

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**LOJİSTİK MERKEZİ SEÇİMİNE YÖNELİK BULANIK ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR
VERME MODELİ: DOĞU ANADOLU BÖLGESİ İÇİN BİR UYGULAMA**

GÖZDE SÜRMELİ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
SİSTEM MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI**

**DANIŞMAN
DOÇ. DR. İHSAN KAYA**

İSTANBUL, 2013

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**LOJİSTİK MERKEZİ SEÇİMİNE YÖNELİK BULANIK ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR
VERME MODELİ: DOĞU ANADOLU BÖLGESİ İÇİN BİR UYGULAMA**

Gözde SÜRMELİ tarafından hazırlanan tez çalışması 27.12.2013 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Doç. Dr. İhsan KAYA
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. İhsan KAYA
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Ali Fuat GÜNERİ
Yıldız Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Emre ÇEVİKCAN
İstanbul Teknik Üniversitesi

ÖNSÖZ

Öncelikle kendisiyle çalışma isteğimi geri çevirmeyerek, tez sürecine başladığımız günden bu yana çalışmamın her aşamasında bana yol gösteren, her aşamada benden yönlendirmelerini eksik etmeyen, hayat tarzını her zaman örnek alacağım, kendisinden sadece bilim değil, hayata dair de çok şey öğrendiğim ve hala öğreniyor olacağım saygıdeğer danışmanım ve kıymetli Hocam Doç. Dr. İhsan KAYA' ya en içten saygılarımı ve teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her sürecinde beni girdiğim her yolda sonuna kadar destekleyen, moral ve motivasyon sağlayan, her zaman bana güvenen sevgili ailem ve özellikle nişanlım Ahmet BOZDAĞ'a teşekkür ederim.

Aralık, 2013

Gözde SÜRMELİ

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	vii
KISALTMA LİSTESİ.....	x
ŞEKİL LİSTESİ.....	x
ÇİZELGE LİSTESİ	xiii
ÖZET	xiiiv
ABSTRACT.....	xvi
BÖLÜM 1	
GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti.....	1
1.2 Tezin Amacı	4
1.3 Hipotez	5
BÖLÜM 2	
LOJİSTİK MERKEZ YER SEÇİMİ	6
BÖLÜM 3	
KARAR VERME YÖNTEMLERİ	9
3.1 Karar Verme.....	9
3.1.1 Karar Verme Süreci.....	10
3.1.2 Karar Verme Sürecindeki Faktörler	15
3.1.3 Karar Ölçütleri.....	15
3.2 Çok Kriterli Karar Verme	16
3.2.1 Çok Kriterli Karar Verme Kavramları	18
3.2.2 Karar Verme Türleri.....	23
3.2.3 Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri	25
BÖLÜM 4	
BULANIK MANTIK VE BULANIK KARAR VERME YÖNTEMLERİ	37

4.1.	Bulanık Mantık Kavramı	37
4.2.	Bulanık Küme Teorisi	40
4.2.1.	Klasik Küme	40
4.2.2.	Bulanık Küme	40
4.2.2.1.	Üyelik Fonksiyonu Biçimleri	45
4.2.2.2.	Netleştirme (Defuzzification) Metotları	49
4.2.2.3.	Bulanık Sayılar	53
4.3.	Bulanık Karar Verme Yöntemleri	55
4.3.1.	Bulanık TOPSIS Yöntemi	56
4.3.2.	Buckley'in Bulanık AHP Yöntemi	61
4.4.	Tip-2 Bulanık Kümeler	64
BÖLÜM 5		
LİTERATÜR ARAŞTIRMASI		69
BÖLÜM 6		
ÖNERİLEN METODOLOJİ		79
BÖLÜM 7		
UYGULAMA		84
7.1.	Tip 2 Bulanık TOPSIS Yöntemi	92
7.2.	Buckley'in Bulanık AHP Yöntemi	101
7.3.	Buckley'in Bulanık AHP Yöntemi ve Tip-2 TOPSIS Yöntemi	105
7.4.	Duyarlılık Analizi	105
BÖLÜM 8		
SONUÇ VE ÖNERİLER		116
KAYNAKLAR		119
ÖZGEÇMİŞ		130

SİMGE LİSTESİ

M	Fonksiyon merkezi
Σ	Fonksiyon genişliği
$\tilde{A}$	Üçgen bulanık sayısı
$\tilde{B}$	Yamuk bulanık sayısı
$\otimes$	Bulanık çarpma işlemi
$\oplus$	Bulanık toplama işlemi
N	Ölçüt sayısı
r_j	j' inci ölçütün sıralamadaki yeri
μ	Üyelik derecesi
$\mu_A(x)$	Üyelik fonksiyonu
L	En küçük olası değer
M	En olası değer
U	En büyük olası değer
$\tilde{x}_{ij}$	Kriter değerleri
$\tilde{w}_j$	Kriter ağırlıkları
$\tilde{D}$	Bulanık karar matrisi
$\tilde{W}$	Bulanık ağırlıklar matrisi
$\tilde{R}$	Normalize edilmiş bulanık karar matrisi
A^*	Bulanık pozitif ideal çözüm
A^-	Bulanık negatif ideal çözüm
$d_v(.,.)$	İki bulanık sayı arasındaki uzaklık
U_i	Bulanık fayda değerleri
$\bar{U}$	Ortalama karar matrisi
W_p	Ağırlık matrisi
$\bar{W}$	Ortalama ağırlık matrisi
$\tilde{f}_{ij}$	Karar matrisi
$\bar{U}_w$	Ağırlıklandırılmış karar matrisi
v_i^+	Pozitif ideal çözüm
v_i^-	Negatif ideal çözüm
$d^-(s_j)$	Negatif ideal çözüme olan uzaklık

$d^+(s_j)$	Pozitif ideal çözüme olan uzaklık
$C(s_j)$	Yakınlık derecesi
$\bar{U}_w^*$	Sıralama matrisi

KISALTMA LİSTESİ

AHS	Analitik Hiyerarşi Süreci
AAS	Analitik Ağ Süreci
BÇKKV	Bulanık Çok Kriterli Karar Verme
CO	Karbonmonoksit
COA	Geniş Alan Merkezi
ÇAKV	Çok Amaçlı Karar Verme
ÇBKV	Çok Boyutlu Karar Verme
ÇKKV	Çok Kriterli Karar Verme
ÇKKVY	Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri
ÇKS	Çiftçi Kayıt Sistemi
ÇNKV	Çok Nitelikli Karar Verme
ÇÖKV	Çok Ölçütlü Karar Verme
DEA	Data Envelopment Analysis
ELECTRE E	Limination and Choice Expressing Reality
FANN	Yapay Sinir Ağı
FNIS	Bulanık Negatif İdeal Çözüm
FPIS	Bulanık Pozitif İdeal Çözüm
ILS	Aletli İniş Sistemi
KDS	Karar Destek Sistemleri
KV	Karar Verici
MOM	Max Noktalarının Ortalaması
PROMETHEE	Preference Ranking Organization Method For Enrichment Evaluations
SAW	Simple Additive Weighting
YBS	Yamuk Bulanık Sayısı

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1	Bulanık karar verme..... 4
Şekil 3.1	Karar verme süreci çerçevesi..... 11
Şekil 3.2	Öz nitelikler için hiyerarşi ağacı 20
Şekil 3.3	Çok kriterli karar verme yöntemlerinin sınıflandırılması..... 26
Şekil 4.1	CO için klasik küme 40
Şekil 4.2	CO için bulanık küme 41
Şekil 4.3	CO için bulanık ve klasik küme 42
Şekil 4.4	Üyelik fonksiyonu kısımları..... 43
Şekil 4.5	Klasik üyelik fonksiyonu..... 44
Şekil 4.6	Bulanık üyelik fonksiyonu 44
Şekil 4.7	Bulanık üyelik fonksiyonu 46
Şekil 4.8	Gaussian üyelik fonksiyonu 47
Şekil 4.9	Çan şekilli üyelik fonksiyonu 47
Şekil 4.10	Sigmoidal üyelik fonksiyonu 48
Şekil 4.11	S üyelik fonksiyonu 48
Şekil 4.12	Max noktalar ile birleştirme işlemi..... 50
Şekil 4.13	Merkez yöntemi ile netleştirme işlemi..... 50
Şekil 4.14	Ağırlıklı ortalama yöntemi ile netleştirme işlemi 51
Şekil 4.15	Max noktaların ortalaması yöntemi ile netleştirme işlemi 51
Şekil 4.16	Geniş alan merkezi metodu ile netleştirme işlemi..... 52
Şekil 4.17	İlk veya son yükselti metodu ile netleştirme işlemi 53
Şekil 4.18	$\tilde{A}$ Üçgen bulanık sayısı 54
Şekil 4.19	$\tilde{B}$ Yamuk bulanık sayısının grafik gösterimi 55
Şekil 4.20	Tip-2 bulanık küme 65
Şekil 4.21	Tip-2 bulanık mantık sistemi 66
Şekil 4.22	Tip-1 üyelik fonksiyonu 67
Şekil 4.23	Bulanık tip-1 üyelik fonksiyonu 67
Şekil 4.24	Belirsizliklerin izi 67
Şekil 6. 1	Yöntem adımları 80
Şekil 7. 1	Doğu Anadolu Bölgesi..... 85
Şekil 7. 2	Alternatif ve kriterler 91
Şekil 7. 3	Tutarlılık analizi sonucu 103

Şekil 7. 4	Duyarlılık analizi sonuçları	115
------------	------------------------------------	-----

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 4. 1	Klasik mantık-bulanık mantık arasındaki temel farklılıklar.....	42
Çizelge 4. 2	Kabul koşulları.....	61
Çizelge 5. 1	Literatür araştırması özeti.....	75
Çizelge 7. 1	Tip 2 bulanık değerlendirme kriterleri.....	92
Çizelge 7. 2	Kriterlerin ağırlıkları.....	92
Çizelge 7. 3	Alternatiflerin değerlendirilmesi.....	93
Çizelge 7. 4	Ortalama karar matrisi ($\bar{U}$).....	94
Çizelge 7. 5	Uzman kişilerce değerlendirilen kriterler.....	95
Çizelge 7. 6	Ortalama ağırlık matrisi ($\bar{W}$).....	96
Çizelge 7. 7	Ağırlıklandırılmış karar matrisi ($\bar{U}_w$).....	97
Çizelge 7. 8	Sıralama matrisi ($\bar{U}_w^*$).....	98
Çizelge 7. 9	Pozitif ve negatif ideal çözüm.....	99
Çizelge 7. 10	Pozitif ve negatif ideal çözüme olan uzaklık.....	100
Çizelge 7. 11	Pozitif ve negatif ideal çözüme olan uzaklık.....	101
Çizelge 7. 12	Kriterlerin karşılaştırma puanlaması.....	102
Çizelge 7. 13	Uzman kişi-1 için ana ve alt kriterlerin değerlendirilmesi.....	102
Çizelge 7. 14	Uzman kişi-2 için ana ve alt kriterlerin değerlendirilmesi.....	102
Çizelge 7. 15	Uzman kişi-3 için ana ve alt kriterlerin değerlendirilmesi.....	103
Çizelge 7. 16	Ana ve alt kriterler için geometrik ortalama.....	104
Çizelge 7. 17	Kriter ağırlıkları.....	104
Çizelge 7. 18	Buckley'in bulanık AHP yöntemi ile hes. ağırlık matrisi ($\bar{W}$).....	105
Çizelge 7. 19	Ağırlıklandırılmış karar matrisi ($\bar{U}_w$).....	105
Çizelge 7. 20	Sıralama karar matrisi ($\bar{U}_w^*$).....	107
Çizelge 7. 21	Pozitif ve negatif ideal çözüm	108
Çizelge 7. 22	Alternatiflerin pozitif ve negatif ideal çözüme olan uzaklık	109
Çizelge 7. 23	Alternatiflerin nihai sıralaması	110
Çizelge 7. 24	Puanlamada en düşük değeri alan kriter.....	111
Çizelge 7. 25	Senaryo-1'e göre alternatiflerin değerlendirilmesi.....	111
Çizelge 7. 26	Senaryo-1'e göre alternatiflerin nihai sıralaması.....	112
Çizelge 7. 27	Senaryo-2'ye göre alternatiflerin değerlendirilmesi.....	113
Çizelge 7. 28	Senaryo-2'ye göre alternatiflerin nihai sıralaması.....	114
Çizelge 7. 29	Senaryo-3'e göre alternatiflerin değerlendirilmesi.....	114

Çizelge 7. 30	Senaryo-3'e göre alternatiflerin nihai sıralaması.....	115
Çizelge 8.1	Elde edilen sonuçlar.....	117
Çizelge 8.2	Senaryolar için özet sonuçlar.....	118

**LOJİSTİK MERKEZİ SEÇİMİNE YÖNELİK BULANIK ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR
VERME MODELİ: DOĞU ANADOLU BÖLGESİ İÇİN BİR UYGULAMA**

Gözde SÜRMELİ

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Doç. Dr. İhsan KAYA

Lojistik merkez yerleri, lojistik sektörünün ekonomik olarak büyümesine etki eden en önemli faktörlerden biridir. Lojistik merkezler büyümeyi öncelikle bölgesel olarak gerçekleştirmekte ve ülke ekonomisine olumlu katkılar sağlamaktadır. Lojistik merkezlerin, değişik taşıma yollarından malların sevk ve idaresi için kara, demir ve deniz yolu gibi çeşitli ulaşım ağlarına ya yakın ya da kolay ulaşılabilir bir mesafede kurulmaları gerekmektedir. Bu sebeplerden dolayı lojistik merkez yerlerinin belirlenmesi kritik bir konu haline gelmiştir.

Lojistik merkez yer seçim problemleri bir karar verme problemi olup, büyük ölçüde belirsizlik içeren problemlerdir. Bu tez çalışmasında, en iyi çözüme ulaşabilmek için Buckley'in Bulanık AHP yaklaşımı ile kriter ağırlıkları hesaplatılmış, Tip-2 Bulanık TOPSIS yönteminde, bu ağırlıklar kullanılarak probleme çözüm sunulmuştur. Tip-2 Bulanık TOPSIS yöntemi ile lojistik merkez yeri için en iyi lokasyonun bulunması hedeflenmiştir.

Bu çalışmada Doğu Anadolu Bölgesi için lojistik merkez yer seçim problemi incelenmiştir. Malatya, Erzurum ve Van olmak üzere üç alternatif şehir, bu şehirleri değerlendirmek için ise literatürde kullanılan kriterler ışığında, dört adet ana, altı adet alt kriter belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Lojistik merkez yeri seçimi, çok kriterli karar verme, tip-2 bulanık TOPSIS

**FUZZY MULTI-CRITERIA DECISION MAKING MODEL FOR SELECTION OF
LOGISTICS CENTER: AN APPLICATION FOR EASTERN ANATOLIA**

Gözde SÜRMEİ

Department of Industrial Engineering

MSc. Thesis

Advisor: Assoc. Prof. Dr. İhsan KAYA

Location of logistics center is one of the most important factors that affects the economic growth of the logistics sector. Logistics centers are realized growth primarily regionally and provide a positive contribution to the country's economy. Logistics centers need to be established close proximity or easily accessible to transportation networks like road, rail and sea for the management and administration of the goods of different ways of handling. For these reasons, locating logistics center has become a critical issue.

Selection of logistics center location problem is a decision making problem that include large degree of uncertainty. In this study, in order to achieve the best solution, criteria weights are calculated by Buckley's fuzzy AHP then, these weights are used in type-2 fuzzy TOPSIS. The best trail for the location of logistics center is determined with Type-2 Fuzzy TOPSIS method.

In this study, logistics center site selection problem is analyzed for the Eastern Anatolia Region. Malatya, Erzurum and Van, identified as the city of three alternatives, according to the criteria used in the literature in order to evaluate these cities, four main criteria and six sub-criteria are identified.

Keywords: Selection of logistics center location, multi-criteria decision making, type-2 fuzzy TOPSIS

1.1 Literatür Özeti

Lojistik ve Lojistik Merkez Konularına Genel Bakış

Lojistik, bir lojistik kanalı içerisinde, katma değerli etkinlikler yapmak üzere, uygun personel ve malzeme akışının yönetilmesi amacıyla ağ ilişkili etkinliklerden oluşan bir sistemdir [1]. Bu sistem yaklaşımının altında yatan düşünce, süreç içerisinde yer alan faaliyetlerin birbirinden bağımsız şekilde yönetilmesi değil, tüm sürecin tek elden en etkin şekilde yönetimidir. Malzemelerin, servis hizmetlerinin ve bilgi akışının etkili ve verimli bir şekilde, her iki yöne doğru hareketinin ve depolanmasının, planlanması, uygulanması ve kontrol edilmesi lojistik yönetiminin kapsamı içindedir.

Günümüzde maliyet unsurunun gittikçe önemli olması sebebiyle, tesis yer seçimi ve depo yer seçimi, üzerinde dikkatle incelenmesi gereken konular haline gelmiştir.

Lojistikle ilgili aktivitelerin gerçekleştirilebilmesi için özel olarak kurulmuş yerlere “lojistik merkezler” denilmektedir. Bir lojistik merkez farklı operatörler tarafından, ticari olarak ulusal ve uluslararası transit taşımacılık, lojistik ve dağıtımla ilgili tüm aktivitelerin gerçekleştirildiği bir bölgedir [2].

Lojistik Açısından Tesis ve Depo Yeri Seçimi (Konum): Lojistik faaliyetlerde maliyetleri artırıcı ya da azaltıcı unsurlardan biri fabrika ve ambar yeri seçimidir. Lojistik yöneticileri fabrikaların kuruluş yerlerinin belirlenmesinde, fabrika içi yerleşim planlarının yapılmasında, ambar ve depolara ilişkin kurulum yerinin belirlenmesinde birinci derece rol oynar. Etkin bir kuruluş yerinin belirlenmesinde göz önünde

bulundurulması gereken temel amaç dağıtım, hammadde ya da tedarik maliyetlerini en alt düzeyde tutarak bir kuruluş yerinin belirlenmesidir. İyi bir yerleşim yeri seçimi maliyetlerde avantajlar sağlarken, kötü bir yer seçimi tersine etki yapar. Herhangi bir işletmenin yanlış yer seçimi sebebiyle oluşan maliyet dezavantajı nedeniyle yerini değiştirmesi de maliyetli bir iştir [3].

Kuruluş yeri seçiminde makro ve mikro analizlerden yararlanılır. Makro analiz, işletme kurulabilecek bölgenin seçimi ile ilgilendir. İşletme açısından bu tür kararlar stratejik kararlardır ve hatalı bir kuruluş yeri seçimi işletme için çeşitli sorunların ortaya çıkması demektir. Gerek küçük ölçekli bir işletme olsun gerekse büyük bir işletme olsun, herhangi bir tesisin bir yerden bir yere taşınması kolay değildir. Makro analizler ile karar vericiler için yer seçimi kriterleri şunlardır [4]:

- Pazar potansiyeli
- Pazar payı
- İşletme maliyetleri
- Ulaştırma maliyetleri
- Kuruluş yeri maliyetleri
- Hammadde maliyetleri ve bu kaynaklara yakınlık
- İşgücü maliyetleri ve özellikleri

Mikro analizde ise seçilmiş olan bölgede, işletmenin veya ek tesisinin nerede kurulabileceğine karar verilir. Mikro analizde karar vericilerin kullanabileceği kriterler ise şunlardır [4]:

- Ulaşım imkânları
- Yerin özellikleri
- Vergiler
- Bölgesel kamu kuruluşlarının verdikleri hizmetler
- Arazi maliyetleri
- Alt yapı olanakları

- Yerel yönetimlerin verdikleri hizmetler

Lojistik merkezi seçimi önemli bir karar verme problemidir.

Karar verme problemi en genel anlamıyla bir seçenek kümesinden en az bir amaç veya ölçüte göre en uygun seçeneğin seçimi şeklinde tanımlanabilir. Araştırmalar, pek çok günlük kararın sezgisel olarak alınmasının yeterli olmasına rağmen karmaşık ve hayati kararlar için bu yolun tek başına yeterli olmadığını göstermektedir [5]. Çok kriterli karar verme yöntemleri (ÇKKVY) 1960'lı yıllarda, karar verme işlemlerine yardımcı olacak bir takım araçların gerekli görülmesiyle geliştirilmeye başlanmıştır [6].

Karar verme, eldeki tüm bilgilerin dikkate alınarak durumun kavranması, alternatif eylem biçimleri ile getirecekleri sonuçların gözden geçirilmesi ve uygun eylemin seçilerek uygulanma sürecidir. Artan rekabet koşulları ile beraber, işletmeler açısından karar verme uygulamaları çok daha büyük önem arz etmeye başlamıştır. Bilim ve teknolojiye gelişmeler sonucunda, artık karar verme problemlerinin çözümleri sezgisel değil bilimsel yöntemlerle aranmaya başlanmıştır. Ulaşılmak istenen hedefin bir çok parametre tarafından belirlendiği ve değerlendirilecek alternatiflerin her birinin kendine has avantajlarının bulunduğu durumlarda karar verme işi oldukça güçleşmektedir. Kararlar üzerine etki eden tüm kriterlerin değerlendirilmesi ve analizi amacıyla ÇKKVY geliştirilmeye başlanmıştır [7].

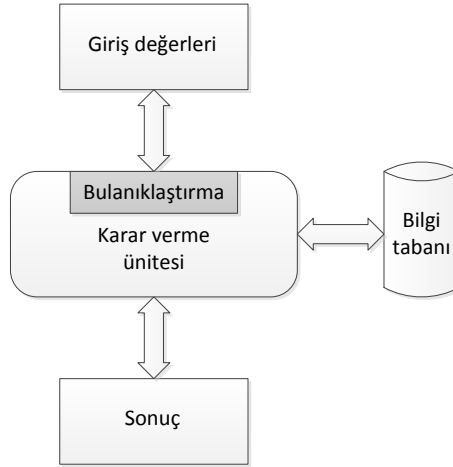
Lojistik merkez yer seçimi problemlerinin karmaşıklığı ve oyuncular arası çıkar çatışması potansiyeli, tek-amaçlı programlama yöntemlerinin karar vericilere yeterli bir araç olmadığını açıkça ortaya koymaktadır. Bu sebeple; yer seçimi modeli karar analizi geleneksel metotlardan farklı yaklaşımlar ortaya koyulmasını gerektirmekte ve çok kriterli karar verme (ÇKKV) yaklaşımları yer seçimi problemlerinde tercih edilmektedir [8].

Genel olarak, kesin olmayan bilginin veya bir tercih yapısının gösterilmesinde kullanılan bulanık mantık, Zadeh, (1965) tarafından geliştirilmiştir. Bulanık mantık ve kümelerin ana özelliği belirsizliğin modellenmesindeki yeteneğidir [9]. Endüstriyel alanda belirsiz sistemlerin modellenmesinde tam ve kesin bilgi olmadan da karar vermeyi kolaylaştırır [10]. Klasik küme teorisinde bir üye kümeye aittir ya da değildir yaklaşımı vardır. Bu teoride aitlik konusunda tam ve kesin bir ayırım söz konusudur bu yüzden üyelik

sınırları da tam ve kesin olarak bellidir. Fakat gerçek hayatta karşılaşılan çoğu problemde klasik küme teorisi yetersiz kalmaktadır [11].

Bulanık küme, klasik kümenin bir uzantısıdır. Klasik kümeler sadece tam üyeliği veya üye olmamayı gösterirken, bulanık kümeler aynı zamanda kısmi üyelik de sunarlar. Bulanık veriler daha esnektir ve bulanık veri kullanılması ile daha hassas sonuçlar elde edilir [12]. Bellman ve Zadeh, 1970, bulanık karar verme teorisi olarak bilinen yeni bir yöntem ortaya koymuşlardır. Bulanık karar vermenin ana çalışma alanı belirsizlik altında karar vermedir. Çünkü elimizde kriterlere, alternatiflere ve sonuçlara ilişkin sayısal değerler değil sözle ifade edilen dilsel değerler mevcuttur ve bu belirsizlik oluşturur.

Bulanık karar verme algoritmik olarak Şekil 1.1’de gösterilmiştir. Giriş değerleri karar verme ünitesine gönderilir, burada bulanıklaştırma yapılır ve ilgili karar verme modeli gerçekleştirilerek sonuç elde edilir [13]:



Şekil 1.1 Bulanık karar verme

1.2 Tezin Amacı

Bu çalışmada lojistik merkezlerinin günümüzdeki önemi incelenerek, Doğu Anadolu bölgesi için lojistik merkez yerinin seçimi ile ilgilenilmiştir. Literatür taraması sonucunda en sık kullanılan kriterler tezde göz önüne alınarak, üç alternatif (Malatya, Erzurum, Van) şehir arasından en uygun lokasyonu seçmeye odaklanılmıştır.

Tezde problem çözümü için tip-2 bulanık TOPSIS yaklaşımı kullanılmış, ayrıca Buckley'in bulanık AHP yöntemi ile hesaplatılmış kriter ağırlıkları, tip-2 TOPSIS yönteminde kullanılarak iki yöntemin kombinasyonundan oluşan bir çözüm metodolojisi sunulmuştur.

1.3 Hipotez

Lojistik merkez seçimi önemli bir ÇKKV problemidir ve bu problemin çözümünde bulanık ÇKKV yaklaşımı ile tip-2 bulanık küme yaklaşımı başarılı bir şekilde uygulanabilir. Bu çalışma kapsamında bu hipotez sınanacak ve Doğu Anadolu Bölgesi için uygulama yapılacaktır.

Çalışmanın ikinci bölümünde lojistik merkezler ve lojistik merkez yer seçiminin önemi üzerinde durulmuştur.

Üçüncü bölümde karar verme süreci, karar verme yöntemleri ile ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir.

Dördüncü bölümde bulanık mantık kavramı açıklandıktan sonra bulanık karar verme yöntemleri hakkında bilgi verilmiştir.

Beşinci bölümde, lojistik merkez yeri seçim problemlerini, karar verme ve bulanık karar verme yöntemleri ile inceleyen literatür çalışmaları yer almaktadır. Daha sonra literatür araştırmasını özetleyen bir çizelge sunulmuştur.

Önerilen metodoloji olan Buckley'in bulanık AHP yöntemi ve tip-2 bulanık TOPSIS adımları altıncı bölümde anlatılmıştır.

Yedinci bölümde, Doğu Anadolu Bölgesi için önerilen metodoloji uygulanmıştır.

Elde edilen sonuçlar ise son bölüm olan sekizinci bölümde verilmiştir.

BÖLÜM 2

LOJİSTİK MERKEZ YER SEÇİMİ

Lojistik faaliyetlerin etkin bir şekilde yerine getirilebilmesi için organize lojistik merkezler oluşturulmaktadır. Lojistik merkezler, değişik taşıma yollarından malların sevk ve idaresi için kara, demir ve deniz yolu gibi çeşitli ulaşım ağlarına ya yakın ya da kolay ulaşılabilir bir mesafede kurulurlar [14]. Lojistik merkez, ulusal ya da uluslararası geçişlerdeki birleştirilmiş tüm lojistik faaliyetlerin yani taşımacılık, depolama, elleçleme, konsolidasyon, ayrıştırma, gümrükleme, ihracat, ithalat, transit işlemler, alt yapı hizmetleri, sigorta ve bankacılık, danışmanlık ve üretimin ticari temele dayandırılarak sanayinin herhangi bir alanında çeşitli işletmeler tarafından yerine getirildiği lojistik üslerdir [15]-[16].

Lojistik merkezlerin en önemli işlevi dağıtımın tek merkezden yapılması, akıllı depolama sistemlerine sahip olması ve gümrük işlemlerinin kolayca yapılabilmesidir. 1970'lerde başlayan lojistik merkez uygulamaları, dünyanın dört bir yanına giderek yayılmaktadır. Lojistik merkezler büyümeyi öncelikle bölgesel olarak gerçekleştirmekte ve ülke ekonomisine olumlu katkılar sağlamaktadır.

Lojistik ile ilgili tüm faaliyetlerin çeşitli işleticiler tarafından yürütüldüğü belirli bir bölge olarak tanımlanan lojistik merkezlerde, iyi planlanmış ve iyi yönetilen, yük taşımalarıyla ilişkili faaliyetlerin, bu amaçla inşa edilmiş ortak alan içerisinde kümelenmesi söz konusudur. Bu faaliyetler arasında dağıtım merkezleri, depolar ve antrepolar, ulaşım terminalleri, bürolar ve bu faaliyetleri destekleyen diğer tesisler bulunmaktadır. Bu üstünlükleri nedeniyle, lojistik köyler ya da uygulamada farklı isimlerle anılan benzer

alanlar, özellikle çok türlü taşımanın giderek artmasıyla önemini bir kat daha arttırmaktadır.

Lojistik merkez üç ana unsura dayalıdır [14];

1. Yer seçimi; Belirli bir araziye lojistik merkez olarak belirlemek ve arazi kullanımını optimize edecek şekilde altyapı oluşturmaktır. Bu şekilde çevre korunacak ve yoğun trafik yerleşim yerlerinden uzaklaşacaktır.

2. Kaliteli Nakliye; Küreselleşme, ticaretin ve rekabetin büyümesi, endüstriyi daha etkili nakliye ve lojistik çözümler arayışına itmektedir. Lojistik zincirinin, nakliyenin, ambar kullanımının, işgücü kullanımının optimizasyonu toplam nakliye maliyetini, toplam genel maliyeti ve işgücü maliyetini düşürecektir.

3. Çok türlü nakliye sistemi geliştirme; Karayolu taşımacılığı hala en yaygın taşımacılık türü olup, ona olan talep her geçen gün artmaktadır. Lojistik merkezlerin bir amacı da nakliye trafiğini demir yolu, deniz yolu ve gerektiğinde hava yoluna aktarabilmektir.

Bu üç ana unsurdan en önemlisi lojistik merkez yeri seçimidir. Yer seçimi bir yatırım kararı verme problemi olup, karar sonucunda yapılan yatırımlar değiştirilemez. Lojistik merkez yatırımı büyük bir yatırım olup, eğer beklenen fayda elde edilmezse çok ciddi kaynak israfı oluşmuş olur. Yer seçimi problemi teknoloji, ekonomi, toplum ve karar vericinin tecrübe ve yetenekleri gibi birçok unsura bağlı olup, karmaşık ve belirsizlikler içeren bir problemdir. Bundan dolayı da çok boyutlu karar verme (ÇBKV) problemi olarak tanımlanmaktadır [17]. Yer seçimi için kullanılan klasik yöntemler (ağırlık merkezi, ağırlıklı sıralama, vs.) bu problemin çözümünde yetersiz kaldığı için, araştırmacılar daha etkin çözüm üretecek yöntemler arayışına girmişlerdir. Bu kapsamda AHS (Analitik Hiyerarşi Süreci), AAS (Analitik Ağ Süreci), VZA (Veri Zarflama Analizi), TOPSIS (Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution), vs. bu yaklaşımlar karar vericinin kararının önemini ölçmektedir [18]. İnsan kararlarını verirken subjektif olmaktadır. Gerçek durumda ise insan kararları muğlak, bulanık olup, kesin sayısal verilerle ifade edilemez. Hem subjektifliği ortadan kaldırmak, hem de kesin sayısal verilere sahip olmayan bilgileri problemlerin çözümünde kullanabilmek için Zadeh tarafından bulanık küme teorisi geliştirilmiştir. Bulanık küme teorisi karar vericilerin eksik veya kısmen elde edilmiş verileri problemlerin çözümünde

kullanmasına olanak vermektedir. Belman and Zadeh bulanık küme teorisinin çok kriterli karar verme (ÇKKV) problemlerinin çözümünde kullanılabileceğini ifade etmişlerdir. Bulanık küme teorisi ile belirsizlik ve muğlaklık, çok kriter içeren karar verme sürecine dahil edilebilmektedir. Bu şekilde bulanık çok kriterli karar verme (BÇKKV) metotları geliştirilmiştir. Bunlar bulanık AHS, bulanık AAS, bulanık TOPSIS, bulanık ELECTRE gibi yöntemlerdir [18].

KARAR VERME YÖNTEMLERİ

3.1 Karar Verme

Karar verme belirli bir problemi çözmek ve istenilen amaca ulaşmak için, bir takım ölçütler ışığında, mevcut tüm seçenekler arasından bir ya da birkaçını seçme işlemidir [19]. Karar eylemi için çok çeşitli tanımlar yapılmaktadır: en dar anlamda karar verme, çeşitli seçenekler arasından birini seçme eylemi olarak tanımlanmaktadır [20]. Karar, bir kişinin ya da grubun bir amacı ya da amaçları başarmak için mevcut iki ya da daha fazla alternatif eylem planı arasından seçim yapma sürecidir. Bu süreç karar verme olarak adlandırılmaktadır [21].

Karar verme, en basit tanımı ile hareket tarzları içinden en uygun seçeneği belirlemektir. Her bir karar beraberinde başka karar ihtiyaçlarını ve problem çözmeye dönük faaliyetleri getirir. Bu özellikleri itibarıyla problem çözme ve karar verme yöneticinin faaliyetlerinde anahtar rolü oynar. Yönetim faaliyetinde hangi amaçların ön plana alınacağı, hangi fırsatların yaratılacağı, hangi kaynakların hangi ilkeler çerçevesinde tahsis edileceği ve alınan kararların icrasını kimlerin yürüteceği gibi konulardaki tercihlerin tümü birer karar niteliğindedir. Bu nedenle de, yönetici kendisini her an karar veren bir yönetsel mekanizma olarak algılamaktadır [22].

3.1.1 Karar Verme Süreci

Karar verme, mevcut tüm alternatifler arasından, amaç veya amaçlara en uygun, mümkün alternatifler arasından bir veya birkaçını seçme süreci olarak tanımlanmaktadır [8].

Karar bir sonucu ifade eder. Dolayısıyla yönetici karar vermekle bir sürecin sonucunu açıklamış olur ve karar konusunu incelemek için sadece sonucu ifade eden "seçim" veya "tercih"in incelenmesi yetmez. Bunun gerisine giderek, seçim yapmaya ginceye kadar nelerin olup bittiğine bakmak gerekir. Bu açıdan ele alındığında, karar verme işini bir süreç olarak görmek mümkündür. Dolayısıyla karar verme, belirli bir başlangıç noktası olan; değişik iş, faaliyet veya düşüncelerin birbirini izlediği ve sonunda bir tercihin yapılması ile sonuçlanan bir süreçtir [23].

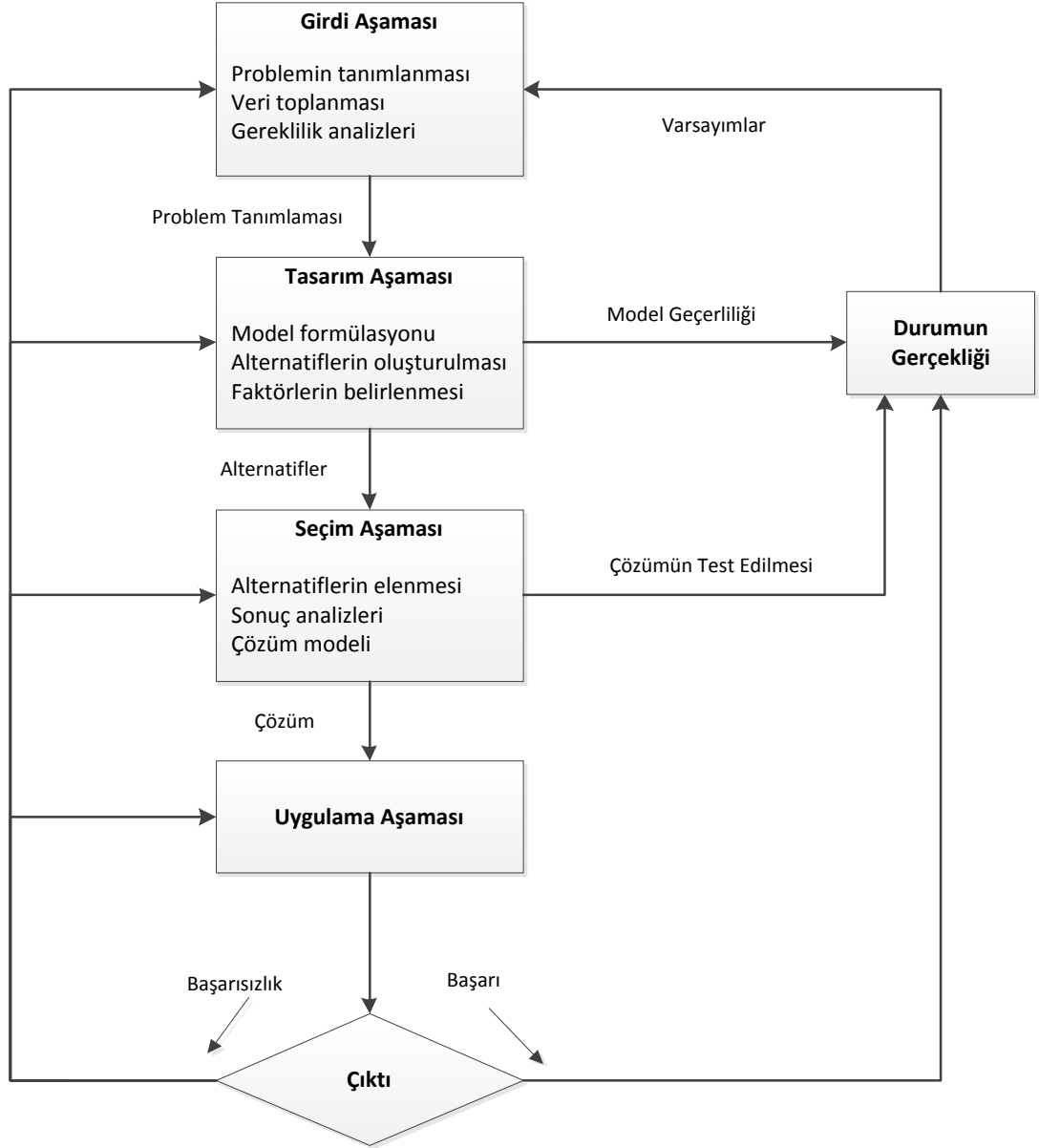
Karar verme süreci bilgilenme, tasarlama ve seçim olmak üzere üç aşamadan oluşmaktadır [24]:

Bilgilenme: Bu aşama, problemi tanıma ve anlama aşamasıdır. İnsanları dinleme; çeşitli veri tabanlarını sorgulayarak ortamı inceleme, mevcut durum ile gelecekteki durum arasındaki farklılıkları belirlemek için beyin fırtınası yapma; şirketin güçlü ve zayıf yönlerini, önündeki fırsatları ve tehlikeleri inceleme gibi etkinliklerden oluşur ve sorunları ya da fırsatları ortaya koyar.

Tasarlama: Sorunun nedenleri ve alternatif çözümler bu aşamada ortaya konulur. Değişik çözümler bulmanın birkaç yolu vardır. Beyin fırtınası, literatür inceleme, araştırmalar yapma, ilgili değişik kişi ve kurumların farklı alternatifler önermelerini sağlamak için bir ilan verme sayılabilir.

Seçim: Alternatifler içinden en iyi olanının seçilmesi, karar verme sürecinin zihinsel olarak en zorlayıcı kısmıdır. Daha önceleri seçme işlemi, ilgilenilen seçeneklerin fayda ve sakıncalarının sezgisel olarak bir araya getirilmesi ile yapılırken, günümüzde bu süreçte alternatifler içinden en iyi alternatifin seçilmesini sağlayan analitik yöntemler kullanılmaktadır.

