



**ÇEVRESEL KOŞULLAR VE KİŞİSEL
BEKLENTİLER TEMELİNDE ALTERNATİF
ROTA PLANLAMASINA BÜTÜNLEŞİK
BİR KARAR VERME YAKLAŞIMI**

Emirhan Mesut YILMAZ

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Erdem AKSAKAL
Yüksek Lisans Tezi
Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı
2021
(Her hakkı saklıdır.)

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

**ÇEVRESEL KOŞULLAR VE KİŞİSEL BEKLENTİLER TEMELİNDE
ALTERNATİF ROTA PLANLAMASINA BÜTÜNLEŞİK BİR KARAR VERME
YAKLAŞIMI**

(An Integrated Decision Making Approach for Alternative Route Planning Based on
Environmental Conditions and Personal Expectations)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Emirhan Mesut YILMAZ

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Erdem AKSAKAL

Erzurum
Haziran, 2021

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü

TEZ KABUL VE ONAY TUTANAĞI

**ÇEVRESEL KOŞULLAR VE KİŞİSEL BEKLENTİLER TEMELİNDE
ALTERNATİF ROTA PLANLAMASINA BÜTÜNLEŞİK BİR KARAR VERME
YAKLAŞIMI**

Dr. Öğr. Üyesi Erdem AKSAKAL danışmanlığında, Emirhan Mesut YILMAZ tarafından hazırlanan bu çalışma, 12/07/2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Yöneylem Araştırması Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak **oybirliği (3/3)** ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı:	Doç. Dr. Mustafa YILMAZ <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı Islak İmzalıdır
Danışman:	Dr. Öğr. Üyesi Erdem AKSAKAL <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı Islak İmzalıdır
Jüri Üyesi:	Dr. Öğr. Üyesi Gökhan ÖZÇELİK <i>Karadeniz Teknik Üniversitesi</i>	Aslı Islak İmzalıdır

Bu tezin Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddelerinde belirtilen şartları yerine getirdiğini onaylarım.

Prof. Dr. Saltuk Buğrahan CEYHUN
Enstitü Müdürü

Aslı Islak İmzalıdır



FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Graduate School of Natural and
Applied Sciences

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU

Yüksek Lisans Tezi olarak Dr. Öğr. Üyesi Erdem AKSAKAL danışmanlığında sunulan “Çevresel Koşullar ve Kişisel Beklentiler Temelinde Alternatif Rota Planlamasına Bütünleşik Bir Karar Verme Yaklaşımı” başlıklı çalışmanın tarafımızdan bilimsel etik ilkelere uyularak yazıldığını, yararlanılan eserlerin kaynakçada gösterildiğini, Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından belirlenmiş olan Turnitin Programı benzerlik oranlarının aşılmadığını ve aşağıdaki oranlarda olduğunu beyan ederiz.

Tez Bölümleri	Tezin Benzerlik Oranı (%)	Maksimum Oran (%)
Giriş	5	30
Kuramsal Temeller	4	30
Materyal ve Yöntem	20	35
Bulgular	3	20
Tartışma	3	20
Tezin Geneli	6	25

Not: Yedi kelimeye kadar benzerlikler ile Başlık, Kaynakça, İçindekiler, Teşekkür, Dizin ve Ekler kısımları tarama dışı bırakılabilir. Yukarıdaki azami benzerlik oranları yanında tek bir kaynaktan olan benzerlik oranlarının %5'den büyük olmaması gerekir.

Sunulan bilgilerin doğru olduğunu, aksi halde doğacak hukuki sorumlulukları kabul ettiğimizi beyan ederiz.

Tez Yazarı (Öğrenci)	Tez Danışmanı
Emirhan Mesut YILMAZ	Dr. Öğr. Üyesi Erdem AKSAKAL
21.6.2021	21.6.2021
İmza:	İmza:
Aslı Islak İmzalıdır	Aslı Islak İmzalıdır

* Tez ile ilgili YÖKTEZ’de yayınlamasına ilişkin bir engelleme var ise aşağıdaki alanı doldurunuz.

☐ Tezle ilgili patent başvurusu yapılması / patent alma sürecinin devam etmesi sebebiyle Enstitü Yönetim Kurulunun .../.../... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 2 (iki) yıl süreyle engellenmiştir.

☐ Enstitü Yönetim Kurulunun .../.../... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 6 (altı) ay süreyle engellenmiştir.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca hem akademik çalışmalarında hem de sosyal faaliyetlerimde farklı bakış açısı ve ayrıntılı düşünce yapısı ile benim daha geniş yelpazeli ve etkili düşünmeme destek olan Sayın Dr. Öğr. Üyesi Erdem AKSAKAL hocama teşekkürü bir borç bilirim.

Emirhan Mesut YILMAZ



ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇEVRESEL KOŞULLAR VE KİŞİSEL BEKLENTİLER TEMELİNDE ALTERNATİF ROTA PLANLAMASINA BÜTÜNLEŞİK BİR KARAR VERME YAKLAŞIMI

Emirhan Mesut YILMAZ

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Erdem AKSAKAL

Amaç: Bu çalışmada seyahat edecek kişilerin beklentilerini, rotaların çevresel koşullarını dikkate alarak değerlendirme yapacak ve bu temelde alternatif rotaların sıralamasının yapılabileceği bir model ortaya konulması amaçlanmıştır.

Yöntem: Bu çalışma 3 farklı Çok Kriterli Karar Verme yönteminin bütünleşik bir şekilde kullanılması ile gerçekleştirilmiştir. Çalışma 4 aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada problemin çözümü ile ilgili olan verilerin toplanması sağlanmıştır. İkinci aşamada önceden belirlenmiş olan ve tüm alternatif rotalar için ortak olan ana kriterlerin ağırlıkları, yapılan anket uygulaması verileri kullanılarak PAPRIKA yöntemi ile elde edilmiştir. Üçüncü aşamada elde edilen ana kriter ağırlıkları, DEMATEL yöntemine dahil edilerek her bir alternatif rota için tek bir ağırlık değeri elde edilmiştir. Son aşamada ise önceden belirlenmiş olan hedef kısıtları ile her bir rota için elde edilen ağırlıklar Hedef Programlama yöntemi ile birleştirilerek alternatif rotaların sıralamaları elde edilmiştir.

Bulgular: Uygulama sonucunda seyahat edecek kişilerin arzu ettiği çevresel koşullar ve kişisel beklentilerin rotaların sıralanmasında etkisi olduğu belirlenmiştir. Ayrıca sıralamaların elde edildiği Hedef Programlama yönteminin amaç fonksiyonunda farklı hedeflerin değerlendirilmeye alınması ile çalışmanın dinamik bir yapıda olduğu gösterilmiştir.

Sonuç: Çalışmada seyahat edecek kişilerin beklentileri ve rotaların çevresel koşulları kriter olarak ele alınmış, alternatif rotalar sıralanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Alternatif Rota Planlama, ÇKKV, PAPRIKA, DEMATEL, HP

Haziran 2021, 129 sayfa

ABSTRACT

MASTER'S THESIS

AN INTEGRATED DECISION MAKING APPROACH FOR ALTERNATIVE ROUTE PLANNING BASED ON ENVIRONMENTAL CONDITIONS AND PERSONAL EXPECTATIONS

Emirhan Mesut YILMAZ

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Erdem AKSAKAL

Purpose: In this study, it is aimed to present a model that will evaluate the expectations of the people who will travel, taking into account the environmental conditions of the routes, and on this basis, in which alternative routes can be ranked.

Method: This study was carried out by using 3 different Multi-Criteria Decision Making methods in an integrated way. The study consists of 4 stages. In the first stage, the data related to the solution of the problem were collected. In the second stage, the weights of the main criteria, which were predetermined and common to all alternative routes, were obtained by the PAPRIKA method using the survey application data. The main criterion weights obtained in the third stage were included in the DEMATEL method and a single weight value was obtained for each alternative route. In the last stage, the predetermined target constraints and the weights obtained for each route were combined with the Goal Programming method, and the rankings of the alternative routes were obtained.

Findings: As a result of the application, it has been determined that the environmental conditions and personal expectations of the people who will travel have an effect on the ranking of the routes. In addition, it has been shown that the study has a dynamic structure with the evaluation of different goals in the objective function of the Goal Programming method, in which the rankings are obtained.

Results: In the study, the expectations of the people who will travel and the environmental conditions of the routes were taken as criteria, and alternative routes were ranked.

Keywords: alternative route planning, MCDM, PAPRIKA, DEMATEL, GP

June 2021, 129 pages

İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAY TUTANAĞI	i
ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
TABLolar DİZİNİ	ix
KISALTMALAR ve SİMGELER DİZİNİ	xi
GİRİŞ	13
KURAMSAL TEMELLER	16
PAPRIKA Yöntemi Kullanılarak Yapılan Çalışmalar	16
DEMATEL Yöntemi Kullanılarak Yapılan Çalışmalar	18
Hedef Programlama Yöntemi Kullanılarak Yapılan Çalışmalar	24
Rota Planlamada ÇKKV ve Hedef Programlama Yöntemleri Kullanılarak Yapılan Çalışmalar	30
MATERYAL VE METOD	32
Rota Planlama Tanımı	32
ÇKKV	32
PAPRIKA	34
DEMATEL	41
Adım 1: Direkt-ilişki matrisinin oluşturulması	41
Adım 2: Normalleştirilmiş direkt-ilişki matrisinin elde edilmesi	42
Adım 3: Toplam ilişki matrisinin elde edilmesi	42
Adım 4: Gönderici grubu ve alıcı grubu hesaplanması	43
Adım 5: Eşik değerinin ayarlanması ve etki-yönlü graf diyagramının elde edilmesi	43
Adım 6: Kriter ağırlıklarının belirlenmesi (Korucuk ve Memiş 2019)	44
Hedef Programlama	44
ARAŞTIRMA BULGULARI	48
Çevresel Koşullar ve Kişisel Beklentiler Temelinde Alternatif Rota Planlama Yönteminin Uygulanması	48

Şekil 6. Önerilen yöntemin akış diyagramı.....	49
Aşama 1: Verilerin Toplanması	49
Aşama 2: PAPRIKA Yöntemi	60
Aşama 3: DEMATEL Yöntemi	69
Aşama 4: Hedef Programlama Yöntemi	76
TARTIŞMA ve SONUÇ	82
KAYNAKLAR.....	85
EKLER	91
EK 1. Rota_2 Hesaplamaları.....	91
EK 2. Rota_3 Hesaplamaları.....	97
EK 3. Rota_4 Hesaplamaları.....	103
EK 4. Rota_5 Hesaplamaları.....	109
EK 5. Rota_6 Hesaplamaları.....	115
EK 6. Rota_7 Hesaplamaları.....	121
ÖZGEÇMİŞ.....	127

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. İkili karşılaştırma örneği	36
Şekil 2. Karar süreci öncesinde kriterlerin karşılaştırılması.....	38
Şekil 3. Karar süreci	39
Şekil 4. Karar süreci sonrasında kriterlerin karşılaştırılması	40
Şekil 5. Etki-yönlü graf diyagramı	44
Şekil 6. Önerilen yöntemin akış diyagramı	49
Şekil 7. Rota_1 (Erzurum, Bayburt, Gümüşhane, Doğankent, Tirebolu, Giresun, Ordu)	58
Şekil 8. Rota_2 (Erzurum, Bayburt, Gümüşhane, Torul, Maçka, Trabzon, Giresun, Ordu)....	58
Şekil 9. Rota_3 (Erzurum, Tercan, Erzincan, Kelkit, Şebinkarahisar, Kümbet, Giresun, Ordu)	59
Şekil 10. Rota_4 (Erzurum, Tercan, Erzincan, Refahiye, Suşehri, Şebinkarahisar, Kümbet, Giresun, Ordu)	59
Şekil 11. Rota_5 (Erzurum, Tercan, Erzincan, Refahiye, Suşehri, Koyulhisar, Gököy, Ordu).....	59
Şekil 12. Rota_6 (Erzurum, Bayburt, Aydıntepe, Sürmene, Trabzon, Giresun, Ordu).....	60
Şekil 13. Rota_7 (Erzurum, Pazaryolu, İspir, İkizdere, İyidere, Trabzon, Giresun, Ordu).....	60
Şekil 14. 1000Minds yazılımına veri girişi.	65
Şekil 15. Hazır hale getirilmiş anket formu.	66
Şekil 16. İkili karşılaştırma sorusu örneği.	66
Şekil 17. 1 kişiye anket uygulandıktan sonra elde edilen ana kriter ağırlıkları.....	67

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Rota Planlama ve ÇKKV.....	30
Tablo 2. Rota Planlama ve HP	31
Tablo 3. Mümkün Olan Kombinasyonların Sayısı	35
Tablo 4. Mümkün Olan Tüm Durumların Gösterilmesi	37
Tablo 5. Egemen Olmayan Çiftlerin Karşılaştırılması	37
Tablo 6. Kriterlerin Birbirine Göre Üstünlükleri.....	38
Tablo 7. Kriterlerin ve Alternatiflerin Değerleri.....	39
Tablo 8. Karar Verme Sürecinde Ortaya Çıkan Potansiyel Sorular	40
Tablo 9. DEMATEL Yöntemi İkili Karşılaştırma Skalası	42
Tablo 10. Tüm Kriterler.....	51
Tablo 11. Thomas Saaty 1-9 Ölçeği	61
Tablo 12. Alt Kriterlere Harflerin Atanması	62
Tablo 13. Uzmanlar Tarafından Alt Kriterlerin Sıralanmasında Kullanılan Öncelik Değerleri	63
Tablo 14. Alt Kriterlerin Artan Önem Derecesine Göre Sıralanması.....	64
Tablo 15. 30 Farklı Kişiden Elde Edilen Ana Kriter Ağırlıkları	68
Tablo 16. Ana Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi	69
Tablo 17. Rota_1 için $D_i + R_i$ ve $D_i - R_i$ Değerleri	74
Tablo 18. Rota_1'in Ana Kriter Ağırlık Değerlerinin Hesaplanmasında Kullanılan Değerler	75
Tablo 19. Rota_1'in Ana Kriter Ağırlık Değerleri	75
Tablo 20. Normalize Edilmiş Rota Ağırlıkları	76
Tablo 21. Durum 1 için Alternatif Rotaların Sıralaması.....	80
Tablo 22. Durum 2 için En İyi Rotanın Seçilmesi.....	80
Tablo 23. Durum 3 için Alternatif Rotaların Sıralaması.....	81
Tablo 24. Rota_2 için $D_i + R_i$ ve $D_i - R_i$ Değerleri	94
Tablo 25. Rota_2'nin Ana Kriter Ağırlık Değerlerinin Hesaplanmasında Kullanılan Değerler	95
Tablo 26. Rota_2'nin Ana Kriter Ağırlık Değerleri	95
Tablo 27. Rota_3 için $D_i + R_i$ ve $D_i - R_i$ Değerleri	100

Tablo 28. Rota_3'ün Ana Kriter Ağırlık Değerlerinin Hesaplanmasında Kullanılan Değerler	101
Tablo 29. Rota_3'ün Ana Kriter Ağırlık Değerleri	101
Tablo 30. Rota_4 için $D_i + R_i$ ve $D_i - R_i$ Değerleri	106
Tablo 31. Rota_4'ün Ana Kriter Ağırlık Değerlerinin Hesaplanmasında Kullanılan Değerler	107
Tablo 32. Rota_4'ün Ana Kriter Ağırlık Değerleri	107
Tablo 33. Rota_5 için $D_i + R_i$ ve $D_i - R_i$ Değerleri	112
Tablo 34. Rota_5'in Ana Kriter Ağırlık Değerlerinin Hesaplanmasında Kullanılan Değerler	113
Tablo 35. Rota_5'in Ana Kriter Ağırlık Değerleri	113
Tablo 36. Rota_6 için $D_i + R_i$ ve $D_i - R_i$ Değerleri	118
Tablo 37. Rota_6'nın Ana Kriter Ağırlık Değerlerinin Hesaplanmasında Kullanılan Değerler	119
Tablo 38. Rota_6'nın Ana Kriter Ağırlık Değerleri	119
Tablo 39. Rota_7 için $D_i + R_i$ ve $D_i - R_i$ Değerleri.....	124
Tablo 40. Rota_7'nin Ana Kriter Ağırlık Değerlerinin Hesaplanmasında Kullanılan Değerler	125
Tablo 41. Rota_7'nin Ana Kriter Ağırlık Değerleri	125

KISALTMALAR ve SİMGELER DİZİNİ

Kısaltmalar

AHP	: Analitik Hiyerarşi Prosesi
ANP	: Analytic Network Process
ÇAKV	: Çok Amaçlı Karar Verme
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
ÇÖKV	: Çok ölçütlü karar verme
DEMATEL	: The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory Method
DM	: Dermatomyozit
DSLRL	: Dijital Single Lens Reflex
DSÖ	: Dünya Sağlık Örgütü
ET	: En Tipik
Eİ	: En İdeal
FA	: Fiziksel Aktivite
FMEA	: Hata Türleri Etkileri Analizi
HavaD	: Hava Durumu
HP	: Hedef Programlama
ISM	: Interpretive Structural Modeling
M	: Maliyet
OWA	: Ordered Weighted Averaging
PAPRIKA	: Potentially All Pairwise Rankings of All Possible Alternatives
PM	: Polimiyozit
PROMETHEE	: The Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluation
REBA	: Rapid Entire Body Assessment
SMART	: Simple Multi-Attribute Rating Technique
SosÖ	: Sosyal Özellikler
TBR	: Ürün Grubu
TehD	: Tehlike Durumları
Temİ	: Temel İhtiyaçlar
TOPSIS	: Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solutions
TraD	: Trafik Durumu

TraG	: Trafik Güvenliği
VIKOR	: Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje
YolD	: Yol Durumu

Simgeler

a	: Kriter
b	: Kriter
c	: Kriter
a1	: Düzey
a2	: Düzey
b1	: Düzey
b2	: Düzey
c1	: Düzey
c2	: Düzey
—	: Birbiri İle Aynı Olan, Simetrik Durumlar
®	: Egemen Çiftler
π	: Tekrar Eden Durumlar
a_{ij}	: i. Kriterin j. Kriteria Karşı Etkisi
k	: En Büyük Satır ve En Büyük Sütun Değerinin 1'e Bölünmesi Sonucu Elde Edilen En Küçük Değer
A	: Direkt İlişki Matrisi
M	: Normalleştirilmiş Direkt-İlişki Matrisi
S	: Toplam İlişki Matrisi
D_i	: i. Kriteria Ait Satır Toplamı
R_i	: i. Kriteria Ait Sütun Toplamı
w_i	: i. Kriter ile İlgili Etki ve İlişki Yönlü Ağırlık
W_i	: i. Kriteria Ait Ağırlık
Z	: Amaç Fonksiyonu
x	: Alt Hedeflerdeki Değişkenleri
d^+	: Hedeflerden Pozitif Sapma Değişkeni
d^-	: Hedeflerden Negatif Sapma Değişkeni
I	: Birim Matrisi
x_j	: j. Karar Değişkeni
b_i	: i. Hedef İçin Ulaşılmak İstenen Değer
U_i	: i. Uzman

GİRİŞ

Rota genel olarak taşıtlar için kullanılan, taşıtın bir başlangıç noktasından bir bitiş noktasına hareketini temsil eden bir terimdir. Rota Türkçeye zamanla İtalyanca olan “rotta” sözcüğünden geçmiştir. Bu sözcüğün kökeni “bölünmüş yol” anlamına gelen Latince “*rupta*” sözcüğünden gelmektedir (Anonim, <https://nedir.ileilgili.org/rota>).

Rota planlama ise kişilerin seyahat eylemini gerçekleştirmeden önce, bir başlangıç noktasından ulaşmak istedikleri bir bitiş noktasına hareket ederken onlar için en uygun olan rotanın belirlenmesi olarak ifade edilebilir. En uygun rotanın belirlenmesi aşamasında kriterler önemli rol oynamaktadır. Bu kriterler çevresel koşullar ve kişisel beklentiler temelinde ele alındığında farklılıklar gösterebilmektedir. Bir başlangıç noktasından bir bitiş noktasına hareket edecek olan bir kişi yol üzerindeki seyahati esnasında aynı zamanda gezilebilecek yerleri de görmek isterken diğer bir kişi ise seyahatinin bunun için uygun olmadığını ve bir an önce seyahatini bitirmesi gerektiğini düşünebilmektedir. Ayrıca bu düşünce farklılığı kişileri birbirlerinden farklı olan alternatif rotaları izlemeye de sevk edebilmektedir.

Günümüzde rota planlama konusu bu tür fikir ayrılıklarından dolayı yaşantımızda önemli bir rol oynamakta ve değişen çevresel koşullar ve kişisel beklentiler nedeni ile gittikçe karmaşıklaşan bir hâl almaktadır. Bu karmaşık yapıyı ele aldığımızda dikkate almamız gereken çok fazla sayıda kriter olduğu görülmektedir. Rota planlaması yapılırken kullanılması düşünülen kriterler birbirleri ile uyumlu olabileceği gibi birbirleri ile çelişen özelliklerde gösterebilmektedirler. Böyle bir durumda rota planlaması yapacak olan kişiler belirlenen kriterlerle karar verme işlemini gerçekleştirirken zor ve karmaşık bir sürece dâhil olmaktadır. Birden fazla birbiri ile uyumlu veya çelişen kriterlerin olduğu bu süreçte kriterler göz önünde bulundurularak karar verilmesi gerektiği için Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yaklaşımı kullanılmaktadır. ÇKKV yaklaşımı alternatifleri ve kriterleri karar vericilerin tercihleri doğrultusunda değerlendirerek alternatiflerin sıralanmasını veya seçilmesini sağlayan bir karar verme yaklaşımı olarak ifade edilmektedir. ÇKKV yaklaşımı sayesinde kriterler ve alternatifler hakkında değerlendirmeler yapılarak çözümlemeler ile ilgili en uygun karar verilebilmektedir.

Bu çalışmada öncelikle Erzurum İl’inden Ordu İl’ine seyahat ederken kullanılabilecek farklı alternatif rotalar belirlenmiştir. Ardından alternatif rotaların değerlendirilmesinde

kullanılabilecek alt kriterler ve ana kriterler belirlenmiştir. Belirlenmiş olan alt kriterler ve ana kriterler tüm alternatif rotalar için ortak kriterler olarak ele alınmış ve ana kriterlerin tüm alternatif rotalar için ortak olan ağırlık değerleri elde edilmiştir. Elde edilen ana kriter ağırlık değerleri daha sonra her bir alternatif rota için ayrı ayrı ağırlık değeri elde edilmesinde kullanılmıştır. Son olarak her bir alternatif rota için elde edildikten ağırlıklar kullanılarak alternatif rotaların sıralanması sağlanmıştır.

Yöntemlerin uygulanması aşamasında öncelikle ÇKKV yöntemlerinden biri olan Potentially All Pairwise Rankings of All Possible Alternatives (PAPRIKA) yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem ile karar vericilerin önceden belirlenmiş olan alt kriterler ve ana kriterler hakkındaki görüşleri anket değerlendirmesi şeklinde elde edilmiştir. Daha sonra tüm alternatif rotalar için ortak olan ana kriter ağırlık değerleri yöntemin uygulanması sırasında kullanılan ikili karşılaştırma soruları ile elde edilmiştir.

Daha sonra bir diğer ÇKKV yöntemlerinden biri olan The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory Method (DEMATEL) yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem ile tüm alternatif rotalar için ortak olan ana kriter ağırlık değerleri kullanılarak her bir rotaya ait tek bir ağırlık değeri elde edilmiştir. Rota ağırlıklarının tespiti için 5 farklı uzmanın görüşü alınarak direkt-ilişki matrisleri elde edilmiştir. Ardından DEMATEL yönteminin diğer adımları uygulanarak her bir rota için ana kriter ağırlık değerleri elde edilmiştir. Son olarak her bir rota için elde edilen ana kriter ağırlık değerleri PAPRIKA yönteminden elde edilen kriter ağırlık değerleri ile çarpılarak her bir alternatif rota için tek bir ağırlık değeri elde edilmiştir.

Çalışmada son olarak Çok Amaçlı Karar Verme (ÇAKV) yöntemlerinden biri olan Hedef Programlama (HP) yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemin kullanılmasındaki en büyük amaç alternatif rota planlaması yaparken birbiri ile çelişen amaçların aynı anda tatmin edici şekilde sağlanmaya çalışılmasıdır. Örneğin bir kişi seyahat ederken ilgili rotanın maliyetinin en az olmasını isterken aynı zamanda gezilecek yerlerin de fazla olmasını isteyebilmektedir. Bu iki zıt durumu aynı anda en iyilemek için bu yöntem tercih edilmiştir. İlk önce alternatif rota planlaması için önceden belirlenmiş olan hedef kısıtları belirlenmiş, ardından DEMATEL yönteminden elde edilen alternatif rota ağırlıkları matematiksel modele dâhil edilmiştir. Son olarak Hedef Programlama yöntemi ile oluşturulan matematiksel model GAMS yazılımı içerisinde çalıştırılarak alternatif rotaların sıralamaları belirlenmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde yer alan literatür taramasında rota planlamada ÇKKV ve HP yöntemleri kullanılarak yapılan çalışmalardan, PAPRIKA yöntemi kullanılarak yapılan çalışmalardan, DEMATEL yöntemi kullanılarak yapılan çalışmalardan ve HP yöntemi

kullanılarak yapılan çalışmalardan bahsedilmiştir. Üçüncü bölümde rota planlamanın tanımı ile ÇKKV, PAPRIKA, DEMATEL ve HP yöntemleri hakkında bilgi verilmiştir. Dördüncü bölümde belirlenen yöntemler ile problemin uygulaması gerçekleştirilmiş ve problemin her adımı ayrıntılı bir şekilde anlatılmıştır. Uygulamadan elde edilen iki farklı sıralama sonucu karşılaştırılarak problemin dinamik yapısından bahsedilmiştir. Son bölümde ise tartışma ve sonuç bölümüne yer verilmiştir.



KURAMSAL TEMELLER

Çalışma kapsamında 4 farklı alanda yapılan literatür taraması yapılmıştır.

- PAPRIKA yöntemi kullanılarak yapılan çalışmalar
- DEMATEL yöntemi kullanılarak yapılan çalışmalar
- HP yöntemi kullanılarak yapılan çalışmalar
- Rota planlamada ÇKKV ve HP yöntemleri kullanılarak yapılan çalışmalar.

PAPRIKA Yöntemi Kullanılarak Yapılan Çalışmalar

Literatürde mevcut olan PAPRIKA yöntemi ile ilgili yapılan çalışmalar aşağıda sırasıyla verilmiştir.

Hansen and Ombler (2008) tarafından yapılan çalışmada PAPRIKA yeni bir puanlama (ağırlıklandırma) yöntemi olarak ele alınmıştır. Yöntemin çalışma adımlarından ve anket özelliğinden bahsedilmiş ve yöntem tanıtılmıştır. Yöntemin kullanılmasında yardımcı olan 1000Minds yazılımı açıklanmış ayrıca yöntem farklı senaryolar içerisinde kullanılarak simülasyon sonuçları verilmiştir. SMART, SMARTER ve SWING gibi geleneksel puanlama yöntemleri ile karşılaştırma yapılabileceğine değinilmiş ve yöntemin Yeni Zelanda'da cerrahi kalp tedavisinde hastalara öncelik vermek amacı ile kullanıldığı ve başarılı bir gerçek hayat uygulaması gerçekleştirildiği belirtilmiştir.

Al Isma'ili *et al.* (2016) çalışmalarında hızla gelişen teknolojiye rağmen bulut bilgi işlem teknolojisinin dağıtım ve hizmet modellerinin orta ve küçük ölçekli işletmeler (Kobiler) tarafından yavaş yavaş benimsendiğinden bahsetmişlerdir. Kobilerin bulut bilgi işlem teknolojisini benimseme kararını etkileyen sosyo-teknik yönler için ÇKKV yöntemi olan PAPRIKA yöntemi ile karar verme sürecini desteklemek için bir model oluşturmuşlardır. Model için 6 ana kriter belirlenmiştir. Bu ana kriterler doğrultusunda önerilen model 5 farklı Kobi işletmesine uygulanmış ve model ile bulut bilgi işlem teknolojisinin dağıtım ve hizmet modellerinin seçilebileceği ve sıralanabileceği tespit edilmiştir. Ayrıca belirlenen modelin iyileştirilebileceğinden bahsedilmiş ve bunun için çeşitli öneriler sunulmuştur.

Aggarwal *et al.* (2017) çalışmalarındaki amacın yetişkin dermatomiyozit (bağışıklık sistemi ile ilgili bir hastalık-DM) ve polimiyozit (kökeni hâlen bilinmeyen ve kas dokusunda iltihap yapan bir hastalık-PM) için cevap kriterleri geliştirmek olduğunu belirtmişlerdir. Temel set ölçümleri kullanılarak 287 adet tanım geliştirmek için uzman anketleri, lojistik

regresyon ve birleşik analiz kullanmışlardır. PAPRIKA yöntemini temel set ölçülerinin ve birleşik analiz tanımlarının göreceli ağırlıklarını belirlemek için kullanmışlardır.

Liberman *et al.* (2019) uyarlanabilir birleşik analiz (conjoint analysis) kullanarak akut minör inmenin trombolizi için klinik karar verme ve bu kararlarda hekimlerin öncelik verdiği klinik faktörleri belirlemeye çalışmışlardır. Birleşik analiz, çevrimiçi bir tercih anketi tasarlamak için 1000Minds yazılımı ile PAPRIKA metodunu içeren bir model ile beraber kullanılmıştır. 1000Minds yazılımı ile 6 klinik özellik değerlendirilmiş, anket çalışmasına 54 katılımcı dâhil olarak bu 6 özellik hakkında ağırlık ve standart sapma değerleri elde edilmiştir. Sonuç olarak da katılımcıların minör inmeli hastalara tromboliz kararı verirken belirlenen 6 özellikten sinir ve iletişim eksikliklerine diğer özelliklerden daha fazla önem veya ağırlık verdiği belirlenmiştir.

Pinto *et al.* (2019) çalışmalarında kronik diz ağrısı olan yetişkinlerde fiziksel aktivite (FA) niteliklerine yönelik bireysel tercihleri araştırmak, benzer tercihlere sahip bireyleri kümelemek ve bu kümelerdeki bireylerin demografik ve sağlık özelliklerine göre farklılık gösterip göstermediğini belirlemeyi amaçlamışlardır. 6 adet FA özelliği ağırlık elde etmek için PAPRIKA yöntemi kullanılarak uyarlanabilir birleştirme analizi gerçekleştirilmiştir. PAPRIKA anketi 6 adet FA özelliği ile ilgili ağırlık elde edilmesi için 146 kişiye uygulanmış ve ağırlıklar elde edilmiştir. Sonuç olarak kronik diz ağrısına sahip yetişkinlerin fiziksel aktiviteye katılma kararıyla ilgili en önemli özelliklerin sağlık yararları ve zevk olduğunu belirlenmiştir.

