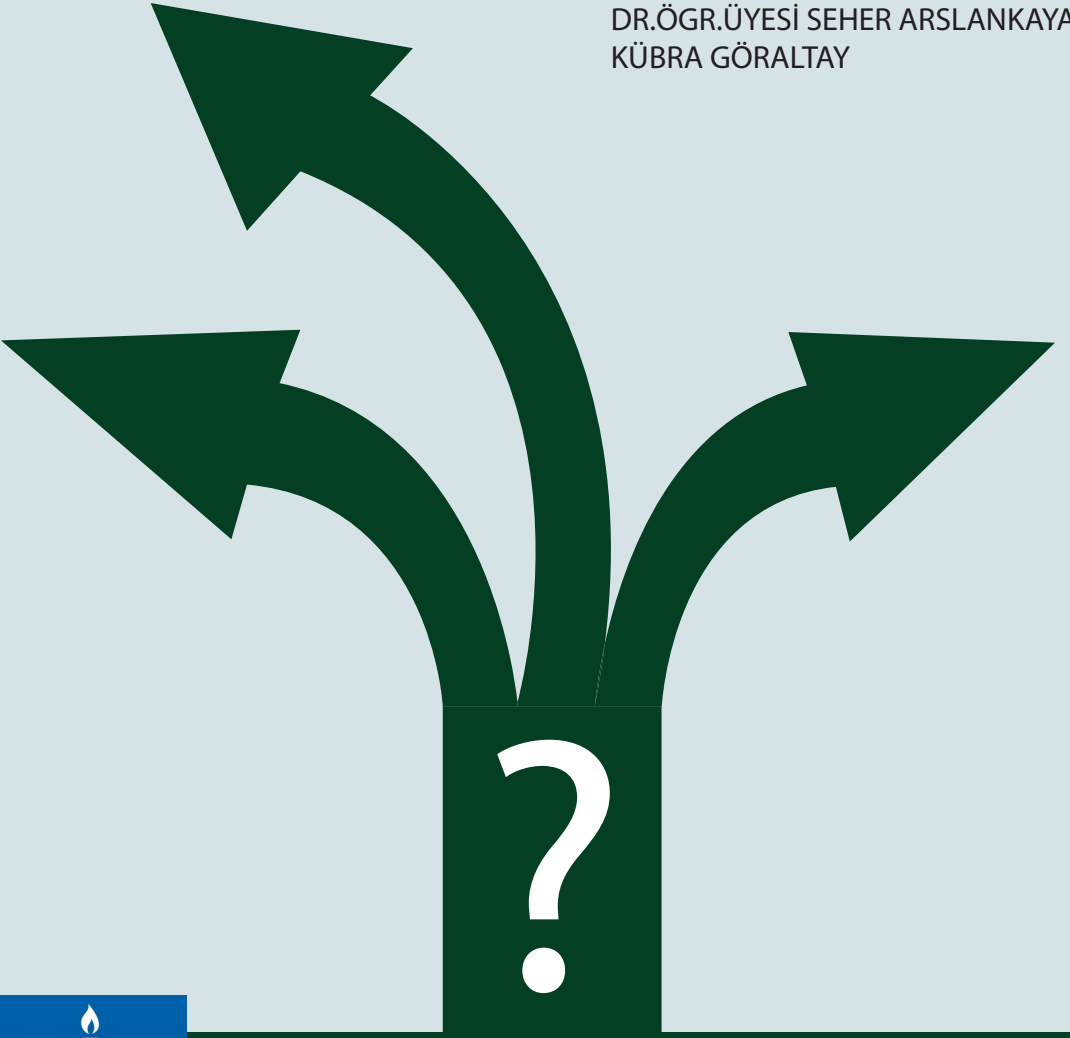


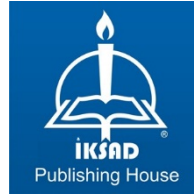
ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİNDE GÜNCEL YAKLAŞIMLAR

DR.ÖGR.ÜYESİ SEHER ARSLANKAYA
KÜBRA GÖRALTAY



ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİNDE GÜNCEL YAKLAŞIMLAR

**DR.ÖGR.ÜYESİ SEHER ARSLANKAYA
KÜBRA GÖRALTAY**



Copyright © 2019 by iksad publishing house
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced,
distributed, or transmitted in any form or by
any means, including photocopying, recording, or other electronic or
mechanical methods, without the prior written permission of the publisher,
except in the case of
brief quotations embodied in critical reviews and certain other
noncommercial uses permitted by copyright law. Institution Of Economic
Development And Social
Researches Publications®

(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)

TURKEY TR: +90 342 606 06 75

USA: +1 631 685 0 853

E mail: iksadyayinevi@gmail.com

www.iksad.net

It is responsibility of the author to abide by the publishing ethics rules.

Iksad Publications – 2019©

ISBN: 978-625-7029-84-1

Cover Design: Özlem Kaya

December / 2019

Ankara / Turkey

Size: 16x24 cm

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1. GİRİŞ.....	11
1.1.Karar Verme.....	11
1.2.Çok Kriterli Karar Verme.....	12
1.2.1.Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemi.....	16
1.2.2.MOORA Yöntemi.....	25
1.2.2.1.MOORA-Oran Metodu.....	26
1.2.2.2.MOORA-Referans Noktası Yaklaşımı.....	28
1.2.2.3.MOORA- Önem Katsayısı Yaklaşımı.....	29
1.2.2.4.MOORA-Tam Çarpım Yaklaşımı.....	30
1.2.2.5.MULTİ-MOORA Yaklaşımı.....	30
1.2.3.Ağırlıklı Toplam Yöntemi.....	34
1.2.4.Ağırlıklı Çarpım Yöntemi.....	35
1.2.5.DEMATTEL Yöntemi.....	36
1.2.6.Analitik Ağ Süreci (ANP).....	40
1.2.7.VIKOR Yöntemi.....	43
1.2.8.TOPSİS Yöntemi.....	46
1.2.9.ELECTRE Yöntemi.....	49
1.3.Bulanık Mantık ve Bulanık Küme.....	53
1.4.Bulanık Karar Verme.....	55
1.5.Bulanık Üçgensel Sayılar.....	56
1.5.1.Üçgensel Bulanık Sayılarda İşlemler.....	57
1.6.Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemi.....	58
1.7.Bulanık Moora Yöntemi.....	60
1.8.Nakliye Firması Seçimi.....	60

1.9.Literatür Araştırması.....	61
BÖLÜM 2.BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ VE BULANIK MOORA YÖNTEMİ İLE NAKLİYE FİRMASI SEÇİMİ: GIDA SEKTÖRÜ ÖRNEĞİ.....	64
BÖLÜM 3.PROBLEMİN ÇÖZÜMÜ İÇİN ÖNERİLEN YÖNTEM	65
3.1.Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP) Yöntemi.....	65
3.2.Bulanık Moora Yöntemi.....	67
BÖLÜM 4.PROBLEMİN ÇÖZÜMÜ.....	71
4.1.Problem İçin Kriterlerin Belirlenmesi.....	71
4.1.1.Maliyet (M).....	72
4.1.2.IT Kuvvetliliği (IK).....	72
4.1.3.Finansal Gücü (FG).....	72
4.1.4.Personel Yetkinliği (PY).....	73
4.1.5.Teslimat Hızı ve Kalitesi (THK).....	73
4.1.6.Araç Donanım ve Kapasitesi (ADK).....	74
4.1.7.Firma İtibarı (Fİ).....	75
4.1.8.Kriz Yönetim Becerileri (KYB).....	75
4.1.9.İş Esnekliği (İE).....	76
4.2.Kriter Ağırlıklarının BAHP Yöntemi ile Bulunması ve Aşamaları.....	78
4.3.Alternatiflerin Seçim Sıralarının Bulanık Moora Yöntemi ile Belirlenmesi ve Aşamaları.....	86
BÖLÜM 5.GERÇEKÇİ KISITLAR VE KOŞULLAR ALTINDA DEĞERLENDİRME.....	91
5.1.Çalışmanın Ekonomik Açıdan Değerlendirilmesi.....	91
5.2.Çalışmanın Sağlık Açısından Değerlendirilmesi.....	91

BÖLÜM 6.SONUÇ.....	92
KAYNAKÇA.....	94

TABLÖLER LİSTESİ

Tablo 1.1. İkili karşılaştırmalarda kullanılan önem dereceleri ...	18
Tablo 1.2. Örnek 1 için fiyat kriteri için alternatiflerin karşılaştırma matrisi.....	22
Tablo 1.3. Örnek 1 için mesafe kriteri için alternatiflerin karşılaştırma matrisi.....	22
Tablo 1.4. Örnek 1 için ücretler kriteri için alternatiflerin karşılaştırma matrisi.....	23
Tablo 1.5. Örnek 1 için işçilik kriteri için alternatiflerin karşılaştırma matrisi.....	23
Tablo 1.6. Örnek 1 için fiyat kriterinin görece önem değerlerinin belirlenmesi.....	23
Tablo 1.7. Örnek 1 için kriterlerin alternatiflere göre ağırlıkları	24
Tablo 1.8. Örnek 1 için kriterlerin karşılaştırma matrisi	24
Tablo 1.9. Örnek 1 için kriterlerin önem ağırlıklarının belirlenmesi	24
Tablo 1.10. Çok kriterli karar verme (ÇKKV) tekniklerinin karşılaştırılması	31
Tablo 1.11. Örnek 2 için kriterlerin alternatiflere göre karşılaştırma matrisi.....	32
Tablo 1.12. Örnek 2 için kriterlerin alternatiflere göre ağırlıkları	32
Tablo 1.13. Örnek 2 için Oran Metodu sıralaması.....	33
Tablo 1.14. Örnek 2 için kriterlerin referans noktalarının bulunması.....	33

Tablo 1.15. Örnek 2 için referans noktası göz önüne alınarak oluşturulmuş matris	34
Tablo 1.16. Örnek 2 için referans noktasına göre sıralama hesaplama.....	34
Tablo 1.17. DEMATEL ikili karşılaştırma ölçeği	37
Tablo 3.1. Dilsel değişkenlerin üçgen bulanık sayı türünden karşılıkları.....	66
Tablo 3.2. Alternatiflerin değerlendirilmesinde dilsel değişkenlerin üçgen bulanık sayı türünden karşılıkları.....	68
Tablo 4.1.1. Karar vericinin kriterler için ikili karar matrisi.....	79
Tablo 4.2. 2. Karar vericinin kriterler için ikili karar matrisi.....	80
Tablo 4.3. 3. Karar vericinin kriterler için ikili karar matrisi.....	81
Tablo 4.4. 4. Karar vericinin kriterler için ikili karar matrisi.....	82
Tablo 4.5. Karar vericilerin görüşleri doğrultusunda oluşturulmuş ortak bulanık karar matrisi	83
Tablo 4.6. Nihai bulanık karar matrisinin satır toplamaları	84
Tablo 4.7. Normalize edilmiş kriterlerin ağırlıklarının bulanık matrisi.....	85
Tablo 4.8. Normalize edilmiş kriterlerin nihai bulanık ağırlıkları	86
Tablo 4.9. Karar vericilerin alternatif firmaları kriterleri karşılama derecelerine göre puanlandırması	87
Tablo 4.10. Karar vericilerin alternatifler üzerinde elde ettiği normalize bulanık karar matrisi.....	88
Tablo 4.11. Ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi	89
Tablo 4.12. Alternatiflerin nihai bulanık karar matrisi	90

**Tablo 4.13. Alternatiflerin aldıkları puanlar ve alternatif
sıralamaları..... 90**

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. AHP Hiyerarşisi	17
Şekil 1.2. Örnek 1 için oluşturulmuş hiyerarşik düzen.....	22
Şekil 1.3. Üçgensel Bulanık Sayı, M	57
Şekil 4.1. Problem ve problemi etkileyen kriterler	77

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

Simgeler

K_j	n. kriter
A_i	n. alternatif
a_{ij}	i. alternatifin j. kriter bazında performans değeri
D	Karar matrisi
$\mu(x)$	Üyelik fonksiyonu
$\tilde{A}$	Bulanık A kümesi
$\mu_{\tilde{A}}$	Bulanık A kümesi üyelik fonksiyonu
$\tilde{D}$	Bulanık karar matrisi
$\tilde{a}_{ij}$	Üçgen Bulanık Sayılar
$\tilde{r}_i$	Karar vericilerin geometrik ortalamasıyla oluşan üçgen bulanık sayılar
$\tilde{w}_i$	Kriterlerin önem dereceleri
L_{wi}, M_{wi}, U_{wi}	Sırasıyla küçük, orta, büyük bulanık sayılar
$x_{ij}^l, x_{ij}^m, x_{ij}^n$	j. kriter açısından i. alternatif için sırasıyla küçük, orta, büyük bulanık sayılar
$r_{ij}^l, r_{ij}^m, r_{ij}^n$	j. kriter açısından i. alternatif için sırasıyla küçük, orta, büyük bulanık sayıların normalize hali

$v_{ij}^l, v_{ij}^m, v_{ij}^n$	j. kriter açısından i. alternatif için sırasıyla küçük, orta, büyük bulanık sayıların ağırlıklı normalize hali
S_i^l, S_i^m, S_i^n	j. kriter açısından i. alternatif için sırasıyla küçük, orta, büyük bulanık ağırlıklı normalize sayıların toplamı
S_i	i. alternatifin toplam puanı

Kısaltmalar

ÇKKV	Çok Kriterli Karar Verme
AHP	Analitik Hiyerarşi Prosesi
BAHP	Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi
MOORA	Oran Analizine Dayalı Çok Amaçlı Optimizasyon
TOPSIS	Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
VIKOR	Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje
ELECTRE	Elimination Et Choix Traduisant la Realité
DEMATEL	Decision Making Trial and Evaluation Laboratory

BÖLÜM 1.

GİRİŞ

1.1. Karar Verme

Karar verme, günümüzde hemen hemen her alanda karmaşık bir işlem haline gelmektedir. Gelecek durum hakkında kişilerin yaşadığı belirsizlik ve rekabetin hızlı bir şekilde gelişerek önem kazanmasıyla birlikte karar verme gittikçe daha da fazla zorlaşmaktadır. Teknoloji değişimi ve artan bilgi buna bağlı olarak yeni problemler de ortaya çıkarmıştır. Bir karar verici için zor olan karar vermekten ziyade, karar vericiler için probleme en uygun olan seçeneğin kararının verilmesidir. Karar vericiler problem için en uygun seçeneği belirlerken, problemi etkileyebilecek her türlü kriteri göz önünde bulundurmak zorundadırlar (Ersöz & Kabak, 2010).

Karar vericiler kararlarını alırken, bu kararın alternatifler arasındaki en iyi karar olabilmesi için tüm mevcut kaynakları kullanması, tüm alternatiflerin bir bir değerlendirilmesi ve değerlendirilirken bunları sayısal bir yöntemle dayandırması gerekmektedir.

Karar verme sırasında; karar vericilerin deneyimleri, kişisel fikirleri, stratejik amaçları dikkate alındığı gibi birçok nicel ve nitel kriterin de sürece dâhil edildiği görülmektedir. Karar vericilerin psikolojik durumu, içinde bulundukları sosyal çevre ve gelecekte beklenenleri alacakları karar üzerinde etkili olmaktadır. (Özbek, 2014)

Aynı zamanda bir kararın etkinliği, istenen iyi sonuçların elde edilmesiyle de doğrudan ilgilidir.

1.2. Çok Kriterli Karar Verme

Çok kriterli karar verme (ÇKKV), birden fazla ve aynı anda uygulanan kriterlerin içerisinde en iyi tercihin seçilmesini sağlayan yöntemdir. Karar vericiler açısından ele alınacak olursa da çok fazla sayıda birbirinden bağımsız faktörün ne derecede etkili olduğunu dikkate alarak, probleme ve faktörlere göre en uygun kararın verilmesine ışık tutan yöntemlerdir. Aynı zamanda kriterlerin birbiri ile çelişmesi durumunda ya da yine kriterlerin sayısal bir değerle ifade edilip edilemeyeceği durumlarda ortak bir dilde çıkarımlar sunarak değerlendirme yapabilinen yöntemlerdir (Hamurcu & Eren).

Rasyonel bir karar verme ortamında en çok tercih edilen seçim, genellikle kısıtlar ve yönetimin amaçları doğrultusunda sınırlandırılmaktadır. Böylelikle kararın bu kısıtlar ve amaçlar dahilinde değerlendirilmesiyle sağlıklı ve istenen çözümler elde edilmektedir. Çok kriterli karar verme; teorik gelişimi ile birlikte pratik uygulamaları açısından da karar analizi alanında çok hızlı bir gelişme göstermiştir. Güçlü bir mantık yapısı ile karar tespitlerindeki başarısıyla kendini kabul ettirmiş, geniş bir uygulama alanına sahiptir (Karaaatlı & vd., 2015).

ÇKKV yöntemlerinin kullanımı, günümüzde hızla ve sürekli bir şekilde değişmektedir. Çoğu zaman birbirleri ile çelişen kriterleri göz önünde bulundurması vasıtası dolayısıyla rasyonel karar verme açısından önemlidir. Bu nedenle akademik alanda daha etkin ve iyi sonuçlar üreten yöntemleri geliştirme çabaları da devam etmektedir (Paksoy, 2017).

Ayrıca göreceli olarak son yıllarda geliştirilen ÇKKV yöntemleri, karşılaştırma matrislerinin hazırlanmasında hem karar vericilerin tercihlerini net ve sayısal değerlerden arındırılarak, günlük yaşamdaki alışkanlıklarına benzer şekilde yapılmasına imkan vermekte, hem de desteklenen yazılımlar ile hataların azaltılması ve karşılaştırma matrislerinin tutarlılığı arttırılmaktadır. Karar vericilerin zihin yorgunluğuna neden olabilecek kadar büyük boyutlu karar matrislerinin (kriter ver alternatif sayısı fazla olan) karşılaştırmalarındaki karmaşıklıkların azaltılması, gelecekte karar analiz yöntemlerine daha sık başvurma ve daha etkin bir biçimde yararlanma yolunu açacağı beklentisini güçlendirmektedir. Karar vericilerin istek ve ihtiyaçlarının giderek artmasına paralel olarak, karar alma sürecinde kullanılan ÇKKV yöntemlerinin gelişmesi ise bilim alının gelişmesine ve bilimin insan ihtiyaçlarına cevap vermesine büyük katkı sağlayacaktır (Paksoy, 2017).