Daha ayrıntılı bir perspektifte karar verme süreci aşağıda belirtilen 6 aşamada incelenebilir [25]:



Şekil 3.1 Karar verme süreci çerçevesi

3.1.1.1 Amaçların Belirlenmesi ve Sorunların Tanımlanması

Karar verme sürecinin başlaması için ortada, belirlenen amaçlar doğrultusunda ilerlerken amaca ulaşmamıza engel teşkil eden ve halledilmesi gereken bir problemin bulunması gerekir. Böyle bir problemin olabilmesi her şeyden önce yöneticinin, bir engelin varlığının algılanmasına bağlıdır. Aynı sonuçlara göre, algılamadaki farklılıklardan dolayı yöneticilerin farklı değerlendirmeleri, problemin değişik şekillerde belirlenmesine de etki etmektedir. Problemin doğru teşhis edilmesi, çözümünden daha da önemlidir. Çünkü bundan sonraki karar süreci safhaları tanımlanan problem

doğrultusunda ele alınacaktır. Amaçların belirlenmesi ve ortaya çıkan sorunun tanımlanması ile karar sürecinin ilk aşaması tamamlanmış olur [26].

3.1.1.2 Alternatif Geliştirme

Bu aşamada çözüm alternatifleri geliştirilir. Her alternatif potansiyel bir çözümdür. Bu nedenle belirlenen alternatifler uygulanabilir olmalıdır. Ne kadar iyi seçenekler geliştirilirse çözümde o oranda iyi olacaktır. Sorunu oluşturan neden ve etkenler saptandıktan sonra bunları ortadan kaldıracak önlemleri aramaya sıra gelir. Bu önlemler, genellikle birden fazladır ve bu nedenle de bunların en uygun olanını seçmek gerekir. En uygundan amaç, en etkin ve en ucuz olanıdır. Aralarında seçim ve tercih olanağı bulunan bu çeşitli yollardan en uygununu bulmak da çok zor olabilir. Bu safhada yapılan işin esası şudur: belirlenmiş olan amaca ulaştıracak veya tanımlanmış olan sorunu ortadan kaldıracak, düşünülebilen başlıca alternatiflerin bir listesi yapılacaktır. Bir alternatif veya seçenek, amacı gerçekleştirmek için veya sorunu ortadan kaldırmak için insan gücü ve fiziksel kaynakların nasıl kullanılacağını gösteren bir yoldur. Eğer gidilebilecek sadece tek yol varsa, yani seçim imkânı yoksa zaten karar vermek söz konusu değildir. Çünkü karar bir seçimi ifade etmektedir. Geliştirilen alternatifler, aralarından seçim yapılabilecek yolları göstermektedir [23].

3.1.1.3 Alternatiflerin Değerlendirilmesi

Alternatiflerin değerlendirilmesi aşamasında geliştirilmiş olan çözüm alternatiflerinin irdelenmesi ve değerlendirilmesi yapılır. Çünkü bu alternatiflerden çok azı problemi çözebilecek niteliktedir. Ayrıca her alternatifin olumlu ve olumsuz yanları da bulunmaktadır. Bu süreçte yapılabilecek en doğru davranış bütün seçenekleri [23]:

- Teknik olarak uygulanabilirlik,
- İnsan ve madde kaynaklarının maliyeti,
- Sosyal ve kültürel açıdan uygunluk,
- Uygulama için gerekli kaynakların miktarı,
- Sonuçların tahmini derecesi,

- Diğer uygulamaları etkileme,

gibi olumlu ve olumsuz yanlarının açıklamalı bir listesinin hazırlanmasıdır. Bu çalışmayla en uygun kararın verilebilmesi için tüm bilgi ve belgelerin tasnifi yapılmış olur.

3.1.1.4 Karar Verme

Karar verme sürecinin son safhası alternatifler arasından seçim yapmaktır. Seçilen alternatif kararı temsil eder ve böylece örgüt kaynaklarının nasıl kullanılacağı, hangi işlerin yapılacağı belirlenmiş olur. Sıra bu kararı uygulamaya gelir [23]. Bütün bu süreçte sistematik bir yaklaşım kullanmak gerekir. Bu sistemi de Karar Destek Sistemleri (KDS) sağlayabilir. Bir KDS'nin en çok kullanıldığı yer ve karar verme sürecinin özünde, olası alternatiflerin bir grubundan seçilen uygun çözümü bulma işi bulunmaktadır. KDS olası alternatifler grubunun analizinde niceliksel yaklaşımlar sağlamak ve yöneticiye problemin mümkün olan en iyi çözümünü seçmede yardım etmek için kullanılabilir [27].

Temelde bilgisayar destekli bir bilgi sistemi olan KDS gerekli veri ve bilgileri veri tabanından alarak, bunları sayısal yöntemlerle analiz eder ve yöneticinin daha doğru karar vermesine yardımcı olur. Bu nedenle, KDS ne yalnızca insan tabanlı ne de yalnızca bilgisayar destekli bir sistemdir. KDS işletmelerde yöneticilerin karar sürecinde ihtiyaç duydukları bilgi ve karar alternatiflerini üreten bilgisayar destekli bir insan makine sistemidir [28].

KDS; verileri, modelleri, bir yazılım arabirimi ve kullanıcıları, etkili karar verme sisteminde birleştirir. Ayrıca modern analitik tekniklerle karar vericiye hareketlerinde tavsiyelerde bulunan sistemlerdir. KDS'leri karar vermenin yeterliliğini geliştirmekten çok, etkinliğini geliştirmeyi hedeflerler. Bu sistemlerin amaçları yönetimsel hükümleri yerleştirmek değil, bu hükümleri desteklemektir. KDS'leri, karar vericilerin kendi özel koşul ve tercihlerini anlamalarında oldukça değerli yardımcılardır [29].

3.1.1.5 Kararların Uygulanması

Bu evre, aslında karar verme sürecinin dışında kalır. Ancak kararın etkinliği ve verimi, uygulama ile çok sıkı bir şekilde bağlı bulunduğundan, ikisini birbirinden ayırmak çok

zordur. Uygulamada en önemli nokta uygulayıcıların hazırlanmasıdır. Bunun içinde onlara hem iyi bir bildirimde bulunmak hem kabullerini kazanmak gerekir. Aksi halde emirler ya yerine getirilemez ya da pasif direnme ile karşılaşılır. Tepeden inme bir özellik taşıyan kararlar ne kadar iyi olurlarsa olsunlar olumlu bir sonuca ulaştıramazlar. Karar en uygun biçimde uygulanmaya konduktan sonra seçilen çözümün işleyip işlemediği ve beklenen sonuçları verip vermediği izlenmelidir. Elde edilen çıktıları ve beklentileri sürekli olarak karşılaştıran karar alıcı, çözümün etkinliğini izler. Bu aynı zamanda sonraki kararlar için de bir temel oluşturur. Gerçekleşen sonuç ile beklenenler arasında anlamlı farklar çıktığında ise karar alıcı, hatalı bir çözümü seçerek, hatalı karar verdiğini anlayacak ve bu kararı düzeltmeye veya değiştirmeye çaba gösterecektir [30].

3.1.1.6 Uygulamanın Değerlendirilmesi

Karar verme sürecinin bu aşaması en son ve en önemli aşamasıdır. Karar verme sürecinin uygulama aşamasını iki boyutta incelemek gerekir. Bunlar;

- Karar sürecinin uygulama aşamasında karşılaşılan olası engellerin belirlenmesi ve giderilmesi,
- Karar verme sürecinin uygulanmasının sonucunda belirlenen amaçlara ulaşma derecesi elde edilen bilgiler ve bu bilgilerin daha sonra geliştirilecek karar sürecinde kullanılması.

Değerlendirme aşaması bir araştırma aracıyla yapılmalı ve bu araştırma açıklık, tutarlılık, bütünlük ve süreklilik gibi uygulama ilkelerini de ele almalıdır. Değerlendirme uygulamadan önce ve sonra olarak iki dönemli düşünülebilir. Birincisi modelin geçerli ve güvenilir olup olmadığını, ikincisi de en iyi bulunan seçeneğin, en iyi sonucu verip vermediğini anlamak girişimidir. Uygulama sonunda amaçların gerçekleşme derecesine göre ayarlanması için, değerlendirme ölçüsü uygulama başlamadan saptanmalıdır [31].

Esnek plânlama modeli, her aşamanın birbiriyle ilişkili olduğu dinamik bir süreç olarak tanımlanan dört karar aşamasından oluşmaktadır. Bunlar, plân hazırlanması, programlama, uygulama ve değerlendirme aşamalarıdır [32].

3.1.2 Karar Verme Sürecindeki Faktörler

Karar verme sürecindeki faktörler aşağıdaki gibi sıralanmaktadır [33]:

- **Karar verici veya vericiler:** Mevcut alternatifler arasında, optimum alternatifi seçecek kişi ya da gruptur.
- **Karar kriteri:** Karar vericinin, alternatifleri yargılamada kullanacağı değer sistemidir.
- **Seçenekler:** Karar vericinin, arasından tercih yapacağı alternatif faaliyetlerdir.
- **Olaylar:** Karar vericinin, denetimi altında olmayan faktörlerdir.
- **Amaç:** Karar vericinin, varmayı veya gerçekleştirmeyi hedeflediği neticedir.

3.1.3 Karar Ölçütleri

Genel olarak, en uygun stratejiyi veren ölçütün seçimi pek kolay değildir. Çünkü stratejinin seçiminde kullanılan ve en iyi sonucu veren tek bir ölçüt yoktur. Bunun nedeni, en iyinin, karar vericinin politikası, gelenek ve davranışıyla yakından ilgili olmakla beraber çevre koşullarının da etkisi altında olmasıdır [34].

Karar alma sürecinde, var olan problemler ile çok sayıda çözüm yolları geliştirmek amacıyla stratejiler saptanır. Stratejiler arasından en uygun olanı seçilirken değişik nitelikte karar ölçütleri uygulanabilir. Bu ölçütler:

- Belirlilik altında karar verme,
- Risk altında karar verme,
- Belirsizlik altında karar vermedir.

3.1.3.1 Belirlilik Altında Karar Verme

Belirlilik ortamında karar vermede, stratejilerin hangi koşullar altında gerçekleşeceği kesin olarak bilinmektedir. Bu tip bir karar alma problemi deterministik bir yapıya sahiptir. Bu ortamda, amaç fonksiyonunun en büyükleme ve en küçükleme olduğu göz önüne alınarak, stratejilerden biri seçilir [34]. Doğrusal programlama modelleri belirlilik altında karar vermenin bir örneğidir.

Burada, fikirlerin, duygu ve heyecanların, karar alternatiflerinin sayısal bir ölçekle sıralanmasını sağlayacak bir şekilde ölçüldüğü durumlara farklı bir yaklaşım getirmektedir. Analitik Hiyerarşi Prosesi bu yaklaşımın içindedir [35].

3.1.3.2 Risk Altında Karar Verme

Risk ortamında karar vermede alınacak belirli bir karara ilişkin değişik sayıda koşullar söz konusudur. Her stratejinin her koşul altında elde edilebileceği sonuçlar belirli bir olasılık çerçevesinde oluşur. Bu gibi durumlarda stratejilerin ne gibi sonuçlar doğuracağı önceden bilinmez. Sonuçların gerçekleşmesi belirli olasılıklara dayanmaktadır. Olasılıklar göz önünde tutularak yapılan strateji seçimine risk ortamında karar verme denir [34].

3.1.3.3 Belirsizlik Altında Karar Verme

Belirsizlik altında karar verme, risk altında karar vermede olduğu gibi sonuçları doğal durumlara bağlı alternatif hareketlerle ilgilenir. Belirsizlik durumunda, doğal durumların bağlı olasılık dağılımı ya bilinmiyor ya da belirlenemiyordur. Bu bilgi eksikliği karar probleminin analizi için aşağıdaki yeni kriterleri ortaya çıkarmıştır:

- Laplace
- Minimaks
- Savage
- Hurwicz

Bu kriterler karar vericinin belirsizlik karşısındaki tutarlılık derecesine göre farklılık gösterir [35].

3.2 Çok Kriterli Karar Verme

İnsanoğlu, varoluşundan bugüne kadar günlük hayatının her safhasında, çoğunlukla birden fazla, genellikle birbirleri ile çelişen kriterleri içeren problemlerle karşı karşıya kalmıştır. Karşılaştıkları bu problemlere çözüm bulmak amacıyla, sahip oldukları bilgi ve farklı metodolojileri kullanmışlardır [36].

ÇKKV, elde mevcut birden fazla, genellikle birbirleri ile çelişen alternatifler arasından bir tercih (değerlendirme, önceliklendirme, seçim gibi) yapmaktır [37].

ÇKKV yöntemleri, 1960'lı yıllarda karar verme işlerine yardımcı olacak bir takım araçların gerekli görülmesiyle geliştirilmeye başlanmıştır. Seçimde ulaşılmak istenen hedefi birçok parametrenin belirlediği ve seçim için değerlendirilecek alternatiflerin her birinin kendine has avantajlarının bulunduğu durumlarda karar verme işi çok zor bir durum olacaktır. Böyle durumlarda kararı verecek kişi ya tüm bu kararsızlık sıkıntısından kurtulmak için, sağlıklı olup olmadığını önemsemeden, bir karara varacak; ya da uzun ve rasyonel olmayan analizler sonunda kuşku içerisinde bir karara varacaktır. ÇKKV yöntemlerini kullanmaktaki amaç alternatif ve parametre (kriter) sayılarının fazla olduğu durumlarda karar verme mekanizmasını kontrol altında tutabilmek ve karar sonucunu mümkün olduğu kadar kolay ve çabuk elde etmektir [38].

ÇKKV ile çoklu ve birbiriyle çelişen kriterler göz önünde bulundurularak istenilen amaca ulaşılmak istenir. ÇKKV, alternatiflerin kesikli küme içerisinde en iyisinin seçildiği alandır [39]. ÇKKV yaklaşımlarının başlıca amaçlarından birisi karar vericilere karar verme hakkında güvenli ve rahat hissetmeleri yönünde bilgiyi organize ve sentez etmek ve tüm kriterlerin doyurulması ile karar sonrası pişmanlığı en aza indirmek için yardım etmektir [40].

Çok kriterli karar verme aynı anda uygulanan birden fazla kritere bağlı alternatifler arasından en iyi tercihin seçilmesine imkân veren bir karar verme aracıdır [41].

İşletmeler ayakta kalabilmek ve hayatlarını sürdürebilmek için birçok seviyede farklı kararlar almak zorundadırlar. Bu kararları alırken, karar vericiler doğru ve güvenilir verilere ve değerlendirme süreçlerine ihtiyaç duyarlar. Bu yüzden karar verme süreçlerine bilimsel tekniklerin dâhil edilmesi sonuçların daha güvenilir olmasına ve sübjektif kararlardan uzaklaşılmasına yardımcı olur. Çeşitli karar problemleri ile karşı karşıya kalan yöneticiler için zor problemlerden biri de, alternatifler kümesinden uygun alternatifin seçilmesidir. Bu seçim prosedürüne çelişen ve fazla sayıda kriter dâhil olduğundan geleneksel seçim prosedürlerinin kullanılması gerçekçi bir çözüm sunmaz. Bu nedenle, ÇKKV yöntemleri günümüzde birçok çalışmada kullanılmaktadır [42].

Örneğin yatırım yapacak bir yatırımcı, yatırım enstrümanlarının getirisinin yanı sıra riskini de karar sürecine dâhil etmek isteyecektir. Aynı şekilde bir ürün almayı düşünen müşteri, çoğu zaman sadece fiyata göre karar vermeyecek, teknoloji, garanti, tasarım, kullanım kolaylığı gibi kriterleri de göz önünde bulunduracaktır. Ayrıca bir işveren yeni personel alımında kararını verirken, başvuran adayları sadece deneyimlerine göre değil, eğitimine, istediği ücrete kişisel özelliklerine göre de değerlendirmeye çalışacaktır. Yani, tek bir kriterle karar verilebiliyorsa klasik karar analizi tekniklerini kullanmak uygunken, birden çok kriterli el zamanlı içeren karar problemleri için çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri kullanılmalıdır [43]. ÇKKV, bir karar vericinin birden fazla alternatif arasından genellikle birbiri ile çelişen kriterler altında yaptığı seçim işlemidir.

Çok kriterli karar verme (ÇKKV) teknikleri iki ana gruba ayrılır [44]. Çok nitelikli karar verme (ÇNKV) ve çok amaçlı karar verme (ÇAKV) [45].

3.2.1 Çok Kriterli Karar Verme Kavramları

Çok ölçütlü karar verme problemleri ile uğraşırken bazı temel kavramları anlamak problem çözümü için önemli kolaylıklar sağlayacaktır. Bu kavramlar hakkında gerekli bilgiler aşağıda açıklanmıştır [46]:

Seçenekler: Bir problemdeki tercih seçenekleridir. Ele alınan problemlerde yerine göre birkaç, yerine göre yüzlerce seçenek söz konusu olabilir. Bu seçenekler önce eleme, sonra seçim ve son olarak da sıralama işlemlerine tabi tutulurlar.

Ölçüt ve öz nitelik: Literatürde ölçüt ve öz nitelik kavramı ufak tefek farklar olsa da genellikle birbirlerinin yerine kullanılır. Öz nitelikler ölçütlerin temel alt gruplarıdır. Öz nitelikler; seçeneklerin temel özellikleri, kaliteleri veya verimlilik parametreleri olarak tanımlanır ve karar vericinin değer yargılarına bağlı olarak, tanımlanıp ölçümlendirilirler. Öz nitelikler hem nesnel hem öznel özelliklerden oluşabilmektedirler.

Amaçlar: Ölçütlerin karar vericinin arzuları doğrultusunda yönlendirilmiş şekli olarak tanımlanabilir.

Hedefler: Amaçların daha da somutlaşarak belirli değerlere dönüşmüş şekilleridir.

Karar Matrisi: Bir ÇKKV probleminde, eldeki mevcut seçenek ve ölçütlerin karşılaştırılmaları ile elde edilen karşılaştırma göstergeleri matris formunda ifade edilir. Karar verme problemine yardımcı olacak bu matrislerde, satırlar birbirleriyle rekabet halinde olan seçenekleri, sütunlar ise seçeneklerin değerlendirileceği öz nitelikleri ifade eder. Bu nedenle bir matrisin x_{ij} elemanı, i ' inci seçeneğin (A_i), j ' inci öz niteliğe (x_j) göre performans oranı olarak verilir. Matris (3.1) aşağıda gösterilmektedir:

	X_1	X_2		X_j
A_1	x_{11}	x_{12}		x_{1j}
A_2	x_{21}	x_{22}		x_{2j}
....				
A_i	x_{i1}	x_{i2}		x_{ij}

(3.1)

Veri Çeşitleri: Veriler; nominal, ordinal, aralıklı değişken ve sayısal veriler diye sınıflandırılabilir. İstatistiksel işlemlere uygunluk açısından, en uygun veriler sayısal, uygun olmayan veriler ise nominal verilerdir.

1. Nominal veriler: Sıralamaları belli bir yönde hareketi belirtmeyen verilerdir. Örnek olarak cinsiyet değişimlerini verecek olursak belli bir yönde 1.erkek 2.kadın diye bir artma ya da azalma söz konusu olamaz. Bu tür verilerin ortalaması alınamaz, frekans dağılımı yapılabilir ve çapraz tablo kullanılır.

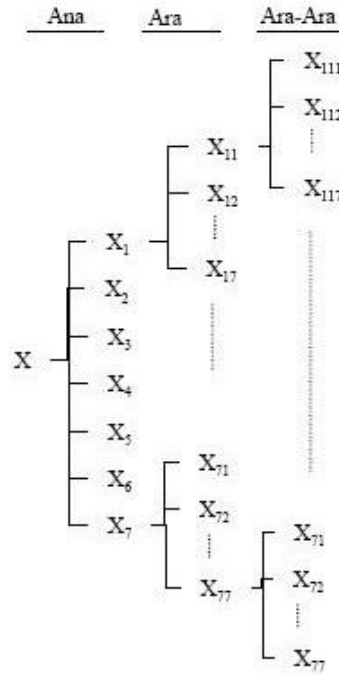
2. Ordinal veriler: Sıralamanın belli bir anlamı vardır ama aradaki mesafenin belli bir önemi yoktur. Örneğin; 1. kötü, 2. orta, ve 3. iyi gibi.

3. Aralıklı değişken veriler: Likert ölçeği ile sayısallaştırılırlar. Bu tür verilerle tüm istatistiksel işlemler yapılabilir.

4. Sayısal veriler: Araştırmalarda en az karşılaşılan, buna karşın uygulama koşulları en iyi olan veri tipleridir.

Öz Nitelik Türetme: ÇKKV yöntemleri, rekabet halindeki seçenekler arasından bir çözüme ulaşmak için, farklı boyutlara sahip verilerden anlamlı göstergeler oluşturmaya çalışır. Bir problemin çözümlemesinde, ilgili hedeflere ulaşabilmek için başlangıçta öz nitelikler türetilir. Seçenekler, türetilen öz nitelikler için karşılaştırmaya tabi tutulur. ÇKKV çözümlemesinde, bir problemin çözümüne ulaşabilmek için, ilk basamak öz nitelik türetmedir. Keeney ve Raiffa [47], kaynak araştırması ya da bir forumda

uzmanların görüşünü alarak öz nitelik türetmeyi önermişlerdir. Öz nitelik türetirken, bir ana hedef belirlenmeli ve öz nitelikler hiyerarşik olarak bu ana hedefe göre türetilmelidir. Öz nitelikler tespit edilirken, öz niteliklerin birbirinden bağımsız olması son derece önemlidir. Şekil 2’de öz nitelikler için hiyerarşi ağacı görülmektedir.



Şekil 3.2 Öz nitelikler için hiyerarşi ağacı

Öz nitelik ağırlıklandırma: Ağırlıklar, her öz niteliğin diğer öz niteliğe göre göreceli olarak önem derecesi olup, KV’den KV’ye değişir. Karar verici için tüm öz nitelikler eşit öneme sahip olmadığından, öz nitelikler arasında bir ağırlık dağılımı oluşturmak, karar verici (KV) için çok önemlidir. Ağırlıkların tayini ÇNKV yöntemlerinde önemli bir rol tEdkil eder. Literatürde sıklıkla kullanılan iki tip ağırlık dağılımı yöntemi vardır. Bunlar; sıralama yoluyla ağırlıkların elde edilmesi ve oran ağırlıklandırma yöntemleridir (özdeğer yöntemi).

Sıralama yoluyla ağırlıkların elde edilmesi: Ağırlık tayininde en basit yol, ölçütleri önem sırasına göre dizmektir. Buna göre en önemli öz nitelik başta ve en önemsizi de sonda olacak şekilde bir sıralama yapılır. En önemli ölçütün değeri 1 olacak şekilde, tüm ölçütler için sayısal ağırlıklar Stillwell ve diğ. [48]’e göre aşağıdaki formüllerden elde edilebilir:

$$w_j = \frac{\frac{1}{r_j}}{\sum_{k=1}^n \frac{1}{r_k}} \quad (3.2)$$

$$w_j = \frac{(n - r_j + 1)}{\sum_{k=1}^n (n - r_k + 1)} \quad (3.3)$$

Bu formüllerde; n değeri eldeki ölçüt sayısını, r_j ise j' inci ölçütün sıralamadaki yerini gösterir. Denklem (3.2)'den elde edilen sıralama ağırlığına “karşılıklı ağırlıklar”, denklem (3.3)'ten elde edilen ağırlığa da “toplam ağırlıklar” denir. Bu denklemleri kullanırken, aynı önem sırasına sahip ölçütlerin mevcut olduğu durumlarda, bulundukları yerdeki tüm ölçütlerin ortalaması alınarak ölçütlerin önem sırası hesaplanır. Aynı anda bir çok ölçüt mevcut ise, bunlar arasında bir sıralama yapmak çok zordur. Bunun da önüne geçmek için ölçüt ikili karşılaştırmaya tabi tutulur [49].

Oran ağırlıklandırma (Özdeğer yöntemi): Bu teknik, iki öz niteliğin, birbirlerine göre önem oranlarını bularak ağırlık dağılımını elde etmeye çalışır. “Bir öz nitelik, başka bir öz niteliğe göre kaç kez önemlidir?” sorusuna cevap aranır. n adet öz nitelik arasında bir karşılaştırma yapabilmek için $(n-1)/2$ adet ikili karşılaştırmaya ihtiyaç duyulur. $n(n-1)/2$ adet ikili karşılaştırma verisini içeren Saaty [6]'nin özdeğer yöntemi aşağıdaki adımlardan oluşur:

1. Giriş Kodlaması: KV, ölçütler arasında $n(n-1)/2$ adet önem (ağırlık) oranı tespit eder. Bu bilgi, $(n \times n)$ elemanlı bir a_{jk} matrisinin üst ya da alt üçgeni için düzenlenir. Burada $a_{jk} = w_j / w_k$ olup j. satır ve k. sütundaki ağırlık oranıdır.

2. Hesaplama: $(n \times n)$ elemanlı matrisin her satırının geometrik ortalaması alınır. Bulunan değerler normalize edilir.

Öz nitelik çeşitleri: KV tarafından kullanılan pek çok tipte öz nitelik mevcuttur. Bu çalışmada sıklıkla kullanılan iki tip öz nitelik sunulmuştur.

1. Karar tipi öz nitelikler: Bu tip öz niteliklerin en önemli özelliği değerleri arttıkça tercih edilebilirliklerinin de artmasıdır.

2. Maliyet tipi öz nitelikler: Yarar tipi öz niteliklerin aksine değerleri arttıkça tercih edilebilirliği azalan öz niteliklerdir.

Ölçüt Oranlarının Normalizasyonu: Karar matrisindeki farklı ölçüm birimlerinden dolayı ortaya çıkan hesapsal zorlukları yenebilmek için normalize edilmeleri gerekir. Normalizasyonun amacı, öz nitelikler arasında karşılaştırma yapabilmek için karar verme matrisindeki değerlerin boyutsuz hale dönüştürülmesidir.

Doğrusal Normalizasyon: Bu yöntemde ölçütlerin değerleri, içlerindeki maksimum ölçüt değerine bölünmesiyle elde edilir. x_{ij} 'nin normalize edilmiş değeri;

$$r_{ij} = x_{ij} / x_j^*, \quad i = 1, \dots, m \quad j = 1, \dots, n \quad (3.4)$$

Burada x_j^* , j. öz niteliğin maksimum değeridir. r_{ij} 'nin değeri [0,1] aralığındadır. Yarar tipi öz nitelikler için değeri 1'e yaklaştıkça tercih edilebilirliği artar.

Vektör Normalizasyonu: Her ölçütün değeri, o ölçütün normuna bölünmek suretiyle normalize işlemi yapılır. x_{ij} 'nin normalize değeri;

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}, \quad i = 1, \dots, m \quad j = 1, \dots, n \quad (3.5)$$

(3.4) ve (3.5) normalizasyon denklemleri, yarar tipi öz nitelikler içindir. Maliyet tipi öz nitelikler için x_{ij} değerlerinin tersi alınarak $(1/x_{ij})$ değeri denklem (3.4) ve (3.5) denklemlerinde yerine konulur ve böylece yarar tipi öz niteliğe dönüşmüş olur. Doğrusal normalizasyon maliyet tipi öz nitelik için aşağıda verilen denklemle hesaplanır.

$$r_{ij} = \frac{1/x_{ij}}{\max_k \{1/x_{kj}\}} = \frac{1/x_{ij}}{1/\min_k \{x_{kj}\}} = \frac{\min_k \{x_{kj}\}}{x_{ij}} = \frac{\bar{x}_j}{x_{ij}} \quad (3.6)$$

Burada görüldüğü gibi $\bar{x}_j$, j.öz niteliğin minimum değeridir.

3.2.2 Karar Verme Türleri

Karar vermeyi, kullanılacak ölçüt sayısına, kullanılacak bilginin niteliklerine ve karar vericilere göre sınıflandırmak mümkündür.

3.2.2.1 Kriter Sayısına Göre Karar Verme Türleri

Karar verme, ele alınan ölçüt sayısına göre ikiye ayrılabilir: Değerlendirmelerin bir kriter gere yapıldığı tek ölçütlü karar verme veya birden fazla kriter gere yapılan çok ölçütlü karar verme olarak ikiye ayrılabilir [50]. Tek ölçüt karar verme: Karar verme problemlerinde, tek bir ölçüt gere karar vericilerin karar vermesidir. Eldeki mevcut seçeneklerin değerlendirilmesi de yine tek ölçüte gere yapılır. Tek ölçütlü karar vermeye örnek olarak doğrusal programlama verilebilir. Çok kriterli karar verme (ÇKKV) ise, çok sayıda ve birbirleriyle rekabet halinde olan ölçütler için seçeneklerin fayda ve zararlarını değerlendirip, en iyi karar verme seçiminin yapıldığı karar verme şeklidir. ÇÖKV karar süreçlerine destek olmak ve rekabet halindeki çoklu ölçütlere gere oluşturulan seçenekler kümesinden bir ya da daha fazla seçeneğin seçimi veya derecelendirilmesinde kullanılmaktadır.

Yaygın olarak kullanılan bazı ÇKKV yaklaşımları aşağıdaki gibidir:

1. AHP (Analytical Hierarchical Process),
2. ANP (Analytical Network Process) yöntemleri ÇÖKV için örnek oluşturan oldukça yaygın yaklaşımlardır.
3. TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution),
4. ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant la REalité : Elimination and Choice Expressing the Reality),
5. PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method For Enrichment Evaluations),
6. VIKOR ((Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje)

3.2.2.2 Mevcut Bilgi Açısından Karar Verme Türleri

Karar verme bilginin durumuna göre belirlilik ve belirsizlik altında karar verme diye ikiye ayrılır [50]. Belirlilik karar vericinin ihtiyaç duyduğu tüm bilgilerin elde edilebilmesini ifade eder. Belirlilik altındaki kararlar gerçekleşecek olay hakkındaki bilginin eksiksiz olarak bilindiği varsayımına dayanır. Belirlilik altında karar vermede karar verici, olası sonuçları bilerek mevcut seçenekler arasından kendisine en yüksek faydayı sağlayanı seçer.

Belirsizlik altında karar verme ise Belirsizlik seçenekler hakkındaki bilgilerin yetersiz ve eksik, gelecekte gerçekleşmesi muhtemel olayların ise bilinmemesi durumudur. Karar vericinin durum hakkında yeterince bilgi sahibi olmaması onu belirsizliğe iter. Belirsizlik altında karar verme, karar vericinin karar seçeneklerinin sonuçları hakkında tam bilgi sahibi olmaksızın karar vermesidir. Belirsizlik altında verilen kararlar sonuçlara ilişkin bilginin kesin olmadığı kararlardır. Belirsizlik altında kararların verildiği ve aynı zamanda amaç ve kısıtların belirgin olmadığı ortam, bulanık ortamdır. Verilen kararların birçoğu amaçlar ve kısıtların yer aldığı bir ortamda gerçekleşir.

3.2.2.3 Karar Verici(ler) Açısından Karar Verme Türleri

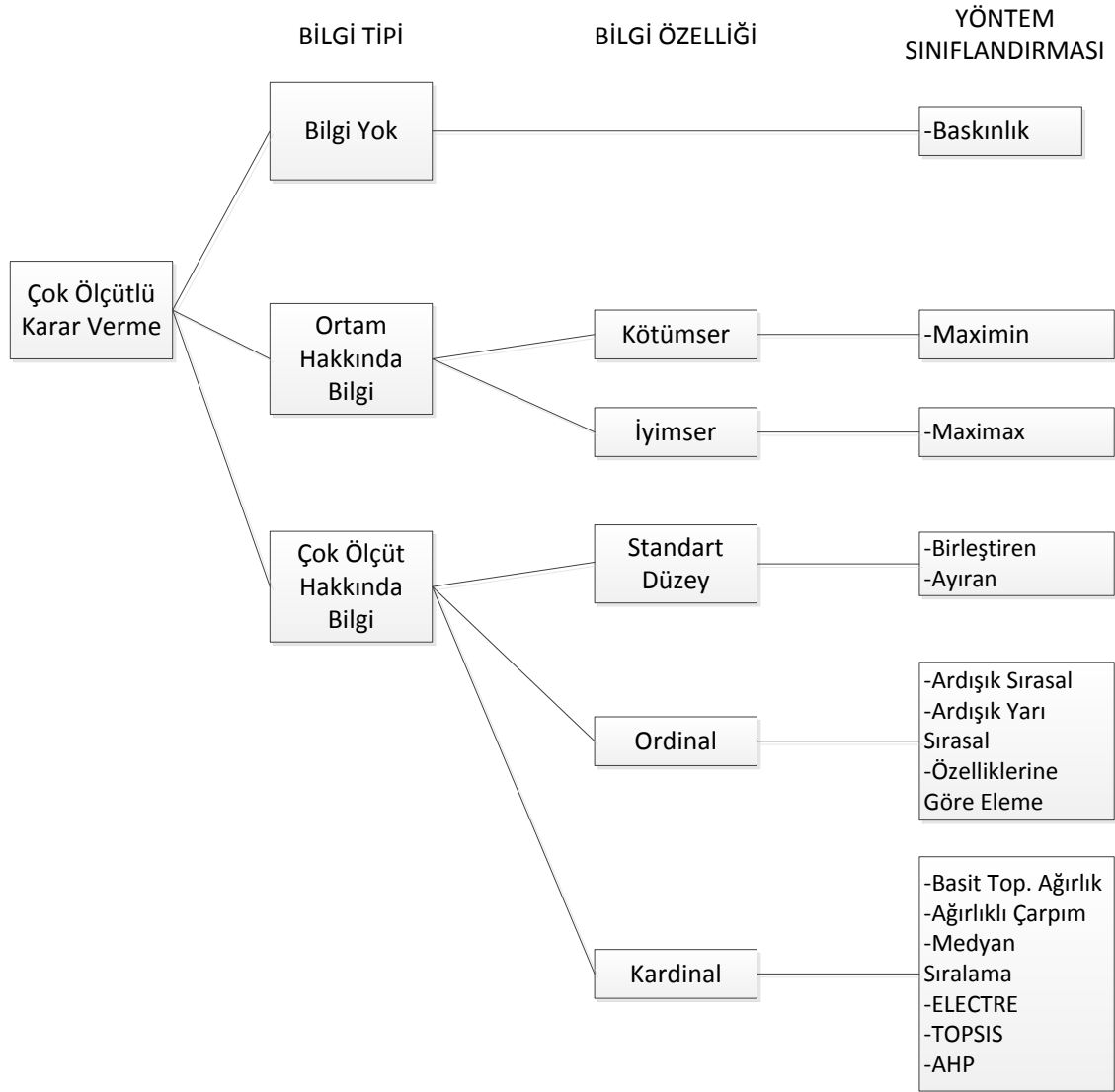
Bu tip karar verme yaklaşımları bireysel ve grup kararları diye ikiye ayrılır. Kararın tek kişi tarafından verilmesi durumunda bireysel kararlar, birden fazla karar vericinin bir araya gelerek karar vermesiyle de grup kararları alınır. Bireysel karar verme, kararların bir kişi tarafından verildiği karar verme türüdür. Bireysel karar vermede, karar verici mevcut seçenekler arasından bir seçeneği seçer. Bireysel kararlar, grup kararlarına göre daha çabuk alınabilir ve yanlış karar verildiği fark edildiğinde de, kararlar kolayca düzeltilebilir. Ancak, bu tür kararlarda az sayıda seçenek ve yaratıcı fikir üretilir.

Grup karar verme yaklaşımında ise ortak amaca sahip, grup özelliğinin ve sınırlarının bilincinde, karşılıklı ilişkileri düzenleyen çeşitli ortak değer ve normları olan bir topluluk karar verir. Grup kararı, karar sürecine çok kişinin katılmasını ve farklı kişisel tercihlerin tek bir tercih halini almasını ifade eder. Bu kararlar, genelde fikir birliğine varılarak veya çeşitli oylama yöntemleri kullanılarak elde edilir. Grup, seçenekleri analiz etmek için yeterli bilgi sağlayabilir. KV'nin kararlarında, kişisel tecrübelerinin, öğrenme şekillerinin

ve ruhsal durumlarının etkisi vardır ve KV'nin tercihleri birbirlerine göre büyük farklılıklar gösterebilir. Bu nedenle karar vericiler, karar verme problemlerinde, her seçenek çifti için ikili karşılaştırma işlemlerinde tercihlerini ifade ederken, farklı temsil biçimleri kullanırlar. Karar vericiler tarafından karar verme problemlerinde kullanılan farklı belirgin tercih biçimleri vardır. Bunlara örnek olarak tercih sıralaması, yarar fonksiyonları, bulanık tercih ilişkileri ve çarpımsal tercih ilişkileri verilebilir [6].

3.2.3 Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri

Literatürde farklı sayıda ÇKKV yöntemleri olup her birinin kendine özgü özellikleri bulunmaktadır. Bu yöntemler farklı özelliklere göre, örneğin, bu yöntemler kullanılan veri tipine göre, deterministik, stokastik ve bulanık yöntemler olarak sınıflandırılabilir. Ancak bu yöntemlerin her biri tüm veri tiplerini de içerebilmektedir. ÇKKV yöntemlerinin şematik olarak genel bir sınıflandırması Chen ve Hwang [51] tarafından yapılmış olup, Şekil 3.3'te gösterilmektedir. Şekil 3.3'te yer alan ÇKKV yöntemleri özelliklerine göre aşağıda açıklanmaktadır:



Şekil 3.3 Çok kriterli karar verme yöntemlerinin sınıflandırılması

Uygulamalarda kullanılan bazı ÇKKV yöntemleri aşağıdaki gibi kısaca özetlenebilir:

3.2.3.1 Baskınlık Yöntemi

Eğer bir alternatif başka bir alternatif tarafından bir veya daha fazla ölçütte geçilir ve kalan ölçüt karşılaştırmaları da eşit olursa, o alternatif baskın olmayan alternatiftir. Ters durumda, bir alternatif tüm ölçütler içinde başka bir alternatif tarafından geçilemiyorsa, baskındır. Baskın alternatifler ikili karşılaştırmalar yapılarak tespit edilir. Eğer karşılaştırmalara “m” adet alternatifle başlanırsa, baskın alternatif “m-1” basamakta elde edilir [44].

Bu yöntemin dezavantajı baskın olmayıp elenen bir alternatif, ölçütlerin tümü göz önüne alındığında bazı baskın olan alternatiflerden daha iyi olabilmektedir [51]. Mc Anamey'in [37] çalışmaları, bazı baskın olmayan alternatiflerin baskın alternatiflerin bazılarında daha iyi olabileceğini ortaya koymuştur. Bu nedenle yargılardaki muhtemel hataları karşılamak için birleştiren yöntem tavsiye edilir.

3.2.3.2 Kötümserlik

Bu yaklaşımda temel prensip, bir seçeneğin genel performansının en zayıf veya en kötü ölçütüne göre belirlenmesidir. Bu yöntemde tüm ölçütlerinin genel bir ölçek ile ölçülebilir olması gerekir. Karar vericinin karar vermesi gerekli olduğu durumda kötümser yapıda olduğu varsayımında uygulanır. Kullanımı ve anlaşılması oldukça kolaydır. Bir seçeneği yalnızca bir ölçütün temsil etmesi yöntemin olumsuz yönüdür. Diğer ölçütler bu seçenek için gözardı edilir [52].