Mirzaee *et al.* (2019) çalışmalarında sürdürülebilir ve dayanıklı binalar tasarlamak için, tasarım kararlarının sosyal, çevresel ve ekonomik açıdan değerlendirilmesi gerektiğinden ve aynı zamanda bu kararların çoğu zaman birbiri ile çelişen çok sayıda kriteri içeren karmaşık bir süreç olduğundan bahsetmişlerdir. Çalışmalarının ana amacı dayanıklı ve sürdürülebilir binaların tasarımıyla ilgili öznel kriterler için karar vericinin tercihlerini belirlemede kullanılan iki anket yöntemini, ilki SMART ikincisi PAPRIKA, karşılaştırmak olarak belirtmişlerdir. Her iki yöntemde de kullanılacak olan ortak kriterler DELPHI yöntemi ile belirlenmiştir. Birbirinden farklı bu kriterler toplamda 10 adet olarak belirlenmiştir. Daha sonra yöntemler 42 tasarım uzmanına uygulanarak sonuçlar elde edilmiştir. İki yöntemin sonuçları arasında önemli farklılıklar bulunmuştur. Bu durum bina tasarım kriterlerinin farklı bağlamlarda farklı şekilde değerlendirildiğini göstermiştir. Bu çalışmada tercih edilen anket yöntemini belirtilmemiş ise de elde edilen bulgular doğrultusunda karar vericilerin tercihlerini ortaya koyarken ve bina tasarım kararlarına ÇKKV yöntemini uygulamaya çalışırken büyük özen göstermeleri gerektiğini belirtmiştir.

Isihara *et al.* (2020) çalışmalarında uyarlanabilir seçim tabanlı birleşik anketin, küçük bir N popülasyonda yalnızca n gibi küçük bir örnek boyutu alınabildiği durumlarda En Tipik (ET) ve En İdeal (Eİ) düzeylerinin kullanılmasını önermişlerdir. Ayrıca çalışmada kendi sorularını oluşturarak elde edilen ET düzeyleri, kısmi değer faydaları kullanılarak elde edilen Eİ düzeyleri ile karşılaştırılmıştır. Eİ düzeyleri PAPRIKA yöntemi kullanılarak doğrulanmıştır. Ardından, afet yardımı ile ilgili bir uygulama yapılarak iki ilgili popülasyon için ET ve Eİ düzeylerindeki farklılıklar araştırılmıştır. 49 inanç temelli ve 12 inanç temelli olmayan afet yardım kuruluşunun git/gitme kararına ilişkin bir uyarlanabilir seçim tabanlı birleşik anketi, dört özelliği (finansman, afet müdahale türü, ihtiyaç değerlendirmesi ve topluluk erişimi) dikkate alarak gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak ET düzeyinde ihtiyaç değerlendirmesi özelliği için inanç ve inanç temelli olmayan yardım kuruluşları arasındaki en büyük benzerlik gözlenmiştir. Kısmi değer ve PAPRIKA tarafından belirlenen ET seviyelerinin en büyük uyumsuzluğunun ise ihtiyaç değerlendirmesi ve afet müdahale türü için gerçekleştiği belirtilmiştir.

Carnero (2020) çalışmasında bir sağlık kurumunun nükleer tıp departmanında ayırıştırma ile ilgili başarısızlık türlerini sıralama ve değerlendirmeyi amaçlamıştır. Bunu yaparken hata türleri etkileri analizi (FMEA) yöntemi yerine sezgisel bulanık hibrit ağırlıklı öklid uzaklık operatörü ve FMEA yöntemi bir arada kullanmıştır. Sübjektif risk kriter ağırlıklarının elde edilmesinde PAPRIKA yöntemini, objektif ağırlıkların hesaplanmasında ise dağılım bazlı yöntemi kullanmıştır. Tanımlanan bu yöntemi, risk faktörlerinin sübjektif ağırlıklarını değerlendirmek için PAPRIKA yerine dilsel terimler kullanarak, bulanık TOPSIS yöntemi ile bütünleştirme şeklinde değerlendirmiştir. Değerlendirme ile başarısızlık türleri sıralanmıştır. İlk durum için sıralama değişmemiş, ikinci durumda ise sıralamada yalnızca bir değişiklik olmuştur. Son olarak yöntemin etkinliğini göstermek için bir duyarlılık analizi yapmıştır.

DEMATEL Yöntemi Kullanılarak Yapılan Çalışmalar

Literatürde mevcut olan DEMATEL yöntemi ile ilgili yapılan çalışmalar aşağıda sırasıyla verilmiştir.

DEMATEL yöntemi ilk defa Fontela and Gabus (1972) tarafından yapılan çalışmada karmaşık ve iç içe geçmiş problem gruplarını araştırmak ve çözmek için tanıtılmıştır.

Hori and Shimizu (1999) çalışmalarında denetim kontrol sistemleri için insan ara yüzleri tasarlama yöntemleri önermişlerdir. Çalışmada yazılım sistemlerinin tasarımında ekranların yapısını tasarlamak ve değerlendirmek için DEMATEL yöntemi kullanılmıştır.

Tasarlanan yaklaşımın sınırlarını karşılamak ve denetleyici kontrol sorumluluğunu eniyileyecek uzman sistem önerisinde bulunmuşlardır.

Sawaragi *et al.* (2006) çalışmalarında özellikle görüntü verilerinin teşhisinde kullanılan bilgilere odaklanarak, topluluk içinde çeşitli teknik becerilerin etkili paylaşımını kolaylaştırmayı amaçlayan bir uzman destek sistemi geliştirmek için yeni bir yaklaşım sunmuşlardır. Önerilen yaklaşım iki farklı ağıdan yararlanılarak geliştirilmiştir. Bu ağlardan biri açıklamalı veri setinde yer alan istatistiksel ilişkilere dayalı, diğeri ise DEMATEL yöntemi ile elde edilen açıklamalı veriler arasındaki nedensel ilişkilere dayalı olacak şekilde oluşturulmuştur.

Zhou *et al.* (2006) karmaşık sistemlerde tanımlayıcı ve kabul edilen bir hiyerarşik yapının ortaya çıkarılması için DEMATEL ve ISM yöntemlerini bütünleşik kullanımını önermişlerdir. İki yöntemin bütünleşik kullanımı ile elde edilen hiyerarşik yapı gerekli durumlarda işlevi olmayan düğümler kullanılarak revize edilmiştir. Önerilen bütünleşik kullanımın geçerliliğini göstermek için ise 8 faktörden oluşan basit bir örnek üzerinde etkinliği gösterilmiştir.

Wu (2008) tarafından yapılan çalışmada bilgi yönetimi stratejilerini değerlendirmesi ve seçmesi gereken şirketlere yardımcı olması amacı ile ANP ve DEMATEL yaklaşımına dayalı bütünleşik bir çözüm önerilmiştir. Önerilen çözümün uygulamasını göstermek için deneysel bir çalışma sunulmuştur. Deneysel çalışmada 3 farklı amaç, 6 farklı kriter ve 3 farklı strateji belirlenmiştir. Bilgiyi etkinleştirmek en çok istenen amaç, kişiselleştirme stratejisi ise en çok istenen strateji olarak belirlenmiştir.

Tsai and Chou (2009) işletmelerde, kaynak kısıtlamaları altında optimum yönetim sistemlerini seçmek için yeni bir hibrit model önermişlerdir. Hibrit modelde üç farklı yöntem kullanılmıştır. İşletmelerin ihtiyaç duyduğu kriterler arasında karşılıklı ilişki oluşturmak için DEMATEL yöntemi, ölçüt ağırlıklarının elde edilmesi için ANP yöntemi ve son olarak sınırlı kaynakları tamamen kullanarak istenen organizasyonel faydaları ve optimal alternatifleri elde etmek için 0-1 hedef programlama yöntemi ANP yöntemi ile entegre bir şekilde kullanılmıştır. Çalışmanın son kısmında önerilen model ile ilgili örnek bir çalışma yapılarak uygulanabilirliği gösterilmiştir.

Li and Tzeng (2009) yaptıkları çalışmada DEMATEL yönteminde kullanılan eşik değerinin belirlenmesinde teorik bir yöntem önermişlerdir. Buna sebep olan durumların, katılımcıları bir araya getirip tutarlı bir karar vermenin zor ve zaman alıcı olması ile birlikte öznel yargılardan kaçınmak olduğu belirtilmiştir. Böylelikle daha özellikli bir değer elde etmek için entropi yaklaşımına dayalı maksimum ortalama de-entropi algoritması önerilmiştir.

Ayrıca önerilen yöntemin geleneksel yöntemle sayısal karşılaştırılması yapıp elde edilen sonuçların karşılaştırılması verilmiştir.

Shieh *et al.* (2010) çalışmalarında Tayvan'ın Changhua şehrindeki Show Chwan Memorial hastanesinde belirlenmiş olan 22 kriter içerisinde hastaların veya ailelerinin bakış açısından en önemli 7 kriteri SERVQUAL modeline dayalı anketle belirlemiştir. Daha sonra belirlenen 7 kriter arasındaki nedensel ilişkileri ve kriterlerin önemi 19 uzman katılımıyla DEMATEL yöntemi ile belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar ile kriterler önem derecesine göre sıralanmış, belirlenen en önemli kriterle ilgili iyileştirmeler yapılarak hasta veya hasta yakınlarının memnuniyetinin artacağı belirtilmiştir.

Aksakal ve Dağdeviren (2010) yaptıkları çalışmada uluslararası bir firma için personel seçimi probleminde ANP ve DEMATEL yöntemleri ile birlikte bütünlük bir algoritma geliştirerek personel seçimi yapmışlardır. Personel seçiminde değerlendirilmesi için 6 farklı kriter belirlenmiştir. Bu 6 farklı kriter için AHP yöntemi ile ağırlıklar elde edilmiştir. Daha sonra bu kriterlerin birbirleri arasındaki bağımlı ağırlık değerleri, AHP yönteminden elde edilen ağırlıkların DEMATEL yöntemi kullanılarak elde edilen ağırlıklar ile çarpılması sonucu belirlenmiştir. Ardından 4 farklı aday için bu kriterler ANP yöntemi ile değerlendirilerek en uygun personel belirlenmiştir.

Jerry Ho *et al.* (2011) çalışmalarında sermaye varlıkları fiyatlandırma modeline dayalı portföy seçimi için DEMATEL, ANP ve VIKOR yöntemlerini kullanan bütünlük bir çözümleme önermişlerdir. Belirlenen 8 adet kriter için DEMATEL yöntemi ile kriterler arasındaki ilişki, ANP yöntemi ile kriterlerin ilişki durumuna göre kriter ağırlık değerleri elde edilmiş ve portföy alternatiflerinin VIKOR yöntemi ile sıralanması yapılmıştır.

Wu (2012) yaptığı çalışmada bir strateji haritası elde etmek için banka kurumlarının temel performans göstergelerini 4 kurumsal karne perspektifi (finans, müşteri, işletme içi süreç, öğrenme ve büyüme) temelinde değerlendirme yöntemi sunmuştur. Bankacılığın temel performansını gösteren 23 adet kriter belirleme süreci literatür çalışmaları sonucu elde edilmiştir. DEMATEL yöntemi kriterler arasındaki nedensel ilişkileri, kritik ve etkili faktörleri belirlemek ve mantıksal bağlantıları görselleştirerek strateji haritası elde etmek için kullanılmıştır. Son olarak önerilen yöntemin diğer sektörlerdeki kurumlar içinde geçerli olabileceği belirtilmiştir.

Hsu *et al.* (2013) yaptıkları çalışmada DEMATEL yöntemini kullanarak yeşil tedarik zinciri yönetiminde tedarikçi seçimine yönelik bir karbon yönetimi modeli geliştirmişlerdir. Literatür taraması ve 3 farklı uzman ile yapılan görüşmeler sonucunda karbon yönetiminde önemli olan 13 kriter belirlenmiştir. Belirlenen kriterler DEMATEL yöntemi ile

değerlendirilerek karbon yönetimine sahip tedarikçilerin seçiminde dikkat edilmesi gereken en önemli 2 kriter tespit edilmiştir. Son olarak mevcut çalışmanın geliştirilerek gelecekteki çalışmalarda kullanılabileceği belirtilmiştir.

Pan and Nguyen (2015) yaptıkları çalışmada müşteri memnuniyetine ulaşmada etken temel performans değerlendirme kriterlerini tespit etmeyi amaçlamışlardır. Çalışmada kurumsal karne ile 4 farklı stratejik alan ve 18 kriter belirlenmiş, bu 4 farklı stratejik alan arasındaki nedensel ilişkileri ve bunların temel performans kriterlerini belirlemek için DEMATEL ve ANP yöntemleri bütünleşik olarak kullanılmıştır. Son olarak elde edilen bütünleşik çözüm Delphi yöntemi kullanılarak test edilmiş ve 24 imalat firmasında anket uygulaması gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlarda ilk 10 temel performans kriteri belirlenmiş ve bunların 3 stratejik alana dağıldığı gözlemlenmiştir.

Büyüközkan and Güteryüz (2016) çalışmalarında yatırımcı bakış açısı ile Türkiye’de en uygun yenilenebilir enerji kaynağını seçmek için bütünleşik ANP ve DEMATEL yöntemi ile bir çözümleme önermişlerdir. Yöntemin performansını göstermek için 5 alternatif, 5 kriter ve 21 alt kriterden oluşan gerçek hayat uygulaması yapılmış, 2 farklı durum için ise duyarlılık analizi gerçekleştirmişlerdir. Elde edilen sonuçlar ile önerilen modelin yatırımcılara ve uygulayıcılara özellikle birbiri ile ilişkili birçok kriterin olduğu durumlarda karar alma sürecinde avantaj getireceğini belirtmişlerdir.

Bacudio et al. (2016) yaptıkları çalışmada endüstriyel ortak yaşam ağlarının uygulanmasına engel olan durumları DEMATEL yöntemi kullanarak analiz etmişlerdir. Çalışma Filipinler, Laguna’daki bir sanayi parkında endüstriyel ortak yaşam alanında uygulanmış ve DEMATEL yöntemi ile engellerin neden veya sonuç faktörleri olarak nasıl sınıflandırılabileceğini belirlenmiştir.

Karaatli vd (2016) yaptıkları çalışmada 23 şeker fabrikasının 2008 ve 2012 yılları arasındaki verilerini kullanarak fabrikaların performans değerlendirmelerini gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada birbirinden farklı 7 ayrı durumu kriter olarak dikkate almış, bu kriterlerle ilgili ağırlıkları DEMATEL yöntemi ile elde etmişlerdir. Elde edilen ağırlıkları kullanarak Bulanık TOPSIS yöntemi ile fabrikaların performans sıralamalarını belirlemişlerdir.

Karaoğlu ve Şahin (2016) işletmelerin satın alma kararlarının verilmesinde uzman karar vericilerin önceliklerinin yanı sıra işletmelerin kendi önceliklerinin de önemli olduğunu göz önünde bulundurarak bütünleşik bir seçim yöntemi önermişlerdir. Önerilen seçim yöntemini DSLR kamera satın alacak bir fotoğrafçılık işletmesinde uygulama olarak ele almışlardır. Çalışmada 7 kriter ve 3 alternatif kamera belirlemiş, bu 3 alternatif kamera

içerisinden DEMATEL yöntemi ile uzman kararları doğrultusunda elde edilen kriter ağırlıkları ve AHP yöntemi ile işletme kararları doğrultusunda elde edilen kriter ağırlıkları çarpılarak seçim işlemi gerçekleştirilmiştir.

Uçal vd. (2017) yaptıkları çalışmada sağlık alanında faaliyet gösteren bir firmanın tedarikçi seçimi problemini ele almışlardır. Problem için 12 farklı performans kriteri belirlemiş ve kriterlerin birbirleri arasındaki ilişki ve kriter ağırlıklarını DEMATEL yöntemi kullanarak ortaya koymuşlardır. Elde edilen sonuç ile firmanın tedarikçi seçiminde öncelikli dikkat etmesi gereken 6 kriter tespit edilmiş, firmanın bu kriterler doğrultusunda tercihlerini yapması gerektiği belirtilmiştir.

Ghaemi Rad *et al.* (2018) yaptıkları çalışmada vatandaş, çevre ve temel altyapılar gibi akıllı bir şehrin ana bileşenlerini ve her bir bileşenini değerlendirmek için kriterleri araştırarak her yerde bulunan bir şehir kurmaya yönelik gerekli altyapıyı belirlemek için etkili bir çerçeve geliştirmeyi amaçlamışlardır. Çalışmada bileşenlerin ve kriterlerin arasındaki karşılıklı ilişkiler DEMATEL yöntemi ile belirlenmiş ve kriterlerin göreceli önemi ise ANP yöntemi ile bulunmuştur. Son olarak Tahran ve Seul şehirleri için uygulama gerçekleştirilmiş ve belirlenen katsayılar ile elde edilen sonuçların mantıklı olduğu belirtilmiştir.

Stoilova (2018) yaptığı çalışmada uzlaşık programlama kullanarak en uygun rota ve ulaşım türünün seçimine dayalı bir ulaşım stratejisi seçme metodoloji geliştirmiştir. Metodolojinin etkinliğinin gösterilmesi için ise gerçek hayat uygulaması yapmıştır. Gerçek hayat uygulaması Bulgaristan'da 2 farklı taşıma türüne (Konteyner blok tren ve kamyonlar) yönelik yapılmıştır. Metodoloji üç adımdan oluşturulmuştur. Birinci adımda alternatif yollar ve sekiz adet değerlendirme kriteri belirlenmiştir. İkinci adımda DEMATEL, AHP ve Shannon Entropi yöntemleri kullanılarak kriter ağırlıkları elde edilmiş ve yöntemler karşılaştırılmıştır. Son adımda ise Uzlaşık programlama yöntemi kullanılarak en uygun çözüm belirlenmiştir.

Koçak ve Diyadin (2018) çalışmalarında Sanayi 4.0' a geçiş süreçlerinde rol alan kritik başarı faktörlerini DEMATEL yöntemi ile değerlendirmişlerdir. Yapılan literatür çalışması sonucunda 9 farklı kritik başarı faktörü belirlenmiştir. Belirlenen faktörler doğrultusunda tekstil sektöründe faaliyet gösteren ve Sanayi 4.0 süreçlerini başlatmış olan Almanya merkezli bir işletmenin karar vericileri tarafından değerlendirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Değerlendirme sonucunda sanayi 4.0'a geçişte işletme tarafından dikkat edilmesi gereken en önemli 3 kriter belirlenmiştir. Ayrıca başarı faktörlerinin işletme tarafından DEMATEL yöntemi ile değerlendirilmesi sonucu faktörlerin etki seviyeleri ve

birbirlerini etkileme düzeyleri araştırılmıştır. Son olarak bu çalışmanın Sanayi 4.0'a geçiş süreçlerini başlatacak olan işletmeler için bir yol haritası oluşturmasını hedeflemişlerdir.

Nilashi *et al.* (2019) yaptıkları çalışmada Malezya'da medikal turizmin gelişimini etkileyen faktörleri belirlemeyi amaçlamışlardır. Faktörler arasındaki ilişkileri ortaya çıkarmak ve bu faktörlerin göreceli önemini belirlemek için DEMATEL ve Bulanık TOPSIS yöntemlerinden yararlanmışlardır. Sonuç olarak Malezya'daki medikal turizmin benimsenmesinde etkili olan en önemli 2 faktörün insan ve teknoloji olduğunu göstermişlerdir.

Zhang *et al.* (2019) yaptıkları çalışmada Çin'de kentsel sel ve su kıtlığı ile başa çıkabilmek için sünger şehir (kentsel su yönetimini kentsel planlama politikalarına ve tasarımlarına dâhil etme kapasitesine sahip bir şehir) kamu ve özel sermaye projelerini etkileyen kritik risk faktörlerini araştırmayı amaçlamışlardır. Risk faktörleri literatür taraması, beyin fırtınası ve uzman görüşlerinden elde edilmiştir. Çalışmada risk faktörlerini önceliklendirmek ve aralarındaki karşılıklı ilişkiyi analiz etmek için DEMATEL yöntemini kullanmışlardır. Araştırma sonucunda değerlendirilen 18 risk faktöründen 5'ini kritik risk faktörü olarak tespit etmişlerdir.

Rajput and Singh (2019) yaptıkları çalışmada Döngüsel Ekonomi ve Endüstri 4.0'ı birbirine bağlamaktan sorumlu faktörleri olanak veren ve engelleyen açısından incelemişlerdir. Temel Bileşen Analizi yardımı ile 26 kolaylaştırıcı 15 zorlayıcı faktör tanımlamışlardır. Tanımlanan faktörlere DEMATEL yöntemi iyimser, kötümser ve en olası olmak üzere üç farklı senaryoda uygulanmış ve en önemli kolaylaştırıcı ve zorlayıcı faktörleri belirlemişlerdir.

Dalvi Esfahani *et al.* (2019) yaptıkları çalışmada sosyal medya bağımlılığını araştırmacılar ile psikoterapistler açısından DEMATEL yöntemini kullanarak araştırmışlardır. Yapılan literatür araştırması sonucunda 15 farklı sosyal medya bağımlılığı belirleyicisi tanımlanmış ve bu belirleyicileri kişilik faktörü, eşlik eden belirtiler ve psikososyal faktörler olmak üzere 3 farklı gruba ayırmışlardır. Daha sonra önceden tanımlanan 3 farklı grup ve 15 farklı belirleyici için DEMATEL yöntemini uygulamış ve her gruba ait en önemli belirleyicileri tespit etmişlerdir.

Sonel vd (2019) yaptıkları çalışmada geçmiş istatistiksel verileri dikkate alarak Türkiye'de sağlık turizmi konusunda, en çok tercih edilen klinik türüne göre en fazla ve en az tercih edilen iki alternatif şehir arasında seçim ve analiz yapmışlardır. Seçim ve analiz aşamalarında DEMATEL, ANP ve AHP yöntemlerinden faydalanmışlardır. Belirlenen 9 ana kriter temelinde yöntemlerin sonuçları karşılaştırılmıştır. Her 3 yöntemin çözümünde de daha

etkili olan kriterlerin hemen hemen aynı olduğu görülmüştür. Son olarak tercih konusunda İstanbul şehrinin en çok, Mersin şehrinin ise İstanbul'a yakın olduğu belirlenmiş ve Mersin şehri için iyileştirmeler önermişlerdir.

Kamble *et al.* (2020) çalışmalarında tarım tedarik zincirinde blok zincir teknolojisinin kabul görmesine neden olan sağlayıcılar arasındaki ilişkileri belirlemişlerdir. Yapılan literatür çalışması sonucunda 13 farklı sağlayıcı tanımlamışlardır. Tanımlanan sağlayıcıları Yorumlayıcı Yapısal Modelleme ve DEMATEL yönteminin bütünsel kullanımı ile çözümleyerek en önemli sağlayıcıları belirlemişlerdir.

Sharma *et al.* (2020) yaptıkları çalışmada Hindistan'daki e-atık yönetimini etkili bir şekilde gerçekleştirmek için 10 farklı sağlayıcıyı DEMATEL yöntemi ile değerlendirmişlerdir. Sağlayıcıların belirlenmesi aşamasında kapsamlı literatür taraması yapılmış ve ayrıca uzman görüşlerini dikkate almışlardır. Çalışmada “Çevre yönetim sistemi” sağlayıcısının diğer sağlayıcıları etkilemede en önemli ve itici güç olduğunu tespit etmişlerdir. Araştırma sonucunda, DEMATEL'in (güvenilir ve tutarlı kararlar formüle etmek için) atık yönetimi uygulayıcılarına ve politika yapıcılarına yardımcı olacak sürdürülebilir bir araç olduğunu ortaya koymuşlardır.

Lin *et al.* (2020) çalışmalarında ana amacın tüketicilerin çevrimiçi bankacılığı kullanma istekliliğini etkileyen temel faktörleri tespit etmek için araştırma modeli önermek olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmaları 2 aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada çevrimiçi bankacılığı kullanan şirketlerin temel faktörlerini belirlemek için DEMATEL ve ANP yöntemi kullanılmıştır. İkinci aşamada ise çevrimiçi bankacılığı kullanan tüketicilerin temel faktörlerini belirlemek için yapısal eşitlik modellemesi kullanılmıştır.

Kouhizadeh *et al.* (2021) yaptıkları çalışmada blok zinciri benimsemedeki engelleri teknoloji-organizasyon-çevre sistemi ve kuvvet alanı teorilerini kullanarak araştırmışlardır. 2 teoriye dayalı olarak literatür taraması gerçekleştirmiş ve kapsamlı bir dizi engel belirlemişlerdir. Çalışmanın temel amaçlarından biri olarak bu engellerin önemini ve ilişkilerini anlamak olarak ifade etmişlerdir. Bunu yapmak için ise DEMATEL yöntemini kullanmışlardır. 35 Akademisyen ve 12 Uzman'dan gelen cevaplar ile tespit edilen engeller değerlendirilmiş ve tedarik zinciri ve teknolojik engellerin her iki tip katılımcı için en önemli kriterler olduğunu belirlemişlerdir.

Hedef Programlama Yöntemi Kullanılarak Yapılan Çalışmalar

Literatürde mevcut olan Hedef Programlama yöntemi ile ilgili yapılan çalışmalar aşağıda sırasıyla verilmiştir.

Lee (1971) tarafından yapılan çalışmada hedef programlama yöntemi ile ilgili olarak yöntemin kavramı, çözüm şekli ve uygulama özelliklerinden ve potansiyelinden bahsedilmiştir.

Charnes *et al.* (1975) yaptıkları çalışmada Texas körfez kıyısında arazi kullanımı yönetiminin normatif çevresel politika ile değerlendirilmesi amacı ile bir matematiksel hedef programlama modeli tanımlamışlardır. Modelin üç seviyeli hiyerarşisi nedeni ile farklı ölçeklerde rekabet eden hedefler açık bir şekilde değerlendirilmiştir. Son olarak tanımlanan modelin daha ayrıntılı bir şekilde ele alınmasıyla gelişmiş dinamik bir modele dönüştürülebileceğini belirtmişlerdir.

Samouilidis and Pappas (1980) hedef programlama yöntemini karar aracı olarak değil enerji talebi tahmin sistemi için güçlü bir tahmin aracı olarak kullanmışlardır. Kullanılan yöntemin amacını geleneksel ekonometrik tahminin varsayımlarını rahatlatma olarak belirlemişlerdir. Ayrıca gerçek hayat uygulaması olarak Yunan ekonomisindeki yeni enerji kullanımları hakkında fizibilite raporlarının tahmini ele almışlardır.

Ignizio (1983) yaptığı çalışmada genelleştirilmiş hedef programlama yöntemini ele almıştır. Temel hedef programlama yöntemini genelleştirerek yöntemi oluşturan her aşamayı detaylı bir şekilde incelemiştir. Yaptığı çalışmanın bu yöntem ile ilgilenen diğer çalışmalar için bir giriş çalışması olduğunu ifade etmiştir.

Gangan *et al.* (1987) yaptıkları çalışmada esnek üretim sistemindeki her işlemin hangi iş istasyonunda gerçekleştirilmesi gerektiğini ve ayrıca iş istasyonuna giren iş parçalarının birbirinden farklı yol seçeneklerine sahip olduklarını belirtmişlerdir. Çalışmada aynı anda birden fazla hedefe ulaşmak için Hedef Programlama modelini formüle etmişlerdir. Modelde öngörülen talebi karşılamak, malzeme hareketlerini en aza indirmek ve tüm makinelerdeki iş yükü dengesizliğini en aza indirmek olacak şekilde üç farklı hedefi dikkate almışlardır. Model çözümü ile en iyi yönlendirme şekli olarak minimum iş yükü dengesizliği ve daha az malzeme hareketi olan yönlendirmeyi önermişlerdir.

Shafer and Rogers (1991) yaptıkları çalışmada hedeflerinin hücreli imalat oluşturma prosedürü geliştirmek olduğunu belirtmişlerdir. Bu amacı gerçekleştirirken üç farklı durum için çeşitli varsayımları içeren üç farklı hedef programlama modeli (Tamamen yeni bir sistem kurmak ve yeni ekipmanı satın almak, Sistemi yalnızca mevcut ekipmanı kullanarak yeniden düzenlemek, Sistemi mevcut ve bazı yeni ekipmanlar alarak yeniden düzenlemek ve kullanmak) geliştirmişlerdir. Geliştirilen hedef programlama modelleri içerisinde çok fazla 0-1 değişken olması nedeniyle, gerçek hayat problemlerinin çözümünün zorlaştığı, bu durumun

ortadan kaldırılması için ise iki aşamalı sezgisel çözüm prosedürü sunulması gerektiğini belirtmiş ve bu durumu içeren sayısal bir örnek çalışma yapmışlardır.

Khorramshahgol and Okoruwa (1994) hedef programlama yöntemini Delphi ve Poisson teknikleri ile birleştirerek kaynak tahsisi sorunlarına farklı bir çözüm önerisi getirmişlerdir. Önerilen yöntem Atlanta perakende sistemindeki farklı alışveriş merkezlerinde fon tahsisi yapılması olarak uygulanmıştır. Delphi yöntemi ile dikkate alınacak hedefler, Poisson yöntemi ile ise Delphi yönteminden elde edilen hedeflerin gelecekteki değerleri tahmin edilmiştir. Daha sonra bu iki yöntemden elde edilen sonuçlarla bir hedef programlama modeli geliştirmişlerdir. Geliştirilen model ile hedeflerin ve her hedef için istenen başarı düzeyinin belirlenmesinde tahmin tekniklerinin kullanılmasıyla daha adil bir fon dağılımının ortaya çıktığını göstermişlerdir.

Giannikos (1998) yaptığı çalışmada atık bertaraf veya arıtma tesislerinin konumlandırılması ve tehlikeli atıkların bir ulaşım ağının bağlantıları boyunca taşınmasını içeren bir hedef programlama modeli sunmuştur. Modelde değerlendirilmek üzere dört farklı hedef dikkate alınmıştır. Birinci hedef toplam işletme maliyetinin en aza indirilmesi, ikinci hedef algılanan toplam riskin en aza indirilmesi, üçüncü hedef nüfus merkezleri arasında riskin adil dağılımı, dördüncü hedef arıtma tesislerinin işletilmesinden kaynaklanan olumsuz faydanın adil dağılımı olarak belirlenmiştir. Geliştirilen modelin çözümünü ve ceza fonksiyonlarının nasıl kullanılabileceğini göstermek ve gerçek hayat uygulamalarında daha iyi sonuçlar elde etmek için küçük bir örnek üzerinde uygulama yapmıştır.

Ozkarahan (2000) yaptığı çalışmada ameliyathane ortamında var olan çelişkili hedefleri karşılayan, yetersiz kullanım ve fazla mesaiyi ortadan kaldıran ve cerrahların, personelin ve hastaların memnuniyetini artıran bir hedef programlama modelini ortaya koymuştur. Oluşturulan modelin etkinliğini görmek için model Dokuz Eylül Üniversitesi Hastanesi'nde önceden elde edilen veriler kullanılarak çözümleme yapılmıştır. Ardından hastanenin planlama prosedürü, geliştirilen model ile karşılaştırılmış ve geliştirilen modelin hastanenin var olan planlama prosedüründen daha üstün olduğu gösterilmiştir.