Günümüzde karşılaşılan karar verme problemlerinin karmaşık bir yapıya sahip olması sonucunda geliştirilen ve sayıları giderek artan

ÇKKV yöntemleri; sosyal, kültürel, finansal ve politik birçok alanda ve pek çok kurumda kullanılır hale gelmektedir.

ÇKKV, bir karar vericinin birden fazla alternatif arasından genellikle birbiri ile çelişen kriterler altında yaptığı seçim işlemidir. ÇKKV yönteminde izlenen adımlar şu şekilde sıralanabilir:

- Konu ile ilgili kriter ve alternatifler belirlenir.
- Kriterlerin nispi önem dereceleri belirlenir.
- Her bir alternatif tüm kriterler bazında değerlendirilir ve alternatifler sıralanır.

ÇKKV yöntemleri, 1960'lı yıllarda karar vermeye yardımcı olacak birtakım araçların gerekli görülmesiyle geliştirilmeye başlanmıştır. ÇKKV yöntemlerini kullanmaktaki amaç, alternatif ve kriter sayılarının fazla olduğu durumlarda karar verme mekanizmasını kontrol altında tutabilmek ve karar sonucunu mümkün olduğu kadar kolay ve çabuk elde etmektir (Karakaşoğlu, 2008).

ÇKKV sürecinde uygulamada sıkça kullanılan kavramlar kısaca şu şekilde açıklanabilir (Menteş, 2000):

Alternatifler: Uygulamanın asıl amacı olan kavramdır. Amaç alternatif tercihlerinden birini belirlemektir. Bir problemdeki tercih seçenekleridir. Ele alınan problemlerde yerine göre birkaç, yerine göre çok daha fazla sayıda alternatif olabilir. Bu alternatifler elenerek amaca en uygun olanı seçilir.

Kriter ve öznitelik: Kriter ve öznitelik kavramları bazı farklar içerdiği halde literatürde sıklıkla birbirlerinin yerine kullanılmaktadır. Öznitelikler kriterlerin temel alt gruplarıdır. Kriterler, alternatiflerin temel özellikleri, kaliteleri veya verimlilik parametreleri olarak tanımlanırlar ve karar vericilerin değer yargılarına bağlı olarak tanımlanıp ölçümlenirler.

Amaçlar: Kriterlerin, karar vericilerin arzuları doğrultusunda yönlendirilmiş şekli olarak tanımlanabilir.

Karar matrisi: ÇKKV problemlerinde genellikle değişik alternatifler, olaylar ve bunların sonuçları bir matris biçiminde gösterilir. ÇKKV, çoklu ve genellikle birbiri ile çelişen kriterler olması durumunda alternatifler arasından seçim yapmayı içerir. Karar problemi matris olarak şu şekilde ifade edilir:

$$D = \begin{matrix} & K_1 & K_2 & \dots & K_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (1.1)$$

Burada olası alternatifleri, K_j , $j = 1, \dots, n$ alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan kriterleri ve a_{ij} 'ler A_i alternatifinin K_j kriteri bazında değerlendirerek oluşturulmuş puanlamayı gösterir (Karakaşoğlu, 2008).

1.2.1. Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemi

Analitik Hiyerarşi Prosesi(AHP), 1977 yılında Thomas L. Saaty tarafından kriterler arasındaki sübjektif uzaklığın ölçülmesi amacıyla geliştirilmiş bir süreçtir. Analitik Hiyerarşi Prosesi (KorkusuzPolat, 2018) karar alırken tek bir birey ya da grup fikirlerini de dikkate alarak, nitel ve nicel değişkenleri bir arada değerlendiren çok kriterli karar verme yöntemlerinden biridir (Dağdeviren, Akay, & Kurt, 2004).

Çok kriterli karar verme tekniklerinde genel olarak insan görüşlerinin dikkate alımı karar verme sıkça kullanılır. Her kişinin deneyimleri, bilgi ve öngörülerinin yanında, bulunduğu sosyal çevre, psikolojik durum ve probleme dayalı hedefleri değişkenlik gösterebilir. AHP ise tıpkı bunun gibi karar vericilerin psikolojik ve sosyolojik etkenlerle birlikte yapacakları gözlemleri kullanarak daha etkili sonuçlar üretebilmesine katkı sağlamıştır (Tayyar, Akcanlı, Genç, & Erem, 2014).

AHP çözüm yönteminde takip edilecek aşamalar (Çelikbilek, 2018);

Adım 1: Problemin tanımlanması

AHP yönteminde de diğer çok kriterli karar verme yöntemlerinde olduğu gibi ilk yapılacak şey problemin açıkça belirlenmesidir. Problem belirlendikten sonra açık bir şekilde ortaya konulmalıdır. Problemin iyi tanımlanması diğer adımlarda ortaya çıkabilecek eksiklik ya da hataların önlenmesi açısından oldukça önemlidir.

Adım2 : Kriter ve alternatiflerin belirlenmesi

İkinci olarak problemi etkileyen kriterleri ve hatta varsa bu ana kriterleri etkileyen alt kriterlerinde belirlenmesi gerekmektedir. Aynı zamanda kriterlerin değerlendirileceği alternatiflerin belirmesi gerekmektedir.

Adım 3: Hiyerarşik yapının oluşturulması

Bu adımda önceki iki adımın uygulanmasıyla problemin amacının, kriter ve alternatiflerin belirlendiği hiyerarşik yapının açıkça kesin ve doğru bir şekilde oluşturulması gerekmektedir. Yapıda en üstte problemin amacı, bir altında bu problemi etkileyen ana kriterler ve onun bir altında (varsa) kriterleri etkileyebilecek alt kriterler yer almalıdır.



Şekil 1.1. AHP Hiyerarşisi

Adım 4: İkili karşılaştırmaların gerçekleştirilmesi

Üçüncü adım gerçekleştirildikten sonra üçüncü adımdaki hiyerarşik yapıya bağlı kalınarak her bir seviye için ikili karşılaştırma matrisleri

oluşturulur. Hiyerarşik yapıda her seviye kendi içinde; tüm kriterler, alt kriterler ve alternatifler kendi aralarında karşılaştırılırlar. İkili karşılaştırmalar yapılırken Tablo 1.1 de verilmiş olan karşılaştırma ölçeği kullanılır.

Tablo 1.1. İkili karşılaştırmalarda kullanılan önem dereceleri

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit Derecede Önemli	Her iki faktör aynı öneme sahiptir.
3	Orta Derecede Önemli	Tecrübe ve yargılara göre bir faktör diğerine göre biraz daha önemlidir.
5	Kuvvetli Derecede Önemli	Bir faktör diğerinden kuvvetle daha önemlidir.
7	Çok Kuvvetli Derecede Önemli	Bir faktör diğerine göre yüksek derecede kuvvetle daha önemlidir.
9	Mutlak Derecede Önemli	Faktörlerden biri diğerine göre çok yüksek derecede önemlidir.
2,4,6,8	Ara Değerleri Temsil Etmektedir	İki faktör arasındaki tercihte yukarıdaki açıklamalarda bulunan derecelerin ara değerleridir.

Adım 5: İkili karşılaştırma matrislerinin normalizasyonu

Dördüncü adımda ikili karşılaştırmalarla elde edilen ikili karşılaştırma matrislerinin satır toplamalarının alınması yoluyla normalizasyon işlemi gerçekleştirilir. n adet kriteri bulunan bir matris $[x_{ij}]_{n \times n}$ ile, normalize edilmiş matris $[y_{ij}]_{n \times n}$ ile gösterilmek üzere normalizasyon işlemi;

$$y_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^n x_{ij}} \quad (1.2)$$

ile yapılır.

Adım 6: Öncelik vektörlerinin hesaplanması

İkili karşılaştırma matrislerinin normalizasyon işlemi tamamlandıktan sonra normalize matrisin satır ortalamaları dikkate alınır. Bu işlem kriterler için gerçekleştirildi ise ortaya çıkan sonuçlar kriterlerin problem üzerindeki önem derecelerine verecektir. Eğer alternatifler için yapıldı ise karar matrisinde, alternatiflerino kriter için ağırlık vektörü olarak değerlendirilecektir. Öncelik vektörü $A = [a_i]_{n \times 1}$ olmak üzere;

$$a_1 = \frac{\sum_{j=1}^n y_{1j}}{n} \quad (1.3)$$

hesaplanmaktadır.

Adım 7: Tutarlılık testleri

Oluşturulmuş olan ikili karşılaştırma matrislerinin, kendi içerisinde tutarlı olup olmadığı test edilmelidir. Test sonucunun tutarsız çıkması durumunda ikili karşılaştırma matrisleri sıkıntılıdır ve ikili karşılaştırma matrisleri tekrardan yapılmalıdır. n adet adet kriterin, ikili karşılaştırmaların tutarlılık testi için geçerli formül;

$$[t_i]_{n \times 1} = [x_{ij}]_{n \times n} \cdot [a_i]_{n \times 1} \quad (1.4)$$

Elde edilen vektörün her bir elemanı sırasıyla öncelikler vektörü elemanlarına bölünür. Daha sonra λ_{max} , en büyük özdeğerinin hesaplanması amacıyla elde edilen değerlerin ortalaması alınır.

$$\frac{t_i}{a_i}, \quad \lambda_{max} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{t_i}{a_i}}{n} \quad (1.5)$$

λ_{max} 'ın hesaplanmasının ardından bunun yardımıyla uyum indeksi (CI) değeri hesaplanır. Son olarak ise uyum indeksi ve rastgele indeks (RI) değerlerinin birbirine bölümü vasıtasıyla tutarlılık oranı sonucu elde edilir.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (1.6)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (1.7)$$

Eğer $CR < 0,1$ ise tutarsızlık oranının kabul edilebilir seviyede olduğu söylenebilir. Fakat $CR > 0,1$ ise tutarsızlık oranının kabul edilebilir seviyenin üzerinde olduğu söylenir ve karşılaştırma matrisi yeniden değerlendirilir.

Adım 8: Karar matrisinin oluşturulması

Tüm kriterler ve alternatifler için gerekli öncelik vektörlerinin oluşturulmasından sonra, bu vektörler birleştirilerek karar matrisi oluşturulur. A_i , i. kriter için alternatiflerin karşılaştırılması vasıtasıyla

elde edilmiş olan bir öncelik vektörü olmak üzere; n adet kriterin ve m adet alternatifin bulunduğu probleme ait bir örnek matris ve W kriterlere ait ağırlıklar aşağıda yer almaktadır;

$$D = [A_1 \quad A_2 \quad \dots \quad A_n]_{m \times n}$$

$$D = \begin{bmatrix} d_{11} & \dots & d_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{m1} & \dots & d_{mn} \end{bmatrix}_{m \times n}$$

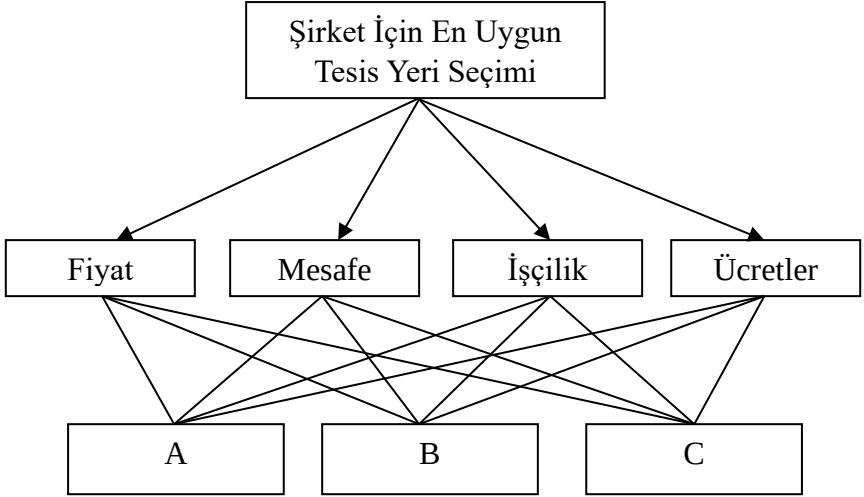
$$W = [w_1 \quad w_2 \quad \dots \quad w_n]_{1 \times n}$$

Adım 9: Nihai öncelik vektörlerinin hesaplanması

AHP yönteminin son aşaması olan nihai öncelik vektörlerinin hesaplanması, aynı zamanda en iyi alternatifin seçimini sağlamaktadır. Oluşturulan D karar matrisi ve W kriter ağırlıkları çarpılır. $A = [a_i]_{m \times 1}$ alternatiflere ait nihai öncelik vektörü olmak üzere, alternatiflerin önem ağırlıkları aşağıdaki gibidir;

$$A = D \cdot W \tag{1.8}$$

Örnek 1: Bir şirket yeni bir yerleşim yeri arasında (X,Y,Z) seçim yapmak istemektedir. Bu seçimi AHP yöntemini kullanarak gerçekleştirmek istemektedir. Aynı zamanda bu kararı verebilmek için 4 farklı kriteri dikkate alarak seçimlerini gerçekleştirmek istemektedirler. Bu kriterler arazi fiyatı, tedarikçilere olan mesafe, işçilik kalitesi, işçilik ücretleri şeklindedir. Bu model için oluşturulan hiyerarşik model aşağıdaki gibidir.



Şekil 1.2. Örnek 1 için oluşturulmuş hiyerarşik düzen

Tablo 1.2. Örnek 1 için fiyat kriteri için alternatiflerin karşılaştırma matrisi

FİYAT			
	A	B	C
A	1	3	2
B	1/3	1	1/5
C	1/2	5	1

Tablo 1.3. Örnek 1 için mesafe kriteri için alternatiflerin karşılaştırma matrisi

MESAFE			
	A	B	C
A	1	6	1/3
B	1/6	1	1/9
C	3	9	1

Tablo 1.4. Örnek 1 için ücretler kriteri için alternatiflerin karşılaştırma matrisi

ÜCRETLER			
	A	B	C
A	1	1/3	1/2
B	3	1	4
C	2	1/4	1

Tablo 1.5. Örnek 1 için işçilik kriteri için alternatiflerin karşılaştırma matrisi

İŞÇİLİK			
	A	B	C
A	1	1/3	1
B	3	1	7
C	1	1/7	1

Tablo 1.6. Örnek 1 için fiyat kriterinin göreceli önem değerlerinin belirlenmesi

	A	B	C
A	1	3	2
	+	+	+
B	1/3	1	1/5
	+	+	+
C	1/2	5	1
TOPLAM	11/6	9	16/5

Daha sonra her bir değer sütun toplamına bölünerek, satır ortalamaları alınır.

$$((1/(11/6)) + (3/9) + (2/(16/5))) = 0.5012$$

$$((1/3)/(11/6) + (1/9) + (1/5)/(16/5)) = 0.1185$$

$$((1/2)/11/6) + (5/9) + (1/(16/5)) = 0.3803$$

İşlemler tüm kriterler için tekrarlandığında aşağıdaki tablo elde edilir.

Tablo 1.7. Örnek 1 için kriterlerin alternatiflere göre ağırlıkları

YERLEŞİM	FİYAT	MESAFE	ÜCRETLER	İŞÇİLİK
A	0.5012	0.2819	0.1790	0.1561
B	0.1185	0.0598	0.6850	0.6196
C	0.3803	0.6583	0.1360	0.2243

Daha sonra kriterlerin birbiri arasındaki önem derecelerine bakılır ve kriterler için de karşılaştırma matrisi oluşturulur.

Tablo 1.8. Örnek 1 için kriterlerin karşılaştırma matrisi

Kriterler	Fiyat	Mesafe	Ücretler	İşçilik
Fiyat	1	1/5	3	4
Mesafe	5	1	9	7
Ücretler	1/3	1/9	1	2
İşçilik	1/4	1/7	1/2	1

Karşılaştırma matrisi normalize edilerek kriterlerin önem dereceleri de hesaplanır.

Tablo 1.9. Örnek 1 için kriterlerin önem ağırlıklarının belirlenmesi

Kriterler	Fiyat	Mesafe	Ücretler	İşçilik	Önem dereceleri
Fiyat	0.1519	0.1375	0.2222	0.2857	0.1933
Mesafe	0.7595	0.6878	0.6667	0.5000	0.6535
Ücretler	0.0506	0.0764	0.0741	0.1429	0.0860
İşçilik	0.0380	0.0983	0.0370	0.0714	0.0612

Yerleşim yerlerinin kriterler açısından değerlendirildiği normalize matris ile kriterlerin kendi aralarında değerlendirildiği matris çarpılarak tüm alternatiflerin aldıkları skor puanlar öğrenilmiş olur. Bunlar şu şekildedir:

$$A = (0.1933*0.5012) + (0.6535*0.2819) + (0.0860*0.1790) + (0.0612*0.1561) = \mathbf{0.3091}$$

$$B = (0.1933*0.1185) + (0.6535*0.0598) + (0.0860*0.6850) + (0.0612*0.6196) = \mathbf{0.1595}$$

$$C = (0.1933*0.3803) + (0.6535*0.6583) + (0.0860*0.1360) + (0.0612*0.2243) = \mathbf{0.5314}$$

Alternatifler arasındaki puanlar değerlendirildiğinde seçilmesi gereken alternatif, C yerleşim yeri olmalıdır.

1.2.2.MOORA Yöntemi

MOORA yöntemi ‘Oran Analizine Dayalı Çok Amaçlı Optimizasyon’ olarak ilk kez Brauers ve Zavadskas’ın (2006) çalışmalarında literatüre geçmiştir. MOORA yöntemi, 2006 yılında tanıtılmış bir yöntem olmasına rağmen, ülkemizde ve dış ülkelerde bu yöntemin uygulandığı çok sayıda ve çeşitli alanlarda uygulama mevcuttur (Yıldırım & Önder, 2015).

