde{z}_{ij}) - \min(\tilde{z}_{ij})} = \left(\frac{z_{ij}^l - \min(z_{ij}^l)}{\max(z_{ij}^u) - \min(z_{ij}^l)}, \frac{z_{ij}^m - \min(z_{ij}^l)}{\max(z_{ij}^u) - \min(z_{ij}^l)}, \frac{z_{ij}^u - \min(z_{ij}^l)}{\max(z_{ij}^u) - \min(z_{ij}^l)} \right) \quad (75)$$

Adım 3. Her bir alternatif için ağırlıklı karşılaştırılabilirlik $(\tilde{S}_i(S_i^l, S_i^m, S_i^u))$ 'nin bulanık toplamı ve karşılaştırılabilirlik dizilerinin güç ağırlığı $(\tilde{P}_i(P_i^l, P_i^m, P_i^u))$ Eşitlik (76) ve (77) ile hesaplanır.

$$\tilde{S}_i = (S_i^l, S_i^m, S_i^u) = \sum_{j=1}^n \tilde{w}_{jc} \tilde{r}_{ij} = \left(\sum_{j=1}^n w_{jc}^l r_{ij}^l, \sum_{j=1}^n w_{jc}^m r_{ij}^m, \sum_{j=1}^n w_{jc}^u r_{ij}^u \right) \quad (76)$$

$$\tilde{P}_i = (P_i^l, P_i^m, P_i^u) = \sum_{j=1}^n (\tilde{r}_{ij})^{\tilde{w}_{jc}} = \left(\sum_{j=1}^n (r_{ij}^l)^{w_{jc}^u}, \sum_{j=1}^n (r_{ij}^m)^{w_{jc}^m}, \sum_{j=1}^n (r_{ij}^u)^{w_{jc}^l} \right) \quad (77)$$

Adım 4. Üç bulanık değerlendirme puanı $(\tilde{f}_{ia}, \tilde{f}_{ib}, \tilde{f}_{ic})$ elde etmek için Eşitlik (78), (79) ve (80)'de gösterilen formüller uygulanır.

$$\tilde{f}_{ia} = (f_{ia}^l, f_{ia}^m, f_{ia}^u) = \frac{\tilde{P}_i + \tilde{S}_i}{\sum_{i=1}^k (\tilde{P}_i + \tilde{S}_i)} = \left(\frac{P_i^l + S_i^l}{\sum_{i=1}^k (P_i^u + S_i^u)}, \frac{P_i^m + S_i^m}{\sum_{i=1}^k (P_i^m + S_i^m)}, \frac{P_i^u + S_i^u}{\sum_{i=1}^k (P_i^l + S_i^l)} \right) \quad (78)$$

$$\tilde{f}_{ib} = (f_{ib}^l, f_{ib}^m, f_{ib}^u) = \frac{\tilde{S}_i}{\min(\tilde{S}_i)} + \frac{\tilde{P}_i}{\min(\tilde{P}_i)} = \left(\frac{S_i^l}{\min(S_i^l)} + \frac{P_i^l}{\min(P_i^l)}, \frac{S_i^m}{\min(S_i^l)} + \frac{P_i^m}{\min(P_i^l)}, \frac{S_i^u}{\min(S_i^l)} + \frac{P_i^u}{\min(P_i^l)} \right) \quad (79)$$

$$\tilde{f}_{ic} = (f_{ic}^l, f_{ic}^m, f_{ic}^u) = \frac{\lambda(\tilde{S}_i) + (1-\lambda)(\tilde{P}_i)}{\lambda \max(\tilde{S}_i) + (1-\lambda) \max(\tilde{P}_i)} = \left(\frac{\lambda(S_i^l) + (1-\lambda)(P_i^l)}{\lambda \max(S_i^u) + (1-\lambda) \max(P_i^u)}, \frac{\lambda(S_i^m) + (1-\lambda)(P_i^m)}{\lambda \max(S_i^u) + (1-\lambda) \max(P_i^u)}, \frac{\lambda(S_i^u) + (1-\lambda)(P_i^u)}{\lambda \max(S_i^u) + (1-\lambda) \max(P_i^u)} \right) \quad (80)$$

Eşitlik (80)'de λ değeri karar vericiler tarafından belirlenir ve genellikle 0,5 olarak alınır.

Adım 5. Bulanık değerlendirme puanları $(\tilde{f}_{ia}, \tilde{f}_{ib}, \tilde{f}_{ic})$ Eşitlik (81), (82) ve (83) kullanılarak net değerlendirme puanlarına (f_{ia}, f_{ib}, f_{ic}) dönüştürülür.

$$f_{ia} = \frac{f_{ia}^l + f_{ia}^m + f_{ia}^u}{3} \quad (81)$$

$$f_{ib} = \frac{f_{ib}^l + f_{ib}^m + f_{ib}^u}{3} \quad (82)$$

$$f_{ic} = \frac{f_{ic}^l + f_{ic}^m + f_{ic}^u}{3} \quad (83)$$

Adım 6. Net değerlendirme puanları Eşitlik (84) kullanılarak her bir alternatif için nihai puanı (f_i) elde etmek üzere birleştirilir.

$$f_i = (f_{ia}f_{ib}f_{ic})^{1/3} + \left(\frac{1}{3}\right) (f_{ia} + f_{ib} + f_{ic}) \quad (84)$$

Sonuca göre en yüksek puana sahip alternatif en iyi alternatiftir.

2.6.4. Bulanık MAIRCA Yöntemi

MAIRCA (MultiAttributive Ideal-Real Comparative Analysis - Çok Nitelikli İdeal Gerçek Karşılaştırmalı Analiz) yöntemi 2014 yılında Belgrad Savunma Üniversitesi Lojistik Araştırmalar bölümünde görev yapan Profesör Dragan Pamucar vd. tarafından geliştirilmiştir. MAIRCA yöntemi temelde ideal ve deneysel ağırlıklar arasındaki farkın belirlenerek her kriter için boşlukların toplamı ve değerlendirilen her alternatif için toplam boşluğun hesaplanmasını esas alır. Hesaplamalar sonrasında en iyi alternatif en düşük boşluk değerine sahip olandır (Gigović vd., 2016: 11).

Yapılan çalışmalarda MAIRCA yönteminin normalizasyon işleminde lineer normalizasyon tekniğinin kullanılması yöntemin diğer TOPSIS ve ELECTRE gibi ÇKKV yöntemlerine göre daha tutarlı sonuçlar verdiği tespit edilmiştir (Ecer, 2020: 265). Yöntemin kolay ve anlaşılır bir matematiksel algoritmaya sahip olması avantajları arasındadır. Yöntemin dilsel ifadelerle kullanımı sağlanarak Bulanık MAIRCA yöntemi literatüre kazandırılmıştır (Boral vd. 2019, 11). Kullanılan dilsel ölçek Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9. Bulanık MAIRCA Yöntemi Dilsel Ölçek

Dilsel Terimler	l	m	u
Çok Zayıf (VP)	0	0	1
Zayıf (P)	0	1	3
Ortalama Zayıf (MP)	1	3	5
Eşit (F)	3	5	7
Ortalama İyi (MG)	5	7	9
İyi (G)	7	9	10
Çok İyi (VG)	9	10	10

Yapılan literatür taramasında MAIRCA yöntemi ve Bulanık MAIRCA yöntemine ait çalışmalar Tablo 10’da verilmiştir.

Tablo 10. MAIRCA ve Bulanık MAIRCA Yöntemlerine Ait Literatür Araştırması

Yazar	Konu	Çözüm Metodolojisi
Gigović vd. (2016)	Mühimmat depoları için yer seçimi	GIS ve MAIRCA
Pamućar vd. (2017)	Rüzgar çiftlikleri için yer seçimi	BWM ve MAIRCA
Chatterjee vd. (2018)	Yeşil tedarikçi performans değerlendirmesi	Kaba kümeler temelli DEMATEL, ANP ve MAIRCA
Pamućar vd. (2018)	Demiryolu altyapıları için hemzemin geçitlerin değerlendirilmesi	FUCOM ve MAIRCA
Pamućar vd. (2018)	Çok modlu lojistik merkezleri için sürdürülebilir yer seçimi	DEMATEL ve MAIRCA
Ayçin ve Orçun (2019)	Mevduat bankalarının performanslarının değerlendirilmesi	ENTROPI ve MAIRCA
Ulutaş (2019)	Catering firması seçimi	SWARA ve MAIRCA
Boral vd. (2020)	Risk değerlendirme problemleri için sayısal uygulama	Bulanık AHP ve bulanık MAIRCA
Gül ve Ak (2020)	İnsan sağlığı ve çevre açısından mesleki risklerin değerlendirilmesi	Bulanık BWM ve bulanık MAIRCA
Ayçin (2020)	Personel seçimi	CRITIC ve MAIRCA
Aydın (2020)	Kamu sermayeli bankaların performans analizi	CRITIC ve MAIRCA
Bakır vd. (2020)	Havayolu endüstrisinde operasyonel performans değerlendirilmesi	PIPRECIA ve MAIRCA
Ecer (2021)	Sürdürülebilir tedarikçi seçimi	FUCOM ve MAIRCA
Yazgan ve Agamyrdova (2021)	Bankacılık sektörü için personel seçimi	SWARA ve MAIRCA
Aksoy (2021)	Türkiye’nin birleşme ve satınalma faaliyetleri üzerine bir analiz	ENTROPI ve MAIRCA
Ayadi vd. (2021)	Sürdürülebilir bakış açısı ile lojistik platformu için konum seçimi	Melez bulanık FUCOM, bulanık MAIRCA ve bulanık PROMETHEE
Ecer (2022)	COVID-19 çağında koronavirüs aşısı seçimi	Genişletilmiş MAIRCA

Bulanık MAIRCA yöntemi 9 adımdan oluşmaktadır ve işlem adımları aşağıdaki gibidir (Boral vd., 2020: 11-13).

Adım 1. n sayıda kritere göre m alternatifin değerlendirilmesi ile ele alınan kriterler bağlamında alternatiflerin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi sonucunda başlangıç dilsel değerlendirme matrisi (D_L) aşağıdaki şekilde oluşturulmaktadır.

$$D_L = \begin{pmatrix} L_{11}^1, & \dots & L_{11}^k & L_{12}^1, & \dots & L_{12}^k & \dots & L_{1n}^1, & \dots & L_{1n}^k \\ L_{21}^1, & \dots & L_{21}^k & L_{22}^1, & \dots & L_{22}^k & \dots & L_{2n}^1, & \dots & L_{2n}^k \\ \vdots & & \vdots & & & \ddots & & \vdots & & \vdots \\ L_{m1}^1, & \dots & L_{m1}^k & L_{m2}^1, & \dots & L_{m2}^k & \dots & L_{mn}^1, & \dots & L_{mn}^k \end{pmatrix} \quad (85)$$

L_{mn}^k , m kadar alternatifin n kadar kriter altında k kadar karar verici tarafından dilsel olarak değerlendirildiğini göstermektedir.

Adım 2. Bulanık sayılar aracılığıyla alternatiflerin derecelendirilmesini takiben, her bir dilsel karar Eşitlik (86)'daki gibi bulanık sayılarla değiştirilir.

$$\tilde{D}^1 = \begin{pmatrix} \tilde{A}_{11}^{(1)} & \tilde{A}_{12}^{(1)} & \dots & \tilde{A}_{1n}^{(1)} \\ \tilde{A}_{21}^{(1)} & \tilde{A}_{22}^{(1)} & \dots & \tilde{A}_{2n}^{(1)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{A}_{m1}^{(1)} & \tilde{A}_{m2}^{(1)} & \dots & \tilde{A}_{mn}^{(1)} \end{pmatrix}, \dots, \tilde{D}^k = \begin{pmatrix} \tilde{A}_{11}^{(k)} & \tilde{A}_{12}^{(k)} & \dots & \tilde{A}_{1n}^{(k)} \\ \tilde{A}_{21}^{(k)} & \tilde{A}_{22}^{(k)} & \dots & \tilde{A}_{2n}^{(k)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{A}_{m1}^{(k)} & \tilde{A}_{m2}^{(k)} & \dots & \tilde{A}_{mn}^{(k)} \end{pmatrix} \quad (86)$$

Adım 3. Bu adımda, Eşitlik (87) ile bütünleşik karar matrisi oluşturulur.

$$\tilde{D} = \begin{pmatrix} \tilde{A}_{11} & \tilde{A}_{12} & \dots & \tilde{A}_{1n} \\ \tilde{A}_{21} & \tilde{A}_{22} & \dots & \tilde{A}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{A}_{m1} & \tilde{A}_{m2} & \dots & \tilde{A}_{mn} \end{pmatrix} \quad (87)$$

Böylece $\tilde{A}_{11} = \frac{\tilde{A}_{11}^{(1)} + \tilde{A}_{11}^{(2)} + \dots + \tilde{A}_{11}^{(k)}}{k}$ şeklinde hesaplanır.