Badri (2001) çalışmasında AHP ve Hedef Programlama yöntemlerini birleştirerek bir firmanın hizmet kalitesi kontrol araçları setini seçecek bir karar destek sistemi önermiştir. Önceden yapılan çalışmalar sonucu belirlenen 5 farklı kalite ölçüsünü kullanarak, AHP yöntemi ile kalite ölçülerini ağırlıklandırmış ve bu ağırlıkları HP yönteminin amaç fonksiyonunda öncelik, hedef kısıtlamalarında fayda ağırlığı olarak kullanmıştır. Önerilen modeli büyük bir mağazanın müşterilerinin verilerinin toplanması ve daha iyi kalite kontrol sistemi tanımlamak için 7 alternatifin değerlendirildiği gerçek hayat problemine uygulamıştır.

Karsak *et al.* (2003) yaptıkları çalışmada müşteri ihtiyaçlarını ve ürün teknik gereksinimlerini Kalite Fonksiyon Dağılımını yardımıyla ürün tasarım aşamasına dâhil etmek için ANP ve 0-1 Hedef Programlama yöntemlerini bütünleşik kullanmışlardır. ANP yöntemi ile Kalite Fonksiyon Dağılımı içerisindeki bağımlılıklar dikkate alınarak tasarım sürecinde dikkate alınacak ürün teknik gereksinimleri setini belirlemek için 0-1 Hedef Programlama modeli oluşturulmuş ve sayısal bir örnek sunulmuştur.

Gülenç ve Karabulut (2005) Brisa şirketinde TBR sınıfı 9 farklı lastik türünün 1 aylık üretim miktarlarını Hedef Programlama yöntemi ile belirlemişlerdir. Bu çalışmada Hedef Programlama yönteminin kullanılmasının sebebini klasik karar verme yöntemlerinden elde edilen üretim miktarlarında sadece maliyet minimizasyonu veya kâr maksimizasyonu gibi tek bir hedef gerçekleştirilebilirken Hedef Programlama yönteminde ise birden çok hedefin aynı anda sağlanması olarak ifade etmişlerdir. Son olarak belirlenen üretim miktarlarını Brisa şirketinin işletme hedefleri çerçevesinde optimum değerler ile üretmiş olduğu miktarlar olarak tanımlamışlardır.

Ferguson *et al.* (2006) çalışmalarında Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından oluşturulan ve çocukların sağlığını, büyümesini ve gelişimini göz önüne alan iyileştirilmiş tamamlayıcı beslenme uygulamaları teşvikini dikkate almışlardır. Bu teşvike yardımcı olmak ve popülasyona özgü en uygun gıda temelli tamamlayıcı beslenme önerileri tasarlamak için dört aşamalı bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Birinci aşamada hedef programlama modeli kullanılarak en uygun diyet seçilmiştir. İkinci aşamada her bir besin maddesinin seviyesi sırasıyla en kötü ve en iyi düzeye indirgeyerek doğrusal programlama modeliyle değerlendirilmiştir. Üçüncü aşamada istenilen seviyelerin %70'i kadar olan besinler için en iyi gıda kaynakları doğrusal programlama modeli ile belirlenmiştir. Dördüncü aşamada ise üçüncü aşamada belirlenen gıda kaynakları, alternatif tamamlayıcı beslenme önerileri üretmek için orijinal tamamlayıcı beslenme önerilerine dâhil edilmiş ve daha sonra bunlar karşılaştırılmıştır. Son olarak geliştirilen yaklaşımın anlaşılması için varsayım dayalı bir örnek çözüm ortaya koymuşlardır.

Wang and Parkan (2007) çalışmalarında ağırlıklı aritmetik veya geometrik ortalama yönteminin OWA operatörü için en uygun entropi ağırlık vektörünü üretmediğini ve bu sebepten dolayı grup karar vermede OWA operatör ağırlıklarını toplamak için kullanılmaması gerektiğini göstermişlerdir. OWA operatör ağırlıklarını toplama aşamasında kullanılması için alternatif bir yaklaşım olarak önleyici hedef programlama yöntemini önermişlerdir. Önleyici hedef programlama yöntemi, OWA operatör ağırlıklarını oluşturmak ve karar verme problemlerini gruplandırmak için minimum eşitsizlik yaklaşımının uzantısı olarak

belirlenmiştir. Önerilen yöntem maksimum entropi ve minimum varyans yöntemi gibi diğer yaklaşımlara da genişletilmiştir. Son olarak grup karar verme durumlarında önleyici hedef programlama yönteminin etkinliğini göstermek için sayısal bir örnek üzerinde uygulama yapmışlardır.

Pati *et al.* (2008) kâğıt geri dönüşüm lojistik sisteminin doğru bir şekilde yönetilmesine yardımcı olacak karma tam sayılı hedef programlama modelini formüle etmişlerdir. Formüle edilen model ile geri dönüştürülmüş kâğıt dağıtım ağının birden çok amacı arasındaki karşılıklı ilişkiyi incelemişlerdir. Modelde üç farklı amaç ele alınmıştır; tersine lojistik maliyeti, kaynağında ayırıştırma yoluyla ürün kalitesinin iyileştirilmesi ve atık kâğıt geri kazanım ile çevreye katkı. Model Hindistan'daki bir kâğıt geri dönüşüm sorunu üzerinde ele alınmış ve elde edilen sonuçlar ile modelin uygulanabilir olduğunu ortaya koymuşlardır.

Ravindran *et al.* (2010) çalışmalarında tedarikçi riskini içeren çok kriterli tedarikçi seçim modelini geliştirmiş ve bunu gerçek bir işletme üzerinde uygulamışlardır. Riske maruz değer ve hedefi ıskalamak olmak üzere iki farklı açıdan risk modeli geliştirmişlerdir. Geliştirilen model iki aşamada çözülmüştür. İlk aşamada büyük bir ilk tedarikçi grubu, çeşitli çok amaçlı sıralama yöntemleri kullanılarak daha küçük yönetilebilir tedarikçi grubuna indirgenmiştir. İkinci aşamada ise sipariş miktarları, çok amaçlı bir optimizasyon modeli ile kısa listedeki tedarikçiler arasında tahsis edilmiştir. Geliştirilen matematiksel modelde fiyat, teslim süresi, doğal olay nedeniyle riske maruz değerinde aksama ve kalitede hedefi kaçırma riski, aynı anda en aza indirilmesi gereken birbiriyle çelişen dört amaç olarak kabul edilmiştir. Geliştirilen matematiksel model dört farklı hedef programlama varyantı kullanılarak çözülmüş ve model çözümleri, küresel bir bilgi teknoloji şirketinde gerçek bir uygulama ile gösterilmiştir.

Lozano Oyola *et al.* (2012) kültürel seyahat hedeflerinde sürdürülebilir turizmi değerlendirmek için bir gösterge sistemi sunmuş ve benzer şekilde bileşik göstergeler oluşturmak için hedef programlamaya dayalı bir çözümleme önermişlerdir. Gösterge sistemi ve bileşik göstergeler için üç temel pratik kullanım önermişlerdir. Bunlar bölgesel düzeyde genel eylem planlarının oluşturulması, seyahat hedefleri için kısa vadeli stratejilerin tanımlanması ve seyahat hedeflerinin kıyaslama uygulamalarının oluşturulmasıdır. Çalışmada önerilen her pratik kullanım İspanya'nın Endülüs bölgesindeki kültür turizmi seyahat hedefleri çerçevesinde kullanılmıştır.

Gebrezgabher *et al.* (2014) yaptıkları çalışmada Hollanda'da gübre yönetimi sorunlarını değerlendirmek için ÇKKV yaklaşımına dayalı bir karar verme aracı

geliştirmişlerdir. Farklı kriterler arasındaki ödünleşmeler, çok amaçlı programlama ile analiz edilmiş ve sonuç matrisi oluşturulmuştur. Karar vericilerin grup tercih ağırlıkları AHP ve Hedef Programlama yöntemleri kullanılarak belirlenmiştir. En iyi gübre yönetimi planları uzlaşma programlama kullanılarak oluşturulmuştur. Uygulanan metodolojinin karar vericiler ve politikacılar için ekonomik, sosyal ve çevresel olarak sürdürülebilir gübre yönetimi sistemlerinin tanıtımını geliştiren politikaların tasarlanmasında yardımcı olacak bir araç olarak kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Eren ve Ünal (2016) Nöbet çizelgeleme problemine literatürde mevcut olan yaklaşımlardan farklı olarak, çalışanlara kıdem durumuna göre eşit sayıda ve ağırlıkta nöbet yazılmasını sağlayan ve aynı zamanda öncelikle istedikleri günü değerlendirmeye alan Ağırlıklı Hedef Programlama modeli geliştirmişlerdir. Geliştirilen modeli hizmet sektöründe faaliyet gösteren bir devlet kurumunda 10 çalışan için uygulamış ve çizelgeleri elde etmişlerdir. Hedef Programlama yöntemi ile elde edilen çizelgeler ile el ile hazırlanan çizelgeler karşılaştırılmış ve geliştirilen modelin daha verimli sonuçlara sahip olduğunu göstermişlerdir.

Gür vd (2017) yaptıkları çalışmada plansız kentleşme, artan nüfus ve özel araç sayısındaki artış gibi etkenlerden dolayı oluşan kentsel alanlardaki trafik sorununu alternatif ulaşım türü olan monoray teknolojisi ile ele almışlardır. Çalışmada Ankara ili şehir içi ulaşım güzergâhlarında 4 farklı güzergâh ve her güzergâhta 3 tane olmak üzere toplamda 12 alternatif proje belirlemişlerdir. Belirlenen 12 proje içerisinde en iyi çözümü vermesi istenen projelerin seçiminde 5 farklı değerlendirme kriteri belirlenmiş ve AHP yöntemi ile öncelik değerleri elde edilmiştir. Elde edilen öncelik değerleri, projelerin seçilmesi için çeşitli hedefler ile 0-1 Hedef Programlama yöntemi içerisinde kullanılarak güzergâhlara en uygun ulaştırma projelerin seçilmesi sağlanmıştır.

Şahin ve Kahya (2018) bir beyaz eşya işletmesinin fırın montaj hattında montaj hattını dengelemek için, öncelik ilişkileri ile çevrim süresi kısıtına ek olarak, ergonomik risk düzeylerini de dikkate alan bir Hedef Programlama modeli önermişlerdir. Çalışmada ergonomik risk düzeylerini hesaplamak için REBA yönteminden faydalanmışlardır. Ayrıca çalışmada önerilen matematiksel model ile klasik matematiksel modeli karşılaştırarak önerilen modelin etkinliğini göstermişlerdir. Karşılaştırma işlemini yaparken çevrim zamanının ve ergonomik risk seviyesinin bileşkesi olan bir performans ölçütü tanımlamışlardır.

Wu and Chen (2021) yaptıkları çalışmada akıllı şehir seçimi için üç aşamadan oluşan yapısal bir çözüm yöntemi önermişlerdir. İlk aşamada anket yardımıyla karar unsurlarını belirlemek için modifiye Delphi yöntemi kullanmışlardır. İkinci aşamada karar amaçlarına

göre her bir alternatifin önceliğini belirlemek için AHP yöntemi kullanmışlardır. Üçüncü aşamada ise politik hedef ve yıllık bütçeyi temel alan uygulanabilir bir portföy seçimi için 0-1 hedef programlama modeli geliştirmişlerdir. Önerilen çözüm yönteminin etkinliğini göstermek için Tayvan Taipei’de belediye vatandaşların gereksinimlerini dikkate almaya, önerilen politikaların güçlü ve zayıf yönlerini belirlemeye ve kamu beklentilerine yanıt olarak uygun bir proje portföyü seçmeye teşvik edecek bir akıllı şehir projesinin uygulanmasını gerçekleştirmişlerdir.

Rota Planlamada ÇKKV ve Hedef Programlama Yöntemleri Kullanılarak Yapılan Çalışmalar

Rota planlamada ÇKKV ve Hedef Programlama yöntemleri kullanılarak yapılan çalışmalar aşağıda Tablo 1 ve Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Rota Planlama ve ÇKKV

Yazarlar	Yayın Yılı	Konu
Keshkamat <i>et al.</i>	2009	Çalışmada mevcut yollardan oluşan bir ağda çeşitli politika vizyonları altında optimal rota alternatiflerinin ortaya konması için bütünsel ve tutarlı bir çok kriterli ağ analizi yöntemi önermişlerdir. Sunulan yöntem trans-Avrupa ulaşım ağı programının bir parçası olan Polonya'daki Via Baltica koridorunun 340 km'lik kısmında vaka analizi olarak ele alınmıştır.
Jakimavičius and Burinskienė	2010	Çalışmada Vilnius şehrindeki en uygun sürüş rotasını hesaplamak için kullanılan bir metodoloji ele almıştır. Akıllı Ulaşım Sisteminin bir alt sistemi olan Gelişmiş Yolcu Bilgi Sisteminin, Bilgi Hizmeti Sağlayıcılarının deneyimini ve optimal rota planlama hesaplamalarını nasıl geliştireceği tartışılmıştır. Tartışma için en kısa rota, en hızlı rota ve geçmiş verilere dayalı tahmin edilen en hızlı rota planlama yöntemleri dikkate alınmıştır. Yazarlar çalışmanın ayrıca Vilnius'taki sürücüler için WEB tabanlı bilgi sisteminin mimarisi ile ilgilenmekte ve trafik iş akışına ilişkin verileri analiz etmekte olduğunu belirtmişlerdir.
Bozkurt <i>et al.</i>	2012	Kullanıcı dostu bir rota belirlemek için yol güvenliği ve seyahat süresini kriter olarak dikkate alan bir rota planlama stratejisi ÇKKV yaklaşımı ile ele alınmıştır. Yaklaşım ikili karşılaştırma ve OWA yöntemlerinin bütünleşik kullanımı ile oluşturulmuş, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi yakınlarındaki Odunpazarı ilçesinin belirli bir bölgesi içinde uygulaması yapılmıştır.
Rosita <i>et al.</i>	2019	Çalışmada en uygun dağıtım rotasına karar verme sürecini kolaylaştırmak için çeşitli parametreler değer olarak kullanılmıştır. En uygun rotanın belirlenmesi aşamasında vektör normalizasyonu yönteminin yanı sıra öncelik seviyesi yöntemi ve Dijkstra algoritması kullanılmıştır.

Tablo 1. (Devamı)

Sarraf and McGuire	2020	Çalışma, kullanıcıların M adet alternatif yol arasından en uygun olan yolu seçmesine yardımcı olmak için önceden tasarlanmış Güvenli Rota Planlayıcısına AHP yönteminin entegre edilmesini içermektedir. Elde edilen sonuçlar 2 gerçek hayat uygulamasında, 5 farklı ÇKKV yöntemi (AHP, bulanık AHP, TOPSIS, bulanık TOPSIS ve PROMETHEE) ile karşılaştırılmıştır.
--------------------	------	--

Tablo 2. Rota Planlama ve HP

Yazarlar	Yayın Yılı	Konu
Ram Kumar <i>et al.</i>	2009	Çalışmada askeri lojistik alanında konvoy hareketi probleminin barış zamanı versiyonu için iki kriterli bir model olarak ele alınmışlardır. Model ile ilgili öncelikli hedef programlama ve çok amaçlı tavlama benzetimi olmak üzere iki farklı yöntem önemişlerdir.
Hu <i>et al.</i>	2018	Çalışmalarında tedarikçiler, üreticiler ve perakendeciler arasında tehlikeli madde envanteri ve nakliye ile ilgili üç seviyeli bir envanter rotalama problemini incelemişlerdir. Problemin çözümü için hedef programlama modeli ve gelişmiş bir genetik algoritma önermişlerdir.

MATERYAL VE METOD

Rota Planlama Tanımı

Günümüzde sürekli değişen ve gelişen çevresel koşullar ve kişisel beklentiler bizi hayatımızın her alanında birbiri ile ilişkili veya birbirinden bağımsız kararlar vermeye yönlendirmektedir. Bu kararlar bizleri hem fiziksel açıdan hem de psikolojik açıdan etkileyebilmektedir. Örneğin gün içerisindeki market alışverişi yapılması için ne zaman, hangi markete, hangi yoldan, nasıl gidileceği gibi karar vermede etkili olacak sorular karşımıza çıkmaktadır. Market alışverişinde ihtiyacı duyulan ürünlerden bazılarının gidilmesi düşünülen markette bulunmaması, karar sürecini bütün ihtiyaç duyulan ürünlerin veya benzerlerinin bulunduğu diğer bir markete gidilmesinden yana olmasını sağlamaktadır. Bu durum arzu edilen çevresel koşulların ve kişisel beklentilerin karar vermedeki önemini ve yerini göstermektedir.

Rota planlama kişilerin bir başlangıç noktasından bir bitiş noktasına hareket etmeden önce bu iki nokta arasındaki alternatif rotaları arzu ettikleri çevresel koşullar ve kişisel beklentiler temelinde değerlendirip kendilerine en uygun olan rotayı belirlemesi olarak ifade edilebilir. En uygun rotayı belirleme aşamasında birbirinden farklı kriterler rol oynamaktadır. Bu kriterler hem çevresel koşulları hem de kişisel beklentileri içerisinde bulundurmaktadır. Örneğin bir kişi seyahatini en ekonomik ve en kısa zaman kriterleri altında tamamlamak isterken diğer bir kişi seyahatini gezilebilecek ve konaklayabilecek yer kriterleri altında tamamlamak isteyebilir. Bu yüzden rota planlama ele alınan kriterler ile kişilerin sürekli değişen, gelişen istek ve beklentileri temelinde gittikçe karmaşılaşan bir hâl almaktadır. Dolayısıyla karmaşık hale gelen bu yapının karar verme süreci ile beraber ele alınması kişilerin seyahatlerini arzu ettikleri şekilde gerçekleştirmesine yardımcı olacaktır.

Tüm bu bilgiler ışığında rota planlama konusunun hayatımızda çok önemli bir yeri olduğu anlaşılmaktadır.

ÇKKV

Çok kriterli karar verme, birden fazla ve aynı anda uygulanan kriterlerin içerisinde en iyi tercihin seçilmesini sağlayan yöntemdir. Rasyonel bir karar verme ortamında en çok tercih edilen seçim, genellikle kısıtlar ve yönetimin amaçları doğrultusunda sınırlandırılmaktadır (Mendoza and Prabhu 2000).

Genel bir ÇKKV problemi aşağıdaki üç ana bileşenden oluşmaktadır (Chatterjee *et al.* 2010).

Bunlar:

- Alternatifler
- Kriterler / özellikler
- Her bir kriter için göreceli önem (ağırlıklar)

Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV); birçok kriteri beraber değerlendirerek alternatiflere değerler atama süreci olarak ifade edilmektedir. Karar vericiler için bu durum önemli bir süreç olarak görülmektedir. Çok kriterli karar verme yaklaşımları iki ana başlığa ayrılmaktadır (Phua and Minowa 2005).

Bunlar:

- Çok Ölçütlü Karar Verme (ÇÖKV)
- Çok Amaçlı Karar Verme (ÇAKV)

Eğer problem bir takım özelliklere puanlar verilerek alternatiflerin değerlendirilmesi ve en iyisinin seçilmesi esasına dayalı ise bu tip problemlere çok ölçütlü karar verme problemi denilmektedir. Çok amaçlı karar verme problemi ise çelişen amaçlara dayalı en iyi alternatifin seçimi ile ilgilidir. Her iki problem tipinde de bir ya da birden fazla karar verici vardır (Phua and Minowa 2005).

ÇAKV yöntemi değerlendirme kriterleri ve karar noktalarını bir araya getirerek eş zamanlı olarak çözebilen bir yapıya sahiptir. Sahip olduğu bu yapı ile kişisel ya da kurumsal problemlerin karmaşık yapısında stratejik ve kritik kararlarının doğru şekilde alınmasını sağlamaktadır. (Dumanoğlu 2010).

ÇAKV yöntemi ile en uygun çözüm elde etme durumu söz konusu değildir. Bu yöntem ile elde edilebilecek en iyi çözüm etken çözüm olarak adlandırılmaktadır. Bunun sebebi ÇAKV problemlerinde tek bir en iyi çözümün olmaması ve aynı seviyede iyi bir çözüm kümesi olmasıdır. ÇAKV yöntemi ile karar verilen problemlerin yapısında genel olarak birbirleri ile çelişen amaçlar yer almaktadır. Karar vericiler bu yöntemde kararlarını verirken amaçların birbiri ile çelişmesi durumu karar vericileri zorlamaktadır. ÇAKV yönteminin amacı bu çelişen amaçları, alternatifler ile birlikte değerlendirerek problemin yapısına uygun en iyi çözüm olan etken çözümü bulmaktır (Arslan 2020).

PAPRIKA

PAPRIKA yöntemi ilk olarak 1990 yılının sonlarına doğru Otago Üniversitesinde Paul Hansen ve Franz Ombler tarafından planlı cerrahi müdahalelerde hastaların öncelik sırasının belirlenmesinde kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Bu yöntem aracılığı ile karar vericilerin kriterlere ve alternatiflere göre yapmış olduğu tercihlerinden doğan ağırlık değerleri belirlenerek, sıralama, alternatifler arasından seçim yapma ya da önceliklendirme şeklinde karar problemlerinin çözümlenmesi amaçlanmıştır. Ağırlık değerleri yardımı ile kriterlerin ve alternatiflerin önem sıralaması elde edilmektedir. Böylece karar vericiler için karar sürecinin daha kolay hale gelmesi amaçlanmaktadır. PAPRIKA yöntemi puanlama veya skollama sistemi olarak da bilinen çok kriterli değer modelleri arasında yer almaktadır. Ayrıca geleneksel puanlama modelleri içerisinde sayılan doğrudan puanlama, SMART, SMARTER, SWING yöntemleri PAPRIKA yöntemi için öncül olan yöntemler arasında yer almaktadır (Akal İlkhan 2014).

Bu yöntem ile içerisinde çok fazla kriter ve alternatifin bulunduğu bir karar verme problemi kolay bir şekilde çözümlenebilmektedir. Oluşturulan model sonrasında yöntem, alternatiflerin olası tüm sıralamalarını belirleyerek bu sıralamaları değerlendirmeye yardımcı olacak ikili karşılaştırma sorularını içermektedir. Bu durum yöntemin en önemli özelliklerinden biri olarak değerlendirilmektedir. İnsan beyni tarafından da kullanılan ikili karşılaştırmalar karar vericiye yöneltilen sorular olarak tanımlanmaktadır. Soru sayısındaki artış karar verme durumunu zorlaştırmaktadır. Karar vericiye bu sorular yöntemin sahip olduğu yazılım aracılığı ile sorulmaktadır. Bu soruların belirlenmesi için bazı özel durumlar söz konusu olmaktadır. Bu durumlardan ilki alternatiflerin kriterlerin altında modele girilirken azalan önem derecesinden artan önem derecesine göre girilmesidir. İkincisi ise doğrudan cevaplanması gereken sorulardan elde edilen sonuçlarla ikili karşılaştırma sorularını revize ederek gereksiz soruları elimine etmesidir. Yöntemin bu özelliğine geçişlilik denilmektedir. Tüm bu bilgiler doğrultusunda PAPRIKA yöntemi çok kriterli karar problemlerinde ağırlık elde etmek, sıralama ve önceliklendirme yapabilmek için kullanılabilmektedir.

PAPRIKA yöntemi sadece teorik bir model değildir. Yöntemin uygulanmasında 1000Minds isminde bir yazılımdan faydalanılmaktadır. Yazılımın kullanılmasında bir web arayüzü istenilen uygulamaları gerçekleştirmeye yardımcı olmaktadır (Akal İlkhan 2014). Uygulama gerçekleştirilirken anket yardımı ile veya direkt skollama yapılarak kriterlerin ağırlıkları belirlenmektedir. Yazılımın pek çok farklı uygulaması yazılım içerisinde (örnek olması açısından) mevcut olarak da verilmektedir.

Yöntemi anlamak için Paul Hansen ve Franz Ombler' in kullandığı basit bir örnek ve yöntemin çalışma metodolojisi aşağıda verilmiştir (Akal İlkhan 2014).

Örnek içerisinde a, b ve c olmak üzere birbirinden farklı 3 kriter bulunmaktadır. Bu kriterlerin her biri 2 farklı alternatif düzeyi ile ifade edilmektedir. a kriterine ait alternatif düzeyler sırasıyla a1, a2 ve b kriterine ait alternatif düzeyler sırasıyla b1, b2 ve son olarak c kriterine ait alternatif düzeyler ise sırasıyla c1, c2 olarak verilmektedir. 1000Minds yazılımı ile çözüm için istenilen sayıda kriter ve alternatifin değerlendirmeye alınması mümkündür.

Aşağıda alternatifler arasındaki önceliklendirme yapısı verilmiştir.

- $a2 > a1, b2 > b1, c2 > c1$

Bu örnekte mümkün olan tüm alternatiflerin sayısı, 2 alternatif düzeyi ve 3 kriter için her bir kritere ait kombinasyonlar şeklinde aşağıdaki tabloda (Tablo 3) gösterildiği gibi oluşacaktır.

Tablo 3. Mümkün Olan Kombinasyonların Sayısı

1	a2	b2	c2
2	a2	b2	c1
3	a2	b1	c2
4	a2	b1	c1
5	a1	b2	c2
6	a1	b2	c1
7	a1	b1	c2
8	a1	b1	c1

Mevcut durumda 3 kriter ve her bir kritere ait 2 alternatif düzeyi için $2^3=8$ adet olası kombinasyon bulunmaktadır. $n=8$ için $n*(n-1)/2$ yani $8*(7)/2=28$ adet ikili karşılaştırma sorusuna ihtiyaç duyulmaktadır. Daha detaylı çalışmalarda karar vericiye sorulması gereken soru sayısı kriter ve alternatif düzeyleri ile doğru orantılı olarak artmaktadır.

Örnek olarak her kriterde 6 adet alternatif düzeyi bulunan 10 kriterli bir çalışmada 6^{10} adet olası kombinasyon bulunacaktır. Bu durumda mümkün olan alternatiflerin sayısı ise $n=60,466,176$ olacaktır. Bununla beraber elde edilecek olan ikili karşılaştırmaların sayısı da çok fazla olacaktır.

Fazla sayıda karşılaştırma durumu yöntem tarafından kolaylaştırılabilir. İkili karşılaştırma soruları karar vericilerin cevap verdiği sorular olduğu için bu cevaplar

doğrultusunda kendisini yenileme özelliğine sahiptir. Şekil 1’de ikili karşılaştırmanın 1000 minds yazılımı ile nasıl yapıldığının bir örneği verilmiştir. Doğrudan cevaplanan sorular olduğu gibi bu sorular cevaplandıktan sonra kendiliğinden, dolaylı olarak cevaplanmasına gerek olmayan sorular elenmektedir. Yöntemin bu özelliğine geçişlilik denilmektedir. Örneğin ikili karşılaştırma sorularında herhangi bir X alternatifi Y alternatifinden daha önemli, Y alternatifi de Z alternatifinden daha önemli olarak işaretlenmişse X ve Z alternatifini karşılaştıran ikili karşılaştırma sorusuna ihtiyaç duyulmamakta ve soru geçişlilik özelliği ile elenmektedir.

Bu 2 alternatiften hangisini tercih edersiniz?

Sosyal özellikler

b. Yol üzerinde konaklama alanları

Tehlike durumları

f. Kişinin yol üzerinde kendini güvende hissetmes

THIS ONE

Sosyal özellikler

c. Yol üzerindeki yemek yeme alanları

Tehlike durumları

e. Hastaneler

THIS ONE

THEY ARE EQUAL

UNDO START OVER SKIP

Şekil 1. İkili karşılaştırma örneği

Tablo 4’te 3 farklı durum ele alınmıştır. Birinci durumdaki “-“ işareti birbiri ile aynı olan yani simetrik durumları işaret etmektedir. İkinci durumda “®” işareti ise “egemen çiftleri” göstermektedir. Üçüncü durumda sayılarla gösterilmiş olan 6 farklı durum ve “ π ” işareti ile gösterilen 3 tekrar eden durum ise “egemen olmayan çiftleri” karşılaştırmak için kullanılmıştır.

Tablo 4. Mümkün Olan Tüm Durumların Gösterilmesi

	a2+b2+c2	a2+b2+c1	a2+b1+c2	a1+b2+c2	a1+b1+c2	a1+b2+c1	a2+b1+c1	a1+b1+c1
a2+b2+c2	-							
a2+b2+c1	®	-						
a2+b1+c2	®	(1)	-					
a1+b2+c2	®	(2)	(3)	-				
a1+b1+c2	®	(4)	®	®	-			
a1+b2+c1	®	®	(5)	®	(π1)	-		
a2+b1+c1	®	®	®	(6)	(π2)	(π3)	-	
a1+b1+c1	®	®	®	®	®	®	®	-

Mümkün olan durumların gösterilmesinde egemen ve egemen olmayan çiftlerin anlaşılması için tanımlanmalarının yapılması gerekmektedir. Örnek olarak a2+b2+c2 kombinasyonu ele alınacak olursa bu kombinasyona ait a2, b2 ve c2 alternatifleri diğer alternatiflere (a1, b1, c1) göre daha yüksek öncelik derecesine sahiptirler. Diğer tüm kombinasyonlar karşısında en üstün olan da bu kombinasyondur. Çünkü bu kombinasyondan daha yüksek öncelik derecesine sahip bir kombinasyon bulunmamaktadır. Bununla beraber a2+b2+c1 kombinasyonunda c1 alternatifi c2 alternatifine göre daha düşük düzeydedir. Bu durumda iki kombinasyonun birbiri ile ikili karşılaştırılması $a2+b2+c2 > a2+b2+c1$ olarak ifade edilecektir. a2+b2+c2 kombinasyonu a2+b2+c1 kombinasyonuna karşı üstündür. Bu şekildeki kombinasyon çiftleri egemen çiftler olarak tanımlanmaktadır. Egemen çiftlerin seçimleri yazılım tarafından alternatiflerin birbirlerine üstünlüklerine göre yapılmakta ve bu sayede ikili karşılaştırma soruları otomatik olarak gerçekleştirilmektedir. Ancak egemen olmayan çiftler ile ilgili karar verme süreci ortaya çıkmaktadır.

Tablo 5’te egemen olmayan çiftler gösterilmektedir.