MOORA yönteminin diğer bazı çok kriterli karar verme yöntemlerine göre üstünlükleri bulunmaktadır. Bunlar şu şekilde özetlenebilir (Ersöz & Atav, 2011) :

- Hesaplama zamanı diğer yöntemlere göre daha kısadır.
- Az sayıda matematik işlemi içerir, uygulaması basit ve güvenilirlik açısından makul sonuçlar verir.
- Tüm amaçları dikkate ve değerlendirilmeye almaktadır.
- Alternatifler ve amaçlar arasındaki etkileri parça parça değil, bir bütün olarak ele almaktadır.

Bununla birlikte literatürde çeşitli MOORA çözüm yöntemleri bulunmaktadır. Bunlar;

- MOORA-Oran Metodu
- MOORA-Referans Noktası Yaklaşımı
- MOORA-Önem Katsayısı
- MOORA-Tam Çarpım Yaklaşımı
- MULTI-MOORA Yaklaşımı

şeklindedir.

1.2.2.1. MOORA-Oran Metodu

Yöntem ile çözüme, öncelik olarak alternatiflerin ve alternatiflerin kriterler üzerinden değerlendirilmiş olduğu bir matrisin hazırlanması ile başlanmaktadır.

x_{ij} = i . alternatifin j . kriterlere göre performans niteliği,
 M alternatiflerin, n ise kriterlerin(amaçların) sayısı,
 olmak üzere matris;

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (1.9)$$

şeklindedir.

Daha sonra ikinci adım olarak tablo değerleri normalleştirilir. Normalleştirme işleminde normal değerler her bir alternatifin belirlenen kriterlere göre girilen performans değeri, performans değerlerinin karelerinin toplamının kareköküne bölünmesiyle elde edilmektedir.

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (1.10)$$

x_{ij}^* , i . alternatifin j . kritere göre normalleştirilmiş performans değerini göstermektedir. Bu değer genellikle $[0,1]$ arasındadır fakat bazı durumlarda $[-1,1]$ aralığında olabilmektedir (Yıldırım & vd., 2013).

Normalizasyon işlemi yapıldıktan sonra tablodaki kriterlerin maksimum ya da minimum kriterleri olup olmadığı belirlenir. Daha sonra toplam maksimum kriter değerlerinden, toplam minimum kriter değerleri çıkartılır.

$j = 1, 2, 3, \dots, g$ maksimize edilecek kriterler ve $j = g+1, g+2, \dots, n$ minimize edilecek kriterler olmak üzere i alternatifinin tüm kriterlere göre normalleştirilmiş hali olan y_i^* şu şekildedir;

$$y_i^* = \sum_{j=1}^g x_{ij}^* - \sum_{j=g+1}^n x_{ij}^* \quad (1.11)$$

Daha sonra y_i^* 'ler büyükten küçüğe doğru sıralanır. y_i^* sıralamasında en başta olan alternatif problem için en uygun alternatif olacaktır.

1.2.2.2. MOORA-Referans Noktası Yaklaşımı

Referans noktası yaklaşımında MOORA-Oran metodu ile elde edilmiş normalize değerlere kadar yapılan işlemler temel alınır. Bunlara ek olarak referans noktası yaklaşımında her bir kritere göre maksimizasyon durumunda ise en iyi değeri, minimizasyon durumunda ise en düşük değeri referans noktası (r_i) olarak seçilir. Daha sonra alternatiflerin her bir kriter için referans noktalarına olan uzaklıkları bulunur (Özbek, 2015).

$$d_{ij} = |r_{ij} - x_{ij}^*| \quad (1.12)$$

Oluşturulan yeni matrise, *Tchebycheff* Min-Max işlemi uygulanır.

$$\min_i \{ \max_j (|r_i - x_{ij}^*|) \} \quad (1.13)$$

Buna göre küçükten büyüğe doğru bir sıralama yapılır ve birinci sıradaki değer en iyi alternatif seçilir (Akar & vd., Mayıs,2016).

1.2.2.3. MOORA- Önem Katsayısı Yaklaşımı

Bu yaklaşımda da MOORA- Referans Yaklaşımında olduğu gibi MOORA-Oran Metodu ile bulunan normalleştirilmiş veriler temel alınır. Bununla birlikte bazı durumlarda bir kriterin önem değeri, bir diğerinin önem değerinden farklı olabilir. Bu durumlarda MOORA-Önem Katsayısı Metodu kullanılarak kriterler uygun ağırlıklarla çarpılır. Bunun için eşitlik (1.14) kullanılabilir.

$$y_j^* = \sum_{i=1}^g w_i x_{ij}^* - \sum_{i=g+1}^{i=n} w_i x_{ij}^* \quad (1.14)$$

w_i , kriterlerin önem ağırlıklarını göstermektedir.

y_j^* değerleri küçükten büyüğe doğru sıralanır. İlk sıradaki alternatif en iyi seçenek olarak seçilmelidir.

Kriterlerin önem ağırlıkları referans noktası yaklaşımında da kullanılmaktadır. Bu durumda eşitlik (1.15) kullanılarak önem ağırlıklarının da dikkate alındığı sıralama oluşturulur.

$$d_{ij} = w_i |r_{ij} - x_{ij}^*| \quad (1.15)$$

1.2.2.4. MOORA-Tam Çarpım Yaklaşımı

Brauers ve Zavadskas 2010 yılında MOORA yönteminin tam çarpım yaklaşımını geliştirdiler. Bu yaklaşımda her bir alternatifin maksimizasyon amaçlı verilerinin çarpımı, minimizasyon amaçlı verilerin çarpımına bölünür. Bu yaklaşım eşitlik (1.16) ile ifade edilmektedir (Özbek, 2015).

$$U_i = \frac{A_i}{B_i} \quad (1.16)$$

$$A_i = \prod_{g=1}^j x_{gj} \quad (1.17)$$

$$B_i = \prod_{k=j+1}^n x_{kj} \quad (1.18)$$

$i = 1, \dots, m$; m alternatiflerin sayısı, j maksimizasyon ölçütlerinin sayısı, $n-j$ minimizasyon ölçütlerinin sayısı olmak üzere U_i ise alternatiflerin skorlarını göstermektedir. Bu değerler sıralandığında birinci sıradaki alternatif en uygun alternatif olacaktır.

1.2.2.5. MULTİ-MOORA Yaklaşımı

Multi-Moora ilk kez 2010 yılının başlarında Brauers ve Zavadskas tarafından ortaya atılmıştır. Multi-Moora, Moora yöntemlerinin ve çok amaçlı tam çarpan formlarının bir dizisi şeklindedir. Temelde amaç, en fazla önem değerli alternatifleri belirlemek ve bununla birlikte karar

vericiye en uygun alternatifi belirlemede yol göstermektir (Özçelik & Atmaca, 2014). MOORA yönteminin bazı diğer ÇKKV teknikleriyle; hesaplama zamanı, basitlik, matematik işlemleri, güvenilirlik ve analizlerde kullanılan veri türleri tarafından karşılaştırılması gösterilmektedir (Yıldırım & Önder, 2015).

Tablo 1.10. Çok kriterli karar verme (ÇKKV) tekniklerinin karşılaştırılması

ÇKKV Teknikleri	Hesaplama Zamanı	Basitlik	Matematik İşlemleri	Güvenilirlik	Veri Türü
MOORA	Çok Az	Çok Basit	Minimum	İyi	Nicel
AHP	Çok Fazla	Çok Kritik	Maksimum	Zayıf	Karışık
TOPSİS	Orta	Orta Kritik	Orta	Orta	Nicel
VİKOR	Az	Basit	Orta	Orta	Nicel
ELECTRE	Fazla	Orta Kritik	Orta	Orta	Karışık
PROMETHEE	Fazla	Orta Kritik	Orta	Orta	Karışık

Örnek 2: Şehir merkezi ve ilçeleri arasında bir ulaşım sistemi yapılması projesi vardır. Bu proje için hangi ulaşım sisteminin (X, Y, Z, W) kullanılmasının daha mantıklı olacağı belirlenmek isteniyor. Seçilme kriterleri ise maliyet, ulaşımında zaman tasarrufu, kapasite, çevre kirliliği, yol için arazi kaybı şeklinde sıralanmaktadır.

Tablo 1.11. Örnek 2 için kriterlerin alternatiflere göre karşılaştırma matrisi

	KRİTERLER				
ALTERNATİFLE R	Maliye t	Ulaşım a zaman tasarrufu	Yol için arazi kayb ı	Kapasit e	Çevre kirliliğ i
X	10	9	6	5	5
Y	7	6	6	5	5
Z	5	5	10	7	8
W	6	5	8	6	8

Oluşturulan bu başlangıç matrisi eşitlik (1.10) kullanılarak normalize matris haline getirilir.

Tablo 1.12. Örnek 2 için kriterlerin alternatiflere göre ağırlıkları

	KRİTERLER				
Alternatifler	Maliyet	Ulaşım zaman tasarrufu	Yol için arazi kaybı	Kapasite	Çevre kirliliği
X	0,6901	0,6964	0,39057	0,4303	0,3748
Y	0,4831	0,4643	0,39057	0,4303	0,3748
Z	0,3450	0,3869	0,65094	0,6025	0,5996
W	0,414	0,3869	0,52076	0,5164	0,5996

Eşitlik (1.11) kullanılarak normalize matris için maksimize edilecek kriterler, minimum kriterler olmak üzere y_i * değerleri hesaplanır. MOORA-Oran Metoduna göre sıralama oluşturulur.

Tablo 1.13. Örnek 2 için Oran Metodu sıralaması

Alternatifler	$y_i *$	Oran Metodu Sıralama
X	-0,32863	1
Y	-0,35375	2
Z	-0,60623	3
W	-0,63111	4

Burada seçilmesi gereken alternatif ilk sırada yer alan x alternatifi olmalıdır. Denklemden daha sonra kriterlerin minimum ya da maksimum kriterler olmasına bağlı olarak referans noktaları bulunur.

Tablo 1.14. Örnek 2 için kriterlerin referans noktalarının bulunması

	KRİTERLER				
	MİN	MAX	MİN	MAX	MİN
	Maliyet	Ulaşım zaman tasarrufu	Yol için arazi kaybı	Kapasite	Çevre kirliliği
Referans Noktası	0,345033	0,696441	0,390567	0,602464	0,374766

Eşitlik (1.12) kullanılarak referans noktasına göre oluşturulmuş matris hazırlanır ve eşitlik (1.13) kullanılarak MOORA-Referans Noktası Yaklaşımına göre sıralama bulunur.

Tablo 1.15. Örnek 2 için referans noktası göz önüne alınarak oluşturulmuş matris

Alternatifler	KRİTERLER				
	Maliyet	Ulaşım da zaman tasarrufu	Yol için arazi kaybı	Kapasite	Çevre kirliliği
X	0,34503	0	0	0,1721	0
Y	0,13801	0,2321	0	0,1721	0
Z	0	0,30953	0,26038	0	0,2249
W	0,06901	0,30953	0,13019	0,0861	0,2249

Tablo 1.16. Örnek 2 için referans noktasına göre sıralama hesaplama

Alternatifler	Maksimum	Sıralama
X	0,34503278	3
Y	0,23214697	1
Z	0,309529293	2
W	0,309529293	2

Referans noktası yaklaşımına göre seçilmesi gereken alternatif ilk sırada yer alan Y alternatifi olmalıdır.

1.2.3. Ağırlıklı Toplam Yöntemi

Yöntem literatürde geniş bir kullanma alanı bulunan ve bilinen bir yöntemdir. Bu yöntemde her bir alternatif kriterlere göre değerlendirilir. Değerlendirmeler sonucu alternatifin aldığı değerler, gerçek değerlerdir ve bu değerlerle işlem yapılmaktadır. Yapılan işlem her bir kriterin ağırlığı ile alternatif değerlerinin çarpılarak toplanması

işlemdir. Böylece bu işlem sonrası maksimum değeri sağlayan alternatif problem için en uygun alternatif olacaktır (Karakaşoğlu, 2008) .

$$A^*_{WSM} = \max \sum_{j=1}^n a_{ij}w_j \quad (1.19)$$

Burada n kriter sayısının, a_{ij} i.alternatifin j.kriter bazındaki değerini, w_j j.kriterin önem ağırlığını ifade etmek üzere A^*_{WSM} en iyi alternatifin ağırlıklı toplam skorudur (Aytaç & Gürsakal, 2015).

1.2.4. Ağırlıklı Çarpım Yöntemi

Yöntem ağırlıklı toplam metoduna benzer bir yöntemdir. Farklı olarak ağırlıklı çarpım metodunda alternatifler toplanarak değil, çarpılarak sıralanır (Aytaç & Gürsakal, 2015). a_y ve a_z alternatiflerinin bu yönteme karşılaştırılması şu şekilde ifade edilir:

$$R(a_y/a_z) = \prod_{j=1}^n (a_{yj}/a_{zj})^{w_j} \quad (1.20)$$

Yapılan işleme göre her bir alternatifin, bir diğer alternatife her kriter için oranı alınır ve kriter ağırlıkları üst olarak alınarak her bir kriter için çarpılır. (a_y/a_z) değeri (a_z/a_y) değerinde göre daha büyük ise sıralama da a_y , a_z den önce gelir (Karakaşoğlu, 2008).

1.2.5.DEMATEL Yöntemi

DEMATEL yöntemi ilk olarak 1972 yılında karmaşık ve çözümü güç problemlerin çözümü için Cenevre Battelle Memorial Enstitüsü, Bilim ve İnsan İlişkileri programı tarafından ortaya atılmıştır (Aksakal & Dağdeviren, 2010). DEMATEL yöntemi, kriterler arasındaki ilişkilerin açıkça tespit edilebilmesi amacıyla ortaya çıkan bir ÇKKV yöntemi olmuştur. Ayrıca bu yöntemle birlikte kriterlerin diğer kriterler tarafından etkilenen bir kriter mi ya da diğer kriterleri etkileyen bir kriter mi olup olmadığı da bulunabilir (Çelikkbilek, 2018).

DEMATEL yöntemi çözümünde takip edilecek aşamalar aşağıda yer almaktadır:

Adım 1: Problemin tanımlanması

Her yöntemde olduğu gibi DEMATEL yönteminin uygulanabilmesi için de yapılacak ilk aşama problemin belirlenmesidir. Belirlenen bu problemin net bir şekilde ortaya konulması gerekmektedir.

Adım 2: Kriterlerin belirlenmesi

Problemin belirlenmesinden sonra bu problemi etkileyeceği düşünülen kriterlerin belirlenmesi ikinci aşama olacaktır. DEMATEL yönteminde kriterlerin doğru belirlenmesi, ilişkilerin mümkün olduğu en doğru şekilde incelenebilmesi için gereklidir (Çelikkbilek, 2018).

Adım 3: Kriterler arasındaki ilişkinin ölçülmesi

Bu aşamada, karar vericiler tarafından ikili karşılaştırma ölçeği kullanılarak kriterler arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi esastır. Bu ölçek aşağıdaki tablodaki gibidir:

Tablo 1.17. DEMATEL ikili karşılaştırma ölçeği

Sayısal Değer	Tanım
0	Etki Yok
1	Düşük Derecede Etki
2	Orta Derecede Etki
3	Yüksek Derecede Etki
4	Çok Yüksek Derecede Etki

Adım 4: Direkt ilişki matrisinin oluşturulması

Tablo 1.17 kullanılarak karşılaştırması yapılan kriterler, eğer birden fazla karar verici var ise ortalaması alınarak köşegenleri ‘0’ olan bir matris elde edilir. X direkt ilişki matrisi aşağıdaki gibidir.

$$X = \begin{bmatrix} 0 & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & \cdots & 0 \end{bmatrix}$$

Adım 5: Direkt ilişki matrisinin normalizasyonu

Matrisin normalize edilmesi için öncelikli olarak eşitlik (1.21) de gösterildiği üzere her satır ve her sütun toplamı değerinin en büyüğü bulunur.

$$s = \max(\max \sum_{j=1}^n X_{ij}, \sum_{i=1}^n X_{ij}) \quad (1.21)$$

Daha sonra her bir matrisin elemanı eşitlik (1.22) de olduğu gibi ‘s’ değerini bölünür ve bu sayede normalleştirilmiş direkt ilişki matrisi (C) oluşturulmuş olur.

$$C = \frac{X}{s} \quad (1.22)$$

Adım 6: Toplam ilişki matrisinin oluşturulması

Adım 6 aşamasında yapılacak işlem elde edilen C direkt ilişki matrisinin ilk olarak birim matrsten çıkartılması, daha sonra tersinin alınması ve son olarak tekrar C matrisi ile çarpılması işlemidir. Bu işlemler sırasıyla yapıldığında toplam ilişki matrisi (F) elde edilmiş olur (Karaoğlu, Mayıs - Haziran 2016).

$$\lim_{H \rightarrow \infty} C + C^1 + C^2 + \dots + C^H$$

$$F = C + C^1 + C^2 + \dots + C^H = C(I - C)^{-1} \quad (1.23)$$

$$F = \begin{bmatrix} f_{11} & \dots & f_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ f_{i1} & \dots & f_{in} \\ \vdots & \dots & \vdots \\ f_{n1} & \dots & f_{nn} \end{bmatrix} \quad (1.24)$$

Adım 7: Kriterler arasındaki ilişkinin tespit edilmesi

Bu aşama hangi kriterin daha çok etkilenen, hangi kriterin daha çok etkileyen kriter olduğunun belirlenmesi aşamasıdır. Bu aşamada eşitlik (1.25) ve eşitlik (1.26)’ de gösterildiği gibi toplam ilişki matrisinin satır ve sütun toplamaları bulunur (Çelikkalek, 2018).

$$D_i = [\sum_{j=1}^n f_{ij}]_{n \times 1} \quad (1.25)$$

$$R_j = \left[\sum_{i=1}^n f_{ij} \right]_{n \times 1} \quad (1.26)$$

Her bir satır toplamı D_i ve her bir sütun toplamı R_j olmak üzere bu aşamada bu vektörlerin toplamları ve farkları alınır.

Her bir kriter için $D_i + R_j$ değeri gönderilen ve alınan toplam etki değerini yani kriterin sistem içindeki önemini, $D_i - R_j$ değeri ise o kriterin sistemi yaptığı toplam etkiyi gösterir. Eğer bu değer pozitif ise etkileyen, negatif ise diğer kriterler tarafından etkilenen bir kriter olduğunun göstermektedir.