Adım 4. Bu adımda P_{A_i} alternatiflerin seçimine göre tercihler tanımlanır ve karar vericinin bir alternatifin seçimi konusunda tarafsız olduğu anlamına gelir. Herhangi bir alternatif eşit olasılıkla seçilebildiğinden, alternatiflerin her biri için tercihler Eşitlik (88) ile gösterilir.

$$P_{A_i} = \frac{1}{m} ; \sum_{i=1}^m P_{A_i} = 1 \quad (88)$$

Adım 5. Bulanık teorik değerlendirme matrisi ($\tilde{T}_{P_A}$), Eşitlik (89)'da görüldüğü gibi alternatiflere göre yapılan tercihler P_{A_i} ile tanımlanan ağırlıkların çarpılması ile hesaplanmaktadır.

$$(\tilde{T}_{PA}) = \begin{pmatrix} \frac{1}{m} \tilde{w} 1 & \frac{1}{m} \tilde{w} 2 & \dots & \frac{1}{m} \tilde{w} n \\ \frac{1}{m} \tilde{w} 1 & \frac{1}{m} \tilde{w} 2 & \dots & \frac{1}{m} \tilde{w} n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{1}{m} \tilde{w} 1 & \frac{1}{m} \tilde{w} 2 & \dots & \frac{1}{m} \tilde{w} n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \tilde{t}_{p11} & \tilde{t}_{p12} & \dots & \tilde{t}_{pn1} \\ \tilde{t}_{p21} & \tilde{t}_{p22} & \dots & \tilde{t}_{pn2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{t}_{pm1} & \tilde{t}_{pm2} & \dots & \tilde{t}_{pmn} \end{pmatrix} \quad (89)$$

Adım 6. Hesaplamalardaki karmaşıklığı azaltmak ve sayısal gösterimin doğruluğunu arttırmak için normalizasyon işlemi Eşitlik (90)'da gösterildiği gibi yapılır.

$$\begin{aligned} n_{ij}^l &= \frac{a_{ij}^l}{\sqrt{\sum_{l=1}^m [(a_{ij}^l)^2 + (a_{ij}^m)^2 + (a_{ij}^u)^2]}} \\ n_{ij}^m &= \frac{a_{ij}^m}{\sqrt{\sum_{l=1}^m [(a_{ij}^l)^2 + (a_{ij}^m)^2 + (a_{ij}^u)^2]}} \\ n_{ij}^u &= \frac{a_{ij}^u}{\sqrt{\sum_{l=1}^m [(a_{ij}^l)^2 + (a_{ij}^m)^2 + (a_{ij}^u)^2]}} \end{aligned} \quad (90)$$

Adım 7. Teorik hesaplama matrisinin $(\tilde{T}_{rA})$ bulanık öğeleri hesaplanır. Bu adımda Eşitlik (91)'de verildiği gibi normalize karar matrisi öğeleri ile teorik hesaplama matrisi öğeleri çarpılmaktadır.

$$\begin{aligned} (\tilde{T}_{rA}) &= \begin{pmatrix} \tilde{t}_{r11} & \tilde{t}_{r12} & \dots & \tilde{t}_{rn1} \\ \tilde{t}_{r21} & \tilde{t}_{r22} & \dots & \tilde{t}_{rn2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{t}_{rm1} & \tilde{t}_{rm2} & \dots & \tilde{t}_{rmn} \end{pmatrix} = \\ &\begin{pmatrix} \tilde{n}_{11} \otimes \tilde{t}_{p11} & \tilde{n}_{11} \otimes \tilde{t}_{p12} & \dots & \tilde{n}_{11} \otimes \tilde{t}_{pn1} \\ \tilde{n}_{21} \otimes \tilde{t}_{p21} & \tilde{n}_{22} \otimes \tilde{t}_{p22} & \dots & \tilde{n}_{n2} \otimes \tilde{t}_{pn2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{n}_{m1} \otimes \tilde{t}_{pm1} & \tilde{n}_{m2} \otimes \tilde{t}_{pm2} & \dots & \tilde{n}_{nm} \otimes \tilde{t}_{pn2} \end{pmatrix} \end{aligned} \quad (91)$$

Adım 8. Bu adımda her bir kritere göre her alternatifin teorik ve fiili değerlendirme arasındaki boşluk hesaplanır. Toplam boşluk matrisi Eşitlik (92) kullanılarak aşağıdaki gibi bulunmaktadır.

$$g_{ij} = \sqrt{\frac{1}{3} [(\tilde{t}_{pij_l} - \tilde{t}_{rij_l})^2 + (\tilde{t}_{pij_m} - \tilde{t}_{rij_m})^2 + (\tilde{t}_{pij_u} - \tilde{t}_{rij_u})^2]} \quad (92)$$

Adım 9. Son adımda Eşitlik (93) kullanılarak her bir kritere göre her alternatifin boşluk değerleri toplanarak kriter fonksiyonlarının nihai değeri hesaplanır. Bulunan

değerler büyükten küçüğe doğru düzenlenir ve tercihler sıralanır. En düşük boşluk değerine sahip alternatif en iyi alternatiftir.

$$Q_i = \sum_{j=1}^n g_{ij}, i = 1, 2, \dots, m. \quad (93)$$

2.6.5. Borda Sayım Yöntemi

Jean- Charles De Borda tarafından 1784 yılında geliştirilen ve modern seçim sistemlerinin gelişmesinde önemli rol oynayan Borda Sayım (Borda Count) yöntemi bir oylama tekniği olarak ortaya konulmuştur (Kısa ve Perçin, 2019: 40).

Literatürde birden çok ÇKKV yönteminin bir arada kullanıldığı birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalarda amaç farklı sıralama yöntemleriyle alternatiflerin değerlendirilerek daha etkin sonuçlara varılmak istenmesidir. Borda sayım yöntemi sayesinde birden çok sıralamadan bütünleşik bir sıralama elde etmek mümkündür (Akyüz ve Aka, 2017: 36). Önem derecelerini eşit olarak kabul eden bu yöntem uygulanabilirlik açısından oldukça basittir (Ho vd., 1992: 85). Yönteme ait literatür taraması aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 11. Borda Sayım Yöntemine Ait Literatür Araştırması

Yazar	Konu	Çözüm Metodolojisi
Çakır ve Perçin (2013)	Lojistik firmalarının performans ölçümü	CRITIC, SAW, TOPSIS, VIKOR, Borda sayım
Akyüz ve Aka (2017)	Tedarikçi performansının değerlendirilmesi	PSI, TOPSIS, CRITIC ve Borda sayım
Aydın (2019)	Türkiye Taş Kömürü Kurumu'nun 2009-2018 yılları arasındaki finansal performansının değerlendirilmesi	Entropi, CRITIC, Standart Sapma, Eşit Ağırlıklandırma, COPRAS, GRA, TOPSIS ve Borda sayım
Kısa ve Perçin (2020)	Türkiye imalat sanayiinde performans ölçümü	Bulanık AHP, TOPSIS, VIKOR, Gri İlişkisel Analiz ve Borda sayım
Güvercin (2020)	Türkiye açısından yatırım teşvik politikalarının etkinliklerinin değerlendirilmesi	Entropi, TOPSIS, VIKOR, MOORA ve Borda sayım
Boyacı, A. Ç. (2021)	OECD ülkelerinin COVID-19 ile mücadeledeki performanslarının değerlendirilmesi	SWARA, TOPSIS, COPRAS, ARAS ve Borda sayım
Özkaya, G. (2021)	Bilim, teknoloji ve inovasyon politikası göstergelerinin değerlendirilmesi ve ülke karşılaştırmaları	Entropi, GRA, TOPSIS, VIKOR, PROMETHEE I-II, ARAS, COPRAS,

		MULTIMOORA, ELECTRE, SAW, MAUT, Borda sayım
Meşe ve Özdemir (2022)	Gıda işletmelerinin performanslarının değerlendirilmesi	Entropi, TOPSIS, Borda sayım
Uluskan, Akpolat ve Şimşek (2022)	Vakıf üniversitelerinin değerlendirilmesi	AHP, COPRAS, SAW, TOPSIS ve Borda sayım
Yenilmezel ve Ertuğrul (2022)	Mermer fabrikası için kesintisiz güç kaynağı seçimi	IDOCRIW, MARCOS, CoCoSo, Borda sayım
Aydın ve Gümüş (2022)	Optimal SVC konumunun değerlendirilmesi	AHP, TOPSIS, VIKOR, WASPAS, GTMA, PROMETHEE II, GRA, MULTIMOORA, ARAS, COPRAS ve Borda sayım

Bu yöntemde, ele alınan sınıf içerisindeki m adet alternatiften en iyi durumdakine $m-1$, ikinci en iyi durumdakine $m-2$ şeklinde birer azalan değerler verilerek en kötü alternatif 0 değerini alacak şekilde puanlama yapılmaktadır. Son adımda tüm sınıflardaki alternatifler için atanan değerler toplanarak Borda skor elde edilir ve nihai sıralama bu değer üzerinden yapılır. Yöntemin matematiksel algoritması Eşitlik (94) ile gösterilmektedir (Akyüz ve Aka, 2017: 36).

$$b_i = \sum_{k=1}^n (M - r_{ik}) \quad (94)$$

r_{ik} = k. kriter altındaki i. alternatifin sırası

M: Toplam alternatif sayısı

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

BİR İŞLETME İÇİN İNSAN KAYNAKLARI YÖNETİMİ UYGULAMASI SEÇİMİ

Bu tezin uygulama bölümünde bir işletme için insan kaynakları uygulaması seçim problemi ele alınacaktır. Belirlenen alternatifler ve kriterler değerlendirilirken Bulanık PIPRECIA yöntemi ile kriter ağırlıkları belirlenmiş ve Bulanık MARCOS, Bulanık CoCoSo, Bulanık MAIRCA yöntemleri ile alternatiflerin sıralamaları elde edilmesinin ardından nihai bütünleşik sıralamaya ulaşmak için Borda sayım yöntemi kullanılmıştır.

3.1. Çalışmanın Amacı ve Uygulama Yöntemi

Bu tez çalışmasında lojistik, depolama, satış ve ticari pazarlama alanında faaliyet gösteren bir işletme için insan kaynakları yönetimi uygulaması seçimi ele alınmıştır. Bu seçim yapılırken kriterlerin ve alternatiflerin elde edilmesinde İK, Satın Alma, IT ve Genel Müdür rol almıştır. Kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesinde Bulanık PIPRECIA yöntemi kullanılırken alternatiflerin sıralanmasında Bulanık MARCOS, Bulanık CoCoSo ve Bulanık MAIRCA yöntemleri olmak üzere üç yöntem karşılaştırılarak daha etkin sonuçlara ulaşmak amaçlanmıştır. Nihai bütünleşik sıralamanın elde edilmesinde Borda sayım yöntemi kullanılmıştır.

Çalışmanın amacı, literatür de henüz yeni ÇKKV yöntemlerinden olan Bulanık PIPRECIA, Bulanık MARCOS, Bulanık CoCoSo ve Bulanık MAIRCA yöntemlerinin insan kaynakları yönetimi uygulaması seçiminde uygulanabilirliğini ve karşılaştırma yapılarak daha etkin sonuçlara ulaşılabilmesini göstermektir. Ek olarak işletmenin uzun vadeli kullanım sağlayacağı uygulamanın seçiminin en verimli şekilde seçilmesi hedeflenmektedir.

Çalışmada seçimi gerçekleştirilecek olan insan kaynakları yönetimi uygulaması son yıllarda şirketlerin dijitalleşmesinde ve daha az zaman kaybıyla hızlı sonuçlar almasını kolaylaştırmasından dolayı tercih edilmektedir. Bu uygulama şirketlerin çalışanlarını ve operasyonlarını tek bir platform altında yönetmelerini sağlamaktadır.

Bu uygulamalar oryantasyon eğitimi, zimmetler, harcamalar, performans modülü, işe alım, anket, izin talebi ve yönetimi, fazla mesai takibi ve e-imza gibi modülleri barındırmaktadır. Ayrıca uygulamaların çalışanlar tarafından mobil olarak kullanılabilme özelliği bulunmaktadır.

İşletmede insan kaynakları sorumlusu, satın alma sorumlusu, bilgi işlem sorumlusu ve genel müdür tarafından değerlendirilen 7 kriter aşağıda verilmiştir. Fiyat ve hafıza kullanımı maliyet kriterlerini ifade ederken dil, performans, esneklik, kullanım kolaylığı ve teknik destek kriterleri fayda kriterlerini kapsamaktadır.

Fiyat (K₁): Uygulamanın sunduğu hizmetlere göre belirlenen fiyat (TL)

Dil (K₂): İngilizce, Türkçe ve Almanca gibi ulusal dillerden tercih edilen dillerin uygulama içerisinde bulunup bulunmaması

Hafıza Kullanımı (K₃): Telefonda ya da tablette uygulamanın MB, GB cinsinden kapladığı alan

Performans (K₄): Uygulamanın sunduğu ortalama işlem süresi

Esneklik (K₅): İşletmenin isteği üzerine uygulama içinde değişiklik yapılmasının sağlanması

Kullanım Kolaylığı (K₆): Uygulamanın bilgisayar ve mobil sisteminde karmaşıklıktan uzak olması

Teknik Destek (K₇): Satış öncesi ve sonrası gerekli yönlendirme ve yardımın sağlanması

3.2. Problemin Bulanık PIPRECIA Yöntemi İle Çözümü

İnsan kaynakları yönetimi uygulaması seçim problemi için işletmeden dört karar vericiye kriterlerin değerlendirilmesi istenmiştir. Karar vericilerin değerlendirmesi ile oluşturulan Bulanık PIPRECIA işlemleri aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

İlk adım olarak karar vericilerin normal Bulanık PIPRECIA değerlendirmeleri için Tablo 3 ve 4 yardımıyla Eşitlik (19) uygulanarak sonuçlar elde edilmiş ve Tablo 12’de bütünleşik olarak verilmiştir.

Tablo 12. Normal Bulanık PIPRECIA Yöntemi İçin Dört Karar Vericinin Yedi Kriteria İlişkin Değerlendirmeleri

	KV ₁			KV ₂			KV ₃			KV ₄		
K₁: Fiyat												
K₂: Dil	0,222	0,250	0,286	0,250	0,286	0,333	0,250	0,286	0,333	0,222	0,250	0,286
K₃: Hafıza Kullanımı	1,600	1,900	1,858	1,500	1,750	1,800	1,500	1,750	1,800	1,300	1,450	1,500
K₄: Performans	1,300	1,450	1,500	1,300	1,450	1,500	1,300	1,450	1,500	1,300	1,450	0,150
K₅: Esneklik	1,400	1,600	1,650	0,500	0,667	1,000	1,100	1,150	1,200	1,200	1,300	1,350
K₆: Kullanım Kolaylığı	0,400	0,500	0,667	1,100	1,150	1,200	1,000	1,000	1,050	0,400	0,500	0,667
K₇: Teknik Destek	1,200	1,300	1,350	1,400	1,600	1,650	1,300	1,450	1,500	1,100	1,150	1,200

Eşitlik (20) ile $\bar{k}_j$ katsayısı, Eşitlik (21) ile $\bar{q}_j$ bulanık ağırlığı ve Eşitlik (22) yardımıyla $\bar{w}_j$ göreceli ağırlığı belirlenerek Tablo 13’de verilmiştir.