Tablo 5. Egemen Olmayan Çiftlerin Karşılaştırılması

(1)	a2+b1+c2	a2+b2+c1	b1+c2 ve b2+c1
(2)	a1+b2+c2	a2+b2+c1	a1+c2 ve a2+c1
(3)	a1+b2+c2	a2+b1+c2	a1+b2 ve a2+b1
(4)	a1+b1+c2	a2+b2+c1	a1+b1+c2 ve a2+b2+c1
(5)	a1+b2+c1	a2+b1+c2	a1+b2+c1 ve a2+b1+c2
(6)	a2+b1+c1	a1+b2+c2	a2+b1+c1 ve a1+b2+c2
(π1)	a1+b2+c1	a1+b1+c2	b2+c1 ve b1+c2
(π2)	a2+b1+c1	a1+b1+c2	a2+c1 ve a1+c2
(π3)	a2+b1+c1	a1+b2+c1	a2+b1 ve a1+b2

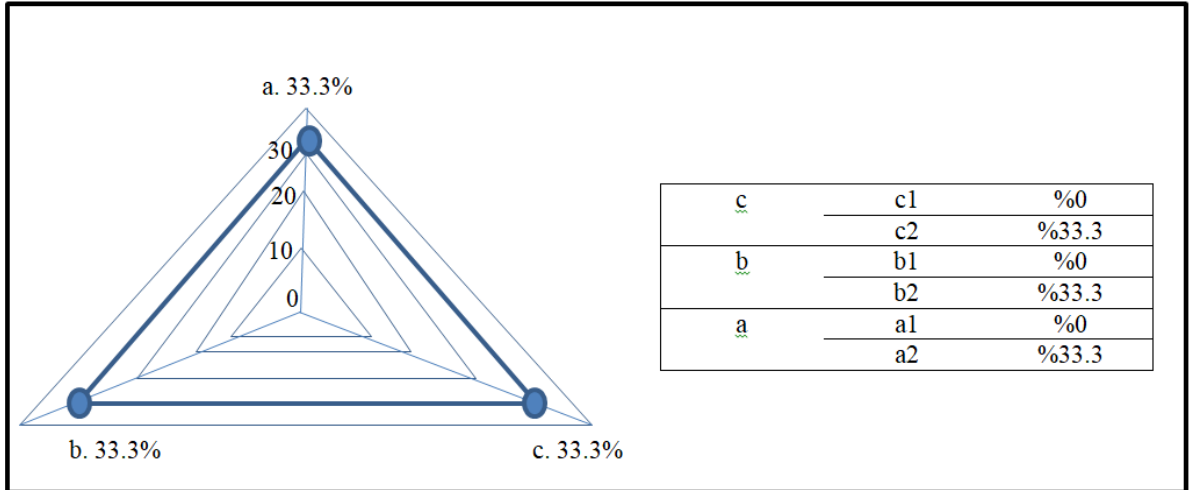
(1) numaralı ikili karşılaştırma sorusu incelendiğinde $a_2+b_1+c_2$ ile $a_2+b_2+c_1$ kombinasyonlarının birbirlerine karşı üstünlüğünün belirlenmesi için karar vericiye sorulması gerekmektedir. A2 alternatifi her iki kombinasyonda ortak değer olması sebebi ile karşılaştırmadan çıkartılarak geri kalan b_1+c_2 ve b_2+c_1 ikili karşılaştırma sorusu olarak ele alınabilmektedir. Diğer kombinasyonlara ait yapılması gereken ikili karşılaştırmalar Tablo 5’te verilmiştir.

Karar verme işleminden önce üç kriter (a, b, c) ve iki alternatif düzeyden oluşan (a_1 - a_2 , b_1 - b_2 , c_1 - c_2) bu örnekte Tablo 6’da belirtildiği üzere üç kriterden hiçbirisi diğerine üstün değildir.

Tablo 6. Kriterlerin Birbirine Göre Üstünlükleri

	a	b	c
a	-	1	1
b	1	-	1
c	1	1	-

1000Minds yazılımı ile karar verme sürecinden önce alınan karşılaştırma tablolarında da bu durum gözlenmektedir (Şekil 2).



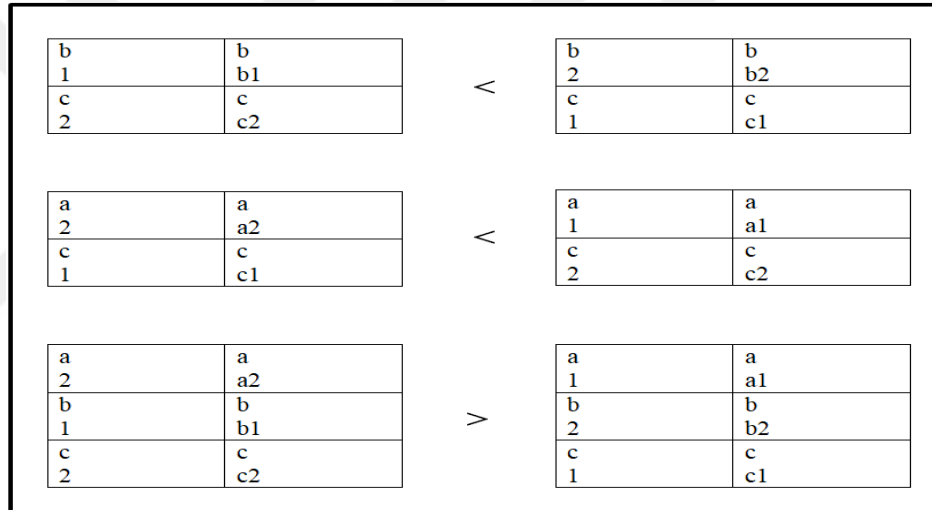
Şekil 2. Karar süreci öncesinde kriterlerin karşılaştırılması.

Şekil 2’deki gösterimden anlaşılacağı üzere kriterlerin her biri için %33 yani 0,33 ağırlık değerleri elde edilmiş ve bu kriterlerin birbirlerine üstünlükleri olmadığı belirlenmiştir. Sadece Tablo 7’de ayrıntılı olarak verildiği gibi belirlenen alternatif düzeyler arasında tanımlandığı gibi bir üstünlük ($a_2 > a_1$, $b_2 > b_1$, $c_2 > c_1$) söz konusu olmaktadır.

Tablo 7. Kriterlerin ve Alternatiflerin Değerleri

Kriter	Kriter ağırlıkları (toplamı = 1)	Düzey	Tek alternatif skoru (0-100)
a	0,333	a1	0
		a2	100
b	0,333	b1	0
		b2	100
c	0,333	c1	0
		c2	100

Şekil 3'te ilgili kriterler ve alternatif düzeyleri ile ilgili karar sürecindeki seçimler gösterilmektedir. Sadece üç adet ikili karşılaştırma sorusu ile egemen olmayan tüm çiftler için ilgili karar süreci tamamlanmıştır.

**Şekil 3.** Karar süreci

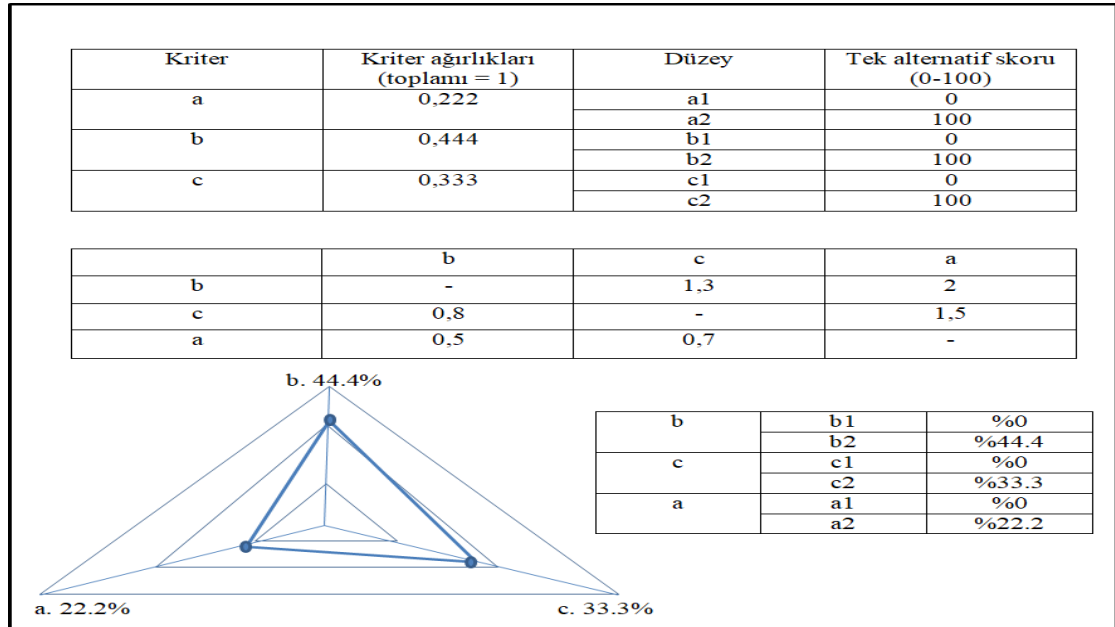
Tablo 8'e bakıldığında 2 kriterli ve 3 kriterli ikili karşılaştırma soruları ile ilgili toplamda 6 adet ikili karşılaştırma sorusunun olması gerektiği görülmektedir. Bu örnekte sadece 2 adet 2 kriterli ve 1 adet 3 kriterli çift karşılaştırılarak toplamda 3 adet ikili karşılaştırma sorusu ile potansiyel tüm sorular cevaplanmış ve değerlendirme sonuçlandırılmıştır. "Aynı düzeyde verilen kararlar açıkça cevaplanan sorular" sütununda bu sayı görülmektedir.

Tablo 8. Karar Verme Sürecinde Ortaya Çıkan Potansiyel Sorular

KARAR VERME SÜRECİNDE ORTAYA ÇIKAN POTANSİYEL SORULAR						
Karar Verme Düzeyi	İmkânsız Kombinasyonlarla Elenen Sorular	Önceki Kararlardan Dolayı Otomatik Elenen Sorular	Aynı Düzeyde Verilen Kararla Açıkça Cevaplanan Sorular	Aynı Düzeyde Verilen Kararla Cevaplanan Sorular	Yeni Cevaplanan Sorular	Toplam (Tüm Potansiyel Sorular)
	a	b	c	d	e	a+b+c+d+e
2 Kriter	0	0	2	1	0	3
3 Kriter	0	2	1	0	0	3
Toplam (Bilinen)	0	2	3	1	0	6

Şekil 4 ise değerlendirme sonucunda karar vericinin ikili karşılaştırmalar ile ilgili tercihleri doğrultusunda ortaya çıkan sıralama bilgilerini göstermektedir. Birinci değerlendirme kriterlerin düzeylerini kendi aralarında sıralamak içindir.

Düzeyle bakıldığında a2, b2 ve c2 alternatifleri a1, b1 ve c1 alternatiflerinden daha yüksek ağırlığa sahiptir. Öte yandan ikili karşılaştırma soruları ile ilgili verilen cevaplar doğrultusunda kriterler arasında da karşılaştırma yapmak mümkün olmaktadır. Bu durumda kriterler ağırlık değerlerine göre $b > c > a$ olacak şekilde sıralanabilirler.

**Şekil 4.** Karar süreci sonrasında kriterlerin karşılaştırılması

DEMATEL

Fontela ve Gabus tarafından Cenevre Battelle Memorial Enstitüsü, Bilim ve İnsan İlişkileri programında 1972 ve 1976 yılları arasında karmaşık ve iç içe geçmiş problem gruplarını araştırmak ve çözmek için DEMATEL yöntemini geliştirmişlerdir (Aksakal ve Dağdeviren 2015). Bu yöntem bir grup karmaşık problem kümelerinin anlaşılmasını geliştirmek ve bununla birlikte sistematik bir yapı aracılığıyla uygulanabilir çözümlerin ortaya çıkarılmasına katkıda bulunmak amacı ile uygun bilimsel araştırma yöntemlerinin kullanılmasına öncülük etme amacıyla geliştirilmiştir. DEMATEL yöntemi graf teorisi temelli karmaşık faktörler arasındaki nedensellik ilişkilerini daha iyi anlamamızı sağlamakta ve bu faktörleri sebep ve sonuç gruplarına bölmektedir. Böylece problemlerin görsel olarak planlanmasını ve çözülmesini sağlamaktadır (Li and Tzeng 2009).

DEMATEL yöntemi, bir sistemde var olan karmaşık faktörler arasındaki nedensel ilişkileri içeren yapısal bir modeli oluşturmak ve analiz etmek için kapsamlı bir yöntemdir (Wu and Lee 2007).

DEMATEL yönteminin avantajlarına bakacak olursak;

- Uzlaşmacı sebep ve sonuç modeli içeren dolaylı ilişkileri kapsar.
- Bir sistemde var olan bileşenleri veya bir grup mevcut alternatif arasındaki yapıyı ve ilişkileri incelemek için etkili bir yöntemdir.
- Kriterleri ilişkilerin cinsi ve birbirleri üzerindeki etkilerinin önemi yönünden öncelik sırasına göre düzenleyebilir.
- Diğer kriterler üzerinde daha çok etkiye ve yüksek önceliğe sahip olduğu farz edilen kriterler, sebep kriterleri, daha çok etki altında kalan ve düşük önceliğe sahip olduğu farz edilen kriterler ise sonuç kriterleri olarak isimlendirilir.

DEMATEL yöntemi birbirini izleyen 6 farklı adımdan meydana gelmektedir. Bu adımlar aşağıda verilmiştir (Aksakal ve Dağdeviren 2010).

Adım 1: Direkt-ilişki matrisinin oluşturulması

Bu aşamada direkt-ilişki matrisinin elde edilebilmesi için Tablo 9’da gösterilen ve 5 farklı düzeyden oluşan ikili karşılaştırma skalası kullanılmaktadır.

Tablo 9. DEMATEL Yöntemi İkili Karşılaştırma Skalası

Sayısal Değer	Tanım
0	Etkisiz
1	Düşük etki
2	Orta etki
3	Yüksek etki
4	Çok yüksek etki

Verilen skalaya göre yapılan karşılaştırmalar sonucunda $n \times n$ boyutlu direkt-ilişki matrisi (A) elde edilmektedir. Elde edilen matriste köşegen değerleri 0'dır.

$$A = \begin{bmatrix} 0 & a_{12} & a_{1j} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & 0 & a_{2j} & \cdots & a_{2n} \\ a_{ij} & a_{ij} & 0 & \cdots & a_{3j} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{i1} & a_{i2} & a_{i3} & \cdots & 0 \end{bmatrix}$$

Burada i indisi i. kriteri, j indisi ise j. kriteri temsil etmektedir. a_{ij} değişkeni ise i. kriterin j. kritere karşı etkisini göstermektedir.

Adım 2: Normalleştirilmiş direkt-ilişki matrisinin elde edilmesi

Direkt-ilişki matrisi (A)'a bağlı olarak aşağıda verilen 2 farklı eşitlik 3.1 ve 3.2 sırası ile uygulanarak normalleştirilmiş direkt-ilişki matrisi (M) elde edilmektedir.

$$k = \min \left(\frac{1}{\max \sum_{j=1}^n a_{ij}}, \frac{1}{\max \sum_{i=1}^n a_{ij}} \right) \quad i, j \in \{1, 2, 3, \dots, n\} \quad (3.1)$$

Burada k değişkeni, A matrisindeki her bir satır ve sütun düzeylerinin ayrı ayrı toplanması ile elde edilen en büyük satır ve en büyük sütun değerinin 1'e bölünmesi sonucu elde edilen en küçük değerdir.

$$M = k \times A \quad (3.2)$$

Son olarak yukarıda belirtilen eşitlik 3.2 işleme koyularak normalleştirilmiş direkt-ilişki matrisi (M) elde edilmektedir.

Adım 3: Toplam ilişki matrisinin elde edilmesi

Bu aşamada normalleştirilmiş direkt-ilişki matrisi (M) elde edildikten sonra toplam ilişki matrisi (S) aşağıda verilen eşitlik 3.3 kullanılarak türetilmektedir. Eşitlikte bulunan (I) birim matrisi ifade etmektedir.

$$S = M + M^2 + M^3 + \dots = \sum_{i=1}^{\infty} M^i = M(I - M)^{-1} \quad (3.3)$$

Adım 4: Gönderici grubu ve alıcı grubu hesaplanması

$$S = \begin{bmatrix} 0 & a_{12} & a_{13} & \cdots & a_{1j} \\ a_{21} & 0 & a_{23} & \cdots & a_{2j} \\ a_{31} & a_{32} & 0 & \cdots & a_{3j} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{i1} & a_{i2} & a_{i3} & \cdots & 0 \end{bmatrix}$$

Aşağıda verilmiş olan ilk eşitlik 3.4'ün hesaplanmasının ardından toplam ilişki matrisindeki (S) sütunlar toplamı (R), satırlar toplamı (D) olarak ifade edilmektedir. Bu D ve R değerleri aşağıda tanımlanan 2 farklı eşitlik 3.5 ve 3.6 tarafından her bir satır ve her bir sütun için elde edilmektedir. Elde edilen değerler sayesinde her bir kriter için D-R ve D+R işlemleri gerçekleştirilmektedir. Bu işlemlerin amacı her bir kriterin diğerlerine olan etki ve ilişki seviyesini belirlemektir. Bazı kriterler D-R değeri için pozitif değere sahiptir. Bu durumda pozitif değer alan kriterlerin diğer kriterler üzerinde daha yüksek etkiye ve daha yüksek önceliğe sahip olduğu kabul edilir. Bu tip kriterler gönderici olarak adlandırılmaktadır. D-R değeri için negatif değere sahip olan kriterlerde vardır. Bu tip kriterler diğer kriterlerden daha fazla etkilenirler. Alıcı olarak adlandırılan bu kriterlerin daha düşük önceliğe sahip olduğu kabul edilir.

Öte yandan her bir kriterin diğer kriterlerle ilişkisini gösteren D+R değerleri ise yüksek olduğunda kriterlerin diğer kriterlerle daha çok ilişkili olduğunu, düşük olduğunda ise kriterlerin diğer kriterlerle daha az ilişkili olduğunu gösterir.

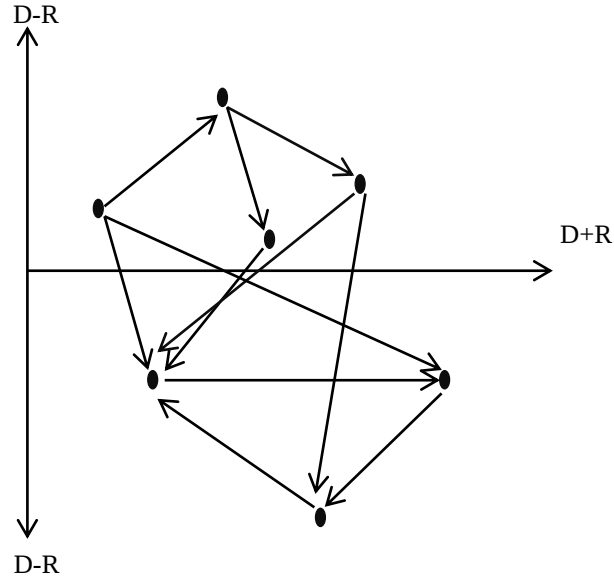
$$S = [S_{i,j}], \quad i, j \in \{1, 2, 3, \dots, n\} \quad (3.4)$$

$$D = \sum_{j=1}^n S_{i,j} \quad (3.5)$$

$$R = \sum_{i=1}^n S_{i,j} \quad (3.6)$$

Adım 5: Eşik değerinin ayarlanması ve etki-yönlü graf diyagramının elde edilmesi

Uygun bir etki-yönlü graf elde etmek için karar vericilerin bir eşik değeri belirlemesi gerekir. Toplam ilişki matrisi S' de belirlenen eşik değerinden daha yüksek değere sahip olanlar seçilir ve etki-yönlü graf diyagramının oluşturulmasında kullanılır. Etki-yönlü graf diyagramı D+R ve D-R değerleri ile birlikte, yatay eksen D+R ve dikey eksen D-R olan bir koordinat sisteminde işaretlenmesi ile elde edilir.



Şekil 5. Etki-yönlü graf diyagramı

Adım 6: Kriter ağırlıklarının belirlenmesi (Korucuk ve Memiş 2019)

Bu aşamada ilgili kriterlerin birbirleri ile etki düzeyleri (D-R) ve ilişki düzeyleri (D+R) belirlendikten sonra bu düzeylerin yardımı ile bu kriterlere ait ağırlık değerleri elde edilir. Bu ağırlık değerleri ile ilgili kriterlerin önceliklendirilmesi veya sıralanması sağlanır. Kriter ağırlıklarının belirlenmesinde eşitlikler (3.7 ve 3.8) kullanılır.

$$w_i = \sqrt{[(D_i + R_i)]^2 + [(D_i - R_i)]^2} \quad (3.7)$$

Burada,

w_i değişkeni i. kriter ile ilgili etki ve ilişki yönlü ağırlığını ifade etmektedir.

D_i i. kritere ait satır toplamını ifade etmektedir.

R_i i. kritere ait sütun toplamını ifade etmektedir.

$$W_i = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (3.8)$$

Hedef Programlama

Hedef Programlama yöntemi ilk olarak 1955 yılında Charnes, Cooper ve Ferguson tarafından yönetici maaşlarının analizi ile ilgili yapılan çalışmada tanıtılmıştır. Charnes ve Cooper Hedef Programlama yöntemini ilk olarak kısıtlı regresyon şeklinde ifade etmişlerdir. Daha sonra yine Charnes ve Cooper tarafından 1961 yılında yapılan çalışmada ise Hedef Programlama yöntemi açık olarak tanımlanmıştır (Türkoğlu 2017).

Hedef Programlama yöntemi ÇKKV ailesinin bir üyesi olan ÇAKV tekniklerinin etkili ve önemli bir parçasıdır (Tamiz *et al* 1999). Bu yöntem ile ÇAKV alanındaki problemlerin

matematiksel bir model yardımı ile çözümlenmesi sağlanır. Hedef Programlama yöntemi doğrusal programlamanın bir uzantısıdır. Doğrusal programlamada minimize veya maksimize edilmesi gereken tek bir hedef mevcuttur. Bu nedenle doğrusal programlama birden fazla hedefi olan problemlerin çözülmesinde yetersiz kalmaktadır. Hedef Programlama yöntemi ise birbiriyle çelişen ve farklı ölçü birimlerine sahip olan birden fazla hedef için gerekli kararı almada etkili bir yaklaşım olarak kullanılabilir (Bertolini and Bevilacqua 2006). Hedef Programlama’da, belirlenen hedefleri doğrudan optimize etmeye çalışmak yerine, bu hedefler ile verilen kısıtlar kümesi birlikte değerlendirilerek elde edilebilecekler arasındaki sapmalar en aza indirilir (Levary 1986). Bu tür sapmalar doğrusal programlamanın simpleks adımlarında aylak değişkenler olarak isimlendirilir. Hedef Programlama yönteminde ise sapma değişkeni olarak adlandırılmaktadır. Hedef Programlama yönteminde sapma değişkenleri iki farklı boyutta ele alınır. Bu iki boyut belirlenen hedefler veya alt hedeflerden pozitif sapma ve negatif sapma olarak belirtilir (Sinha and Sen 2011). Hedef Programlama yönteminde ana amaç, bu sapmaların minimize edilmesidir. Genel bir Hedef Programlama modeli matematiksel olarak aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir (Lee 1972):

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^m (d_i^+ + d_i^-) \quad (3.9)$$

Kısıtlar;

$$Ax - Id^+ + Id^- = b \quad (3.10)$$

$$x, d^+, d^- \geq 0 \quad (3.11)$$

Bu modelde m ifadesi; m adet hedefin, m elemanlı sütun vektörünü $(b_1, b_2, \dots, b_m)$ ifade etmektedir.

A ifadesi; hedefler ve alt hedefler arasındaki ilişkiyi ifade eden $m \times n$ boyutlu matrisi göstermektedir.

x ifadesi; alt hedeflerdeki $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ değişkenleri temsil etmektedir.

d^+ ifadesi; hedeflerden pozitif sapma değişkenini ifade etmektedir.

d^- ifadesi; hedeflerden negatif sapma değişkenini ifade etmektedir.

I ifadesi ise; m boyutlu birim matrisi temsil etmektedir.

İlgili matematiksel modelin daha genelleştirilmiş hali ise aşağıda gösterildiği şekildedir.

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^m (d_i^+ + d_i^-) \quad (3.12)$$

Kısıtlar;

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} * x_{ij} + d_i^- - d_i^+ = b_i, \quad i = (1, 2, \dots, m) \quad (3.13)$$

$$x_j, d_i^-, d_i^+ \geq 0, \quad i = (1, 2, \dots, m) \text{ ve } j = (1, 2, \dots, n) \quad (3.14)$$

Burada;

İlk eşitlik; hedeften sapma değişkenlerinin en küçüklendiği amaç fonksiyonunu,

İkinci eşitlik; istenilen düzeyde gerçekleşmesi beklenen ilgili hedef kısıtını,

Üçüncü eşitlik; ilgili değişkenlerin negatif olmama şartını,

x_j : j. karar değişkenini,

a_{ij} : i. hedefin j. karar değişkeni katsayısı,

b_i : i. hedef için ulaşılmak istenen değer (hedef değer),

d_i^+ : i. hedeften pozitif sapma değişkenini,

d_i^- : i. hedeften negatif sapma değişkenini göstermektedir.

Hedef Programlama modelinde kullanılan temel kavramlar aşağıda gösterilmektedir (Eroğlu 2016).

- **Amaç:** Karar vericinin isteklerini ifade ettiği genel durumdur.
- **Hedef:** Belirlenmiş olan amaç için gerçekleşmesini kesin olarak istediğimiz ifadedir. Başka bir deyişle arzu edilen seviye ile belirlenmiş olan bir amaçtır.
- **Kısıtlar:** Hedef Programlama modellerinde kullanılan iki tip kısıt mevcuttur. Bunlar sistem kısıtları ve hedef kısıtları olarak adlandırılır.
- **Sistem kısıtları:** Sistem kısıtları modelde tam olarak sağlanması gereken ve sapmaya izin verilmeyen kısıtlar olarak bilinir. Bu kısıtlar doğrusal programlamada kullanıldığı şekilde formüle edilirler ve öncelikle bu kısıtların gerçekleştirilmesi gerekir.
- **Hedef kısıtları:** Karar vericinin arzu ettiği veya olması gerektiğini düşündüğü hedefler, Hedef Programlama modeline hedef kısıtları olarak girilir. Bu kısıtlar modelde sapmaların izin verildiği esnek kısıtlar olarak bilinir. Başka bir deyişle hedef kısıtları ihlal edilebilir. Hedef Programlama yönteminde izin verilen bu sapmalar Hedef Programlama modelinde ayrı bir değişken olacak şekilde ele alınmaktadır.
- **Sapma değişkenleri:** Hedef Programlama modelinin sadece amaç fonksiyonu ve hedef kısıtlarında yer alan değişkenlerdir. Bu değişkenler sayesinde belirlenen hedeflerin altında kalınması ve aşılması durumları tespit edilir. Her bir hedef birer

adet negatif ve pozitif sapma değişkenine sahiptir. Sapma değişkenleri her ne kadar negatif ve pozitif sapma değişkeni olarak isimlendirilse de negatif değer alamazlar. Öte yandan sapma değişkenleri belirlenmiş olan hedef değerin ya altında ya da üstünde bir değer alabileceği için diğer sapma değişkeninin değeri daima 0 olacaktır.

- **Amaç fonksiyonu:** Hedef Programlama yönteminde temel amaç, belirlenen hedeften istenmeyen sapmaların minimize edilmesidir. Bu yüzden amaç fonksiyonu ilgili hedeflerden istenmeyen sapmaların toplanarak minimize edildiği durumdur.

Hedef Programlama yönteminin avantajları (Dündar ve Zerenler 2011).

- Bu yöntem ile birden fazla amaca sahip olan karar verme problemleri çözümlenebilir.
- Hedef Programlama yöntemi ile birbiri ile çelişen birden fazla amaç aynı anda tek bir amaç fonksiyonunda ifade edilebilir.
- Gerçekleştirilmesi zorunlu olmayan kısıtların bulunmasına izin verir.
- Bu yöntem ile çözülen problemlerde simpleks yönteminden faydalanıldığı için hesaplamalar daha hızlı ve etkin bir şekilde yapılabilir.
- Alternatif bir teknik olarak uygun çözümi mevcut olmayan doğrusal programlama problemlerinin çözümünde yardımcı yöntem olarak kullanılabilir.

Hedef Programlama yönteminin dezavantajları (Alp 2008).

- Amaç fonksiyonu içerisinde birden fazla amacı aynı anda işleme tabi tuttuğu için karmaşık bir yapıya sahip olabilir.
- Hedef değerlerinin belirlenmesinde karar vericiler rol oynadığı için problemin değerlendirilmesinde sübjektiflik söz konusu olabilir.
- Karar vericiler gerektiğinde hedefler ile ilgili ağırlıklar ve öncelikler kullanabilir. Ağırlıklar ve öncelikler ile ilgili düzeyler karar verici tarafından oluşturulduğu için bu durumda tekrar sübjektiflik konusu devreye girer.
- Çözüm sonucunda elde edilen sonucun karar vericiler için her zaman tatmin edici seviyede olmasını garanti edemez.

ARAŞTIRMA BULGULARI

Çevresel Koşullar ve Kişisel Beklentiler Temelinde Alternatif Rota Planlama Yönteminin Uygulanması

Bu çalışmada Erzurum İl'inden Ordu İl'ine seyahat ederken kullanılabilecek birbirinden farklı 7 alternatif rota belirlenmiştir. Bu rotalar belirlenen kriterler doğrultusunda 3 farklı yöntemin beraber kullanımı ile değerlendirilmiş ve sıralanmıştır. Çalışmanın daha tutarlı bir sonuç vermesi için çalışmada 5 farklı uzman görüşü dikkate alınmıştır. Bu uzmanlar belirlenen alternatif rotaları daha önceden kullanmış olan kişilerdir. Belirlenen rotaların değerlendirilmesi aşamasında mevsim yaz, seyahat zamanı ise gündüz olarak varsayılmıştır. Bu varsayım doğrultusunda tüm rotalar için ortak olan 8 adet ana kriter ile 41 adet alt kriter belirlenmiştir. Kriterlerin belirlenmesi aşamasında literatürde mevcut olan yayınlardan faydalanılmıştır. Kriterler belirlendikten sonra alternatif rotaları değerlendirmek için öncelikle PAPRIKA yöntemi ile anket çalışması yapılmış, kriterler değerlendirilerek tüm rotalar için ortak olan ana kriter ağırlık değerleri elde edilmiştir. Elde edilen ana kriter ağırlık değerleri tüm rotalar için ortak olduğundan, DEMATEL yöntemi kullanılarak her bir rota için o rotayı temsil eden tek bir rota ağırlığı elde edilmiştir. Daha sonra önceden belirlenmiş olan hedef kısıtları ile DEMATEL yöntemi sonucunda elde edilen ağırlık değerleri Hedef Programlama yöntemi içerisinde birleştirilerek bir Hedef Programlama modeli kurulmuştur. Son olarak Hedef Programlama modeli GAMS yazılımı içerisinde çalıştırılarak alternatif rotaların sıralanması sağlanmıştır.

Önerilen çevresel koşullar ve kişisel beklentiler temelinde alternatif rota planlama süreci 4 aşamadan meydana gelmektedir.