Kötümserlik yaklaşımının uygulama adımları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- ✓ Her seçenek için en zayıf ölçütün değeri belirlenir.
- ✓ En zayıf ölçütler içinde en iyi değere sahip seçenek belirlenir. Matematiksel gösterim olarak bu seçenek, A^+ , aşağıdaki ifade ile tanımlanır:

$$A^+ = \left\{ A_i \mid \max_i \min_j x_{ij} \right\}, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (3.7)$$

3.2.3.3 İyimserlik

Bu yöntemde, bir seçenek en iyi ölçüt değerine göre seçilir. Bir seçeneğin genel performansı en iyi ölçütüne göre belirlenir. Bu yöntemde tüm ölçütler aynı birim ile ölçülebilir olmalıdır. Karar vericinin karar verme durumunda iyimser bir yapıya sahip olduğu kabul edilir ve bu durumlar için uygun bir yöntemdir. Anlaşılabilir ve kullanımının kolay olmasının yanında bir seçeneği tek bir ölçütün temsil etmesi olumsuz yönüdür [52].

İyimserlik yaklaşımının uygulama adımları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- ✓ Her bir seçenek için en iyi ölçüt değeri belirlenir.

✓ En iyi ölçüt değerleri arasında maksimum değeri olan seçenek seçilir. Diğer ölçütler göz önüne alınmamaktadır. Matematiksel gösterim olarak aşağıdaki biçimde ifade edilir:

$$A^+ = \left\{ A_i \mid \max_i \max_j x_{ij} \right\}, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (3.8)$$

3.2.3.4 Birleştiren Yöntem

Birleştiren yöntemde, karar vericinin belirlediği ve her ölçüt için karşılanmasını istediği minimum değerlerin tümünü karşılayan alternatifleri “kabul edilebilir”, diğer alternatifleri ise “kabul edilemez” şeklinde tanımlanmaktadır. Karar verici, her bir ölçüt için kabul edilebilir minimum ölçüt değerlerini belirler. Belirlenen bu minimum değerler alternatiflerin elenmesi esnasında anahtar rol oynar. Belirlediğimiz minimum standartları azar azar artırarak, alternatiflerin sayısını azaltılır ve sonuçta tek bir alternatife ulaşırız. Minimum değerleri geçen alternatifler “kabul edilebilir” alternatifler olurlar [44]. A_i alternatifinin seçilebilir olması için $x_{ij} \geq x_j^0$, $j = 1$ ve 2 ve... n olması gerekmektedir.

Bu yöntemin dezavantajı, eğer bir alternatif bir ölçüt haricinde diğer tüm ölçütlerde çok iyi dahi olsa tek ölçütte minimum değeri geçemediği için elenecektir yani telafi esaslı bir yöntem değildir.

3.2.3.5 Ayıran Yöntem

Ayıran yöntemde karar vericinin belirlediği ve her ölçüt için karşılanmasını istediği alt düzeylerin en az birini karşılayan alternatif “kabul edilebilir”, diğer alternatifler “kabul edilemez” şeklinde tanımlanarak alternatif kümesi ikiye bölünür. Tıpkı birleştiren yöntemde olduğu gibi ayıran yöntemde de karar vericinin kabul edilebilir minimum değerleri belirlemesi gerekmektedir. Bir alternatif, bir veya daha fazla ölçütte minimum değerleri aşarsa “kabul edilebilir” sayılır. Eğer bir alternatif herhangi bir ölçütte iyi ise seçim işlemi yapılır. A_i alternatifinin kabul edilebilir olması için $x_{ij} \geq x_j^0$, $j = 1, 2, \dots, n$ olması gerekmektedir.

Ayırar yöntemde, sadece bir standardın geçilmesi yeterlidir. Eğer alternatiflerden hiçbirisi herhangi bir standardı dahi aşamaz ise, karar verici bir veya daha fazla minimum kabul edilebilir değerlerini düşürmeli ve değerlendirmeyi tekrar yapmalıdır [52].

3.2.3.6 Ardışık Sırasal Yöntem

Ardışık sırasal (lexicographie) yönteminde, bazı karar verme durumlarında tek bir ölçütün baskın olduğu görüşü yer almaktadır. Örneğin, “en ucuz olanı al” kuralının geçerli olduğu durumda karar verici için “fiyat” en önemli ölçüttür. Bu yöntemde ölçütlerin birbirine göre baskınlık ilişkisi içinde olması ve ölçütlerin önemine göre sıralanması gerekmektedir. Kullanımı ve anlaşılması kolay ve basittir [53].

Ardışık sırasal yaklaşımının uygulama adımları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- ✓ Tüm seçenekler en önemli ölçüte göre karşılaştırılır. O ölçüte göre en yüksek değere sahip olan seçenek seçilir.
- ✓ En yüksek değere sahip olan bir kaç seçenek varsa, bu seçenekler bir sonraki en önemli ölçüte göre karşılaştırılırlar ve o ölçüte göre en yüksek değere sahip olan seçenek seçilir.
- ✓ En son tek bir seçenek kalan kadar veya tüm ölçütlere göre değerlendirilene kadar işlem sürer.

3.2.3.7 Ardışık Yarı Sıralı (Semi Order Lexicographic) Yöntem

Ardışık yarı sıralı (semi order lexicographic) yönteminde ölçütler önemine göre sıralanır. Aynı zamanda her ölçüt için tolerans değeri de belirlenir. Bu en iyi değerden farklılık miktarıdır. Bu yöntem, ölçütler arasında baskınlık ilişkisi bulunduğu anda uygulanır. Kullanımı ve anlaşılması kolaydır.

Ardışık yarı sırasal yaklaşımının uygulama adımları aşağıdaki gibi özetlenebilir [53]:

- ✓ Tüm seçenekler en önemli ölçüte göre sıralanır. O ölçüte göre en yüksek değere veya o değerden çok az düşük olan değere sahip olan seçenekler belirlenir.

- ✓ Birden fazla seçenek varsa, bu seçenekler bir sonraki en önemli ölçüte göre karşılaştırılır. İlk maddedeki işlem tek bir seçenek kalana kadar veya tüm ölçütler göz önüne alınana kadar sürdürülür.

3.2.3.8 Özelliklerine Göre Eleme Yöntemi

Özelliklerine göre eleme yönteminde tek ölçüte göre alternatifler arasında karşılaştırmalar yapılır. Bu yöntem ardışık sıralama yöntemi ile çok fazla benzerlik göstermektedir. Standartların altında kalan alternatifler elenir ve bu işlem biri dışında bütün alternatifler eleninceye kadar devam eder. Farklı olan yönü ise, ölçütleri önem sırasına göre değil de olasılık tabanlı ayırım gücüne göre bir sıralamaya tabi tutulmalarıdır. X_1 : En fazla alternatifi eleyecek en etkili birinci özellik, X_2 : En fazla alternatifi eleyecek en etkili ikinci özellik olmak üzere:

$$A^1 = \{A_i | X_{i1}, X_1\}, \quad i = 1, 2, \dots, m \text{ 'dir} \quad (3.9)$$

Eğer A^1 tek eleman ise, en fazla tercih edilen alternatiftir. Eğer başka eşit seviyede alternatifler de varsa, X_2 özelliği düşünülerek değerlendirme yapılır.

$$A^2 = \{A^1 | X_{i2}, X_2\}, \quad i \in \{A^1\} \quad (3.10)$$

Eğer A^2 tek eleman ise, değerlendirme durur ve bu alternatif seçilir. Aksi takdirde X_3 özelliğine bakılır ve bu süreç tek eleman $\{A^k\}$ değerine ulaşıncaya kadar veya bütün ölçütler değerlendirilinceye kadar devam eder. Özelliklerine göre eleme yöntemini hızlandırmak için en çok alternatif eleyecek ölçüt en başta kullanılabilir [54].

3.2.3.9 Basit Toplamlı Ağırlıklandırma Yöntemi

Basit toplamlı ağırlıklandırma yöntemi veya ağırlıklı ortalama yöntemi adı verilen bu yöntem en iyi bilinen ve en fazla kullanılan ÇKKV yöntemidir. Her ölçütün katılım oranlarının toplamı ile bir değer elde edilir. Farklı ölçüm birimlerine ait iki alternatif bu toplama katılmamaktadır. Bu sebeple normalizasyon gibi ortak bir sayısal ölçüm sistemi ölçüt değerleri arasındaki bu toplamayı yapabilmek için gereklidir. Her ölçütün

karşılaştırma oranları ile ölçütlere atanan önem ağırlıklarının çarpımı hesaplanarak her alternatif için toplam puan elde edilir. Daha sonra bu çarpım oranları toplanır [52].

3.2.3.10 Ağırlıklı Çarpım Yöntemi

Basit toplamalı ağırlıklandırma yönteminde ölçüt değerleri arasındaki toplama için farklı ölçüm üniteleri normalizasyon süreci ile boyutsuz bir ölçeğe dönüşmektedir. Ancak ölçütler birbirlerine çarpımla bağılıysalar böyle bir dönüşüme gerek kalmamaktadır. Ölçüt değerleri arasında çarpımı kullandığımızda, ağırlıklar her ölçüt değerinin üssü olurlar. Kâr ölçütleri için pozitif ve maliyet ölçütleri için negatif işaretli üs olarak kullanılırlar [52].

3.2.3.11 Medyan Sıralama Yöntemi

Nitel bilgi içeren karar verme problemlerinde nitel bilgiler kolaylıkla sıralamaya ve ikili karşılaştırmaya dönüştürülebilir. Medyan sıralama yöntemi de bu tür yöntemlerden biridir. Bu yöntem için “ n ” adet alternatifli “ m ” adet nitel ölçütü olan bir değerlendirme problemi ele alınsın. Karar verici, bütün ölçütlere eşit önem verirse, genel sıralamayı bulmanın en kolay yolu her alternatif için tüm ölçütlerin değerlerini toplayarak küçükten büyüğe sıralamaktır. Ancak bu yaklaşım ordinal ölçeğin aritmetik işlemlere izin vermemesi nedeniyle geçerli bir yol değildir. Bu sebeple karar verici, ölçüt sıralaması sırasında bir fikir birliği sağlamak durumundadır. Fikir birliği sağlayan bir sıralama yöntemi elde etmenin diğer bir yolu, diğer bütün ölçüt sıralamalarından mümkün olduğunca küçük farklılıklarla yeni bir sıralama oluşturmaktır. Cook ve Seiford [44], sıralamalar arasındaki uyum ve uyumsuzlukları ölçmek için bir uzaklık fonksiyonu tanımlamışlardır.

3.2.3.12 ELECTRE Yöntemi

Seçim gerektiren sorunların çözümü için kullanılan bir yöntem olan karar destek (ELECTRE) modeli ilk kez 1960’lı yılların sonunda Roy tarafından ortaya atılmıştır [55], [56]. Daha sonra Nijkamp, Van Delft ile Voogd tarafından geliştirilmiştir [55]. ELECTRE yöntemi, her bir değerlendirme faktörü için alternatifler arasında ikili üstünlük kıyaslamalarına dayanır [42]. ELECTRE yöntemi, bazen yalnızca tek bir alternatif

belirlemeyerek en çok tercih edilen alternatiflerle sonuçlanabilir. Bu yöntem daha çok, en az tercih edilen alternatiflerin elenmesinde yardımcı olur. ELECTRE yönteminin en uygun olduğu problem tipleri, az kriter, çok alternatif içeren karar verme problemleridir [57]. ELECTRE yöntemi 8 adımda aşağıdaki gibi açıklanabilir [58]:

Adım 1: Karar matrisinin oluşturulması

Adım 2: Standart karar matrisinin oluşturulması

Adım 3: Ağırlıklı standart karar matrisinin oluşturulması

Adım 4: Uyum ve uyumsuzluk setlerinin belirlenmesi

Adım 5: Uyum ve uyumsuzluk matrislerinin oluşturulması

Adım 6: Uyum üstünlük ve uyumsuzluk üstünlük matrislerinin oluşturulması

Adım 7: Toplam baskınlık matrisinin oluşturulması

Adım 8: Karar noktalarının önem sırasının belirlenmesi

3.2.3.13 TOPSIS Yöntemi

ÇKKV yöntemlerinden biri olan technique for order preference by similarity to ideal solution (TOPSIS) ilk olarak Hwang ve Yoon (1981) tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntem ile tüm alternatiflerin pozitif ve negatif ideal çözümden olan uzaklıkları hesaplanır. Bu yaklaşımın temelini, seçilen alternatifin pozitif ideal çözüme en yakın mesafede, negatif ideal çözüme ise en uzak mesafede olması oluşturur. Diğer bir ifadeyle pozitif ideal çözüme en yakın mesafede olan alternatif aynı zamanda negatif ideal çözüme en uzak mesafede olan alternatiftir. TOPSIS yöntemi, pozitif ideal çözüme en yakın olan alternatifi en iyi alternatif olarak kabul eder [59]. TOPSIS sürecinde kriter değerleri ve kriter ağırlıkları sayısal değerlerdir. İdeal ya da pozitif ideal çözüm olarak ifade edilen çözüm, fayda kriterini maksimize eden, maliyet kriterini ise minimize eden çözümdür. Diğer taraftan, negatif ya da anti ideal çözüm ise maliyet kriterini maksimize eden, fayda kriterini minimize eden çözümdür [60]. Ancak alternatifler geliştirildikten sonra bir ÇKKV yöntemi olan TOPSIS'ten alternatiflerin sıralanmasında ve karar vericilere bir çözüm önerisinde bulunulmasında yararlanılabilir [61]. TOPSIS, ÇKKV'ye uygun bir yaklaşım sunar. TOPSIS yönteminin içeriği rasyonel ve anlaşılırdır. TOPSIS yönteminde,

ideal çözüm için gerekli olan yakınlık bulunurken hem pozitif ideal çözüme uzaklık hem de negatif ideal çözüme uzaklık dikkate alınır. Bu uzaklıklar yardımıyla elde edilen yakınlık katsayıları kullanılarak sıralama yapılır [62]. Karar problemlerinde sıklıkla kullanılan ve problemlere sezgi yardımıyla yaklaşan TOPSIS yönteminin bazı önemli özellikleri şunlardır [63]:

- İçeriği yalın ve anlaşılabilir.
- Hesaplama yeteneği güçlüdür.
- Karar alternatiflerinin ilişkisini belirlerken bunu basit bir matematiksel formda sunabilir.
- Alternatiflerin belirli kriterler doğrultusunda ve kriterlerin alabileceği maksimum ve minimum değerler arasında ideal duruma göre karşılaştırılmasına olanak tanır.

TOPSIS, sağlam temelli mantık yapısı, ideal ve ideal karşıtı çözümleri aynı zamanda dikkate alması ve kolaylıkla yapılabilen hesaplama süreci ile yaygın kullanım gören bir yöntemdir. Ancak değerlemelerin kesin değerlerle yapılmasını gerektirmektedir [64].

3.2.3.14 PROMETHEE Yöntemi

Bu yöntem 1982 yılında Jean-Pierre Brans tarafından geliştirilmiş çok ölçütlü bir öncelik belirleme yöntemidir. PROMETHEE yöntemi, literatürde yer alan mevcut önceliklendirme yöntemlerinin uygulama aşamasındaki zorluklarından yola çıkarak geliştirilmiş ve günümüzde pek çok çalışmada kullanılmıştır. Aşağıda PROMETHEE yönteminin adımları verilmiştir [65]:

Adım 1. Veri matrisi oluşturulur.

Adım 2. Kriterler için tercih fonksiyonları tanımlanır.

Adım 3. Tercih fonksiyonları temel alınarak alternatif çiftleri için ortak tercih fonksiyonları belirlenir.

Adım 4. Ortak tercih fonksiyonlarından hareketle her alternatif çifti için tercih indeksleri belirlenir.

Adım 5. Alternatifler için pozitif ve negatif üstünlükler belirlenir.

Adım 6. PROMETHEE I ile kısmi öncelikler belirlenir.

Adım 7. PROMETHEE II ile alternatifler için tam öncelikler hesaplanır.

3.2.3.15 SMART Yöntemi

1971; 1977 yılları arasında Edwards [66] tarafından geliştirilen SMART yöntemi çok kriterli yararlılık teorisini uygulamaya yardımcı olan basit bir yöntemdir. Edwards'a göre kararların, her ikisi de öznel olan, değer ve olasılık fikirlerine bağlıdır. Hata, problemin modellenmesinden ya da sağlanan bilgilerden meydana çıkabilir. Modelleme hataları basitleştirilmiş modellerin uygulanmasıyla ortaya çıkarken, bilgi hataları elde edilen ölçülerin gerçek tercih ölçülerini yansıtmamasından ortaya çıkar. Karar vericiye yöneltilen sorular karmaşıktıkça (AHP'deki ikili karşılaştırmalar gibi) bilgi hatalarının meydana gelme olasılığı artacaktır. SMART diğer bir çok ÇKKV yönteminin aksine kuramsal alternatifler hakkında tercih ya da farklılık yargılarına ihtiyaç duymaz. Aşağıda SMART yönteminin adımları verilmiştir [66]:

Adım 1. Faydaları maksimize edilecek kişi ya da kurum belirlenir.

Adım 2. Konu ya da konular belirlenir.

Adım 3. Değerlendirmeye girecek alternatifler belirlenir.

Adım 4. Alternatiflerin değerlendirilmesi için uygun kriterler belirlenir

Adım 5. Kriterler önemlerine göre sıraya konulur.

Adım 6. Önem sırasına göre kriterler oranlarla değerlendirilir.

Adım 7. Önem ağırlıkları toplanır ve her biri toplama bölünür.

Adım 8. Her alternatifin kriterlerdeki yerleri ölçülür.

Adım 9. Alternatifler için fayda değerleri hesaplanır.

Adım 10. Karar verilir.

3.2.3.16 Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) Yöntemi

Thomas L. Saaty [6] tarafından geliştirilen AHS yöntemi karar vericilerin karmaşık problemleri; problemin ana hedefi, kriterleri, alt kriterler ve alternatifleri arasındaki

ilişkiyi gösteren hiyerarşik bir yapıda modellemelerine olanak veren yaygın olarak kullanılan çok kriterli karar verme yöntemlerinden bir tanesidir [38].

Analitik hiyerarşi süreci (AHS), insanın doğasında var olan değerlendirme sürecini temel alan ve problemleri hiyerarşik bir düzende seviyelere ayırarak analiz eden bir teknik olarak tanımlanabilir [67]. Bir karar verme sürecinde temel problem, birbiri ile çelişen ölçütlere göre değerlendirilen seçenekler kümesinden en iyi seçeneği belirlemektir. AHS modeli, insanların nasıl bir karar vermeleri gerektiği hususunda bir yöntem kullanma zorunluluğu yerine, onları, kendi karar verme mekanizmalarını kullanarak iyi karar vermelerini amaçlamaktadır. AHS yöntemi, karar vericinin karmaşık problemlerini belli ortak özellikler açısından grupsal bir yapıya kavuşturarak sonuca gitmektedir. Bu ortak özelliklere sahip gruplar yine kendi aralarında gruplandırılabilir. AHS'nin temelinde sistem yaklaşımı kuramı mevcuttur [68]. Günlük hayatta karşı karşıya kalınan karar problemleri yalnızca sayısal faktörlerden oluşmaz, aynı zamanda niteliksel faktörler de karar verme sürecini önemli oranda etkilemektedir. Niteliksel faktör ile kararı etkilediği halde niceliksel olarak doğrudan ifade edilemeyen tecrübe, imaj, önsezi gibi etkenler, karar süreçlerine katılmayınca çözüm için geliştirilen modellerin gerçeği temsil etme oranları ve buna bağlı olarak da sonuçların uygulanabilirliği azalmaktadır. AHS teknikleri, niteliksel faktörleri de dikkate alarak sonlu sayıda seçeneği değerlendiren birer çok ölçütlü karar verme tekniğidir [67].

Hiyerarşik yapı kurulduktan sonra karar alternatiflerinin değerlendirilmesi için hiyerarşinin her seviyesindeki elemanların ikili karşılaştırmaları yapılır. AHP yönteminde karar verici her seviyedeki n tane kriter veya alternatif için $\frac{n+(n-1)}{2}$ tane ikili karşılaştırma yapmak zorundadır. Elde edilen sonuçlara göre alternatiflerin puanları hesaplanır [69]. Hem objektif hem de subjektif değerlendirme ölçütlerini kullanması, değerlendirmelerin tutarlılığının test edilmesini sağlaması, özellikle de çok sayıdaki ölçüte göre değerlendirilmesi gereken alternatifler içerisinde hangisine öncelik verilmesi gerektiği gibi çok önemli bir kararın karar verici tarafından uygulanması nedeniyle AHS önemli bir araçtır [70]. AHP, karar analizi yöntemlerinden gerçek hayata en çok uyarlanıp başarılı sonuçlar vermiş olanıdır. Günümüzde AHS'nin başarılı uygulama alanları ve metotları mevcuttur [71].

3.2.3.17 Analitik Ağ Süreci (Analytical Network Process (ANP)) Yöntemi

Analitik ağ süreci (AAS), AHS yaklaşımından daha genel bir yaklaşım olarak yine Thomas Saaty tarafından geliştirilmiş çok ölçütlü bir karar verme tekniğidir. AAS, gerçek problemlerin her zaman hiyerarşik bir yapıyla ifade edilemeyeceği düşüncesinden hareketle geliştirilmiş olup AHS'nin genelleştirilmiş halidir [67]. AAS yöntemi de ikili karşılaştırmalar esasına dayanır. Karar verme kriterleri ve seçenekleri arasında ve kendi içlerinde geri besleme ve bağımlılığı esas alındığından, karmaşık karar durumlarının daha doğru bir şekilde modellenebileceği bir yaklaşım olarak ortaya çıkmıştır [68]. Karar vericinin kişisel yargı ve değerlendirmelerine bağlı olarak seçenekleri en önemliden en önemsiz doğru sıralar. AAS yaklaşımı da AHS yaklaşımı gibi, kararı etkilediği halde, çözüm sürecinde doğrudan ele alınamayan faktörlerin nasıl ele alınabilecekleri konusunda yol gösterir [72].

Karar sürecindeki her bir ölçüt birer küme, kontrol kriterlerini meydana getiren faktörler de bu kümelerin birer bileşeni olarak ele alınır. Kümeler ve bileşenler arasındaki karşılıklı etkileşimler ve geri bildirimlerle aralarındaki karşılıklı ilişkiler tespit edilir. Bir problemde yer alan bileşenler arasındaki ilişkiler tek yönlü değil karşılıklı olduğu zaman, hiyerarşik tanımlamalar yeterli olmaz. Bu nedenle AHS'deki hiyerarşik yapıdan farklılık gösterir. AAS'de doğrudan ilişkilendirilmemiş bileşenler arasında olabilecek dolaylı etkileşimler ve geri bildirimler de dikkate alınmaktadır. Sonrasında ise birbirine etki eden bileşenler ve kümeler arasında ikili karşılaştırmalar yapılarak birbirlerine etki derecelerine yönelik bir çıkarsama yapılır [68].

Problemde yer alan ölçütler ve seçenekler birbirleriyle karşılıklı etkileşim halinde olabilirler [73]. Nitekim gerçek hayattaki çoğu sistem bu tür ilişkiler içerir. Ölçütler arasındaki tek veya çift yönlü etkileşimler bağlantı oklarıyla ifade edilirse ortaya bir ağ çıkar. Bu durumda seviyeler ortadan kalkarak ölçütleri ve seçenekler kümesini oluşturan bileşenlerin ağırlıklarını bulmak daha karmaşık bir sürecin analizini gerektirir. AAS, problemleri, bileşenler arasındaki ilişkileri ve ilişkilerin yönlerini tanımlayarak bir ağ şeklinde ifade etmektedir [67].

BULANIK MANTIK VE BULANIK KARAR VERME YÖNTEMLERİ

4.1. Bulanık Mantık Kavramı

Bulanık mantık kavramı ilk olarak Zadeh (1965) tarafından kullanılmış ve literatüre kazandırılmıştır. Bulanık mantığa göre faktörler ve kriterler kesin sınırlamalar olmaksızın sınıflandırılabilir. Bulanık mantık, belirsizlik ve kesin olmayan gerçek hayat problemlerinin tanımlanması ve çözülmesi için kullanışlı bir yöntemdir. Bulanık mantık “evet” ya da “hayır”, “doğru” ya da “yanlış” gibi klasik değişkenler yerine “orta”, “yüksek”, “düşük” gibi ortalama değerleri kullanan çok değişkenli bir teoridir [74].

Bulanık mantık klasik Aristo mantığı gibi olayların doğru veya yanlış olarak değerlendirildiği yaklaşımdan farklı olarak geliştirilmiş şüpheli doğruluk durumları gibi iki uç nokta arasında değerlendirmelerin yapılabildiği bir yaklaşımdır. Amacı, insanların belirsizlik altında tutarlı ve doğru kararlar vermelerini sağlayan düşünce mekanizmalarının oluşturulmasıdır. Bu amaçla klasik mantıktaki gibi kesin hatlarla birbirinden ayrılmış değerlendirme alanları yerine fonksiyonlarla tanımlanan ve birbirinin içine geçmiş alanları kullanmaktadır [75].

Dünyadaki bazı olayları açıklamak için kesin tanımlamalarda bulunabilmek imkansızdır ve olaylar çoğu kere belirsizlikler ve doğrusal olmama özellikleri taşır. Cismin ısını kaybetmesi, kapasitörün şarj veya deşarj olayı bu doğrusal olmama özelliklerine birer örnektir. Belli bir miktar uranyumun bozulması esnasında hangi atomun ne zaman bozulacağını bilinememesi de belirsizlik taşıyan bir olaydır. Bu nedenle esya ve olaylar bulanıklık perspektifinde ele alındıkça, çok daha doğru ve verimli sonuçlar elde

edilebilir. Bulanık mantık, bu yaklaşım için kullanılabilecek oldukça tesirli bir mantık anlayışıdır. Terimler ya da ölçüler kesin olarak tanımlanıp ölçülemediğinden dolayı insanlar çoğu zaman belirsiz (kesin olmayan) ifadeler kullanırlar. İşte bulanık mantık bazı sorulara basitçe evet-hayır cevabı verilemeyen durumları kapsar. Bulanıklığın ve bulanık mantığın temeli de budur [76].

Bulanık ilkeler hakkında ilk bilgiler, Azerbaycan asıllı Lotfi Zadeh tarafından literatüre mal edilmesine karşılık, bu fikirler Batı dünyasında şüphe ile karşılanmış ve oldukça yoğun tepki almıştır. Ancak, 1970'li yıllardan sonra Doğu dünyasında ve özellikle de Japonya'da bulanık mantık ve sistem kavramlarına önem verilmiştir. Bunların, teknolojik cihaz yapım ve işleyişinde kullanılması bugün bütün dünyada yaygın hale gelmiştir. Batıda gecikmenin ana sebebi Batı kültürünün temelinde ikili mantık, yani Aristo mantığının yatması ve olaylara evet-hayır, beyaz-siyah, kurak-sulak, artı-eksi, 0–1 vb. ikili esasta yaklaşılmasıdır. Bu iki değer arasında başka seçeneklere kesin değil düşüncesi ile hiç yer verilmezdi. Batı'da bulanık (fuzzy) kelimesi güvensizliği ifade eder Doğu'da ise bu güvensizlikte bile güzelliklerin bulunabileceği düşüncesi vardır. Örneğin, insanlar arasındaki gerekli diyalogun bile sağlanması bu tür bulanık (kesin olamayan, oldukça kisisel) görüşlere bağlıdır [77].

Zadeh [78] bulanık mantığın genel özelliklerini aşağıdaki gibi ifade etmiştir:

- Bulanık mantık, kesin değerlere dayanan düşünme yerine yaklaşık düşünme kullanır.
- Bulanık mantıkla ilgili dilsel ifadeler büyük, küçük, çok, az vb. şeklindedir.
- Bulanık mantıkta her şey $[0,1]$ aralığında belirli bir derece ile gösterilir.
- Bulanık çıkarım işlemi, dilsel ifadelerin birbirleri arasında tanımlanan kurallar ile gerçekleştirilir.
- Mantıksal olan tüm sistemler, bulanık olarak ifade edilebilir.
- Bulanık mantık, matematiksel modelin elde edilmesi çok zor olan sistemler için oldukça uygundur.

Bulanık mantık ilk defa 1965 yılında, University of California, Berkeley'den Dr. Lotfi Zadeh [78] tarafından, doğal dildeki belirsizliği modellemek için ortaya konmuştur.

Zadeh, bulanık mantık teorisinin bağımsız ve tam bir teori olmaktan çok, bulanıklaştırma yönteminin (fuzzification), herhangi bir teorisin ayrık formdan sürekli forma dönüştürülmek suretiyle genelleştirilmesi için kullanılan bir metodoloji olarak ele alınmasının daha uygun olacağı fikrini savunmakta idi. Bulanık mantık ilk kez 1973 yılında, Londra'daki Queen Mary College'de profesör olan H. Mamdani tarafından bir buhar makinesinde uygulanmıştır. Ticari olarak ise ilk defa, 1980 yılında, Danimarka'daki bir çimento fabrikasının fırınına kontrol etmede kullanılmıştır [79].

Bulanık mantık kuramının ilk önemli endüstriyel uygulaması 1980 yılında Danimarka'daki bir çimento fabrikasında (F.L. Smidth) gerçekleştirilmiş, değirmen içinde çok hassas bir denge ile oranlanması gereken sıcaklık ve oksijen ayarı en uygun bir biçimde yapılmıştır. Bundan sonra bir başka dikkate değer uygulama ise Hitachi firması tarafından 1987 yılında Sendai Metro'sunda gerçekleştirilmiştir [80].

Bulanık mantık, insan davranışlarına benzer bir şekilde mantıksal uygulamalarla, bilgisayarlara yardım eden bir bilgisayar mantık devrimidir. Bulanık mantığın endüstride kullanımı verimliliği artırır, daha uygun üretim sağlar, zamanın çok önemli olduğu günümüzde zamandan tasarruf ve ekonomik açıdan fayda getirir [81].

Önemi gittikçe artarak günümüze kadar gelen bulanık mantık, belirsizliklerin anlatımı ve belirsizliklerle çalışılabilmesi için kurulmuş katı bir matematik düzen olarak tanımlanabilir. Bilindiği gibi istatistikte ve olasılık kuramında, belirsizliklerle değil kesinliklerle çalışılır ama insanın yaşadığı ortam daha çok belirsizliklerle doludur. Bu yüzden insanoğlunun sonuç çıkarabilme yeteneğini anlayabilmek için belirsizliklerle çalışmak gereklidir [82].

Bugün bulanık mantık, elektronik kontrol sistemleri, otomotiv endüstrisi fren sistemleri, proses planlama ve ev elektroniği gibi bir çok alanda uygulanmaktadır. Hergün kullandığımız ev aletlerinde bulanık mantığın kullanılmasıyla birlikte önemli ölçüde enerji ve zaman tasarrufu sağlanmıştır [83].

Bulanık mantığın uygulama alanlarından bazıları aşağıdaki gibidir [84]:

- **Otomatik Kontrol Sistemleri:** Robotik, otomasyon, akıllı denetim, izleme sistemleri, ticari elektronik ürünler, vb.

- **Bilgi Sistemleri:** Bilgi depolama ve yeniden çağırma, Uzman sistemler, bilgi tabanlı sistemler, vb.
- **Görüntü Tanımlama:** Görüntü işleme, makina görüntülemesi.
- **Optimizasyon:** Fonksiyon optimizasyonu, süzgeçleme, eğri uydurma, vb.

4.2. Bulanık Küme Teorisi

4.2.1. Klasik Küme

Klasik mantıkta bir olayın sonucu kesin bir ifade ile belirtilir. Buna göre sonuç: ya doğrudur ya da yanlıştır, ya vardır ya da yoktur. Sonucun bu iki değerden başka değer alması söz konusu değildir. Klasik mantık tabanlı kümelerde bir nesne ya da değişken kümenin ya tam üyesidir (mantık 1) ya da üyesi değildir (mantık 0).

Bulanık tabanlı kümelere örnek olarak, kapalı bir ortamdaki havanın içerdği karbonmonoksit (CO) gaz miktarı Şekil 4.1’de gösterilmektedir. Bu duruma göre 100ppm’de ortamdaki hava zehirli olduğu halde, 99ppm değerinde zehirli sayılmamaktadır [85]:



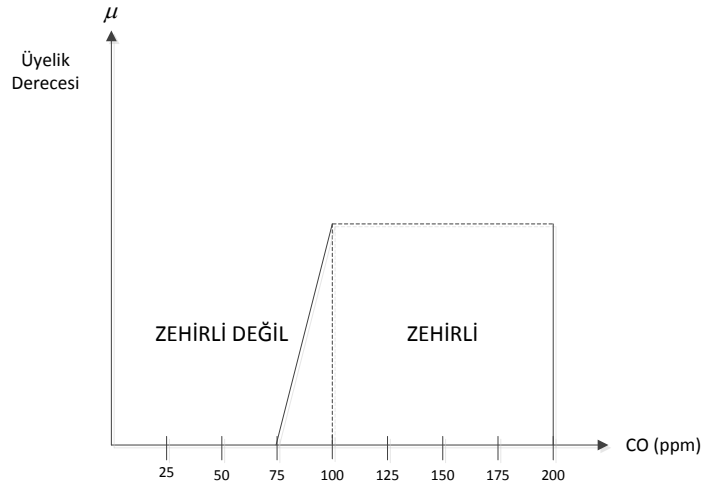
Şekil 4.1 CO için klasik küme

4.2.2. Bulanık Küme

Bulanık mantık temel olarak insan düşünüş şeklini örnek almaktadır. Dolayısıyla bu mantığın küme yapısında kullanılan elemanlar insan mantığına çok yakın ya da aynı

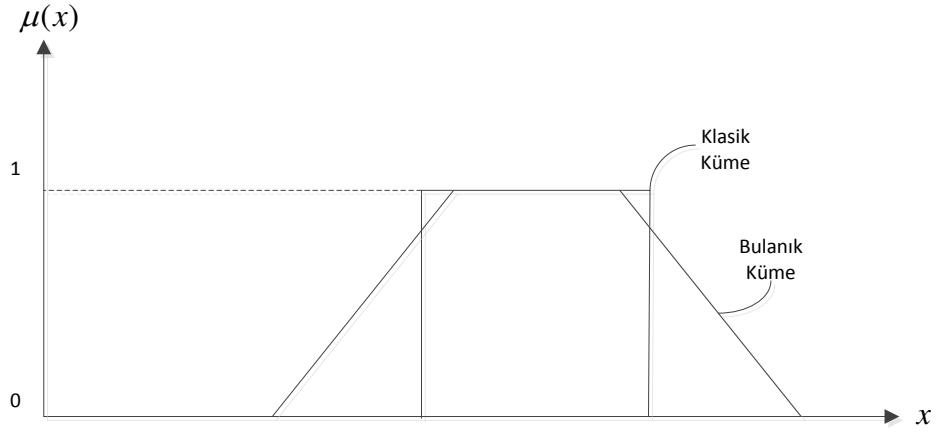
olan elemanlardır. Ayrıca bulanık kümede kesinlik olmaması daha ziyade esnek bir yapıya sahip olması da insan mantığına yakınlığında önemli bir unsurdur. Bulanık kümeler, üyelik fonksiyonlarıyla temsil edilirler. Bulanıklaştırılan değerler, bulunduları kümede 0-1 aralığında üyelik derecesine (μ) sahiptir.

Şekil 4.2’de verilen bulanık kümenin Şekil 4.1’deki klasik kümenin aksine daha esnek olduğu görülmektedir. Klasik küme ile temsilinde 98ppm seviyesinde karbonmonoksit gazı oluşumunda, insan hayatı tehlike altında olmasına rağmen bir tehlikenin olmadığı anlaşılmaktadır. Şekil 4.2’de bulanık küme temsilinde 100ppm’de 1 olan maksimum üyelik değeri, 75ppm’de minimum değere doğru kademelendirilmiş bir azalma görülmektedir [86]:



Şekil 4.2 CO için bulanık küme

Şekil 4.3'te klasik küme ile bulanık kümenin karşılaştırması verilmiştir. Şekilde bulanık kümenin, klasik kümeye göre değişken bir üyelik derecesine sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 4.3 CO için bulanık küme

A, bir küme olarak varsayılarak klasik mantık ile bulanık mantık arasındaki temel farklılıklar Çizelge 4.1’de gösterilmiştir [87]:

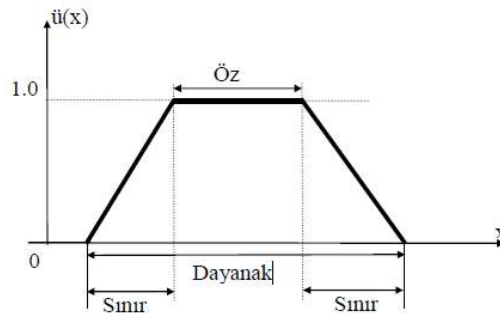
Çizelge 4. 1 Klasik mantık-bulanık mantık arasındaki temel farklılıklar

Klasik Mantık	Bulanık Mantık
A veya A Değil	A ve A Değil
Kesin	Kısmi
Hepsi veya Hiçbiri	Belirli Derecelerde
0 veya 1	0 ve 1 Arasında Süreklilik
İkili Birimler	Bulanık Birimler

Bulanık küme değerleriyle değişiklik gösteren eğriye üyelik fonksiyonu (membership function) ya da önem eğrisi denir [89]. Hem klasik kümelerin hem de bulanık kümelerin temelini üyelik fonksiyonları oluşturur [90]. Bir üyelik fonksiyonunun derecesi, verilen toleranslar içinde memnuniyetin öznel bir derecesini gösterir. Diğer taraftan olabilirliğin derecesi, bir olayın meydana çıkmasının öznel veya nesnel derecesidir.

Matematiksel programlama problemlerinde bulanıklığı/kesin olmamayı modellerken bu farkı anlamak önemlidir [91].

Üyelik fonksiyonları üç kısımdan oluşur. Üyelik derecesinin 1'e Edit olduğu değerlerin bulunduğu kısma öz (core) denir. Bulanık kümeye tam üyeliğin göstergesidir. Örneğin "yaklaşık sekiz" gibi bir bulanık kümede "sekiz" öğesinin üyelik derecesi 1 olur. Normal bir bulanık kümede en az bir öğenin üyelik derecesi 1'e Edit olmalıdır. Birden fazla öğenin üyelik derecesinin 1 olması da mümkündür. Üyelik fonksiyonu özünden kenarlara doğru gidildikçe üyelik derecesi azalır. Üyelik dereceleri 0 veya 1'e Edit olmayan öğelerin oluşturduğu bu kısma sınır (boundary) denilmektedir. Bulanık kümeleri klasik kümelerden ayıran ve bulanıklık özelliğini kazandıran bu kısmın matematiksel gösterimi $0 < \mu(x) < 1$ şeklindedir. Bulanık kümenin tüm öğelerini içeren aralığa ise dayanak (support) adı verilmektedir. $\mu(x) > 0$ üyelik fonksiyonunun dayanak kısmının matematiksel gösterimidir [92]. Şekil 4.4'te üyelik fonksiyonu kısımları gösterilmektedir [89]:



Şekil 4.4 Üyelik fonksiyonu kısımları

Üyelik fonksiyonu, E evrensel kümesine ait bir x öğesinin A alt kümesine ait olma derecesini veren bir fonksiyondur. Klasik ve bulanık kümelerin üyelik fonksiyonları sembolik olarak sırasıyla,

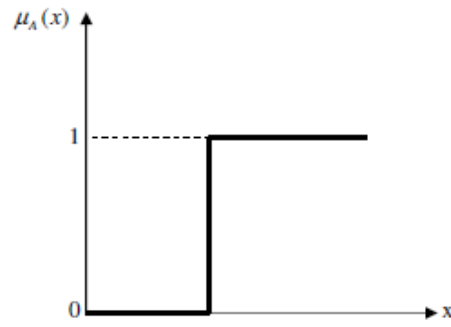
$$\forall x \in E : \mu_A(x) \in \{0,1\} \quad (4.1)$$

$$\forall x \in E : \mu_A(x) \in [0,1] \quad (4.2)$$

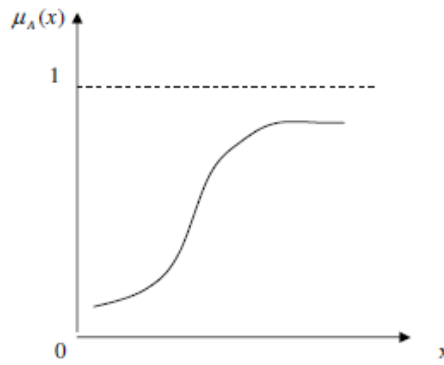
şeklinde gösterilir. Görüldüğü gibi klasik kümeler ile bulanık kümeler arasındaki en önemli farklılık, üyelik fonksiyonlarının aldığı değerlerden kaynaklanmaktadır [90]. Klasik

bir kümenin elemanlarının üyelik dereceleri yalnızca 0 ya da 1 değerlerini alırken, bulanık bir kümenin elemanlarının üyelik dereceleri $[0,1]$ kapalı aralığındaki herhangi bir değeri alabilmektedir [93].