Tablo 13. Normal Bulanık PIPRECIA Uygulamasının Sonuçları

	$\bar{s}_j$			$\bar{k}_j$			$\bar{q}_j$			$\bar{w}_j$		
K₁: Fiyat				1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,068	0,052	0,121
K₂: Dil	0,236	0,267	0,309	1,691	1,733	1,764	0,567	0,577	0,591	0,038	0,030	0,072
K₃: Hafıza Kullanımı	1,471	1,704	1,733	0,267	0,296	0,529	1,071	1,952	2,218	0,073	0,101	0,269
K₄: Performans	1,300	1,450	0,844	1,156	0,550	0,700	1,530	3,549	1,918	0,104	0,183	0,233
K₅: Esneklik	0,980	1,124	1,279	0,721	0,876	1,020	1,501	4,051	2,659	0,102	0,209	0,322
K₆: Kullanım Kolaylığı	0,648	0,732	0,865	1,135	1,268	1,352	1,110	3,195	2,343	0,075	0,165	0,284
K₇: Teknik Destek	1,245	1,365	1,415	0,585	0,635	0,755	1,470	5,029	4,006	0,100	0,260	0,486

Yöntemin devamında ters bulanık PIPRECIA işlem adımları uygulanmıştır. İlk adım olarak Eşitlik (23) ile Tablo 3 ve 4 kullanılarak kriterler karar vericiler tarafından değerlendirilmiş ve bütünleşik olarak Tablo 14’de gösterilmiştir.

Tablo 14. Ters Bulanık PIPRECIA Yöntemi İçin Dört Karar Vericinin Yedi Kriteria İlişkin Değerlendirmeleri

	KV ₁			KV ₂			KV ₃			KV ₄		
K₁: Fiyat												
K₂: Dil	0,400	0,500	0,667	0,400	0,500	0,667	0,400	0,500	0,667	0,286	0,333	0,400
K₃: Hafıza Kullanımı	1,400	1,600	1,650	0,286	0,333	0,400	0,500	0,667	1,000	1,300	1,450	1,500
K₄: Performans	0,667	1,000	1,000	1,200	1,300	1,350	0,500	0,667	1,000	0,500	0,667	1,000
K₅: Esneklik	0,286	0,333	0,400	0,400	0,500	0,667	0,400	0,500	0,667	0,400	0,500	0,667
K₆: Kullanım Kolaylığı	0,250	0,286	0,333	0,250	0,286	0,333	0,250	0,286	0,333	0,286	0,333	0,400
K₇: Teknik Destek	1,600	1,900	1,950	1,500	1,750	1,800	1,500	1,750	1,800	1,600	1,900	1,950

Sonraki adımda Eşitlik (24) ile $\bar{k}_j'$ katsayısı, Eşitlik (25) ile $\bar{q}_j'$ ile bulanık ağırlık değerleri ve Eşitlik (26) ile $\bar{w}_j'$ ile göreceli ağırlık değerleri elde edilerek Tablo 15’de sonuçlar gösterilmiştir.

Tablo 15. Ters Bulanık PIPRECIA Uygulamasının Sonuçları

	$\bar{s}_j'$			$\bar{k}_j'$			$\bar{q}_j'$			$\bar{w}_j'$		
K₁: Fiyat				1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,151	0,234	0,326
K₂: Dil	0,368	0,452	0,587	1,413	1,548	1,632	0,613	0,646	0,708	0,092	0,151	0,230
K₃: Hafıza Kullanımı	0,714	0,847	0,997	1,003	1,153	1,286	0,477	0,560	0,706	0,072	0,131	0,230
K₄: Performans	0,669	0,872	1,078	0,922	1,128	1,331	0,358	0,497	0,766	0,054	0,116	0,249
K₅: Esneklik	0,368	0,452	0,587	1,413	1,548	1,632	0,219	0,321	0,542	0,033	0,075	0,176
K₆: Kullanım Kolaylığı	0,259	0,297	0,349	1,651	1,703	1,741	0,126	0,188	0,328	0,019	0,044	0,107
K₇: Teknik Destek	1,549	1,823	1,873	0,127	0,177	0,451	0,279	1,067	2,594	0,042	0,249	0,844

Son adım olarak kriterlerin nihai ağırlıkların elde edilmesi için Eşitlik (27) kullanılarak değerlerin aritmetik ortalaması hesaplanmıştır. Elde edilen değerler Tablo 16’da gösterilmiştir.

Tablo 16. Kriterlerin Subjektif Ağırlıkları

	$\bar{w}_j''$			
	l	m	u	DF
K₁: Fiyat	0,0550	0,1505	0,4828	0,1900
K₂: Dil	0,0287	0,0369	0,0892	0,0443
K₃: Hafıza Kullanımı	0,0528	0,0879	0,2227	0,1045
K₄: Performans	0,0789	0,1497	0,2409	0,1531
K₅: Esneklik	0,0868	0,1701	0,2761	0,1739
K₆: Kullanım Kolaylığı	0,0838	0,1580	0,2573	0,1622
K₇: Teknik Destek	0,1251	0,2468	0,4056	0,2530

3.3. Problemin Bulanık MARCOS Yöntemi İle Çözümü

Alternatifler karar vericiler tarafından Tablo 6’da gösterilen dilçek ölçekle değerlendirilmiştir. Karar vericilerin değerlendirmeleri ayrı tablolarda Ekler kısmında gösterilmiş ve sonrasında bütünleşik olarak tablo 17’de verilmiştir.

Tablo 17. Alternatiflerin MARCOS Yöntemine Göre Bütünleşik Değerlendirme Sonuçları

BÜTÜNLEŞİK TABLO	K ₁			K ₂			K ₃			K ₄			K ₅			K ₆			K ₇		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
A ₁	5,75	6,75	7	3,75	4,75	5,75	6	7	7	6	7	7	4,75	5,75	6,75	4,75	5,75	6,75	6	7	7
A ₂	4,75	5,75	6,75	3,75	4,75	5,75	4,25	5,25	6,25	5	6	7	2,75	3,75	4,75	5,75	6,75	7	1,25	2	3
A ₃	1	1	2	3,75	4,75	5,75	1,25	2,25	3,25	6	7	7	3,75	4,75	5,75	4,75	5,75	6,75	3	4	5
A ₄	2,75	3,75	4,75	3,75	4,75	5,75	3,25	4,25	5,25	4	5	6	4,75	5,75	6,75	3,75	4,75	5,75	4	5	6

Genişletilmiş karar matrisinin oluşmasında gerekli olan bulanık ideal çözüm değerleri ve bulanık ideal olmayan çözüm değerlerinin elde edilmesinde gerekli formüller kullanılmıştır. Sonrasında Eşitlik (35) kullanılarak genişletilmiş karar matrisi Tablo 18’de gösterilmiştir.

Tablo 18. Genişletilmiş Karar Matrisi

	K ₁			K ₂			K ₃			K ₄			K ₅			K ₆			K ₇		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
A ₁	5,75	6,75	7	3,75	4,75	5,75	6	7	7	6	7	7	4,75	5,75	6,75	4,75	5,75	6,75	6	7	7
A ₂	4,75	5,75	6,75	3,75	4,75	5,75	4,25	5,25	6,25	5	6	7	2,75	3,75	4,75	5,75	6,75	7	1,25	2	3
A ₃	1	1	2	3,75	4,75	5,75	1,25	2,25	3,25	6	7	7	3,75	4,75	5,75	4,75	5,75	6,75	3	4	5
A ₄	2,75	3,75	4,75	3,75	4,75	5,75	3,25	4,25	5,25	4	5	6	4,75	5,75	6,75	3,75	4,75	5,75	4	5	6
A(ID)	1	1	2	3,75	4,75	5,75	1,25	2,25	3,25	4	5	6	2,75	3,75	4,75	3,75	4,75	5,75	1,25	2	3
A(AID)	5,75	6,75	7	3,75	4,75	5,75	6	7	7	6	7	7	4,75	5,75	6,75	5,75	6,75	7	6	7	7

Yöntem adımlarının devamında değerlerin normalize edilmesi için Eşitlik (36), (37) ve (38) kullanılarak sonuçlar Tablo 19’da gösterilmiştir.

Tablo 19. Normalize Matris

	K ₁			K ₂			K ₃			K ₄			K ₅			K ₆			K ₇		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
A ₁	0,1739	0,1481	0,2857	1,0000	1,0000	1,0000	0,2083	0,3214	0,4643	1,5000	1,4000	1,1667	1,7273	1,5333	1,4211	1,2667	1,2105	1,1739	4,8000	3,5000	2,3333
A ₂	0,2105	0,1739	0,2963	1,0000	1,0000	1,0000	0,2941	0,4286	0,5200	1,2500	1,2000	1,1667	1,0000	1,0000	1,0000	1,5333	1,4211	1,2174	1,0000	1,0000	1,0000
A ₃	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,5000	1,4000	1,1667	1,3636	1,2667	1,2105	1,2667	1,2105	1,1739	2,4000	2,0000	1,6667
A ₄	0,3636	0,2667	0,4211	1,0000	1,0000	1,0000	0,3846	0,5294	0,6190	1,0000	1,0000	1,0000	1,7273	1,5333	1,4211	1,0000	1,0000	1,0000	3,2000	2,5000	2,0000
A(ID)	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
A(AID)	0,1739	0,1481	0,2857	1,0000	1,0000	1,0000	0,2083	0,3214	0,4643	1,5000	1,4000	1,1667	1,7273	1,5333	1,4211	1,5333	1,4211	1,2174	4,8000	3,5000	2,3333

Elde edilen normalize değerler Eşitlik (39), (40) ve (41) yardımıyla ağırlıklandırılmıştır. Burada kullanılan ağırlık değerleri Bulanık PIPRECIA yöntemiyle elde edilen değerlerdir. Ağırlıklandırılmış normalize matris Tablo 20’de verilmiştir.

Tablo 20. Ağırlıklandırılmış Normalize Matris

	K ₁			K ₂			K ₃			K ₄			K ₅			K ₆			K ₇		
	0,055	0,1505	0,4828	0,0287	0,0369	0,0892	0,0528	0,0879	0,2227	0,0789	0,1497	0,2409	0,0868	0,1701	0,2761	0,0838	0,158	0,2573	0,1251	0,2468	0,4056
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
A ₁	0,0096	0,0223	0,1379	0,0287	0,0369	0,0892	0,0110	0,0283	0,1034	0,1184	0,2096	0,2811	0,1499	0,2608	0,3924	0,1061	0,1913	0,3020	0,6005	0,8638	0,9464
A ₂	0,0116	0,0262	0,1431	0,0287	0,0369	0,0892	0,0155	0,0377	0,1158	0,0986	0,1796	0,2811	0,0868	0,1701	0,2761	0,1285	0,2245	0,3132	0,1251	0,2468	0,4056
A ₃	0,0550	0,1505	0,4828	0,0287	0,0369	0,0892	0,0528	0,0879	0,2227	0,1184	0,2096	0,2811	0,1184	0,2155	0,3342	0,1061	0,1913	0,3020	0,3002	0,4936	0,6760
A ₄	0,0200	0,0401	0,2033	0,0287	0,0369	0,0892	0,0203	0,0465	0,1379	0,0789	0,1497	0,2409	0,1499	0,2608	0,3924	0,0838	0,1580	0,2573	0,4003	0,6170	0,8112
A(ID)	0,0550	0,1505	0,4828	0,0287	0,0369	0,0892	0,0528	0,0879	0,2227	0,0789	0,1497	0,2409	0,0868	0,1701	0,2761	0,0838	0,1580	0,2573	0,1251	0,2468	0,4056
A(AID)	0,0096	0,0223	0,1379	0,0287	0,0369	0,0892	0,0110	0,0283	0,1034	0,1184	0,2096	0,2811	0,1499	0,2608	0,3924	0,1285	0,2245	0,3132	0,6005	0,8638	0,9464

Eşitlik (42), (43) ve (44) kullanılarak her bir alternatifin bulanık ağırlıklı normalize değerlerinin toplamı elde edilmiştir. Aynı işlem Eşitlik (45), (46) ve (47) kullanılarak bulanık ideal çözüm değerlerinin toplamı ve Eşitlik (48), (49) ve (50) kullanılarak bulanık ideal olmayan çözüm değerlerinin toplamının elde edilmesi için uygulanmıştır. Değerler Tablo 21’de gösterilmiştir.

Tablo 21. Ağırlıklı Toplam Değer Matrisi

	l	m	u
A₁	1,0242	1,6129	2,2524
A₂	0,4948	0,9218	1,6240
A₃	0,7796	1,3852	2,3880
A₄	0,7820	1,3091	2,1321
S_i	0,5111	0,9999	1,9746
S_{ai}	1,0465	1,6462	2,2636

İdeal olmayan çözüme göre her bir alternatifin bulanık fayda değerleri için Eşitlik (51), (52) ve (53) kullanılmış, ideal olan çözüme göre her bir alternatifin bulanık fayda değerleri için ise Eşitlik (54), (55) ve (56) kullanılmıştır. $\tilde{t}_i$ ile ifade edilen bütünleşik fayda değerlerinin elde edilmesinde Eşitlik (57), (58) ve (59) kullanılmıştır. İşlemin devamında Eşitlik (60), (61) ve (62) kullanılmış bütünleşik fayda değerlerinin en büyüğü bulunmuş ve en büyük bütünleşik bulanık fayda değeri Eşitlik (63) ile durulaştırılmıştır. Tüm değerler Tablo 22’de verilmiştir.