Aşama 1: Verilerin toplanması

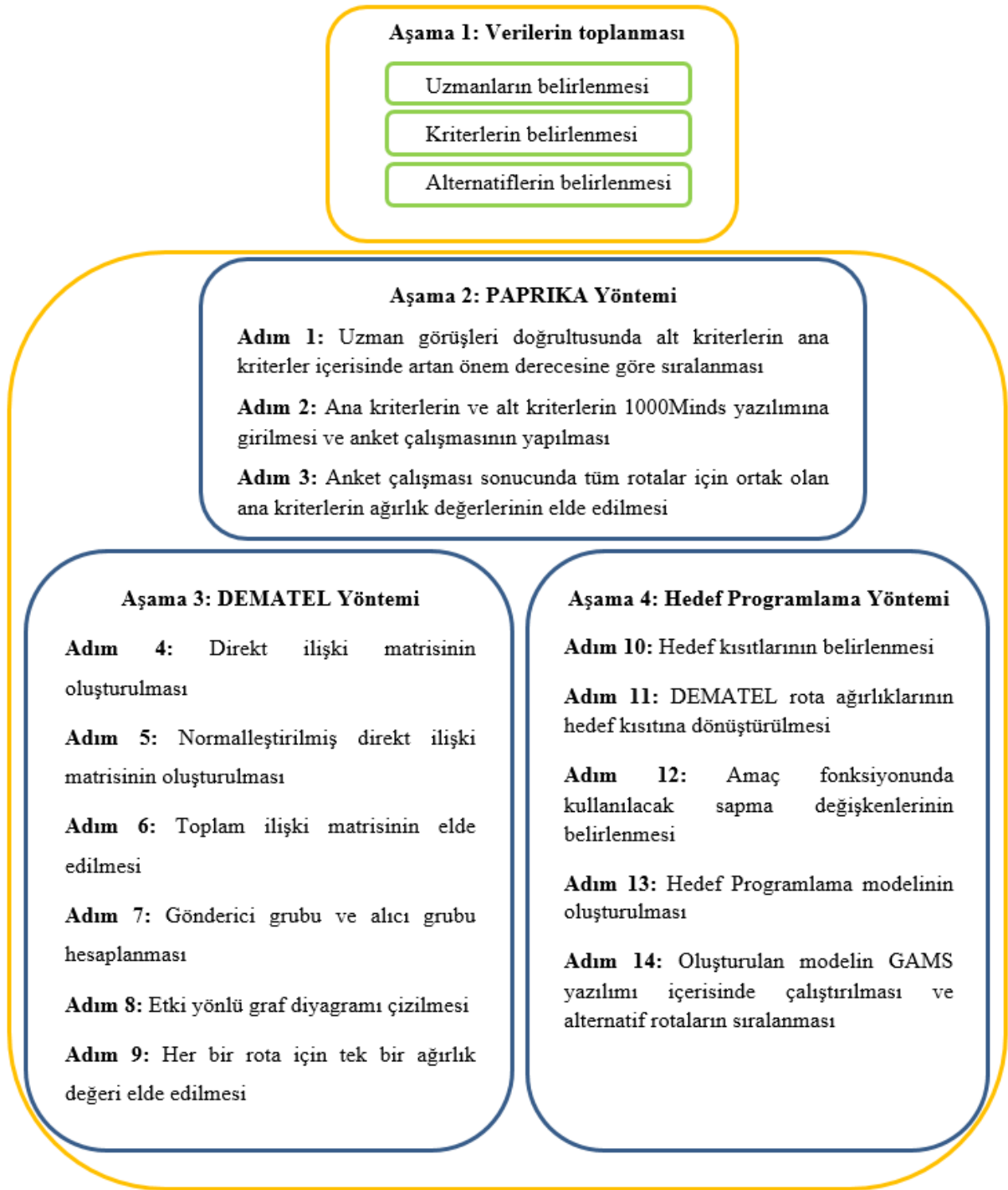
- Uzmanların belirlenmesi
- Kriterlerin belirlenmesi
- Alternatiflerin belirlenmesi

Aşama 2: PAPRIKA yöntemi ile ana kriter ağırlıklarının elde edilmesi

Aşama 3: DEMATEL yöntemi ile her bir rota için ayrı ayrı ağırlık elde edilmesi

Aşama 4: Hedef Programlama yöntemi ile alternatif rotaların sıralanması

Şekil 6'da önerilen çevresel koşullar ve kişisel beklentiler temelinde alternatif rota planlama yönteminin akış diyagramı gösterilmiştir.



Şekil 6. Önerilen yöntemin akış diyagramı

Aşama 1: Verilerin Toplanması

Çalışma kapsamında 5 farklı uzman görüşünden faydalanılmıştır. Bu uzmanlar belirlenen 7 farklı rotayı daha önceden kullanmış olan kişilerdir.

Çevresel koşullar ve kişisel beklentiler temelinde rota planlama sürecini gerçekleştirebilmek için çeşitli kriterler belirlenmiştir. Bu kriterlerin belirlenmesi aşamasında literatürde mevcut olan yayınlardan faydalanılmıştır (Keshkamat *et al* 2009; Jakimavičius and Burinskienė 2010; Sadeghi Niaraki *et al* 2010; Sadeghi Niaraki *et al* 2011; Choi and Nieto

2011; Bozkurt *et al* 2012; Li *et al* 2012; Dotoli *et al* 2013; Katagiri *et al* 2013; Pahlavani and Delavar 2014; Chandra 2014; Funke *et al* 2016; Khoshamooz and Taleai 2017; Kunchev 2017; Delling *et al* 2018; Derek and Sikora 2019). Böylelikle 8 adet ana kriter ve 41 adet alt kriter belirlenmiştir. 8 adet ana kriter 41 adet alt kriterin sınıflandırılmasıyla meydana gelmiştir. Aşağıdaki Tablo 10’da çalışmada temel alınan tüm ana ve alt kriterler gösterilmiştir.



Tablo 10. Tüm Kriterler

Ana kriterler 	1- Yol Durumu	2- Hava Durumu	3- Trafik Güvenliği	4- Trafik Durumu	5- Maliyet	6- Sosyal Özellikler	7- Tehlike Durumları	8- Temel İhtiyaçlar
Alt kriterler 								
1	Ana yol	Güneşli	Trafik işaretleme	Güvenlik	Yakıt tüketimi	Yol üzerindeki yemek yeme alanları	Yolda tehlikeli madde taşıyan araçlar	Benzin istasyonu ve marketler
2	Bölünmüş yol	Yağmurlu	Bakım onarım ve yenileme hizmetleri	Maksimum hız	Araç kullanım süresi	Yol üzerindeki konaklama alanları	Seyahat esnasında yola hayvan çıkması	Servis desteği
3	Tek şerit	Görüş mesafesi	Cam yol butonu uygulamaları	Minimum hız	Araçın yıpranma payı (amortisman)	Manzara durumu	Kazalar haricinde, kişinin seyrettiği yol üzerinde kendini güvende hissetmesi	Bankalar, ATM'ler
4	Çift şerit	Hava kalitesi	Trafik kazalarında yoğunluğa bağlı ekstra işaretlemeler ve sürücü uyarma hizmetleri	Trafik sıkışma olasılığı			Yol üzerinde acil durum ünitelerinin bulunması (Polis, Asker)	Dinlenme alanları
5	Çalışma yapılan yollar	Erozyon durumu	Bariyer durumu	Yerleşim bölgelerinde sürüş			Eczaneler	Yol temizleme çalışmaları
6	Sürücünün yolu tanıma durumu						Hastaneler	
7	Tüneller							
8	Kavşak bölgesi sayısı							
9	Tehlikeli viraj durumları							

Tablo 10’da verilmiş olan tüm ana ve alt kriterlerin açıklamaları aşağıda kısaca açıklanmıştır. Açıklama aşamasında öncelikle alt kriterler daha sonra ise ana kriterler açıklanmıştır.

Çalışma yapılan yollar: Kişilerin seyahati sırasında izledikleri yol üzerinde gerçekleşen çalışmaları ifade eden kriterdir.

Bölünmüş yol: Kişilerin seyahati sırasında izledikleri yol türünü ifade eden kriterdir.

Tek şerit: Kişilerin seyahati sırasında izledikleri yolun şerit durumunu ifade eden kriterdir.

Tüneller: Kişilerin seyahati sırasında geçeceği tünelleri ifade eden kriterdir.

Kavşak bölgesi sayısı: Kişilerin izledikleri yol üzerinde kaç adet kavşak bölgesi olduğunu ifade eden kriterdir.

Tehlikeli viraj: Kişilerin seyahati sırasında yol üzerinde karşı karşıya kalacakları tehlikeli virajları ifade eden kriterdir.

Çift Şerit: Kişilerin seyahati sırasında izledikleri yolun şerit durumunu ifade eden kriterdir.

Sürücünün yolu tanıma durumu: Kişilerin daha önceden bu yolları kullanıp kullanmadığını ifade eden kriterdir.

Ana yol: Kişilerin seyahati sırasında izledikleri yol türünü ifade eden kriterdir.

Yağmurlu: Kişilerin seyahati sırasında havanın yağmurlu olmasını ifade eden kriterdir.

Güneşli: Kişilerin seyahati sırasında havanın güneşli olmasını ifade eden kriterdir.

Erozyon durumu: Kişilerin seyahati sırasında yol kenarındaki yamaçlardan toprak kayması, taş düşmesi gibi olayları ifade eden kriterdir.

Hava kalitesi: Kişilerin seyahati sırasında bulundukları rotadaki havanın kalitesini ifade eden kriterdir.

Görüş mesafesi: Kişilerin seyahati sırasında çevresel faktörlerden kaynaklı, örneğin sisli hava, oluşan kriterdir.

Cam yol butonu uygulamaları (uyarıcı): Tünellerde ve bazı dikkat edilmesi gereken bölgelerde kullanılan güvenlik elemanı kriteridir.

Bariyer durumu: Bu kriter yolun dağlık kesimlerinde ve viyadüklerde dikkat edilmesi gereken önemli kriterdir.

Trafik kazalarında yoğunluğa bağlı ekstra işaretleme ve sürücü uyarma hizmetleri: Olası bir kaza durumunda aynı yolu paylaşan diğer sürücüler için bilgilendirme yapılmasını sağlayan ve başka bir kazanın oluşmasını engellemek için kullanılan yöntem kriteridir.

Bakım onarım ve yenileme hizmetleri: Zamanla yol üzerinde meydana gelen oluşumların, örneğin çukur veya yüzey aşınması gibi, giderilmesi olarak ifade edilmektedir.

Trafik işaretleme: Kişilerin seyahati sırasında kaza oluşumunu engellemeye yönelik bilgilendirici işaretleme olarak ifade edilmektedir.

Trafik sıkışma olasılığı: Kişilerin farklı tercihlerinden veya elinde olmayan nedenlerden dolayı, örneğin kaza veya yol yapım çalışması gibi, seyahati sırasında maruz kalabileceği durum olarak ifade edilmektedir.

Yerleşim bölgelerinde sürüş (nüfus yoğunluğu): Kişilerin seyahati sırasında yerleşim bölgelerinden (köy, belde, ilçe, il gibi) geçmeleri ve karşı karşıya kalabilecekleri yaya trafiğini içermektedir.

Minimum hız: Kişilerin seyahati sırasında yapılmasına izin verilen en düşük hız limiti. Bu alt kriter kişilerin farklı tercihleri doğrultusunda trafik yoğunluğuna sebebiyet verebilmektedir.

Maksimum hız: Kişilerin seyahati sırasında yapılmasına izin verilen en yüksek hız limiti. Bu alt kriter kişilerin farklı tercihleri doğrultusunda trafik yoğunluğuna sebebiyet verebilmektedir.

Güvenlik: Mevcut koşullardaki trafik durumunda kişilerin kurallara uyarak güvenle seyahat etmesi olarak ifade edilmektedir.

Araç kullanım süresi: Kişiler rota üzerinde araçlarını kullanırken ortaya çıkan araç kullanım süresi ve buna bağlı bir takım fonksiyon kayıplarından oluşan maliyet olarak ifade edilmektedir.

Aracın yıpranma payı (amortisman): Kişilerin seyahati sırasında aracın kullanımından kaynaklanan (km artışı) ve aynı zamanda seyahat edilen yol üzerindeki çukur, tümsek gibi yüzey bozukluklarından kaynaklanan maliyet olarak ifade edilmektedir.

Yakıt tüketimi: Kişilerin rota üzerinde seyahat ederken araç kullanımından kaynaklı maliyet olarak ifade edilmektedir.

Manzara durumu: Kişilerin rota üzerinde seyahat ederken kendi tercihleri doğrultusunda manzaraya sahip olan veya olmayan rotalardan gitmeyi istemesi manzara durumunu ortaya çıkarmaktadır.

Yol üzerinde konaklama alanları: Kişilerin seyahatleri boyunca araba içerisinde sürekli sabit bir şekilde durması, uzun süren yolculuk süreleri gibi bir takım etkenler seyahat sırasında kişilerin yorulmasına neden olmakta ve konaklama ihtiyacını ortaya çıkarabilmektedir. Bu durum yol üzerinde bulunan konaklama alanları ile giderilmeye çalışılmaktadır.

Yol üzerindeki yemek yeme alanları: Kişiler rota üzerinde seyahat ederken geçirdikleri süre boyunca acıkma eğilimi göstermektedirler. Bu acıkma eğilimi yol üzerinde bulunan yemek yeme alanları ile giderilmeye çalışılmaktadır.

Yolda tehlikeli madde taşıyan araçlar: Kişiler rota üzerinde seyahat ederken aynı rota üzerinde araç yakıtı, çevresel olmayan atıklar gibi, bünyesinde kimyasal madde barındıran, yanıcı özelliğe sahip olan ürün ve ham maddelerin taşınma işlemi tehlikeli madde taşıyan araçları ifade etmektedir.

Eczaneler: Kişilerin seyahati sırasında meydana gelebilecek ufak yaralanmalar veya sağlık problemleri için ilk yardım niteliğinde ortaya çıkan kriter olarak ifade edilmektedir.

Seyahat esnasında yola hayvan çıkması: Bu kriter kişilerin seyahati esnasında beklenmedik bir anda herhangi bir hayvanın aniden yola çıkmasını ifade etmektedir.

Yol üzerinde acil durum üniteleri bulunması: Bu kriter seyahat edilen rota üzerinde meydana gelebilecek olası olumsuz olaylar karşısında polis veya asker gibi hızlı müdahale edebilecek güvenlik birimlerinin bulunmasını ifade etmektedir.

Hastaneler: Olası bir kaza durumunda veya kişilerin kendinden kaynaklı sağlık problemlerinden dolayı oluşabilecek olumsuz durumlara en hızlı müdahale etmeyi sağlayan kriterdir.

Kazalar haricinde, kişinin seyrettiği yol üzerinde kendini güvende hissetmesi: Kişilerin seyahati sırasında izledikleri yolun kişiyi psikolojik açıdan rahatsız etmemesi durumu olarak ifade edilmektedir. Örneğin ıssız bir yolda seyahat etmek kişileri tedirgin edebilmektedir.

Bankalar, Atmler: Kişilerin rota üzerinde seyahati esnasında ihtiyaç durumlarında veya acil durumlarda para teminini sağlayan kriter olarak ifade edilmektedir.

Dinlenme alanları: Kişilerin rota üzerinde seyahati esnasında meydana gelen yorulma, açlık gibi hislerini gidermek için oluşan kriterdir.

Yol temizleme çalışmaları: Seyahat edilen yol üzerinde araca zarar verebilecek dolayısıyla seyahat eden kişilere de zarar verebilecek zararlı maddelerin yoldan temizlenmesi kriteridir. Temizleme ve zımparalama özellikle buzlu yollardaki kış koşullarında ve kar sürüklenmelerinde önemlidir.

Servis desteği: Kişilerin seyahati sırasında bulundukları aracın arızalanması durumunda bu sorunu ortadan kaldırmaya yardımcı olacak bir servisin bulunması durumudur.

Benzin istasyonu ve marketler: Kişilerin rota üzerinde seyahati esnasında kullandıkları aracın yakıt ihtiyacı, kendilerinin beslenme ihtiyacı gibi çeşitli konularda yardımcı olan kriterdir.

Yol durumu: Bu ana kriter, kişilerin seyahatleri sırasında maruz kalacağı en önemli kriterlerden biridir. Kişilerin sürüş sırasında varış noktasına olan uzaklığı, üzerinde hareket halinde olduğu yolun yapısı, yol üzerinde çalışma yapılan bölümler, kişilerin daha önceden bu yolu tanımaları gibi çeşitli alt kriterler bu ana kriterin oluşmasına neden olmuştur. Bu ana kriter kişiler seyahat ederken izleyecekleri yolun durumunun onların istekleri doğrultusunda ne kadar önemli olduğuna karar vermek için geliştirilmiştir.

Hava durumu: Bu ana kriter, planlı yapılan herhangi bir seyahat esnasında daha çok kişilerin istekleri doğrultusunda meydana gelen en önemli ana kriterlerden biridir. Ana kriter seyahat öncesinde kişilerin seyahat ederlerken maruz kalmak istedikleri hava şartlarını içerisinde barındırmaktadır. Bu hava şartları kişiden kişiye göre farklılıklar gösterebilmektedir. Örneğin seyahat esnasında bazı kişiler havanın güneşli ve görüş mesafesinin yüksek olmasını isterken, bazı kişiler havanın yağmurlu ve görüş mesafesinin normal düzeyde olmasını isteyebilmektedirler. Bunun gibi birbirinden farklı durumları kişilerin tercihleri doğrultusunda analiz etmek için çeşitli alt kriterlerin değerlendirilmesi ve hava durumu ana kriterine ait bir ağırlık elde edilmesi amaçlanmıştır.

Trafik güvenliği: Bu ana kriter yol üzerinde seyahat ederken kişileri bilgilendirici bir takım işaretlemeleri ve durumları içermektedir. Böylece oluşabilecek kazaları meydana gelmeden önce minimuma indirerek kişilerin güvenli bir şekilde seyahat etmesi amaçlanmıştır. Kişilerin yol üzerinde ilerlerken herhangi bir duruma karşı bilgilendirilmeleri için çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Örneğin keskin bir viraja girmeden önce ileride yolun kenarında keskin bir virajın olduğunu belirten bir levha bulunması gibi. Diğer bir yöntem ise seyahat esnasında yol kenarlarında bilgilendirici ışıklı levhalar, cam yol butonu uygulamaları

gibi çeşitli uyarıcıların yerleştirilmesidir. Bunun gibi birçok örneği olan bu ana kriteri oluşturan alt kriterlerin hepsi seyahat esnasında kişinin tercihleri doğrultusunda rota üzerindeki trafik güvenliğini değerlendirmesi için belirlenmiştir.

Trafik durumu: Kişiler seyahat ederken hareket edecekleri rota üzerinde bazı kısıtlamalara maruz kalabilirler. Bu kısıtlamalar kişilerin uyması gereken kurallar olabileceği gibi aynı zamanda kişilerin değerlendirmesi gerektiği kısıtlamalar da olabilmektedir. Örneğin yol üzerindeki maksimum veya minimum hızı gösteren levhalar kişileri hız anlamında kısıtlamaktadırlar. Bir diğer örnek ise trafik yoğunluğudur. Rota üzerinde normal bir şekilde seyahat ederken bazen trafiğin yoğun olduğu bölgelere denk gelebiliriz. Bu durum gidiş noktasına olan ulaşım sürecini etkileyebilmektedir. Son olarak güvenlik ve yerleşim bölgelerinde sürüş alt kriterleri de kişileri sınırlandırmaktadırlar. Kişilerin gideceği yere sağlıklı bir şekilde ulaşması için güvenli bir şekilde seyahat etmek istemeleri kaçınılmazdır. Bu durum da kurallara uyarak seyahat etmeyi gerektirmektedir. Yerleşim bölgelerinde sürüş alt kriteri ise rota üzerinde seyahat ederken geçtiğimiz yerleşim bölgelerinde daha dikkatli olmamızı gerektiren kısıttır. Çünkü bu kısıt yaya trafiğini de içerisinde barındırmaktadır. Tüm bu alt kriterler dâhilinde ortaya trafik durumu ana kriteri çıkmıştır. Bu ana kriter ile kişilerin rota üzerindeki trafik durumunu değerlendirmesi hedeflenmiştir.

Maliyet: Bu ana kriter diğer ana kriterler içerisinde en etkili olan ana kriter olarak ifade edilebilmektedir. Rota planlama ile ilgili yapılan literatür araştırmalarında en çok karşımıza çıkan ve kullanılan ana kriter maliyet ana kriteridir. Bu ana kriter kişilerin ortak paydada birleştiği bir ana kriterdir. Kişilerin seyahatleri esnasında en çok ve öncelikli olarak göz önüne aldığı alt kriterler zaman ve yakıt tüketimi alt kriterleri olduğu gibi bu kriterlere ek olarak araç kullanım süresi ve aracın yıpranma payı (amortisman) gibi önemli maliyetleri ifade eden alt kriterlerde mevcuttur. Kişiler seyahatleri sırasında rota üzerinde farklı yerleri gezebilecek, gerekirse konaklayacak, rahat ve güvenli bir şekilde seyahat etmek isterken aynı zamanda en hızlı, en tasarruflu ve aracın en rahat şekilde hareket edebileceği yolu her zaman aklında bulundurlar. Bu sebepten dolayı kişiler seyahat ederken maliyet ana kriterini oluşturan zaman, yakıt tüketimi, araç kullanım süresi, aracın yıpranma payı gibi alt kriterler ile beraber bu ana kriterin rota planlama üzerinde ne kadar etkili olduğu araştırılmaya çalışılmıştır.

Sosyal özellikler: Bu ana kriter kişilerin rota üzerinde seyahat ederken, seyahatlerini daha keyifli ve daha rahat bir şekilde geçirmesini değerlendirmek için oluşturulmuştur. Seyahat esnasında kişiler farklı durumları tercih edebilirler. Bu durumlara örnek verecek olursak, bazı kişiler rota üzerinde seyahatlerini bir an önce tamamlayıp hedeflerine ulaşmak

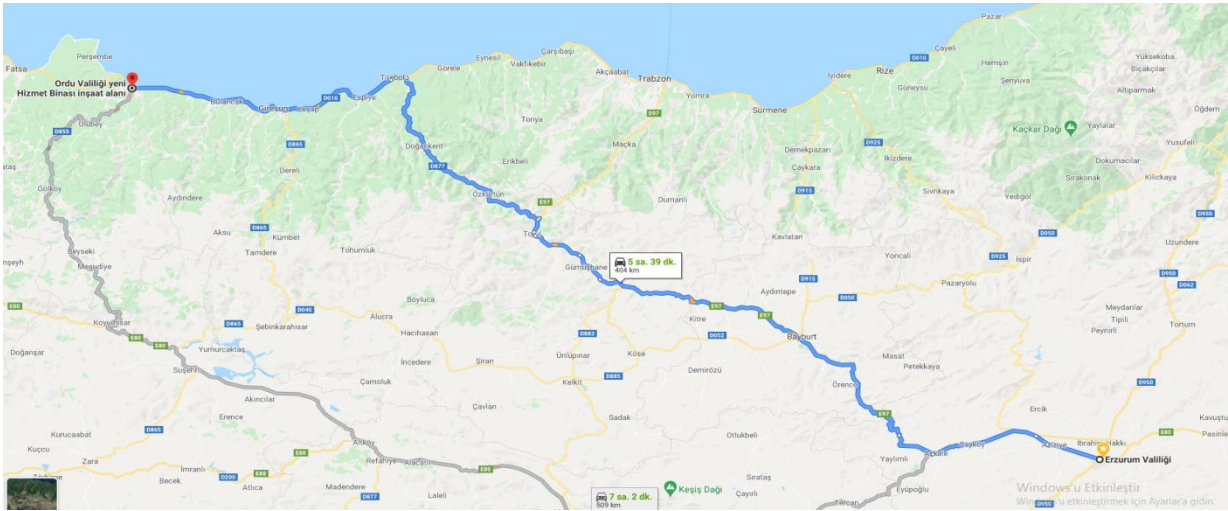
isterlerken bazı kişiler ise seyahatleri esnasında rota üzerinde bulunan konaklama alanları, yemek yeme alanları ve yol üzerinde ziyaret edebilecekleri tarihi ve turistik yerleri gezmeyi tercih edebilirler. Ayrıca seyahat sırasında izledikleri rotanın iyi bir manzaraya sahip olup olmadığı bile bir tercih meselesi olabilir. Bu durumlar tamamen kişinin tercihleri sonucu ortaya çıkmaktadır. Tüm bu alt kriterleri bir araya getirdiğimizde kişilerin seyahatini daha keyifli ve daha rahat bir şekilde yapmasını sağlayan sosyal özellikler ana kriteri oluşturmuştur. Bu sayede kişilerin rota tercihlerinde sosyal özellikler ana kriterinin etkisi araştırılmaya çalışılmıştır.

Tehlike durumları: Bu ana kriter ise diğer ana kriterlerden farklı olarak kişilerin rota üzerinde seyahat ederken karşılaşılabilecekleri çeşitli tehlike durumlarını göz önüne almaktadır. Örneğin seyahat esnasında tehlikeli madde taşıyan araçlarla aynı rotayı paylaşmak düşük olasılıkta olsa bile olası bir risk içermektedir. Herhangi bir kaza durumunda bu türden araçların ekstra bir etkisi söz konusu olmaktadır. Bir diğer örnek ise kişilerin seyahatleri sırasında hiç beklemedikleri bir anda yola hayvan çıkabilmesi durumudur. Bu alt kriter kişilerin anlık olarak dikkatini dağıtarak kazalara sebep olabilmektedir. Ek olarak kişilerin seyahat halinde olduğu rota üzerinde kaza oluşumunun yanı sıra, kişilerin beklenmeyen rahatsızlık durumları gibi olası olaylarda tehlike durumlarını ifade etmektedir. Acil durum üniteleri, hastane, eczane gibi temel tıbbi yardımlar ve güvenlik faaliyetlerini sağlayacak merkezlerin olması bu gibi tehlike durumlarında çok fazla önem arz etmektedir. Bu durum ayrıca kişilerin seyahat halinde olduğu rotada kendilerini güvende hissetmelerini sağlamaktadır. Tüm bu alt kriterler bir araya getirilerek tehlike durumları ana kriteri başlığı altında toplanmıştır. Bu ana kriter, kişiler seyahat halinde iken tehlike durumlarının seyahatlerini ne derece etkilediğini ortaya koymak için kullanılmıştır.

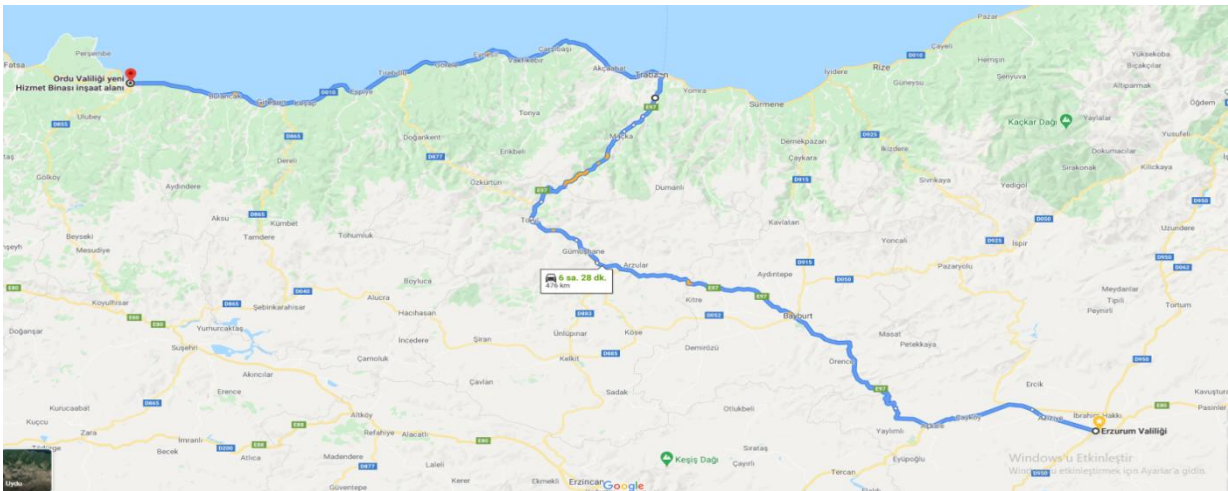
Temel ihtiyaçlar: Son olarak bu ana kriter ise kişilerin rota üzerinde seyahat ederken zamanla oluşabilecek ihtiyaçlarına karşılık olarak geliştirilmiştir. Bu ihtiyaçlara örnekler verecek olursak, kişiler rota üzerinde seyahate devam ederken aracın yakıtı her geçen zaman için azalış göstermektedir. Bu durum kişilerin rota üzerinde seyahati esnasında yakıt istasyonu ihtiyacını ortaya çıkarmaktadır. Bir diğer örnek ise kişilerin yine zamanla ortaya çıkan acıkma, atıştırma, susama gibi temel ihtiyaç hisleridir. Bu durumun üstesinden rota üzerinde bulunan bir bakkal veya market ile gelinebilir. Bu ve benzeri durumlar için belirlenmiş olan servis desteği, bankalar (atmler), otoparklar, yol temizleme çalışmaları gibi alt kriterler kişilerin rota üzerindeki seyahatleri sırasında ihtiyaç duyacağı önemli kriterler olarak belirlenmiştir. Bu alt kriterler bir araya getirilerek temel ihtiyaçlar ana kriteri oluşturulmuş ve

oluşturulan bu ana kriter ile kişilerin rota üzerinde seyahatleri sırasında temel ihtiyaçlara ne derece önem verdiği belirlenmeye çalışılmıştır.

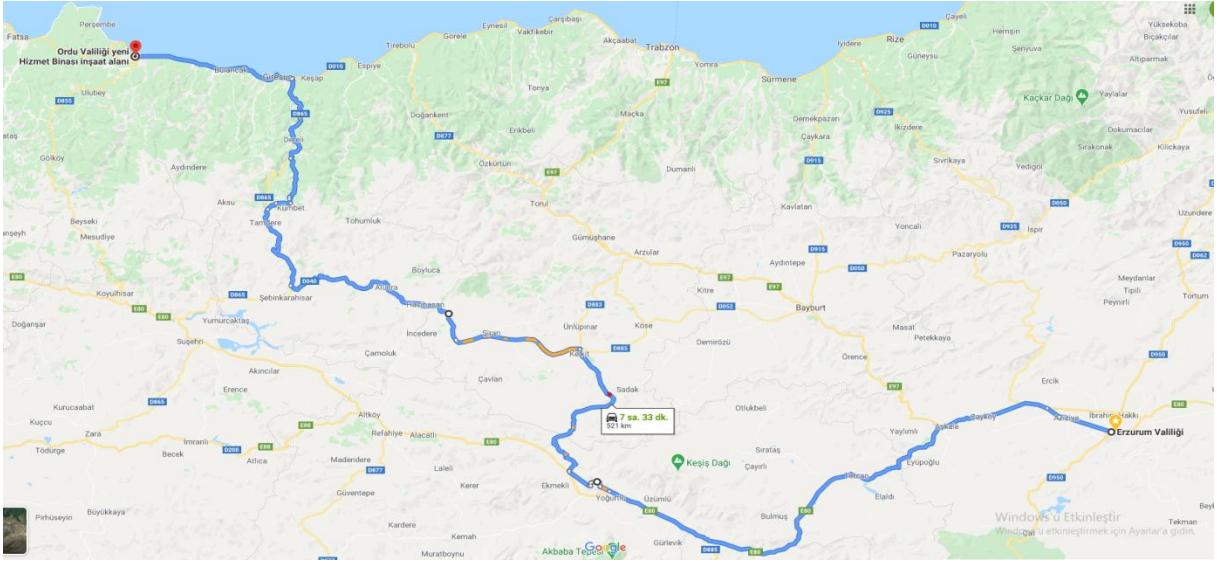
Çevresel koşullar ve kişisel beklentiler temelinde alternatif rota planlama yaklaşımı için belirlenen bu kriterler kısaca tanımlandıktan sonra tüm bu kriterleri içerisinde barındıran 7 farklı rota belirlenmiştir. Rotaların belirlenmesi aşamasında Erzurum İl'inden Ordu İl'ine seyahat ederken kullanılan ve birbirlerinin alternatifi olan yollar tanımlanmıştır. Tanımlanan yollar çalışmada alternatif rotalar olarak değerlendirilmiştir. Alternatif rotalar aşağıda başlangıç noktasından (Erzurum Valiliği) bitiş noktasına (Ordu Valiliği) kadar mavi çizgi ile Şekil 7, 8, 9, 10, 11, 12 ve 13'te gösterilmiştir.