Üyelik fonksiyonları, karakteristik fonksiyonların uzantısı, bulanık kümeler ise klasik kümelerin uzantısıdır. Bulanık kümeler, klasik kümelerin bir uzantısı olduğundan bu kümeler için yapılan tanımlamalar, bulanık kümeler için de yapılabilir. Tüm bu tanımlamalarda üyelik fonksiyonunun ikili $(0,1)$ değerleri de klasik küme tanımlarıyla tamamen örtüşür [94]. Zadeh [78] bulanık kümelerdeki üyelik fonksiyonlarının doğrulayıcı ve yoklayıcı olgular değil ama derece veren olgular olduğunu belirtmiştir [95].



Şekil 4.5 Klasik üyelik fonksiyonu



Şekil 4.6 Bulanık üyelik fonksiyonu

Bulanık mantık, Sayıların Komşuluğu felsefesine dayanır. Karar sürecinde bir durum bir sayıyla ifade ediliyorsa, söz konusu durumun kabul edilirliliği o sayının gerçekleşmesinde

sağlanacaktır. Ancak söz konusu sayıya yakın sayılar karar sürecinin bir parçası olarak algılanmayacaktır. Oysa belirli bir güven katsayısında bu sayıların farklı popülasyonların üyeleri olduğunu öne sürmek de istatistiksel açıdan yanlış olacaktır. Örneğin bir tezgahta işlenen bir parçanın sıcaklığının 39°C ye ulaşması, tezgahın bakım sürecini başlatan bir durumsa belki de sıcaklığın 36°C ye ulaşması da aynı bakım sürecinin başlaması için bir ön şart olarak kabul edilebilir. Bu durumda aynı temel amaca hizmet eden sayıların komşuluğundan söz etmek mümkündür.

4.2.2.1. Üyelik Fonksiyonu Biçimleri

Üyelik fonksiyonlarının doğru ve uygulama ile örtüşen bir şekilde belirlenmesi, bulanık küme teorisinde önemli bir yer tutmaktadır. Bulanık bir kümeye ilişkin üyelik fonksiyonunun belirlenmesi, rastgele bir değişkenin olasılık yoğunluk fonksiyonunun belirlenmesine benzetilebilir. Bulanık bir kümenin üyelik fonksiyonunu belirleme süreci, kavramların uygulamadaki anlamına dayanarak sezgisel olarak yapılabilir.

Bir sistemin işleyişi veya bir nesne için ne kadar veya hangi noktadan sonra gibi soruların yanıtları ile bulanık kümelerin üyelik fonksiyonları oluşturulmaya çalışılır. Bulanık kümelere ilişkin üyelik fonksiyonları kesikli-sürekli, parametrik-parametrik olmayan ve simetrikasimetrik şeklinde sınıflandırılabilir [90], [96].

Üyelik fonksiyonları, tercihe dayalı ve olabilirlik dağılımlı olmak üzere iki gruba ayrılabilir. Tercihe dayalı bir üyelik fonksiyonu, tercih bilgisini karar vericiden alarak oluşturulabilir. Diğer yandan olasılık dağılımının bazı yönlerden aynısı olan olabilirlik dağılımı, olayların olası ortaya çıkışları düşünülerek oluşturulabilir [97]. Olabilirlik, öğeler arasında hiçbir ayırım gözetmeden herbirinin esit önemi varmış gibi sonuçların yazılmasıdır [89].

Üyelik fonksiyonları aşağıda verilen dört ana grupta ele alınabilir [95]: Deneysel karar vermeye dayalı üyelik fonksiyonları (Zadeh'in unimodel (tek model) fonksiyonları, Dimitru ve Luban'ın kuvvet fonksiyonları, Sawarovski'nin sinüs fonksiyonu)

1. Güvenilirlik (Fuller, [98]) kavramına dayalı üyelik fonksiyonları Zimmeman'ın doğrusal fonksiyonu, Tanaka, Uejima ve Asai'nin simetrik üçgensel fonksiyonu, Hannan'ın parçalı doğrusal fonksiyonu, Leberling'in hiperbolik fonksiyonu, Sakawa ve

Yumihe'nin üstel ve ters hiperbolik fonksiyonları, Dimitru ve Luban'ın fonksiyonu, Dubois ve Prade'in doğrusal rastgele (L-R) bulanık sayısı)

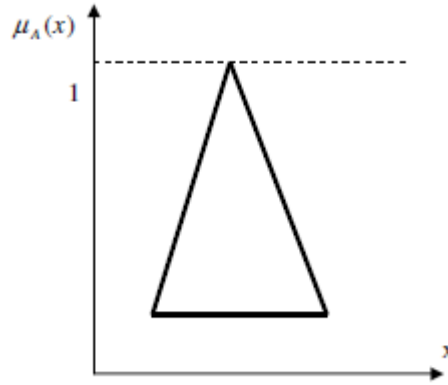
2. Teorik isteğe dayalı üyelik fonksiyonları (Civanlar ve Trussel'in fonksiyonları, Sawarovski'nin fonksiyonu)

3. Kişilere özel kavramlar için bir model oluşturan üyelik fonksiyonları (Hersh ve Caramazza'nın fonksiyonu, Zimmermann ve Zysno'nun fonksiyonu, Dombi'nin fonksiyonu)

Çok sayıda üyelik fonksiyonu tipi olmakla beraber pratikte en fazla kullanılan üyelik fonksiyonları aşağıda verilmiştir.

a) Üçgen Üyelik Fonksiyonu

$$\mu_A(x, a_1, a_2, a_3) = \begin{cases} a_1 \leq x \leq a_2 & (x - a_1) / (a_2 - a_1) \\ a_2 \leq x \leq a_3 & (a_3 - x) / (a_3 - a_2) \\ x > a_3 \text{ veya } x < a_1 & 0 \end{cases} \quad (4.3)$$



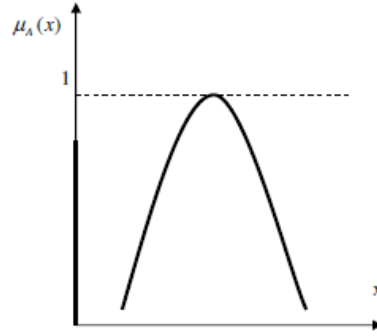
Şekil 4.7 Bulanık üyelik fonksiyonu

b) Gaussian Üyelik Fonksiyonu

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

$$\mu_A(x, m, \sigma) = \exp \left\{ \frac{-(x - m)^2}{2\sigma^2} \right\} \quad (4.4)$$

Bu fonksiyonda m fonksiyon merkezini ve σ da genişliğini ifade eder. σ degeri değiştirilerek, fonksiyonun biçimi değiştirilebilir. σ küçük olursa üyelik σ fonksiyonu daha ince olurken, bu değer büyüdükçe üyelik fonksiyonu gittikçe σ yayvanlaşacaktır [99].

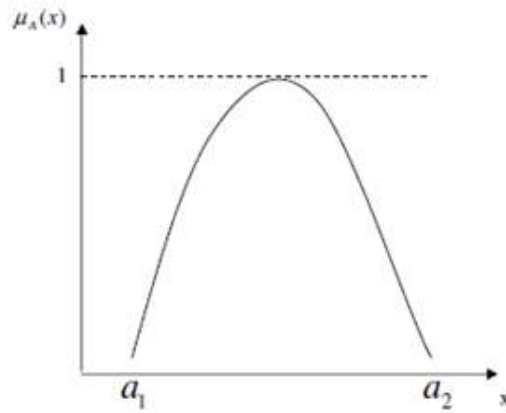


Şekil 4.8 Gaussian üyelik fonksiyonu

c) Çan Şekilli Üyelik Fonksiyonu

Çan şekilli üyelik fonksiyonu denklemini ve grafiği aşıağıda gösterilmektedir [87]:

$$\mu_A(x, a_1, a_2) = \left\{ \frac{1}{1 + \left| \frac{x - a_3}{a_1} \right|^{a_2}} \right\} \quad (4.5)$$

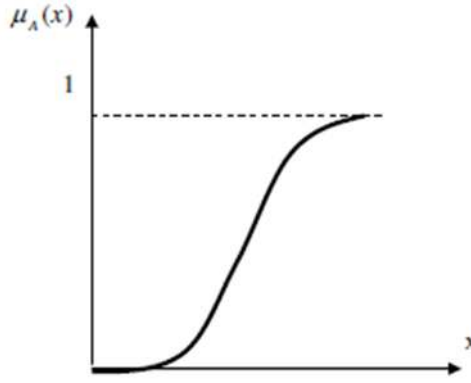


Şekil 4.9 Çan şekilli üyelik fonksiyonu

d) Sigmoidal Üyelik Fonksiyonu

Sigmoidal üyelik fonksiyonu denklemi ve grafiği aşağıda gösterilmektedir [87]:

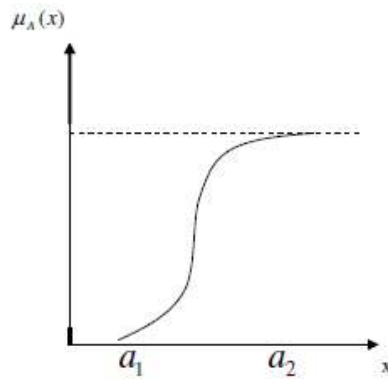
$$\mu_A(x, a_1, a_2) = \left\{ \frac{1}{1 + e^{-a_1(x-a_2)}} \right\} \quad (4.6)$$



Şekil 4.10 Sigmoidal üyelik fonksiyonu

e) S Üyelik Fonksiyonu

Bu üyelik fonksiyonu düzgün bir üyelik fonksiyonudur. Bu fonksiyonun adı şeklinin S harfine benzemesinden gelmektedir [100]:



Şekil 4.11 S üyelik fonksiyonu

$$\mu_A(x, a_1, a_2) = \begin{cases} x \leq a_1 & 0 \\ a_1 \leq x \leq |(a_1 + a_2)/2| & 2|(x - a_1)/(a_2 - a_1)|^2 \\ |(a_1 + a_2)/2| \leq x \leq a_2 & 1 - 2|(x - a_2)/(a_2 - a_1)|^2 \\ a_2 \leq x & 1 \end{cases} \quad (4.7)$$

4.2.2.2. Netleştirme (Defuzzification) Metotları

Bulanık sistemler belirsizlik şartı altında işlem yapabilmeyi mümkün kılar ve sonuçları mümkün olduğunca belirsizlikten kurtararak bilimsel çalışmalara katkıda bulunmayı amaçlar. Bulanık kümelerin oluşturulması, üyelik fonksiyonlarının ve derecelerinin belirlenmesi gibi işlemler bulanık sistemlerin bulanıklaştırma kısmını, bulanık kümelerle yapılan işlemler ise bulanık sistemlerin bulanık çıkarım motorunu oluşturur. Sonraki aşamada ise bulanık sistemin bulanıklıktan kurtarılması gelmektedir [101].

Şen'e [89] göre durulaştırma (defuzzification), bulanık olan bilgilerin kesin sonuçlar haline dönüştürülmesi için yapılan işlemlerin tümü olarak tanımlanabilir. "Defuzzification, bir bulanık küme veya bulanık sayıyı tam sayıya dönüştüren süreçtir" [102]. Bulunan çözüm alanından tek bir değer elde edilmesi işlemine bulanık önermenin netleştirilmesi denir [103].

Durulaştırma işlemlerini, "kesin değer kümelerine durulaştırma (defuzzification to crisp sets)" ve "sayısal değerlere durulaştırma (defuzzification to scalars)" olarak iki grupta incelemek mümkündür [92].

a) Kesin Değer Kümelerine Durulaştırma

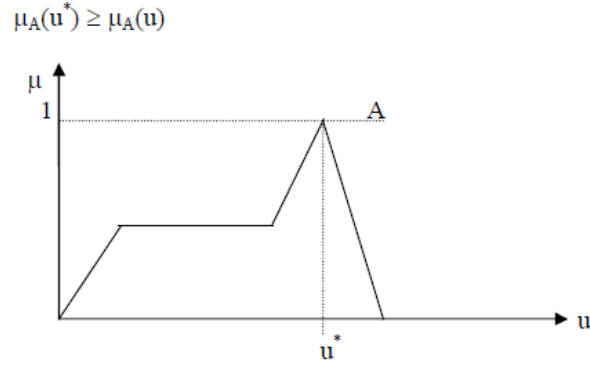
Bulanık küme ilişkilerinde bulanık üyelik değerleri durulaştırılarak kesin küme ilişkilerine dönüştürülür. Durulaştırma işlemi λ kesimi ile yapılır. Belli bir λ seviyesinin üzerinde üyeliğe sahip öğeler klasik kümeye göre kesin üye olarak kabul görülür [101].

b) Sayısal Değerlere Durulaştırma

Bulanık küme işlemleri bulanık çıkarım motorunun temel taşlarıdır. Elde edilen çıkarım kümeleri dışbükey ya da içbükey olabilir. Bu bulanık çıkarım kümelerinden kesin sayısal

sonuçların elde edilebilmesi için bazı metotlar geliştirilmiştir. Çok sayıda metot bulunmasına rağmen Ross'a [101] göre en yaygın kullanılan yedi tanesi aşağıda anlatılmaktadır.

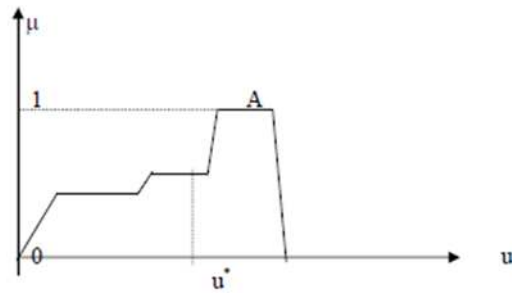
En Büyük Üyelik İlkesi (Max Membership Principle): Yükseklik yöntemi olarak da bilinmektedir. Kuralların en büyük üyelik derecesi alınır [104].



Şekil 4.12 Max noktalar ile birleştirme işlemi

Merkez Yöntemi (Centroid Method): Alan merkezi yada ağırlık merkezi de denilen bu yöntem, en çok kullanılan yöntemlerden biridir ve ağırlık merkezi hesaplanarak yapılmaktadır [82].

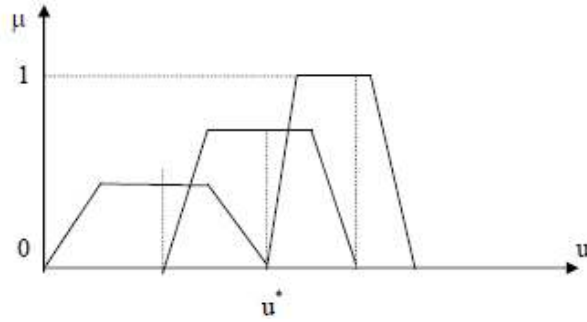
$$U^+ = \frac{\int \mu(u) u \cdot dU}{\int \mu(u) \cdot dU} \quad (4.8)$$



Şekil 4.13 Merkez yöntemi ile netleştirme işlemi

Ağırlıklı Ortalama Yöntemi (Weighted Average Method): Hesaplamalardaki etkinliği sebebiyle bulanık uygulamalarda en sık kullanılan metotlardan biri olsa da simetrik üyelik fonksiyonu bulunan durumlar için kullanılması daha uygundur [101].

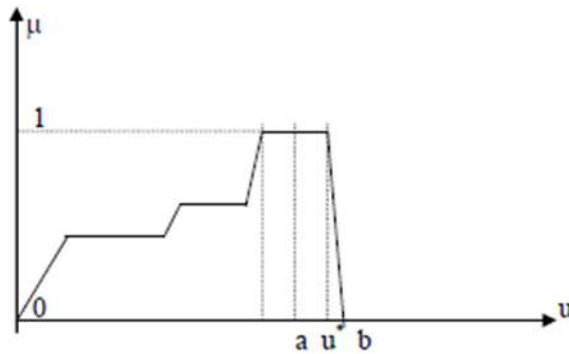
$$U^+ = \frac{\sum \mu(u)u}{\sum \mu(u)} \quad (4.9)$$



Şekil 4.14 Ağırlıklı ortalama yöntemi ile netleştirme işlemi

Max Noktalarının Ortalaması (Mean - Max Membership=MOM): En büyüklerin ortası olarak ta adlandırılır. Verilen ilk netleştirme yöntemine oldukça benzemektedir. Ancak bu yöntemde en büyük değer tek bir zirve değeri değil bir noktalar kümesinden oluşmaktadır [101].

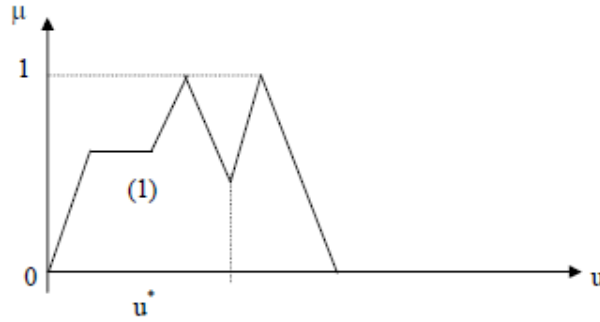
$$U^+ = \frac{a+b}{2} \quad (4.10)$$



Şekil 4.15 Max noktaların ortalaması yöntemi ile netleştirme işlemi

Geniş Alan Merkezi (Center of Largest Area =COA): Eğer bulanık çıkarımlar en az iki tane dışbükey üyelik elamanından oluşuyorsa bu yöntem kullanılabilir. Bu yöntemde dışbükey olmayan üyelik değerlerinin bileşkeleri parçalanarak durulanır. Burada Ak durulanmış geniş bir parçadır. Zaten Ak dışbükey olsaydı, yöntem tamamıyla merkez yöntemiyle aynı olacaktı. Şekil 18’de görüldüğü gibi belirlenmiş olan geniş alan ele alınmaktadır ki bu alan dışbükeydir [82].

$$U^+ = \frac{\int \mu_{Ak}(u) u \, dU}{\int \mu_{Ak}(u) \, dU} \quad (4.11)$$



Şekil 4.16 Geniş alan merkezi metodu ile netleştirme işlemi

İlk veya son Yükselti (First or last of maxima): Bu yöntem tüm bulanık çıkışlarda uygulanabilecek bir yöntemdir. Bileşkedeki en yüksek değer

$hgt(A_k) = \sup \mu_{Ak}(u)$ olmak üzere;

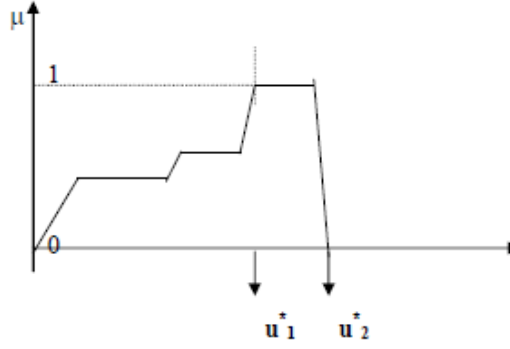
$(u \in U)$ ilk yükselti,

$$u^* = \inf \left\{ u \in U \mid \mu_{Ak}(u) = hgt(A_k) \right\} \quad (4.12)$$

ya da son yükselti,

$$u^* = \sup \left\{ u \in U \mid \mu_{Ak}(u) = hgt(A_k) \right\} \quad (4.13)$$

burada sup (supremum), en düşük yüksek sınırı ve inf (infimum) da en yüksek düşük sınırı göstermektedir. Şekil 4.17’de görüldüğü gibi ilk yükselti çözümü u_1^* veya son yükselti çözümü ise u_2^* ’dir.



Şekil 4.17 İlk veya son yükselti metodu ile netleştirme işlemi

4.2.2.3. Bulanık Sayılar

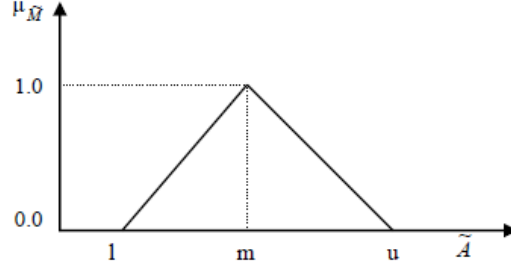
Kesin olmayan veya yaklaşık sayısal miktarların modellenmesinde bulanık sayılar oldukça yararlıdır. Bulanık sayıların kullanım alanları arasında bulanık regresyon, bulanık programlama ve bulanık karar verme ön plana çıkmaktadır [96].

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 sayılar kümesinin eleman sayısı sonsuzdur. Çeşitli bulanık sayı biçimleri arasında en önemli grubu üçgensel ve yamuksal bulanık sayılar oluşturur. Özellikle olabilirlik matematiksel programlama problemlerini çözmede bu tip bulanık sayılar çok sık kullanılır [95].

a) Bulanık Üçgensel Sayılar

Bulanık sayılarda üyelik fonksiyonu farklı şekillerde ifade edilebilmektedir. Hesaplama açısından getirdiği kolaylıklar göz önüne alınarak üyelik fonksiyonunun seçilmesi, bulanık küme teorisinin esnekliğini yansıtmasında öne çıkan bir durumdur [105]. En çok kullanılan bulanık sayı tipleri üçgensel ve yamuk bulanık sayılardır.

Üçgen bulanık sayılar, üç tane gerçek sayıyla tanımlanmış bulanık sayıların özel bir çeşididir ve (l, m, u) şeklide ifade edilir l, m ve u ifadeleri sırasıyla en küçük olası değeri, en olası değeri ve en büyük olası değeri göstermektedir. Üçgen bulanık sayı $\tilde{A}$ 'nın gösterilişi Şekil 4.18'de gösterilmektedir [9]:



Şekil 4.18 Üçgen bulanık sayısı $\tilde{A}$

Üçgen bulanık sayının üyelik fonksiyonu şu şekilde tanımlanır:

$$\mu(x / \tilde{A}) = \begin{cases} 0, & x < l, \\ (x-l) / (m-l), & l \leq x \leq m, \\ (u-x) / (u-m), & m \leq x \leq u, \\ 0, & x > u \end{cases} \quad (4.14)$$

Üçgensel bulanık sayılarla farklı işlemler gerçekleştirilebilmektedir. İki üçgensel bulanık sayı olarak $\tilde{M}_1$ ve $\tilde{M}_2$, $\tilde{M}_1 = (l_1, m_1, u_1)$ ve $\tilde{M}_2 = (l_2, m_2, u_2)$ şeklinde tanımlanmış olsun.

Üçgensel sayılarla gerçekleştirilen işlemler aşağıda verilmiştir

Toplama

$$\tilde{M}_1 (+) \tilde{M}_2 = (l_1, m_1, u_1) (+) (l_2, m_2, u_2) = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2) \quad (4.15)$$

Çarpma

$$\tilde{M}_1 (.) \tilde{M}_2 = (l_1, m_1, u_1) (.) (l_2, m_2, u_2) = (l_1.l_2, m_1.m_2, u_1.u_2) \quad (4.16)$$

Negatif

$$-\tilde{M}_1 = (-l_1, -m_1, -u_1) \quad (4.17)$$

Bir reel sayı K ile çarpılırsa

$$K(.)\tilde{M}_1 = (K, K, K) (.) (l_1, m_1, u_1) = (Kl_1, Km_1, Ku_1) \quad (4.18)$$

Tersi Alınırsa

$$(\tilde{M}_1)^{-1} = (l_1, m_1, u_1)^{-1} = (1/l_1, 1/m_1, 1/u_1) \quad (4.19)$$

ile belirlenmektedir.

b) Yamuk Bulanık Sayılar

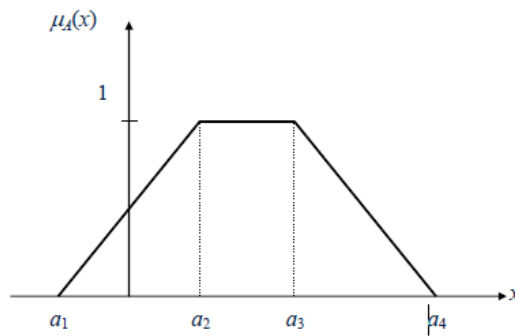
Bulanık sayıların diğer bir çeşididir ve gerçek sayılara ait dörtleme ile karakterize edilir;

(a_1, a_2, a_3, a_4) YBS'lar için üyelik fonksiyonu [106]:

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 0 & x < a_1 \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1} & a_1 \leq x \leq a_2 \\ 1 & a_2 < x \leq a_3 \\ \frac{a_4 - x}{a_4 - a_3} & a_3 < x \leq a_4 \\ 0 & x > a_4 \end{cases} \quad (4.20)$$

Yamuksal bulanık sayılar üçgensel bulanık sayılarla aynı cebirsel özelliklere sahiptir.

Şekil 4.19'de " $\tilde{B}$ " YBS'sına ait grafik gösterimi sunulmaktadır.



Şekil 4.19 $\tilde{B}$ Yamuk bulanık sayısının grafik gösterimi

4.3. Bulanık Karar Verme Yöntemleri

Karar verme sürecinde eksik ve sayısal olmayan bilgiler olması durumunda bulanık küme teorisi, karar verme sürecine dahil edilerek daha etkin kararlara ulaşılabilmektedir. Ayrıca karar verme subjektif bir süreçtir ve belirsizlikler

içermektedir. Klasik karar verme yöntemleri, belirsiz ve kesin olmayan durumları ele almada yetersiz kaldığından bu gibi durumlarda bulanık karar verme yöntemlerini kullanmak uygun olmaktadır [107].

4.3.1. Bulanık TOPSIS Yöntemi

TOPSIS yöntemi, n - boyutlu alanda m noktalı geometrik bir sistem olarak m alternatifli çok kriterli bir karar verme problemidir. Alternatif seçim kavramına dayalı olan bu yöntem pozitif ideal çözüme en yakın mesafeye ve negatif ideal çözüme de en uzak mesafeye sahiptir. TOPSIS yönteminde, pozitif ideal çözüme benzerlik ve negatif ideal çözüme uzaklık olarak adlandırılan bir indeks tanımlanır. Bu tanımlama ile yöntem ideal çözüme maksimum benzerlikte bir alternatifi seçer [44]. Bu bağlamda, bulanık TOPSIS yöntemi, TOPSIS yöntemi bulanık küme teorisi ile genişletilerek, karar verme sürecinde insan yargılarından kaynaklanan belirsizliği ortadan kaldırmak için geliştirilmiştir [108].

Bulanık TOPSIS yöntemi belirli bir kriter ya da kriterlere göre belirsizlik altında alternatifleri değerlendirip sıralanmasına ve en doğru seçim yapılmasına yardımcı olan bir yöntemdir [109].

Kararın bireysel olarak ya da grupla birlikte verilebildiği de bilinmektedir. Grup kararı, kararların birden çok kişi tarafından verilmesini, farklı kişisel tercihlerin tek bir tercih halini almasını ya da karar sürecine çok kişinin katılmasını ifade eder. Grup kararı vermede yararlanılan ve ÇKKV yöntemlerinden olan BTOPSIS' in yapısı belirsizliğin egemen olduğu bulanık ortamlarda karar vermeye oldukça uygundur [110].

Yukarıda değinildiği gibi, BTOPSIS yönteminde kararın belirsizlik altında verilen, çok kriterli bir grup kararı olması yöntemin en belirgin özelliğidir. Diğer bir ifadeyle, BTOPSIS yöntemini birden fazla karar vericinin, çok sayıda karar kriterine göre, belirsizlik altında, alternatifleri değerlendirerek sıralamasına, dolayısıyla da seçime yönelik kararını doğru vermesine yardımcı olan bir yöntem olarak tanımlayabiliriz [108].

BTOPSIS yönteminin temelini, seçilen alternatifi Bulanık Pozitif İdeal Çözüm'e en yakın, Bulanık Negatif İdeal Çözüm'den ise en uzak mesafede olması oluşturur [111]. BTOPSIS yöntemi, bulanık ortamlarda grup kararı vermede kullanılan, dilsel

değişkenlerle yapılan değerlendirmelere üyelik fonksiyonu vererek sayısal hale getiren ve algoritması yardımıyla alternatifleri değerlendirme imkanı sunan bir karar aracıdır [112].

İfade ile yani dilsel olarak tanımlanan değerlerden oluşan değişkene “dilsel değişken” denir. Dilsel değişkenler, kompleks veya net tanımlanamamış ifadelerin tanımlanmasında oldukça kullanışlıdır [59]. Bir başka ifadeyle; dilsel değişken, değerleri anadildeki cümleler olan değişkendir. Örneğin başarı dilsel bir değişkendir. Çünkü bir işletme ya da birey hakkında çok başarılı, başarılı, epeyce başarılı, başarısız, çok başarısız gibi sübjektif değerlendirmeler yapılabilir. Bu tarz insani yargılarını içeren ifadeleri somutlaştırmada dilsel değerler bulanık sayılarla ifade edilebilir [112].

BTOPSIS yönteminde karar vericiler öncelikle karar kriterlerinin önem düzeylerini sübjektif olarak değerlendirirler. Daha sonra alternatifleri bu karar kriterlerine göre değerlendirirler. Karar vericiler gerek karar kriterlerinin gerekse de alternatiflerin değerlendirilmesini dilsel değişkenlerle yaparlar. Dilsel değişkenlerle yapılan değerlendirmeler üçgen veya yamuk bulanık sayılara dönüştürülerek gerekli hesaplamalar yapılır [112]. Gerçekleştirilen araştırmalarda, üçgen bulanık sayıların dilsel ifadeleri sayısallaştırma aşamasında sıklıkla tercih edildiği görülmüştür. Üçgen bulanık sayıların tercih edilmesinin nedeni, karar vericiler için, bu sayıların kullanım ve hesaplama kolaylığıdır [113].

TOPSIS yönteminde bulanık değerler kullanılması 1992 yılında Chen ve Hwang tarafından klasik TOPSIS yöntemi ile ilgili yapılan çalışmaya atıfta bulunması ile başlamıştır [51]. Bundan sonra bu yöntem birçok çok kriterli karar verme problemlerini çözmek için kullanılmıştır.

Literatürde BTOPSIS yönteminin son yıllarda değişik seçim çalışmalarında yaygın olarak kullanımına rastlanmaktadır. Örneğin; BTOPSIS yöntemi kuruluş yeri seçimi ve makine-ekipman seçiminden, insan kaynakları seçimine kadar daha birçok alanda çeşitli kriterler dikkate alınarak alternatifler arasından seçim yapmak için kullanılmıştır. [7], [110], [114].

BTOPSIS yönteminin son yıllarda sıklıkla tercih edilme nedenleri; yöntemin karar vericiler için hesaplaması kolay ve anlaşılabilir olması, belirsizlik ortamlarına uygulanabilmesi ve yöntemde hem nitel hem de nicel verilerin kullanılabilmesi olduğu

görülmektedir. Ayrıca yöntemin her alternatif için göreceli performans ölçümü yeteneğine sahip olması, bilimsel ve objektif olması, karar vericiler arasındaki çatışmaları önlemesi, esnek olması ve mantığının rasyonel olması da tercih edilme nedenleri arasında sıralanabilir [115].

BTOPSIS yönteminin en belirgin özelliği karar kriterlerinin farklı önem ağırlığına sahip olabilmelerine imkan tanımasıdır [11]. Her karar verici için karar kriterlerinin farklı önem ağırlığına sahip olabilecekleri gerçeği göz önünde bulundurularak, daha gerçekçi ve isabetli değerlendirmeler yapılabilir, böylelikle daha doğru ve daha etkin kararlara ulaşılabilir [110].

Bu yöntemin ilk adımında uzman karar vericilerden (KV) oluşan bir jüri oluşturulur. N tane karar vericiden oluşan küme $E = \{KV_1, KV_2, \dots, KV_N\}$ şeklinde ifade edilir. Jüri oluşturulduktan sonra, mevcut alternatifler $A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$ ve bu alternatifleri değerlendirmede kullanılacak olan kriterler $K = \{K_1, K_2, \dots, K_n\}$ belirlenir. Bunu takiben, alternatiflerin değerlendirilmesinde ve kriterlerin önem ağırlıklarının belirlenmesinde kullanılacak sözel değişkenler seçilir ve karar vericiler bu sözel değişkenler yardımıyla alternatif ve kriterleri değerlendirirler [59].

N tane karar vericiden oluşan, $\tilde{x}_{ij}^N$ 'nin N. karar vericinin değerlendirdiği alternatifin kriter değerini, $\tilde{w}_j^N$ 'nin ise kriter ağırlığını gösterdiği grupta kriter değerleri ve kriter ağırlıkları sırasıyla şöyle hesaplanır:

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{N} [\tilde{x}_{ij}^1 (+) \tilde{x}_{ij}^2 (+) \dots (+) \tilde{x}_{ij}^N] \quad (4.21)$$

$$\tilde{w}_j = \frac{1}{N} [\tilde{w}_j^1 (+) \tilde{w}_j^2 (+) \dots (+) \tilde{w}_j^N] \quad (4.22)$$

Bir bulanık çok kriterli karar verme problemi matrisi, $A_i (i = 1, \dots, m)$ aralarından seçim yapılacak alternatifleri ve $K_j (j = 1, \dots, n)$ kriterleri göstermek üzere şu şekilde ifade edilebilir:

$$\tilde{D} = \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} \begin{pmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \cdot & \cdot & \cdot & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \cdot & \cdot & \cdot & \tilde{x}_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \cdot & \cdot & \cdot & \tilde{x}_{mn} \end{pmatrix} \quad \tilde{W} = [\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \dots, \tilde{w}_n] \quad (4.23)$$

Burada $\tilde{x}_{ij}(\nabla_{ij})$ ve $\tilde{w}_j$ $j = (1, 2, \dots, n)$ dilsel ifadelerdir. Bu dilsel ifadeler üçgen bulanık sayılarla $\tilde{x}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ ve $\tilde{w}_j = (w_{j1}, w_{j2}, w_{j3})$ şeklinde tanımlanabilir. $\tilde{D}$ bulanık karar matrisini, $\tilde{W}$ ise bulanık ağırlıklar matrisini göstermektedir.

Karar matrisinin oluşturulmasından sonraki adım karar matrisinin normalize edilmesidir. Normalize edilmiş bulanık karar matrisi

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n} \quad (4.24)$$

ile gösterilir ve elemanları B ve C, fayda ve maliyet kriterleri olmak üzere

$$\begin{aligned} \tilde{r}_{ij} &= \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*} \right) \quad c_j^* = \max_i c_{ij} \quad j \in B \\ \tilde{r}_{ij} &= \left(\frac{a_j^-}{c_{ij}^*}, \frac{a_j^-}{b_{ij}^*}, \frac{a_j^-}{a_{ij}^*} \right) \quad a_j^- = \min_i a_{ij} \quad j \in C \end{aligned} \quad (4.25)$$

şeklinde hesaplanır. Burada, $r_{ij}, (\forall i, j)$ normalize edilmiş üçgen bulanık sayılardır.

Normalize bulanık karar matrisinin oluşturulmasından sonra, her bir kriterin farklı ağırlığını göz önünde bulunduran ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi şu şekilde oluşturulur:

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (4.26)$$

Elemanları ise

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij}(\cdot) \tilde{w}_j \quad (4.27)$$

formülüyle hesaplanır. Ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi oluşturulduktan sonra bulanık pozitif ideal çözüm (FPIS, A^*) ve bulanık negatif ideal çözüm (FNIS, A^-) şu şekilde tanımlanır

$$\begin{aligned} A^* &= (\tilde{v}_1^*, \tilde{v}_2^*, \dots, \tilde{v}_n^*) \\ A^- &= (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-) \end{aligned} \quad (4.28)$$

ile tanımlanır. $\tilde{v}_j^* = (1, 1, 1)$ ve $\tilde{v}_j^- = (0, 0, 0)$ olarak kabul edilir. Her bir alternatifin FPIS ve FNIS'ten uzaklığı sırasıyla, $i = 1, 2, \dots, m$ olmak üzere

$$d_i^* = \sum_{j=1}^n d_v(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^*) \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (4.29)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d_v(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-) \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (4.30)$$

ile hesaplanır. Burada $d_v(.,.)$ iki bulanık sayı arasındaki uzaklığı göstermektedir. Pozitif ideal çözüme ve negatif ideal çözüme göre uzaklıklar belirlendikten sonra, alternatiflerin sıralamasını belirleyebilmek için her alternatife ilişkin yakınlık katsayıları (CC_i) hesaplanır. Yakınlık katsayısı, bulanık pozitif ideal çözüme (A^*) ve bulanık negatif ideal çözüme (A^-) uzaklığı aynı anda dikkate alır. Her alternatifin yakınlık katsayısı, $i = 1, 2, \dots, m$ olmak üzere

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-} \quad (4.31)$$

formülü kullanılarak hesaplanır.

CC_i değeri 1'e yaklaştıkça, alternatif A_i pozitif ideal çözüme daha yakın ve negatif ideal çözümden daha uzak olacaktır. CC_i 'nin dereceli sıralamasına göre, tüm alternatiflerin sıralaması belirlenebilir ve olası alternatifler arasından en iyi olanı seçilebilir. Alternatiflerin yakınlık katsayılarına göre mevcut değerlendirme durumları sözel değişkenler ile tanımlanabilmektedir. Her alternatifin değerlendirme durumunu belirleyebilmek için $[0, 1]$ aralığı bEd alt aralığa bölünerek, herbir aralık için sözel

değişkenler tanımlanmıştır [107]. BEd sınıfa ait karar kuralları Çizelge 4.4'te gösterilmektedir [111]:

Çizelge 4. 2 Kabul koşulları

Yakınlık Katsayısı (CC_i)	Değerlendirme Sonucu
$CC_i \in [0, 0.2)$	Tavsiye edilmez
$CC_i \in [0.2, 0.4)$	Yüksek risk ile tavsiye edilir
$CC_i \in [0.4, 0.6)$	Düşük risk ile tavsiye edilir
$CC_i \in [0.6, 0.8)$	Kabul edilir
$CC_i \in [0.8, 1.0)$	Kabul edilir ve tercih edilir.

4.3.2. Buckley'in Bulanık AHP Yöntemi (Buckley's Fuzzy AHP)

Buckley [116], Saaty'nin AHP yönteminin bir başka uzantısını, a_{ij} bulanık karşılaştırma oranlarıyla geliştirmiştir. Buckley, Van Laarhoven ve Pedrycz'in yöntemlerindeki sorunlara dikkat çekmiştir. Bu sorunlar, lineer denklemlerin tek bir çözümünün olmaması ve mutlaka üssel bulanık sayıların kullanımının gerekmesidir [117].

Buckley bu sorunları çözmek ve performans puanlarını hesaplamak için geometrik ortalamayı kullanmıştır. Bu durumda karşılaştırma matrisi için tek bir çözüm garanti edilmiş olur. Bulanık oranları ise bulanık yamuk sayılarla göstermiştir [118].