Tablo 22. Alternatiflerin Fayda Dereceleri

	$\tilde{K}_i^-$			$\tilde{K}_i^+$			$\tilde{t}_i$			d
A₁	0,4525	0,9798	2,1523	0,5187	1,6131	4,4069	0,9711	2,5929	6,5592	3,0495
A₂	0,2186	0,5600	1,5519	0,2506	0,9219	3,1775	0,4692	1,4819	4,7294	
A₃	0,3444	0,8415	2,2819	0,3948	1,3853	4,6723	0,7392	2,2268	6,9542	
A₄	0,3455	0,7952	2,0373	0,3960	1,3092	4,1716	0,7415	2,1044	6,2089	

İdeal çözüme ilişkin bulanık fayda fonksiyonu Eşitlik (64), (65) ve (66) ile elde edilmiş ve ideal olmayan çözüme ilişkin bulanık fayda fonksiyonu Eşitlik (67), (68) ve (69) ile bulunarak Eşitlik (70) ve (71) kullanılarak değerler durulaştırılmış ve Tablo 23’de gösterilmiştir.

Tablo 23. Alternatiflerin Fayda Fonksiyonları

	$f(\tilde{K}_i^+)$			$f(\tilde{K}_i^-)$			$f(K_i^+)$	$f(K_i^-)$
A ₁	0,1484	0,3213	0,7058	0,1701	0,5290	1,4452	0,3566	0,6219
A ₂	0,0717	0,1836	0,5089	0,0822	0,3023	1,0420	0,2192	0,3889
A ₃	0,1129	0,2759	0,7483	0,1295	0,4543	1,5322	0,3275	0,5798
A ₄	0,1133	0,2608	0,6681	0,1299	0,4293	1,3680	0,3041	0,5359

Yöntemin son işlem adımında Eşitlik (72) kullanılarak alternatiflerin nihai sıralaması elde edilmiş ve Tablo 24’de gösterilmiştir. Bu yöntem ile elde edilen sonuçta A₁ alternatifi en iyi alternatif olarak belirlenmiştir.

Tablo 24. Alternatiflerin Sıralanması

	$f(K_i)$	Sıralama
A ₁	0,4346	1
A ₂	0,1814	4
A ₃	0,3785	2
A ₄	0,3278	3

3.4. Problemin Bulanık CoCoSo Yöntemi İle Çözümü

Karar vericilerin değerlendirmesi sonucu oluşan bütünleşik değerleri ifade eden karar matrisi Eşitlik (73) ile oluşturulmuş ve Tablo 24’de verilmiştir.

Tablo 25. Alternatiflerin Bulanık CoCoSo Yöntemine Göre Bütünleşik Değerlendirme Sonuçları

	K ₁			K ₂			K ₃			K ₄			K ₅			K ₆			K ₇		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
	0,055	0,1505	0,4828	0,0287	0,0369	0,0892	0,0528	0,0879	0,2227	0,0789	0,1497	0,2409	0,0868	0,1701	0,2761	0,0838	0,158	0,2573	0,1251	0,2468	0,4056
A ₁	0,6253	0,9168	1,0000	0,3625	0,4465	0,5835	0,5835	0,8335	1,0000	0,6253	0,9168	1,0000	0,4500	0,5835	0,8335	0,4750	0,6253	0,9168	0,6670	1,0000	1,0000
A ₂	0,4750	0,6253	0,9168	0,3625	0,4465	0,5835	0,4083	0,5168	0,7085	0,4750	0,6253	0,9168	0,3095	0,3665	0,4500	0,6253	0,9168	1,0000	0,2520	0,2888	0,3380
A ₃	0,2290	0,2590	0,2978	0,3625	0,4465	0,5835	0,2500	0,2860	0,3330	0,6253	0,9168	1,0000	0,3665	0,4500	0,5835	0,4750	0,6253	0,9168	0,2888	0,3380	0,4083
A ₄	0,3095	0,3665	0,4500	0,3625	0,4465	0,5835	0,3213	0,3833	0,4750	0,3833	0,4750	0,6253	0,4500	0,5835	0,8335	0,3833	0,4750	0,6253	0,3748	0,4250	0,5418
MAX	0,6253	0,9168	1,0000	0,3625	0,4465	0,5835	0,5835	0,8335	1,0000	0,6253	0,9168	1,0000	0,4500	0,5835	0,8335	0,6253	0,9168	1,0000	0,6670	1,0000	1,0000
MIN	0,2290	0,2590	0,2978	0,3625	0,4465	0,5835	0,2500	0,2860	0,3330	0,3833	0,4750	0,6253	0,3095	0,3665	0,4500	0,3833	0,4750	0,6253	0,2520	0,2888	0,3380

İşlem adımlarının devamında Eşitlik (74) ile maliyet bazlı kriterlerin normalizasyonu ve Eşitlik (75) yardımıyla fayda bazlı kriterlerin normalizasyon işlemi yapılmış ve Tablo 26’da verilmiştir.

Tablo 26. Normalize Matris

	K ₁			K ₂			K ₃			K ₄			K ₅			K ₆			K ₇		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
	0,055	0,1505	0,4828	0,0287	0,0369	0,0892	0,0528	0,0879	0,2227	0,0789	0,1497	0,2409	0,0868	0,1701	0,2761	0,0838	0,158	0,2573	0,1251	0,2468	0,4056
A ₁	0,0000	0,1080	0,4861	0,0000	0,3801	1,0000	0,0000	0,2220	0,5553	0,3924	0,8650	1,0000	0,2681	0,5229	1,0000	0,1488	0,3924	0,8650	0,5548	1,0000	1,0000
A ₂	0,1080	0,4861	0,6809	0,0000	0,3801	1,0000	0,3887	0,6443	0,7890	0,1488	0,3924	0,8650	0,0000	0,1088	0,2681	0,3924	0,8650	1,0000	0,0000	0,0491	0,1150
A ₃	0,9108	0,9611	1,0000	0,0000	0,3801	1,0000	0,8893	0,9520	1,0000	0,3924	0,8650	1,0000	0,1088	0,2681	0,5229	0,1488	0,3924	0,8650	0,0491	0,1150	0,2089
A ₄	0,7134	0,8217	0,8956	0,0000	0,3801	1,0000	0,7000	0,8223	0,9050	0,0000	0,1488	0,3924	0,2681	0,5229	1,0000	0,0000	0,1488	0,3924	0,1641	0,2313	0,3874

Her bir alternatif için ağırlıklı karşılaştırılabilirlik değerleri ve değerlerin toplamaları Eşitlik (76) ile elde edilmiş ve Tablo 27’de gösterilmiştir.

Tablo 27. S_i Değerleri

	K ₁			K ₂			K ₃			K ₄			K ₅			K ₆			K ₇					
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	TOPLAM		
	0,0550	0,1505	0,4828	0,0287	0,0369	0,0892	0,0528	0,0879	0,2227	0,0789	0,1497	0,2409	0,0868	0,1701	0,2761	0,0838	0,1580	0,2573	0,1251	0,2468	0,4056	l	m	u
A ₁	0,0000	0,0163	0,2347	0,0000	0,0140	0,0892	0,0000	0,0195	0,1237	0,0310	0,1295	0,2409	0,0233	0,0889	0,2761	0,0125	0,0620	0,2226	0,0694	0,2468	0,4056	0,1361	0,5770	1,5927
A ₂	0,0059	0,0732	0,3288	0,0000	0,0140	0,0892	0,0205	0,0566	0,1757	0,0117	0,0587	0,2084	0,0000	0,0185	0,0740	0,0329	0,1367	0,2573	0,0000	0,0121	0,0466	0,0711	0,3699	1,1800
A ₃	0,0501	0,1446	0,4828	0,0000	0,0140	0,0892	0,0470	0,0837	0,2227	0,0310	0,1295	0,2409	0,0094	0,0456	0,1444	0,0125	0,0620	0,2226	0,0061	0,0284	0,0847	0,1561	0,5078	1,4873
A ₄	0,0392	0,1237	0,4324	0,0000	0,0140	0,0892	0,0370	0,0723	0,2015	0,0000	0,0223	0,0945	0,0233	0,0889	0,2761	0,0000	0,0235	0,1010	0,0205	0,0571	0,1571	0,1200	0,4018	1,3518
																					TOPLAM	0,4832	1,8565	5,6118

Her bir alternatifin ağırlıklı karşılaştırılabilirlik dizilerinin güç ağırlığı ve bu değerlerin toplamaları Eşitlik (77) ile hesaplanmıştır. Bulunan değerler

Tablo 28’de verilmiştir.

Tablo 28. P_i Değerleri

	K ₁			K ₂			K ₃			K ₄			K ₅			K ₆			K ₇					
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	TOPLAM		
	0,0550	0,1505	0,4828	0,0287	0,0369	0,0892	0,0528	0,0879	0,2227	0,0789	0,1497	0,2409	0,0868	0,1701	0,2761	0,0838	0,1580	0,2573	0,1251	0,2468	0,4056	l	m	u
A ₁	0,0000	0,7153	0,7059	0,0000	0,9649	1,0000	0,0000	0,8761	0,8772	0,9288	0,9785	1,0000	0,8920	0,8956	1,0000	0,8524	0,8626	0,9634	0,9290	1,0000	1,0000	3,6023	6,2931	6,5465
A ₂	0,8848	0,8971	0,8307	0,0000	0,9649	1,0000	0,9513	0,9621	0,9486	0,8604	0,8693	0,9657	0,0000	0,6857	0,6953	0,9246	0,9773	1,0000	0,0000	0,4754	0,4159	3,6211	5,8318	5,8561
A ₃	0,9949	0,9940	1,0000	0,0000	0,9649	1,0000	0,9938	0,9957	1,0000	0,9288	0,9785	1,0000	0,8248	0,7994	0,8361	0,8524	0,8626	0,9634	0,6859	0,5863	0,5299	5,2808	6,1815	6,3293
A ₄	0,9816	0,9709	0,9482	0,0000	0,9649	1,0000	0,9813	0,9830	0,9780	0,0000	0,7518	0,7982	0,8920	0,8956	1,0000	0,0000	0,7400	0,7861	0,7976	0,6967	0,6807	3,6526	6,0029	6,1911
																					TOPLAM	16,1567	24,3094	24,9231

Üç bulanık değerlendirme puanını elde etmek için Eşitlik (78), (79) ve (80) kullanılmış ve bulunan değerler Tablo 29’da verilmiştir. Eşitlik (80)’de kullanılan λ değeri karar vericiler tarafından belirlenmiş ve 0,5 olarak alınmıştır.

Tablo 29. Bulanık Değerlendirme Puanları

	$\widetilde{f}_{ia}$			$\widetilde{f}_{ib}$			$\widetilde{f}_{ic}$		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u
A₁	0,1224	0,2626	0,4891	2,9148	9,8650	24,2249	0,4593	0,8441	1,0000
A₂	0,1209	0,2370	0,4228	2,0052	6,8224	18,2271	0,4536	0,7620	0,8645
A₃	0,1781	0,2557	0,4697	3,6616	8,8605	22,6812	0,6680	0,8219	0,9604
A₄	0,1236	0,2448	0,4533	2,7022	7,3189	20,7374	0,4635	0,7869	0,9267

Bulanık değerlendirme puanları Eşitlik (81), (82) ve (83) kullanılarak net değerlendirme puanlarına dönüştürülmüştür. Puanlar Tablo 30’da gösterilmiştir.

Tablo 30. Net Değerlendirme Puanları

	f_{ia}	f_{ib}	f_{ic}
A₁	0,2914	4,25996	0,76779
A₂	0,2603	2,94253	0,69335
A₃	0,3012	4,17404	0,81674
A₄	0,2739	3,34036	0,72572

Eşitlik (84) kullanılarak her bir alternatif için nihai puan elde edilmiştir. Sonuca göre A₃ alternatifi en iyi alternatif seçilmiştir.

Tablo 31. Alternatiflerin Performans Puanları ve Sıralamaları

	f_i	SIRALAMA
A₁	2,7571	2
A₂	2,1085	4
A₃	2,7728	1
A₄	2,3190	3

Duyarlılık analizi ile tutarlılığının kontrol edilmesi amacıyla λ değerinin 0,0-1,0 arasında değerler verilerek işlemler yapılmış ve sonuçlar Ek 9’da verilmiştir.

3.5. Problemin Bulanık MAIRCA Yöntemi İle Çözümü

Karar vericiler tarafından değerlendirilen alternatifler Eşitlik (87) kullanılarak bütünleşik karar matrisi elde edilmiş ve Tablo 32’de gösterilmiştir.

Tablo 32. Alternatiflerin Bulanık MAIRCA Yöntemine Göre Bütünleşik Değerlendirme Sonuçları

	K ₁			K ₂			K ₃			K ₄			K ₅			K ₆			K ₇		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
	0,0550	0,1505	0,4828	0,0287	0,0369	0,0892	0,0528	0,0879	0,2227	0,0789	0,1497	0,2409	0,0868	0,1701	0,2761	0,0838	0,1580	0,2573	0,1251	0,2468	0,4056
A ₁	8,50	9,75	10,00	4,00	6,00	8,00	9,00	10,00	10,00	9,00	10,00	10,00	6,50	8,50	9,75	8,00	9,50	10,00	9,00	10,00	10,00
A ₂	7,50	9,00	9,75	4,00	6,00	8,00	6,50	8,50	9,75	6,50	8,50	9,75	2,50	4,50	6,50	8,50	9,75	10,00	0,25	1,25	3,00
A ₃	0,00	0,00	1,00	4,00	6,00	8,00	0,25	1,50	3,50	8,50	9,75	10,00	4,50	6,50	8,50	7,00	9,00	10,00	1,25	3,00	5,00
A ₄	0,75	2,50	4,50	4,00	6,00	8,00	2,00	4,00	6,00	4,50	6,50	8,50	6,50	8,50	9,75	5,00	7,00	9,00	3,00	5,00	7,00

Yöntemin devamında Eşitlik (88) ile P_{A_i} alternatiflerin seçimine göre tercihler tanımlanır ve herhangi bir alternatifin eşit olasılıkta seçilebileceğini gösterir. Bu değerin bulunmasının ardından teorik değerlendirme matrisinin elde edilmesi için Eşitlik (89) kullanılmıştır. Sonuçlar Tablo 33’de verilmiştir.