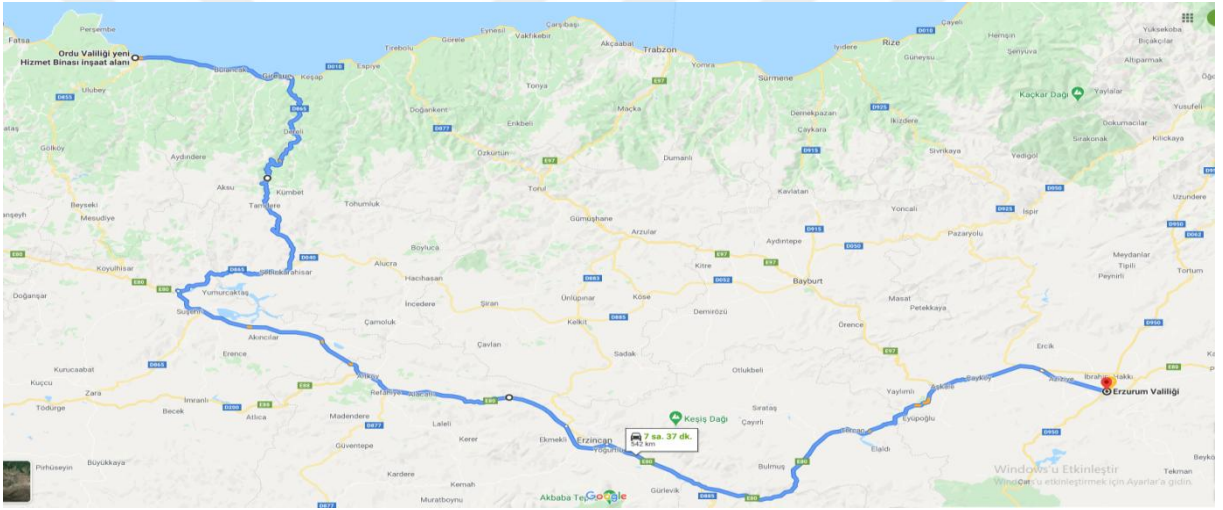
Şekil 7. Rota_1 (Erzurum, Bayburt, Gümüşhane, Doğankent, Tirebolu, Giresun, Ordu)



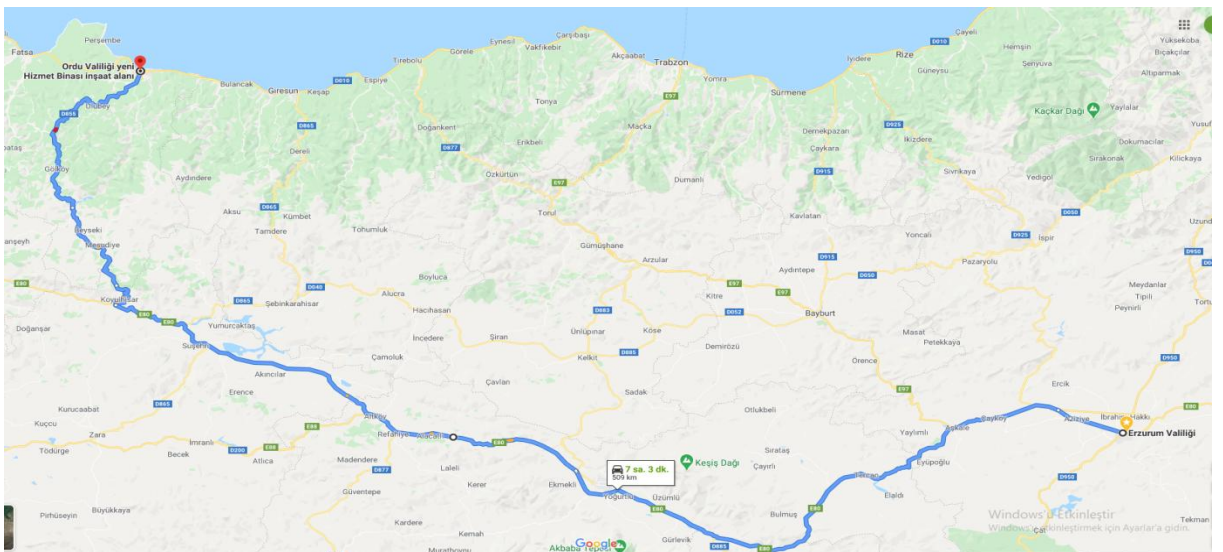
Şekil 8. Rota_2 (Erzurum, Bayburt, Gümüşhane, Torul, Maçka, Trabzon, Giresun, Ordu)



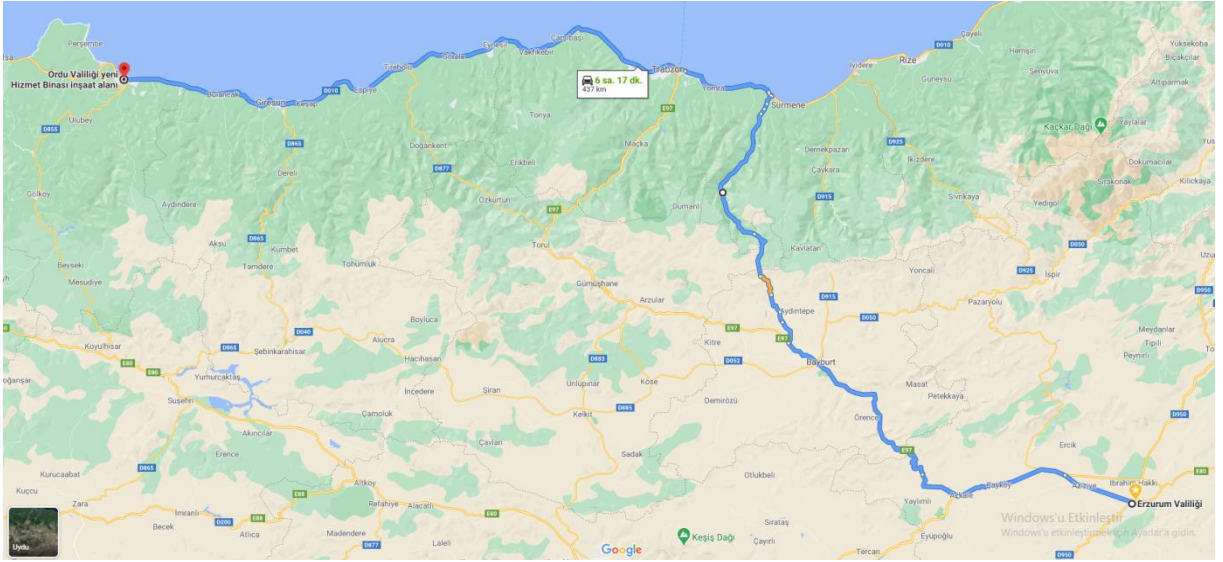
Şekil 9. Rota_3 (Erzurum, Tercan, Erzincan, Kelkit, Şebinkarahisar, Kümbet, Giresun, Ordu)



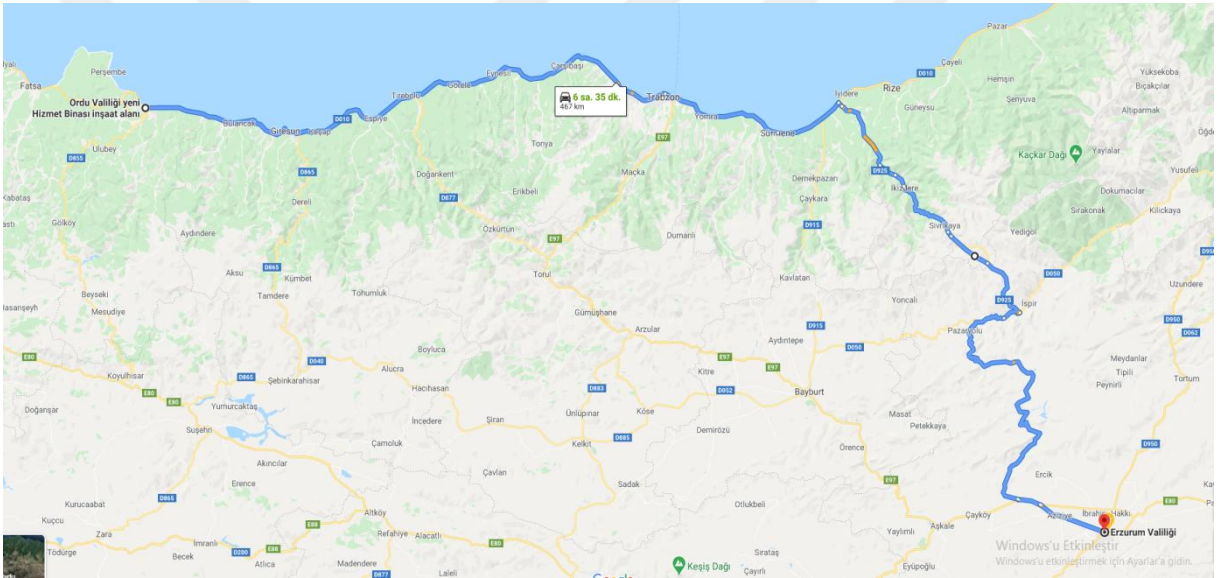
Şekil 10. Rota_4 (Erzurum, Tercan, Erzincan, Refahiye, Suşehri, Şebinkarahisar, Kümbet, Giresun, Ordu)



Şekil 11. Rota_5 (Erzurum, Tercan, Erzincan, Refahiye, Suşehri, Koyulhisar, Gökçöy, Ordu)



Şekil 12. Rota_6 (Erzurum, Bayburt, Aydıntepe, Sürmene, Trabzon, Giresun, Ordu)



Şekil 13. Rota_7 (Erzurum, Pazaryolu, İspir, İkizdere, İyidere, Trabzon, Giresun, Ordu).

Bu aşamada çalışmada tanımlanan problem için gerekli başlangıç verileri (uzmanlar, kriterler, alternatifler) elde edilmiştir.

Aşama 2: PAPRIKA Yöntemi

Bu aşamada öncelikle, birinci aşamada belirlenmiş olan alt kriterler için düzenleme yapılmıştır. PAPRIKA yönteminde önceden belirlenmiş olan alt kriterler yöntemin yazılımına girilirken azalan önem derecesinden artan önem derecesine doğru sıralı bir şekilde girilmektedir. Bu durum için 5 farklı uzmandan Thomas Saaty'nin 1-9 ölçeklendirme skalasına göre (Tablo 11), ana kriterlerin içerisinde bulunan alt kriterleri azalan önem derecesinden artan önem derecesine göre sıralamaları istenmiştir. Daha sonra her bir uzmandan elde edilen sıralamalar birlikte değerlendirilerek tek bir sıralama elde edilmiştir.

Alt kriterlerin ana kriterler içerisindeki sıralamaları belirlendikten sonra alt kriterler ana kriterler içerisinde yöntemin yazılımına girilmiştir. Böylelikle PAPRIKA yöntemi için gerekli olan anket formu oluşturulmuştur. Oluşturulan anket formu 30 farklı kişiye ikili karşılaştırma soruları sorularak uygulanmıştır. Uygulama sonucunda her bir kişiden 7 alternatif rota için ortak olan 8 farklı ana kriter ağırlıkları elde edilmiştir. 30 farklı kişiden elde edilen ana kriter ağırlıkları tek bir ana kriter ağırlıkları elde edilmesi için geometrik ortalama yöntemi ile birleştirilmiştir. Birleştirme işleminden sonra elde edilen ağırlıklar normalize edilerek 7 alternatif rota için ortak olan ana kriter ağırlıkları elde edilmiştir.

Adım 1: Uzman görüşleri doğrultusunda alt kriterlerin ana kriterler içerisinde artan önem derecesine göre sıralanması.

Tablo 11. Thomas Saaty 1-9 Ölçeği

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit Önemli	İki seçenekte eşit öneme sahiptir.
3	Orta Derece Önemli	Bir ölçüt diğerine göre biraz daha önemlidir.
5	Yüksek Derece Önemli	Bir ölçüt diğerine göre oldukça daha önemlidir.
7	Çok Yüksek Derece Önemli	Bir ölçüt diğerine göre çok daha önemlidir.
9	Son Derece Önemli	Bir ölçüt diğerine göre kesinlikle çok daha önemlidir.
2, 4, 6, 8	Ara Değerler	İki ölçüt arasında orta bir değer vermek gerektiğinde kullanılır.

Aşağıdaki Tablo 12’de alt kriterler harflendirilerek sıralama işleminin daha anlaşılır olması sağlanmıştır. Tablo 13’te her bir uzmanın ana kriterler içerisindeki alt kriterleri sıralamada kullanmış olduğu önem dereceleri gösterilmiştir.

Tablo 12. Alt Kriterlere Harflerin Atanması

Ana kriterler → Alt kriterler ↓	1- Yol Durumu	2- Hava Durumu	3- Trafik Güvenliği	4- Trafik Durumu	5- Maliyet	6- Sosyal Özellikler	7- Tehlike Durumları	8- Temel İhtiyaçlar
1	a) Çalışma yapılan yollar	a) Erozyon durumu	a) Cam yol butonu uygulamaları	a) Minimum hız	a) Yakıt tüketimi	a) Manzara durumu	a) Eczaneler	a) Bankalar, ATM'ler
2	b) Tüneller	b) Yağmurlu	b) Bariyer durumu	b) Maksimum hız	b) Araç kullanım süresi	b) Yol üzerindeki konaklama alanları	b) Seyahat esnasında yola hayvan çıkması	b) Yol temizleme çalışmaları
3	c) Tek şerit	c) Hava kalitesi	c) Trafik kazalarında yoğunluğa bağlı ekstra işaretlemeler ve sürücü uyarma hizmetleri	c) Trafik sıkışma olasılığı	c) Aracın yıpranma payı (amortisman)	c) Yol üzerindeki yemek yeme alanları	c) Yolda tehlikeli madde taşıyan araçlar	c) Dinlenme alanları
4	d) Tehlikeli viraj	d) Güneşli	d) Bakım onarım ve yenileme hizmetleri	d) Yerleşim bölgelerinde sürüş			d) Hastaneler	d) Servis desteği
5	e) Kavşak bölgesi sayısı	e) Görüş mesafesi	e) Trafik işaretleme	e) Güvenlik			e) Yol üzerinde acil durum ünitelerinin bulunması (Polis, Asker)	e) Benzin istasyonu ve marketler
6	f) Çift şerit						f) Kazalar haricinde, kişinin seyrettiği yol üzerinde kendini güvende hissetmesi	
7	g) Ana yol							
8	h) Bölünmüş yol							
9	i) Sürücünün yolu tanıma durumu							

Tablo 13. Uzmanlar Tarafından Alt Kriterlerin Sıralanmasında Kullanılan Öncelik Değerleri

Ana Kriterler	⇒	1- Yol Durumu					2- Hava Durumu					3- Trafik Güvenliği					4- Trafik Durumu				
Uzmanlar	⇒	U ₁	U ₂	U ₃	U ₄	U ₅	U ₁	U ₂	U ₃	U ₄	U ₅	U ₁	U ₂	U ₃	U ₄	U ₅	U ₁	U ₂	U ₃	U ₄	U ₅
Alt Kriterler	⇓																				
a		2	2	4	4	2	1	7	7	7	1	1	1	3	1	3	1	5	5	5	5
b		4	6	1	5	3	5	1	1	5	3	5	5	1	3	1	3	7	7	7	3
c		3	7	3	1	4	3	5	9	3	9	3	7	5	7	5	7	3	1	3	1
d		5	1	5	7	7	7	3	3	1	7	9	3	7	5	7	9	1	3	1	7
e		6	3	2	6	6	9	9	5	9	5	7	9	9	9	9	5	9	9	9	9
f		9	8	7	3	5															
g		7	9	8	9	9															
h		1	4	6	2	1															
i		8	5	9	8	8															
Ana Kriterler	⇒	5- Maliyet					6- Sosyal Özellikler					7- Tehlike Durumları					8- Temel İhtiyaçlar				
Uzmanlar	⇒	U ₁	U ₂	U ₃	U ₄	U ₅	U ₁	U ₂	U ₃	U ₄	U ₅	U ₁	U ₂	U ₃	U ₄	U ₅	U ₁	U ₂	U ₃	U ₄	U ₅
a		9	5	9	9	9	1	5	5	1	1	7	5	3	3	1	1	1	1	3	1
b		5	1	1	1	1	5	1	1	9	5	1	3	5	7	3	7	9	5	1	3
c		1	9	5	5	5	9	9	9	5	9	5	1	1	1	7	5	3	3	7	5
d												8	7	7	8	8	3	5	7	5	7
e												3	9	8	9	5	9	7	9	9	9
f												9	8	9	5	9					
g																					
h																					
i																					

Elde edilen bu tabloda uzman görüşleri toplu şekilde değerlendirilerek ana kriterler içerisindeki alt kriterlerin artan önem derecesine göre sıralaması belirlenmiştir. Alt kriterlerin artan önem derecesine göre sıralanmış hali aşağıda Tablo 14’te gösterilmiştir.

Tablo 14. Alt Kriterlerin Artan Önem Derecesine Göre Sıralanması

Ana kriterler Alt kriterler	1- Yol Durumu		2- Hava Durumu	3- Trafik Güvenliği	4- Trafik Durumu	5- Maliyet	6- Sosyal Özellikler	7- Tehlike Durumları	8- Temel İhtiyaçlar
	En düşük önem derecesi	a) Çalışma yapılan yollar	b) Yağmurlu	a) Cam yol butonu uygulamaları	c) Trafik sıkışma olasılığı	b) Araç kullanım süresi	a) Manzara durumu	c) Yolda tehlikeli madde taşıyan araçlar	a) Bankalar, ATM'ler
64	↓	h) Bölünmüş yol	d) Güneşli	b) Bariyer durumu	d) Yerleşim bölgelerinde sürüş	c) Aracın yıpranma payı (amortisman)	b) Yol üzerindeki konaklama alanları	a) Eczaneler	c) Dinlenme alanları
	↓	c) Tek şerit	a) Erozyon durumu	c) Trafik kazalarında yoğunluğa bağlı ekstra işaretlemeler ve sürücü uyarma hizmetleri	a) Minimum hız	a) Yakıt tüketimi	c) Yol üzerindeki yemek yeme alanları	b) Seyahat esnasında yola hayvan çıkması	b) Yol temizleme çalışmaları
	↓	b) Tüneller	c) Hava kalitesi	d) Bakım onarım ve yenileme hizmetleri	b) Maksimum hız			e) Yol üzerinde acil durum ünitelerinin bulunması (Polis, Asker)	d) Servis desteği
	↓	e) Kavşak bölgesi sayısı	e) Görüş mesafesi	e) Trafik işaretleme	e) Güvenlik			d) Hastaneler	e) Benzin istasyonu ve marketler
	↓	d) Tehlikeli viraj						f) Kazalar haricinde, kişinin seyrettiği yol üzerinde kendini güvende hissetmesi	
	↓	f) Çift şerit							
	↓	i) Sürücünün yolu tanıma durumu							
	En yüksek önem derecesi	g) Ana yol							

Adım 2: Ana kriterlerin ve alt kriterlerin 1000Minds yazılımına girilmesi ve anket çalışmasının yapılması.

Bu adımda tüm ana kriterler ve alt kriterler 1000Minds yazılımına girilerek anket formu hazır hale getirilmiştir. Ardından 30 farklı kişiye ikili karşılaştırma soruları sorularak anket çalışması yapılmış ve elde edilen sonuçlarla ilgili hesaplamalar Adım 3'te verilmiştir.

Yol durumu ana kriteri ve bu ana kriterin sahip olduğu alt kriterler için 1000Minds yazılımına örnek veri girişi aşağıda Şekil 14'te gösterilmiştir. Diğer ana kriterler ve alt kriterler için veri girişleri aynı şekilde yapılmıştır.

^ Yol Durumu

Lowest ranked

+

a. Çalışma yapılan yollar

+

b. Bölünmüş yol

⊖

+

c. Tek şerit

⊖

+

d. Tüneller

⊖

+

e. Kavşak bölgesi sayısı

+

f. Tehlikeli viraj

⊖

+

g. Çift şerit

⊖

+

h. Sürücünün yolu tanıma durumu

⊖

+

i. Ana yol

Highest ranked

Şekil 14. 1000Minds yazılımına veri girişi

Criteria
What matters to you when ranking or choosing alternatives

Alternatives
The things you're ranking or choosing between

Trade-offs
Determine the relative importance of your criteria

Results
Your preference values and ranked alternatives

Şekil 15. Hazır hale getirilmiş anket formu

Bu 2 alternatiften hangisini tercih edersiniz?

Trafik güvenliği
c. Trafik kazalarında ekstra işaretlemeler

Temel ihtiyaçlar
c. Yol temizleme çalışmaları

Trafik güvenliği
a. Cam yol butonu uygulamaları (uyarıcı)

Temel ihtiyaçlar
e. Benzin istasyonu ve marketler

THIS ONE

THEY ARE EQUAL

THIS ONE

Şekil 16. İkili karşılaştırma sorusu örneği

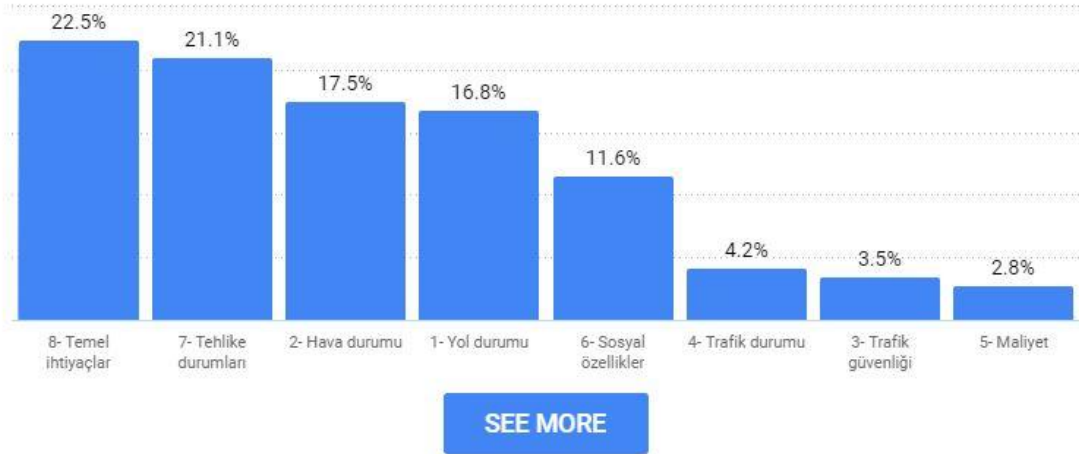
Adım 3: Anket çalışması sonucunda tüm rotalar için ortak olan ana kriterlerin ağırlık değerlerinin elde edilmesi.

Adım 2’de yapılan anket çalışması sonucunda 30 kişinin her birinden 8 farklı ana kriter ağırlıkları elde edilmiştir. Her bir kişiden elde edilen ana kriter ağırlıkları Excel ortamında geometrik ortalama yöntemi ile birleştirilerek tüm rotalar için ortak olan tek bir ana kriter ağırlıkları elde edilmiştir.

Aşağıda Şekil 17’de bir kişiye yapılmış anket sonucu elde edilen ana kriter ağırlıkları örnek olarak gösterilmiştir. Diğer 29 kişi içinde anket uygulanmış ve elde edilen ana kriter ağırlıkları Tablo 15’te gösterilmiştir.

Criterion weights

These numbers, determined by your trade-offs, represent the relative importance of your criteria.



Trade-off statistics

Number of trade-offs made

56

First trade-off

11/7/2020 6:49:29 PM

Last trade-off

11/7/2020 7:01:03 PM

Total consideration time

19 minutes, 32 seconds

Elapsed time

20 minutes, 12 seconds

Trade-off consideration time (seconds)

Median: 9.7 Min: 3.7

Mean: 20.9 Max: 518.4

Number of impossible combinations

0

Number of comments

0

Şekil 17. 1 kişiye anket uygulandıktan sonra elde edilen ana kriter ağırlıkları

Şekil 17’de ana kriter ağırlıklarının elde edilmesinin yanı sıra anketin uygulanması ile ilgili bilgilerin elde edilmesi de mümkündür. Örneğin bu kişi anket uygulamasına başladığında 56 tane ikili karşılaştırma sorusuna cevap vererek ana kriter ağırlıklarını kendi tercihleri doğrultusunda elde etmiştir. Ayrıca bu işlem için toplamda 19 dakika 32 saniye düşülmüştür.

Tablo 15. 30 Farklı Kişiden Elde Edilen Ana Kriter Ağırlıkları

Ana ⇨ Kriterler	1- Yol Durumu	2- Hava Durumu	3- Trafik Güvenliği	4- Trafik Durumu	5- Maliyet	6- Sosyal Özellikler	7- Tehlike Durumları	8- Temel İhtiyaçlar	Ağırlık Toplamları
Kişiler ↓									
Kişi_1	0,168	0,175	0,035	0,042	0,028	0,116	0,211	0,225	1
Kişi_2	0,166	0,178	0,057	0,15	0,093	0,142	0,105	0,109	1
Kişi_3	0,094	0,074	0,067	0,11	0,12	0,227	0,071	0,237	1
Kişi_4	0,197	0,254	0,041	0,148	0,057	0,115	0,148	0,04	1
Kişi_5	0,142	0,064	0,067	0,151	0,072	0,176	0,152	0,176	1
Kişi_6	0,116	0,087	0,081	0,186	0,026	0,049	0,377	0,078	1
Kişi_7	0,141	0,15	0,194	0,035	0,018	0,171	0,094	0,197	1
Kişi_8	0,058	0,054	0,219	0,065	0,035	0,146	0,25	0,173	1
Kişi_9	0,024	0,042	0,072	0,198	0,054	0,102	0,352	0,156	1
Kişi_10	0,178	0,252	0,119	0,139	0,04	0,05	0,113	0,109	1
Kişi_11	0,211	0,142	0,068	0,105	0,051	0,068	0,176	0,179	1
Kişi_12	0,198	0,2	0,023	0,05	0,14	0,131	0,11	0,148	1
Kişi_13	0,164	0,032	0,11	0,104	0,139	0,047	0,227	0,177	1
Kişi_14	0,043	0,118	0,071	0,118	0,217	0,213	0,169	0,051	1
Kişi_15	0,095	0,221	0,068	0,226	0,047	0,032	0,111	0,2	1
Kişi_16	0,117	0,091	0,27	0,106	0,169	0,044	0,171	0,032	1
Kişi_17	0,102	0,21	0,048	0,172	0,194	0,027	0,096	0,151	1
Kişi_18	0,195	0,224	0,105	0,081	0,129	0,033	0,176	0,057	1
Kişi_19	0,104	0,062	0,114	0,207	0,21	0,044	0,183	0,076	1
Kişi_20	0,204	0,13	0,082	0,108	0,122	0,127	0,148	0,079	1
Kişi_21	0,045	0,092	0,214	0,176	0,107	0,137	0,137	0,092	1
Kişi_22	0,059	0,112	0,077	0,195	0,142	0,095	0,231	0,089	1
Kişi_23	0,168	0,16	0,035	0,163	0,094	0,141	0,18	0,059	1
Kişi_24	0,069	0,146	0,069	0,039	0,223	0,169	0,108	0,177	1
Kişi_25	0,21	0,043	0,061	0,208	0,09	0,066	0,152	0,17	1
Kişi_26	0,035	0,155	0,057	0,148	0,028	0,304	0,145	0,128	1
Kişi_27	0,087	0,13	0,072	0,101	0,072	0,204	0,204	0,13	1
Kişi_28	0,217	0,083	0,064	0,124	0,146	0,092	0,194	0,08	1
Kişi_29	0,121	0,121	0,152	0,091	0,106	0,091	0,136	0,182	1
Kişi_30	0,074	0,176	0,139	0,093	0,056	0,092	0,296	0,074	1

30 kişiden elde edilen ana kriter ağırlıkları tüm rotalar için ortak olan tek bir ana kriter ağırlıkları elde edilmesi için geometrik ortalama yöntemi kullanılarak Excel ortamında birleştirilmiştir. Birleştirme sonucunda elde edilen ana kriter ağırlıkları normalize edilerek tüm rotalar için ortak olan ana kriter ağırlıkları belirlenmiştir. Anlatılan tüm işlemler aşağıda Tablo 16’da gösterilmiştir.

Tablo 16. Ana Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi

Ana Kriterler	1- Yol Durumu	2- Hava Durumu	3- Trafik Güvenliği	4- Trafik Durumu	5- Maliyet	6- Sosyal Özellikler	7- Tehlike Durumları	8- Temel İhtiyaçlar	Ağırlık Toplamları
Geometrik Ortalama Ağırlıkları	0,110	0,116	0,081	0,115	0,082	0,096	0,161	0,113	0,873
Ağırlıkların Normalize Edilmesi	0,110 / 0,873	0,116 / 0,873	0,081 / 0,873	0,115 / 0,873	0,082 / 0,873	0,096 / 0,873	0,161 / 0,873	0,113 / 0,873	1
Tüm Rotalar İçin Ortak Olan Ana Kriter Ağırlıkları	0,126	0,133	0,092	0,131	0,094	0,110	0,185	0,129	1

Böylelikle PAPRIKA yöntemi kullanılarak (kişilerin çevresel koşullar ve kişisel beklentiler temelindeki tercihleri doğrultusunda) 7 alternatif rota için ortak olan ana kriter ağırlıkları bulunmuştur.