Adım 8: Ağ diyagramının oluşturulması

Bu aşamada matrisin eşik değerinin belirlenmesinden sonra etki yönlü dağılım grafiği çizilir. Eşik değerinden büyük çıkan kriterler etkileyen olarak adlandırılır ve diyagramda etki yönü ok ile belirtilir. Oklar, etkileyenden etkilenene doğru oluşur. Böylece diğer kriterler tarafından etkilenen kriterler de belirtilmiş olur. Eşik değer uzmanlar tarafından belirlenebilir. Bunun mümkün olmadığı durumlarda ise toplam ilişki matrisinin (F) ortalaması alınarak da belirlenebilir (Karaoğlu, Mayıs - Haziran 2016).

Adım 9: Kriter ağırlıklarının belirlenmesi

Kriter ağırlıklarının belirlenebilmesi için $D_i + R_j$ 'nin karesinin, $D_i - R_j$ 'nin karesi ile toplamı kök içine alınır ve her bir ağırlık, ağırlıkların toplamına bölünür.

$$W_{ia} = \sqrt{(D_i + R_j)^2 + (D_i - R_j)^2} \quad (1.27)$$

$$W_i = \frac{W_{ia}}{\sum_{i=1}^n W_{ia}} \quad (1.28)$$

Böylece her bir kriterin ağırlıkları bulunmuş olur.

1.2.6. Analitik Ağ Süreci (ANP)

Analitik ağ süreci, analitik hiyerarşi sürecinden problemlerin bir hiyerarşik yapıyla ifade edilemediği durumlarda kullanılmasıyla ayrılır. Böyle problemlerde kriterler ve alternatifler birbiri ile karşılıklı bir iletişim halindedir. Bu durumlarda bileşenlerin ağırlıklarını bulabilmek için daha karmaşık bir süreç gerekmektedir (Ömürbek, Demirci, & Akalin, Kasım,2013). AAS yöntemi, problemleri, elemanlar arasındaki ilişkileri ve yönlerini tanımlayarak bir ağ şeklinde ifade eder. Bu ağ yapısı sayesinde, doğrudan biribiri ile ilişkilendirilmemiş elemanlar arasında da olabilecek etkileşimler ve geri bildirimler de dikkate alınmış olmaktadır. Yani AAS yönteminin, AHP yöntemine göre üstünlüğü olarak elemanların biribiriyle oluşturduğu kümeler arasındaki etkileşimleri belirleme imkanı verebilmesi söylenebilir (Özbek & Eren, 2013). Aşağıda yöntemin aşamaları gösterilmektedir (Paksoy, 2017).

Adım 1: Problemin kriter, alt kriter ve alternatiflerinin belirlenmesi

Tüm ÇKKV yöntemlerinden olduğu gibi ilk yapılması gereken şey problemin kriterlerini, varsa alt kriterlerini ve alternatiflerini

belirlemektir. Bunlar belirlendikten sonra aralarındaki etkileşim ve bağ dikkate alınarak, ağ yapısının oluşturulması gerekmektedir. ANP yönteminde elemanlar arasındaki ilişki AHP yönteminden farklı olarak yatay ya da düşey yönde olabilir, bu da daha karmaşık ilişkilerin bulunduğu problemleri kolaylıkla ANP yöntemi ile çözmeye olanak sağlar.

Adım 2: İkili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması

Elemanlar arasındaki etkileşim ve bağıllığın derecesini ölçebilmek için her elemanın bağımlı olduğu elemanlarla karşılaştırma matrisi oluşturularak öncelik değerleri hesaplanabilmektedir. Bu yöntemde karşılaştırma matrislerinin oluşturulması, matrislerin normalize edilmesi ve matrislerin tutarlılık testlerinin yapılması AHP yöntemi ile aynı şekilde uygulanmaktadır.

Adım 3: Süper matrisin oluşturulması

Süper matris, karar problemlerinde elemanlar arasında bağımlılığın etkisinin netleştirildiği matristir ve ağdaki tüm elemanlara ait tüm etkileri içermektedir. Süpermatrisin genel yapısı aşağıdaki gibidir.

$$\begin{array}{ccccccc}
 & & C_1 & & C_2 & \dots & C_m \\
 e_{11} & \dots & e_{1n_1} & e_{21} & \dots & e_{2n_2} & e_{m1} & \dots & e_{mn_m}
 \end{array}$$

$$W = \begin{matrix} & e_{11} \\ & \vdots \\ & e_{1n_1} \\ C_1 & e_{21} \\ C_2 & \vdots \\ \vdots & e_{2n_2} \\ C_m & e_{m1} \\ & \vdots \\ & e_{mn_m} \end{matrix} \begin{bmatrix} W_{11} & W_{12} & \dots & W_{1m} \\ W_{21} & W_{22} & \dots & W_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ W_{m1} & W_{m2} & & W_{mm} \end{bmatrix}$$

Burada C_m m. kümeyi , e_{mn} m. kümenin n. elemanını temsil etmektedir. W_{ij} j. küme elemanlarının i. küme elemanları üzerine etkilerini ifade eden eden gerçektek özevektörü temsil etmektedir. Eğer herhangi bir etki yok ise bu değeri 0 olmalıdır. Bu sayede süper matris kümeler arası ağ yapısı ile direkt olarak ilişkilidir.

Adım 4: Limit süper matrisin oluşturulması

Bu adımda bütünleşmemiş M süper matrisinin bütünleştirilmesi, bir başka deyişle sütun toplamalarının 1 olacak biçimde güçlendirilmesi gerekir (Ustasüleyman & Perçin, 2007). Yani süper matristeki her bir sütunun sütun toplamının 1 olması gerekmektedir. Kararlı duruma yakınsama yapılan matris, limit süper matristir.

Adım 5: En iyi alternatifin seçilmesi

Limit süper matriste alternatifler arasında skoru en yüksek alternatif, en iyi alternatif olarak seçilmektedir (Yıldırım & Önder, 2015).

1.2.7. VIKOR Yöntemi

VIKOR (Vlse Kirterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje) yöntemi ilk olarak 1998 yılında Opricovic tarafından tanıtılmış bir ÇKKV yöntemidir (Çelikkilek, 2018). Diğer bir ifadeyle VIKOR yöntemi, karmaşık sistemlerin çok kriterli optimizasyonu için geliştirilmiştir (Uygurtürk & Uygurtürk, 2014). VIKOR yöntemi ideal çözüme en yakın çözümleri, sıralama ve seçme işlemine odaklanarak yapmaktadır. VIKOR yöntemi aynı zamanda farklı ölçüm değerli kriterlerin, değerlerinden kaynaklanan farklılıkların kaldırılmasını sağlayarak karar vermede karar vericiye yardımcı olur (Paksoy, 2017).

VIKOR yönteminin aşamaları şu şekilde özetlenebilir :

Adım 1: Her bir kriter için en iyi (f^*_i) ve en kötü (f^-_i) değerler belirlenir.

Eğer i fayda kriteri ise;

$$f^*_i = \max_j f_{ij} \quad (1.29)$$

$$f^-_i = \min_j f_{ij} \quad (1.30)$$

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

Adım 2: S_j ve R_j değerleri $j=1, 2, \dots, j$ için hesaplanır. S_j ve R_j değerleri j . alternatif için ortalama ve en kötü grup skorlarını gösterir.

$$S_j = \sum_{i=1}^n w_i (f_i^* - f_{ij}) / (f_i^* - f^-) \quad (1.31)$$

$$R_j = \max [w_i (f_i^* - f_{ij}) / (f_i^* - f^-)] \quad (1.32)$$

Burada w_i kriter ağırlıklarını ifade etmektedir ve ağırlıklar toplamı 1'e eşit olmalıdır.

Adım 3: Q_j değerleri her bir alternatif için hesaplanır. $j = 1, 2, \dots, j$.

$$Q_j = v * \frac{(S_j - S^*)}{(S^- - S^*)} + (1 - v) * \frac{R_j - R^*}{R^- - R^*} \quad (1.33)$$

Burada $S^* = \min_j S_j$, $S^- = \max_j S_j$, $R^* = \min_j R_j$, $R^- = \max_j R_j$ temsil etmektedir. 'v' değeri maksimum grup faydasını sağlayan stratejinin ağırlığı, '1-v' karşıt görüştekilerin minimum pişmanlığını sağlayan stratejinin ağırlığını ifade etmektedir (Ertuğrul & Karakaşoğlu, 2009).

v değeri (>0,5) büyük seçildiğinde Q_j indeksine çoğunluğun olumlu tutum gösterme eğiliminde olduğu, v değeri (<0,5) küçük seçildiğinde Q_j indeksine çoğunluğun olumsuz tutum benimsediği anlamı yüklenmektedir. Bu yüzden genel olarak v değeri (=0,5) seçilerek değerlendirmeci grubun olumlu ve olumsuz tutum sergiledikleri düşünülmektedir (Paksoy, 2017).

Adım 4: S,R ve Q değerleri küçükten büyüğe doğru sıralanarak alternatifler arasındaki sıralama belirlenir.

Adım 5: Elde edilen bu sıralamadaki alternatiflerin doğru sıralanıp sıralanmadığı koşulların sağlanması ya da sağlanmaması sonucuna göre belirlenir.

Koşul 1: Kabul edilebilir avantaj koşulu

Q_j değerleri küçükten büyüğe sıralandığında ilk sırada yer alan alternatif A^1 ve ikinci sırada yer alan alternatif A^2 şeklinde gösterilirse kabul edilebilir avantaj koşulu şu şekilde gösterilir:

$$Q(A^2) - Q(A^1) > DQ \quad (1.34)$$

DQ parametresi alternatif sayısına bağlı olup, m alternatif sayısının göstermek üzere DQ şu şekilde hesaplanır:

$$DQ = \frac{1}{m-1} \quad (1.35)$$

Koşul 2: Kabul edilebilir istikrar koşulu

Q_j değerleri küçükten büyüğe sıralandığında elde edilen sıralamada ilk önce yer alan A^1 alternatifi, S ve R değerlerine göre küçükten büyüğe doğru yapılan sıralamada en minimum değere sahip olan alternatif en iyi alternatiftir. Bu durumda çözüm karar verme sürecinde istikrarlıdır denebilir. Bu şartlardan birinin sağlanmaması durumunda uzaklaşık

çözüm kümesi önerisi bulunmaktadır. Eğer *Koşul 1* sağlanmıyorsa, tüm alternatifler uzaklık çözüm kümesinde bulunması dikkate alınarak çözüm kümesinde hangi alternatiflerin bulunacağına üst sınır değeri M , $Q(A^m) - Q(A^1) > DQ$ formülüne bağlı olarak belirlenir. Fakat *Koşul 2* sağlanmıyorsa, birinci sıradaki A^1 ve ikinci sıradaki A^2 alternatifleri uzaklık çözüm kümesi olarak kabul edilir (Yıldırım & Önder, 2015).

1.2.8. TOPSİS Yöntemi

TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemi ilk kez Hwang ve Yoon (1981) tarafından çok kriterli karar verme problemlerini çözmek için literatüre kazandırılmıştır ve yer almasıyla birlikte çok sayıda uygulamada sıklıkla kullanılmaktadır (Karaşoğlu, 2008). TOPSİS yönteminin temelinde, bir ideal çözüme en kısa mesafede olan ve aynı zamanda bir ideal olmayan çözüme en uzakta olan alternatifin seçilmesi yatmaktadır. Yöntemle en fayda sağlayan çözüme yakın olmakla birlikte en ideal olmayan çözüme de bir o kadar uzak olma sağlanmaktadır. Bu hesaplamalar sırasında yöntem Öklid mesafe yaklaşımını kullanmaktadır. TOPSİS yöntemi uygulanırken takip edilmesi gereken aşamalar aşağıda yer almaktadır.

Adım 1: Her ÇKKV yönteminde olduğu gibi yöntem problemlerin tanımlanması, alternatif ve kriterlerin açık bir şekilde belirlenmesi ile başlamaktadır.

Adım 2: Satırlarında kararın verileceği alternatiflerin, sütunlarında ise alternatiflerin değerlendirileceği kriterlerin bulunduğu bir başlangıç matrisi oluşturulur.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}_{m \times n}$$

Adım 3: Karar matrisi oluşturulduktan sonra normalizasyon yapılarak $i = 1, 2, \dots, m$ ve $j = 1, 2, \dots, n$ olmak üzere normalize edilmiş karar matrisi edilir.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}} \quad (1.36)$$

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix}_{m \times n}$$

Adım 4: Normalize edilen matrisin oluşturulmasında sonra öncelikle kriterlere ait ağırlık dereceleri (W_j) hesaplanır. Bir adım önce normalize edilmiş değerlerle, hesaplanan ağırlık dereceleri çarpılarak ağırlıklandırılmış normalize değerlerin bulunması sağlanır (Dumanoğlu, 2010).

$$V_{ij} = W_j * r_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (1.37)$$

Adım 5: Bu adımda normalize edilmiş değerlere göre pozitif ideal çözüm (A^+) ve negatif ideal çözüm (A^-) bulunur.

$$A^+ = \left\{ \left(\max_i v_{ij} \mid j \in J \right), \left(\min_i v_{ij} \mid j \in J' \right) \right\} \quad (1.38)$$

$$A^- = \left\{ \left(\min_i v_{ij} \mid j \in J \right), \left(\max_i v_{ij} \mid j \in J' \right) \right\} \quad (1.39)$$

A^+ eşitliğinde elde edilen değerler $A^+ = \{v^+_1, v^+_2, \dots, v^+_n\}$ biçiminde, A^- eşitliğinde elde edilen değerler $A^- = \{v^-_1, v^-_2, \dots, v^-_n\}$ şeklinde gösterilebilir (Paksoy, 2017).

Adım 6: Bu aşama alternatifler arasındaki mesafe ölçülerinin hesaplanması ile ilgilidir. Bu uygulama Öklid uzaklık yaklaşımı kullanılarak yapılmaktadır. Her bir alternatifin pozitif ideal çözüme uzaklığı S_i^+ ve negatif ideal çözüme mesafesi S_i^- olmak üzere uzaklıkların hesabı şu şekilde olmaktadır:

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^+)^2} \quad (1.40)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^-)^2} \quad (1.41)$$

Hesaplanacak S_i^+ ve S_i^- sayısı alternatif sayısı kadar olmaktadır.

Adım 7: Son aşama pozitif ideal çözüme olan yakınlığın hesaplanması aşamasıdır. Her bir alternatifin ideal çözüme göreli yakınlığı şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$C_i^+ = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^+} \quad (1.42)$$

C_i^+ değeri i. alternatifin skor puanını göstermek üzere, $\max C_i^+$ değerine sahip alternatif ideal çözüme en yakın alternatif olarak tercih edilmektedir. Aynı zamanda C_i^+ değerinin 1'e eşit olması durumu alternatifin ideal çözüme mutlak yakın olduğunu gösterirken, C_i^+ değerinin 0'a eşit olması alternatifin negatif ideal çözüme mutlak yakın olduğunu göstermektedir (Dumanoglu, 2010).

1.2.9.ELECTRE Yöntemi

ELECTRE (Elimination and Choice Translating Reality English) yöntemi ilk kez 1966 yılında Beneyoun tarafından ortaya atılmış bir çoklu karar verme yöntemidir (Yücel & Ulutaş, 2009). ELECTRE yöntemi normalizasyon açısından TOPSİS VE MOORA yöntemlerine benzese de bu yöntemin temelinde yatan ve onu diğer yöntemlerden ayıran temel özellik alternatiflerin birbirlerine göre üstünlük durumlarının karşılaştırılmasıdır (Çelikkalek, 2018). Bu üstünlük ilişkilerinin oluşturulabilmesi için uyum ve uyumsuzluk indeksleri oluşturulur. Bu indeksler hangi alternatifin daha baskın olduğu

ölçüsünü gösterirler. ELECTRE yönteminin uygulama aşamaları aşağıdaki gibidir.

Her ÇKKV yönteminde olduğu gibi ilk olarak problem tanımlanır, alternatif ve kriterler belirlenir.

Adım 1: Satırlarında alternatiflerin, sütunlarında kriterlerin bulunduğu karar matrisi oluşturulur.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}_{m \times n}$$

Adım 2: Oluşturulan karar matrisi fayda kriterlerinde ayrı, maliyet kriterlerinde ayrı normalize işlemleri ile normalize edilir ve standart karar matrisi oluşturulur.

Fayda kriteri için;

$$x_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (1.43)$$

Maliyet kriteri için;

$$x_{ij} = \frac{\frac{1}{a_{ij}}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (\frac{1}{a_{ij}})^2}} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (1.44)$$

Formülleri kullanılmaktadır (Ömürbek & Mercan, 2014). Formüllerin uygulanmasıyla elde edilen standart karar matrisi şu şekildedir:

$$X_{ij} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix}_{m \times n}$$

Adım 3: Öncelikle normalize matrislerde kriterlerin ağırlıkları (W_j) belirlenir. W_j j. kriterin önem ağırlığını ifade etmektedir. Daha sonra normalize matris hesaplanan (W_j) değerleri ile çarpılarak ağırlıklandırılmış normalize matris elde edilmiş olur.

$$V_{ij} = W_j * r_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (1.45)$$

$$Y_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 x_{11} & w_2 x_{12} & \dots & w_n x_{1n} \\ w_1 x_{21} & w_2 x_{22} & \dots & w_n x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ w_1 x_{m1} & w_2 x_{m2} & \dots & w_n x_{mn} \end{bmatrix}_{m \times n}$$

Adım 4: Üçüncü aşamanın işleminde uyum ve uyumsuzluk kümelerinin belirlenmesi vardır. Uyum kümesinin belirlenebilmesi için ağırlıklı normalize matristen (Y_{ij}) yararlanılır, karar noktaları birbirleriyle değerlendirme faktörleri açısından kıyaslanır. Her ikili alternatif kıyaslaması için kriterler iki kümeye ayrılır. A_p ve A_q ($1, 2, \dots, m$ ve $p \neq q$) uyum kümesinde A_p alternatifi A_q 'ya tercih edilir.

$$C(p, q) = \{j \mid V_{pj} \geq V_{qj}\} \quad (1.46)$$

Eğer A_p alternatifi A_q 'dan daha kötü bir alternatif ise uyumsuzluk kümesi oluşmaktadır.

$$D(p, q) = \{j \mid V_{pj} < V_{qj}\} \quad (1.47)$$

Adım 4: Uyum ve uyumsuzluk kümelerinin oluşturulmasının ardından, uyum matrisi (C) ve uyumsuzluk matrisi (D) oluşturulur.

$$C_{pq} = \sum_{j^*} W_{j^*} \quad (1.48)$$

$$D_{pq} = \frac{\sum_{j^0} |V_{pj^0} - V_{qj^0}|}{\sum_j |V_{pj} - V_{qj}|} \quad (1.49)$$

Burada C_{pq} , uyum indeksi j^0 , $D(p,q)$ uyumsuzluk kümesinde yer alan faktörlerdir.