Tablo 33. Teorik Değerlendirme Matrisi

	K ₁			K ₂			K ₃			K ₄			K ₅			K ₆			K ₇		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
	0,0550	0,1505	0,4828	0,0287	0,0369	0,0892	0,0528	0,0879	0,2227	0,0789	0,1497	0,2409	0,0868	0,1701	0,2761	0,0838	0,1580	0,2573	0,1251	0,2468	0,4056
A ₁	0,0138	0,0376	0,1207	0,0072	0,0092	0,0223	0,0132	0,0220	0,0557	0,0197	0,0374	0,0602	0,0217	0,0425	0,0690	0,0210	0,0395	0,0643	0,0313	0,0617	0,1014
A ₂	0,0138	0,0376	0,1207	0,0072	0,0092	0,0223	0,0132	0,0220	0,0557	0,0197	0,0374	0,0602	0,0217	0,0425	0,0690	0,0210	0,0395	0,0643	0,0313	0,0617	0,1014
A ₃	0,0138	0,0376	0,1207	0,0072	0,0092	0,0223	0,0132	0,0220	0,0557	0,0197	0,0374	0,0602	0,0217	0,0425	0,0690	0,0210	0,0395	0,0643	0,0313	0,0617	0,1014
A ₄	0,0138	0,0376	0,1207	0,0072	0,0092	0,0223	0,0132	0,0220	0,0557	0,0197	0,0374	0,0602	0,0217	0,0425	0,0690	0,0210	0,0395	0,0643	0,0313	0,0617	0,1014

Eşitlik (90) kullanılarak değerler normalize edilmiş ve Tablo 34’de verilmiştir.

Tablo 34. Normalize Matris

	K ₁			K ₂			K ₃			K ₄			K ₅			K ₆			K ₇		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
	0,0550	0,1505	0,4828	0,0287	0,0369	0,0892	0,0528	0,0879	0,2227	0,0789	0,1497	0,2409	0,0868	0,1701	0,2761	0,0838	0,1580	0,2573	0,1251	0,2468	0,4056
A ₁	0,7482	0,7221	0,6799	0,5000	0,5000	0,5000	0,7976	0,7245	0,6411	0,6127	0,5684	0,5218	0,6170	0,5908	0,5586	0,5517	0,5350	0,5123	0,9402	0,8589	0,7392
A ₂	0,6602	0,6666	0,6629	0,5000	0,5000	0,5000	0,5761	0,6158	0,6251	0,4425	0,4831	0,5087	0,2373	0,3128	0,3724	0,5862	0,5491	0,5123	0,0261	0,1074	0,2218
A ₃	0,0000	0,0000	0,0680	0,5000	0,5000	0,5000	0,0222	0,1087	0,2244	0,5787	0,5542	0,5218	0,4271	0,4518	0,4870	0,4828	0,5068	0,5123	0,1306	0,2577	0,3696
A ₄	0,0660	0,1852	0,3060	0,5000	0,5000	0,5000	0,1773	0,2898	0,3847	0,3064	0,3694	0,4435	0,6170	0,5908	0,5586	0,3448	0,3942	0,4611	0,3134	0,4294	0,5175

Gerçek düşünme matrisinin elde edilmesinde Eşitlik (91) kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 35’de verilmiştir.

Tablo 35. Gerçek Düşünme Matrisi

	K ₁			K ₂			K ₃			K ₄			K ₅			K ₆			K ₇		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
	0,0550	0,1505	0,4828	0,0287	0,0369	0,0892	0,0528	0,0879	0,2227	0,0789	0,1497	0,2409	0,0868	0,1701	0,2761	0,0838	0,1580	0,2573	0,1251	0,2468	0,4056
A ₁	0,0103	0,0272	0,0821	0,0036	0,0046	0,0112	0,0105	0,0159	0,0357	0,0121	0,0213	0,0314	0,0134	0,0251	0,0386	0,0116	0,0211	0,0330	0,0294	0,0530	0,0750
A ₂	0,0091	0,0251	0,0800	0,0036	0,0046	0,0112	0,0076	0,0135	0,0348	0,0087	0,0181	0,0306	0,0051	0,0133	0,0257	0,0123	0,0217	0,0330	0,0008	0,0066	0,0225
A ₃	0,0000	0,0000	0,0082	0,0036	0,0046	0,0112	0,0003	0,0024	0,0125	0,0114	0,0207	0,0314	0,0093	0,0192	0,0336	0,0101	0,0200	0,0330	0,0041	0,0159	0,0375
A ₄	0,0009	0,0070	0,0369	0,0036	0,0046	0,0112	0,0023	0,0064	0,0214	0,0060	0,0138	0,0267	0,0134	0,0251	0,0386	0,0072	0,0156	0,0297	0,0098	0,0265	0,0525

Her bir kritere göre her alternatifi teorik ve fiili değerlendirmesi arasındaki boşluk değerinin hesaplanması için Eşitlik (92) kullanılmıştır.

Boşluk matrisi Tablo 36’da gösterilmiştir.

Tablo 36. Boşluk Matrisi

	K ₁			K ₂			K ₃			K ₄			K ₅			K ₆			K ₇		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
	0,0550	0,1505	0,4828	0,0287	0,0369	0,0892	0,0528	0,0879	0,2227	0,0789	0,1497	0,2409	0,0868	0,1701	0,2761	0,0838	0,1580	0,2573	0,1251	0,2468	0,4056
A ₁	0,0035	0,0105	0,0386	0,0036	0,0046	0,0112	0,0027	0,0061	0,0200	0,0076	0,0162	0,0288	0,0083	0,0174	0,0305	0,0094	0,0184	0,0314	0,0019	0,0087	0,0264
A ₂	0,0047	0,0125	0,0407	0,0036	0,0046	0,0112	0,0056	0,0084	0,0209	0,0110	0,0193	0,0296	0,0166	0,0292	0,0433	0,0087	0,0178	0,0314	0,0305	0,0551	0,0789
A ₃	0,0138	0,0376	0,1125	0,0036	0,0046	0,0112	0,0129	0,0196	0,0432	0,0083	0,0167	0,0288	0,0124	0,0233	0,0354	0,0108	0,0195	0,0314	0,0272	0,0458	0,0639
A ₄	0,0128	0,0307	0,0838	0,0036	0,0046	0,0112	0,0109	0,0156	0,0343	0,0137	0,0236	0,0335	0,0083	0,0174	0,0305	0,0137	0,0239	0,0347	0,0215	0,0352	0,0489

Yöntemin son adımında Eşitlik (93) kullanılarak her bir kritere göre her alternatifin boşluk değerleri toplanmış ve büyükten küçüğe sıralanmıştır. En düşük boşluk değerine sahip olan alternatif en iyi alternatif olmuştur. Nihai sonuçlara baktığımızda en iyi alternatif A₁ alternatifi olmuştur.

Tablo 37. Değerlendirme

	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	Kriter Fonksiyonlarının Değeri	Sıralama
A ₁	0,0140	0,0055	0,0078	0,0168	0,0181	0,0190	0,0105	0,0918	1
A ₂	0,0159	0,0055	0,0100	0,0197	0,0295	0,0185	0,0549	0,1541	2
A ₃	0,0461	0,0055	0,0224	0,0173	0,0235	0,0200	0,0457	0,1806	4
A ₄	0,0365	0,0055	0,0179	0,0236	0,0181	0,0240	0,0352	0,1609	3

3.6. Borda Sayım Yöntemi İle Bütünleşik Sıralamanın Elde Edilmesi

Kullanılan üç yöntemin bütünleşik olarak nihai sonuca ulaşması için Eşitlik (94) kullanılmış ve sonuç Tablo 38’de gösterilmiştir. İşlemlerin sonucunda en iyi alternatifin A₁ alternatifi olduğu sonucuna varılmıştır.

Tablo 38. Borda Sayım Yöntemi İle Nihai Sonuca Ulaşılması

PIPRECIA							BORDA	
	MARCOS		COCOSO		MAIRCA		SAYIM	
	SIRA	PUAN	SIRA	PUAN	SIRA	PUAN	PUAN	SIRA
A ₁	1	3	2	2	1	3	8	1
A ₂	4	0	4	0	2	2	2	4
A ₃	2	2	1	3	4	0	5	2
A ₄	3	1	3	1	3	1	3	3

SONUÇ

İşletmeler artan rekabet ortamında devamlılık sağlamak amacıyla stratejik kararlar almak zorundadır. Bu karar verme süreci her zaman tek kriterli ya da tek alternatifli olmamakta ve karmaşıklık içerebilmektedir. Bu karmaşıklığın giderilebilmesi için bilimsel yöntemler kullanılarak daha etkin sonuçlara varılabilmesi sağlanmaktadır. Karar vericilere pratik ve etkin bir yol sunan bilimsel yöntemlerden biri Çok Kriterli Karar Verme yöntemleridir.

Çok Kriterli Karar Verme yöntemleri birbiriyle çelişen birden fazla kriteri ve alternatifi değerlendirmek için kullanılan matematiksel yöntemlerdir. Bu yöntemler nicel ve nitel verilerle analiz yaparak gerçekçi çözümler üretmesinden dolayı kişisel kararlardan işletmeler tarafından alınan kararlara kadar uygulanması mümkün yöntemlerdir.

Gerçek hayat problemlerinde belirsizliklerin olması ÇKKV yöntemlerinin yetersiz kalmasına ve bulanık yaklaşımın ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bulanık ÇKKV yöntemi ile karar vericilerin yaptığı sözel değerlendirmeler sayısal değerlerle entegre edilerek işlemler yapılmakta ve en uygun alternatifin seçilmesi sağlanmaktadır.

Bu çalışmada, lojistik, depolama, satış ve ticari pazarlama alanında faaliyet gösteren bir işletme için insan kaynakları yönetimi uygulaması seçimi ele alınmıştır. Mobil ve tarayıcıda kullanımı olan bu uygulamayla birlikte işletme, oryantasyon eğitimi, zimmetler, harcamalar, performans modülü, işe alım, anket, izin talebi ve yönetimi, fazla mesai takibi ve e-imza gibi işlemleri kolaylıkla takip edebilecektir. Problemin çözümünde Bulanık PIPRECIA, Bulanık MARCOS, Bulanık CoCoSo, Bulanık MAIRCA yöntemleri kullanılmış ve elde edilen sıralamaların tek bir sıralamaya indirgenmesi için Borda Sayım yönteminden yararlanılmıştır. Böylece klasik ÇKKV yöntemlerinin sağladığı bazı belirsizlikler ortadan kalkmış ve sonucun belirsizlikten etkilenmemesi sağlanmıştır.

İlk olarak karar kriterleri işletmede konuya hakim olan İK sorumlusu, Bilgi İşlem sorumlusu, Satın Alma sorumlusu ve genel müdürden oluşan dört karar vericinin değerlendirilmesiyle fiyat, dil, hafıza kullanımı, performans, esneklik, kullanım kolaylığı ve teknik destek olarak yedi kriter belirlenmiştir. Kriterlerin değerlendirilmesi ve ağırlıklarının belirlenmesi Bulanık PIPRECIA yöntemi ile yapılmıştır. İlk adım olarak karar vericiler normal bulanık PIPRECIA yöntemine göre kriterleri değerlendirmiş ve diğer işlem adımıyla normal bulanık PIPRECIA yöntemine göre ağırlık değerlerine

ulaşılmıştır. Sonrasında karar vericiler ters bulanık PIPRECIA yöntemine göre değerlendirmelerini yapmış ve ters bulanık PIPRECIA yöntemine göre ağırlıklar elde edilmiştir. Elde edilen iki sübjektif ağırlık değeri son adım olarak durulaştırılmış ve net sübjektif kriter ağırlıkları belirlenmiştir. Bulanık PIPRECIA sonuçlarına göre en yüksek değere sahip kriter teknik destek kriterini ifade eden K_7 olmuş ve kriterlerin sıralaması da $K_7 > K_1 > K_5 > K_6 > K_4 > K_3 > K_2$ şeklinde belirlenmiştir.

Kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesinin ardından alternatiflerin sıralanması için ilk olarak Bulanık MARCOS yöntemi uygulanmıştır. İlk olarak dört karar verici alternatifleri sözel değişkenler yardımıyla değerlendirmiştir. Karar vericilerin değerlendirmeleri Ekler bölümünde verilmiştir. Karar vericilerin değerlendirmeleri birleştirilmiş ve tek bir bütünleşik değerlendirme tablosu elde edildikten sonra genişletilmiş karar matrisi oluşturulmuştur. İşlem adımlarında verilen formüller yardımıyla normalizasyon işlemi yapılmış ve bulanık PIPRECIA yöntemi ile elde edilen kriter ağırlıklarının kullanılmasıyla ağırlıklandırılmış normalize matris elde edilmiştir. Yöntemin devamında ağırlıklı toplam matrisi belirlenmiş ardından alternatiflerin fayda dereceleri ve fayda fonksiyonları oluşturulmuştur. Tüm değerlerin elde edilmesinin ardından belirlenen dört alternatifin sıralaması $A_1 > A_3 > A_4 > A_2$ şeklinde olmuştur.

Alternatiflerin sıralanmasında kullanılacak diğer bir yöntem Bulanık CoCoSo yöntemi olmuştur. Karar vericilerin sözel değişkenler ile yaptığı değerlendirmeler Ekler bölümünde verilmiştir. Bu değerlendirmenin ardından bütünleşik değerlendirme tablosu oluşturulmuş ve işlem adımlarına devam edilmiştir. Bütünleşik tablo ilk olarak normalize edilmiştir. Sonrasında alternatiflerin ağırlıklı karşılaştırılabilirlik değerleri ve değerlerin toplamını ifade eden S_i değerleri ve alternatiflerin ağırlıklı karşılaştırılabilirlik dizilerinin güç ağırlığı ve bu değerlerin toplamını oluşturan P_i değerleri elde edilmiştir. Bu değerler kullanılarak bulanık değerlendirme puanları oluşturulmuş ve gerekli formüller kullanılarak bu değerler net değerlendirme puanlarına dönüştürülmüştür. Elde edilen verilerle alternatiflerin performans puanları ve sıralamasına ulaşılmıştır. Bulanık CoCoSo yöntemine göre alternatiflerin sıralaması $A_3 > A_1 > A_4 > A_2$ şeklinde olmuştur.