Yöntemin temeli Saaty [6] tarafından geliştirilen AHP de olduğu gibi ikili karşılaştırmalar üzerine kuruludur. Buckley Saaty'nin metodunu bulanık ortamlarda seçim işlevini gerçekleştirebilmek amacıyla geliştirmiştir. Buckley'in yaklaşımında bulanık ortamda elde edilen ağırlıklar ve performans belirlenirken geometrik ortalama metodu kullanılır [51], [119].

Buckley'in yaklaşımının avantajı, bulanık duruma genişletmek kolay ve tek bir sonucu garanti etmesidir. Dezavantajı ise hesap işlemlerinin çok fazla olmasıdır [120].

Buckley Yaklaşımının Algoritması

A pozitif ikili karşılaştırma matrisi aşağıdaki gibi gösterilsin:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix} \quad (4.32)$$

Her satırın geometrik ortalaması;

$$z_i = \left(\prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{1/n} \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (4.33)$$

Formülüyle hesaplanır. w_i Ağırlık vektörü ise;

$$w_i = \frac{z_i}{z_i + \dots + z_n}, \quad \forall i \quad (4.34)$$

Şeklinde bulunur. Buckley'in hesaplama algoritması tek ya da birden fazla karar vericinin olması durumunda uygulanabilir. Tek karar verici için çözüm adımları şu şekildedir [117]:

1. Adım: Karar vericinin fikri alınarak, elemanları $\tilde{a}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}, d_{ij})$, $\forall i, j$ için olan yamuk bulanık sayılarla karşılaştırma matrisi oluşturulur.

2. Adım: Her sıra için geometrik ortalamalar aşağıdaki formülle bulunur:

$$z_i = (\tilde{a}_{i1} \otimes \dots \otimes \tilde{a}_{in})^{1/n}, \quad \forall i \quad (4.35)$$

Bulanık ağırlık vektörü w_i ise;

$w_i = z_i \otimes (z_1 \oplus \dots \oplus z_n)^{-1}$ ile hesaplanır. Burada “ $\otimes$ ” ve “ $\oplus$ ” sembolleri sırasıyla bulanık çarpma ve bulanık toplama işlemini göstermektedir. Karşılaştırma matrisi elemanı olan a_{ij} 'nin sağ ve sol bölümü şöyle tanımlanır:

$$f_i(a) = \left[\prod_{j=1}^n ((b_{ij} - a_{ij}) \cdot \alpha + a_{ij}) \right]^{1/n}, \quad \alpha \in [0, 1] \quad (4.36)$$

$$g_i(a) = \left[\prod_{j=1}^n ((c_{ij} - d_{ij}) \cdot \alpha + b_{ij}) \right]^{1/n}, \quad \alpha \in [0,1] \quad (4.37)$$

Ayrıca,

$$a_i = \left(\prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{1/n} \quad (4.38)$$

$$a = \sum_{i=1}^m a_i \quad (4.39)$$

Benzer şekilde b_i ve b , c_i ve c , d_i ve d hesaplanır. Bulanık ağırlık vektörü şu şekilde hesaplanır:

$$w_i = \left(\frac{a_i}{d}, \frac{b_i}{c}, \frac{c_i}{b}, \frac{d_i}{a} \right), \quad \forall i \quad (4.40)$$

x , yatay ekseninde bir reel sayı olmak üzere, $\mu_{w_i}(x)$ şu şekilde özetlenebilir:

x	$\mu_{w_i}(x)$
$\leq (a_i / d)$	0
$\geq (d_i / a)$	0
$[b_i / c, c_i / b]$	1
$[a_i / d, b_i / c]$	$\alpha \in [0,1]$
$[c_i / b, d_i / a]$	$\alpha \in [0,1]$

(4.41)

$$x \in [a_i / d, b_i / c] \text{ ise } x = \frac{f_i(\alpha)}{g_i(\alpha)} \quad (4.42)$$

$$f_i(\alpha) = \sum_{i=1}^m f_i(\alpha) \quad (4.43)$$

$$g_i(\alpha) = \sum_{i=1}^m g_i(\alpha) \quad (4.44)$$

Benzer şekilde, bulanık performans puanları, r_{ij} , $\forall i, j$ elde edilene kadar 2. Adım tekrarlanır.

3. Adım: Bulanık ağırlıklar ve bulanık performans puanları, bulanık çok kriterli karar verme problemlerinde olduğu gibi birleştirilir. Bulanık fayda değerleri,

$$U_i = \sum_{j=1}^n w_j r_{ij}, \quad \forall i, j \quad (4.45)$$

Formülüyle hesaplanır.

4.4. Tip-2 Bulanık Kümeler

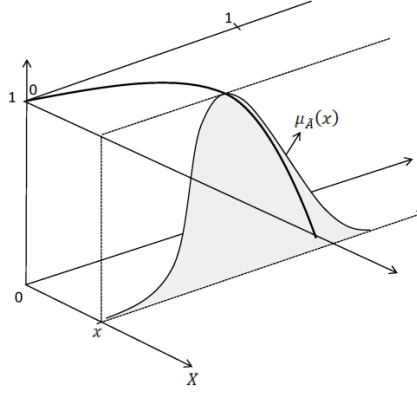
Sıradan bulanık kümeler tek bir kaynağa ait belirsiz ya da tam olmayan bilgiyi ifade etmekte başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Ancak iki veya daha fazla belirsizlik kaynağı aynı anda oluştuğunda sıradan bulanık kümelerin modelleme kabiliyetleri yetersiz kalmaktadır [121]. Bu amaçla literatürde bulanık küme kavramı için çeşitli genişletmeler sunulmuştur [102].

Bunlardan en bilinen genişletme literatürde özellikle bulanık sistemlerin modellenmesinde kullanılan “Tip-2 Bulanık Küme” dir. İlk olarak Zadeh [122] tarafından tanıtilen Tip-2 bulanık küme, evrensel küme (X) elemanlarına atanan üyelik dereceleri sıradan bulanık küme olan kümelerdir. Tip-2 bulanık kümeler için üyelik fonksiyonu aşağıdaki gibidir;

$$\mu_{\tilde{A}}(x): X \rightarrow \tilde{\zeta}([0,1]) \quad (4.46)$$

Burada, $\tilde{\zeta}([0,1])$ evrensel küme üzerinde tanımlanabilen bütün sıradan bulanık kümelerin kümesini ifade etmektedir.

Tip-2 Bulanık kümelerin matematiksel özellikleri Mizumoto ve Tanaka [123], [124] tarafından açıklanmıştır. Pratik uygulamalarda üyelik dereceleri genellikle tam olarak belirlenemediği için bu kümelerin kullanımı yaygındır. Şekil 4.20’de üyelik fonksiyonu $\mu_{\tilde{A}}(x)$ bulanık bir sayı olan Tip-2 bulanık kümesi gösterilmektedir:



Şekil 4.20 Tip-2 bulanık küme

Sıradan bir A kümesini bulanık bir kümeye dönüştürme işlemi Zadeh [125] tarafından “bulanıklaştırma” işlemi olarak tanımlanmıştır. Eğer bulanık kümenin üyelik fonksiyonu da bulanık ise, bu küme Tip-2 bulanık küme olarak ifade edilmektedir.

Üyelik fonksiyonunun derecelerinin bulanıklaştırılmasıyla sıradan bir bulanık kümeyi, Tip-2 bulanık kümeye dönüştürme süreci g-bulanıklaştırma olarak tanımlanmaktadır [125].

Tip-2 bulanık kümeler, kural tabanlı bulanık mantık sistemlerinde belirsizliklerin etkilerini minimize eden bir yaklaşımdır. Belirsizlikleri içermesi açısından üç boyutlu üyelik fonksiyonlarına sahip olan tip-2 bulanık mantık sistemlerin kullanım alanı gün geçtikçe artmaktadır [126].

Bir tip-1 bulanık mantık system;

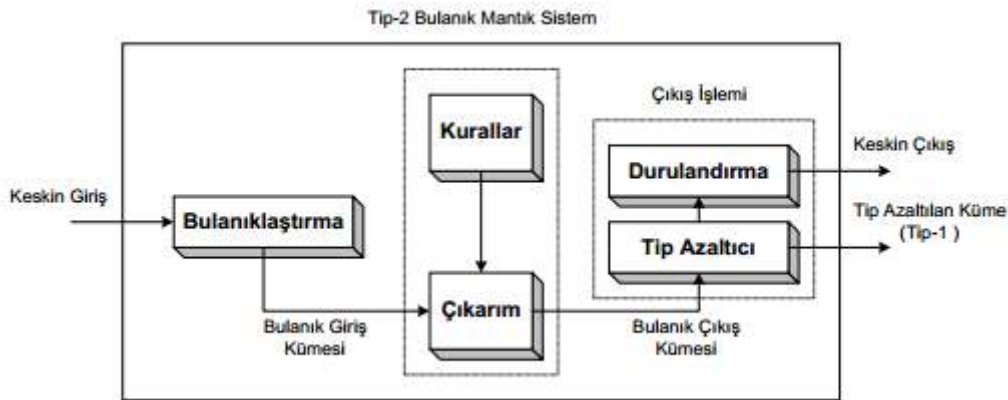
- bulanıklaştırıcı,
- bilgi tabanı,
- bulanık kuralları işleyen bulanık çıkarım mekanizması ve
- durulaştırıcı olmak üzere dört bölümden oluşmaktadır.

Tip-1 bulanık mantık sistemler birtakım belirsizlikleri direkt olarak elimine edemez. Çünkü belirli olan tip-1 bulanık kümeleri kullanırlar. Tip-2 bulanık küme kavramı tip-1 bulanık kümeler olarak bilinen geleneksel bulanık küme kavramının bir genişlemesi olarak Zadeh tarafından girilmiştir [127]. Tip-2 bulanık mantık sistemler ise bir bulanık

küme için kesin bir üyelik fonksiyonu belirlemesi zor olan koşullarda çok faydalıdır. Böylece tip-2 bulanık mantık sistemler kural belirsizliklerini ve hatta ölçüm belirsizliklerini elimine etmekte kullanılabilirler [126].

Tip-1 bulanık kümeler belirsizlikleri direkt olarak modelleyemezler, çünkü onların üyelik fonksiyonları tamamen keskindir. Tip-2 bulanık kümeler bu belirsizlikleri modelleyebilirler, çünkü onların üyelik fonksiyonlarının kendisi bulanıktır. Tip-2 bulanık kümelerin üyelik fonksiyonları üç boyutludur. Model belirsizliklerini direkt olarak mümkün kılan ilave serbestlik dereceleri sağlaması tip-2 bulanık kümelerin yeni üçüncü boyutudur [128], [129].

Şekil 4.21’de bir tip-2 bulanık mantık sistemin yapısı görülmektedir. Bu yapı tip-1 bulanık mantık sistem yapısına çok benzerdir. Farklılık tip-1 bulanık mantık sisteminde çıkış işlem bloğunda sadece tip düşürücünün olmamasıdır.



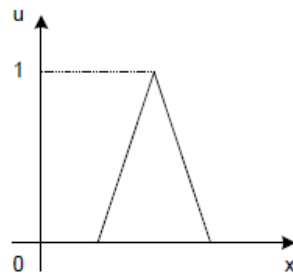
Şekil 4.21 Tip-2 bulanık mantık sistemi

Bulanıklaştırıcı keskin girişi bir bulanık kümeye dönüştürür. Bu bulanık küme tip-2 bulanık mantık sistemler için bir tip-2 küme olacaktır. Tip-1 durumunda genel olarak “EĞER-O ZAMAN” kuralları x girişler ve y çıkış olarak, EĞER $x_1 F_1$ ve $x_2 F_2$ ve ... ve $x_p F_p$ ise O ZAMAN $y G$ ’dir şeklinde verilir.

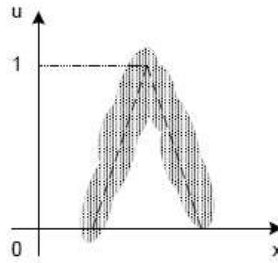
Tip-1 ve tip-2 arasındaki fark üyelik fonksiyonlarının doğallığı ile birleşmektedir. Kural şekli önemli değildir. Dolayısıyla kuralların yapısı tip-2 durumunda tamamen aynı kalmaktadır. Yine çıkarım işlemi çok benzerdir. Çıkarım mekanizması kuralları birleştirir ve tip-2 bulanık küme girişinden tip-2 bulanık küme çıkışı verir.

Tip-2 bulanık mantık sistemlerde her kurala karşılık çıkış kümesi yine tip-2 olduğu için tip azaltıcı bütün bu kümeleri birleştirir. Bunun için tip-1 bulanık mantık sistemlerindeki durulandırmaya benzer bir ifade kullanır.

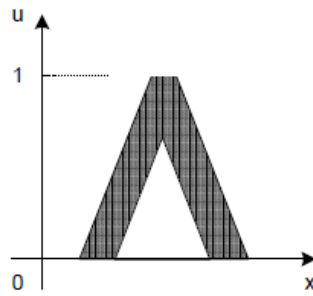
$$C_{\bar{A}} = \frac{\int_{\theta_1} \dots \int_{\theta_N} [\mu_{D_1}(\theta_1) * \dots * \mu_{D_N}(\theta_N)]}{\frac{\sum_{i=1}^N x_i \theta_i}{\sum_{i=1}^N \theta_i}} \quad (4.47)$$



Şekil 4.22 Tip-1 üyelik fonksiyonu



Şekil 4.23 Bulanık tip-1 üyelik fonksiyonu



Şekil 4.24 Belirsizliklerin izi

$\tilde{A}$ ile gösterilen bir tip-2 bulanık küme $\mu_{\tilde{A}}(x,u)$ tip-2 üyelik fonksiyonu ile karakterize edilir. $\tilde{A}$ şu şekilde ifade edilebilir [130]:

$$\tilde{A} = \int_{x \in X} \int_{u \in J_x} \mu_{\tilde{A}}(x,u) / (x,u), \quad J_x \subseteq [0,1] \quad (4.48)$$

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Lojistik yer seçimi konusu günümüzde en çok incelenen konular arasında yer almaktadır. Araştırmacılar lojistik yer seçim problemleri ile ilgili literatüre bir çok çalışma kazandırmışlardır. Lojistik faaliyetlerin yürütülmesi amacıyla seçilecek olan en uygun yer için bir çok çözüm yöntemi sunulmuştur. Literatür incelendiğinde bu çözüm yöntemlerinden, çok kriterli karar verme ve bulanık çok kriterli karar verme metotlarına sık rastlandığı görülmektedir.

Çok kriterli karar verme ve bulanık çok kriterli karar verme yöntemleri ile incelenen lojistik yer seçim problemleri için literatür çalışması aşağıda yer almaktadır.

Erdemir [131], Türk Deniz Kuvvetlerinin depremde hasar görmüş ve eskimiş tedarik dağıtım merkezinin taşınması ile ilgili bir maliyet fayda analizini yapmıştır. Verilen dinamik yapı askeri operasyonlar çevresi, lojistik sürdürülebilirlik gereksinimleri, bilgi teknolojisindeki hızlı gelişmeler ve kısıtlı bütçe ortamında tedarik dağıtım merkezi seçim problemini incelemiştir. Bu tez çalışmasında araştırmacı üç yöntem uygulamıştır. Bunlar; merkezi ağırlıklandırma metodu, electre yöntemi ve windows metodolojisi için mantıksal kararlardır. Analiz sonuçları deniz ikmal merkezi için en avantajlı yerin Pendik liman kenti olduğunu göstermektedir.

Lee [132], çalışmasında dağıtım merkez seçimi için Yuan'ın tüm kriterleri karşılayan bulanık tercih ilişkisine dayalı yeni bir bulanık çok kriterli karar verme metodu önermiştir. Önerilen yöntemde kriterlerin ağırlıklandırılması için dilsel değişkenler üçgen bulanık sayılar ile temsil edilmiştir.

Chang ve Chen [133], çalışmalarında tersine lojistik yeniden işleme merkezinin en uygun yer seçimi için bulanık çok kriterli karar verme metodu önermişlerdir. Yeniden işleme merkezi ile ilgili objektif ve subjektif faktörler de dahil olmak üzere bir çok etki faktörünü dikkate almışlardır. Uzmanlar düşüncelerini dilsel terimlerle belirtmişlerdir ve farklı kriterlerin önem ağırlıkları, grup karar verme ile elde edilmiştir. Daha sonra yeniden işleme merkezinin bulanık tabanlı yer seçim prosedür kararı detaylı olarak açıklanmıştır.

Chen ve Qu [134], lojistik merkez seçimi belirlemede Bulanık AHP metodunu önermişlerdir. Araştırmacılar çalışmalarında delphi yöntemi ile karar matris bilgilerini kullanarak, entropi tekniğine dayalı ağırlıklandırılmış bulanık AHP metodu geliştirmişlerdir. Lojistik merkez yeri seçimi için bulanık kapsamlı değerlendirme algoritması uygulamışlardır. Makalede kullanılan yöntem, nicel ve nitel faktörleri analiz eden, uygulanabilir ve pratik bir karar destek modelidir.

Chien-Chang Chou [135], çalışmasında Tayvanlı bir nakliye firmasının Çin’de açacağı yeni konteyner dağıtım merkez yerini seçmek için bir karar modeli önermiştir. Makalede çoklu bulanık sayılar üzerinde çarpma işlemi uygulanmıştır. Bu yönetime dayanarak karar verici, herbir yer alternatifi hızlı bir şekilde sıralayabilir ve en iyi alternatifi kolay bir şekilde seçebilir hale gelmiştir.

Teng ve diğ. [136], araştırmalarında uluslararası lojistik parkların gelişimi için lokasyon değerlendirmesi yapmışlardır. Çalışmalarında Tayvan’daki bir firmayı baz almışlardır. Karar vericilerin performansını arttırmak için makalede bulanık çok kriterli Q-Analizi yöntemi kullanılmıştır. Katılımcı olarak yerel lojistik uzmanları ile birlikte Kuzey Tayvan’daki 11 potansiyel noktada değerlendirme yapılmıştır. Bu yöntem, değerlendirme sürecinin karmaşıklığını azaltmakta ve geleneksel çok kriterli Q-Analizi tekniğinin avantajlarını içermektedir.

Qu ve Chen [137], makalede lojistik merkez yer seçimi değerlendirmesi için Bulanık AHP ve ileri beslemeli yapay sinir ağı (FANN) yöntemleri entegre edilmiştir. Bulanık AHP, yapay sinir ağlarında başlangıç ağırlıkların belirlenmesi için kullanılmıştır.

Ghoseiri ve Lessan [138], lojistik merkez yer seçimi için bulanık AHP ve ELECTRE yöntemlerini önermişlerdir. Yer seçimini etkileyen nesnel ve öznel faktörlerdeki

belirsizlik nedeniyle bulanık AHP metodu geliştirilmiştir. Bulanık AHP ile kriter ağırlıkları ve matrisi elde edilirken, ELECTRE yöntemi ile bu ağırlıklar kullanılarak her bir alternatifin performans değeri hesaplanmıştır. Daha sonrada çalışmada sonuçları açıklamak ve tartışmak için duyarlılık analizi yapılmıştır.

Yu ve diğ. [139], çalışmalarında bulanık karar verme modeli kullanarak lojistik merkez yeri ile ilgili yeni bir optimal seçim sunmaktadır. Mühendislik küme teorisine dayanan bu algoritma, gerçek sistem üzerinde test edilmiştir.

Yücel ve Ulutaş [140], Malatya ilinde bir kargo firmasının yeni açacağı mağazasının yerinin belirlenmesi için ELECTRE yöntemini kullanarak bir model önerisi geliştirmiştir. Kargo firmaları ile anket çalışması yapılarak sayısal kriterler belirlenip analizler oluşturulmuştur. Çalışmada altı alternatif lokasyon ve bu alternatiflerin önem derecesini belirleyen altı adet kriter incelenmiştir.

Chou [141], çok kriterli karar verme metodu ile konteyner limanlar için lojistik merkez yer seçimi konusuna değinmiştir. Önerilen yöntem Tayvanlı bir şirket için test edilmiştir. Çok kriterli karar verme metodu ile karar vericiler alternatif lojistik merkezlerini kolayca sıralayabilmiş ve en iyi alternatif basit bir şekilde seçilmiştir.

Pang ve diğ. [142], Pekin'deki tahıl satışları için lojistik merkez seçimi problemine odaklanmışlardır. Çalışmada bulanık AHP yöntemi önerilmiştir. Uzman görüşleri ve faktör ağırlıkları, yamuk bulanık sayılarla temsil edilen dilsel değişkenler tarafından açıklanmıştır.

Kayıkçı [143], en uygun konumu seçmek için çalışmada Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Yapay Sinir Ağlarının kombinasyonundan oluşan bir model geliştirmiştir. Çalışmadaki AHP yöntemi, seçilen her bir kriterin önceliklerini belirlemek için kullanılmıştır. Yapay sinir ağı ise çok kriterli karar vermeyi hafifletmek ve yer seçimi için en iyi model konfigürasyonunu elde etmek için kullanılmıştır.

Turskis ve Zavadskas [144], bir çok alternatif arasında en uygun lojistik merkez seçimini amaçlamışlardır. Çalışmada Bulanık AHP metodu sunulmuştur.

Yang ve diğ. [145], çalışmalarında analitik ağ prosesi metodu ile yer seçim problemi modellemişlerdir. Sevkiyatta, maliyetler arasındaki ödünleşimlerde, lojistik süreçlerin

aktiviteleri kapsamındaki yarar ve risklerde, dağıtıcı ve toplayıcıların nakliyesinde entegrasyon ve konsolidasyonun önemini incelemişlerdir.

Chou [146], çalışmasında konteyner aktarma merkez yeri seçimi için bulanık çok kriterli karar verme modeli önermiştir. BÇKKV modelinin kullanımı ile ilgili olarak Güney Doğu Asya için örnek bir çalışma gösterilmiştir.

Bai ve Chen [147], makalelerinde bulanık çok kriterli karar verme yöntemine dayanan lojistik dağıtım merkez yeri seçimine odaklanmışlardır. Lojistik dağıtım merkezi alternatifleri, üçgensel bulanık sayılar tarafından simüle ve test edilmiştir. Nihai karar, klasik bulanık çok kriterli grup karar verme teorisi ile belirlenmiştir.

Menou ve diğ. [148], çalışmalarında Fas'taki bir havaalanında çoklu kargoları merkezileştirmek için çeşitli alternatiflerin değerlendirmesini incelemişlerdir. Seçim, farklı sosyo-ekonomik kriterlere, coğrafi konuma ve çevresel etkilere bağlıdır. Bazı kriterlerin nitel olarak değerlendirilmesi mümkün iken bazıları nicel olarak ölçülebilir durumdadır. Stokastik çok ölçütlü kabul analizi tekniği kullanılmıştır. Bu yöntem, belirsiz ve kısmen eksik bilgileri tutarlı bir şekilde temsil etmektedir. Elde edilen sonuçlara göre Benslimane ve Kazablanka diğer alternatiflere göre üstün bulunmuştur. Analiz sonucunda Fas Ulusal Havaalanı yetkilisi Benslimane'da merkez geliştirmek için yatırımcılarla görüşmeye başlamıştır.

Wang ve diğ. [149], lojistik dağıtım merkez yerlerinin değerlendirilmesini amaçlamışlardır. Lojistik dağıtım merkezi seçimi, lojistik hizmet sağlayıcıların karını maximize, maliyetlerini ise minimize etmek için kritik bir öneme sahiptir. Karar verme sürecinde, karar vericilerin tercihlerini ifade edebilmeleri genellikle belirsiz ve son derece zordur. Bu problemi ortadan kaldırmak için Bulanık AHP tabanlı bulanık çok kriterli karar verme modeli önerilmiştir.

Gan [150], geri dönüşüm merkez yeri seçimi için AHP ve veri zarflama analizinin kombinasyonunu içeren hibrit bir model önermiştir. AHP, her bir alternatif geri dönüşüm merkezlerinin kapsamlı bir şekilde yararını ölçmek için kullanılmıştır. Veri zarflama analizi ise, etkililiği değerlendirmek için uygulanmıştır.

Demirel ve diğ. [151], büyük bir Türk lojistik firmasında depo yeri seçim problem için çok kriterli karar verme metoduna uygun olan choquet integral yöntemini kullanmışlardır.

Farahani ve diğ. [152], yer seçim problemleri ile ilgili literatür araştırması yapmışlardır. Araştırmacılar çalışmalarını yer seçimi için tek amaçlı, çok amaçlı ve çok nitelikli problem ve çözümleri olmak üzere üç ana başlıkta toplamışlardır.

Erkayman ve diğ. [153], Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesinde lojistik merkez yer seçim problemi için bulanık TOPSIS yaklaşımı önermişlerdir.

Bian [154], optimal kara limanı kurulum projesi seçimi için çok amaçlı karar verme yönetimi önermiştir. Çin'de kara limanı yer seçimini etkileyen ulaşım, ekonomik seviye, altyapı tesisleri, ticaret seviyeleri, politik çevre ve maliyet olmak üzere altı adet faktörü incelemiştir. Çin bölgesinde, Yeni Avrasya Kıtası Köprüsü için bulanık AHP ve ELECTRE yöntemleri kombine edilmiştir.

Awasthi ve diğ. [155], kentsel dağıtım merkezlerinin yer planlaması için çok kriterli karar verme yaklaşımı önermişlerdir. Kentsel bir dağıtım merkezi uygulamasında belirsizlik durumu altında kriterlerin değerlendirilebilmesi için bulanık TOPSIS yöntemi sunulmuştur. Kriter ağırlıklarının belirlenmesi için duyarlılık analizi uygulanmıştır.

Elevli ve Ak [156], Samsun iline yapılması planlanan lojistik köy için yer seçim problemleri ve çözüm yöntemlerini incelemişlerdir. Çalışmada bEd alternatif lokasyon, bEd kriter göz önüne alınarak incelenmiştir. Kriterlerin önem ağırlıklarının belirlenmesinde Saaty tarafından geliştirilen AHP yöntemi kullanılmış, alternatiflerin sıralanması ise bulanık TOPSIS yöntemine göre yapılmıştır.

Liu ve diğ. [157], çalışmalarında dağıtım merkez yeri için kaba küme teorisi ve bulanık mantık yaklaşımının kombinasyonunu önermişlerdir. Çalışmada hedeflenen ağırlıkları elde etmek için kaba küme teorisi kullanılmıştır.

Gao ve diğ. [158], perakende mağazalarının yer problemi ile ilgili bir çalışma yapmışlardır. Her bir perakende mağaza yerinin ağırlığı AHP yöntemi ile hesaplanmıştır. Daha sonra lokasyon modeli, AHP ve 0-1 programlamanın kombinasyonu kullanılarak önerilmiştir.

Ozcan ve diğ. [159], çalışmalarında AHP, TOPSIS, ELECTRE ve gri değerlendirme metodlarının avantaj ve dezavantajlarını, birbirleri ile karşılatılarak belirtmişlerdir. Bu yöntemleri depo yer seçim problemleri için uygulamışlardır. Bir çok alternatif arasından en iyi depo yeri seçiminin nasıl yapılacağını sunmuşlardır.

Li ve diğ. [160], lojistik merkez yeri seçimi için iki yöntemden oluşan bir metodoloji önermişlerdir. Aksiyomatik bulanık küme yöntemi, lojistik merkezlerini etkili bir şekilde değerlendirmek için kullanılmış, TOPSIS yöntemi ise en son seçim aşamasında kullanılmıştır. Çalışmada, onbEd lojistik merkez şehri ve onüç kriter incelenmiştir.

Elgün ve Elitaş [161], çalışmalarında Türkiye’de lojistik köylerin kuruluş yerlerinin belirlenmesi için bir model önermişlerdir. Bu amaçla makalede kuzey-güney lojistik hattında yer alan yeni aday ve aday olabilecek bölgeler karşılaştırılmıştır. Çalışmada çok kriterli ağırlıklandırma modeline göre gerekli ana ve alt kriterler belirlenmiş, değerlendirme aşamasında ise delphi yöntemi kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, Mersin, Konya, Bilecik ve Eskişehir illeri ön plana çıkmış, Mersin uluslararası, diğer illerin ise yerel lojistik fonksiyonelliği açısından daha uygun olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Opasanon ve Lertsanti [162], bir şirketin lojistik tesisinin taşınmasını incelemişlerdir. Araştırmacılar, bankalar için nakit toplama-teslimat ve ATM dolumu gibi lojistik hizmet sağlayıcı bir firma için örnek çalışma yapmışlardır. Şirketlerin dağıtım merkezlerinin taşınmasına neden olan konuları incelemişlerdir. Şirketin ihtiyaç ve gereksinimlerine göre lojistik konuların önemini sıralamak ve değerlendirmek için analitik hiyerarşi prosesi (AHP) yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde maliyet, cevap verilebilirlik, güvenilirlik ve yararlanabilme olmak üzere dört kriter dikkate alınmıştır.

Alam [163], tez çalışmasında lojistik merkez için potansiyel lokasyonları değerlendirmiş ve kriterlerin lojistik yer seçimine etkisini incelemiştir. Çalışmada kalitatif (nicel) ve kantitatif (nitel) çok kriterli karar verme yöntemi kullanılmıştır. Kalitatif çok kriterli karar verme yöntemi olarak analitik hiyerarşi prosesi önerilirken, kantitatif çok kriterli karar verme yöntemi olarak ise ağırlıklandırma metodu önerilmiştir. AHP yöntemi, en iyi lokasyonun seçimi için son aşamada kullanılmıştır. Çalışma İsveç’te bir lojistik firması olan Brinova Fastigheter AB için yapılmıştır. Çalışmada Stockholm, Göteborg,

Helsingborg ve Karlshamn alternatifleri; karayolu erişilebilirliği, çok yönlü kapasite, liman kapasitesi ve arazi durumu kriterleri ile değerlendirilmiştir. AHP metodunun sonuçlarına göre Göteborg en iyi lojistik merkez yeri seçilirken, ağırlıklandırma metoduna göre ise Stockholm en iyi lojistik merkez yeri olarak seçilmiştir. Çalışmada bu iki merkez yeri en iyi lojistik merkezleri olarak önerilmiştir.

Çizelge 5. 1 Literatür araştırması özeti

YIL	YAZAR	KONU	ÇÖZÜM YÖNTEMİ
2003	Erdemir [131]	Tedarik dağıtım merkez yer seçim problemi	- Merkezi ağırlıklandırma metodu - ELECTRE yöntemi - Windows metodolojisi için mantıksal kararlar
2005	Lee [132]	Dağıtım merkezi seçim problemi	Yuan'ın tüm kriterleri karşılayan bulanık tercih ilişkisine dayalı yeni bulanık çok kriterli karar verme yöntemi
2006	Chang ve Chen [133]	Tersine lojistik yeniden işleme merkez yeri seçim problemi	Bulanık çok kriterli karar verme yöntemi
2006	Chen ve Qu [134]	Lojistik merkez yeri seçim problemi	Bulanık AHP yöntemi
2007	Chien-Chang Chou [135]	Konteyner dağıtım merkez yeri seçim problemi	Bulanık sayılarda çarpma işlemi

Çizelge 5. 1 Literatür araştırması özeti (devam)

YIL	YAZAR	KONU	ÇÖZÜM YÖNTEMİ
2007	Teng ve diğ. [136]	Lojistik parkların gelişimi için lokasyon değerlendirmesi	Bulanık çok kriterli Q-analizi tekniği
2007	Qu ve Chen [137]	Lojistik merkez yer seçim problemi	Bulanık AHP ile ileri beslemeli yapay sinir ağı (FANN) entegrasyonu
2008	Ghoseiri ve Lessan [138]	Lojistik merkez yer seçim problemi	Bulanık AHP ve ELECTRE yöntemi
2009	Yu ve diğ. [139]	Lojistik merkez yer seçim problemi	Mühendislik küme teorisine dayanan bulanık çok kriterli karar verme yöntemi
2009	Yücel ve Ulutaş [140]	Kargo mağazası için yer seçim problemi	ELECTRE yöntemi
2009	Chou [141]	Lojistik merkez yer seçim problemi	Çok kriterli karar verme yöntemi
2009	Pang ve diğ. [142]	Lojistik merkez yer seçim problemi	Bulanık AHP yöntemi
2010	Kayıkçı [143]	Lojistik merkez yer seçim problemi	Bulanık AHP ve yapay sinir ağlarının entegrasyonu
2010	Turskis ve Zavadskas [144]	Lojistik merkez yer seçim problemi	Bulanık AHP yöntemi
2010	Yang ve diğ. [145]	Lojistik merkez yer seçim problemini etkileyen faktörler	Analitik ağ süreci
2010	Chou [146]	Konteyner aktarma merkez yeri seçim problemi	Bulanık çok kriterli karar verme yöntemi
2010	Bai ve Chen [147]	Lojistik dağıtım merkezi yer seçim problemi	Bulanık çok kriterli grup karar verme yöntemi

Çizelge 5. 1 Literatür araştırması özeti (devam)

YIL	YAZAR	KONU	ÇÖZÜM YÖNTEMİ
2010	Menou ve diğ. [148]	Havaalanları için çoklu kargoların merkezileştirilme problemi	Stokastik çok ölçütlü kabul analizi tekniği
2010	Wang ve diğ. [149]	Lojistik dağıtım merkez yerlerinin değerlendirilmesi	Bulanık AHP yöntemi
2010	Gan [150]	Geri dönüşüm merkez yeri seçim problemi	- Analitik hiyerarşi prosesi (AHP) - Veri zarflama yöntemi
2010	Demirel ve diğ. [151]	Depo yeri seçim problemi	Choquet integral yöntemi
2010	Farahani ve diğ. [152]	Yer seçim problemleri	Literatür taraması
2011	Erkayman ve diğ. [153]	Doğu anadolu bölgesinde lojistik merkez yer seçim problemi	Bulanık TOPSIS
2011	Bian [154]	Kara limanı kurulum projesi seçim problemi	- Bulanık AHP yöntemi - ELECTRE yöntemi
2011	Awasthi ve diğ. [155]	Kentsel dağıtım merkezlerinin yer planlaması problemi	Bulanık TOPSIS
2011	Elevli ve Ak [156]	Samsun için lojistik köy yer seçim problemi	- Analitik hiyerarşi prosesi (AHP) - TOPSIS
2011	Liu ve diğ. [157]	Dağıtım merkez yeri seçim problemi	- Kaba küme teorisi - Bulanık mantık
2011	Gao ve diğ. [158]	Perakende mağazası yer seçim problemi	- Analitik hiyerarşi prosesi (AHP) 0-1 tam sayılı programlama

Çizelge 5. 1 Literatür araştırması özeti (devam)

YIL	YAZAR	KONU	ÇÖZÜM YÖNTEMİ
2011	Ozcan ve diğ. [159]	Depo yer seçim problemi	- Analitik hiyerarşi prosesi (AHP) - TOPSIS - ELECTRE - Gri değerlendirme metodu
2011	Li ve diğ. [160]	Lojistik merkez yeri seçim problemi	- Bulanık küme yöntemi - TOPSIS
2011	Elgün ve Elitaş [161]	Lojistik köy yer seçim problemi	- Çok kriterli ağırlıklandırma modeli (ana ve alt kriterlerin belirlenmesinde) - Delphi yöntemi (değerlendirme aşamasında)
2013	Opasanon ve Lertsanti [162]	Lojistik tesisin taşınması için yer seçim problemi	Analitik hiyerarşi prosesi (AHP)
2013	Alam [163]	Lojistik merkez yeri seçim problemi	- Analitik hiyerarşi prosesi (AHP) - Ağırlıklandırma metodu

Yapılan literatür araştırması, yukarıdaki tablo ile yazar, yıl, araştırılan konu ve sunulan çözüm yöntemi başlıklarında ayrıştırılmıştır. Bu tablo, bir sonraki araştırmalar için literatüre ışık tutacak niteliğe sahiptir. Araştırmacılar analizlerini yaparken literatürde yer alan çalışmalara, bu tablo aracılığı ile kolay bir şekilde ulaşabileceklerdir.

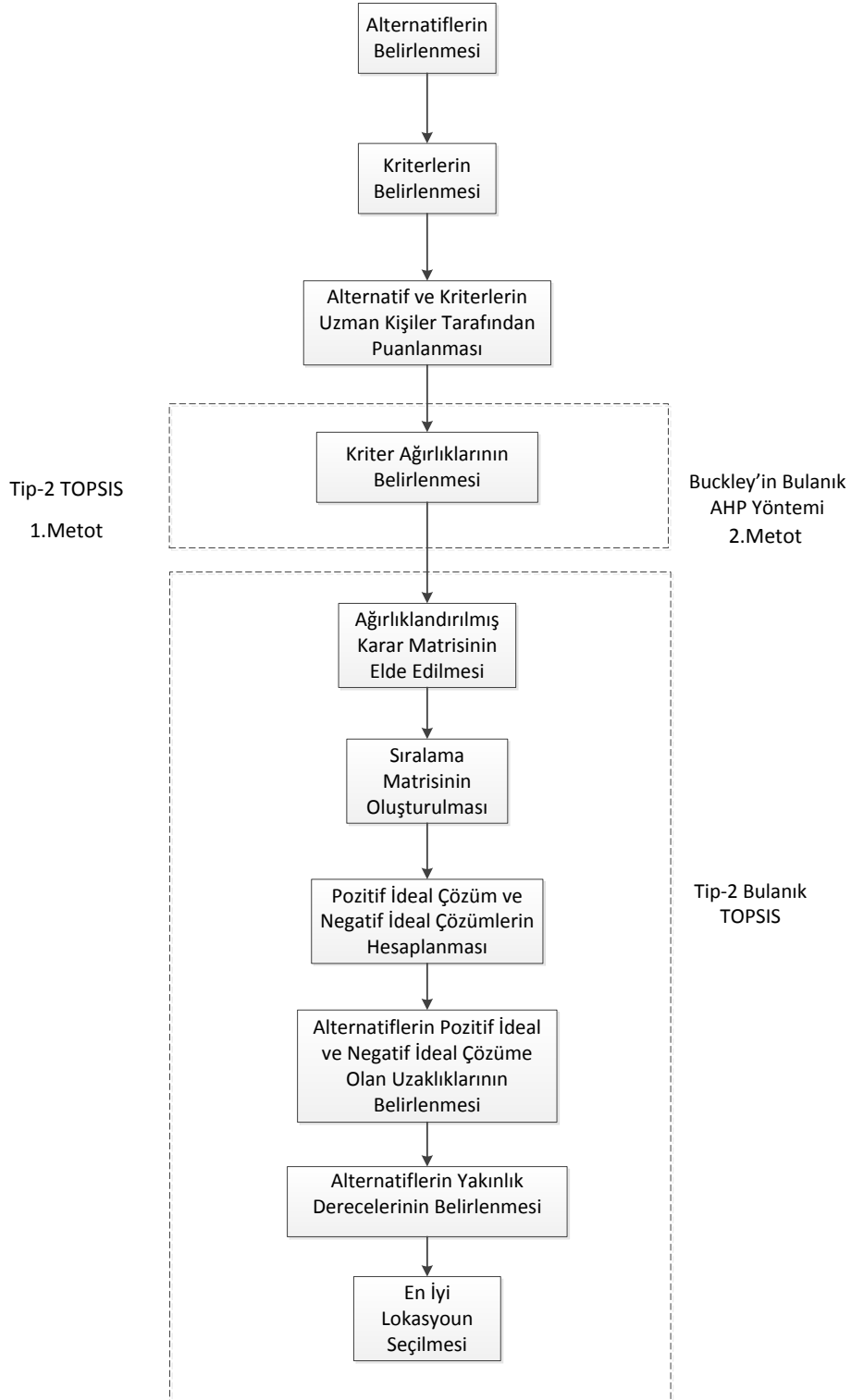
ÖNERİLEN METODOLOJİ

6.1. Tip-2 Bulanık TOPSIS Yöntemi

Tip-2 bulanık kümeler, tip-1 bulanık kümelerden daha belirsiz olan durumlarda kullanılmaktadır. Tip-2 bulanık kümeler, gerçek hayattaki belirsizlik ve bulanıklığı en iyi şekilde temsil eden ve bu belirsizliklerin en doğru şekilde sayısal olarak ifade edilmesini sağlayan bir yöntemdir.