Adım 5: Bir sonraki aşama üstünlük karşılaştırmalarının yapılmasıdır. A_p alternatifinin A_q ya ne kadar baskın olduğu uyum indeksinde C_{pq} 'nun ne kadar büyük ve uyumsuzluk indeksinde D_{pq} 'nun ne kadar küçük olduğu ile ilgilidir. Önce C ve D değerlerinin ortalamaları ($\bar{C}$ ve $\bar{D}$) hesaplanır.

Eğer $C_{pq} \geq \bar{C}$ ve $D_{pq} \leq \bar{D}$ ise A_p alternatifi A_q alternatifine tercih edilir.

Adım 6: Son aşama net uyum ve uyumsuzluk indekslerinin hesaplanmasıdır. Bu hesaplama ile hangi alternatifin daha baskın olduğunun bulunması sağlanacaktır. Net uyum indeksinde en büyük değer alan alternatif çözüm kümesini oluştururken, net uyumsuzluk indeksinde en küçük değer alan alternatif çözüm kümesini oluşturmaktadır. Net uyum ve uyumsuzluk indeksleri hesaplanması aşağıdaki gibidir:

$$C_p = \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq p}}^m C_{pk} - \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq p}}^m C_{kp} \quad (1.50)$$

$$D_p = \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq p}}^m D_{pk} - \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq p}}^m D_{kp} \quad (1.51)$$

Tüm hesaplamalar yapıldıktan sonra uygulamada en yüksek C değeri ile en düşük D değeri seçilir (Çağıl, Ekim, 2011).

1.3. Bulanık Mantık ve Bulanık Küme

Bulanık mantık kavramı ilk kez, 1965 yılında, L.A. Zadeh'in bu konu üzerinde ilk makalelerini yayınlamasıyla literatüre girmiştir. Bu makalede bulanık kümelerin tanımı, temel işlemleri, kavramları ve özellikleri verilmiştir. Literatüre girdikten sonra ise önemi sürekli artmış, günümüze kadar gelerek çalışmalarda yer edinmiştir. Günlük hayatta insan kararları belirsiz ve bulanıktır. Bu nedenle bu kararları alırken tamamen sayısal değerlerle karar vermek çok doğru

olmayacaktır. Bulanık mantık buradaki eksikliği ele alarak sözel değişkenleri kullanarak karar vermemizi sağlar. Bu yaklaşım, makinelere insanların özel verilerini işleyebilme ve onların deneyimlerinden ve önsezilerinden yararlanarak çalışabilme yeteneği verir. Bu yeteneği kazandırırken sayısal ifadeler yerine sembolik ifadeler kullanılır. Bu sembolik ifadelerin makinelere aktarılması matematiksel bir temele dayanır. Bu matematiksel temel, Bulanık Kümeler Kuramıdır (Ertuğrul, 2007).

Bulanık küme, devamlı üyelik derecesine sahip nesneler kümesidir. Bulanık küme, her nesneyi 0 ile 1 arasında değişen üyelik derecesine sahip üyelik fonksiyonu ile nitelendirmektedir.

Klasik küme A için üyelik fonksiyonu şu şekilde tanımlanır.

$$A \Rightarrow \mu = \begin{cases} x \in \text{ise}, 1 \\ x \notin \text{ise}, 0 \end{cases}$$

Genel olarak, küme üyelerinin değerleri ile değişiklik gösteren eğriye üyelik fonksiyonu adı verilmektedir. E evrensel kümesinde tanımlanan, bulanık küme A için μ_A üyelik fonksiyonu şeklinde ifade edilir.

$$\mu_A: E \rightarrow [0,1]$$

Yine bulanık A kümesindeki x elemanı için üyelik derecesi şu şekilde gösterilir.

$$\tilde{A} = \{(x, \mu_{\tilde{A}}(x)) | x \in E\}$$

Buradaki 0 sayısı nesnenin kümenin bir elemanı olmadığını, 1 sayısı nesnenin kümenin tam bir üyesi olduğunu ifade etmektedir. Bu iki değer arası bir nesnenin ise kümenin kısmi üyesi olduğunu belirtmektedir (Karakaşoğlu, 2008).

1.4. Bulanık Karar Verme

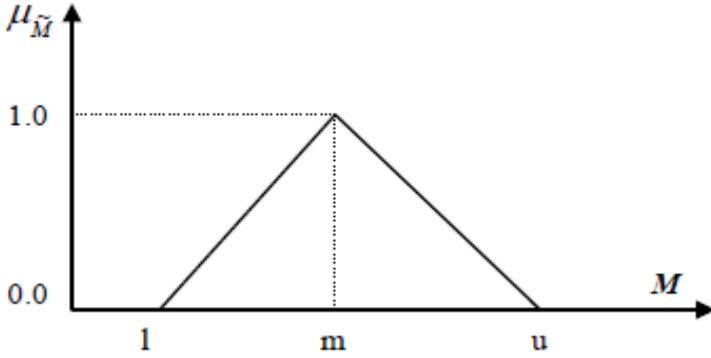
İnsanoğlu karşısına çıkan günlük hayattaki herhangi bir durum bazen eksik bilgiler ya da elde edilemeyen bilgiler yüzünden belirsiz olmaktadır. Bu durumlarda karar verme eksik bilgi, bilgisizlik gibi durumların yanında kişiden kişiye göre de değiştiği için belirsizlik artmaktadır. Bu artan belirsizlikle beraber böyle durumlarda alınacak kararlar da sağlıklı olmaktadır. Kararların daha sağlıklı ve gerçeğe yakın sonuçlar vermesi için de bu durumlarda bulanık karar verme yöntemlerinin kullanılması gerekmektedir.

İnsan beyni, bilgisayarların çalışma sisteminden karar verme yönünde farklı işlemektedir. İnsan beyni bir karar alırken sağduyuları, tecrübeleri, önsezileri, bilgi birikimleri ile alınacak kararlara birden fazla açıdan bakabilmektedir. Fakat bilgisayar beyni kararlar alırken 0-1 sistemini kullanırlar, ara ihtimalleri hesaba katmazlar ve olayları çok yönlü düşünemezler.

Oysa ki insan beyni bu muhakemeleri çok rahatlıkla yapabilir. Yani bulanık karar verme insan beyninin hali hazırda günde belki birçok kez zorlanmadan yaptığı bir şeydir. İşte bilgisayarın insan beyninden bu eksikliğini gidermede bulanık mantık devreye sokulmaktadır. Bulanık mantıkla birlikte bilgisayarların bulanık karar vermesi yani ara ihtimallerin de düşünülmesi sağlanabilecektir. Ancak bununla birlikte tabi ki bilgisayarın insan beyni kadar çok yönlü düşünmesi beklenemez bir durumdur. Bulanık mantıkla birlikte bilgisayarların yapabilecekleri de sınırlıdır (Karakaşoğlu, 2008).

1.5. Bulanık Üçgensel Sayılar

Üçgensel bulanık sayılar, üç tane gerçek sayılarla tanımlanmış bulanık sayıların özel bir çeşididir. Bu sayılar karar verilirken kesin olmayan değerlendirmelerde, değerlendirmelerin en fazla gerçeğe uyumu için oluşturulmuştur. (l, m, u) şeklinde ifade edilir. l , m , ve u parametreleri sırasıyla olası en küçük olası değeri, en olası değeri ve en büyük olası değeri göstermektedir (Ertuğrul, 2007).



Şekil 1.3. Üçgensel Bulanık Sayı, $\tilde{M}$

Üçgensel bulanık sayının üyelik fonksiyonu aşağıdaki gibi tanımlanmıştır ;

$$\mu\left(\frac{x}{\tilde{M}}\right) = \begin{cases} 0, & x < l, \\ \frac{(x-l)}{(m-l)}, & l \leq x \leq m, \\ \frac{(u-x)}{(u-m)}, & m \leq x \leq u, \\ 0, & x > u \end{cases} \quad (1.52)$$

1.5.1. Üçgensel Bulanık Sayılarda İşlemler

Üçgensel bulanık sayılarda pek çok çeşitli işlemler yapılabilir. Aşağıda bu bölümlerden bazılarına yer verilmiştir. A ve B iki pozitif bulanık sayı olmak üzere (Yıldırım & vd., 2013);

$$A = (l_1, m_1, u_1),$$

$$B = (l_2, m_2, u_2) \text{ olarak tanımlayacak olursak işlemler;}$$

- Toplama İşlemi

$$\begin{aligned} A+B &= (l_1, m_1, u_1) + (l_2, m_2, u_2) \\ &= ((l_1 + l_2), (m_1 + m_2), (u_1 + u_2)) \end{aligned}$$

- Çıkarma İşlemi

$$\begin{aligned} A-B &= (l_1, m_1, u_1) - (l_2, m_2, u_2) \\ &= ((l_1 - l_2), (m_1 - m_2), (u_1 - u_2)) \end{aligned}$$

- Çarpma İşlemi

$$\begin{aligned} A*B &= (l_1, m_1, u_1) * (l_2, m_2, u_2) \\ &= ((l_1 * l_2), (m_1 * m_2), (u_1 * u_2)) \end{aligned}$$

- Bölme İşlemi

$$\begin{aligned} A/B &= (l_1, m_1, u_1) / (l_2, m_2, u_2) \\ &= ((l_1/l_2), (m_1/m_2), (u_1/u_2)) \end{aligned}$$

- Ters İşlem

$$(l_1, m_1, u_1)^{-1} \approx (1/u_1, 1/m_1, 1/l_1)$$

şeklindedir.

1.6. Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemi

Çok kriterli karar verme yaklaşımlarından biri Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP)' dir. Analitik hiyerarşi süreci genel ölçme teorisidir. AHP, çok

kriterli karar verme alanında çözümlerde geniş bir kullanıma sahip bir yöntemdir.

Saaty tarafından ortaya atılan AHP, çok nitelikli, çok taraflı ve çoklu dönemli yapısal problemlerin hiyerarşik olarak çözümünü kolaylaştıran bir yöntemdir. Her ne kadar amacı uzman bilgilerini değerlendirmek olsa da klasik AHP yöntemi, insan düşünme şeklindeki belirsizliğe cevap verememektedir. Bundan dolayı bu tip problemlerin çözümü için bulanık AHP önerilmektedir (Vatansever & vd., 2013).

AHP yönteminde karar vericiler ikili karşılaştırma yaparken 1-9 önem skalasındaki kesin değerleri kullanmak zorundadırlar. Ancak gerçek hayattaki olayları gözlemlediğimizde kesin değerlerle karar vermek her zaman mümkün değildir. Bulanık AHP yaklaşımı kesin değerlerle çalışmak yerine belirli aralıklardaki değerlerle karar vermeyi sağladığı için karar vermeyi kolaylaştırarak daha etkili bir yöntem sunmaktadır (Şişman & vd., 2016).

Karar vericiler kriter ve alternatifleri değerlendirdiklerinde kesin sayıların yanında doğal dilsel vurguları da kullanırlar. Bu sebeple, bulanık AHP yöntemi etkileyici bir şekilde insan düşüncelerine ve algılarına benzemektedir.

1.7. Bulanık Moora Yöntemi

İlk kez Brauers ve Zavadskas (2006) tarafından uygulanan MOORA tekniği oransal analize dayalı çok amaçlı optimizasyon tekniğidir. AHP, TOPSİS, Electre, Vikor vb. gibi diğer çok kriterli karar verme tekniklerine nazaran çok yeni bir teknik olmakla birlikte son yıllarda literatürde kendine yer edinmiştir. (Vatansever & vd., 2013).

Bulanık küme teorisinin MOORA yöntemi ile birlikte kullanılmasıyla bulanık MOORA yöntemi oluşmuştur. Karar vericiye daha net sonuçlar vermeyi amaçlayan bulanık MOORA yöntemi literatürde çok geniş çalışma alanı bulmuştur (Organ & vd., 2018).

1.8. Nakliye Firması Seçimi

Lojistik, ticaretin küreselleşmesi ile yoğunlaşan rekabette, tedarik zincirinin her halkasında önemi fazlasıyla artan bir kavramdır. Buna ek olarak artık müşterinin belirleyici konumda olduğu ticarete, tasarımda, satışta, üretimde, nakliyyede en iyisi olunması gerektiği de bir gerçek. Bununla beraber, eldeki mevcut iş ve odak gücü, bu alanlardan bir ya da birden fazlasında yeterli olmayı sağlayabilir, fakat hepsine yetmesi beklenemez. Beklense bile bu işletmeye ek maliyet gibi olumsuz sonuçlar olarak dönebilir. Bu yüzden işletmelerin çoğu zaman bazı süreçleri dış kaynaklara aktarması söz konusu olmaktadır ve nakliye süreci de buna bir örnek olarak sayılabilir. Firmalar daha başka alanlarda profesyonelliğini ve kazancını arttırmak için daha ekonomik

olan bir nakliye firmasına dağıtım süreçlerini devretmesi uygun olacaktır. Böylece işletmeler asıl amaçları olan üretime daha belirgin bir derecede ilgili olacaklardır. İşlerin daha verimli ve daha az maliyetle yürütmesine bağlı olarak ise son yıllarda nakliye süreçlerini dış kaynakla yürüten işletmeler çoğalmıştır. Bu gibi nakliye süreçlerini, nakliye hizmet yardımı alarak sağlayan işletmeler bu sayede daha çok kar edebilmekte ve artan müşteri ihtiyacına daha hızlı yanıt verebilmektedir. Tüm bunlar göz önüne alındığında bu hizmetleri çeşitli işletmelere sağlayabilecek çok fazla nakliye firması mevcuttur. Fakat her nakliye firması, gerek ürün çeşitliğine yetecek ekipman yoksunluğu olsun, gerek işletmenin hitap ettiği müşterinin fazla olmasını karşılayamama durumunun varlığı olsun, gerekse o alandaki tecrübe ve bilgi eksikliği sebebiyle işletme için istenilen koşulların aynı miktarda karşılayamamaktadır. Bu durumda işletmelerin kendisi için en uygun nakliye hizmeti verecek olan firmanın seçimi problemi ortaya çıkmaktadır.

1.9. Literatür Araştırması

Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden Bulanık AHP (BAHP) ve Bulanık MOORA yöntemlerini kullanarak çalışmalar yapılmıştır.

Şişman ve Doğan (2016), bulanık AHP ve bulanık MOORA ile karlılık, likidite, aktif kalite, bilanço yapısı ve gelir gider yapısı oranları kriterlerini kullanarak, bu kriterlerin ele alınan on bankanın

performansını etkileyişini incelemişlerdir. Organ ve Kenger (2018), BAHF ve bulanık MOORA yöntemlerini market personeli seçimine uygulamışlardır. Yıldırım ve Öney (2013), BAHF ve MOORA yöntemlerini ve on kriter beş alternatif firma kullanarak bulut teknolojisi firmalarının sıralanması çalışması yapmışlardır. Akar ve Çakır (2016), BAHF ve MOORA yöntemleri ile beş kriter beş alternatif aday kullanarak lojistik personeli seçimi gerçekleştirmişlerdir. Karande ve Chakraborty (2012), bulanık MOORA ile erp seçimi gerçekleştirmişlerdir. Uygun, Dalkılıç ve Erkan (2018), BAHF ve MOORA yöntemlerini kullanarak tedarikçi seçimi konusunu işlemişlerdir. Bu çalışmayı yaparken kalite, teslimat, finansal durum, hizmet ve teknoloji ana kriterlerlerini ve buna bağlı olarak yimi bir alt kriteri kullanarak tedarikçi seçimini gerçekleştirmişlerdir. Karakış (2018), altı adet değerlendirme kriteri ile dört adet anaokulu arasından BAHF ve bulanık MOORA yöntemlerini kullanarak anaokulu seçimini gerçekleştirmiştir. Altunöz (2017), Borsa İstanbul'da işlem gören on iki bankayı analiz için kullanarak toplam on kriter için değerlendirmiş ve çalışmasında BAHF ve MOORA yöntemlerini kullanmıştır.

Literatürde, ÇKKV yöntemlerini kullanarak nakliye firması ya da tedarikçi seçimi çalışmalarda mevcuttur.

Karakaşoğlu (2008), ÇKKV karar verme yöntemlerini anlatmış, nakliye seçim problemini BAHF ve bulanık TOPSIS yöntemleri ile ayrı ayrı çözmüş karşılaştırmıştır. Özbek ve Eren (2012), analitik hiyerarşi süreci ile üçüncü parti lojistik firmasının belirlenmesi için bir çalışma yapmışlardır. Şişman (2016), bulanık MOORA yöntemiyle on bir

kriteri değerlendirerek dört alternatif arasından yeşil tedarikçi programının seçimini yapmıştır. Demirtaş ve Akdoęan (2014), bulanık TOPSIS yöntemiyle savunma sanayinde bir tedarikçi seçimi geręekleřtirmişlerdir.

BÖLÜM 2. BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ VE MOORA YÖNTEMLERİ İLE NAKLİYE FİRMASI SEÇİMİ: GIDA SEKTÖRÜ ÖRNEĞİ

İşletmeler için belki de en önemli kıstas zamanında teslimatla müşterilere kaliteli ürünler sunarak memnuniyeti sağlamaktır. Aynı zamanda ele alınan işletme, bir gıda işletmesi olduğunda zamanında teslimatın önemi bir o kadar artmaktadır. Ürünlerin tüketim tarihlerinin kısa olması sebebiyle lojistik faaliyetleri hızlı olmak zorundadır. Bununla birlikte müşteriye ulaşan ürünlerde herhangi bir kalite sorunu yaşanmaması esastır. Bu da çalışılacak firmanın, işletmenin istediği kriterleri değerlendirerek titizlikle seçilmesini gerektirmektedir.