Alternatiflerin değerlendirilmesi için kullanılan farklı bir yöntem ise Bulanık MAIRCA yöntemi olmuştur. Karar vericilerin değerlendirmeleri yine Ekler bölümünde bulunmaktadır. Değerlendirmeler bütünleşik bir tabloda verildikten sonra ilk olarak teorik değerlendirme matrisi elde edilmiştir. Sonrasında normalizasyon işlemi yapılmış ve

gerçek düşünme matrisi oluşturulmuştur. Teorik değerlendirme matrisi ve gerçek düşünme matrisi arasındaki farkı ifade eden boşluk matrisinin elde edilmesinin ardından kriter fonksiyonlarının değerleri belirlenmiş ve alternatiflerin sıralanması işlemi yapılmıştır. Bulanık MAIRCA yöntemine göre yapılan sıralama $A_1 > A_2 > A_4 > A_3$ şeklinde olmuştur.

Üç farklı yönteme göre elde edilen alternatif sıralamalarının tek bir sıralamaya indirgenmesi için Borda Sayım yöntemi kullanılmıştır. Karmaşıklığından uzak işlem adımlarına sahip bu yöntem net bir sıralama sağlamaktadır. Uygulanan yöntem sonucunda alternatiflerin sıralaması $A_1 > A_3 > A_4 > A_2$ şeklinde elde edilmiştir.

İnsan kaynakları yönetimi uygulaması seçim probleminde farklı yöntemlerin karşılaştırılmasıyla daha etkin sonuçların elde edileceği düşünülmüştür. Elde edilen sonuçlar ışığında, işletmeye A_1 alternatifini seçmesi önerilmiştir. Teknik destek kriterini en iyi şekilde A_1 alternatifinin sağlaması en büyük seçim etkenlerinden olmuştur. Karar vericiler de elde edilen sıralamayı uygun olarak kabul etmişlerdir. Böylelikle işletmeye yalnızca geçmiş deneyimlerden yararlanarak değil bilimsel yöntemlerle karar verme önerilmiştir.

İşletmeler, teknolojiye ayak uydurabilen ve kararlar verirken bilimsel yöntemleri kullanabilen çalışanlar yetiştirmeye özen göstermelidir. Bilimsel yöntemlerden yararlanan işletmeler daha etkin sonuçlara ulaşarak daha çok başarı sağlayabilecektir.

Gelecek çalışmalarda işletmeler için insan kaynakları yönetimi uygulaması seçiminde, diğer bulanık ÇKKV yöntemleri kullanılabilir. Elde edilen sonuçlar karşılaştırılabilir. Ayrıca farklı kriterler ve alternatifler eklenerek yeni sonuçlar elde edilebilir. Ek olarak bu yöntemler işletmenin farklı tedarikçi seçiminde, makine seçiminde, personel seçiminde ya da bir proje seçiminde kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- Abduljabar, J. S. (2011). *Bulanık Mantık Yöntemleri Kullanılarak Gazlı İçeceklerde Karbondioksit Kontrolü*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Akıllı, K. (2018). *Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri İle Bursiyer Seçimi Üzerine Bir Uygulama*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Akdeniz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Antalya.
- Aksoy, E. (2021). “An Analysis On Turkey's Merger And Acquisition Activities: MAIRCA Method”, *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Elektronik Dergisi*, 12(1), 1-11.
- Akyüz, G. & Aka, S. (2017). “Çok Kriterli Karar Verme Teknikleriyle Tedarikçi Performansı Değerlendirmede Toplamsal Bir Yaklaşım”, *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 15(2), 28-46.
- Altıntaş, F. F. (2021). “Akdeniz Ülkelerinin Destinasyon Rekabetçilik Performanslarının Analizi: MAIRCA ve MARCOS Yöntemleri İle Bir Uygulama”, *Türk Turizm Araştırmaları Dergisi*, 5(3), 1833-1856.
- Altıntaş, F. F. (2021). “G7 Ülkelerinin Bilgi Performanslarının Analizi: CoCoSo Yöntemi İle Bir Uygulama”, *Journal Of Life Economics*, 8(3), 337-347.
- ARICAN, M. (2019). *Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri İle Polis Merkezi Kuruluş Yeri Seçimi: Isparta Örneği*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta.
- ARIKAN, V. S. (2008). *Fasoncu Seçimi İçin AHS Modelinin Bir Tekstil İşletmesinde Uygulanması*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bursa.
- Arman, K. & Kundakcı, N. (2022). “Bulanık PIPRECIA Yöntemi İle Bankacılık Endüstrisinde Blokzincir Teknolojisinin Benimsenmesini Etkileyen Kritik Faktörlerin Değerlendirilmesi”, *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 25(47), 79-92.
- Arsılkaya, S. & Göraltay, K. (2019). *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinde Güncel Yaklaşımlar*, İksad Publishing House, Ankara.

- Ayadi, H., Hamani, N., Kermad, L. & Benaissa, M. (2021). “Novel Fuzzy Composite Indicators For Locating A Logistics Platform Under Sustainability Perspectives”, *Sustainability*, 13(7), 1-37.
- Ayçin, E. & Orçun, Ç. (2019). “Mevduat Bankalarının Performanslarının Entropi ve MAIRCA Yöntemleri İle Değerlendirilmesi”, *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 22(42), 175-194.
- Ayçin, E. (2020). “Personel Seçim Sürecinde CRITIC ve MAIRCA Yöntemlerinin Kullanılması”, *İşletme*, 1(1), 1-12.
- Aydın, B. (2019). *Farklı Ağırlıklandırma Temelli Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri İle Finansal Performans Ölçümü Üzerine Bütünleşik Bir İnceleme: Türkiye Taş Kömürü Kurumu Örneği*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Bartın Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bartın.
- Aydın, F. & Gümüş, B. (2022). “Comparative Analysis Of Multi-Criteria Decision Making Methods For The Assessment Of Optimal SVC Location”, *Bulletin Of The Polish Academy Of Sciences: Technical Sciences*, 70(2), 1-11.
- Aydın, Y. (2020). “Bütünleşik CRITIC ve MAIRCA Yöntemleri İle Kamu Sermayeli Bankalarının Performans Analizi”, *Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 5(4), 829-841.
- Aytaç, E. (2006). *Kalite Kontrolde Bulanık Mantık Yaklaşımı ve Bir Uygulama*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli.
- Bakır, M., Akan, Ş., Kıracı, K., Karabasevic, D., Stanujkic, D. & Popovic, G. (2020). “Multiple-Criteria Approach Of The Operational Performance Evaluation In The Airline Industry: Evidence From The Emerging Markets”, *Romanian Journal Of Economic Forecasting*, 23(2), 149-172.
- Ballı, S. (2005). *Fuzzy Çok Kriterli Karar Verme ve Basketbolda Oyuncu Seçimine Uygulanması*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla.
- Bektaş, S. (2022). “Türk Sigorta Sektörünün 2002-2021 Dönemi İçin MEREC, LOPCOW, COCOSO, EDAS ÇKKV Yöntemleri İle Performansının

- Değerlendirilmesi”, *BDDK Bankacılık ve Finansal Piyasalar Dergisi*, 16(2), 247-283.
- Blagojević, A., Kasalica, S., Stević, Z., Tričković, G. & Pavelkić, V. (2021). “Evaluation Of Safety Degree At Railway Crossings In Order To Achieve Sustainable Traffic Management: A Novel Integrated Fuzzy MCDM Model”, *Sustainability*, 13(2), 1-20.
- Blagojević, A., Stević, Z., Marinković, D., Kasalica, S. & Rajilić, S. (2020). “A Novel Entropy-Fuzzy PIPRECIA- DEA Model For Safety Evaluation Of Railway Traffic”, *Symmetry*, 12(9), 1-23.
- Bojadziev, G. & Bojadziev, M. (2007). *Fuzzy Logic For Business, Finance, and Management*, Singapore: World Scientific.
- Boral, S., Howard, I., Chaturvedi, S. K., McKee, K. & Naikan, V. N. A. (2020). “An Integrated Approach For Fuzzy Failure Modes And Effects Analysis Using Fuzzy AHP and Fuzzy MAIRCA”, *Engineering Failure Analysis*, 108(104195), 1-27.
- Boyacı, A. Ç. (2021). “Which OECD Countries Are Advantageous In Fight Against COVID-19?”, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 37(1), 137-148.
- Chatterjee, K., Pamucar, D. & Zavadskas, E. K. (2018). “Evaluating The Performance Of Suppliers Based On Using The R'AMATEL-MAIRCA Method For Green Supply Chain Implementation In Electronics Industry”, *Journal Of Cleaner Production*, 184(4), 101-129.
- Cömert, H. (2018). *Akdeniz Ülkelerinin Turizm Performansının Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri İle Değerlendirilmesi*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta.
- Çakır, S. & Perçin, S. (2013). “Çok Kriterli Karar Verme Teknikleriyle Lojistik Firmalarında Performans Ölçümü”, *Ege Akademik Bakış Dergisi*, 13(4), 449-459.
- Çınaroğlu, E. (2021). “CRITIC Temelli MARCOS Yöntemi İle Yenilikçi Ve Girişimci Üniversite Analizi”, *Girişimcilik ve İnovasyon Yönetimi Dergisi*, 10(1), 111-133.
- Çiftçi, H. N., Yıldırım, S. K. & Yıldırım, B. F. (2021). “Nakit Akış Oranlarına Dayalı Finansal Performansların Kombine Uzlaşık Çözüm Yöntemi İle Analizi: BIST'te

- İşlem Gören Enerji Firmaları Üzerine Bir Uygulama”, *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, (92), 207-224.
- Çitli, N. (2006). *Bulanık Çok Kriterli Karar Verme*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çürük, S. A. (2007). *İşletmelerde Karar Verme Sürecinin Etkinliği Bakımından Yönetim Bilgi Sistemlerinin Rolü: Teorik ve Uygulamalı bir Çalışma*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.
- Đalić, I., Stević, Ž., Karamasa, C. & Puška, A. (2020). “A Novel Integrated Fuzzy PIPRECIA- Interval Rough SAW Model: Green Supplier Selection”, *Decision Making: Applications in Management and Engineering*, 3(1), 126-145.
- Demir, G., Đamjanović, M., Matović, B. & Vujadinović, R. (2022). “Toward Sustainable Urban Mobility by Using Fuzzy-FUCOM And Fuzzy-CoCoSo Methods: The Case Of The SUMP Podgorica”, *Sustainability*, 14(9), 1-27.
- Dubois, D. & Prade, H. (1980). *Fuzzy Sets And Systems: Theory And Applications*. Massachusetts: Academic Press.
- Durmuş, M. & Tayyar, N. (2017). “AHP ve TOPSIS İle Farklı Kriter Ağırlıklandırma Yöntemlerinin Kullanılması ve Karar Verici Görüşleriyle Karşılaştırılması”, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, 12(3), 65-80.
- Dündar, H. (2019). *Evsel Yenilenebilir Enerji Sistemlerinin Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleriyle Analizi*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale.
- Dündar, S., Bircan, H. & Eleroğlu, H. (2021). “Samsun İlinde Kurulabilecek Kompost Tesislerinin COCOSO ve WASPAS Yöntemiyle Optimallik Sıralaması”, *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 9(sp), 2515-2522.
- Ecer, F. & Pamucar, D. (2020). “Sustainable Supplier Selection: A Novel Integrated Fuzzy Best Worst Method (F-BWM) And Fuzzy CoCoSo With Bonferroni (CoCoSo'B) Multi-Criteria Model”, *Journal Of Cleaner Production*, 266(121981), 1-37.
- Ecer, F. & Pamucar, D. (2021). “MARCOS Technique Under Intuitionistic Fuzzy Environment For Determining The COVID-19 Pandemic Performance Of

Insurance Companies In Terms Of Healthcare Services”, *Applied Soft Computing Journal*, 104(107199), 1-18.

Ecer, F. (2020). *Çok Kriterli Karar Verme Geçmişten Günümüze Kapsamlı Bir Yaklaşım*, Seçkin Yayıncılık, Ankara.

Ecer, F. (2021). “Sürdürülebilir Tedarikçi Seçimi: FUCOM Sübjektif Ağırlıklandırma Yöntemi Temelli MAIRCA Yaklaşımı”, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 8(1), 26-47.

Ecer, F. (2022). “An Extended MAIRCA Method Using Intuitionistic Fuzzy Sets For Coronavirus Vaccine Selection In The Age Of COVID-19”, *Neural Computing and Applications*, 34(7), 5603-5623.

Emhan, A. (2007). “Karar Verme Süreci ve Bu Süreçte Bilişim Sistemlerinin Kullanılması”, *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(21), 212-224.

Erdin, C. (2007). *Bulanık Hedef Programlama ve İşletme Yönetiminde Bir Uygulama*, (Basılmamış Doktora Tezi), İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Erokutan, B. (2016). *Mavi Yakalı Personel Seçiminde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Kullanılması ve Bir Uygulama*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bilecik.

Ersöz, F. & Kabak, M. (2010). “Savunma Sanayi Uygulamalarında Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Literatür Araştırması”, *Savunma Bilimleri Dergisi*, 9(1), 97-125.

Ertuğrul, İ. & Budak, İ. (2019). “Türkiye’de Engelli İstihdamının Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri İle Değerlendirilmesi”, *SGD-Sosyal Güvenlik Dergisi*, 9(1), 65-84.

Ertuğrul, İ. (2007). “Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci ve Bir Tekstil İşletmesinde Makine Seçim Problemine Uygulanması”, *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 25(1), 171-192.

Gigović, L., Pamučar, D., Bajić, Z. & Milićević, M. (2016). “The Combination Of Expert Judgment And GIS-MAIRCA Analysis For The Selection Of Sites For Ammunition Depots”, *Sustainability*, 8(4), 1-30.