Tez çalışmasında Buckley'in bulanık AHP yöntemi ile değerlendirilmiş kriter ağırlıkları, tip-2 bulanık TOPSIS yönteminde ağırlıklandırılmış karar matrisinde kullanılmıştır. Bu sayede problem çözümü için iki yöntemin sentezinden oluşan bir çözüm geliştirilerek, elde edilen çözüm için daha objektif bir bakış açısı sağlanmıştır.

Tez çalışmasında uygulanan yöntemlerin adımları Şekil 6.1'de gösterilmektedir:



Şekil 6. 1 Yöntem adımları

Çalışmada kriter ağırlıkları iki farklı yöntem kullanılarak hesaplatılmıştır. Her iki metot ile hesaplatılan ağırlıklar sonrasında tip-2 bulanık TOPSIS yönteminde kullanılarak çözüme ulaşılmıştır.

Bu çalışmada lojistik merkez yer seçim problemi için en iyi sonucu almak amacıyla Tip-2 TOPSIS metodu önerilmiştir. Önerilen metodolojinin işlem adımları aşağıda açıklanmaktadır:

Adım 1: kriterler ve alternatiflerden oluşan karar matrisi, uzman kişiler tarafından dilsel değişkenler yardımı ile değerlendirilir:

$$U_p = (\tilde{f}_{ij}^p)_{m \times n} = \begin{array}{c|cccc} & s_1 & s_2 & \dots & s_n \\ \hline f_1 & \tilde{f}_{11}^p & \tilde{f}_{12}^p & \dots & \tilde{f}_{1n}^p \\ f_2 & \tilde{f}_{21}^p & \tilde{f}_{22}^p & \dots & \tilde{f}_{2n}^p \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ f_m & \tilde{f}_{m1}^p & \tilde{f}_{m2}^p & \dots & \tilde{f}_{mn}^p \end{array} \quad (6.1)$$

ortalama karar matrisi $\bar{U} = (\bar{f}_{ij})_{m \times n}$ şu formülle hesaplanır:

$$\bar{f}_{ij} = \left(\frac{\tilde{f}_{ij}^1 \oplus \tilde{f}_{ij}^2 \oplus \dots \oplus \tilde{f}_{ij}^s}{k} \right) \quad (6.2)$$

$1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq n, 1 \leq p \leq k$ buradaki k, karar verici sayısını ifade etmektedir.

Adım 2: Uzman kişiler tarafından dilsel değişkenler yardımı ile puanlanan kriterler Ağırlık matrisini (W_p) oluşturmaktadır.

$$W_p = (\tilde{w}_i^p)_{1 \times m} = \left[\begin{array}{cccc} \tilde{w}_1^p & \tilde{w}_2^p & \dots & \tilde{w}_m^p \end{array} \right] \quad (6.3)$$

ortalama ağırlık matrisi $\bar{W} = (\bar{w}_i)_{1 \times m}$ şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$\bar{w}_i = \left(\frac{\tilde{w}_i^1 \oplus \tilde{w}_i^2 \oplus \dots \oplus \tilde{w}_i^s}{k} \right) \quad (6.4)$$

$1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq n, 1 \leq p \leq k$ buradaki k, karar verici sayısını ifade etmektedir.

Adım 3: bu adımda hesaplanan ağırlıklar ile karar matrisi çarpılır $\tilde{v}_{ij} = \tilde{w}_i \otimes \tilde{f}_{ij} \quad 1 \leq i \leq m$ ve $1 \leq j \leq n$. Yukardaki formüle göre hesaplanan değerlerin oluşturduğu ağırlıklandırılmış karar matrisi aşağıdaki gibidir:

$$\bar{U}_w = (\tilde{v}_{ij})_{m \times n} = \begin{array}{c|cccc} & s_1 & s_2 & \dots & s_n \\ \hline f_1 & \tilde{v}_{11} & \tilde{v}_{12} & \dots & \tilde{v}_{1n} \\ f_2 & \tilde{v}_{21} & \tilde{v}_{22} & \dots & \tilde{v}_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ f_m & \tilde{v}_{m1} & \tilde{v}_{m2} & \dots & \tilde{v}_{mn} \end{array} \quad (6.5)$$

Adım 4: aşağıdaki formül yardımı ile ağırlıklı sıralama matrisi elde edilmektedir:

$$\begin{aligned} Rank(\tilde{A}_i) &= M_1(\tilde{A}_i^U) + M_1(\tilde{A}_i^L) + M_2(\tilde{A}_i^U) + M_2(\tilde{A}_i^L) + M_3(\tilde{A}_i^U) \\ &\quad + M_3(\tilde{A}_i^L) - \frac{1}{4}(S_1(\tilde{A}_i^U) + S_1(\tilde{A}_i^L) + S_2(\tilde{A}_i^U) + S_2(\tilde{A}_i^L) \\ &\quad + S_3(\tilde{A}_i^U) + S_3(\tilde{A}_i^L) + S_4(\tilde{A}_i^U) + S_4(\tilde{A}_i^L)) \\ &\quad + H_1(\tilde{A}_i^U) + H_1(\tilde{A}_i^L) + H_2(\tilde{A}_i^U) + H_2(\tilde{A}_i^L) \end{aligned} \quad (6.6)$$

$$\bar{U}_w^* = (Rank(\tilde{v}_{ij}))_{m \times n} \quad 1 \leq i \leq m \text{ ve } 1 \leq j \leq n \quad (6.7)$$

Adım 5: bu adımda pozitif ideal çözüm $s^+ = (v_1^+, v_2^+, \dots, v_m^+)$ ve negatif ideal çözüm $s^- = (v_1^-, v_2^-, \dots, v_m^-)$ aşağıdaki formül ile elde edilmektedir:

$$v_i^+ = \begin{cases} \max_{1 \leq j \leq n} \{Rank(\tilde{v}_{ij})\}, & \text{eğer } f_i \in F_1 \\ \min_{1 \leq j \leq n} \{Rank(\tilde{v}_{ij})\}, & \text{eğer } f_i \in F_2 \end{cases} \quad (6.8)$$

ve

$$v_i^- = \begin{cases} \min_{1 \leq j \leq n} \{Rank(\tilde{v}_{ij})\}, & \text{eğer } f_i \in F_1 \\ \max_{1 \leq j \leq n} \{Rank(\tilde{v}_{ij})\}, & \text{eğer } f_i \in F_2 \end{cases} \quad (6.9)$$

v_i^+ değeri, i . satırdaki değerlerin maximumu, v_i^- değeri ise, i . satırdaki değerlerin minimumudur.

Adım 6: her bir alternatifin (s_i) pozitif ideal çözüme (v_i^+) ve negatif ideal çözüme (v_i^-) olan uzaklıkları hesaplanır.

Pozitif ideal çözüme olan uzaklık:

$$d^+(s_j) = \sqrt{\sum_{i=1}^m (Rank(\tilde{v}_{ij}) - v_i^+)^2}, 1 \leq j \leq n \quad (6.10)$$

Negatif ideal çözüme olan uzaklık:

$$d^-(s_j) = \sqrt{\sum_{i=1}^m (Rank(\tilde{v}_{ij}) - v_i^-)^2}, 1 \leq j \leq n \quad (6.11)$$

Adım 7: Yakınlık derecesi $C(s_j)$ aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır:

$$C(s_j) = \frac{d^-(s_j)}{d^+(s_j) + d^-(s_j)}, 1 \leq j \leq n \quad (6.12)$$

Adım 8: $C(s_j)$ değeri 1'e yaklaştıkça, alternatif s_j pozitif ideal çözüme daha yakın ve negatif ideal çözümden daha uzak olacaktır. $C(s_j)$ değrinin dereceli sıralamasına göre, tüm alternatiflerin sıralaması belirlenebilir ve olası alternatifler arasından en iyi olanı seçilebilir.

6.2. Bulanık AHS

Bu çalışmada kriter ağırlıkları için Buckley tarafından önerilen yöntem kullanılmıştır. Bu yöntem alt bölüm 4.3.2'de açıklanmıştır.

BÖLÜM 7

UYGULAMA

Bu tez çalışmasında önerilen metot, Doğu Anadolu Bölgesi için uygulanmıştır. Doğu Anadolu'da lojistik merkez yer seçim problemi ele alınarak Malatya, Van ve Erzurum şehirleri bölge için baz alınan iller olmuştur.

Tarım ve hayvancılık sektörlerinde öne çıkan Doğu Anadolu Bölgesi, sanayi ve ticaret faaliyetlerinde ise gelişmekte olan bir bölge konumundadır. İmalat sektöründe gerekli olan malzemelerin imalathanelere ulaştırılması, bu malzemelerin üretimde kullanılmasının ardından üretilen ürünlerin ve tarım-hayvancılık ürünlerinin dağıtımının en iyi şekilde yapılabilmesi, bölgede lojistik ihtiyacın gittikçe önem kazanmasını sağlamıştır.

Yukarda bahsedilen ihtiyaçlardan dolayı bu çalışmada Doğu Anadolu Bölgesi için lojistik merkez yer seçimi incelenmiştir. Doğu Anadolu Bölgesi için Malatya, Van ve Erzurum olmak üzere üç alternatif bölge incelenmiştir.



Şekil 7. 1 Doğu Anadolu Bölgesi

Bu illere ailt ekonomik ve ulaşım bilgileri aşağıda yer almaktadır.

Malatya İli Özellikleri:

Ekonomik Faaliyetler [164]:

Malatya’da sırasıyla gıda, tekstil ve inşaat sektörlerinin hem istihdam sayısı, hem de şirket sayısı bakımından ön plana çıktığı görülmektedir.

Firma vergi kimlik numaralarının bağlı olduğu illere göre oluşturulan 2010 yılı verilerine göre Malatya’nın ihracatı 276 milyon dolar, ithalatı ise 91 milyon dolar'dır. Bazı yatırımların vergi kimlik kayıtlarının İstanbul başta olmak üzere çeşitli illerde olduğu bilinmekte olup gerçekte Malatya ilinin 2010 yılı ihracatının 450 milyon dolar olduğu tahmin edilmektedir.

Malatya sanayisi son yıllarda tekstil ve konfeksiyon ağırlıklı olarak hızlı bir gelişim sergilemektedir. Türkiye'nin ve Dünya'nın önemli markaları için Malatya Organize Sanayi Bölgelerinde üretim yapılmaktadır.

Şirket başına düşen istihdam sayısına bakıldığında ise tekstil, inşaat ve Makine sektörlerinin önde olduğu ve bu sektörlerde entegre ve büyük ölçekli firmaların faaliyet

gösterdikleri görülmektedir. İldeki toplam imalat sektörü istihdamının %54'ünün Tekstil sektöründe, %26'sının ise gıda sektöründe olduğu görülmektedir.

Tarım:

Tarla bitkileri yıllık üretimleri dikkate alındığında Malatya'da en çok yetiştirilen bitkiler sırasıyla buğday (132.953 ton), şeker pancarı (75.831 ton) ve arpadır (59.802 ton). Malatya'da 2007 verilerine göre 267.773 ton kayısı yetiştirilmiştir ve bu miktar toplam Türkiye kayısı üretiminin neredeyse yarısına tekabül etmektedir. Kayısı, Malatya'nın ihracatında ve ekonomisinde çok önemli bir yer tutar. 2009 verilerine göre Malatya'da organik tarım için 4.627 hektar alan kullanılırken 14.641 ton organik ürün elde edilmiştir. Bölgedeki organik tarımın büyük bir kısmı Malatya'da gerçekleştirilir.

Sanayi ve Ticaret:

Malatya ekonomisinin temeli büyük oranda kayısı üretimine dayanmaktadır. Türkiye'de yıldan yıla değişmekle birlikte üretilen kayısının önemli bir kısmı Malatya bölgesinde üretilmektedir. Malatya'da üretilen kayıların da yaklaşık %90'ı Malatya'da bulunan çok sayıdaki kayısı işleme tesisinde işlenmekte ve başta Avrupa ülkeleri olmak üzere yaklaşık 150 ülkeye ihraç edilmektedir. İlde her yıl 80–100 bin ton kuru kayısı üretilerek ihraç edilmekte ve bundan yaklaşık 350-400 milyon dolar döviz girdisi sağlanmaktadır. Malatya'da kayısı işleme tesislerinde yaklaşık 5.000 kişi istihdam edilmekte, 300 kadar esnaf ve tüccar ile 50 kadar da ihracatçı kayısı işletmeciliği ile uğraşmaktadır. Ayrıca 10'a yakın firma kayısı makineleri imalatı yapmaktadır. Çiftçi kayıt sistemi (ÇKS) verilerine göre Malatya'da yaklaşık 30.000 aile kayısı tarımıyla uğraşmakta ve doğrudan ya da dolaylı olarak yaklaşık 200.000 kişi geçimini bu sektörden temin etmektedir.

Malatya, özel sektör yatırımları ile Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde tekstil sektörü açısından gelişmiş bir üretim merkezi haline gelmiştir. Mevcut durumda Malatya farklı cinslerde pamuk işleyebilme, farklı türlerde iplik üretebilme ve penye, branda, tente, döşemelik, indigo (kot) gibi farklı cins dokuma yapabilme kapasitesine sahiptir. Malatya'da işletme başına istihdam sayısının en fazla olduğu sektörün tekstil sektörü olduğu görülmektedir. “Dokuma”, “Konfeksiyon” ve “Örme Kumaş” sektörlerinin işletme sayısı olarak, “Konfeksiyon”, “İplik” ve “Dokuma” sektörlerinin ise

istihdam sayısında öne çıktıkları görülmektedir. İşletme başına istihdam oranında ise sırasıyla “Dokuma” ve “İplik” sektörleri ön plana çıkmaktadır. Doğrudan istihdam sayısına bakıldığında tekstil sektörünün gıda sektöründen daha önde olduğu görülmektedir.

Ulaştırma:

Malatya, Doğu Anadolu’dan batı bölgelere, Akdeniz’e ve Güneydoğu’ya giden yolların geçiş merkezi olması nedeni ile karayolları bakımından gelişmiştir. Devlet ve il yolları dışında 415 km’si asfalt, 2.275 km’si stabilize, 3.141 km’si tesviye ve 655 km’si ham yol olmak üzere toplam 6.518 km köy yolu bulunmaktadır. Malatya’dan çevre bölgelere üç demiryolu hattı bulunmaktadır. Bunlar; Kahramanmaraş yönünde Malatya-Narlı (98 km) hattı, Sivas yönünde Malatya-Çetinkaya (105 km) hattı, Elazığ yönünde Malatya-Yolçatı (34 km) hattı, şehri diğer bölgelere bağlamaktadır. TCDD 5. Bölge Müdürlüğü Malatya’da bulunmaktadır. Belirtilen uzunluklar hattın Malatya sınırları içinde kalan kısmını ifade etmektedir. Malatya Erhaç Havaalanı sivil-askeri kategoride olup 1941 yılında hizmete girmiştir. Şehre uzaklığı 34 km olan havaalanının; 03/21 pistinin boyutu 3350m x 45m’dir. Pistin kaplama cinsi asfalttır. Yolcuya açık alanlar 1.065 m²’dir.

Coğrafi Yapı ve İklim:

Malatya ili 35° 54’ ve 39° 03’ kuzey enlemleri il, 38° 45’ ve 39° 08’ doğu boylamları arasında kalmaktadır. Çevresini batıda Kahramanmaraş, kuzeyde Sivas, kuzeydoğuda Erzincan, doğuda Elazığ, güneyde Adıyaman illeri çevirir. İl topraklarının yüzölçümü 11.776,5 km²’dir. Malatya, Doğu, Güneydoğu ve Orta Anadolu arasında yer alan bir ovadır. Ova, kuzeyden güneye doğru hafif bir eğimle uzanır. Arazi denizden uzak ve yüksektir. Karasal ve Akdeniz iklimlerinin birlikte görüldüğü Malatya’da yazları sıcak ve kurak, kışları yağışlı ve soğuk geçer. Gece-gündüz, yaz-kış sıcaklık farkları yüksek olan Malatya’da yıllık sıcaklık ortalaması 13,3°C’dir. Yazları sıcak ve kurak; kışları ise, çoğu kez yağışlı ve soğuktur. İklim, değişik özellikler gösteren üç ayrı bölgede incelenebilir. İldeki yüksek platolarda İç Anadolu’nun step iklimi gözlenir. Güney ovasında, Fırat-Dicle nehirleri arasının ılık iklimi ile Suriye Çölü’nün yakıcı sıcaklarının etkisinde özel bir Akdeniz iklimi görülür. Dağlık bölgelerde ise, kışları soğuk olup, her iki bölgenin de etkisinde bulunan bir iklim hüküm sürer. Denizden yüksekliği 900 metre olarak kabul

edilen Malatya'da yılın en yağışlı mevsimi ilkbahardır. İl sınırları içerisinde bulunan toprakların yüzde 53'ünü çayır ve meralar, yüzde 10'unu ormanlık ve fundalık alanlar oluşturur.

Van İli Özellikleri:

Sanayi ve Ticaret [165]-[166]:

Van ilinin ekonomik yapısı genel olarak tarımsal faaliyetlere dayanmaktadır. Bunun yanında ticaret, turizm ve sanayi faaliyetleri de ekonomide önemli bir yer tutmaktadır. İl ekonomisinde sanayi; hammaddeyi yerinde işlemek, ihtiyaçları temin etmek ve istihdama olan katkılarından dolayı önemli bir işlev görmektedir. İlde sanayileşme hareketlerinin temel nedenleri arasında yukarıda belirtilen hususlar yer almaktadır.

Tarım ve Hayvancılık:

Van da çayır mera alanlarının Türkiye ortalamasının çok üzerinde olması tarım ve hayvancılık alanında yapılacak yatırımlar için önemli fırsatlar taşımaktadır. Küçükbaş hayvancılığında Türkiye'nin en iddialı illerinden biridir. Uygun iklim koşulları (-20°C, +30°C) nedeniyle büyükbaş hayvancılık açısından da uygun bir yatırım bölgesidir. İlin zengin su kaynakları (akarsu, gölet, baraj gölleri vb.) nedeniyle kültür balıkçılığı ve kafes balıkçılığının yetiştirilmesinde ciddi yatırım potansiyelleri mevcuttur. Çok çeşitli bitki faunasına sahip olması nedeniyle bal arıcılığı açısından ciddi yatırım potansiyeli taşımaktadır. Yüksek güneşlenme potansiyeli ve jeotermal alanların varlığı seracılık açısından ilin yüksek bir potansiyeline işaret etmektedir. Örtü altı üretimi hedef yatırım sektörlerinden biridir. (Erciş, Çaldıran, Gevaş,). İl yem bitkileri ekim alanı ve üretimi bakımından Türkiye de önde gelen illeri arasındadır.

Ulaştırma:

Van, İran ile olan sınırı, Ön Asya ve Türki Cumhuriyetlere açılan kapı olması nedeniyle buralarla yapılacak sınır ticareti ve buralara yapılacak ulaşım da önemli bir durak olacak mevkidedir. Kentin ülke içi ulaşımı, kara, hava, deniz ve tren ile olmakta, TCDD Van

gölü Feribot bağlantılı olmak üzere İran'a tarifeli seferler düzenlemektedir. Van Ferit Melen Havaalanı ilin hava taşımacılığını üstlenen merkezdir.

Coğrafi Yapı ve İklim:

Van, Doğu Anadolu Bölgesi'nin Yukarı Murat-Van Bölümü'ndeki Van Gölü kapalı havzasında bulunmaktadır. Kuzeyde Ağrı ili, batıda Van Gölü üzerinden Bitlis ili, güneyde Siirt ve Hakkari illeri ile komşudur. Doğusunda ise İran yer almaktadır. 19.069 km karelik yüzölçümü ile Türkiye topraklarının %2,5' ini oluşturan Van, yüzölçümü bakımından Türkiye'nin 6. büyük ilidir. Şehir merkezi Doğu Anadolu bölgesinin volkanik dağlarla kaplı çukur kesiminde bulunan Van Gölü' nün doğu kıyısında kurulmuştur. Rakım yüksekliği yaklaşık 1725m'dir. Türkiye'nin en büyük gölü olan Van Gölü, yüksek dağların ortasında bir çöküntü durumundadır. Çevredeki yüksek dağlar Van ilinin sınırını oluşturur.

Van ili, İran, Irak, Azerbaycan, Ermenistan ve Nahçıvan ülkeleri ile ülkemiz arasında merkezi bir konumdadır.

Erzurum İli Özellikleri:

Sanayi ve Ticaret [167]:

Gıda sanayi ağırlıklı bir imalat sanayi yapısı izlenen İlde Kimya, Plastik Sanayi, Metal Edya, Makine Sanayi, Petrol ve Tekstil Sanayi öncü sektörler olarak görülmektedir.

Erzurum'da ekonomi; tarım ve hayvancılık sektörü ile bir dereceye kadar da hizmet ve ticaret sektörlerine dayalıdır. Sanayi sektörü ise henüz istenilen seviyelere ulaşmış olmasa bile Erzurum ekonomisine çok az da olsa katkıda bulunmaktadır.

Tarım ve Hayvancılık:

Erzurum ilinde hayvancılık temel geçim kaynaklarının başında gelmektedir. Geniş çayır ve mera alanlarının olması ve yem bitkilerinin üretiminin uygun olması hayvancılığın gelişmesinde etkili olmuştur. Yaklaşık 760 bin küçükbaş, 550 bin büyükbaş hayvanın bulunduğu Erzurum'da et üretimi yaklaşık 15 bin 131 tona, süt üretimi 518.666 ton'dur.

Erzurum İlinde bitkisel üretim olarak, tahıllar, yem bitkileri, baklagiller, endüstri bitkileri, yumrulu bitkiler, yağlı tohumlar sayılabilir. Erzurum'da son yıllarda bitkisel üretim değeri 235.755 bin TL olarak gerçekleşmiştir.

İl genelinde 547 köy arı besleyerek, bal ve bal mumu üretilmektedir, eski usul 762, yeni usul 121.624 kovan bulunmaktadır. Erzurum kovan arısı ve bal üretimi açısından bölgede ilk sırada yer almaktadır. Erzurum'da hayvansal üretim değeri son yıllarda 469.837 bin TL. olarak gerçekleşmiştir.

Erzurum'da son yıllarda organik tarımda 3.929 çiftçi sayısı ve 40.010.95 ha'lık üretim alanı ile 153.597.11 ton üretim yapılmıştır.

Ulaştırma:

Van ili uluslararası karayolu,havayolu ve demiryolu ağı üzerindedir. 1.132 Km'lik Devlet Yolu'nun: 993 Km'si Asfalt, 139 Km'si Bitümlü Sıcak Karışım, 7.681 Km'lik İl Yolu'nun :867 Km. Asfalt, 6.113 Km Stabilize, 701 km tesviyeli yoldur.

Uluslararası Erzurum Hava Limanı yıllık 2 milyon yolcu kapasitesine sahip olup, aynı anda 7 uçak barındırabilmektedir. ILS (Aletli İniş Sistemi) ile 24 saat uçak inebilmekte, yurtdışından gelen uçakların geçici gümrük işlemleri de yapılabilmektedir.

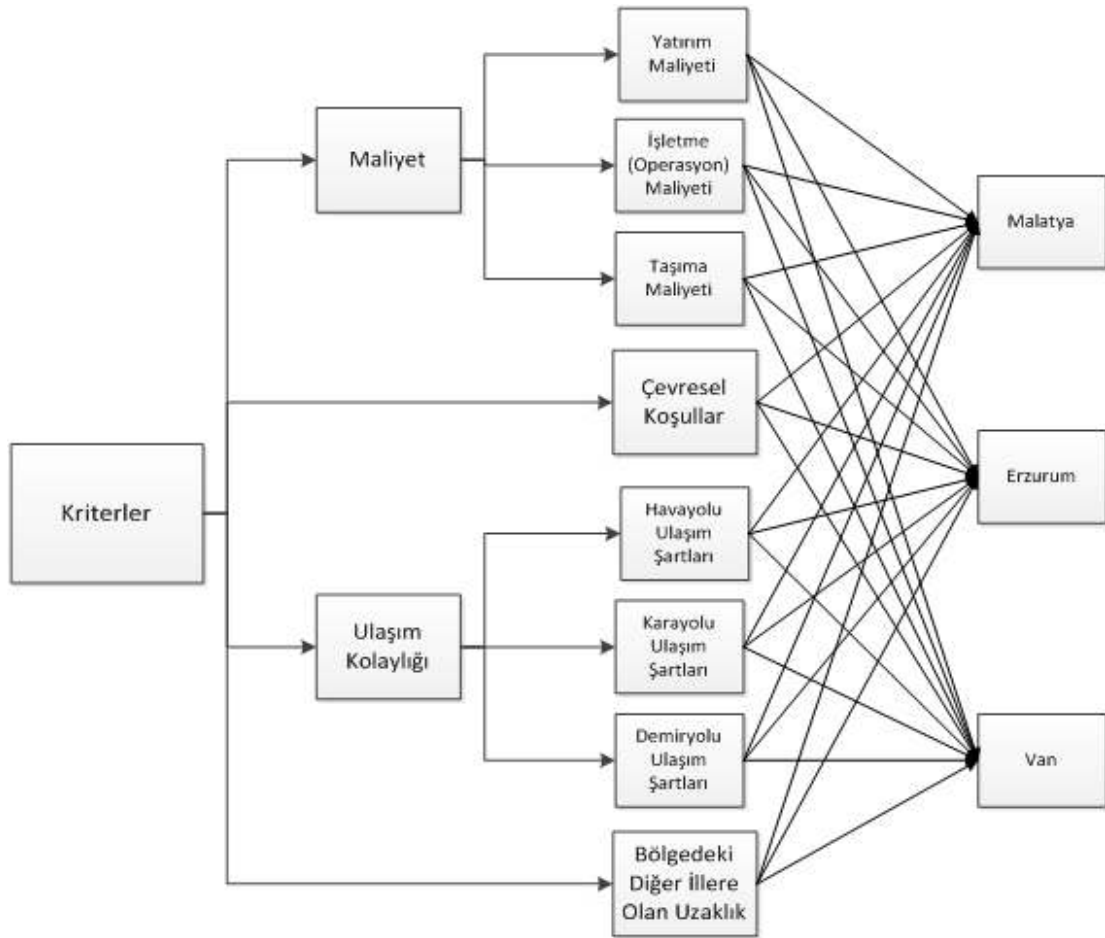
İl, İstanbul-Haydarpaşa-Kars demiryolu hattı üzerindedir. Doğu Ekspres ve Mavi Tren Erzurum'dan geçmekte ve bu seferler her gün karşılıklı olarak yapılmaktadır.

Coğrafi Yapı ve İklim:

Erzurum İli, genel olarak yüksek arazilerden oluşur. Örneğin platoların deniz düzeyine göre yükseklikleri 2000 m' yi bulur, bunların üstünde yer alan dağların yükseklikleri ise, 3000 m. ve daha yüksektir. Platolar ve dağlar arasında, yükseklikleri yaklaşık 1500 ila 1800 metrelere ulaşan depresyon ovalarıyla oluklar yerleşmiştir. Karasu-Aras Dağlarının bazı dağ kütleleri, Erzurum İli arazisini güneyde engebelendirmiştir. Bunların en önemlileri, Erzurum kenti ve Erzurum ovası (825 Km²) güneyinde yer almakta olan Palandöken Dağları (Büyük Ejder 3176 m.) ve Pasinler Ovası (540 km²) güneyinde yer alan Şahveled Dağları (Çakmak Dağı 3063 m.) olup, Bingöl Dağlarının kuzey yarısı da yine Erzurum İli sınırları içinde kalmaktadır.

İl arazisinin büyük çoğunluğunda, karasal iklim özellikleri egemendir. Kışlar uzun ve sert, yazlar kısa ve sıcak geçer. İl topraklarının kuzey kesimlerinde, yüksekliği yaklaşık 1000 ila 1500 metrelere inen vadi içleriyle çukur sahalarda iklim, büyük ölçüde sertliğini yitirir. İlde en soğuk ay ortalaması, -8.6 C, en sıcak ay ortalaması 19.6 C, en düşük sıcaklık -35 C ve en yüksek sıcaklık ise, 35 C olarak ölçülmüştür. Yıllık yağış tutarı 453 mmm. kadardır. En az yağış kış devresinde düşer. En yağışlı devre ilkbahar ve yaz mevsimleridir.

Alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılacak kriterler, literatürdeki çalışmaların kriterleri incelenerek oluşturulmuştur. Literatürde en çok kullanılan kriterlerler ışığında tez için dört ana, sekiz alt kriter ve üç alternatif belirlenmiştir:



Şekil 7. 2 Alternatif ve kriterler

Tezde incelenen problem Tip 2 bulanık TOPSIS yöntemi ile çözülmüştür, daha sonra Tip 2 bulanık TOPSIS yöntemi için ağırlıklar, Buckley'in Bulanık AHP yöntemi kullanılarak hesaplatılmış ve Tip-2 bulanık TOPSIS'te bu ağırlıklar kullanılmıştır.

7.1. Tip 2 Bulanık TOPSIS Yöntemi

Adım 1: belirlenen kriter ve alternatifler, 2'si lojistik biri üniversite hocası olmak üzere 3 uzman kişi tarafından anket yoluyla değerlendirilmiştir. Puanlamada kullanılan dilsel değişkenler ve bu dilsel değişkenlerin sayısal değerleri Çizelge 7.1'de gösterilmektedir:

Çizelge 7. 1 Tip 2 bulanık değerlendirme kriterleri

		a_{11}^u	a_{12}^u	a_{13}^u	a_{14}^u	$H_1(\tilde{A}_1^u)$	$H_2(\tilde{A}_1^u)$	a_{11}^L	a_{12}^L	a_{13}^L	a_{14}^L	$H_1(\tilde{A}_1^L)$	$H_2(\tilde{A}_1^L)$
Çok Düşük	CD	0	0	0	0,1	1	1	0	0	0	0,05	0,9	0,9
Düşük	D	0	0,1	0,1	0,3	1	1	0,05	0,1	0,1	0,2	0,9	0,9
Orta Düşük	OD	0,1	0,3	0,3	0,5	1	1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,9	0,9
Orta	O	0,3	0,5	0,5	0,7	1	1	0,4	0,5	0,5	0,6	0,9	0,9
Orta Yüksek	OY	0,5	0,7	0,7	0,9	1	1	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	0,9
Yüksek	Y	0,7	0,9	0,9	1	1	1	0,8	0,9	0,9	0,95	0,9	0,9
Çok Yüksek	CY	0,9	1	1	1	1	1	0,95	1	1	1	0,9	0,9

Uzman kişiler (U) tarafından puanlanan kriter ve alternatifler Çizelge 7.2 ve Çizelge 7.3'te gösterilmektedir:

Çizelge 7. 2 Kriterlerin ağırlıkları

	U1	U2	U3
Yatırım Maliyeti	CY	CY	CY
İşletme Maliyeti	CY	Y	Y
Taşıma Maliyeti	CY	CY	CY
Çevresel Koşullar	OY	Y	CY
Havayolu Ulaşım Şartları	OY	OY	Y
Karayolu Ulaşım Şartları	CY	Y	CY
Demiryolu Ulaşım Şartları	Y	CY	OY
Bölgedeki Diğer İllere Olan Uzaklık	Y	OY	CY

Çizelge 7. 3 Alternatiflerin değerlendirilmesi

		U1	U2	U3
Yatırım Maliyeti	Malatya	OY	Y	OY
Yatırım Maliyeti	Erzurum	Y	OY	Y
Yatırım Maliyeti	Van	CY	Y	CY
İşletme Maliyeti	Malatya	CY	Y	Y
İşletme Maliyeti	Erzurum	Y	OY	OY
İşletme Maliyeti	Van	OY	Y	O
Taşıma Maliyeti	Malatya	CY	Y	CY
Taşıma Maliyeti	Erzurum	Y	CY	Y
Taşıma Maliyeti	Van	OY	CY	OY
Çevresel Koşullar	Malatya	Y	Y	Y
Çevresel Koşullar	Erzurum	OY	O	D
Çevresel Koşullar	Van	OY	OD	OY
Havayolu Ulaşım Şartları	Malatya	OY	Y	Y
Havayolu Ulaşım Şartları	Erzurum	O	OY	O
Havayolu Ulaşım Şartları	Van	OD	O	D
Karayolu Ulaşım Şartları	Malatya	Y	OY	OY
Karayolu Ulaşım Şartları	Erzurum	OY	O	OD
Karayolu Ulaşım Şartları	Van	D	OD	D
Demiryolu Ulaşım Şartları	Malatya	Y	OY	OY
Demiryolu Ulaşım Şartları	Erzurum	OY	O	O
Demiryolu Ulaşım Şartları	Van	D	OD	D
Bölgedeki Diğer İllere Olan Uzaklık	Malatya	OY	Y	OY
Bölgedeki Diğer İllere Olan Uzaklık	Erzurum	Y	OY	Y
Bölgedeki Diğer İllere Olan Uzaklık	Van	OD	OD	D

Ortalama karar matrisi $\bar{U} = (\tilde{f}_{ij})_{m \times n}$, (6.2) numaralı formül yardımı ile hesaplanarak oluşturulur:

Yukardaki hesaplamalara göre ortalama karar matrisi ($\bar{U}$) aşağıdaki gibidir:

Çizelge 7. 4 Ortalama karar matrisi ($\bar{U}$)

$\tilde{f}_{11}$	0,57	0,77	0,77	0,93	1,00	1,00		0,67	0,77	0,77	0,85	0,90	0,90
$\tilde{f}_{12}$	0,63	0,77	0,83	0,97	1,00	1,00		0,73	0,83	0,83	0,90	0,90	0,90
$\tilde{f}_{13}$	0,83	0,97	0,97	1,00	1,00	1,00		0,90	0,97	0,97	0,98	0,90	0,90
$\tilde{f}_{21}$	0,77	0,93	0,93	1,00	1,00	1,00		0,85	0,93	0,93	0,97	0,90	0,90
$\tilde{f}_{22}$	0,57	0,77	0,77	0,93	1,00	1,00		0,67	0,77	0,77	0,85	0,90	0,90
$\tilde{f}_{23}$	0,50	0,70	0,70	0,87	1,00	1,00		0,60	0,70	0,70	0,78	0,90	0,90
$\tilde{f}_{31}$	0,83	0,97	0,97	1,00	1,00	1,00		0,90	0,97	0,97	0,98	0,90	0,90
$\tilde{f}_{32}$	0,77	0,93	0,93	1,00	1,00	1,00		0,85	0,93	0,93	0,97	0,90	0,90
$\tilde{f}_{33}$	0,63	0,80	0,80	0,93	1,00	1,00		0,72	0,80	0,80	0,87	0,90	0,90
$\tilde{f}_{41}$	0,7	0,9	0,9	1	1	1		0,8	0,9	0,9	0,95	0,9	0,9
$\tilde{f}_{42}$	0,27	0,43	0,43	0,63	1,00	1,00		0,35	0,43	0,43	0,53	0,90	0,90
$\tilde{f}_{43}$	0,37	0,57	0,57	0,77	1,00	1,00		0,47	0,57	0,57	0,67	0,90	0,90
$\tilde{f}_{51}$	0,63	0,83	0,83	0,97	1,00	1,00		0,73	0,83	0,83	0,90	0,90	0,90
$\tilde{f}_{52}$	0,37	0,57	0,57	0,77	1,00	1,00		0,47	0,57	0,57	0,67	0,90	0,90
$\tilde{f}_{53}$	0,13	0,30	0,30	0,50	1,00	1,00		0,22	0,30	0,30	0,40	0,90	0,90
$\tilde{f}_{61}$	0,57	0,77	0,77	0,93	1,00	1,00		0,67	0,77	0,77	0,85	0,90	0,90
$\tilde{f}_{62}$	0,30	0,50	0,50	0,70	1,00	1,00		0,40	0,50	0,50	0,60	0,90	0,90
$\tilde{f}_{63}$	0,03	0,17	0,17	0,37	1,00	1,00		0,10	0,17	0,17	0,27	0,90	0,90
$\tilde{f}_{71}$	0,57	0,77	0,77	0,93	1,00	1,00		0,67	0,77	0,77	0,85	0,90	0,90
$\tilde{f}_{72}$	0,37	0,57	0,57	0,77	1,00	1,00		0,47	0,57	0,57	0,67	0,90	0,90

Çizelge 7. 4 Ortalama karar matrisi ($\bar{U}$) (devam)

$\tilde{f}_{73}$	0,03	0,17	0,17	0,37	1,00	1,00		0,10	0,17	0,17	0,27	0,90	0,90
$\tilde{f}_{81}$	0,57	0,77	0,77	0,93	1,00	1,00		0,67	0,77	0,77	0,85	0,90	0,90
$\tilde{f}_{82}$	0,63	0,83	0,83	0,97	1,00	1,00		0,73	0,83	0,83	0,90	0,90	0,90
$\tilde{f}_{83}$	0,07	0,23	0,23	0,43	1,00	1,00		0,15	0,23	0,23	0,33	0,90	0,90

Adım 2: bu adımda uzman kişiler tarafından değerlendirilern kriterlere göre ortalama ağırlık matrisi ($\bar{W}$) oluşturulmaktadır. Her bir $\tilde{w}_i$ değeri (6.4) numaralı denklem yardımı ile hesaplanır:

Çizelge 7. 5 Uzman kişilerce değerlendirilen kriterler

			a_{11}^u	a_{12}^u	a_{13}^u	a_{14}^u	$H_1(\tilde{A}_1^u)$	$H_2(\tilde{A}_1^u)$		a_{11}^L	a_{12}^L	a_{13}^L	a_{14}^L	$H_1(\tilde{A}_1^L)$	$H_2(\tilde{A}_1^L)$
YATIRIM MALİYETİ	U1	CY	0,9	1	1	1	1	1		0,95	1	1	1	0,9	0,9
	U2	CY	0,9	1	1	1	1	1		0,95	1	1	1	0,9	0,9
	U3	CY	0,9	1	1	1	1	1		0,95	1	1	1	0,9	0,9
İŞLETME MALİYETİ	U1	CY	0,9	1	1	1	1	1		0,95	1	1	1	0,9	0,9
	U2	Y	0,7	0,9	0,9	1	1	1		0,8	0,9	0,9	0,95	0,9	0,9
	U3	Y	0,7	0,9	0,9	1	1	1		0,8	0,9	0,9	0,95	0,9	0,9
TAŞIMA MALİYETİ	U1	CY	0,9	1	1	1	1	1		0,95	1	1	1	0,9	0,9
	U2	CY	0,9	1	1	1	1	1		0,95	1	1	1	0,9	0,9
	U3	CY	0,9	1	1	1	1	1		0,95	1	1	1	0,9	0,9
ÇEVRESEL KOŞULLAR	U1	OY	0,5	0,7	0,7	0,9	1	1		0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	0,9
	U2	Y	0,7	0,9	0,9	1	1	1		0,8	0,9	0,9	0,95	0,9	0,9
	U3	CY	0,9	1	1	1	1	1		0,95	1	1	1	0,9	0,9