Bu çalışmada büyük çaplı ve pazarda önemli yere sahip olan bir gıda işletmesi ele alınarak, ihtiyaçlarına yönelik bir nakliye firması seçimi gerçekleştirilmiştir. İşletme gerek müşteri sayısı gerek ürettiği ürün çeşidi olarak geniş bir kitleye hitap ettiği için nakliye faaliyetlerini bir hayli önemsemektedir. Bunun yanında işletme bu seçimi yaparken kaliteden ve mümkün olan en ekonomik firmayı seçmekten ödün vermek istememektedir.

BÖLÜM 3.

PROBLEMİN ÇÖZÜMÜ İÇİN ÖNERİLEN YÖNTEM

Belirlenen nakliye firması seçimi problemi için, işletmelerin göz önünde bulundurduğu birden fazla kriteri aynı anda değerlendirebilmek amacıyla çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılmıştır. Bu değerlendirmeleri yaparken karar vericiler her zaman net bilgiye ve sayısal verilere sahip olmadığından kesin kararlar vermek güçleşmektedir. Bu gibi kesin olmayan durumlarda ise bulanık mantık kavramı tutarlı ve daha doğru kararlar verebilmemizi sağlar. Nakliye firması seçim problemimizde ise bu bilgiler ışığında Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesini kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesinde, Bulanık Moora yöntemini ise kriter ağırlıklarını dikkate alarak nakliye servisi sağlayıcısının belirlenmesinde kullanılmıştır.

3.1. Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP) Yöntemi

Bulanık AHP yaklaşımı kesin değerlerle çalışmak yerine belirli aralıklardaki değerlerle yargıda bulunmaya olanak sağladığı için karar vericiler açısından da oldukça etkili bir yöntemdir. Karar vericiler kriter ve alternatifleri değerlendirdiklerinde kesin sayıların yanında doğal dilsel vurguları da kullanırlar. Bu sebeple, bulanık AHP yöntemi etkileyici bir şekilde insan düşüncelerine ve algılarına benzemektedir. Bu nedenle de birçok farklı araştırmacı tarafından sistematik olarak kullanılmıştır (Organ & vd., 2018).

Tablo 3.1. Dilsel değişkenlerin üçgen bulanık sayı türünden karşılıkları

Dilsel Değişken	Üçgensel Bulanık Ölçek	Üçgensel Bulanık Karşılık Ölçek
Eşit	(1,1,1)	(1/1,1/1,1/1)
Orta	(2,3,4)	(1/4,1/3,1/2)
Güçlü	(4,5,6)	(1/6,1/5,1/4)
Çok Güçlü	(6,7,8)	(1/8,1/7,1/6)
Kesinlikle Tercih Edilir	(8,9,9)	(1/9,1/9,1/8)

Çalışmada kriterlerin görüşleri doğrultusunda kullanılan bulanık AHP yaklaşımının işleyişi şu şekildedir (Vatansever & vd., 2013).

Adım 1: Karar vericilerin görüşleri doğrultusunda ikili karşılaştırma matrisleri hazırlanır.

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} 1 & \tilde{a}_{12} & \dots & \tilde{a}_{1n} \\ \tilde{a} & 1 & \dots & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & \tilde{a}_{12} & \dots & \tilde{a}_{1n} \\ 1/\tilde{a}_{12} & 1 & \dots & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/\tilde{a}_{n1} & 1/\tilde{a}_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (3.1)$$

$$\tilde{a}_{ij} = \begin{cases} \tilde{1}, & \tilde{3}, & \tilde{5}, & \tilde{7}, & \tilde{9} & i \text{ kriteri } j \text{ kriterine göre göreceli olarak} \\ 1, & i & = & j & & \text{daha önemlidir.} \\ \tilde{1}^{-1}, & \tilde{3}^{-1}, & \tilde{5}^{-1}, & \tilde{7}^{-1}, & \tilde{9}^{-1} & i \text{ kriteri } j \text{ kriterine göre göreceli olarak} \\ & & & & & \text{daha az önemlidir.} \end{cases} \quad (3.2)$$

Adım 2: Sentetik ikili karşılaştırma matrisinin oluşturulmasında Buckley (1985)'nin önerdiği geometrik ortalama tekniği kullanılarak bulanık geometrik ortalamalar ve her bir kriterin bulanık ağırlıkları bulunur:

$$\tilde{r}_i = (\tilde{a}_{i1} \otimes \dots \otimes \tilde{a}_{ij} \otimes \dots \otimes \tilde{a}_{in})^{\frac{1}{n}} \quad (3.2)$$

$$\tilde{w}_i = \tilde{r}_i \otimes [\tilde{r}_1 \oplus \dots \oplus \tilde{r}_i \oplus \dots \oplus \tilde{r}_n]^{-1} \quad (3.3)$$

Adım 3: Son aşamada bir önceki aşamada elde edilen bulanık kriter ağırlıkları durulaştırılarak en iyi bulanık olmayan performans değeri hesaplanır. Durulaştırma işleminde ise hesaplama kolaylığı açısından alan merkezi yöntemi (COA-Center of Area) kullanılmıştır.

$$BNP_{wi} = [(U_{wi} - L_{wi}) \oplus (M_{wi} - L_{wi})] / 3 \oplus L_{wi} \quad (3.4)$$

Denklemden L_{wi}, M_{wi}, U_{wi} değerleri üçgensel bir bulanık sayı için sırasıyla küçük, ortanca ve büyük değerleri temsil etmektedir.

3.2. Bulanık Moora Yöntemi

Bulanık küme teorisinin MOORA yöntemiyle birlikte kullanılmasıyla oluşan bulanık MOORA yönteminin uygulama adımları aşağıda yer almaktadır (Karande & vd., 2012).

Tablo 3.2. Alternatiflerin değerlendirilmesinde dilsel değişkenlerin üçgen bulanık sayı türünden karşılıkları

Dilsel Değişken	Üçgensel Bulanık Karşılık
Çok Zayıf	(0,0,1)
Zayıf	(0,1,3)
Orta Zayıf	(1,3,5)
Orta	(3,5,7)
Orta İyi	(5,7,9)
İyi	(7,9,10)
Çok İyi	(9,10,10)

Adım 1: Üçgensel üyelik fonksiyonları yardımıyla, karar vericilerin görüşleri doğrultusunda bulanık karar matrisi oluşturulur.

$$X = \begin{bmatrix} [x_{11}^l, x_{11}^m, x_{11}^n] [x_{12}^l, x_{12}^m, x_{12}^n] \cdots [x_{1n}^l, x_{1n}^m, x_{1n}^n] \\ [x_{21}^l, x_{21}^m, x_{21}^n] [x_{22}^l, x_{22}^m, x_{22}^n] \cdots [x_{2n}^l, x_{2n}^m, x_{2n}^n] \\ \cdots \cdots \cdots \\ [x_{m1}^l, x_{m1}^m, x_{m1}^n] [x_{m2}^l, x_{m2}^m, x_{m2}^n] \cdots [x_{mn}^l, x_{mn}^m, x_{mn}^n] \end{bmatrix} \quad (3.5)$$

Matriste $x_{ij}^l, x_{ij}^m, x_{ij}^n$ değerleri; j. kriter açısından i. alternatif için üçgensel bir üyelik fonksiyonundaki sırasıyla küçük, orta ve büyük değerlere sahip bulanık sayıları göstermektedir.

Adım 2: Vektör normalizasyonu ile normalize bulanık karar matrisi oluşturulur.

$$r_{ij}^l = \frac{x_{ij}^l}{\sqrt{\sum_{i=1}^m \left[(x_{ij}^l)^2 + (x_{ij}^m)^2 + (x_{ij}^n)^2 \right]}} \quad (3.6)$$

$$r_{ij}^m = \frac{x_{ij}^m}{\sqrt{\sum_{i=1}^m \left[(x_{ij}^l)^2 + (x_{ij}^m)^2 + (x_{ij}^n)^2 \right]}} \quad (3.7)$$

$$r_{ij}^n = \frac{x_{ij}^n}{\sqrt{\sum_{i=1}^m \left[(x_{ij}^l)^2 + (x_{ij}^m)^2 + (x_{ij}^n)^2 \right]}} \quad (3.8)$$

Adım 3: Ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi oluşturulur.

$$v_{ij}^l = w_j r_{ij}^l \quad (3.10)$$

$$v_{ij}^m = w_j r_{ij}^m \quad (3.11)$$

$$v_{ij}^n = w_j r_{ij}^n \quad (3.9)$$

Adım 4: Fayda ve maliyet kriterleri açısından her bir alternatifin sıralamaları hesaplanır.

Fayda kriteri için,

$$S_{ij}^{+l} = \sum_{j=1}^n v_{ij}^l \mid j \in J^{\max} \quad (3.13)$$

$$S_{ij}^{+m} = \sum_{j=1}^n v_{ij}^m \mid j \in J^{\max} \quad (3.14)$$

$$S_{ij}^{+n} = \sum_{j=1}^n v_{ij}^n \mid j \in J^{\max} \quad (3.15)$$

Maliyet kriteri için,

$$S_{ij}^{-l} = \sum_{j=1}^n v_{ij}^l \mid j \in J^{\max} \quad (3.16)$$

$$S_{ij}^{-m} = \sum_{j=1}^n v_{ij}^m \mid j \in J^{\max} \quad (3.17)$$

$$S_{ij}^{-n} = \sum_{j=1}^n v_{ij}^n \mid j \in J^{\max} \quad (3.18)$$

Adım 5: Her bir alternatifin performans indeksi yani performans puanları oluşturulur. Bunun için, vertex metodu kullanılarak alternatifler için fayda ve maliyet kriter değerleri durulaştırılır.

$$S_i(s_i^+, s_i^-) = \sqrt{\frac{1}{3} \left[(s_i^{+l} - s_i^{-l})^2 + (s_i^{+m} - s_i^{-m})^2 + (s_i^{+n} - s_i^{-n})^2 \right]} \quad (3.19)$$

Adım 6: Performans indeks rakamlarına göre alternatifler sıralanır. En yüksek performans indeks puanına sahip alternatif tercih edilmesi gereken seçenektir (Karande & vd., 2012).

BÖLÜM 4.

PROBLEMİN ÇÖZÜMÜ

Ele alınan problemin için, çözümün uygulanacağı işletme Sakarya ili merkez üretim yeri olmak üzere beş farklı lokasyonda gıda sektöründe varlığını sürdüren alanında lider kuruluşlardan biridir. Üretilen ürün çeşitleri açısından tüketim ömrü oldukça kısa olan süt, aromalı süt, yoğurt, ayran, kefir, peynir, kaşar, terayağı gibi pek çok ürün bulunmaktadır. Dolayısıyla işletmede üretim kapasitesinin büyüklüğü ve müşteri sayısının fazlılığı nedeniyle nakliye faaliyetleri oldukça dinamik bir yapıdadır. İşletme de nakliye faaliyetlerini eksiksiz ve sorunsuz yürütmek amacıyla nakliye firmaları ile çalışmaktadır. Bu çalışmada ise işletme lokasyonlarından biri için nakliye firması seçimi sadece görüşmelerle değil de sayısal verileri kullanarak isteklere en yakın firma belirlenmeye çalışılmıştır.

4.1. Problem İçin Kriterlerin Belirlenmesi

İlk olarak kriter belirleme aşamasında, literatürdeki kaynaklar incelenmiştir. Bununla birlikte nakliye seçiminin uygulandığı gıda işletmesindeki lojistik uzmanlarının da görüşleri alınarak problem için ihtiyaç duyulan kriterler oluşturulmuştur. Belirlenen kriterler

maliyet(M), IT kuvvetliliği(IK), finansal gücü(FG), personel yetkinliği(PY), teslimat hızı ve kalitesi(THK), araç donanım ve kapasitesi(ADK), firma itibarı(Fİ), kriz yönetim becerileri(KYB), iş esnekliği(İE) dir.

4.1.1. Maliyet (M)

Problem için belirlenen ve dikkate edilmesi gerektiği düşünülen ilk kriter maliyet kriteridir. Doğal olarak her firma gerek hizmet, gerekse ürün olsun satın alacağı ürünlerin ya da hizmetlerin mümkün olan en düşük değerini ödeyerek sahip olmak istemektedir. Maliyete dikkate edilerek yapılan satın almalar firmanın giderini düşürecek, dolayısıyla karını arttıracaktır. Bu yüzden çalışmada ele alınan problem için de maliyet bakılması gereken önemli kriterlerden biri olmuştur.

4.1.2. IT Kuvvetliliği (IK)

IT kuvvetliliği firmanın, hizmeti tedarik edeceği tedarik firmasının işini takip edebilmesi, aracın ne zaman nerede hangi noktada olduğunun takibinin yapılabilmesi sürekliliği her aşamada bilginin firmaya gönderilmesi konusunda dikkate edilmesine istediği kriterlerden biri olmuştur.

4.1.3. Finansal Gücü (FG)

Finansal güç de lojistik hizmeti alırken firmanın dikkate ettiği kriterlerden biridir. Çünkü gerek tedarik firmasının kendi işçilerinin

ödemelerinin düzenli yapılmasını sağlayarak lojistik işinde herhangi bir aksamanın olmasını istememektedir. Bir de hizmeti satın alacak firma herhangi bir zamanda yaşanan bir maddi sıkıntıda hizmet bedelini ödeme konusunda tolerans gösterebilecek bir firma ile anlaşmak istemektedir.

4.1.4. Personel Yetkinliği (PY)

Personel yetkinliği hizmet satın alacak bir firma için önemli kriterlerden biridir. Nedeni ise firma lojistik bir hizmet alırken bu hizmeti aldığı personellerin en yetkin personeller olmasını istemesidir. Kendisine verilen görevleri layığıyla yapabilecek, firmaya mümkün olduğunca bir sorun yaratmayacak, işinde bilgili ve tecrübeli personellerin olması her firma gibi çalışmada yer alan firma için de bir o kadar önemlidir.

4.1.5. Teslimat Hızı ve Kalitesi (THK)

Belki de bir lojistik işlemi için firmanın en önemli kriterlerinden biri tartışmasız teslimatın hızı ve teslimatın ne kadar kaliteli yapıldığıyla ilgili olmalıdır. Günümüzde rekabetin bu kadar ileride olduğu ve müşterinin en ufak bir olumsuzlukta safını kolayca değiştirebilmesi, firmaları hata yapma olasılıklarını yok denecek kadar az bir seviyeye indirmeye zorlamaktadır.

Özellikle bir gıda firması için bu rekabet önemli bir noktadır ve hata kabul etmemektedir. Dolayısıyla firma ürünlerini mümkün olduğu

kadar planlanan zaman, yer ve kalitede teslim etmek istemektedir. Teslimatın yeterinde hızlı ve kaliteli olması firmanın müşteri kaybetmesini önleyecek hatta belki de müşteri kazandıracaktır. Bu sayede firma daha fazla kar yapma imkanı bulabilecektir. Bütün bu nedenlerden dolayı firma lojistik destek için teslimatı en iyi seviyede hızlı ve kaliteli sunabilen firma ile anlaşmak istemektedir.

4.1.6. Araç Donanım ve Kapasitesi (ADK)

Araç donanım ve kapasitesi lojistik destek veren firmalarda, firmaları öne çıkaran ve seçilmesinde büyük rol oynayan başlıca unsurlardan biridir. Öyle ki firmalarda araç donanımları, her çeşit ve şekilde ürünlere hitap edebilmesi, ürünlere hasar vermeden, ürünler için en uygun sıcaklık, nem, ışık, ekipman vb. destekleri sağlayarak en iyi ortamın oluşturulmasını sağlayan firmalar her zaman bir adım öne geçebilmektedir.

Bu donanımı aynı şekilde kapasite de takip etmektedir. Kapasitenin önemli olmasının nedeni firmaların çok fazla ürünü aynı araçla taşıyarak mümkün olduğu derecede taşıma maliyetini düşürmek istemesidir. Firmalar bu taşıma maliyetlerinden kaçınmak için tam dolmamış araçların yola çıkmasını istememektedirler ve tabi ki daha fazla ürün taşıyabileceklerken kapasitesi düşük bir araçla çalışarak maliyetlerini çoğaltmak istemezler.

Firma bir gıda firması olduğu için ve çok çeşitli aynı zamanda kolayca bozulabilen ürünlerle çalıştığı için araç donanım ve kapasitesini bir hayli önemsemektedir. Ürünlerin soğuk hava donanımı ile taşınmasının yapılması gerekmektedir ve çeşitli ürünlerin aynı araçta taşınmasının bir sorun teşkil etmeyeceği araçlar tercih etmek istemektedir.

4.1.7. Firma İtibarı (Fİ)

Firma itibarı firmanın dikkate aldığı unsurlardan biridir. Firma her firmanın olduğu gibi alanda tecrübesiz, yeterince bilinmeyen ve yaptığı işlerden söz ettirmeyen firmalarla çalışmak istememektedir. Firma alanda her tecrübeyi yaşamış, işinin ehli, itibarlı firmalarla çalışmanın sonucunda yapılan işin daha başarıya yakın işler olacağını düşünmektedir. Tabi ki bu alanda her yeni firmanın başarısız işler yapacağı anlamına gelmemektedir. Fakat firma dikkate edilmesi gereken bir kriter olarak düşünmektedir.

4.1.8. Kriz Yönetim Becerileri (KYB)

Günümüz iş dünyasında son dakika işlerinin, hızlı ve ani kararların öneminin hatırı sayılır artışı firmaların değerlendirilmesinde ek olarak kriz yönetim becerisi adı altında bir kriteri ortaya çıkarmıştır. Hayatta her şey her zaman beklenildiği üzere gitmediği gibi, bu iş dünyasında da böyledir. Planlanan durumlarda bir değişiklik meydana gelmesi durumunda firmaların bu durumu en az hasarla atlatabilmesi çok önemlidir.