- Gök, M. (2015). *G20 Ülkelerinin Enerji Göstergeleri Açısından Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri İle Sıralanması*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Görçün, Ö. F. & Küçükönder, H. (2022). “BWM ve CoCoSo Yöntemleri Kullanılarak Kentlerin Raylı Sistem Performanslarının Karşılaştırmalı Analizi”, *İdealkent*, 13(36), 824-856.
- Gu, X. & Zhu, Q. (2006). “Fuzzy Multi-Attribute Decision-Making Method Based On Eigenvector Of Fuzzy Attribute Evaluation Space”, *Decision Support Systems*, 41, 400-410.
- Gül, M. & Ak, M. F. (2020). “Assessment Of Occupational Risks From Human Health And Environmental Perspectives: A New Integrated Approach And Its Application Using Fuzzy BWM and Fuzzy MAIRCA”, *Stochastic Environmental Research And Risk Assessment*, 34(8), 1231-1262.
- Gülcan, B. (2012). *Bulanık Doğrusal Programlama ve Bir Bisküvi İşletmesinde Optimum Ürün Formülü Oluşturma*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Karaman.
- Güvercin, B. (2020). *Yatırım Teşvik Politikaları: Türkiye Açısından Etkinliklerinin Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri İle Değerlendirilmesi*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bilecik.
- Ho, T. K., Hull, J. J. & Srihari, S. N. (1992). “On Multiple Classifier Systems Pattern Recognition”, *IEEE Int. Conference on Pattern Recognition*, 3, 85.
- Jang J. S. R., Sun, C. T. & Mizutani, E. (1997). *Neuro-Fuzzy and Soft Computing*. USA: Prentice Hall Inc.
- Jocić, K. J., Karabašević, D. & Jocić, G. (2020). “The Use Of The PIPRECIA Method For Assessing The Quality Of E-Learning Materials”, *Ekonomika*, 66(3), 37-45.
- Jocić, K. J., Jocić, G., Karabasević, D., Popović, G., Stanujkic, D., Zavadskas, E. K. & Nguyen, P. T. (2020). “A Novel Integrated PIPRECIA-Interval-Valued Triangular Fuzzy ARAS Model: E-Learning Course Selection”, *Symmetry*, 12(6), 1-14.

- Kara, B. (2013). *Tedarikçi Seçiminde Sistem Güvenliği Kriterlerine Dayalı Bir Karar Modeli Önerisi ve Modelin Uygulanması*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Karaca, Y. (2011). *Çok Kriterli Karar Verme Metotları ve Analitik Hiyerarşi Süreci İle Matematik Eğitimi Alanında Bir Uygulama*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Bozok Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yozgat.
- Karakaşoğlu, N. (2008). *Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve Uygulama*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli.
- Karanfil, S. (1997). *Fuzzy Lojik Problemlerinde Üyelik Fonksiyonunun Belirlenmesinde Deneysel Verilere Dayanarak Bir Yöntem Geliştirilmesi*, (Basılmamış Doktora Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Khan, S. & Haleem, A. (2020). “Investigation Of Circular Economy Practices In The Context Of Emerging Economies: A CoCoSo Approach”, *International Journal Of Sustainable Engineering*, 14(3), 357-367.
- Kılıç, O. & Çerçioğlu, H. (2016). “TCDD İltisak Hatları Projelerinin Değerlendirilmesinde Uzlaşık Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri Uygulaması”, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 3(1), 211-220.
- Kısa, A. C. G. & Perçin, S. (2020). “Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yaklaşımıyla Türkiye İmalat Sanayii'nde Performans Ölçümü”, *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 31-56.
- Koçak, D. (2016). *Klasik ve Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve Uygulama*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Kuruüzüm, A. & Atsan, N. (2001). “Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve İşletmecilik Alanındaki Uygulamaları”, *Akdeniz İİBF Dergisi*, 1(1), 83-105.
- Madenoglu, F. S. (2020). “Dengeli Puan Kart-AHP-MARCOS Yöntemlerine Dayalı Tedarikçi Seçimi”, *Journal of Economics, Business & Organization Research*, 2(2), 99-120.

- Marković, V., Stajić, L., Stević, Ž., Mitrović, G., Novarlić, B. & Radojićić, Z. (2020). “A Novel Integrated Subjective-Objective MCDM Model For Alternative Ranking In Order To Achieve Business Excellence And Sustainability”, *Symmetry*, 12(1), 1-24.
- Memiş, S., Demir, E., Karamaşa, Ç. & Korucuk, S. (2020). “Prioritization Of Road Transportation Risks: An Application In Giresun Province”, *Operational Research In Engineering Sciences: Theory and Applications*, 3(2), 111-126.
- Menteş, A. (2000). *Manevra ve Sevk Sistemi Seçiminde Bulanık Çok Kriterli Karar Verme*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Meşe, B. & Özdemir, L. (2022). “Entropi Temelli TOPSIS ve Borda Sayım Yöntemleri İle Gıda İşletmelerinin Performanslarının Değerlendirilmesi”, *Alanya Akademik Bakış Dergisi*, 6(3), 2809-2829.
- Nedeljkovic, M., Puska, A., Doljanica, S., Jovanovic, S. V., Brzakovic, P., Stevic, Z. & Marinkovic, D. (2021). “Evaluation Of Rapeseed Varieties Using Novel Integrated Fuzzy PIPRECIA-Fuzzy MABAC Model”, *Plos One*, 16(2), 1-19.
- Örs, F. (2013). *Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve Bir Uygulama: Ev Satın Alma Problemi*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Fakültesi, Konya.
- Öz, A. H. (2007). *Yük Helikopteri Seçiminde Bulanık Çok Amaçlı Karar Verme Modeli*, (Basılmamış Doktora Tezi), İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özbek, A. (2019). *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve Excel İle Problem Çözümü*, Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- Özcan, B. & Külahlı F. (2020). “Lastik Sektöründe Karar Analizi Uygulaması”, *Uluslararası Batı Karadeniz Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 2(2), 28-54.
- Özçil, A. (2020). *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerine Alternatif Bir Yöntem Önerisi: Bütünleştirici Referans Noktası Yaklaşımı*, (Basılmamış Doktora Tezi), Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli.

- Özdağoğlu, A., Keleş, M. K. & Işıldak, B. (2021). “Bulanık SWARA ve Bulanık MARCOS Yöntemleriyle Sivil Havacılıkta Kabin Memuru Seçimi”, *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Elektronik Dergisi*, 12(2), 284-302.
- Özdağoğlu, A., Keleş, M. K., Altınata, A. & Ulutaş, A. (2021). “Combining Different MCDM Methods With The COPELAND Method: An Investigation On Motorcycle Selection”, *Journal Of Process Management And New Technologies*, 9(3-4), 13-27.
- Özdağoğlu, A., Keleş, M. K. & Işıldak, B. (2021). “Dünyanın En İşlek Havalimanlarının PIPRECIA-E, SMART ve MARCOS Yöntemleri İle Değerlendirilmesi”, *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (58), 333-352.
- Özdağoğlu, A., Öztaş, G. Z., Keleş, M. K. & Genç, V. (2021). “An Integrated PIPRECIA And COPRAS Method Under Fuzzy Environment: A Case Of Truck Tractor Selection”, *Alphanumeric Journal*, 9(2), 269-298.
- Özdağoğlu, A., Ulutaş, A. & Keleş, M. K. (2020). “The Ranking Of Turkish Universities With CoCoSo and MARCOS”, *ProceedingsOf The Third Economics, Business And Organization Research (EBOR) Conference*, (s. 374-392). Roma, İtalya.
- Özkaya, G. (2021). *Bilim, Teknoloji ve İnovasyon Politikası Göstergelerinin Değerlendirilmesi ve Ülke Karşılaştırmaları*, (Basılmamış Doktora Tezi), İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Öztürk, B. (2011). *Çok Kriterli Karar Verme Tekniklerinden Bulanık TOPSIS ve Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci*, (Basılmamış Doktora Tezi), Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bursa.
- Pala, O. (2021). “BIST İnşaat Endeksinde Bütünleşik CCSD-COCOSO Tabanlı Finansal Performans Analizi”, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 23(4), 1500-1513.
- Pala, O. (2021). “IDOCRIW ve MARCOS Temelli BIST Ulaştırma İşletmelerinin Finansal Performans Analizi”, *Kafkas Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 12(23), 263-294.

- Pamućar, D., Gigović, L., Bajić, Z. & Janošević, M. (2017). "Location Selection For Wind Farms Using GIS Multi-Criteria Hybrid Model: An Approach Based On Fuzzy and Rough Numbers", *Sustainability*, 9(8), 1-23.
- Pamućar, D., Lukovac, V., Božanić, D. & Komazec, N. (2018). "Multi-Criteria FUCOM-MAIRCA Model For The Evaluation Of Level Crossings: Case Study In The Republic Of Serbia", *Operational Research In Engineering Sciences: Theory and Applications*, 1(1), 108-129.
- Pamućar, D., Tarle, S. P. & Zivojinović, T. (2018). "New Hybrid Multi-Criteria Decision Making DEMATEL-MAIRCA Model: Sustainable Selection Of A Location For The Development Of Multimodal Logistics Centre", *Economic Research*, 31(1), 1641-1665.
- Pelitli, D. (2007). *Portföy Analizinde Bulanık Mantık Yaklaşımı ve Uygulama Örneği*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli.
- Peng, X. & Smarandache, F. (2020). "A Decision-Making Framework For China's Rare Earth Industry Security Evaluation By Neutrosophic Soft CoCoSo Method", *Journal Of Intelligent & Fuzzy Systems: Applications In Engineering And Technology*, 39(5), 1-15.
- Peng, X. & Huang, H. H. (2020). "Fuzzy Decision Making Method Based On CoCoSo With CRITIC For Financial Risk Evaluation", *Technological and Economic Development of Economy*, 26(4), 695-724.
- Peng, X., Zhang, X. & Luo, Z. (2020). "Pythagorean Fuzzy MCDM Method Based On CoCoSo And CRITIC With Score Function For 5G Industry Evaluation", *Artificial Intelligence Review*, 53(5), 3813-3847.
- Popović, M. (2021). "An MCDM Approach For Personel Selection Using The CoCoSo Method", *Journal Of Process Management And New Technologies*, 9(3-4), 78-88.
- Puška, A., Nedeljković, M., Zolfani, S. H. & Pamučar, D. (2021). "Application Of Interval Fuzzy Logic In Selection A Sustainable Supplier On The Example Of Agricultural Production", *Symmetry*, 13(5), 1-20.

- Puška, A., Stojanović, I., Maksimović, A. & Osmanović, N. (2020). "Project Management Software Evaluation By Using The Measurement Of Alternatives And Ranking According To Compromise Solution (MARCOS) Method", *Operational Research In Engineering Sciences: Theory And Applications*, 3(1), 89-102.
- Ross, T. J. (2010). *Fuzzy Logic With Engineering Applications* (3 baskı). Chichester: Wiley Publication.
- Saaty, T. L. (1986). "Axiomatic Foundation Of The Analytic Hierarchy Process", *Management Science*, 32(7), 841-855.
- Shih, H. S., Shyur, H. J. & Lee, E. S. (2007). "An Extension Of TOPSIS For Group Decision Making", *Mathematical And Computer Modelling*, 45(7-8), 801-813.
- Sofu, F. (2018). *Bulanık Ortamda Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi İle Personel Seçimi: Havacılık Sektöründe Bir Uygulama*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Soner, S. & Önüt, S. (2006). "Çok Kriterli Tedarikçi Seçimi: Bir ELECTRE-AHP Uygulaması", *Sigma: Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 24(4), 110-120.
- Stanciulescu, C., Fortemps, P., Installe, M. & Wertz, V. (2003). "Multiobjective Fuzzy Linear Programming Problems With Fuzzy Decision Variables", *European Journal Of Operational Research*, 149(3), 654-675.
- Stanković, M., Stević, Z., Das, D. K., Subotić, M. & Pamučar, D. (2020). "A New Fuzzy MARCOS Method For Road Traffic Risk Analysis", *Mathematics*, 8(3), 1-18.
- Stanujkic, D., Zavadskas, E. K., Karabasevic, D., Smarandache, F. & Turskis, Z. (2017). "The Use Of The Pivot Pairwise Relative Criteria Importance Assessment Method For Determining The Weights Of Criteria", *Romanian Journal Of Economic Forecasting*, XX(4), 116-133.
- Stanujkić, D., Karabasević, D., Popović, G., Stanimirović, P. S., Saraćević, M., Smarandache, F., Katsikis, V. N. & Ulutaş, A. (2021). "A New Grey Approach For Using SWARA And PIPRECIA Methods In A Group Decision-Making Environment", *Mathematics*, 9(13), 1-16.

- Stanujkić, D., Popović, G., Zavadskas, E. K., Karabasević, D. & Veliene, A. B. (2020). "Assessment of Progress Towards Achieving Sustainable Development Goals of the 'Agenda 2030' by Using the CoCoSo and Shannon Entropy Method: The Case of the EU Countries", *Sustainability*, 12(14), 1-16.
- Stević, Ž. & Brković, N. (2020). "A Novel Integrated FUCOM-MARCOS Model for Evaluation of Human Resources in a Transport Company", *Logistics*, 4(4), 1-14.
- Stević, Ž., Pamučar, D., Puška, A. & Chatterjee, P. (2020). "Sustainable Supplier Selection in Healthcare Industries Using A New MCDM Method: Measurement of Alternatives and Ranking According To Compromise Solution (MARCOS)", *Computers & Industrial Engineering*, 140, 1-15.
- Stević, Ž., Stjepanović, Ž., Božićković, Z., Das, D. K. & Stanujkić, D. (2018). "Assessment Of Conditions For Implementing Information Technology In A Warehouse System: A Novel Fuzzy PIPRECIA Method", *Symmetry*, 10(11), 1-28.
- Şengül, Ü., Eren, M. & Shiraz, S. E. (2012). "Bulanık AHP İle Belediyelerin Toplu Taşıma Araç Seçimi", *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 0(40), 143-165.
- Taş, M. A. (2021). "Assessment Of Site Selection Criteria For Medical Waste During COVID-19 Pandemic", *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (28), 63-69.
- Tomasević, M., Lapuh, L., Stević, Ž., Stanujkić, D. & Karabašević, D. (2020). "Evaluation Of Criteria For The Implementation Of High-Performance Computing (HPC) In Danube Region Countries Using Fuzzy PIPRECIA Method", *Sustainability*, 17(7), 1-18.
- Topal, A. (2021). "Çok Kriterli Karar Verme Analizi İle Elektrik Üretim Şirketlerinin Finansal Performans Analizi: Entropi Tabanlı CoCoSo Yöntemi", *BMIJ*, 9(2), 532-546.
- Tuş, A. & Adalı, E. A. (2022). "Green Supplier Selection Based On The Combination of Fuzzy SWARA (SWARA-F) And Fuzzy MARCOS (MARCOS-F) Methods", *Gazi University Journal Of Science*, 35(4), 1535-1554.