Aşama 3: DEMATEL Yöntemi

Bir önceki aşamada elde edilen ana kriter ağırlık değerleri alternatif rotalar için ortak olan ağırlık değerleridir. Bu aşamada her bir rota için o rotayı temsil eden tek bir ağırlık değeri elde edilmeye çalışılmıştır. Bu işlem gerçekleştirilirken DEMATEL yönteminden faydalanılmıştır. Öncelikle belirlenmiş olan 5 uzmandan alternatif rotaların her birini 8 ana kriter içerisinde ikili karşılaştırma skalası (Tablo 9) kullanarak değerlendirmeleri istenmiştir. Değerlendirme sonucunda her bir rota için 5 adet 8x8’lik matris elde edilmiştir. Elde edilen matrisler Excel ortamında geometrik ortalama yöntemiyle birleştirilerek her bir rotanın direkt-ilişki matrisi (A) elde edilmiştir (devam eden kısımlarda da tüm işlemler her bir rota için ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir). Ardından DEMATEL yönteminin diğer adımlarından biri olan normalleştirilmiş direkt-ilişki matrisi (M) direkt-ilişki matrisi (A) üzerinde gerekli işlemler yapılarak elde edilmiştir. Daha sonra normalleştirilmiş direkt-ilişki matrisi ve birim matris arasında gerekli işlemler yapılarak toplam ilişki matrisi (S) elde edilmiştir. Toplam ilişki matrisi elde edildikten sonra bu matrisin satır toplamları (D) ve sütun toplamları (R) hesaplanarak her bir rota için ana kriter ağırlıklarının belirlenmesi adımı kullanılmıştır.

Çalışmada DEMATEL yöntemi ana kriterler arasındaki ilişkiyi yorumlamak yerine ana kriterleri kullanarak her bir rota için tek bir ağırlık değeri elde etmede kullanılmıştır. Bu yüzden toplam ilişki matrisi elde edildikten sonra etki yönlü graf diyagramı adımına ihtiyaç duyulmamıştır. Son olarak PAPRIKA yönteminden elde edilen ana kriter ağırlıkları ile DEMATEL yönteminden her bir rota için ayrı ayrı elde edilen ana kriter ağırlıkları matris biçiminde çarpılarak her bir rota için tek bir ağırlık değeri elde edilmiştir.

Aşağıda Rota_1 için yapılan işlemler ayrıntılı bir şekilde gösterilmiştir. Diğer rotalar için yapılan işlemler ekte verilmiştir.

Adım 4: Direkt-ilişki matrisinin (A) oluşturulması.

5 farklı uzmandan elde edilen ikili karşılaştırma matrisleri sonucunda belirlenen direkt-ilişki matrisi aşağıda gösterilmiştir.

Rota_1 için direkt-ilişki matrisinin oluşturulması;

$$u_1 = \begin{bmatrix} \text{Ana Kriterler} & \text{YolD} & \text{HavaD} & \text{TraG} & \text{TraD} & \text{M} & \text{SosÖ} & \text{TehD} & \text{Temİ} \\ \text{YolD} & 0 & 1 & 0,33 & 1 & 2 & 3 & 0,33 & 2 \\ \text{HavaD} & 1 & 0 & 0,33 & 1 & 0,67 & 1 & 0,33 & 0,67 \\ \text{TraG} & 2,33 & 3 & 0 & 3 & 4 & 4 & 2 & 3 \\ \text{TraD} & 1 & 1 & 1,67 & 0 & 1 & 3 & 2 & 2 \\ \text{M} & 1,33 & 2 & 1,33 & 1 & 0 & 3 & 0,33 & 2 \\ \text{SosÖ} & 1,67 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0,67 & 0,33 \\ \text{TehD} & 3 & 3 & 1,67 & 1,67 & 2 & 3 & 0 & 3 \\ \text{Temİ} & 1,67 & 2 & 2,33 & 2,33 & 2 & 2 & 2 & 0 \end{bmatrix}$$

$$u_2 = \begin{bmatrix} \text{Ana Kriterler} & \text{YolD} & \text{HavaD} & \text{TraG} & \text{TraD} & \text{M} & \text{SosÖ} & \text{TehD} & \text{Temİ} \\ \text{YolD} & 0 & 1 & 0,33 & 1 & 3 & 1 & 0,33 & 2 \\ \text{HavaD} & 1 & 0 & 0,33 & 1 & 1 & 1 & 0,33 & 0,67 \\ \text{TraG} & 3 & 3 & 0 & 4 & 4 & 4 & 1 & 3 \\ \text{TraD} & 1 & 1 & 2,67 & 0 & 2 & 2 & 0,33 & 2 \\ \text{M} & 2 & 1 & 2 & 1,67 & 0 & 2 & 0,67 & 0,67 \\ \text{SosÖ} & 1 & 1 & 1,33 & 1,33 & 1,33 & 0 & 0,33 & 0,67 \\ \text{TehD} & 2,33 & 3 & 1 & 3 & 3 & 3 & 0 & 1 \\ \text{Temİ} & 1,33 & 2 & 2,33 & 2 & 2,33 & 2,67 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$u_3 = \begin{bmatrix} \text{Ana Kriterler} & \text{YolD} & \text{HavaD} & \text{TraG} & \text{TraD} & \text{M} & \text{SosÖ} & \text{TehD} & \text{Temİ} \\ \text{YolD} & 0 & 2 & 1 & 3 & 2 & 3 & 2 & 1 \\ \text{HavaD} & 1,67 & 0 & 2 & 2 & 3 & 3 & 2 & 0,33 \\ \text{TraG} & 1 & 2,67 & 0 & 1 & 4 & 3 & 4 & 2 \\ \text{TraD} & 2,33 & 2 & 1 & 0 & 3 & 2 & 2 & 0,67 \\ \text{M} & 2 & 1,67 & 2 & 1,67 & 0 & 3 & 3 & 1 \\ \text{SosÖ} & 1,33 & 1,33 & 1,67 & 1,67 & 1,33 & 0 & 2 & 1 \\ \text{TehD} & 2 & 3 & 3 & 2 & 3 & 2,33 & 0 & 2 \\ \text{Temİ} & 1 & 3 & 2 & 2 & 1 & 1 & 1,67 & 0 \end{bmatrix}$$

$$u_4 = \begin{bmatrix} \text{Ana Kriterler} & \text{YolD} & \text{HavaD} & \text{TraG} & \text{TraD} & \text{M} & \text{SosÖ} & \text{TehD} & \text{Temİ} \\ \text{YolD} & 0 & 4 & 2 & 3 & 3 & 3 & 1 & 3 \\ \text{HavaD} & 1,33 & 0 & 2 & 0,33 & 3 & 1 & 0,33 & 4 \\ \text{TraG} & 3 & 3 & 0 & 4 & 3 & 1 & 1 & 4 \\ \text{TraD} & 3 & 2 & 1,67 & 0 & 0,67 & 1 & 0,33 & 3 \\ \text{M} & 2 & 2 & 2 & 2,67 & 0 & 3 & 0,67 & 4 \\ \text{SosÖ} & 1,33 & 1 & 1 & 1 & 0,33 & 0 & 0,33 & 1 \\ \text{TehD} & 1 & 3,33 & 1 & 3 & 3 & 2,67 & 0 & 4 \\ \text{Temİ} & 1,67 & 2 & 0,33 & 2 & 2 & 1 & 1,67 & 0 \end{bmatrix}$$

$$u_5 = \begin{bmatrix} \text{Ana Kriterler} & \text{YolD} & \text{HavaD} & \text{TraG} & \text{TraD} & \text{M} & \text{SosÖ} & \text{TehD} & \text{Temİ} \\ \text{YolD} & 0 & 1 & 3 & 1 & 2 & 2 & 4 & 3 \\ \text{HavaD} & 1 & 0 & 3 & 2 & 1 & 2 & 3 & 3 \\ \text{TraG} & 4 & 4 & 0 & 4 & 4 & 2 & 1 & 1 \\ \text{TraD} & 1 & 3 & 2,67 & 0 & 3 & 3 & 1 & 1 \\ \text{M} & 1,33 & 2 & 1,67 & 1,67 & 0 & 1 & 0,33 & 1 \\ \text{SosÖ} & 1,67 & 2 & 1,33 & 2 & 1 & 0 & 1 & 2 \\ \text{TehD} & 2,67 & 3 & 1 & 1 & 4 & 1 & 0 & 2 \\ \text{Temİ} & 2 & 2,33 & 1 & 1 & 1 & 2,33 & 2,67 & 0 \end{bmatrix}$$

Uzmanlardan elde edilen matrisler excel ortamında geometrik ortalama yöntemiyle birleştirilerek Rota_1 için direkt-ilişki matrisi (A) oluşturulmuş ve aşağıda gösterilmiştir.

$$A_1 = \begin{bmatrix} \text{Ana Kriterler} & \text{YolD} & \text{HavaD} & \text{TraG} & \text{TraD} & \text{M} & \text{SosÖ} & \text{TehD} & \text{Temİ} \\ \text{YolD} & 0 & 1,52 & 0,92 & 1,55 & 2,35 & 2,22 & 0,97 & 2,05 \\ \text{HavaD} & 1,17 & 0 & 1,05 & 1,06 & 1,43 & 1,43 & 0,74 & 1,12 \\ \text{TraG} & 2,43 & 3,10 & 0 & 2,86 & 3,78 & 2,49 & 1,52 & 2,35 \\ \text{TraD} & 1,48 & 1,64 & 1,82 & 0 & 1,65 & 2,05 & 0,85 & 1,52 \\ \text{M} & 1,70 & 1,68 & 1,78 & 1,66 & 0 & 2,22 & 0,68 & 1,40 \\ \text{SosÖ} & 1,38 & 1,22 & 1,24 & 1,35 & 0,90 & 0 & 0,68 & 0,85 \\ \text{TehD} & 2,06 & 3,06 & 1,38 & 1,98 & 2,93 & 2,24 & 0 & 2,17 \\ \text{Temİ} & 1,49 & 2,24 & 1,29 & 1,80 & 1,56 & 1,66 & 1,72 & 0 \end{bmatrix}$$

Adım 5: Normalleştirilmiş direkt-ilişki matrisinin (M) oluşturulması.

Bu adımda DEMATEL yönteminin ikinci adımında verilen eşitlik 3.1 ve 3.2 kullanılarak her bir rotanın normalleştirilmiş direkt-ilişki matrisi elde edilmiştir. Öncelikle her bir rota için ayrı ayrı belirlenen direkt-ilişki matrisi satır ve sütun bazında toplanmış ve bu toplamalar arasındaki en büyük değer seçilerek ilgili k değişkeni belirlenmiştir. Daha sonra belirlenen k değişkeni ilgili rotanın direkt-ilişki matrisi (A) ile çarpılarak normalleştirilmiş direkt-ilişki matrisi (M) elde edilmiştir. İlgili işlemler aşağıda Rota_1 için gösterilmiştir.

Rota_1 için normalleştirilmiş direkt-ilişki matrisinin oluşturulması;

Ana Kriterler	YolD	HavaD	TraG	TraD	M	SosÖ	TehD	Temİ	Satır Top.
YolD	0	1,52	0,92	1,55	2,35	2,22	0,97	2,05	11,58
HavaD	1,17	0	1,05	1,06	1,43	1,43	0,74	1,12	8,01
TraG	2,43	3,10	0	2,86	3,78	2,49	1,52	2,35	18,53
TraD	1,48	1,64	1,82	0	1,65	2,05	0,85	1,52	10,99
M	1,70	1,68	1,78	1,66	0	2,22	0,68	1,40	11,11
SosÖ	1,38	1,22	1,24	1,35	0,90	0	0,68	0,85	7,61
TehD	2,06	3,06	1,38	1,98	2,93	2,24	0	2,17	15,82
Temİ	1,49	2,24	1,29	1,80	1,56	1,66	1,72	0	11,75
Sütun Top.	11,70	14,46	9,48	12,24	14,60	14,30	7,15	11,46	—

- Satır toplamı en büyük değer = 18,53
- Sütun toplamı en büyük değer = 14,60
- $k = \min\left(\frac{1}{18,53}, \frac{1}{14,60}\right)$
- $k = \left(\frac{1}{18,53}\right)$

k değeri belirlendikten sonra A_1 matrisinin her elemanı bu değer ile çarpılarak normalleştirilmiş direkt-ilişki matrisi oluşturulmuştur. Aşağıda Rota_1 için oluşturulan normalleştirilmiş direkt-ilişki matrisi (M) gösterilmiştir.

Ana Kriterler	YolD	HavaD	TraG	TraD	M	SosÖ	TehD	Temİ
YolD	0	0,08	0,05	0,08	0,13	0,12	0,05	0,11
HavaD	0,06	0	0,06	0,06	0,08	0,08	0,04	0,06
TraG	0,13	0,17	0	0,15	0,20	0,13	0,08	0,13
TraD	0,08	0,09	0,10	0	0,09	0,11	0,05	0,08
M	0,09	0,09	0,10	0,09	0	0,12	0,04	0,08
SosÖ	0,07	0,07	0,07	0,07	0,05	0	0,04	0,05
TehD	0,11	0,17	0,07	0,11	0,16	0,12	0	0,12
Temİ	0,08	0,12	0,07	0,10	0,08	0,09	0,09	0

Adım 6: Toplam ilişki matrisinin (S) elde edilmesi.

Bu adımda bir önceki adımda elde edilen normalleştirilmiş direkt-ilişki matrisleri (M) 8x8'lik birim matrisle (I) işleme sokularak her bir rota için ayrı ayrı toplam ilişki matrisi (S) elde edilmiştir. Öncelikle her bir rota için birim matristen normalleştirilmiş direkt ilişki matrisi çıkartılmıştır. Daha sonra elde edilen matrisin tersi alınarak normalleştirilmiş direkt-ilişki matrisi ile matris biçiminde çarpılmıştır. Böylelikle toplam ilişki matrisi elde edilmiştir. Toplam ilişki matrisinin elde edilmesinde eşitlik 3.3 kullanılmıştır.

Eşitlik 3.3 ile Excel ortamında her bir rota için ayrı ayrı hesaplamalar yapılmıştır. Aşağıda Rota_1 için hesaplamalar ve hesaplamalar sonucunda elde edilen toplam ilişki matrisleri gösterilmiştir.

- 8x8'lik birim matris

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

Rota_1 için toplam ilişki matrisinin hesaplanması;

- $(I - M_1)^{-1}$ matrisi

$$(I - M_1)^{-1} = \begin{bmatrix} \text{Ana Kriterler} & \text{YolD} & \text{HavaD} & \text{TraG} & \text{TraD} & \text{M} & \text{SosÖ} & \text{TehD} & \text{Temİ} \\ \text{YolD} & 1,13 & 0,23 & 0,16 & 0,21 & 0,26 & 0,26 & 0,13 & 0,22 \\ \text{HavaD} & 0,15 & 1,11 & 0,13 & 0,15 & 0,18 & 0,19 & 0,10 & 0,15 \\ \text{TraG} & 0,32 & 0,38 & 1,17 & 0,34 & 0,41 & 0,36 & 0,20 & 0,31 \\ \text{TraD} & 0,20 & 0,23 & 0,20 & 1,13 & 0,23 & 0,25 & 0,12 & 0,20 \\ \text{M} & 0,21 & 0,23 & 0,19 & 0,21 & 1,15 & 0,26 & 0,12 & 0,19 \\ \text{SosÖ} & 0,16 & 0,17 & 0,14 & 0,16 & 0,16 & 1,11 & 0,09 & 0,13 \\ \text{TehD} & 0,27 & 0,35 & 0,22 & 0,27 & 0,34 & 0,32 & 1,11 & 0,27 \\ \text{Temİ} & 0,21 & 0,27 & 0,18 & 0,23 & 0,24 & 0,24 & 0,17 & 1,13 \end{bmatrix}$$

- Toplam ilişki matrisi

$$S_1 = \begin{bmatrix} \text{Ana Kriterler} & \text{YolD} & \text{HavaD} & \text{TraG} & \text{TraD} & \text{M} & \text{SosÖ} & \text{TehD} & \text{Temİ} \\ \text{YolD} & 0,13 & 0,23 & 0,16 & 0,21 & 0,26 & 0,26 & 0,13 & 0,22 \\ \text{HavaD} & 0,15 & 0,11 & 0,13 & 0,15 & 0,18 & 0,19 & 0,10 & 0,15 \\ \text{TraG} & 0,32 & 0,38 & 0,17 & 0,34 & 0,41 & 0,36 & 0,20 & 0,31 \\ \text{TraD} & 0,20 & 0,23 & 0,20 & 0,13 & 0,23 & 0,25 & 0,12 & 0,20 \\ \text{M} & 0,21 & 0,23 & 0,19 & 0,21 & 0,15 & 0,26 & 0,12 & 0,19 \\ \text{SosÖ} & 0,16 & 0,17 & 0,14 & 0,16 & 0,16 & 0,11 & 0,09 & 0,13 \\ \text{TehD} & 0,27 & 0,35 & 0,22 & 0,27 & 0,34 & 0,32 & 0,11 & 0,27 \\ \text{Temİ} & 0,21 & 0,27 & 0,18 & 0,23 & 0,24 & 0,24 & 0,17 & 0,13 \end{bmatrix}$$

Adım 7: Gönderici grubu ve alıcı grubu hesaplanması.

Bu adımda bir önceki adımda elde edilen toplam ilişki matrisleri üzerinde her bir kriter için gerekli satır ve sütun işlemleri yapılarak D_i ve R_i değerleri belirlenmiştir. Bu değerler sayesinde kriterler arasındaki etkileşim açık bir şekilde ortaya koyulmaktadır.

Aşağıda Rota_1 için yapılan işlemler gösterilmiştir.

Rota_1 için D_i , R_i , $D_i + R_i$, ve $D_i - R_i$ değerlerinin elde edilmesi;

$S_1 =$	Ana Kriterler	YolD	HavaD	TraG	TraD	M	SosÖ	TehD	Temİ	D_i
	YolD	0,13	0,23	0,16	0,21	0,26	0,26	0,13	0,22	1,61
	HavaD	0,15	0,11	0,13	0,15	0,18	0,19	0,10	0,15	1,16
	TraG	0,32	0,38	0,17	0,34	0,41	0,36	0,20	0,31	2,51
	TraD	0,20	0,23	0,20	0,13	0,23	0,25	0,12	0,20	1,57
	M	0,21	0,23	0,19	0,21	0,15	0,26	0,12	0,19	1,57
	SosÖ	0,16	0,17	0,14	0,16	0,16	0,11	0,09	0,13	1,12
	TehD	0,27	0,35	0,22	0,27	0,34	0,32	0,11	0,27	2,16
	Temİ	0,21	0,27	0,18	0,23	0,24	0,24	0,17	0,13	1,66
	R_i	1,65	1,98	1,39	1,71	1,98	2	1,04	1,60	—

Tablo 17. Rota_1 için $D_i + R_i$ ve $D_i - R_i$ Değerleri

	$D_i + R_i$	$D_i - R_i$
Yol Durumu	3,26	-0,04
Hava Durumu	3,14	-0,82
Trafik Güvenliği	3,89	1,12
Trafik Durumu	3,28	-0,15
Maliyet	3,55	-0,41
Sosyal Özellikler	3,12	-0,88
Tehlike Durumları	3,19	1,12
Temel İhtiyaçlar	3,26	0,06

Adım 8: Etki yönlü graf diyagramı çizilmesi.

Çalışmada ana kriterler arasındaki ilişkiden ziyade ana kriter ağırlıklarının elde edilmesine önem verildiği için uygulama kısmında bu adım için bir şey yapılmasına gerek duyulmamıştır. Bu adımın amacı bir önceki adımda elde edilen $D_i + R_i$ ve $D_i - R_i$ değerlerinin görsel olarak ifade edilmesidir. Ayrıca bu adımın diğer adımlara herhangi bir etkisi bulunmamaktadır.

Adım 9: Her bir rota için tek bir ağırlık değeri elde edilmesi.

Bu adımda öncelikle DEMATEL yönteminin altıncı adımındaki eşitlik 3.7 ve 3.8 kullanılarak her bir ana kriter için ağırlık değerleri elde edilmiştir. Ağırlık değerlerinin hesaplanmasında eşitlikler her bir rota için ayrı ayrı uygulanmıştır. Daha sonra PAPRIKA

yönteminden elde edilen ve tüm rotalar için ortak olan ana kriter ağırlık değerleri DEMATEL yönteminden elde edilen ve her bir rota için ayrı ayrı belirlenen ana kriter ağırlık değerleri ile matris biçiminde çarpılarak her bir rota için tek bir ağırlık değeri elde edilmiştir. Son olarak elde edilen ağırlıklar normalize edilerek nihai rota ağırlıkları belirlenmiştir.

Aşağıda Rota_1 için yapılan işlemler gösterilmiştir.

PAPRIKA ağırlık matrisi;

$$[0,126 \quad 0,133 \quad 0,092 \quad 0,131 \quad 0,094 \quad 0,110 \quad 0,185 \quad 0,129]$$

Rota_1 için tek bir ağırlık değerinin belirlenmesi;

Tablo 18. Rota_1'in Ana Kriter Ağırlık Değerlerinin Hesaplanmasında Kullanılan Değerler

Ana Kriterler	$[(D_i + R_i)]^2$	$[(D_i - R_i)]^2$	$w_i = \sqrt{[(D_i + R_i)]^2 + [(D_i - R_i)]^2}$
Yol Durumu	10,60	0	3,26
Hava Durumu	9,84	0,67	3,24
Trafik Güvenliği	15,16	1,25	4,05
Trafik Durumu	10,78	0,02	3,29
Maliyet	12,63	0,17	3,58
Sosyal Özellikler	9,76	0,78	3,25
Tehlike Durumları	10,20	1,25	3,38
Temel İhtiyaçlar	10,64	0	3,26
Ağırlık Toplamı			27,31

Tablo 19. Rota_1'in Ana Kriter Ağırlık Değerleri

Ana Kriterler	$W_i = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$
Yol Durumu	$3,26 / 27,31 = 0,12$
Hava Durumu	$3,24 / 27,31 = 0,12$
Trafik Güvenliği	$4,05 / 27,31 = 0,15$
Trafik Durumu	$3,29 / 27,31 = 0,12$
Maliyet	$3,58 / 27,31 = 0,13$
Sosyal Özellikler	$3,25 / 27,31 = 0,12$
Tehlike Durumları	$3,38 / 27,31 = 0,12$
Temel İhtiyaçlar	$3,26 / 27,31 = 0,12$
Normalize Edilmiş Ağırlık Toplamı	1

Son olarak PAPRIKA yönteminden elde edilen ve tüm rotalar için ortak olan ana kriter ağırlık değerleri, DEMATEL yönteminden elde edilen ilgili rota ana kriter ağırlık değerleri ile matris biçiminde çarpılarak o rotaya ait tek bir ağırlık değeri elde edilmiştir.

Rota_1 ağırlık değeri;

$$[0,126 \quad 0,133 \quad 0,092 \quad 0,131 \quad 0,094 \quad 0,110 \quad 0,185 \quad 0,129] \times \begin{bmatrix} 0,12 \\ 0,12 \\ 0,15 \\ 0,12 \\ 0,13 \\ 0,12 \\ 0,12 \\ 0,12 \end{bmatrix} = 0,12397$$

Böylelikle her bir rotayı temsil eden tek bir ağırlık değeri elde edilmiştir. Ancak her bir rota için elde edilen ağırlık değerleri toplamı 1 değerini vermemektedir. Bu yüzden tüm rotaların ağırlıkları toplanmış ve her bir ağırlık bu toplama bölünerek normalizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Son olarak elde edilen ağırlıklar ise DEMATEL yönteminden elde edilen rota ağırlıklarıdır.

Aşağıda Tablo 20’de normalize edilmiş rota ağırlıkları gösterilmiştir.

Tablo 20. Normalize Edilmiş Rota Ağırlıkları

Tüm Rotaların Ağırlıkları Toplamı	Rota_1	Rota_2	Rota_3	Rota_4	Rota_5	Rota_6	Rota_7
0,86742	0,12397 / 0,86742	0,12421 / 0,86742	0,12374 / 0,86742	0,12365 / 0,86742	0,12387 / 0,86742	0,12382 / 0,86742	0,12416 / 0,86742
Normalize Edilmiş Rota Ağırlıkları	0,14292	0,14320	0,14265	0,14255	0,14280	0,14274	0,14314

Aşama 4: Hedef Programlama Yöntemi

Bir önceki aşamada alternatif rotaların her biri için ağırlıklar elde edildikten sonra bu aşamada bu ağırlıkları kullanarak problem için Hedef Programlama modeli oluşturulmuştur. Model oluşturulurken öncelikle modelde kullanılacak olan hedef kısıtlar belirlenmiştir. Ardından DEMATEL yönteminden elde edilen ağırlıklar modelde kullanılabilmesi için hedef kısıtına dönüştürülmüştür. Daha sonra amaç fonksiyonunda dikkate alınacak hedeften sapma değişkenleri belirlenmiştir. Son olarak Hedef Programlama modeli oluşturulmuş ve oluşturulan model GAMS yazılımı içerisinde çalıştırılarak alternatif rotalar sıralanmıştır.

Adım 10: Hedef kısıtlarının belirlenmesi.

Bu adımda önceden belirlenen 5 adet hedef kısıtı Hedef Programlama modelinde kullanılması için aşağıda gösterilmiştir (x_i değişkenleri alternatif rotaları temsil etmektedir).

1) Ortalama uzunluk hedef kısıtı (kilometre);

$$404x_1 + 476x_2 + 521x_3 + 542x_4 + 509x_5 + 437x_6 + 467x_7 + d_1^- - d_1^+ = 479$$

2) Ortalama araç sayısı hedef kısıtı (adet);

$$8000x_1 + 12000x_2 + 2000x_3 + 3000x_4 + 6000x_5 + 15000x_6 + 17000x_7 + d_2^- - d_2^+ = 9000$$

3) Ortalama zaman hedef kısıtı (dakika);

$$339x_1 + 388x_2 + 453x_3 + 457x_4 + 423x_5 + 377x_6 + 395x_7 + d_3^- - d_3^+ = 405$$

4) Ortalama ziyaret alanı hedef kısıtı (adet);

$$39x_1 + 46x_2 + 32x_3 + 38x_4 + 25x_5 + 59x_6 + 63x_7 + d_4^- - d_4^+ = 43$$

5) Ortalama tesis sayısı hedef kısıtı (adet);

$$50x_1 + 95x_2 + 64x_3 + 88x_4 + 52x_5 + 103x_6 + 98x_7 + d_5^- - d_5^+ = 79$$

Adım 11: DEMATEL rota ağırlıklarının hedef kısıtına dönüştürülmesi.

DEMATEL yöntemi ile elde edilen her bir rota ağırlığı modelde kullanılmak üzere hedef kısıtına dönüştürülmüştür. İlgili hedef kısıtı aşağıda gösterilmiştir.

$$0,14292x_1 + 0,14320x_2 + 0,14265x_3 + 0,14255x_4 + 0,14280x_5 + 0,14274x_6 + 0,14314x_7 + d_6^- - d_6^+ = 1$$

Adım 12: Amaç fonksiyonunda kullanılacak sapma değişkenlerinin belirlenmesi.

Bu adımda problem için oluşturulan modelin amaç fonksiyonunda dikkate alınacak hedeften sapma değişkenleri 3 farklı durum için değerlendirilmiştir. İlk iki durumda belirli hedeften sapma değişkenleri amaç fonksiyonunda kullanılırken üçüncü durumda tüm hedeften sapma değişkenleri dikkate alınmıştır. Bu işlem ile problemin dinamik yapısı gösterilmeye çalışılmıştır. Aşağıda 3 farklı durum için ilgili işlemler gösterilmiştir.

Durum 1;

Ortalama uzunluktan pozitif sapma (d_1^+), ortalama araç sayısından pozitif sapma (d_2^+), ortalama zamandan pozitif sapma (d_3^+), ortalama ziyaret alanından negatif sapma (d_4^-), ortalama tesis sayısından negatif sapma (d_5^-) değişkenleri ile DEMATEL ağırlıklarından hem

pozitif (d_6^+) hem de negatif (d_6^-) sapma değişkenleri amaç fonksiyonunda değerlendirilmeye alınarak bunların minimum tutulması hedeflenmiştir.

$$Minz = d_1^+ + d_2^+ + d_3^+ + d_4^- + d_5^- + d_6^- + d_6^+$$

Durum 2;

Ortalama uzunluktan pozitif sapma (d_1^+), ortalama araç sayısından pozitif sapma (d_2^+), ortalama zamandan pozitif sapma (d_3^+), ortalama ziyaret alanından negatif sapma (d_4^-), ortalama tesis sayısından negatif sapma (d_5^-) değişkenleri ile DEMATEL ağırlıklarından hem pozitif (d_6^+) hem de negatif (d_6^-) sapma değişkenleri amaç fonksiyonunda değerlendirilmeye alınarak bunların minimum tutulması hedeflenmiştir.

$$Minz = d_1^+ + d_2^+ + d_3^+ + d_4^- + d_5^- + d_6^- + d_6^+$$

Durum 3;

Ortalama uzunluktan pozitif (d_1^+) ve negatif (d_1^-) sapma, ortalama araç sayısından pozitif (d_2^+) ve negatif (d_2^-) sapma, ortalama zamandan pozitif (d_3^+) ve negatif (d_3^-) sapma, ortalama ziyaret alanından pozitif (d_4^+) ve negatif (d_4^-) sapma, ortalama tesis sayısından pozitif (d_5^+) ve negatif (d_5^-) sapma değişkenleri ile DEMATEL ağırlıklarından pozitif (d_6^+) ve negatif (d_6^-) sapma değişkenleri amaç fonksiyonunda değerlendirilmeye alınarak bunların minimum tutulması hedeflenmiştir.

$$Minz = d_1^+ + d_1^- + d_2^+ + d_2^- + d_3^+ + d_3^- + d_4^+ + d_4^- + d_5^+ + d_5^- + d_6^- + d_6^+$$

Adım 13: Hedef Programlama modelinin oluşturulması.

Aşağıda 3 farklı durum için oluşturulan hedef programlama modelleri gösterilmiştir.