Firma da böyle bir durum yaşayabilme ihtimaline karşı bu durumu en iyi şekilde yönetebilen firmalarla anlaşmak istemektedir. Müşteri isteklerinde bekleyenmeyen bir artış ya da azalıştan dolayı ilave edilecek bir araç sağlayabilme veya aynı durumda azalışta eksiltebilme ihtimali, ani gelişen bir durumla aracın rotasında bir değişiklik ya da eklenen, çıkarılan bir rotaya kolaylıkla ayak uydurabilme yeteneği firmanın müşteri memnuniyetini ve firma karını maksimumda tutmak için dikkate aldığı önemli kriterlerden olmuştur ve problem için dikkate alınması istenmektedir.

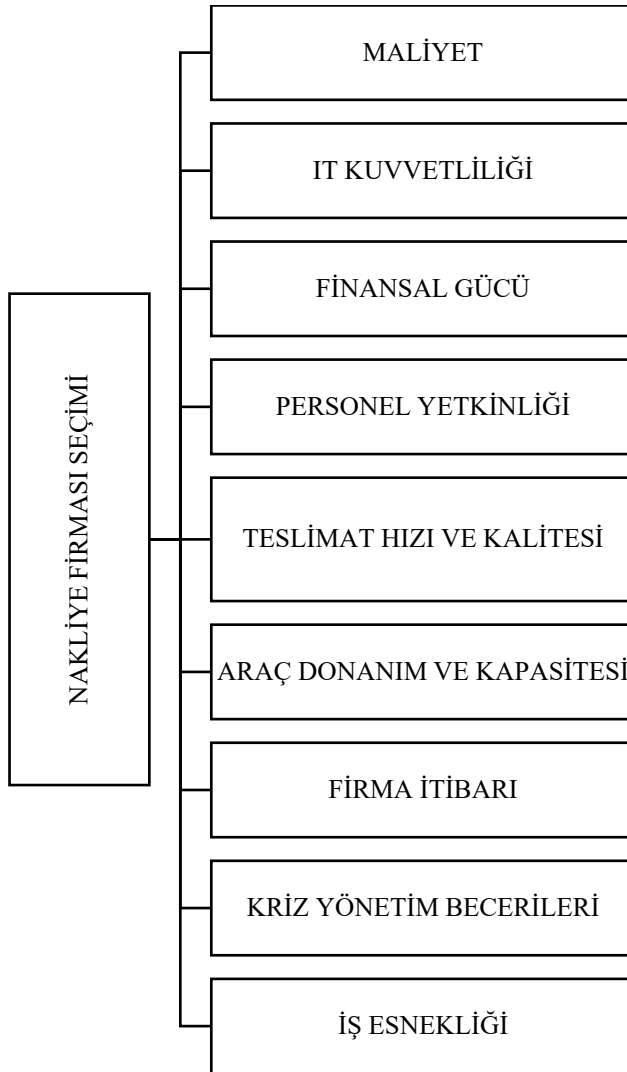
4.1.9. İş Esnekliği (İE)

İş esnekliği günümüzde her alanda istenen bir durumdur. Gerekliği durumlarda firmanın maliyetini ve ya karını düşünülmesi gerekiyorsa ve buna göre bir karar alınacaksa bütün çalışanların buna ayak uydurabilmesi istenmektedir. Firmaların satışları her zaman aynı seviyede olmamaktadır. Bazı dönemler firmalar için çok yoğun geçerken, bazı dönemlerde istenildiği kadar çok satışın yapılmaması doğaldır.

Durum böyleyken firma hizmet almak istediği herhangi bir lojistik firması tarafından da bu dalgalanmaları en uygun biçimde yönetebilmesini ister. Satışların yükseldiği dönemlerde, gerektiğinde firma için anlaşılan miktardan fazla sayıda araç çıkartabilmeli, fazladan iş yapabilmeli ve herhangi bir sorunun yaşanmasını engellemelidir.

Ürünler çabuk bozulabilen ürünler olduğu için gerekli hassasiyeti göstererek bu durumlarda öncelik verebilmelidir.

Şekil 4.1’de bu çalışmada kullanılan kriterler görülmektedir.



Şekil 4.1. Problem ve problemi etkileyen kriterler

4.2. Kriter Ağırlıklarının BAHP Yöntemi ile Bulunması ve Aşamaları

Belirlenen kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi için BAHP yöntemi kullanılmıştır. Bu kriterlere göre firmanın dört lojistik uzmanının görüşleri alınarak ve denklem (3.1), (3.2) kullanılarak ilk aşama olan ikili karşılaştırmalar matrisi oluşturulmuştur.

Tablo 4.1.1.1. Karar vericinin kriterler için ikili karar matrisi

	Maliyet			İt kuvvetliliği			Finansal gücü			Teslimat hızı ve kalitesi			Araç donanım ve kapasitesi			Firma itibarı			Kriz yönetim becerileri			İş esnekliği			Personel yetkinliği		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
Maliyet	1	1	1	2	3	4	2	3	4	2	3	4	4	5	6	2	3	4	1	1	1	2	3	4	6	7	8
İt kuvvetliliği	1/4	1/3	1/2	1	1	1	1/6	1/5	1/4	1/4	1/3	1/2	1	1	1	1/4	1/3	1/2	1/6	1/5	1/4	1/4	1/3	1/2	1/4	1/3	1/2
Finansal gücü	1/4	1/3	1/2	4	5	6	1	1	1	2	3	4	2	3	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	5	6
Teslimat hızı ve kalitesi	1/4	1/3	1/2	2	3	4	1/4	1/3	1/2	1	1	1	2	3	4	2	3	4	1	1	1	2	3	4	4	5	6
Araç donanım ve kapasitesi	1/6	1/5	1/4	1	1	1	1/4	1/3	1/2	1/4	1/3	1/2	1	1	1	1	1	1	1/6	1/5	1/4	1/6	1/5	1/4	2	3	4
Firma itibarı	1/4	1/3	1/2	2	3	4	1	1	1	1/4	1/3	1/2	1	1	1	1	1	1	1/6	1/5	1/4	1/6	1/5	1/4	1	1	1
Kriz yönetim becerileri	1	1	1	4	5	6	1	1	1	1	1	1	4	5	6	4	5	6	1	1	1	4	5	6	6	7	8
İş esnekliği	1/4	1/3	1/2	2	3	4	1	1	1	1/4	1/3	1/2	4	5	6	4	5	6	1/6	1/5	1/4	1	1	1	2	3	4
Personel yetkinliği	1/8	1/7	1/6	2	3	4	1/6	1/5	1/4	1/6	1/5	1/4	1/4	1/3	1/2	1	1	1	1/8	1/7	1/6	1/4	1/3	1/2	1	1	1

Tablo 4.2. 2. Karar vericinin kriterler için ikili karar matrisi

	Maliyet			İt kuvvetliliği			Finansal gücü			Teslimat hızı ve kalitesi			Araç donanım ve kapasitesi			Firma itibarı			Kriz yönetim becerileri			İş esnekliği			Personel yetkinliği		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
Maliyet	1	1	1	4	5	6	1	1	1	1/4	1/3	1/2	1/4	1/3	1/2	4	5	6	1/4	1/3	1/2	1/4	1/3	1/2	2	3	4
İt kuvvetliliği	1/6	1/5	1/4	1	1	1	4	5	6	1/4	1/3	1/2	2	3	4	4	5	6	1/4	1/3	1/2	1/4	1/3	1/2	1/4	1/3	1/2
Finansal gücü	1	1	1	1/6	1/5	1/4	1	1	1	1/4	1/3	1/2	1/4	1/3	1/2	2	3	4	1/6	1/5	1/4	1/6	1/5	1/4	1/6	1/5	1/4
Teslimat hızı ve kalitesi	2	3	4	2	3	4	2	3	4	1	1	1	1	1	1	4	5	6	1	1	1	1	1	1	2	3	4
Araç donanım ve kapasitesi	2	3	4	1/4	1/3	1/2	2	3	4	1	1	1	1	1	1	2	3	4	1	1	1	1	1	1	2	3	4
Firma itibarı	1/6	1/5	1/4	1/6	1/5	1/4	1/4	1/3	1/2	1/6	1/5	1/4	1/4	1/3	1/2	1	1	1	1/6	1/5	1/4	1/4	1/3	1/2	1/6	1/5	1/4
Kriz yönetim becerileri	2	3	4	2	3	4	4	5	6	1	1	1	1	1	1	4	5	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1
İş esnekliği	2	3	4	2	3	4	4	5	6	1	1	1	1	1	1	2	3	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Personel yetkinliği	1/4	1/3	1/2	2	3	4	4	5	6	1/4	1/3	1/2	1/4	1/3	1/2	4	5	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tablo 4.3. 3. Karar vericinin kriterler için ikili karar matrisi

	Maliyet			İt kuvvetliliği			Finansal gücü			Teslimat hızı ve kalitesi			Araç donanım ve kapasitesi			Firma itibarı			Kriz yönetim becerileri			İş esnekliği			Personel yetkinliği		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
Maliyet	1	1	1	1	1	1	2	3	4	1/6	1/5	1/4	1	1	1	2	3	4	1	1	1	2	3	4	1/4	1/3	1/2
İt kuvvetliliği	1	1	1	1	1	1	1/4	1/3	1/2	1/4	1/3	1/2	2	3	4	1/4	1/3	1/2	1/4	1/3	1/2	1/4	1/3	1/2	1/6	1/5	1/4
Finansal gücü	1/4	1/3	1/2	2	3	4	1	1	1	1/4	1/3	1/2	2	3	4	1	1	1	1	1	1	2	3	4	1	1	1
Teslimat hızı ve kalitesi	4	5	6	2	3	4	2	3	4	1	1	1	2	3	4	2	3	4	1	1	1	2	3	4	2	3	4
Araç donanım ve kapasitesi	1	1	1	1/4	1/3	1/2	1/4	1/3	1/2	1/4	1/3	1/2	1	1	1	1/4	1/3	1/2	1/4	1/3	1/2	1/4	1/3	1/2	1/4	1/3	1/2
Firma itibarı	1/4	1/3	1/2	2	3	4	1	1	1	1/4	1/3	1/2	2	3	4	1	1	1	1/4	1/3	1/2	1/4	1/3	1/2	1/4	1/3	1/2
Kriz yönetim becerileri	1	1	1	2	3	4	1	1	1	1	1	1	2	3	4	2	3	4	1	1	1	4	5	6	1	1	1
İş esnekliği	1/4	1/3	1/2	2	3	4	1/4	1/3	1/2	1/4	1/3	1/2	2	3	4	2	3	4	1/6	1/5	1/4	1	1	1	1/6	1/5	1/4
Personel yetkinliği	2	3	4	4	5	6	1	1	1	1/4	1/3	1/2	2	3	4	2	3	4	1	1	1	4	5	6	1	1	1

Tablo 4.4. 4. Karar vericinin kriterler için ikili karar matrisi

Maliyet	İt	İt kuvvetliliği	Finansal gücü	Teslimat hızı ve kalitesi	Araç donanım ve kapasitesi	Firma itibarı	Kriz yönetim becerileri	İş esnekliği	Personel yetkinliği
	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Maliyet	1	1	4	1	1	2	3	3	4
İt kuvvetliliği	1/6	1/5	1	1/2	1/4	1/4	1/3	1/2	1/3
Finansal gücü	1/4	1/3	2	1	1/4	1	1	1	1
Teslimat hızı ve kalitesi	1	1	4	1	1	2	3	4	2
Araç donanım ve kapasitesi	1	1	4	1	1	2	3	4	2
Firma itibarı	1/4	1/3	2	1	1/4	1	1	1	1
Kriz yönetim becerileri	1/4	1/3	2	1	1/4	1	1	1	1
İş esnekliği	1/4	1/3	2	1	1/4	1	1	1	1
Personel yetkinliği	1/4	1/3	2	1	1/4	1	1	1	1

Denklem (3.3) kullanılarak karar vericilerin ortak görüşlerini içeren bir karar matrisi oluşturulmuştur.

Tablo 4.5. Karar vericilerin görüşleri doğrultusunda oluşturulmuş ortak bulanık karar matrisi

	Maliyet			İt kuvvetliliği			Finansal gücü			Teslimat hızı ve kalitesi			Araç donanım ve kapasitesi			Firma itibarı			Kriz yönetim becerileri			İş esnekliği			Personel yetkinliği		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
Maliyet	1	1	1	2,3	2,9	3,46	1,6	2,2	2,8	0,5	0,6	0,8	1	1,1	1,3	2,3	3,4	4,4	0,8	1	1,1	1,1	1,7	2,3	1,5	2,1	2,82
İt kuvvetliliği	0,2	0,3	0,4	1	1	1	0,4	0,5	0,7	0,2	0,2	0,4	0,9	1,1	1,4	0,5	0,6	0,9	0,2	0,2	0,4	0,2	0,3	0,5	0,2	0,2	0,42
Finansal gücü	0,3	0,4	0,5	1,2	1,7	2,21	1	1	1	0,4	0,5	0,8	0,7	1	1	1,1	1,3	1,4	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	1	0,9	1	1,10
Teslimat hızı ve kalitesi	1,1	1,5	1,8	2,3	3,4	4,42	1,1	1,7	2,3	1	1	1	1,4	1,7	2	2,3	3,4	4,4	1,1	1,3	1,4	1,6	2,2	2,8	2,3	3,4	4,42
Araç donanım ve kapasitesi	0,7	0,8	1	0,7	0,8	1,10	0,7	1	1,4	0,5	0,7	1	1	1	1	1	1,3	1,6	0,5	0,6	0,8	0,5	0,6	0,8	1,1	1,7	2,37
Firma itibarı	0,2	0,2	0,4	1,0	1,5	2	0,7	0,7	0,8	0,2	0,2	0,4	0,5	0,7	1	1	1	1	0,2	0,3	0,4	0,3	0,3	0,5	0,4	0,5	0,59
Kriz yönetim becerileri	0,8	1	1,1	2,3	3,4	4,42	1,4	1,5	1,5	0,7	0,7	0,8	1,1	1,5	1,8	2,3	2,9	3,4	1	1	1	2	2,2	2,4	1,5	1,6	1,68
İş esnekliği	0,4	0,5	0,8	2	3	4	1	1,1	1,3	0,3	0,4	0,5	1,1	1,5	1,8	2	2,5	3,1	0,4	0,4	0,5	1	1	1	0,7	0,8	1
Personel yetkinliği	0,3	0,4	0,6	2,3	3,4	4,42	0,9	1	1,1	0,2	0,2	0,4	0,4	0,5	0,8	1,6	1,9	2,2	0,5	0,6	0,6	1	1,1	1,3	1	1	1

Her bir kriterin bulanık sayıları toplanarak satır toplamaları adı altında yazılmıştır.

Tablo 4.6. Nihai bulanık karar matrisinin satır toplamaları

	SATIR TOPLAMLARI		
	l	m	u
MALİYET	12,57109437	16,3087	20,27228
IT KUVVETLİLİĞİ	4,071779643	4,944893	6,309154
FİNANSAL GÜCÜ	7,250582496	8,613018	10,29108
TESLİMAT HIZI VE KALİTESİ	14,79887043	19,78101	24,76245
ARAÇ DONANIM VE KAPASİTESİ	6,937826295	8,706407	10,97
FİRMA İTİBARI	4,888028961	5,86485	7,196845
KRİZ YÖNETİM BECERİLERİ	13,47333691	15,96467	18,47851
İŞ ESNEKLİĞİ	9,131292689	11,56496	14,24295
PERSONEL YETKİNLİĞİ	8,558314721	10,46551	12,60208
TOPLAM	81,68112651	102,214	125,1253

Denklem (3.4) kullanılarak elde edilen bulanık sayılar normalize edilmiş normalize bulanık matris oluşturulmuştur.

Tablo 4.7. Normalize edilmiş kriterlerin ağırlıklarının bulanık matrisi

	NORMALİZE EDİLMİŞ KARAR MATRİSİ		
	l	m	u
MALİYET	0,100468011	0,15955446	0,248187999
IT KUVVETLİLİĞİ	0,032541606	0,04837784	0,077241265
FİNANSAL GÜCÜ	0,057946554	0,08426456	0,125990912
TESLİMAT HIZI VE KALİTESİ	0,118272366	0,19352538	0,303159968
ARAÇ DONANIM VE KAPASİTESİ	0,055447011	0,08517822	0,134302777
FİRMA İTİBARI	0,039065059	0,05737814	0,088109027
KRİZ YÖNETİM BECERİLERİ	0,10767872	0,15618863	0,22622741
İŞ ESNEKLİĞİ	0,072977164	0,11314452	0,17437263
PERSONEL YETKİNLİĞİ	0,068397932	0,10238825	0,154283845

Son olarak denklem (3.5) kullanılarak kriterlerin nihai önem dereceleri bulunmuş ve kriterler önem derecelerine göre sıralanmıştır.

Tablo 4.8. Normalize edilmiş kriterlerin nihai bulanık ağırlıkları

	NİHAİ KARAR MATRİSİ	SIRALAMA
MALİYET	0,16940349	2
IT KUVVETLİLİĞİ	0,052720236	9
FİNANSAL GÜCÜ	0,089400674	7
TESLİMAT HIZI VE KALİTESİ	0,204985905	1
ARAÇ DONANIM VE KAPASİTESİ	0,091642669	6
FİRMA İTİBARI	0,061517408	8
KRİZ YÖNETİM BECERİLERİ	0,163364921	3
İŞ ESNEKLİĞİ	0,120164771	4
PERSONEL YETKİNLİĞİ	0,108356677	5

Daha sonra BAHP yöntemi ile belirlenen kriter ağırlıkları göz önüne alınarak alternatifler arasındaki seçim Bulanık MOORA yöntemi aşamaları ile yapılmıştır.

4.3. Alternatiflerin Seçim Sıralarının Bulanık Moora Yöntemi ile Belirlenmesi ve Aşamaları

Nakliye firması seçim problemi için kriter ağırlıkları belli olduktan sonra ihalede nakliye işlerini yürütmek için başvuranlar arasından beş alternatif firma belirlendi. Lojistik uzmanlarının başvuru yapan firmalarla ikili görüşmelerinin ardından denklem (3.6) kullanarak alternatiflerin, kriterleri karşılama derecelerine göre puanlandırıldığı bulanık karar matrisi oluşturuldu.