- Tuğ, A. (2006). *Bulanık Doğrusal Programlama ve Bir Üretim Planlamasında Uygulama Örneği*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli.
- Uluskan, M., Akpolat, G. & Şimşek, D. (2022). “Vakıf Üniversitelerinin AHP, COPRAS, SAW, TOPSIS Yöntemleriyle Değerlendirilmesi ve Borda Sayım Yöntemi İle Bütünleşik Bir Sıra Elde Edilmesi”, *Endüstri Mühendisliği*, 33(1), 22-61.
- Ulutaş, A. (2019). “SWARA ve MAIRCA Yöntemleri İle Catering Firması Seçimi”, *Business & Management Studies: An International Journal*, 7(4), 1467-1479.
- Ulutaş, A., Karakuş, C. B. & Topal, A. (2020). “Location Selection For Logistics Center With Fuzzy SWARA And CoCoSo Methods”, *Journal Of Intelligent & Fuzzy Systems*, 38(4), 4693-4709.
- Ulutaş, A., Popović, G., Radanov, P., Stanujkić, D. & Karabasević, D. (2021). “A New Hybrid Fuzzy PSI-PIPRECIA-COCOSO MCDM Based Approach to Solving The Transportation Company Selection Problem”, *Technological and Economic Development Of Economy*, 27(5), 1227-1249.
- Üçüncü, T. (2019). *Bütünleşik ANP, TOPSIS ve VIKOR Yöntemleriyle Tedarikçi Seçimi: Mobilya Endüstrisinde Bir Uygulama*, (Basılmamış Doktora Tezi), Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu.
- Ünal, Y. (2011). *Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve Bir Takım Oyunu İçin Oyuncu Seçimi Uygulaması*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Veskovic, S., Stevic, Z., Karabasevic, D., Rajilic, S., Milinkovic, S. & Stojic, G. (2020). “A New Integrated Fuzzy Approach To Selecting The Best Solution For Business Balance Of Passenger Rail Operator: Fuzzy PIPRECIA-Fuzzy EDAS Model”, *Symmetry*, 12(5), 1-20.
- Yazdani, M., Zarate, P., Zavadskas, E. K. & Turskis, Z. (2019). “A Combined Compromise Solution (COCOSO) Method For Multi-Criteria Decision Making Problems”, *Management Decision*, 57(9), 2501-2519.

- Yazgan, A. E. & Agamyradova, H. (2021). "SWARA ve MAIRCA Yöntemleri İle Bankacılık Sektöründe Personel Seçimi", *Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 16(2), 281-290.
- Yenilmez, S. & Ertuğrul, İ. (2022). "Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri İle Bir Mermer Fabrikası İçin Kesintisiz Güç Kaynağı Seçimi", *Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(3), 251-266.
- Yıldırım, B. F. & Önder, E. (2018). *İşletmeciler, Mühendisler ve Yöneticiler İçin Operasyonel, Yönetimsel ve Stratejik Problemlerin Çözümünde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri*, Dora Yayıncılık, Bursa.
- Yücel, Y. B. (2018). *Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri İle Tekstil Sektöründe En Uygun Tedarikçi Seçimi ve Bir Yazılım Uygulaması*, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Bartın Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bartın.
- Zimmermann, H. J. (1991). *Fuzzy Set Theory And Its Applications* (4 baskı). Massachusetts: Kluwer Academic.



Ek 1. KV₁'in Bulanık MARCOS Yöntemi İle Alternatifleri Değerlendirmesi

KV ₁ : İK	K ₁			K ₂			K ₃			K ₄			K ₅			K ₆			K ₇		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
A ₁	6	7	7	3	4	5	6	7	7	6	7	7	5	6	7	5	6	7	6	7	7
A ₂	5	6	7	3	4	5	4	5	6	5	6	7	3	4	5	6	7	7	2	3	4
A ₃	1	1	2	3	4	5	1	2	3	6	7	7	4	5	6	5	6	7	3	4	5
A ₄	2	3	4	3	4	5	3	4	5	4	5	6	5	6	7	4	5	6	4	5	6

Ek 2. KV₂'nin Bulanık MARCOS Yöntemi İle Alternatifleri Değerlendirmesi

KV ₂ : SATIN ALMA	K ₁			K ₂			K ₃			K ₄			K ₅			K ₆			K ₇		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
A ₁	5	6	7	4	5	6	6	7	7	6	7	7	4	5	6	4	5	6	6	7	7
A ₂	4	5	6	4	5	6	4	5	6	5	6	7	2	3	4	5	6	7	1	2	3
A ₃	1	1	2	4	5	6	1	2	3	6	7	7	3	4	5	4	5	6	2	3	4
A ₄	3	4	5	4	5	6	3	4	5	4	5	6	4	5	6	3	4	5	3	4	5

Ek 3. KV₃'ün Bulanık MARCOS Yöntemi İle Alternatifleri Değerlendirmesi

KV ₃ : IT	K ₁			K ₂			K ₃			K ₄			K ₅			K ₆			K ₇		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
A ₁	6	7	7	4	5	6	6	7	7	6	7	7	5	6	7	5	6	7	6	7	7
A ₂	5	6	7	4	5	6	5	6	7	5	6	7	3	4	5	6	7	7	1	1	2
A ₃	1	1	2	4	5	6	1	2	3	6	7	7	4	5	6	5	6	7	4	5	6
A ₄	3	4	5	4	5	6	4	5	6	4	5	6	5	6	7	4	5	6	5	6	7

Ek 4. KV₄'ün Bulanık MARCOS Yöntemi İle Alternatifleri Değerlendirmesi

KV ₄ : GENEL MÜDÜR	K ₁			K ₂			K ₃			K ₄			K ₅			K ₆			K ₇		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
A ₁	6	7	7	4	5	6	6	7	7	6	7	7	5	6	7	5	6	7	6	7	7
A ₂	5	6	7	4	5	6	4	5	6	5	6	7	3	4	5	6	7	7	1	2	3
A ₃	1	1	2	4	5	6	2	3	4	6	7	7	4	5	6	5	6	7	3	4	5
A ₄	3	4	5	4	5	6	3	4	5	4	5	6	5	6	7	4	5	6	4	5	6

Ek 5. KV₁'in Bulanık CoCoSo Yöntemi İle Alternatifleri Değerlendirmesi

KV ₁ : İK	K ₁			K ₂			K ₃			K ₄			K ₅			K ₆			K ₇		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
A ₁	0,667	1,000	1,000	0,250	0,286	0,333	0,500	0,667	1,000	0,667	1,000	1,000	0,500	0,667	1,000	0,500	0,667	1,000	0,667	1,000	1,000
A ₂	0,500	0,667	1,000	0,250	0,286	0,333	0,333	0,400	0,500	0,500	0,667	1,000	0,333	0,400	0,500	0,667	1,000	1,000	0,286	0,333	0,400
A ₃	0,250	0,286	0,333	0,250	0,286	0,333	0,250	0,286	0,333	0,667	1,000	1,000	0,400	0,500	0,667	0,500	0,667	1,000	0,333	0,400	0,500
A ₄	0,333	0,400	0,500	0,250	0,286	0,333	0,286	0,333	0,400	0,400	0,500	0,667	0,500	0,667	1,000	0,400	0,500	0,667	0,500	0,500	0,667

Ek 6. KV₂'nin Bulanık CoCoSo Yöntemi İle Alternatifleri Değerlendirmesi

KV ₂ : SATIN ALMA	K ₁			K ₂			K ₃			K ₄			K ₅			K ₆			K ₇		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
A ₁	0,500	0,667	1,000	0,400	0,500	0,667	0,667	1,000	1,000	0,667	1,000	1,000	0,400	0,500	0,667	0,400	0,500	0,667	0,667	1,000	1,000
A ₂	0,400	0,500	0,667	0,400	0,500	0,667	0,400	0,500	0,667	0,500	0,667	1,000	0,286	0,333	0,400	0,500	0,667	1,000	0,250	0,286	0,333
A ₃	0,222	0,250	0,286	0,400	0,500	0,667	0,250	0,286	0,333	0,667	1,000	1,000	0,333	0,400	0,500	0,400	0,500	0,667	0,286	0,333	0,400
A ₄	0,286	0,333	0,400	0,400	0,500	0,667	0,333	0,400	0,500	0,400	0,500	0,667	0,400	0,500	0,667	0,333	0,400	0,500	0,333	0,400	0,500

Ek 7. KV₃'ün Bulanık CoCoSo Yöntemi İle Alternatifleri Değerlendirmesi

KV ₃ : IT	K ₁			K ₂			K ₃			K ₄			K ₅			K ₆			K ₇		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
A ₁	0,667	1,000	1,000	0,400	0,500	0,667	0,667	1,000	1,000	0,667	1,000	1,000	0,500	0,667	1,000	0,500	0,667	1,000	0,667	1,000	1,000
A ₂	0,500	0,667	1,000	0,400	0,500	0,667	0,500	0,667	1,000	0,500	0,667	1,000	0,333	0,400	0,500	0,667	1,000	1,000	0,250	0,286	0,333
A ₃	0,222	0,250	0,286	0,400	0,500	0,667	0,250	0,286	0,333	0,667	1,000	1,000	0,400	0,500	0,667	0,500	0,667	1,000	0,286	0,333	0,400
A ₄	0,286	0,333	0,400	0,400	0,500	0,667	0,333	0,400	0,500	0,400	0,500	0,667	0,500	0,667	1,000	0,400	0,500	0,667	0,333	0,400	0,500

Ek 8. KV₄'ün Bulanık CoCoSo Yöntemi İle Alternatifleri Değerlendirmesi

KV ₄ : GENEL MÜDÜR	K ₁			K ₂			K ₃			K ₄			K ₅			K ₆			K ₇		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
A ₁	0,667	1,000	1,000	0,400	0,500	0,667	0,500	0,667	1,000	0,500	0,667	1,000	0,400	0,500	0,667	0,500	0,667	1,000	0,667	1,000	1,000
A ₂	0,500	0,667	1,000	0,400	0,500	0,667	0,400	0,500	0,667	0,400	0,500	0,667	0,286	0,333	0,400	0,667	1,000	1,000	0,222	0,250	0,286
A ₃	0,222	0,250	0,286	0,400	0,500	0,667	0,250	0,286	0,333	0,500	0,667	1,000	0,333	0,400	0,500	0,500	0,667	1,000	0,250	0,286	0,333
A ₄	0,333	0,400	0,500	0,400	0,500	0,667	0,333	0,400	0,500	0,333	0,400	0,500	0,400	0,500	0,667	0,400	0,500	0,667	0,333	0,400	0,500

Ek 10. KV₁'in Bulanık MAIRCA Yöntemi İle Alternatifleri Değerlendirmesi

KV ₁ : İK	K ₁			K ₂			K ₃			K ₄			K ₅			K ₆			K ₇		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
A ₁	9	10	10	3	5	7	9	10	10	9	10	10	7	9	10	7	9	10	9	10	10
A ₂	7	9	10	3	5	7	5	7	9	7	9	10	3	5	7	9	10	10	0	1	3
A ₃	0	0	1	3	5	7	0	1	3	9	10	10	5	7	9	7	9	10	1	3	5
A ₄	1	3	5	3	5	7	3	5	7	5	7	9	7	9	10	5	7	9	3	5	7

Ek 11. KV₂'nin Bulanık MAIRCA Yöntemi İle Alternatifleri Değerlendirmesi

KV ₂ : SATIN ALMA	K ₁			K ₂			K ₃			K ₄			K ₅			K ₆			K ₇		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
A ₁	7	9	10	5	7	9	9	10	10	9	10	10	5	7	9	9	10	10	9	10	10
A ₂	5	7	9	5	7	9	7	9	10	7	9	10	1	3	5	9	10	10	0	0	1
A ₃	0	0	1	5	7	9	1	3	5	9	10	10	3	5	7	7	9	10	0	1	3
A ₄	1	3	5	5	7	9	3	5	7	5	7	9	5	7	9	5	7	9	1	3	5

Ek 12. KV₃'ün Bulanık MAIRCA Yöntemi İle Alternatifleri Değerlendirmesi

KV ₃ : IT	K ₁			K ₂			K ₃			K ₄			K ₅			K ₆			K ₇		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
A ₁	9	10	10	5	7	9	9	10	10	9	10	10	7	9	10	9	10	10	9	10	10
A ₂	9	10	10	5	7	9	7	9	10	5	7	9	3	5	7	7	9	10	0	1	3
A ₃	0	0	1	5	7	9	0	1	3	7	9	10	5	7	9	7	9	10	1	3	5
A ₄	1	3	5	5	7	9	1	3	5	3	5	7	7	9	10	5	7	9	3	5	7

Ek 13. KV₄'ün Bulanık MAIRCA Yöntemi İle Alternatifleri Değerlendirmesi

KV ₄ : GENEL MÜDÜR	K ₁			K ₂			K ₃			K ₄			K ₅			K ₆			K ₇		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
A ₁	9	10	10	3	5	7	9	10	10	9	10	10	7	9	10	7	9	10	9	10	10
A ₂	9	10	10	3	5	7	7	9	10	7	9	10	3	5	7	9	10	10	1	3	5
A ₃	0	0	1	3	5	7	0	1	3	9	10	10	5	7	9	7	9	10	3	5	7
A ₄	0	1	3	3	5	7	1	3	5	5	7	9	7	9	10	5	7	9	5	7	9