Çizelge 7. 5 Uzman kişilerce değerlendirilen kriterler (devam)

			a_{11}^u	a_{12}^u	a_{13}^u	a_{14}^u	$H_1(\tilde{A}_1^u)$	$H_2(\tilde{A}_1^u)$		a_{11}^L	a_{12}^L	a_{13}^L	a_{14}^L	$H_1(\tilde{A}_1^L)$	$H_2(\tilde{A}_1^L)$
HAVAYOLU ULAŞIM ŞARTLARI	U1	OY	0,5	0,7	0,7	0,9	1	1		0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	0,9
	U2	OY	0,5	0,7	0,7	0,9	1	1		0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	0,9
	U3	Y	0,7	0,9	0,9	1	1	1		0,8	0,9	0,9	0,95	0,9	0,9
KARAYOLU ULAŞIM ŞARTLARI	U1	CY	0,9	1	1	1	1	1		0,95	1	1	1	0,9	0,9
	U2	Y	0,7	0,9	0,9	1	1	1		0,8	0,9	0,9	0,95	0,9	0,9
	U3	CY	0,9	1	1	1	1	1		0,95	1	1	1	0,9	0,9
DEMİRYOLU ULAŞIM ŞARTLARI	U1	Y	0,7	0,9	0,9	1	1	1		0,8	0,9	0,9	0,95	0,9	0,9
	U2	CY	0,9	1	1	1	1	1		0,95	1	1	1	0,9	0,9
	U3	OY	0,5	0,7	0,7	0,9	1	1		0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	0,9
BÖLGEDEKİ DİĞER İLLERE OLAN UZAKLIK	U1	Y	0,7	0,9	0,9	1	1	1		0,8	0,9	0,9	0,95	0,9	0,9
	U2	OY	0,5	0,7	0,7	0,9	1	1		0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	0,9
	U3	CY	0,9	1	1	1	1	1		0,95	1	1	1	0,9	0,9

Ortalama ağırlık matrisi ($\bar{W}$) aşağıdaki gibidir:

Çizelge 7. 6 Ortalama ağırlık matrisi ($\bar{W}$)

a_{11}^u	a_{12}^u	a_{13}^u	a_{14}^u	$H_1(\tilde{A}_1^u)$	$H_2(\tilde{A}_1^u)$		a_{11}^L	a_{12}^L	a_{13}^L	a_{14}^L	$H_1(\tilde{A}_1^L)$	$H_2(\tilde{A}_1^L)$
0,90	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		0,95	1,00	1,00	1,00	0,90	0,90
0,77	0,93	0,93	1,00	1,00	1,00		0,85	0,93	0,93	0,97	0,90	0,90
0,90	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		0,95	1,00	1,00	1,00	0,90	0,90
0,70	0,87	0,87	0,97	1,00	1,00		0,78	0,87	0,87	0,92	0,90	0,90
0,57	0,77	0,77	0,93	1,00	1,00		0,67	0,77	0,77	0,85	0,90	0,90
0,83	0,97	0,97	1,00	1,00	1,00		0,90	0,97	0,97	0,98	0,90	0,90
0,70	0,87	0,87	0,97	1,00	1,00		0,78	0,87	0,87	0,92	0,90	0,90
0,70	0,87	0,87	0,97	1,00	1,00		0,78	0,87	0,87	0,92	0,90	0,90

Adım 3: bu adımda hesaplanan ağırlıklar ile karar matrisi $\tilde{v}_{ij} = \tilde{w} \otimes \tilde{f}_{ij}$ formülüne göre çarpılarak ağırlıklandırılmış karar matrisi elde edilir ($\bar{U}_w$):

Çizelge 7. 7 Ağırlıklandırılmış karar matrisi ($\bar{U}_w$)

	a_{11}^u	a_{12}^u	a_{13}^u	a_{14}^u	$H_1(\tilde{A}_1^u)$	$H_2(\tilde{A}_1^u)$		a_{11}^L	a_{12}^L	a_{13}^L	a_{14}^L	$H_1(\tilde{A}_1^L)$	$H_2(\tilde{A}_1^L)$
$\tilde{v}_{11}$	0,51	0,77	0,77	0,93	1,00	1,00		0,63	0,77	0,77	0,85	0,90	0,90
$\tilde{v}_{12}$	0,57	0,77	0,83	0,97	1,00	1,00		0,70	0,83	0,83	0,90	0,90	0,90
$\tilde{v}_{13}$	0,75	0,97	0,97	1,00	1,00	1,00		0,86	0,97	0,97	0,98	0,90	0,90
$\tilde{v}_{21}$	0,59	0,87	0,87	1,00	1,00	1,00		0,72	0,87	0,87	0,93	0,90	0,90
$\tilde{v}_{22}$	0,43	0,72	0,72	0,93	1,00	1,00		0,57	0,72	0,72	0,82	0,90	0,90
$\tilde{v}_{23}$	0,38	0,65	0,65	0,87	1,00	1,00		0,51	0,65	0,65	0,76	0,90	0,90
$\tilde{v}_{31}$	0,75	0,97	0,97	1,00	1,00	1,00		0,86	0,97	0,97	0,98	0,90	0,90
$\tilde{v}_{32}$	0,69	0,93	0,93	1,00	1,00	1,00		0,81	0,93	0,93	0,97	0,90	0,90
$\tilde{v}_{33}$	0,57	0,8	0,8	0,933	1,00	1,00		0,681	0,8	0,8	0,867	0,90	0,90
$\tilde{v}_{41}$	0,49	0,78	0,78	0,967	1,00	1,00		0,627	0,78	0,78	0,871	0,90	0,90
$\tilde{v}_{42}$	0,19	0,376	0,376	0,612	1,00	1,00		0,274	0,376	0,376	0,489	0,90	0,90
$\tilde{v}_{43}$	0,26	0,491	0,491	0,741	1,00	1,00		0,366	0,491	0,491	0,611	0,90	0,90
$\tilde{v}_{51}$	0,36	0,639	0,639	0,902	1,00	1,00		0,489	0,639	0,639	0,765	0,90	0,90
$\tilde{v}_{52}$	0,21	0,434	0,434	0,716	1,00	1,00		0,311	0,434	0,434	0,567	0,90	0,90
$\tilde{v}_{53}$	0,08	0,23	0,23	0,467	1,00	1,00		0,144	0,23	0,23	0,34	0,90	0,90

Çizelge 7. 7 Ağırlıklandırılmış karar matrisi ($\bar{U}_w$) (devam)

	a_{11}^u	a_{12}^u	a_{13}^u	a_{14}^u	$H_1(\tilde{A}_1^u)$	$H_2(\tilde{A}_1^u)$	a_{11}^L	a_{12}^L	a_{13}^L	a_{14}^L	$H_1(\tilde{A}_1^L)$	$H_2(\tilde{A}_1^L)$
$\tilde{v}_{61}$	0,47	0,741	0,741	0,933	1,00	1,00	0,6	0,741	0,741	0,836	0,90	0,90
$\tilde{v}_{62}$	0,25	0,48	0,48	0,70	1,00	1,00	0,36	0,48	0,48	0,59	0,90	0,90
$\tilde{v}_{63}$	0,03	0,161	0,161	0,367	1,00	1,00	0,09	0,161	0,161	0,262	0,90	0,90
$\tilde{v}_{71}$	0,4	0,7	0,7	0,9	1,00	1,00	0,5	0,7	0,7	0,8	0,90	0,90
$\tilde{v}_{72}$	0,26	0,491	0,491	0,741	1,00	1,00	0,37	0,49	0,49	0,61	0,90	0,90
$\tilde{v}_{73}$	0,02	0,144	0,144	0,354	1,00	1,00	0,078	0,144	0,144	0,244	0,90	0,90
$\tilde{v}_{81}$	0,40	0,66	0,66	0,90	1,00	1,00	0,52	0,66	0,66	0,78	0,90	0,90
$\tilde{v}_{82}$	0,44	0,72	0,72	0,93	1,00	1,00	0,57	0,72	0,72	0,83	0,90	0,90
$\tilde{v}_{83}$	0,05	0,20	0,20	0,42	1,00	1,00	0,12	0,20	0,20	0,31	0,90	0,90

Adım 4: (numaralı) formül yardımı ile sıralama matrisi ($\bar{U}_w^*$) elde edilmektedir:

Çizelge 7. 8 Sıralama matrisi ($\bar{U}_w^*$)

Rank($\tilde{v}_{11}$)	8,19		Rank($\tilde{v}_{21}$)	8,77		Rank($\tilde{v}_{31}$)	9,38		Rank($\tilde{v}_{41}$)	8,24
Rank($\tilde{v}_{12}$)	8,50		Rank($\tilde{v}_{22}$)	7,88		Rank($\tilde{v}_{32}$)	9,16		Rank($\tilde{v}_{42}$)	5,95
Rank($\tilde{v}_{13}$)	9,38		Rank($\tilde{v}_{23}$)	7,52		Rank($\tilde{v}_{33}$)	8,41		Rank($\tilde{v}_{43}$)	6,60
Rank($\tilde{v}_{51}$)	7,44		Rank($\tilde{v}_{61}$)	8,04		Rank($\tilde{v}_{71}$)	7,60		Rank($\tilde{v}_{81}$)	7,60
Rank($\tilde{v}_{52}$)	6,28		Rank($\tilde{v}_{62}$)	6,54		Rank($\tilde{v}_{72}$)	6,60		Rank($\tilde{v}_{82}$)	7,92
Rank($\tilde{v}_{53}$)	5,11		Rank($\tilde{v}_{63}$)	4,71		Rank($\tilde{v}_{73}$)	4,62		Rank($\tilde{v}_{83}$)	4,93

Adım 5: pozitif ideal çözüm $s^+ = (v_1^+, v_2^+, \dots, v_m^+)$ ve negatif ideal çözüm $s^- = (v_1^-, v_2^-, \dots, v_m^-)$ formüller ile hesaplanmaktadır:

Çizelge 7. 9 Pozitif ve negatif ideal çözüm

			v-	v+
			8,19	9,38
Rank($\tilde{v}_{11}$)	8,19			
Rank($\tilde{v}_{12}$)	8,50			
Rank($\tilde{v}_{13}$)	9,38			
			7,52	8,77
Rank($\tilde{v}_{21}$)	8,77			
Rank($\tilde{v}_{22}$)	7,88			
Rank($\tilde{v}_{23}$)	7,52			
			8,41	9,38
Rank($\tilde{v}_{31}$)	9,38			
Rank($\tilde{v}_{32}$)	9,16			
Rank($\tilde{v}_{33}$)	8,41			
			5,95	8,24
Rank($\tilde{v}_{41}$)	8,24			
Rank($\tilde{v}_{42}$)	5,95			
Rank($\tilde{v}_{43}$)	6,60			
			5,11	7,44
Rank($\tilde{v}_{51}$)	7,44			
Rank($\tilde{v}_{52}$)	6,28			
Rank($\tilde{v}_{53}$)	5,11			

Çizelge 7. 9 Pozitif ve negatif ideal çözüm (devam)

			v-	v+
			4,71	8,04
Rank($\tilde{v}_{61}$)	8,04			
Rank($\tilde{v}_{62}$)	6,54			
Rank($\tilde{v}_{63}$)	4,71			
			4,62	7,60
Rank($\tilde{v}_{71}$)	7,60			
Rank($\tilde{v}_{72}$)	6,60			
Rank($\tilde{v}_{73}$)	4,62			
			4,93	7,92
Rank($\tilde{v}_{81}$)	7,60			
Rank($\tilde{v}_{82}$)	7,92			
Rank($\tilde{v}_{83}$)	4,93			

Adım 6: her bir alternatifin (s_i) pozitif ideal çözüme (v_i^+) ve negatif ideal çözüme (v_i^-) olan uzaklıkları $d^+(s_i)$ ve $d^-(s_i)$ (6.10)-(6.11) numaralı formüller ile hesaplanır:

Çizelge 7. 10 Pozitif ve negatif ideal çözüme olan uzaklık

	$d^-(s_i)$	$d^+(s_i)$
s_1	6,34	1,23
s_2	4,28	3,39
s_3	1,35	6,28

Adım 7: Yakınlık derecesi $C(s_j)$ (6.12) formülle hesaplanır:

$$C(s_1) = \frac{6,34}{6,34+1,23} = 0,846$$

$$C(s_2) = \frac{4,28}{4,28+3,39} = 0,580$$

$$C(s_3) = \frac{1,35}{1,35+6,28} = 0,072$$

Adım 8: yakınlık derecesine göre $C(s_j)$ değeri 1'e yakın olan alternatif lokasyon, en uygun yer olarak seçilir:

Çizelge 7. 11 Pozitif ve negatif ideal çözüme olan uzaklık

NİHAİ SIRALAMA	
$C(s_1)$ - Malatya	0,85
$C(s_2)$ - Erzurum	0,58
$C(s_3)$ - Van	0,07

Yukarda hesaplanan yakınlık dereceleri incelendiğinde en büyük yakınlık derecesine (0,84) sahip olan “Malatya” ili Doğu Anadolu lojistik merkez yeri için en uygun il olarak belirlenmiştir. İkinci sırada Erzurum yer alırken son sırada en düşük yakınlık derecesi ile Van ili yer almaktadır.

7.2. Buckley’in Bulanık AHP Yöntemi

Uzman kişilerce puanlanan kriterlerin ağırlıkları, Buckley’in bulanık AHP yöntemi ile hesaplanmıştır. Buckley yöntemi ile hesaplama şu şekilde yapılmıştır:

Adım 1: Karar vericilerin kriterleri puanlaması sonucu bulanık sayılarla karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur. Dilsel değişkenler ile puanlanan kriterler, aşağıda verilen karşılaştırma puanlamaları ile değerlendirilmiştir:

Çizelge 7. 12 Kriterlerin karşılaştırma puanlaması

Ed	Eşit derecede önemli	(1, 1, 3)
Zy	Zayıf derecede önemli	(1, 3, 5)
Es	Esasen önemli	(3, 5, 7)
G	Güçlü derecede önemli	(5, 7, 9)
Çg	Çok güçlü derecede önemli	(7, 9, 9)
1/Ed		(0,33, 1, 1)
1/Zy		(0,2, 0,33, 1)
1/Es		(0,14, 0,2, 0,33)
1/G		(0,11, 0,14, 0,2)
1/Çg		(0,11, 0,11, 0,14)

Çizelge 7. 13 Uzman kişi-1 için ana ve alt kriterlerin değerlendirilmesi

Ana Kriterlerin Değerlendirilmesi				
	C1	C2	C3	C4
C1		EQ	EQ	ES
C2			EQ	ES
C3				ES
C4				

Alt Kriterlerin Değerlendirilmesi						
	C11	C12	C13	C31	C32	C33
C11		EQ	EQ	ES	ES	EQ
C12			EQ	ES	ES	EQ
C13				ES	ES	EQ
C31					EQ	1/ES
C32						1/ES
C33						

Çizelge 7. 14 Uzman kişi-2 için ana ve alt kriterlerin değerlendirilmesi

Ana Kriterlerin Değerlendirilmesi				
	C1	C2	C3	C4
C1		Wk	EQ	Wk
C2			1/Wk	EQ
C3				Wk
C4				

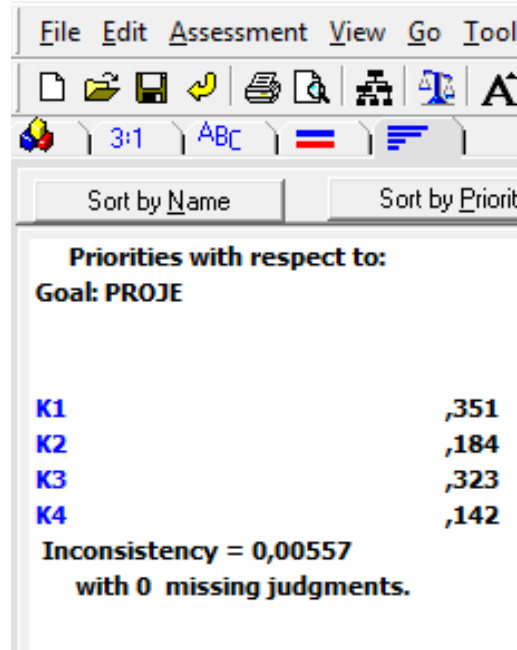
Alt Kriterlerin Değerlendirilmesi						
	C11	C12	C13	C31	C32	C33
C11		Wk	EQ	Wk	ES	Wk
C12			1/Wk	EQ	Wk	EQ
C13				Wk	ES	Wk
C31					Wk	EQ
C32						1/Wk
C33						

Çizelge 7. 15 Uzman kişi-3 için ana ve alt kriterlerin değerlendirilmesi

Ana Kriterlerin Değerlendirilmesi				
	C1	C2	C3	C4
C1		Wk	EQ	EQ
C2			1/Wk	1/Wk
C3				EQ
C4				

Alt Kriterlerin Değerlendirilmesi						
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1		Wk	EQ	EQ	Wk	EQ
C2			1/Wk	1/Wk	EQ	1/Wk
C3				EQ	Wk	EQ
C4					Wk	EQ
C5						1/Wk
C6						

Expert choice programı ile yapılan tutarlılık analizine göre tutarlılık oranı 0,00557 olarak hesaplanmıştır. Tutarlılık oranı 0,1'in altında olduğu için alternatiflerin ikili karşılaştırma matrisi tutarlıdır. Expert choice programı ile elde edilen tutarlılık oranının görüntüsü aşağıda gösterilmektedir:



Şekil 7.3 Tutarlılık analizi sonucu

Adım 2: Karar verici ve kriter sayısı dikkate alınarak, karşılaştırma matrisindeki her satır için geometrik ortalama hesaplanmıştır:

Çizelge 7. 16 Ana ve alt kriterler için geometrik ortalama

R_1	(1,096, 1,505, 2,78)	R_{11}	(1,201, 1,774, 3,316)
R_2	(0,511, 0,722, 1,412)	R_{12}	(0,68, 0,879, 1,842)
R_3	(0,76, 1,507, 1,927)	R_{13}	(0,941, 1,776, 2,597)
R_4	(0,357, 0,611, 0,869)	R_{31}	(0,503, 0,744, 1,23)
		R_{32}	(0,301, 0,381, 0,693)
		R_{33}	(0,58, 1,273, 1,094)

Adım 3: Geometrik ortalamanın hesaplanmasının ardından kriterler için ağırlıklar hesaplanmıştır. Alt kriter ağırlıkları, bağlı olduğu ana kriter ağırlığı ile çarpılarak hesaplanmıştır:

Çizelge 7. 17 Kriter ağırlıkları

$\bar{W}_{11}$	0,017	0,090	0,804	(0,017, 0,09, 0,09, 0,804)
$\bar{W}_{12}$	0,005	0,021	0,227	(0,005, 0,021, 0,021, 0,227)
$\bar{W}_{13}$	0,009	0,090	0,437	(0,009, 0,09, 0,09, 0,437)
$\bar{W}_2$	0,073	0,166	0,518	(0,073, 0,166, 0,166, 0,518)
$\bar{W}_{31}$	0,005	0,038	0,207	(0,005, 0,038, 0,038, 0,207)
$\bar{W}_{32}$	0,003	0,019	0,117	(0,003, 0,019, 0,019, 0,117)
$\bar{W}_{33}$	0,006	0,065	0,184	(0,006, 0,065, 0,065, 0,184)
$\bar{W}_4$	0,051	0,141	0,319	(0,051, 0,141, 0,141, 0,319)

Buckley yönteminde ağırlıklar, üçgen bulanık sayılar ile hesaplanmıştır. Tezde ise yamuk bulanık sayılar kullanılarak çözüm yapılacağından üçgen bulanık sayıların ortasında yeralan sayı çoklanarak, yamuk bulanık sayı haline getirilmiştir.

7.3. Buckley'in Bulanık AHP Yöntemi ve Tip-2 TOPSIS Yöntemi

Çizelge 7. 18 Buckley'in bulanık AHP yöntemi ile hesaplatılmış ağırlık matrisi ($\bar{W}$)

a_{11}^u	a_{12}^u	a_{13}^u	a_{14}^u	$H_1(\tilde{A}_1^u)$	$H_2(\tilde{A}_1^u)$	a_{11}^L	a_{12}^L	a_{13}^L	a_{14}^L	$H_1(\tilde{A}_1^L)$	$H_2(\tilde{A}_1^L)$
0,017	0,09	0,09	0,804	1.00	1.00	0,017	0,09	0,09	0,804	0.85	0.85
0,01	0,045	0,045	0,447	1.00	1.00	0,01	0,045	0,045	0,447	0.85	0.85
0,014	0,09	0,09	0,63	1.00	1.00	0,014	0,09	0,09	0,63	0.85	0.85
0,073	0,166	0,166	0,518	1.00	1.00	0,073	0,166	0,166	0,518	0.85	0.85
0,005	0,038	0,038	0,207	1.00	1.00	0,005	0,038	0,038	0,207	0.85	0.85
0,003	0,019	0,019	0,117	1.00	1.00	0,003	0,019	0,019	0,117	0.85	0.85
0,006	0,065	0,065	0,184	1.00	1.00	0,006	0,065	0,065	0,184	0.85	0.85
0,051	0,141	0,141	0,319	1.00	1.00	0,051	0,141	0,141	0,319	0.85	0.85

Adım 3: bu adımda, hesaplanan ağırlıklar ile karar matrisi, $\tilde{U}_{ij} = \tilde{w} \otimes \tilde{f}_{ij}$ formülüne göre çarpılarak ağırlıklandırılmış karar matrisi elde edilir ($\bar{U}_w$):

Çizelge 7. 19 Ağırlıklandırılmış karar matrisi ($\bar{U}_w$)

	a_{11}^u	a_{12}^u	a_{13}^u	a_{14}^u	$H_1(\tilde{A}_1^u)$	$H_2(\tilde{A}_1^u)$	a_{11}^L	a_{12}^L	a_{13}^L	a_{14}^L	$H_1(\tilde{A}_1^L)$	$H_2(\tilde{A}_1^L)$
$\tilde{u}_{11}$	0,010	0,069	0,069	0,750	1,000	1,000	0,012	0,069	0,069	0,683	0,900	0,900
$\tilde{v}_{12}$	0,011	0,069	0,075	0,777	1,000	1,000	0,013	0,075	0,075	0,724	0,900	0,900
$\tilde{v}_{13}$	0,015	0,087	0,087	0,804	1,000	1,000	0,016	0,087	0,087	0,791	0,900	0,900
$\tilde{v}_{21}$	0,008	0,042	0,042	0,447	1,000	1,000	0,008	0,042	0,042	0,432	0,900	0,900
$\tilde{v}_{22}$	0,006	0,034	0,034	0,417	1,000	1,000	0,007	0,034	0,034	0,380	0,900	0,900
$\tilde{v}_{23}$	0,005	0,031	0,031	0,387	1,000	1,000	0,006	0,031	0,031	0,350	0,900	0,900

Çizelge 7. 19 Ağırlıklandırılmış karar matrisi ($\bar{U}_w$) (devam)

	a_{11}^u	a_{12}^u	a_{13}^u	a_{14}^u	$H_1(\tilde{A}_1^u)$	$H_2(\tilde{A}_1^u)$		a_{11}^L	a_{12}^L	a_{13}^L	a_{14}^L	$H_1(\tilde{A}_1^L)$	$H_2(\tilde{A}_1^L)$
$\tilde{v}_{31}$	0,011	0,087	0,087	0,630	1,000	1,000		0,012	0,087	0,087	0,619	0,900	0,900
$\tilde{v}_{32}$	0,011	0,084	0,084	0,630	1,000	1,000		0,012	0,084	0,084	0,609	0,900	0,900
$\tilde{v}_{33}$	0,009	0,072	0,072	0,588	1,000	1,000		0,010	0,072	0,072	0,546	0,900	0,900
$\tilde{v}_{41}$	0,051	0,149	0,149	0,518	1,000	1,000		0,059	0,149	0,149	0,493	0,900	0,900
$\tilde{v}_{42}$	0,020	0,072	0,072	0,328	1,000	1,000		0,026	0,072	0,072	0,276	0,900	0,900
$\tilde{v}_{43}$	0,027	0,094	0,094	0,397	1,000	1,000		0,034	0,094	0,094	0,346	0,900	0,900
$\tilde{v}_{51}$	0,003	0,031	0,031	0,200	1,000	1,000		0,004	0,031	0,031	0,186	0,900	0,900
$\tilde{v}_{52}$	0,002	0,021	0,021	0,159	1,000	1,000		0,002	0,021	0,021	0,138	0,900	0,900
$\tilde{v}_{53}$	0,001	0,011	0,011	0,103	1,000	1,000		0,001	0,011	0,011	0,083	0,900	0,900
$\tilde{v}_{61}$	0,002	0,015	0,015	0,109	1,000	1,000		0,002	0,015	0,015	0,099	0,900	0,900
$\tilde{v}_{62}$	0,001	0,010	0,010	0,082	1,000	1,000		0,001	0,010	0,010	0,070	0,900	0,900
$\tilde{v}_{63}$	0,000	0,003	0,003	0,043	1,000	1,000		0,000	0,003	0,003	0,031	0,900	0,900
$\tilde{v}_{71}$	0,003	0,050	0,050	0,172	1,000	1,000		0,004	0,050	0,050	0,156	0,900	0,900
$\tilde{v}_{72}$	0,002	0,037	0,037	0,141	1,000	1,000		0,003	0,037	0,037	0,123	0,900	0,900
$\tilde{v}_{73}$	0,000	0,011	0,011	0,067	1,000	1,000		0,001	0,011	0,011	0,049	0,900	0,900
$\tilde{v}_{81}$	0,029	0,108	0,108	0,298	1,000	1,000		0,034	0,108	0,108	0,271	0,900	0,900
$\tilde{v}_{82}$	0,032	0,117	0,117	0,178	1,000	1,000		0,037	0,117	0,117	0,287	0,900	0,900
$\tilde{v}_{83}$	0,003	0,033	0,033	0,138	1,000	1,000		0,008	0,033	0,033	0,106	0,900	0,900

Adım 4: hesaplanan sıralama matrisi ($\bar{U}_w^*$) aşağıdaki tabloda yer almaktadır:

Çizelge 7. 20 Sıralama karar matrisi ($\bar{U}_w^*$)

S1		S2		S3	
Rank($\tilde{v}_{11}$)	4,48	Rank($\tilde{v}_{12}$)	4,52	Rank($\tilde{v}_{13}$)	4,61
Rank($\tilde{v}_{21}$)	4,22	Rank($\tilde{v}_{22}$)	4,16	Rank($\tilde{v}_{23}$)	4,13
Rank($\tilde{v}_{31}$)	4,51	Rank($\tilde{v}_{32}$)	4,49	Rank($\tilde{v}_{33}$)	4,41
Rank($\tilde{v}_{41}$)	4,76	Rank($\tilde{v}_{42}$)	4,29	Rank($\tilde{v}_{43}$)	4,43
Rank($\tilde{v}_{51}$)	4,04	Rank($\tilde{v}_{52}$)	3,97	Rank($\tilde{v}_{53}$)	3,90
Rank($\tilde{v}_{61}$)	3,92	Rank($\tilde{v}_{62}$)	3,88	Rank($\tilde{v}_{63}$)	3,83
Rank($\tilde{v}_{71}$)	4,10	Rank($\tilde{v}_{72}$)	4,02	Rank($\tilde{v}_{73}$)	3,88
Rank($\tilde{v}_{81}$)	4,44	Rank($\tilde{v}_{82}$)	4,45	Rank($\tilde{v}_{83}$)	4,01

Adım 5: pozitif ideal çözüm $s^+ = (v_1^+, v_2^+, \dots, v_m^+)$ ve negatif ideal çözüm $s^- = (v_1^-, v_2^-, \dots, v_m^-)$ formüller ile hesaplanmaktadır:

Çizelge 7. 21 Pozitif ve negatif ideal çözüm

			v-	v+
			4,48	4,61
Rank($\tilde{v}_{11}$)	4,48			
Rank($\tilde{v}_{12}$)	4,52			
Rank($\tilde{v}_{13}$)	4,61			
			4,13	4,22
Rank($\tilde{v}_{21}$)	4,22			
Rank($\tilde{v}_{22}$)	4,16			
Rank($\tilde{v}_{23}$)	4,13			
			4,41	4,51
Rank($\tilde{v}_{31}$)	4,40			
Rank($\tilde{v}_{32}$)	4,39			
Rank($\tilde{v}_{33}$)	4,32			
			4,29	4,76
Rank($\tilde{v}_{41}$)	4,51			
Rank($\tilde{v}_{42}$)	4,49			
Rank($\tilde{v}_{43}$)	4,41			
			3,90	4,04
Rank($\tilde{v}_{51}$)	4,04			
Rank($\tilde{v}_{52}$)	3,97			
Rank($\tilde{v}_{53}$)	3,90			
			3,83	3,92
Rank($\tilde{v}_{61}$)	3,92			
Rank($\tilde{v}_{62}$)	3,88			
Rank($\tilde{v}_{63}$)	3,83			

Çizelge 7. 21 Pozitif ve negatif ideal çözüm (devam)

			v-	v+
			3,88	4,10
Rank($\tilde{v}_{71}$)	4,10			
Rank($\tilde{v}_{72}$)	4,02			
Rank($\tilde{v}_{73}$)	3,88			
			4,01	4,45
Rank($\tilde{v}_{81}$)	4,44			
Rank($\tilde{v}_{82}$)	4,45			
Rank($\tilde{v}_{83}$)	4,01			

Adım 6: her bir alternatifin (s_i) pozitif ideal çözüme (v_i^+) ve negatif ideal çözüme (v_i^-) olan uzaklıkları $d^+(s_i)$ ve $d^-(s_i)$ (6.10)-(6.11) numaralı formüller ile hesaplanır:

Çizelge 7. 22 Alternatiflerin pozitif ve negatif ideal çözüme olan uzaklık

	$d^-(s_i)$	$d^+(s_i)$
s_1	0,71	0,12
s_2	0,48	0,49
s_3	0,19	0,63

Adım 7: Yakınlık derecesi $C(s_j)$ (6.12) formülle hesaplanır:

$$C(s_1) = \frac{0,71}{0,71 + 0,12} = 0,85$$

$$C(s_2) = \frac{0,48}{0,48 + 0,49} = 0,50$$

$$C(s_3) = \frac{0,19}{0,19 + 0,63} = 0,23$$

Adım 8: yakınlık derecesine göre $C(s_j)$ değeri 1'e yakın olan alternatif lokasyon, en uygun yer olarak seçilir:

Çizelge 7. 23 Alternatiflerin nihai sıralaması

NİHAİ SIRALAMA	
$C(s_1)$ - Malatya	0,85
$C(s_2)$ - Erzurum	0,50
$C(s_3)$ - Van	0,23

Yukarda hesaplanan yakınlık dereceleri incelendiğinde en büyük yakınlık derecesine (0,85) sahip olan “Malatya” ili Doğu Anadolu lojistik merkez yeri için en uygun il olarak belirlenmiştir. İkinci sırada Erzurum yer alırken son sırada en düşük yakınlık derecesi ile Van ili yer almaktadır.

7.4. Duyarlılık Analizi

Tezde önerilen medolojide karar vericilerin kriterlere, verdikleri gerçek puan dışında puanlar verilerek, kriterlerin problemin çözümünü nasıl değiştirdiğini bulamak için duyarlılık analizi yapılmıştır. Ortalama kriter ağırlıklarına bakıldığında, tüm kriterlere aynı puan verilip, en düşük ortalamaya sahip olan “Havayolu Ulaşım Şartları” kriterinin problemin sonucunu değiştirip değiştirmediğini tespit etmek amacıyla, bu kritere farklı puanlar verilerek testler yapılmıştır. Yapılan duyarlılık analizi ile problemin sonucunu değiştiren 3 farklı senaryo tespit edilmiştir.

Çizelge 7. 24 Puanlamada en düşük değeri alan kriter

	a_{11}^u	a_{12}^u	a_{13}^u	a_{14}^u	$H_1(\tilde{A}_1^u)$	$H_2(\tilde{A}_1^u)$		a_{11}^L	a_{12}^L	a_{13}^L	a_{14}^L	$H_1(\tilde{A}_1^L)$	$H_2(\tilde{A}_1^L)$
Yatırım Maliyeti	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		0,95	1,00	1,00	1,00	0,90	0,90
İşletme Maliyeti	0,77	0,93	0,93	1,00	1,00	1,00		0,85	0,93	0,93	0,97	0,90	0,90
Taşıma Maliyeti	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		0,95	1,00	1,00	1,00	0,90	0,90
Çevresel Koşullar	0,70	0,87	0,87	0,97	1,00	1,00		0,78	0,87	0,87	0,92	0,90	0,90
Havayolu Ulaşım Şartları	0,57	0,77	0,77	0,93	1,00	1,00		0,67	0,77	0,77	0,85	0,90	0,90
Karayolu Ulaşım Şartları	0,83	0,97	0,97	1,00	1,00	1,00		0,90	0,97	0,97	0,98	0,90	0,90
Demiryolu Ulaşım Şartları	0,70	0,87	0,87	0,97	1,00	1,00		0,78	0,87	0,87	0,92	0,90	0,90
Bölgedeki Diğer illere Olan Uzaklık	0,70	0,87	0,87	0,97	1,00	1,00		0,78	0,87	0,87	0,92	0,90	0,90

Senaryo 1: tüm alternatifler, “Havayolu Ulaşım Şartları” dışındaki tüm kriterlerle OY olarak puanlanmış, “Havayolu Ulaşım Şartları” aşağıdaki gibi değiştirilmiştir:

Çizelge 7. 25 Senaryo-1’e göre alternatiflerin değerlendirilmesi

		U1	U2	U3
Yatırım Maliyeti	Malatya	OY	OY	OY
Yatırım Maliyeti	Erzurum	OY	OY	OY
Yatırım Maliyeti	Van	OY	OY	OY
İşletme Maliyeti	Malatya	OY	OY	OY
İşletme Maliyeti	Erzurum	OY	OY	OY
İşletme Maliyeti	Van	OY	OY	OY

Çizelge 7. 25 Senaryo-1'e göre alternatiflerin değerlendirilmesi (devam)

		U1	U2	U3
Taşıma Maliyeti	Malatya	OY	OY	OY
Taşıma Maliyeti	Erzurum	OY	OY	OY
Taşıma Maliyeti	Van	OY	OY	OY
Çevresel Koşullar	Malatya	OY	OY	OY
Çevresel Koşullar	Erzurum	OY	OY	OY
Çevresel Koşullar	Van	OY	OY	OY
Havayolu Ulaşım Şartları	Malatya	Y	D	Y
Havayolu Ulaşım Şartları	Erzurum	CY	CY	CY
Havayolu Ulaşım Şartları	Van	Y	CY	D
Karayolu Ulaşım Şartları	Malatya	OY	OY	OY
Karayolu Ulaşım Şartları	Erzurum	OY	OY	OY
Karayolu Ulaşım Şartları	Van	OY	OY	OY
Demiryolu Ulaşım Şartları	Malatya	OY	OY	OY
Demiryolu Ulaşım Şartları	Erzurum	OY	OY	OY
Demiryolu Ulaşım Şartları	Van	OY	OY	OY
Bölgedeki Diğer İllere Olan Uzaklık	Malatya	OY	OY	OY
Bölgedeki Diğer İllere Olan Uzaklık	Erzurum	OY	OY	OY
Bölgedeki Diğer İllere Olan Uzaklık	Van	OY	OY	OY

Yapılan bu değişiklik nihai sıralamada Erzurum'u tercih edilecek il olarak çıkarmıştır:

Çizelge 7. 26 Senaryo-1'e göre alternatiflerin nihai sıralaması

NİHAİ SIRALAMA	
C(x1)-Malatya	0,04
C(x2)-Erzurum	0,96
C(x3)-Van	0,10

Senaryo 2: tüm alternatifler, “Havayolu Ulaşım Şartları” dışındaki tüm kriterlerle OY olarak puanlanmış, “Havayolu Ulaşım Şartları” aşağıdaki gibi değiştirilmiştir:

Çizelge 7. 27 Senaryo-2’ye göre alternatiflerin değerlendirilmesi

		U1	U2	U3
Yatırım Maliyeti	Malatya	OY	OY	OY
Yatırım Maliyeti	Erzurum	OY	OY	OY
Yatırım Maliyeti	Van	OY	OY	OY
İşletme Maliyeti	Malatya	OY	OY	OY
İşletme Maliyeti	Erzurum	OY	OY	OY
İşletme Maliyeti	Van	OY	OY	OY
Taşıma Maliyeti	Malatya	OY	OY	OY
Taşıma Maliyeti	Erzurum	OY	OY	OY
Taşıma Maliyeti	Van	OY	OY	OY
Çevresel Koşullar	Malatya	OY	OY	OY
Çevresel Koşullar	Erzurum	OY	OY	OY
Çevresel Koşullar	Van	OY	OY	OY
Havayolu Ulaşım Şartları	Malatya	D	D	Y
Havayolu Ulaşım Şartları	Erzurum	CY	Y	D
Havayolu Ulaşım Şartları	Van	Y	CY	Y
Karayolu Ulaşım Şartları	Malatya	OY	OY	OY
Karayolu Ulaşım Şartları	Erzurum	OY	OY	OY
Karayolu Ulaşım Şartları	Van	OY	OY	OY
Demiryolu Ulaşım Şartları	Malatya	OY	OY	OY
Demiryolu Ulaşım Şartları	Erzurum	OY	OY	OY
Demiryolu Ulaşım Şartları	Van	OY	OY	OY
Bölgedeki Diğer İllere Olan Uzaklık	Malatya	OY	OY	OY
Bölgedeki Diğer İllere Olan Uzaklık	Erzurum	OY	OY	OY
Bölgedeki Diğer İllere Olan Uzaklık	Van	OY	OY	OY

Senaryo 2’de değiştirilen puanlama ile Van ili tercih edilecek iller arasında ilk sıradadır:

Çizelge 7. 28 Senaryo-2'ye göre alternatiflerin nihai sıralaması

NİHAİ SIRALAMA	
C(x1)-Malatya	0,03
C(x2)-Erzurum	0,53
C(x3)-Van	1

Senaryo 3: tüm alternatifler, “Havayolu Ulaşım Şartları” dışındaki tüm kriterlerle OY olarak puanlanmış, “Havayolu Ulaşım Şartları” aşağıdaki gibi değiştirilmiştir:

Çizelge 7. 29 Senaryo-3'e göre alternatiflerin değerlendirilmesi

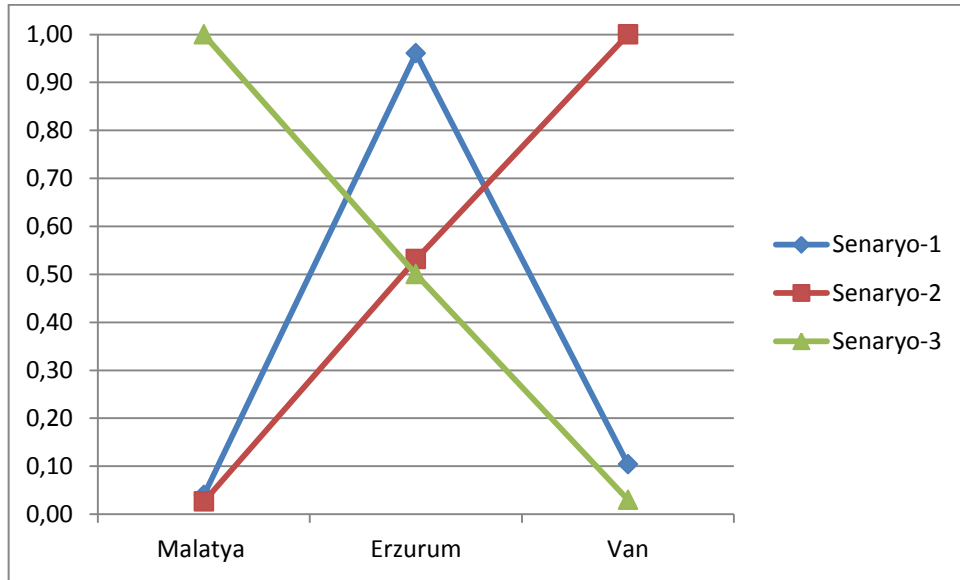
		U1	U2	U3
Yatırım Maliyeti	Malatya	OY	OY	OY
Yatırım Maliyeti	Erzurum	OY	OY	OY
Yatırım Maliyeti	Van	OY	OY	OY
İşletme Maliyeti	Malatya	OY	OY	OY
İşletme Maliyeti	Erzurum	OY	OY	OY
İşletme Maliyeti	Van	OY	OY	OY
Taşıma Maliyeti	Malatya	OY	OY	OY
Taşıma Maliyeti	Erzurum	OY	OY	OY
Taşıma Maliyeti	Van	OY	OY	OY
Çevresel Koşullar	Malatya	OY	OY	OY
Çevresel Koşullar	Erzurum	OY	OY	OY
Çevresel Koşullar	Van	OY	OY	OY
Havayolu Ulaşım Şartları	Malatya	OY	Y	Y
Havayolu Ulaşım Şartları	Erzurum	O	OY	O
Havayolu Ulaşım Şartları	Van	OD	O	D
Karayolu Ulaşım Şartları	Malatya	OY	OY	OY
Karayolu Ulaşım Şartları	Erzurum	OY	OY	OY
Karayolu Ulaşım Şartları	Van	OY	OY	OY
Demiryolu Ulaşım Şartları	Malatya	OY	OY	OY
Demiryolu Ulaşım Şartları	Erzurum	OY	OY	OY
Demiryolu Ulaşım Şartları	Van	OY	OY	OY
Bölgedeki Diğer İllere Olan Uzaklık	Malatya	OY	OY	OY
Bölgedeki Diğer İllere Olan Uzaklık	Erzurum	OY	OY	OY
Bölgedeki Diğer İllere Olan Uzaklık	Van	OY	OY	OY

Senaryo 3 sonucunda ise, Malatya sıralamada birinci il olmaktadır:

Çizelge 7. 30 Senaryo-3'e göre alternatiflerin nihai sıralaması

NİHAİ SIRALAMA	
C(x1)-Malatya	1
C(x2)-Erzurum	0,5
C(x3)-Van	0,03

Yapılan duyarlılık analizine göre 3 farklı senaryo aşağıdaki grafikte özetlenmektedir:



Şekil 7. 4 Duyarlılık analizi sonuçları

SONUÇ VE ÖNERİLER

Küresel rekabet ortamında lojistik merkezler giderek önemini arttırmaktadır. Lojistik faaliyetlerin daha hızlı, daha güvenli, daha ekonomik ve daha kolay bir şekilde yapılabilmesi için lojistik merkez yerlerinin en doğru şekilde seçilmesi gerekmektedir.