Tablo 4.9. Karar vericilerin alternatif firmaları kriterleri karşılama derecelerine göre puanlandırması

	A firması			B firması			C firması			D firması			E firması		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
MALİYET	7	9	10	1	3	5	7	9	10	9	10	10	1	3	5
IT KUVVETLİLİĞİ	7	9	10	7	9	10	0	1	3	5	7	9	7	9	10
FINANSAL GÜCÜ	9	10	10	1	3	5	1	3	5	3	5	7	7	9	10
TESLİMAT HIZI VE KALİTESİ	7	9	10	3	5	7	7	9	10	3	5	7	7	9	10
ARAÇ DONANIM VE KAPASİTESİ	7	9	10	3	5	7	5	7	9	3	5	7	9	10	10
FİRMA İTİBARI	9	10	10	5	7	9	5	7	9	1	3	5	5	7	9
KRİZ YÖNETİM BECERİLERİ	7	9	10	1	3	5	5	7	9	5	7	9	7	9	10
İŞ ESNEKLİĞİ	7	9	10	3	5	7	5	7	9	3	5	7	7	9	10
PERSONEL YETKİNLİĞİ	7	9	10	5	7	9	5	7	9	3	5	7	5	7	9

Oluşturulan bu karar matrisi de denklem (3.7), (3.8), (3.9) kullanılarak normalize edildi ve normalize edilmiş karar matrisi oluşturuldu.

Tablo 4.10. Karar vericilerin alternatifler üzerinde ettiği normalize bulanık karar matrisi

	A firması			B firması			C firması			D firması			E firması		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
Maliyet	0,2458	0,316	0,3511	0,0351	0,1053	0,1756	0,2458	0,316	0,3511	0,316	0,3511	0,3511	0,0351	0,1053	0,1756
İt kuvvetliliği	0,2394	0,3078	0,342	0,2394	0,3078	0,342	0	0,0342	0,1026	0,171	0,2394	0,3078	0,2394	0,3078	0,342
Finansal gücü	0,3493	0,3881	0,3881	0,0388	0,1164	0,194	0,0388	0,1164	0,194	0,1164	0,194	0,2717	0,2717	0,3493	0,3881
Teslimat hızı ve kalitesi	0,2393	0,3076	0,3418	0,1025	0,1709	0,2393	0,2393	0,3076	0,3418	0,1025	0,1709	0,2393	0,2393	0,3076	0,3418
Araç donanım ve kapasitesi	0,2427	0,312	0,3467	0,104	0,1733	0,2427	0,1733	0,2427	0,312	0,104	0,1733	0,2427	0,312	0,3467	0,3467
Firma itibarı	0,322	0,3578	0,3578	0,1789	0,2505	0,322	0,1789	0,2505	0,322	0,0358	0,1073	0,1789	0,1789	0,2505	0,322
Kriz yönetim becerileri	0,2467	0,3172	0,3525	0,0352	0,1057	0,1762	0,1762	0,2467	0,3172	0,1762	0,2467	0,3172	0,2467	0,3172	0,3525
İş esnekliği	0,2505	0,322	0,3578	0,1073	0,1789	0,2505	0,1789	0,2505	0,322	0,1073	0,1789	0,2505	0,2505	0,322	0,3578
Personel yetkinliği	0,251	0,3227	0,3585	0,1793	0,251	0,3227	0,1793	0,251	0,3227	0,1076	0,1793	0,251	0,1793	0,251	0,3227

Daha sonra denklem (3.10), (3.11), (3.12) kullanılarak, kriter ağırlıklı normalize matris elde edildi.

Tablo 4.11. Ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi

	A firması			B firması			C firması			D firması			E firması		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
Maliyet	0,0418	0,0537	0,0597	0,006	0,0179	0,0298	0,0418	0,0537	0,0597	0,0537	0,0597	0,0597	0,006	0,0179	0,0298
İt kuvvetliliği	0,0127	0,0163	0,0181	0,0127	0,0163	0,0181	0	0,0018	0,0054	0,009	0,0127	0,0163	0,0127	0,0163	0,0181
Finansal gücü	0,0313	0,0348	0,0348	0,0035	0,0104	0,0174	0,0035	0,0104	0,0174	0,0104	0,0174	0,0244	0,0244	0,0313	0,0348
Teslimat hızı ve kalitesi	0,0484	0,0622	0,0691	0,0207	0,0346	0,0484	0,0484	0,0622	0,0691	0,0207	0,0346	0,0484	0,0484	0,0622	0,0691
Araç donanım ve kapasitesi	0,0223	0,0287	0,0319	0,0096	0,0159	0,0223	0,0159	0,0223	0,0287	0,0096	0,0159	0,0223	0,0287	0,0319	0,0319
Firma itibarı	0,0199	0,0221	0,0221	0,011	0,0155	0,0199	0,011	0,0155	0,0199	0,0022	0,0066	0,011	0,011	0,0155	0,0199
Kriz yönetim becerileri	0,0404	0,052	0,0577	0,0058	0,0173	0,0289	0,0289	0,0404	0,052	0,0289	0,0404	0,052	0,0404	0,052	0,0577
İş esnekliği	0,0304	0,0391	0,0434	0,013	0,0217	0,0304	0,0217	0,0304	0,0391	0,013	0,0217	0,0304	0,0304	0,0391	0,0434
Personel yetkinliği	0,0273	0,0351	0,039	0,0195	0,0273	0,0351	0,0195	0,0273	0,0351	0,0117	0,0195	0,0273	0,0195	0,0273	0,0351

Firmaların kriterler değerlendirilerek aldığı toplam bulanık ağırlık, denklem (3.13), (3.14), (3.15) kullanarak bulundu.

Tablo 4.12. Alternatiflerin nihai bulanık karar matrisi

A firması			B firması			C firması			D firması			E firması		
l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
0,2743	0,3438	0,3757	0,1017	0,1768	0,2502	0,1906	0,264	0,3262	0,1592	0,2284	0,2916	0,2213	0,2933	0,3397

Problem çözümünün son aşaması olarak denklem (3.19) kullanıldı ve firmaların aldıkları puanlar elde edildi.

Tablo 4.13. Alternatiflerin aldıkları puanlar ve alternatif sıralamaları

A firması	B firması	C firması	D firması	E firması
0,3339641	0,186368846	0,266111576	0,232789727	0,288934169
1	5	3	4	2

Bulanık Moora yöntemi aşamalarında alternatif firmaların aldıkları puanlara göre çalışılması en uygun firma ‘A firması’ olarak belirlenmiştir.

BÖLÜM 5.

GERÇEKÇİ KISITLAR VE KOŞULLAR ALTINDA DEĞERLENDİRME

5.1. Çalışmanın Ekonomik Açıdan Değerlendirilmesi

Çözüme ulaştırılan nakliye firması seçim problemini ekonomi açısından değerlendirmek istersek, en doğru nakliye firmasının seçilmesi firmaya birçok açıdan yarar sağlayacaktır. Ürünün bozulmadan herhangi bir hasara uğramadan en kısa şekilde müşteriye ulaşması firma itibarını olumlu yönde arttıracaktır. Örneğin rakip firmalara göre ulaşılabilirlik ve kalite konusunda üstünlüğü müşteri kazanmasına yol açacaktır. Bu seviyede müşteri memnuniyetinin karşılanması uzun süreli, sadık müşterilerin kazanılmasını sağlayacaktır. Kaliteli ve hasarsız ürün teslimatının gerçekleşmesi ürün hasarının azalmasını beraberinde getirerek, firmanın maliyetini düşürecektir. Satışlar ise kazanılan müşteriler sayesinde artacak ve böylelikle kazanç artacaktır.

5.2. Çalışmanın Sağlık Açısından Değerlendirilmesi

Sağlık açısından da düşünecek olursak pek tabii nakliye firmasının hızlı, ürün fonksiyonuna göre donanımlı şartlarda nakliyesinin gerçekleştirilmesi ve hasarsız ürün teslimatı tüketici konumunda olanları koruduğu gibi, atıkların azalması konusunda çevreye yarar sağlayacaktır.

BÖLÜM 6. SONUÇ

Belirlenen nakliye firması seçimi problemi için, ilk olarak ele alınan işletmenin uzmanlarınca kendi işletmeleri için ihtiyaç duydukları ve seçilecek firmadan beklentileriyle kriterler oluşturulmuştur. Bu değerlendirmeleri yaparken karar vericiler her zaman net bilgiye ve sayısal verilere sahip olmamakta idi. Bunun için kesin olmayan durumlarda bulanık mantık kavramı daha doğru kararlar verebilmeyi sağladığı için sözel tanımları bulanıklaştırmak en iyi sonuca ulaşmakta yol gösterecektir.

Nakliye firması seçim problemi çözümünde ise bu bilgiler ışığında; Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesinde, Bulanık MOORA yöntemi ise kriter ağırlıklarını dikkate alarak alternatif nakliye firması seçiminde kullanıldı.

Bu işlem yapılırken iki yöntemin çözüm aşamalarına da sadık kalarak gerekli adımlar izlendi. Öncelikle BAHP yöntemiyle kriterler için ikili karşılaştırma bulanık matrisleri oluşturuldu. Bu karar matrisleri işletme lojistik uzmanlarınca belirlendi. Daha sonra bu matrislerin ortak görüşler doğrultusunda geometrik ortalaması alınarak tek bir matris haline dönüştürüldü. Matris normalize edilerek bu aşamada asıl amaç olan kriterlerin birbirlerine göre önem dereceleri bulundu. Bulanık MOORA yöntemi ile seçilecek alternatif firmalar kriterler açısından değerlendirilerek, bulanık bir matris oluşturuldu ve yeniden normalize

edildi. Ulaşılan bu matris kriter ağırlıkları ile çarpılınca son olarak alternatif nakliye firmalarının gıda işletmesinin istekleri doğrultusunda ne kadar puan aldığı görülmüş oldu.

Bu çalışma sayısal verilere dayandırılması sayesinde işletme açısından kendine en uygun nakliye firmasını seçmekte daha net sonuçlar göstermiştir. İşletme için yararlı bir sonuç olmakla birlikte, bir kararın alınması gerektiği her konuya uygulanabilirliği sayesinde yol gösterici nitelik taşımaktadır.

KAYNAKÇA

- Akar, D. G., & vd. (Mayıs,2016). Lojistik Sektöründe Bütünleştirilmiş Bulanık Ahp - Moora Yaklaşımı İle Personel Seçimi. Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi .
- Aksakal, E., & Dağdeviren, M. (2010). ANP VE DEMATEL Yöntemler İle Personel Seçimi Problemine Bütünleşik Bir Yaklaşım . Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi .
- Altunöz, U. (Haziran,2017). Bankaların Finansal Performansının BULANIK AHP VE BULANIK MOORA Yaklaşımları İle Aanalizi: Türk Bankaları Örneği. Rota Eğitim ve Sosyal Bilimler Dergisi .
- Aytaç, M., & Gürsakal, N. (2015). Karar Verme. Bursa: Dora Yayıncılık.
- Çağıl, G. (Ekim, 2011). 2008 Küresel Kriz Sürecinde Türk Bankacılık Sektörünün Finansal Performansının ELECTRE Yöntemi İle Analizi. MALİYE FİNANS YAZILARI .
- Çelikbilek, Y. (2018). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Dağdeviren, M., Akay, D., & Kurt, M. (2004). İş Değerlendirme Sürecinde Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Uygulaması. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi , 132-135.

- Demirtaş, Ö., & vd. (Haziran,2014). BULANIK ORTAMDA TEDARİKÇİ SEÇİMİ:SAVUNMA SANAYİİ'NE YÖNELİK BİR UYGULAMA. Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi .
- Dumanoglu, S. (2010). İMKB'de İşlem Gören Çimento Şirketlerinin Mali Performansının Topsis Yöntemi İle Değerlendirilmesi. Marmara Üniversitesi İ.İ.B.F Dergisi .
- Ersöz, F., & Atav, A. (2011). Çok Kriterli Karar Verme Problemlerinde MOORA Yöntemi. YAEM 2011 Yöneylem Araştırması Ve Endüstri Mühendisliği 31.Ulusal Kongresi , 79.
- Ersöz, F., & Kabak, M. (2010). SAVUNMA SANAYİ UYGULAMALARINDA ÇOK KRİTERLİ KARARVERME YÖNTEMLERİNİN LİTERATÜR ARAŞTIRMASI. 98-104.
- Ertuğrul, İ. (2007). Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci ve Bir Tekstil İşletmesinde Makine Seçim Problemi. H.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi .
- Ertuğrul, İ., & Karakaşoğlu, N. (2009). BANKA ŞUBE PERFORMANSLARININ VIKOR YÖNTEMİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ. Endüstri Mühendisliği Dergisi .
- Hamurcu, M., & Eren, T. (tarih yok). Ankara Büyükşehir Belediyesi'nde Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri İle Monoray Güzergah Seçimi. Kırıkkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü .

- Karaaatlı, M., & vd. (2015). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri İle Yaşanabilir İllerin Sıralanması. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi .
- Karakaşoğlu, N. (2008). BULANIK ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ VE UYGULAMA. Sosyal Bilimler Enstitüsü .
- Karakış, E. (2018). BULANIK AHS VE BULANIK MOORA Yöntemleri İle Okul Öncesi Eğitimi Hizmet Kalitesi Değerlendirmesi ve Anaokulu Seçimi. C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi .
- Karande, P., & vd. (2012). A FUZZY-MOORA APPROACH FOR ERP SYSTEM SELECTION . Decision Science Letters .
- Karaoğlu, S. (Mayıs - Haziran 2016). DEMATEL VE VIKOR Yöntemleriyle Dış Kaynak Seçimi: Otel İşletmesi Örneği.
- KorkusuzPolat, T. (2018). An Application of Analytic Hierarchy Process and Fuzzy Analytic Hierarchy Process to The Case Type Selection Problem. 6th International Symposium on Innovative Technologies In Engineering And Science Akademik Bakış Dergisi .
- Menteş, A. (2000). MANEVRİ VE SEVK SİSTEMİ SEÇİMİNDE BULANIK ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME. İtÜ Fen Bilimleri Enstitüsü .

- Organ, A., & vd. (2018). Bütünleşik Bulanık AHP-Bulanık MOORA Yaklaşımının Market Personeli Seçimi Problemine Uygulanması. Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi .
- Ömürbek, N., & Mercan, Y. (2014). İmalat Alt Sektörlerinin Finansal Performanslarının TOPSİS ve ELECTRE Yöntemleri İle Değerlendirilmesi. Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi , 237-266.
- Ömürbek, N., Demirci, N., & Akalin, P. (Kasım,2013). ANALİTİK AĞ SÜRECİ VE TOPSIS YÖNTEMLERİ İLE BİLİMDALI SEÇİMİ. Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi .
- Özbek, A. (2015). Akademik Birim Yöneticilerinin MOORA Yöntemiyle Seçilmesi: Kırıkkale Üzerinde Bir Uygulama. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi .
- Özbek, A. (2014). YÖNETİCİLERİN ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ. Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi , 210-211.
- Özbek, A., & Eren, T. (2013). ANALİTİK AĞ SÜRECİ YAKLAŞIMIYLA ÜÇÜNCÜ PARTİ LOJİSTİK(3PL) FİRMA SEÇİMİ. Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi .
- Özbek, A., & vd. (June,2012). Üçüncü Parti Lojistik (3PL) Firmanın Analitik Hiyerarşi Süreciyle(ahs) Belirlenmesi. International Journal of Engineering Research and Development .

- Özçelik, G., & Atmaca, H. (2014). Satın Alma Süreci İçin MOORA METODU İle Tedarikçi Seçimi Problemi. III. ULUSAL LOJİSTİK ve TEDARİK ZİNCİRİ KONGRESİ. TRABZON.
- Paksoy, S. (2017). Çok Kriterli Karar Vermede Güncel Yaklaşımlar . Adana: Karahan Kitabevi.
- Şişman, B. (2016). Bulanık MOORA Yöntemi Kullanılarak Yeşil Tedarikçi Geliştirme Programlarının Seçimi ve Değerlendirilmesi. Journal of Yasar University .
- Şişman, B., & vd. (2016). Türk Bankalarının Finansal Performanslarının Bulanık AHP ve Bulanık Moora Yöntemleri İle Değerlendirilmesi. YÖNETİM VE EKONOMİ .
- Tayyar, N., Akcanlı, F., Genç, E., & Erem, I. (2014). BİST'e Kayıtlı Bilişim ve Teknoloji Alanında Faaliyet Gösteren İşletmelerin Finansal Performanslarının Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve Gri İlişkisel Analiz (GİA) Yöntemiyle Değerlendirilmesi. Muhasebe ve Finansman Dergisi , 27-29.
- Ustasüleyman, T., & Perçin, S. (2007). Analitik Ağ Süreci Yaklaşımıyla Kuruluş Yeri Seçimi. Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi .
- Uygun, Ö., Dalkılıç, F., & Erkan, E. F. (2018). Bulanık Ahp ve Bulanık Moora Yöntemleri Kullanarak Tedarikçi Seçimi. 6. Uluslararası Yenilikçi Teknolojiler Sempozyumu. Alanya, Antalya: Academic Platform.

- Uygurtürk, H., & Uygurtürk, H. (2014). BÜTÜNLEŞİK AHS-VIKOR YÖNTEMİ ile OTEL SEÇİMİ. Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi .
- Vatansever, K., & vd. (2013). Kurumsal Kaynak Planlaması Sistemlerinin Bulanık Ahp Ve Bulanık Moora Yöntemleri İle Seçimi:Üretim Sektöründe Bir Uygulama. CBÜ Sosyal Bilimler Dergisi .
- Yıldırım, B. F., & Önder, E. (2015). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri. Bursa: Dora .
- Yıldırım, B. F., & vd. (2013). BULUT TEKNOLOJİSİ FİRMALARININ BULANIK AHP-MOORA YÖNTEMİ KULLANILARAK SIRALANMASI. İ.Ü. İşletme Fakültesi İşletme İktisadı Enstitüsü Yönetim Dergisi .
- Yücel, M., & Ulutaş, A. (2009). Çok Kriterleri Karar Verme Yöntemlerinden Electre Yöntemiyle Malatya'da Bir Kargo Firması İçin Yer Seçimi. SÜ İİBF Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi .



978-625-7029-84-1



IKSAD
Publishing House