Yer seçim problemleri, belirsizlik içeren problemlerdir. Muğlak durumları klasik kümelerle ifade etmek doğru sonuca ulaşmada yanıltıcı rol oynamaktadır. Klasik bulanık kümeler tek bir kaynağa ait belirsiz ya da tam olmayan bilgiyi ifade etmekte başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Ancak iki veya daha fazla belirsizlik kaynağı aynı anda oluştuğunda sıradan bulanık kümelerin modelleme kabiliyetleri yetersiz kalmaktadır. Bu durumda literatürde bulanık kümeler için bir çok genişletilmiş model sunulmuştur. Bu modellerin başında Zadeh (1974) tarafından geliştirilen tip-2 bulanık kümeler gelmektedir. Tip-2 bulanık kümeler, kural tabanlı bulanık mantık sistemlerinde belirsizliklerin etkilerini minimize eden bir yaklaşımdır. Belirsizlikleri içermesi açısından üç boyutlu üyelik fonksiyonlarına sahip olan tip-2 bulanık mantık sistemlerin kullanım alanı gün geçtikçe artmaktadır.

Bu çalışmada belirsizliği ortadan kaldırmak ve en uygun lokasyonu seçebilmek için tip-2 bulanık TOPSIS metodu önerilmiştir. Problemden kriterlerin ağırlıkları Buckley'in bulanık AHP yöntemi ile hesaplanmış ve tip-2 TOPSIS yönteminde, hesaplanan bu ağırlıklar kullanılmıştır. Bu sayede iki yöntemin sentezinden oluşan bir çözüm metodolojisi geliştirilmiştir.

Alternatif olarak “Malatya”, “Erzurum” ve “Van” şehirleri seçilmiştir. “Maliyet”, “Çevresel Koşullar”, “Ulaşım Kolaylığı” ve “Bölgedeki Diğer İllere Olan Uzaklık” olmak üzere dört ana kriter, “Yatırım Maliyeti”, “İşletme Maliyeti”, “Taşıma Maliyeti”, “Havayolu Ulaşım Şartları”, “Karayolu Ulaşım Şartları” ve “Demiryolu Ulaşım Şartları” olarak altı adet alt kriter belirlenmiştir. Uzman kişiler, kriterleri ve alternatif şehirleri kriterler doğrultusunda puanlamıştır. Değerlendirme esnasında dilsel değişkenlerden yararlanılmıştır. Problem için önerilen Tip-2 bulanık TOPSIS yöntemi “Çözüm Yöntemi-1”, ağırlıkların Buckley’in bulanık AHP yöntemi ile hesaplatılmasının ardından Tip-2 bulanık TOPSIS yöntemine entegre edilmesi ise “Çözüm Yöntemi-2” olarak ifade edilmiştir. Sunulan çözüm yöntemlerine göre elde edilen sonuçlar aşağıdaki tabloda özetlenmektedir:

Çizelge 8.1 Elde edilen sonuçlar

ÇÖZÜM YÖNTEMİ-1		ÇÖZÜM YÖNTEMİ-2	
NİHAİ SIRALAMA		NİHAİ SIRALAMA	
C(x1)	0,84	C(x1)	0,85
C(x2)	0,56	C(x2)	0,50
C(x3)	0,18	C(x3)	0,23

Her iki yöntem sonucuna göre Malatya ili, yakınlık derecesi en yüksek şehir olup problem için optimal lokasyon konumundadır. Malatya ilinden sonra en uygun 2. şehir Erzurum ve 3. şehir de Van ili olarak belirlenmiştir.

Yapılan duyarlılık analizi sonucu, kriterlerin önem derecesine göre, en düşük önem derecesine sahip olan “Havayolu Ulaşım Şartları” kriteri, diğer kriterler sabit tutularak değiştirilmiştir. Bu kriterin puanlanmasında yapılan değişiklik, problemin sonucunu 3 farklı senaryoda değiştirmiştir. İlk senaryoda Erzurum ili (0,96), ikinci senaryoda Van ili (1,00) ve son senaryoda da Malatya ili (1,00) sıralamada en yüksek değere sahip olmuştur. Senaryolar için özet tablo aşağıda yer almaktadır:

Çizelge 8.2 Senaryolar için özet sonuçlar

Sernayo-1		Sernayo-2		Sernayo-3	
NİHAİ SIRALAMA		NİHAİ SIRALAMA		NİHAİ SIRALAMA	
C(x1)	0,04	C(x1)	0,03	C(x1)	1
C(x2)	0,96	C(x2)	0,53	C(x2)	0,5
C(x3)	0,10	C(x3)	1	C(x3)	0,03

Belirsizleri sayısal olarak ifade etmede son derece başarılı olan tip-2 bulanık TOPSIS yöntemi için literatürde istenilen seviyede çalışma yapılmadığı farkedilerek bu tez çalışmasında çözüm yöntemi olarak tip-2 bulanık TOPSIS yöntemi önerilmiştir.

Malatya'ya kurulması öngörülen lojistik merkez sayesinde şehir, bölgenin lojistik üssü halini alacak ve gelecekte daha sağlıklı büyüme için altyapı desteği sağlanmış olacaktır. Avrupa ve Japonya'da birçok örneği bulunan lojistik merkezlerin diğer şehirlere örnek teşkil ettiklerini söylemek mümkündür. Malatya'ya kurulacak başarılı bir lojistik merkez neticesinde, böyle bir ihtiyaca sahip olabilecek diğer kentlerimiz için de çok önemli bir model oluşturulmuş olacaktır.

KAYNAKLAR

-
- [1] Grant, D.B., Lambert, D.M., Stock, J.R. ve Ellram, L.M., (2006). Fundamentals of Logistics Management, MacGraw-Hill Education, Berkshire.
 - [2] Bamyacı, M., (2008). Modern Lojistik Yönetimi: Organize Lojistik Bölgeleri için Bir Yer Seçimi Modeli, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
 - [3] Vatansever, K., (2005). Lojistik İşletmelerinin Hizmet Kalitesi Ölçümü Üzerine Bir Araştırma, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Kütahya.
 - [4] Çelikçapa, F., (1999). Üretim Planlaması, Alfa Yayınları, İstanbul.
 - [5] Saaty, L.T., (1994). Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process, RWS Publications, Pittsburgh.
 - [6] Saaty, L.T., (1980). The Analytic Hierarchy Process, McGraw-Hill comp., U.S.A.
 - [7] Kaya, İ., Kiliç, S. ve Çevikcan, E., (2007). “Makine-Teknikat Seçim Probleminde Bulanık Karar Verme Süreci”, Mühendis ve Makina Dergisi, 576, 8- 14.
 - [8] Evren, R. ve Ülengin F., (1992). Yönetimde Çok Amaçlı Karar Verme, İTÜ Yayınları, İstanbul.
 - [9] Kahraman, C., Cebeci, U. ve Ruan, D., (2004). Multi-Attribute Comparison of Catering Service Companies Using Fuzzy AHP: The Case of Turkey, International Journal of Production Economics, 87: 171-184.
 - [10] Ertuğrul, İ. ve Karakaşoğlu, N., (2009). Performance Evaluation of Turkish Cement Firms With Fuzzy Analytic Hierarchy Process And TOPSIS Methods, Expert Systems with Applications, 36(1), 702-715.
 - [11] Chen, G. ve Pham, T.T., (2000). Introduction to Fuzzy Sets, Fuzzy Logic and Fuzzy Control Systems, CRC Press, New York, A.B.D.
 - [12] Lin, H.Y., Hsu P.Y. ve Sheen, G.J., (2007). A Fuzzy Based Decision Making Procedure for Data Warehouse System Selection, Expert Systems with Applications, 32 (3): 939-953.
 - [13] Ballı, S. ve Karasulu B., (2013). Bulanık Karar Verme Sistemlerinde Paralel Hesaplama, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 19: 2.

- [14] Europlatforms EEIG. Logistics Centers Directions For Use, <http://www.unece.org/trans/main/eatl/docs/ENREVWhat is a Freight VillageFinalcorretto.pdf> , 15 Ekim 2010.
- [15] Aydin, G.T. ve Ögüt, K.S., (2008). Lojistik Köy Nedir?, 2. Uluslararası Demiryolu Sempozyumu, TCDD., İstanbul, 2, 1439-1448.
- [16] Çancı, M. ve Atalay, Ş., (2007). Freight Villages as a Solution to the Urban Logistics Challenge, 5th International Logistics and Supply Chain Congress, Okan Üniversitesi, İstanbul.
- [17] Sirikijpanichkul A., ve Ferreria, L., (2006). Evaluating Location of Intermodal Freight Terminals, 5. International Conference on Traffic and Transportation Studies, Xian, China, <http://eprints.qut.edu.au/archive/00004857/>, 8 Mart 2007.
- [18] Elevli, B. ve Ak, B., (2011). Samsun Lojistik Köy Alternatiflerinin Çok Boyutlu Amaçlar Doğrultusunda Değerlendirilmesi, Samsun sempozyumu.
- [19] Menteş, A., (2010). Açık Deniz Yapıları Bağlama Sistemlerinin Dizaynında Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Uygulanması, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [20] Esen, H.Ö., (1990). İşletme Yönetiminde Sistem Yaklaşımı, İ.Ü. İşletme Fakültesi Yayınları, 256, İstanbul.
- [21] Turban, E. ve Jack R.M., (1991). Fundamentals of Management Science, Dynamic Ideas, 4-5, Boston.
- [22] Harp Akademileri Komutanlığı Yayınları, (2001). Karar Verme ve Problem Çözme, İstanbul.
- [23] Koçel, T., (2003). İşletme Yöneticiliği, Beta Yayınları, 9, İstanbul.
- [24] Büyükyazıcı, M., (2000), Analitik Ağ Süreci, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [25] Simon, H.A., (1974). Yönetimde Yeni Karar Verme Bilimi, Amme İdaresi Dergisi, 7(3), 114-150.
- [26] Karakaya, G., (1998). Yönetici Eğitiminde Karar Verme Becerilerinin Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sakarya.
- [27] Gökçen, H., (2002). Yönetim Bilgi Sistemleri- Analiz ve Tasarım Perspektifi, Epi Yayıncılık, Ankara.
- [28] Marakas, G.M., (2003). Decision Support Systems In The 21st Century, Prantice Hall, New Jersey.
- [29] Çil, İ., (2002). Bilgi Tabanlı İmalat Karar Destek Sistemleri ve Bir Uygulama, Endüstri Mühendisliği Dergisi, 13(1), 15-27.
- [30] Erdoğan, İ., (2002). Türk Eğitim Sistemi, Sistem Yayıncılık, 304, İstanbul.
- [31] Bursalioğlu, Z., (2002). Okul Yönetiminde Yeni Yapı ve Davranış, Pegem A Yayıncılık, Ankara.

- [32] Hesapçioğlu, M., (2001). Türkiye'de Makro Düzeyde İnsan Kaynakları Plânlaması, Ani Yayıncılık, Ankara.
- [33] Kocamaz, M. ve Soyuer, H., (2003). İşletmelerde Bilgisayar Destekli İnsan Kaynağı Değerlendirme ve Seçme Süreci, I. Ulusal Bilgi, Ekonomi ve Yönetim Kongresi Bildiriler, 673-684, İzmit.
- [34] Yağci, A., (2002). Analitik Hiyerarşi Proses Yöntemi ve Tedarikçi Seçimi Probleminde Bir Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- [35] Esin, A., (2003). Yöneylem Araştırmalarında Yararlanılan Karar Yöntemleri, Gazi Kitabevi, Ankara.
- [36] Halaç O., (1983). Kantitatif Karar Verme Teknikleri (Yöneylem Araştırmasına Giriş), Alfa Yayınları, 17.
- [37] Hwang, C. L. ve Yoon, K., (1981). Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications, Springer-Verlag, 42, New York.
- [38] Herişçakar, E., (1999). Gemi Ana Makine Seçiminde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri AHP ve SMART Uygulaması, Gemi İnşaatı ve Teknolojisi Teknik Kongresi, Bildiri Kitabı, 240.
- [39] Saaty, T. L., (2005). Theory and Applications of the Analytic Network Process: Decision Making with Benefits, Opportunities, Costs and Risks, RWS Yayınları.
- [40] Belton, V. ve Stewart, T., (2002). Multiple Criteria Decision Analysis, Kluwer Academic Yayınları.
- [41] Mendoza, A.G. ve Prabhu R., (2000), "Multiple Criteria Decision Making Approaches to Assessing Forest Sustainability Using Criteria and Indicators: A Case Study", Forest Ecology and Management, 131, 108.
- [42] Soner, S. ve Önüt, S., (2006). Multi-Criteria Supplier Selection: An ELECTRE-AHP Application, Sigma Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 4, 110-120.
- [43] Ulucan A., (2004). Analitik Hiyerarşi Süreci, http://www.slidefinder.net/a/analitik_hiyerar%C5%9Fs%C3%BCreci_AHS_d%C3%A7/16647169, 5 Ağustos 2011.
- [44] Yoon, K. ve Hwang, C.L., (1995). Multiple Attribute Decision Making an Introduction, Sage Yayınları, USA.
- [45] Zimmermann, H.J., (2001). Fuzzy Set Theory and Its Applications, Kluwer Academic Yayınları, Boston.
- [46] MentEd, A., (2000). Manevra ve Sevk Sistemi Seçiminde Bulanık Çok Kriterli Karar Verme, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [47] Keeney, R. ve Raiffa, H., (1993). Decisions with Multiple Objectives : Preferences and Values Tradeoffs, Cambridge Üniversitesi Yayınları.
- [48] Stillwell, W.G., Seaver, D.A. ve Edwards, W., (1981). A Comparison of Weight Approximation Techniques in Multi-Attribute Utility Decision Making, Organizational Behaviour and Human Performance Dergisi, 28: 62-77.

- [49] Morris, W.T., (1964). The Analysis of Management Decisions, Homewood Yayinlari, Irwin.
- [50] Daft, R.L., (1991). Management, The Dryden Press Yayinlari, USA.
- [51] Chen, S.J., Hwang, C.L. ve Hwang, F.P., (1992). Fuzzy Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications, Springer-Verlag Yayinlari, 253, Berlin.
- [52] Atalay, M., (2009). Çok Ölçütlü Karar Verme Teknikleri Kullanarak Hava Kuvvetleri Komutanlığı Personel Seçim Sisteminin En İyilenmesi, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- [53] Gökdalay, M.H., (2008). Havaalanlarının Performans Analizinde Bulanık Çok Ölçütlü Karar Verme Yaklaşımı, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [54] Kar, S., (2003). Temel Uçuş Eğitim Uçağı Seçiminde Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi'nin Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Hava Harp Okulu Komutanlığı, İstanbul.
- [55] Özkan, A. ve Banar, M., (2007). Electre III Yöntemi Kullanılarak En Uygun Geri Kazanım Sisteminin Belirlenmesi, Ulusal Çevre Sempozyumu, Mersin, 18-21 Nisan.
- [56] Eryürek, Ö. F. ve Tanyaş, M., (2003). Hata Türü ve Etkileri Analizi Yönteminde Maliyet Odaklı Yeni Bir Karar Verme Yaklaşımı, İTÜ Dergisi Mühendislik, 2, 6: 31-40.
- [57] Triantaphyllou, E. ve Lin C.T., (1996). Development and Evaluation of Five Fuzzy Multiattribute Decision-Making Methods, International Journal of Approximate Reasoning, 14: 281310.
- [58] Yaralıoğlu, K., (2004). Uygulamada Karar Destek Yöntemleri, İlkem Yayinlari, 180, İzmir.
- [59] Chen, T.C., (2000). Extensions of the TOPSIS for Group Decision Making Under Fuzzy Environment, Fuzzy Sets and Systems, 114: 1-9.
- [60] Wang, Y.M., Elhag, T.M.S. ve Hua, Z., (2006). A Modified Fuzzy Logarithmic Least Squares Method For Fuzzy Analytic Hierarchy Process, Fuzzy Sets and Systems, 3055- 3071.
- [61] Opricovic, S. ve Tzeng G.H., (2003). Fuzzy Multicriteria Model For Post-Earthquake Land Use Planning, Nat Hazards Rev, 4: 59- 64.
- [62] Janko, W. ve Bernroider, E., (2005). Multi-Criteria Decision Making: An Application Study of ELECTRE and TOPSIS. www.ai.wu-wien.ac.at/~bernroid/lehre/seminare/ws04/A7-TOPSIS-0107503.pdf.
- [63] Yurdakul, M., Mutlu S. ve İç, Y.T., (2003). Topsis Yöntemi İle Robot Seçimi, UMTS 2003 11. Ulusal Makina Teorisi Sempozyumu Bildiri Kitabı, 2, 633-642, Ankara.

- [64] Karsak, E.E., (2004). "Fuzzy Multiple Objective Decision Making Approach to Prioritize Design Requirements in Quality Function Deployment", International Journal of Production Research, 42, 18: 3957-3974.
- [65] Brans, J.P., Mareschal, B. ve Vincke, P., (1986). "How to Select and How to Rank Projects: The PROMETHEE Method for MCDM", European Journal of Operational Research, 24, 228-238.
- [66] Edwards, W., (1977). How To Use Multi Attribute Utility Measurement for Social Decision making, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 7(5).
- [67] Sağır, M., (2006). Niteliksel Karar Verme, Ders Notlari, Osmangazi Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Eskişehir.
- [68] Felek, S., Yuluğkural, Y. ve Aladağ, Z., (2007). "Mobil iletişim Sektöründe Pazar Paylaşımının Tahmininde AHP ve ANP Yöntemlerinin Kiyaslaması", Endüstri Mühendisliği Dergisi, 18, 1: 6-22.
- [69] Karakaşoğlu, N., (2008). Bulanik Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri Ve Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Pamukkale.
- [70] Eraslan, E. ve Algün, O., (2005). "İdeal Performans Değerlendirme Formu Tasarımında Analitik Hiyerarşi Yöntemi Yaklaşımı", Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 20, 1: 95-106.
- [71] Öz, A.H., (2007). Yük Helikopteri Seçiminde Bulanik Çok Amaçlı Karar Verme Modeli, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [72] Banar, M., (2009). Çok Ölçütlü Karar Verme Teknikleri, Çev 421 Kati Atık Yönetimi Ders Notlari, Anadolu Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Eskişehir.
- [73] Üstün, Ö., Sağır, M. ve Aktar, E., (2005). "Kıbrıs Sorunu Çözüm Önerilerini Değerlendirmede Analitik Serim Süreci Yaklaşımı", Endüstri Mühendisliği Dergisi, 16(4), 2- 13.
- [74] Dağdeviren, M., (2007). "Bulanik Analitik Hiyerarşi Prosesi İle Personel Seçimi ve Bir Uygulama", Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 22(4), 791- 799.
- [75] Aplak, H.S., (2010). Karar Verme Sürecinde Bulanik Mantik Bazlı Oyun Teorisi Uygulamaları, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [76] Çobanoğlu, B., (2000). Bulanik Mantik ve Bulanik Küme Teorisi, Nispetiye MYO /GOP Üniversitesi.
- [77] Zimmermann, H.J., (1987). Fuzzy Sets, Decision Making and Expert Systems, Boston: Kluwer Academic Yayınları.
- [78] Zadeh, L.A., (1965). Fuzzy sets, Information Control, 8, 338-353.

- [79] Bulut, E.G., (2007). Bir Otomotiv Tedarikçisinde Iso/Ts 16949 Otomotiv Kalite Yönetim Sistemi Spesifikasyonu Kapsamında Yapılan İstatistiksel Proses Kontrol ve Bulanik Mantık Çalışmaları, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- [80] Tekin, İ. ve Şahin, O., (2006). Bulanik Uzman Sistemler, Yüksek Lisans Projesi, İTÜ İşletme Fakültesi, İstanbul.
- [81] Kiyak E. ve Kahvecioğlu A., (2003). “Bulanık Mantık ve Uçuş Kontrol Problemine Uygulanması”, Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi, 1, 63-72.
- [82] Yel, İ., (2009). Lojistik Sektöründe Bulanik Mantık Karar Sürecinin Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, , İstanbul.
- [83] Tiryaki A. ve Kazan R., (2009). “Bulaşık Makinesinin Bulanik Mantık İle Modellenmesi”, Mühendis ve Makina Dergisi, 48, 565: 3.
- [84] Altaş, İ.H., (1999). “Bulanik Mantık: Bulaniklik Kavramı”, 3e Dergisi, 62: 81.
- [85] Karakaş, E., (1999). Lojistik Kontrollü Sistemlerin Analizi ve Asenkron Motorlarla Tahrik Edilen Jet Fanına Uygulanması, Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- [86] Kaplanoglu, E., (2000). GUNT RT512 Sivi Seviye Kontrol Ünitesinin Bulanik Mantık Yöntemiyle Kontrolü, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [87] Örenli, C., (2009). Talebin Belirsiz Olduğu Ortamda Üretim Planlama Çalışmalarında Bulanik Mantık Yaklaşımı, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [88] Terano T., Asai, K. ve Sugeno, M., (1991). Fuzzy Systems Theory and its Applications, Academic Press Yayınları, San Diego.
- [89] Şen, Z., (2004). Mühendislikte Bulanik (Fuzzy) Mantık ile Modelleme Prensipleri, Su Vakfı Yayınları, 44, İstanbul.
- [90] Özkan, M., (2002). Bulanik Doğrusal Programlama ve Bir Tekstil İşletmesinde Uygulama Denemesi, Uludağ Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bursa (yayınlanmamış).
- [91] Atin, M.H., (1999). Bulanik Lineer Programlama, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul (yayınlanmamış).
- [92] Ross, T., (2004). Fuzzy Logic With Engineering Applications, John Wiley and Sons Yayınları, 650, Canada.
- [93] Buckley, J.J., (2003). Fuzzy Probabilities, New Approach and Applications, Physica- Verlag, 7., New York.
- [94] Yılmaz, Ö.F., (1998). Bulanik Doğrusal Programlama ile Asgari Ücretin Belirlenmesi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara (yayınlanmamış).
- [95] Çelik, S.H., (2000). Bulanik Rastgele Doğrusal Programlama, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara (yayınlanmamış).

- [96] Özkan, M., (2003). Bulanik Hedef Programlama, Ekin Kitabevi, Bursa.
- [97] Tuncel, S.Ö., (1997). Bulanik Doğrusal Programlama, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara (yayimlanmamış).
- [98] Fuller, R., (1989). "On Stability in Fuzzy Linear Programming Problems", Fuzzy Sets and Systems, 30:339-344.
- [99] Yen, J. ve Langari, R., (1999). Fuzzy Logic, Intelligence, Control and Information, NJ: Prentice Hall.
- [100] Bojadziev, G. ve Bojadziev, M., (1995). Fuzzy Sets, Fuzzy Logic, Applications, World Scientific, London.
- [101] Çimen, Ö., (2008). Kontrol Grafiklerinin Bulanik Mantik ile Yorumlanması, Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- [102] Klir, G.J. ve Yuan, B., (1995). Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications, Prentice-Hall Yayinlari, USA.
- [103] Işıklı, Ş., (2008). "Bulanik Mantik ve Bulanik Teknolojler", Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Felsefe Bölümü Dergisi, 19, 105-126.
- [104] Wei, L., Yang, Y. ve Yang, Z., (2006). "T-S Fuzzy Modeling Based on Support Vector Learning", Intelligent Computing, 4113, 1294-1299.
- [105] Wang, Y.M., Luo, Y., ve Hua Z., (2008). "On The Extent Analysis Method For Fuzzy AHP and Its Applications", European Journal of Operational Research, 186(2), 735-747.
- [106] Bector, C.R. ve Chandra, S., (2005). "Fuzzy Mathematical Programming and Fuzzy Matrix Games", Springer-Verlag, 50-51, Berlin.
- [107] Öztürk A., Ertuğrul, İ. ve Karakaşoğlu, N., (2008). "Nakliye Firması Seçiminde Bulanik AHP ve Bulanik TOPSIS Yöntemlerinin Karşılaştırılması", Marmara Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi, 25: 2.
- [108] Demir, H.H., (2010). İmalat Sektöründe Bulanik TOPSIS Yöntemiyle Tedarikçi Seçimi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- [109] Çinar, N., (2011). "Fuzzy TOPSIS Methods in Group Decision Making and an Application for Bank Branch Location Selection", Journal of Engineering and Natural Sciences, 29, 11-24.
- [110] Ecer, F., (2008). "Grup Kararı Vermede Yararlanılan Farklı Fuzzy TOPSIS Yöntemlerinin Karşılaştırılması ve Bir Uygulama", Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 23, 2, 229 -241.
- [111] Chen, C.T., Lin, C.T. ve Huang, S.F., (2006). "A Fuzzy Approach for Supplier Evaluation and Selection in Supply Chain Management", International Journal of Production Economics, 102, 289-301.
- [112] Ecer, F., (2006). "Bulanik Ortamlarda Grup Kararı Vermeye Yardımcı Bir Yöntem: Fuzzy TOPSIS ve Bir Uygulama", İşletme Fakültesi Dergisi, 7, 2, 77 -96.

- [113] Dağdeviren, M., Yavuz, S. ve Kılınç, N., (2009). "Weapon Selection Using The AHP and TOPSIS Methods Under Fuzzy Environment", Expert Systems with Applications, 36, 8143 -8151.
- [114] Ecer, F., (2007). "Satış Elemanı Adaylarının Değerlendirilmesine ve Seçimine Yönelik Yeni Bir Yaklaşım: Fuzzy TOPSIS", Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 7, 2, 187 -204.
- [115] Sreekumar ve Mahapatra, S.S., (2009). "A Fuzzy Multi-Criteria Decision Making Approach For Supplier Selection in Supply Chain Management", African Journal Of Business Management, 3, 4, 168 -177.
- [116] Buckley, J.J., (1985). "Fuzzy Hierarchical Analysis", Fuzzy Sets and Systems, 233-247.
- [117] Alkan, A., (2006). AHP'de Dilsel Karşılaştırma Sürecinin Bulanik Mantıkla Gerçekleştirilmesi, Yayimlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- [118] Kaptanoğlu, D., (2005). Akademik Performans Değerlendirmesi için Bir Çok Ölçütlü Bulanik Karar Verme Modeli, Yayimlanmamış Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [119] Hsieh, T.Y., Lu, S.T. ve Tzeng, G.T., (2004). "Fuzzy MCDM Approach For Planning and Design Tenders Selection in Public Office Buildings", International Journal of Project Management, 22, 573- 584.
- [120] Durdudiller, M., (2006). Perakende Sektöründe Tedarikçi Performans Değerlemesinde AHP ve Bulanik AHP uygulaması, Yayimlanmamış Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [121] Tre, G. ve Caluwe R., (2003). "Level-2 Fuzzy Sets and Their Usefulness in Object-Oriented Database Modelling", Fuzzy Sets and Systems, 140, 29-49.
- [122] Zadeh, L.A., (1974). "Fuzzy Logic and Its Application to Approximate Reasoning", Information Processing, 74, 591-594.
- [123] Mizumoto, M. ve Tanaka, K., (1976). "Some Properties of Fuzzy Sets of Type 2", Information and Control, 31(4), 312-340.
- [124] Mizumoto, M. ve Tanaka, K., 1981, "Fuzzy Sets of Type 2 Under Algebraic Product and Algebraic Sum", Fuzzy Sets and System, 5(3), 277-290.
- [125] Zadeh, L.A., (1972). "A Fuzzy-Set-Theoretical Interpretation of Linguistic Hedges" Journal of Cybernetics, 2: 4-34.
- [126] Karaköse, M. ve Akin E., (2003). Tip-2 Bulanik Filtre, Elektrik, Elektronik, Bilgisayar Mühendisliği 10. Ulusal Kongresi.
- [127] Mahapatra, S., Nayak, S.K. ve Sabat, S.L., (2001). "Neuro Fuzzy Model For Adaptive Filtering of Oscillatory Signals, Measurement", Elsevier, 30, 231-239.
- [128] Mendel, J.M. ve John, R.I.B., (2002). "Type-2 Fuzzy Sets Made Simple", IEEE Trans. on Fuzzy Systems, 10, 2, 117-127.

- [129] Wu, H. ve Mendel, J.M., (2002). "Uncertainty Bounds and Their Use in the Design of Interval Type-2 Fuzzy Logic Systems", IEEE Trans. on Fuzzy Systems, 10, 5, 622-639.
- [130] Mendel J.M., (2001). Uncertain Rule-Based Fuzzy Logic Systems: Introduction and New directions, Prentice Hall Yayinlari.
- [131] Erdemir, U., (2003). Optimizing Warehouse Logistics Operations Through Site Selection Models: İstanbul, Yüksek Lisans Tezi, Naval Postgraduate School, California.
- [132] Lee, H.S., (2005). "A Fuzzy Multi-Criteria Decision Making Model for The Selection of The Distribution Center", Lecture Notes in Computer Science, 3612, 1290-1299.
- [133] Chang, X. ve Chen, Z., (2006). "A Fuzzy-based Location Selection Method for Reverse Logistics Reprocessing Center", International Conference on Management Science and Engineering.
- [134] Chen, Y. ve Qu, L., (2006). "Evaluating the Selection of Logistics Centre Location Using Fuzzy MCDM Model Based on Entropy Weight", Proceedings of the 6th World Congress on Intelligent Control and Automation, China.
- [135] Chien, C.C., (2007). "A Decision Making Model for the Taiwanese Shipping Logistics Company in China to Select the Container Distribution Center Location", Human Interface and the Management of Information, 4558, 844-854.
- [136] Teng, J.Y., Lee, K.L. ve Huang, W.C., (2007). "A Fuzzy Multicriterion Q-Analysis Model For International Logistic-Park Location Selection", Journal of Marine Science and Technology, 15, 2, 89-103.
- [137] Qu, L. ve Chen, Y., (2007). "An Interactive Integrated MCDM Based on FANN and Application in the Selection of Logistic Center Location", International Conference on Management Science and Engineering, China.
- [138] Ghoseiri, K. ve Lessan, J., (2008). "Location Selection for Logistic Centers using a Two- Step Fuzzy-AHP and ELECTRE Method", Proceedings of The 9th Asia Pasific Industrial Engineering & Management Systems Conference, Indonesia.
- [139] Yu, X., Zhang, X. ve Mu, L., (2009). "A Fuzzy Decision Making Model to Select the Location of the Distribution Center in Logistics", International Conference on Automation and Logistics, China.
- [140] Yücel, M. ve Ulutaş, A., (2009). "Çok Kriterli Karar Yöntemlerinden Electre Yöntemiyle Malatya'da Bir Kargo Firması İçin Yer Seçimi", Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi, 11, 17.
- [141] Chou, C., (2009). "A Model for Solving The Logistics Center Location Selection Problem in The Marine Transportation", The 8th International Conference of Chinese Logistics and Transportation Professionals, China.

- [142] Pang, R., Dacheng, L. ve Qiang, L., (2009). "Decision-Making Model For Grain Logistics Center Site Selection in Main Sales Areas, The 8th International Conference of Chinese Logistics and Transportation Professionals, China.
- [143] Kayikçi, Y., (2010). "A Conceptual Model for Intermodal Freight Logistics Centre Location Decisions", *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 2, 6297–6311.
- [144] Turskis, Z. ve Zavadskas, E.K., (2010). "A New Fuzzy Additive Ratio Assessment Method (Aras–F). Case Study: The Analysis Of Fuzzy Multiple Criteria in Order to Select The Logistic Centers Location, *Transport*, 25:4, 423-432.
- [145] Yang, Y.H., Hui, Y.V. ve Chen, G., (2010). "An Analytic Network Process Approach to The Selection of Logistics Service Providers for Air Cargo", *Journal of the Operational Research Society*, 61, 1365-1376.
- [146] Chou, C.C., (2010). "Application of FMCDM Model to Selecting The Hub Location in The Marine Transportation: A Case Study in Southeastern Asia", *Mathematical and Computer Modelling*, 51, 791-801.
- [147] Bai, L. ve Chen, X., (2010). "Choice-Making on Distribution Locations of Logistics Center Based on Fuzzy Multi-Criteria Decision Making Theory", 2010 International Conference on Communications and Intelligence Information Security.
- [148] Menou, A., Benallou, A., Lahdelma, R. ve Salminen, P., (2010). "Decision Support for Centralizing Cargo at a Moroccan Airport Hub Using Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis", *European Journal of Operational Research*, 204, 621–629.
- [149] Wang, M.H., Lee, H.S. ve Chu, C.W., (2010). "Evaluation Of Logistic Distribution Center Selection Using The Fuzzy Mcdm Approach", *International Journal of Innovative Computing, Information and Control*, 12, 5785-5796.
- [150] Gan, H., (2010). "Location Selection of Recycle Center by Combining AHP and DEA Methodologies", *Conference on Logistics Systems and Intelligent Management*, China.
- [151] Demirel, T., Demirel, N. ve Kahraman, C., (2010). "Multi-Criteria Warehouse Location Selection Using Choquet Integral", *Expert Systems with Applications*, 37, 3943-3952.
- [152] Farahani, R.Z., SteadieSeifi, M. ve Asgari, N., (2010). "Multiple Criteria Facility Location Problems: A Survey", *Applied Mathematical Modelling*, 34, 1689–1709
- [153] ErKayman, B., Gündoğar, E., Akkaya, G. ve İpek, M., (2011). "A Fuzzy Topsis Approach For Logistics Center Location Selection", *Journal of Business Case Studies*, 7, 49-55.
- [154] Bian, K., (2011). "Application of Fuzzy AHP and ELECTRE to China Dry Port Location Selection", *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 7(2), 331-354.

- [155] Awasthi, A., Chauhan, S.S. ve Goyal, S.K., (2011). "A Multi-Criteria Decision Making Approach for Location Planning for Urban Distribution Centers Under Uncertainty", *Mathematical and Computer Modelling*, 53(1-2), 98-109.
- [156] Elevli, B., Ak, B., (2011). "Samsun Lojistik Köy Yeri Alternatiflerinin Çok Boyutlu Amaçlar Doğrultusunda Değerlendirilmesi", *Samsun Sempozyumu*, Samsun.
- [157] Liu, S., Chan, F.T.S. ve Chung, S.H., (2011). "A Study of Distribution Center Location Based on The Rough Sets and Interactive Multi-Objective Fuzzy Decision Theory", *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 27, 426-433.
- [158] Gao, Z., Yoshimoto, K. ve Ohmori, S., (2011). "Application of Integrative Analytic Hierarchy Process and 0-1 Integer Programming to Retail Stores Location in Logistic System", *Fourth International Joint Conference on Computational Sciences and Optimization*, 584-586,
- [159] Özcan, T., Çelebi, N. ve Esnaf, Ş., (2011). "Comparative Analysis of Multi-Criteria Decision Making Methodologies and Implementation of a Warehouse Location Selection Problem", *Expert Systems with Applications*, 38, 9773-9779.
- [160] Li, Y., Liu, X. ve Chen, Y., (2011). "Selection of Logistics Center Location Using Axiomatic Fuzzy Set and TOPSIS Methodology in Logistics Management", *Expert Systems with Applications*, 38, 7901-7908.
- [161] Elgün, M.N. ve Elitaş, C., (2011). "Yerel, Ulusal Ve Uluslararası Taşıma ve Ticaret Açısından Lojistik Köy Merkezlerinin Seçiminde Bir Model Önerisi", *CBÜ Sosyal Bilimler Dergisi*, 9, 2, 630-645.
- [162] Opasanon, S. ve Lertsanti, P., (2013). "Impact Analysis of Logistics Facility Relocation Using The Analytic Hierarchy Process (AHP)", *International Transactions in Operational Research*, 20, 325-339.
- [163] Alam, S.A., (2013). Evaluation of The Potential Locations for Logistics Hub: A Case Study for A Logistics Company, Yüksek Lisans Tezi, KTH Royal Institute of Technology, İsveç.
- [164] Fırat Kalkınma Ajansı, "Malatya ili ekonomik özellikler", <http://www.fka.org.tr/>, 08 Haziran 2013.
- [165] Van Valiliği, "Van ili ekonomik özellikler", <http://www.van.gov.tr/>, 10 Haziran 2013.
- [166] Doğu Anadolu Kalkınma Ajansı, "Van ili ekonomik özellikler", <http://www.daka.org.tr/>, 10 Haziran 2013.
- [167] Erzurum Valiliği, "Erzurum ili ekonomik özellikler", <http://www.erzurum.gov.tr/default.asp>, 09 Haziran 2013.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Gözde SÜRMELİ
Doğum Tarihi ve Yeri : 21.08.1988
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : gozde.surmeli@itelligence.com.tr

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Endüstri Mühendisliği	Selçuk Üniversitesi	2011
Lise	Sayısal	Malatya Anadolu Lisesi	2006

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2013	İtelligence Türkiye	Finansal Uygulamalar Danışmanı
2011	Selçuk Üniversitesi	Öğrenci Asistanı
2010	Selçuk Üniversitesi	Öğrenci Asistanı