Durum 1;

$$Minz = d_1^+ + d_2^+ + d_3^+ + d_4^- + d_5^- + d_6^- + d_6^+$$

k.a.

$$404x_1 + 476x_2 + 521x_3 + 542x_4 + 509x_5 + 437x_6 + 467x_7 + d_1^- - d_1^+ = 479$$

$$8000x_1 + 12000x_2 + 2000x_3 + 3000x_4 + 6000x_5 + 15000x_6 + 17000x_7 + d_2^- - d_2^+ = 9000$$

$$339x_1 + 388x_2 + 453x_3 + 457x_4 + 423x_5 + 377x_6 + 395x_7 + d_3^- - d_3^+ = 405$$

$$39x_1 + 46x_2 + 32x_3 + 38x_4 + 25x_5 + 59x_6 + 63x_7 + d_4^- - d_4^+ = 43$$

$$50x_1 + 95x_2 + 64x_3 + 88x_4 + 52x_5 + 103x_6 + 98x_7 + d_5^- - d_5^+ = 79$$

$$0,14292x_1 + 0,14320x_2 + 0,14265x_3 + 0,14255x_4 + 0,14280x_5 + 0,14274x_6 \\ + 0,14314x_7 + d_6^- - d_6^+ = 1$$

$$x_i, d_i^-, d_i^+ \geq 0$$

Durum 2;

$$Minz = d_1^+ + d_2^+ + d_3^+ + d_4^- + d_5^- + d_6^- + d_6^+$$

k.a.

$$404x_1 + 476x_2 + 521x_3 + 542x_4 + 509x_5 + 437x_6 + 467x_7 + d_1^- - d_1^+ = 479$$

$$8000x_1 + 12000x_2 + 2000x_3 + 3000x_4 + 6000x_5 + 15000x_6 + 17000x_7 + d_2^- - d_2^+ \\ = 9000$$

$$339x_1 + 388x_2 + 453x_3 + 457x_4 + 423x_5 + 377x_6 + 395x_7 + d_3^- - d_3^+ = 405$$

$$39x_1 + 46x_2 + 32x_3 + 38x_4 + 25x_5 + 59x_6 + 63x_7 + d_4^- - d_4^+ = 43$$

$$50x_1 + 95x_2 + 64x_3 + 88x_4 + 52x_5 + 103x_6 + 98x_7 + d_5^- - d_5^+ = 79$$

$$0,14292x_1 + 0,14320x_2 + 0,14265x_3 + 0,14255x_4 + 0,14280x_5 + 0,14274x_6 \\ + 0,14314x_7 + d_6^- - d_6^+ = 1$$

$$x_i \in \{0 - 1\}$$

$$d_i^-, d_i^+ \geq 0$$

Durum 3;

$$Minz = d_1^+ + d_1^- + d_2^+ + d_2^- + d_3^+ + d_3^- + d_4^+ + d_4^- + d_5^+ + d_5^- + d_6^- + d_6^+$$

k.a.

$$404x_1 + 476x_2 + 521x_3 + 542x_4 + 509x_5 + 437x_6 + 467x_7 + d_1^- - d_1^+ = 479$$

$$8000x_1 + 12000x_2 + 2000x_3 + 3000x_4 + 6000x_5 + 15000x_6 + 17000x_7 + d_2^- - d_2^+ \\ = 9000$$

$$339x_1 + 388x_2 + 453x_3 + 457x_4 + 423x_5 + 377x_6 + 395x_7 + d_3^- - d_3^+ = 405$$

$$39x_1 + 46x_2 + 32x_3 + 38x_4 + 25x_5 + 59x_6 + 63x_7 + d_4^- - d_4^+ = 43$$

$$50x_1 + 95x_2 + 64x_3 + 88x_4 + 52x_5 + 103x_6 + 98x_7 + d_5^- - d_5^+ = 79$$

$$0,14292x_1 + 0,14320x_2 + 0,14265x_3 + 0,14255x_4 + 0,14280x_5 + 0,14274x_6 \\ + 0,14314x_7 + d_6^- - d_6^+ = 1$$

$$x_i, d_i^-, d_i^+ \geq 0$$

Adım 14: Oluşturulan modelin GAMS yazılımı içerisinde çalıştırılması ve alternatif rotaların sıralanması.

3 farklı durum için oluşturulan Hedef Programlama modelleri GAMS yazılımı içerisinde çalıştırılmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. Sonuçlar durum 1 ve durum 3 için sıralama şeklinde, durum 2 için ise seçim şeklinde elde edilmiştir.

Durum 1;

Tablo 21. Durum 1 için Alternatif Rotaların Sıralaması

Rotalar	Ağırlıklar
1) x_1 (Rota_1)	0,4266
2) x_4 (Rota_4)	0,2865
3) x_6 (Rota_6)	0,2629
4) x_2 (Rota_2)	0,0240
5) x_3 (Rota_3)	0
6) x_5 (Rota_5)	0
7) x_7 (Rota_7)	0

Burada x_3 , x_5 , x_7 rotaları 0 değerini aldığı için kendi içinde farklı şekillerde sıralanabilir.

Durum 2;

Tablo 22. Durum 2 için En İyi Rotanın Seçilmesi

Rotalar	Değer
1) x_1 (Rota_1)	1
2) x_2 (Rota_2)	0
3) x_3 (Rota_3)	0
4) x_4 (Rota_4)	0
5) x_5 (Rota_5)	0
6) x_6 (Rota_6)	0
7) x_7 (Rota_7)	0

Burada 0-1 Hedef Programlama yöntemi kullanılarak (çevresel koşullar ve kişisel beklentiler temelindeki değerlendirmelerimizi dikkate alarak) alternatif rotalar arasından tercihlerimizi en iyi yansıtan rota seçilmiştir. Bu rota 1 değerini alan x_1 rotasıdır. Diğer rotalar 0 değerini aldığı için bu rotalar seçilmemiştir.

Durum 3;

Tablo 23. Durum 3 için Alternatif Rotaların Sıralaması

Rotalar	Ağırlıklar
1) x_2 (Rota_2)	0,2709
2) x_3 (Rota_3)	0,2691
3) x_6 (Rota_6)	0,2200
4) x_1 (Rota_1)	0,1600
5) x_5 (Rota_5)	0,0800
6) x_4 (Rota_4)	0
7) x_7 (Rota_7)	0

Burada x_4 ve x_7 rotaları 0 değerini aldığı için kendi içinde farklı şekillerde sıralanabilir.

Böylelikle durum 1 ve durum 3 için alternatif rotalar sıralanmış, durum 2 için ise seçim işlemi yapılmış ve problemin dinamik yapısı gösterilmiştir. Durum 1 için elde edilen sıralamalar esas çözüm olarak kabul edilmiş ve çevresel koşullar ile kişisel beklentiler temelinde alternatif rota planlama problemine çözüm üretilmiştir.

TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışmada PAPRIKA yöntemi ile tüm rotalar için ortak olan ana kriter ağırlıkları elde edilmiş ve DEMATEL yöntemi içerisinde kullanılarak her bir rotayı temsil eden tek bir rota ağırlığı belirlenmiştir. Son olarak DEMATEL yönteminden elde edilen global ağırlıklar Hedef Programlama yöntemi içerisinde hedef kısıtı olarak kullanılarak alternatif rotaların sıralanması ve seçilmesi sağlanmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıda ayrıntılı şekilde incelenmiştir.

Sonuç olarak amaç fonksiyonuna ilgili hedefler girildiğinde (durum 1) elde edilen alternatif rotaların ağırlıklara göre sıralaması; $x_1 = 0,4266, x_4 = 0,2865, x_6 = 0,2629, x_2 = 0,0240, x_3 = 0, x_5 = 0, x_7 = 0$ ve $x_1 > x_4 > x_6 > x_2 > x_3, x_5, x_7$ şeklinde bulunmuştur. Bu durum alt kriterler yardımıyla bulunan ana kriterlerin ağırlıkları ile önceden belirlenmiş olan hedef kısıtlarının hedef programlama modeli ile ilişkilendirilmesi sonucu ortaya çıkmıştır. Seyahat ederken istemeyeceğimiz pozitif veya negatif sapmaların amaç fonksiyonunda minimum yapılarak sınırlandırılması ve isteyeceğimiz sapmaların herhangi bir şekilde sınırlandırılmaması bu sıralamayı etkileyebilmektedir. Belirli hedeften sapma değişkenlerinin (seyahat esnasında gerçekleşmesine en az şekilde izin vereceğimiz değişkenler) amaç fonksiyonunda kullanıldığı bu sıralamada öncelikli olarak x_1 rotası seçilmiştir. Bunun sebebi ortalama uzunluktan pozitif sapmanın, ortalama araç sayısından pozitif sapmanın, ortalama zamandan pozitif sapmanın, ortalama ziyaret alanından negatif sapmanın, ortalama tesis sayısından negatif sapmanın ve ağırlıktan pozitif ve negatif sapmanın amaç fonksiyonunda minimize edilmesi ve ortalama uzunluktan negatif sapmanın, ortalama araç sayısından negatif sapmanın, ortalama zamandan negatif sapmanın, ortalama ziyaret alanından pozitif sapmanın ve ortalama tesis sayısından pozitif sapmanın amaç fonksiyonunda sınırlandırılmamasıdır. Hedeften sapma değişkenlerinin değerleri ise; $d_1^-, d_1^+, d_2^-, d_2^+, d_3^-, d_3^+, d_4^-, d_5^-, d_5^+, d_6^+ = 0, d_4^+ = 4$ ve $d_6^- = 0,8484$ olarak bulunmuştur. Burada d_4^+ değişkeni ortalama ziyaret alanı için hedef değerden 4 adet fazla olmasına izin veren değişkendir. Yani ortalama ziyaret alanı = 43 iken $43+4=47$ adede kadar bu işleme izin verildiğini söylemektedir. d_6^- değişkeni ise ilgili ağırlık hedefi kısıtının 1 değerinden $1-0,8484$ e kadar azaltılabileceğini söylemektedir. Geri kalan hedeften sapma değişken değerleri ise hedef kısıtlarında sapmaya izin verilmediğini göstermektedir. Burada x_1 rotası incelendiğinde alternatif rotalar içerisinde en az uzunluğa (404 km.) ve en az süreye (339 dk.) sahip olmakla beraber sınırlandırılmamış d_1^-, d_3^- değişkenleri için en iyi değer olarak karşımıza çıkmıştır. Ayrıca araç sayısı (8000 adet) ile sınırlandırılmamış d_2^- değişkeni için tercih edilebilir bir değer oluşturmuştur. Ziyaret alanıyla

(39 adet) ise ortalama değere çok yakın olmakla beraber sadece tesis sayısı (50 adet) bakımından ortalama değere çok uzaktır. GAMS yazılımıyla yapılan kodlama ile her bir rota için bu değerlendirmeler matematiksel olarak yapılmış olup tüm bu bilgiler ışığında en iyi rota sıralaması $x_1 > x_4 > x_6 > x_2 > x_3, x_5, x_7$ şeklinde elde edilmiştir.

Öte yandan tüm hedeften sapma değişkenlerinin amaç fonksiyonunda minimize edilerek kullanılması (durum 2 ve durum 3) durumu söz konusudur. Bunun sebebi hedef kısıtlarının eşitlik şeklinde gerçekleşmesi ve ortalama değer istenmesidir.

Böylelikle seyahat esnasında her hedef kısıtının eşit düzeyde gerçekleşebilmesi istenmiş olmaktadır. Başka bir deyişle bu 2 modelde hedef kısıtlarında yer alan hedeften negatif ve pozitif sapmaların hepsi amaç fonksiyonunda minimize edilerek sınırlandırılmıştır. Amaç, hedeften sapma değişkenlerinin hem pozitif yönlü hem de negatif yönlü etkilerinin birlikte en küçüklenmesini sağlayıp alternatif rotaların ortaya çıkmasını sağlamaktır. Bu şekilde elde edilen sonuçlarda durum 2’de x_j karar değişkeni 0-1 tam sayılı yapıda kullanılarak alternatif rotalar arasından en iyi olan rota seçimi işlemi gerçekleştirilmiş ve en iyi rota olarak x_1 rotası seçilmiştir. Bu rota ilgili hedef değişkenlerinin amaç fonksiyonunda sınırlandırıldığı durum 1 için de en iyi rota olarak belirlenmiştir. Modelde hedeften sapma değişkenleri $d_1^+, d_2^+, d_3^+, d_4^+, d_5^+, d_6^+ = 0$ değerini ve $d_1^- = 75, d_2^- = 1000, d_3^- = 66, d_4^- = 4, d_5^- = 29, d_6^- = 0.8571$ değerini almıştır. Bu durumda d_1^- değişkeni ile ortalama uzunluk kısıtının, d_2^- değişkeni ile ortalama araç sayısı kısıtının, d_3^- değişkeni ile ortalama zaman kısıtının, d_4^- değişkeni ile ortalama ziyaret alanı kısıtının, d_5^- değişkeni ile ortalama tesis sayısı kısıtının, d_6^- değişkeni ile ağırlık hedefi kısıtının ilgili değerler kadar azaltılabileceğini söylemektedir. Durum 3 için yapılan işlemlerde elde edilen sonuçta ise alternatif rotaların ağırlıklara göre sıralaması ise; $x_2 = 0,2709, x_3 = 0,2691, x_6 = 0,2200, x_1 = 0,1600, x_5 = 0,0800, x_4 = 0, x_7 = 0$ ve $x_2 > x_3 > x_6 > x_1 > x_5 > x_4, x_7$ şeklinde bulunmuştur. Bu modelde hedeften sapma değişkenlerinin hepsi amaç fonksiyonunda sınırlandırıldığı ve sınırlandırılmamış hedeften sapma değişkenleri olmadığı için ortalama değere en yakın olabilecek rotalar sıralanmıştır. Modelde hedeften sapma değişkenleri $d_1^-, d_1^+, d_2^-, d_2^+, d_3^-, d_3^+, d_4^-, d_4^+, d_5^-, d_5^+, d_6^+ = 0$ değerini ve $d_6^- = 0,8545$ değerini almıştır. Bu durumda d_6^- değişkeni ile ağırlık hedefi kısıtının 1 değerinden 1-0,8545’ e kadar azaltılabileceği söylenmektedir. Buda ağırlık hedef kısıtı hariç geri kalan hedef kısıtlardan hiçbirinde herhangi bir sapmaya izin verilmediğini ortaya koymuştur.

Özet olarak birbirinden farklı bu 3 modele bakıldığında mevcut değişikliklerin amaç fonksiyonunda oluşturulan hedeften sapma değişkenlerinin kullanımı ve x_j karar değişkeninin kullanım yapısı ile alakalı olduğu görülmüştür. İlk model problem için asıl çözüm olarak

kabul edilmiş ve tüm hedef değişkenlerinin amaç fonksiyonunda sınırlandırılmamasıyla (seyahat sırasında isteyeceğimiz sapmaları sınırlandırmayıp istemeyeceğimiz sapmaları minimize ederek) alternatif rota planlama problemine alternatif bir çözüm bulunmuştur. İkinci modelde ise tüm hedef değişkenlerinin amaç fonksiyonunda sınırlandırılmasıyla ve x_j karar değişkeninin 0-1 tam sayılı yapıda ele alınmasıyla alternatif rota planlama problemi için bir seçim işlemi gerçekleştirilmiştir. Son olarak üçüncü modelde ise tüm hedef değişkenlerinin amaç fonksiyonunda sınırlandırılmasıyla alternatif rota planlama problemine alternatif bir çözüm bulunmuştur. İlk iki modelde x_1 rotası en iyi rota olarak seçilirken üçüncü modelde x_2 rotası en iyi rota olarak seçilmiştir. Ayrıca sıralama yapılan modeller açısından bakıldığında ilk modelde 3 tane en son seçilebilecek rota mevcut iken üçüncü modelde 2 tane en son seçilebilecek rota mevcuttur. Her 2 modelde de ortak olarak 3. tercih edilecek rota x_6 rotası olarak belirlenmiştir. Yine her 2 modelde de ortak olarak en son seçilecek rotalardan biri x_7 rotası olarak belirlenmiştir. Bunların yanı sıra bu 3 farklı model ile elde edilen sonuçlara bakıldığında alternatif rota planlama probleminin dinamik bir yapısının olduğu görülmüştür.

Bu çalışma ile literatürde var olan alternatif rota planlama problemine geleneksel bakış açılarından farklı olarak çevresel koşullar ve kişisel beklentiler temelinde ÇKKV yöntemleri kullanılarak çözüm üretilmiştir. Ayrıca çalışma alternatif rota planlama problemi için belirlenen alt kriterlerin ve ana kriterlerin sayısı ve içeriği bakımından geniş kapsamlı olarak ele alınmıştır. Böylelikle alternatif rota planlama konusuna katkı sağlanmıştır. Son olarak PAPRIKA yöntemi Türkiye’de ilk defa bu çalışmada kullanılmıştır.

KAYNAKLAR

- Aggarwal, R., Rider, L. G., Ruperto, N., Bayat, N., Erman, B., Feldman, B. M., Oddis, C. V., Amato, A. A., Chinoy H. and Cooper, R. G., 2017. 2016 American college of rheumatology/European league against rheumatism criteria for minimal, moderate, and major clinical response in adult dermatomyositis and polymyositis: an international myositis assessment and clinical studies group/paediatric rheumatology international trials organisation collaborative initiative. *Arthritis & Rheumatology*, 69 (5), 898-910.
- Al Isma'ili, S., Li, M., Shen J. and He, Q., 2016. Cloud computing adoption decision modelling for SMEs: a conjoint analysis. *International Journal of Web and Grid Services*, 12 (3), 296-327.
- Aksakal, E. and Dağdeviren, M., 2010. ANP ve DEMATEL yöntemleri ile personel seçimi problemine bütünleşik bir yaklaşım. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 25 (4), 905-913.
- Aksakal, E. and Dağdeviren, M., 2015. Yetenek yönetimi temelli personel atama modeli ve çözüm önerisi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 30 (2), 249-262.
- Alp, S., 2008. Doğrusal hedef programlama yönteminin otobüsle kent içi toplu taşıma sisteminde kullanılması. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7 (13), 73-92.
- Anonim., 2007. Rota planlama ve rota hakkında tanımlar. <https://nedir.ileilgili.org/rota> (10.01.2021).
- Arslan, N., 2020. HTEA tabanlı FUCOM & KEMIRA-M entegre yöntemi ile sağlık sektöründe risk değerlendirme. Y.Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Bacudio, L. R., Benjamin, M. F. D., Eusebio, R. C. P., Holaysan, S. A. K., Promentilla, M. A. B., Yu, K. D. S. and Aviso, K. B., 2016. Analyzing barriers to implementing industrial symbiosis networks using DEMATEL. *Sustainable Production and Consumption*, 7, 57-65.
- Badri, M. A., 2001. A combined AHP–GP model for quality control systems. *International Journal of Production Economics*, 72 (1), 27-40.
- Bertolini, M. and Bevilacqua, M., 2006. A combined goal programming—AHP approach to maintenance selection problem. *Reliability Engineering & System Safety*, 91 (7), 839-848.
- Bozkurt, S., Yazici, A. and Keskin K., 2012. A multicriteria route planning approach considering driver preferences. 2012 IEEE International Conference on Vehicular Electronics and Safety (ICVES 2012), IEEE.
- Büyüközkan, G. and Güleriyüz, S., 2016. An integrated DEMATEL-ANP approach for renewable energy resources selection in Turkey. *International Journal of Production Economics*, 182, 435-448.
- Carnero, M. C., 2020. Waste segregation FMEA model integrating intuitionistic fuzzy set and the PAPRIKA method. *Mathematics*, 8 (8), 1375.
- Chandra, S., 2014. Safety-based path finding in urban areas for older drivers and bicyclists. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 48, 143-157.
- Charnes, A., Haynes, K. E., Hazleton, J. E. and Ryan, M. J., 1975. A Hierarchical Goal-Programming approach to environmental land use management. *Geographical analysis*, 7 (2), 121-130.

- Chatterjee, P., Manikrao Athawale, V. and Chakraborty, S., 2010. Selection of industrial robots using compromise ranking and outranking methods. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 26 (5), 483-489.
- Choi, Y. and Nieto, A., 2011. Optimal haulage routing of off-road dump trucks in construction and mining sites using Google Earth and a modified least-cost path algorithm. *Automation in Construction*, 20 (7), 982-997.
- Dalvi Esfahani, M., Niknafs, A., Kuss, D. J., Nilashi, M. and Afrough, S., 2019. Social media addiction: Applying the DEMATEL approach. *Telematics and Informatics*, 43, 101250.
- Delling, D., Schieferdecker, D. and Sommer, C., 2018. Traffic-aware routing in road networks. 2018 IEEE 34th International Conference on Data Engineering (ICDE), IEEE.
- Derek, J. and Sikora, M., 2019. Bicycle Route Planning Using Multiple Criteria GIS Analysis. 2019 International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM), IEEE.
- Dotoli, M., Hammadi, S., Jeribi, K., Russo, C. and Zgaya, H., 2013. A multi-agent decision support system for optimization of co-modal transportation route planning services. 52nd IEEE Conference on Decision and Control, IEEE.
- Dumanoglu, S., 2010. İMKB'de işlem gören çimento şirketlerinin mali performansının TOPSIS yöntemi ile değerlendirilmesi. *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 29 (2), 323-339.
- Dündar, A. O. and Zerenler, M., 2011. Bir un fabrikasında Hedef Programlama uygulaması. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 11 (21), 74-94.
- Eren, T. and Ünal, F. M., 2016. Hedef programlama ile nöbet çizelgeleme probleminin çözümü. *Akademik Platform Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 4 (1), 28-37.
- Eroğlu, E., 2016. Yöneylem Araştırması. *İstanbul Üniversitesi Açık ve Uzaktan Eğitim Fakültesi*, 350 s, İstanbul.
- Ferguson, E. L., Darmon, N., Fahmida, U., Fitriyanti, S., Harper, T. B. and Premachandra, I. M., 2006. Design of optimal food-based complementary feeding recommendations and identification of key "problem nutrients" using goal programming. *The Journal of Nutrition*, 136 (9), 2399-2404.
- Funke, S., Laue, S. and Storandt, S., 2016. Deducing individual driving preferences for user-aware navigation. *Proceedings of the 24th ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems*.
- Akal İlkhan, F. Ş., 2014. PAPRIKA (Potentially All Pairwise Rankings of All Possible Alternatives). *Operasyonel Yönetiş ve Stratejik Problemlerin Çözümünde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri*, Yıldırım, B. F. ve Önder E. Dora Yayıncılık, Türkiye, 301-312.
- Gangan, S., Khator, S. K. and Babu, A., 1987. Multiobjective decision making approach for determining alternate routing in a flexible manufacturing system. *Computers & Industrial Engineering*, 13 (1-4), 112-117.
- Gebrezgabher, S. A., Meuwissen, M. P. M. and Oude Lansink, A. G. J. M., 2014. A multiple criteria decision making approach to manure management systems in the Netherlands. *European Journal of Operational Research*, 232 (3), 643-653.
- Ghaemi Rad, T., Sadeghi Niaraki, A., Abbasi, A. and Choi, S.-M., 2018. A methodological framework for assessment of ubiquitous cities using ANP and DEMATEL methods. *Sustainable Cities and Society*, 37, 608-618.
- Giannikos, I., 1998. A multiobjective programming model for locating treatment sites and routing hazardous wastes. *European journal of operational research*, 104 (2), 333-342.
- Gülenç, İ. F. and Karabulut B., 2005. Doğrusal hedef programlama ile bir üretim planlama probleminin çözümü. *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (9), 55-68.

- Gür, Ş., Hamurcu, M., and Tamer, E., 2017. Ankara'da Monoray projelerinin analitik hiyerarşi prosesi ve 0-1 hedef programlama yöntemleri ile seçimi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 23 (4), 437-443.
- Hansen, P. and Ombler F., 2008. A new method for scoring additive multi- attribute value models using pairwise rankings of alternatives. Journal of Multi- Criteria Decision Analysis, 15 (3- 4), 87-107.
- Hori, S. and Shimizu, Y., 1999. Designing methods of human interface for supervisory control systems. Control Engineering Practice, 7 (11), 1413-1419.
- Hsu, C. W., Kuo, T. C., Chen, S. H. and Hu, A. H., 2013. Using DEMATEL to develop a carbon management model of supplier selection in green supply chain management. Journal of Cleaner Production, 56, 164-172.
- Hu, H., Li, J. and Li, X., 2018. A credibilistic goal programming model for inventory routing problem with hazardous materials. Soft Computing, 22 (17), 5803-5816.
- Ignizio, J. P., 1983. Generalized goal programming an overview. Computers & Operations Research, 10 (4), 277-289.
- Uçal, İ., Ervural, B. Ç. and Bozat, S., 2017. Sürdürülebilir tedarik zinciri yönetiminde DEMATEL yöntemiyle tedarikçi değerlendirme kriterlerinin incelenmesi ve sağlık sektöründe bir uygulama. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 23 (4), 477-485.
- Isihara, P., Shi, C., Ward, J., O'Malley, L., Laney, S., Diedrichs, D. and Flores, G., 2020. Identifying most typical and most ideal attribute levels in small populations of expert decision makers: Studying the Go/No Go decision of disaster relief organizations. Journal of choice modelling, 35, 100204.
- Jakimavičius, M. and Burinskienė, M., 2010. Route planning methodology of an advanced traveller information system in Vilnius city. Transport, 25 (2), 171-177.
- Jerry Ho, W. R., Tsai, C. L., Tzeng, G. H. and Fang, S. K., 2011. Combined DEMATEL technique with a novel MCDM model for exploring portfolio selection based on CAPM. Expert Systems with Applications, 38 (1), 16-25.
- Kamble, S. S., Gunasekaran, A. and Sharma, R., 2020. Modeling the blockchain enabled traceability in agriculture supply chain. International Journal of Information Management, 52, 101967.
- Karaatli, M., Ömürbek, N., Emrah, I. and Yilmaz, E., 2016. Performans değerlemesinde DEMATEL ve bulanık TOPSIS uygulaması. Ege Akademik Bakış Dergisi, 16 (1), 49-64.
- Karaoğlu, S. and Şahin, S., 2016. DEMATEL ve AHP yöntemleri ile işletmelerin satın alma problemlerine bütünlük bir yaklaşım, DSLR kamera örneği. İşletme Araştırmaları Dergisi, 8 (2), 359-375.
- Karsak, E. E., Sozer, S. and Alptekin, S. E., 2003. Product planning in quality function deployment using a combined analytic network process and goal programming approach. Computers & industrial engineering, 44 (1), 171-190.
- Katagiri, H., Uno, T., Kato, K., Tsuda, H. and Tsubaki, H., 2013. An interactive multiobjective programming approach to tour route planning problems. 2013 IEEE 6th International Workshop on Computational Intelligence and Applications (IWCIA), IEEE.
- Keshkamat, S. S., Looijen, J. M. and Zuidgeest, M. H., 2009. The formulation and evaluation of transport route planning alternatives: a spatial decision support system for the via Baltica project, Poland. Journal of Transport Geography, 17 (1), 54-64.
- Khorramshahgol, R. and Okoruwa, A. A., 1994. A goal programming approach to investment decisions: A case study of fund allocation among different shopping malls. European Journal of Operational Research, 73 (1), 17-22.

- Khoshamooz, G. and Taleai, M., 2017. Multi- domain user- generated content based model to enrich road network data for multi- criteria route planning. *Geographical Analysis*, 49 (3), 239-267.
- Koçak, A. and Diyadin A., 2018. Sanayi 4.0 geçiş süreçlerinde kritik başarı faktörlerinin DEMATEL yöntemi ile değerlendirilmesi. *Ege Akademik Bakis*, 18 (1), 107-120.
- Korucuk, S. and Memiş, S., 2019. Yeşil liman uygulamaları performans kriterlerinin DEMATEL yöntemi ile önceliklendirilmesi: İstanbul örneği. *Avrasya Uluslararası Araştırmalar Dergisi*, 7 (16), 134-148.
- Kouhizadeh, M., Saberi, S. and Sarkis, J., 2021. Blockchain technology and the sustainable supply chain: Theoretically exploring adoption barriers. *International Journal of Production Economics*, 231, 107831.
- Kunchev, L., 2017. Methodology for selection the truck route. *Proceedings of Engineering for Rural Development*, Jelgava, 263-272.
- Lee, S. M., 1971. Decision analysis through goal programming. *Decision Sciences*, 2 (2), 172-180.
- Lee, S. M., 1972. Goal Programming for decision analysis of multiple objectives. 6, 19-37.
- Levary, R. R., 1986. Optimal control problems with goal objective functions. *International Journal of Systems Science*, 17 (1), 97-109.
- Li, C. W. and Tzeng G. H., 2009. Identification of a threshold value for the DEMATEL method using the maximum mean de-entropy algorithm to find critical services provided by a semiconductor intellectual property mall. *Expert Systems with Applications*, 36 (6), 9891-9898.
- Li, C., Anavatti, S. G. and Ray T., 2012. Adaptive route guidance system with real-time traffic information. 2012 15th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, IEEE.
- Liberman, A. L., Pinto, D., Rostanski, S. K., Labovitz, D. L., Naidech, A. M. and Prabhakaran, S., 2019. Clinical decision-making for thrombolysis of acute minor stroke using adaptive conjoint analysis. *The Neurohospitalist*, 9 (1), 9-14.
- Lin, W. R., Wang, Y. H., and Hung, Y. M., 2020. Analyzing the factors influencing adoption intention of internet banking: Applying DEMATEL-ANP-SEM approach. *Plos one*, 15 (2), 0227852.
- Lozano Oyola, M., Blancas, F. J., González, M. and Caballero, R., 2012. Sustainable tourism indicators as planning tools in cultural destinations. *Ecological Indicators*, 18, 659-675.
- Mendoza, G. A. and Prabhu, R., 2000. Multiple criteria decision making approaches to assessing forest sustainability using criteria and indicators: a case study. *Forest Ecology and Management*, 131 (1-3), 107-126.
- Mirzaee, S., Fannon, D. and Ruth, M., 2019. A comparison of preference elicitation methods for multi-criteria design decisions about resilient and sustainable buildings. *Environment Systems and Decisions*, 39 (4), 439-453.
- Nilashi, M., Samad, S., Manaf, A. A., Ahmadi, H., Rashid, T. A., Munshi, A., Almkadi, W., Ibrahim, O. and Ahmed, O. H., 2019. Factors influencing medical tourism adoption in Malaysia: A DEMATEL-Fuzzy TOPSIS approach. *Computers & Industrial Engineering*, 137, 106005.
- Ozkarahan, I., 2000. Allocation of surgeries to operating rooms by goal programming. *Journal of Medical Systems*, 24 (6), 339-378.
- Pahlavani, P. and Delavar, M. R., 2014. Multi-criteria route planning based on a driver's preferences in multi-criteria route selection. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 40, 14-35.
- Pan, J. N. and Nguyen, H. T. N., 2015. Achieving customer satisfaction through product-service systems. *European Journal of Operational Research*, 247 (1), 179-190.

- Pati, R. K., Vrat, P. and Kumar, P., 2008. A goal programming model for paper recycling system. *Omega*, 36 (3), 405-417.
- Phua, M. H. and Minowa, M., 2005. A GIS-based multi-criteria decision making approach to forest conservation planning at a landscape scale: a case study in the Kinabalu Area, Sabah, Malaysia. *Landscape and urban planning*, 71 (2-4), 207-222.
- Pinto, D., Bockenholt, U., Lee, J., Chang, R. W., Sharma, L., Finn, D. J., Heinemann, A. W., Holl, J. L. and Hansen, P., 2019. Preferences for physical activity: a conjoint analysis involving people with chronic knee pain. *Osteoarthritis and Cartilage*, 27 (2), 240-247.
- Rajput, S. and Singh, S. P., 2019. Connecting circular economy and industry 4.0. *International Journal of Information Management*, 49, 98-113.
- Ram Kumar, P., Narendran, T. and Sivakumar, A., 2009. Bi-criteria convoy movement problem. *The Journal of Defense Modeling and Simulation*, 6 (3), 151-164.
- Ravindran, A. R., Ufuk Bilsel, R., Wadhwa, V. and Yang, T., 2010. Risk adjusted multicriteria supplier selection models with applications. *International Journal of Production Research*, 48 (2), 405-424.
- Rosita, Y. D., Rosyida, E. E. and Rudiyanto, M. A., 2019. Implementation of dijkstra algorithm and multi-criteria decision-making for optimal route distribution. *Procedia Computer Science*, 161, 378-385.
- Sadeghi Niaraki, A., Kim, K. and Varshosaz, M., 2010. Multi-criteria decision-based model for road network process. *International Journal of Environmental Research*, 4 (4), 573-582.
- Sadeghi Niaraki, A., Varshosaz, M., Kim, K. and Jung, J. J., 2011. Real world representation of a road network for route planning in GIS. *Expert Systems with Applications*, 38 (10), 11999-12008.
- Şahin, B. N. and Kahya, E., 2018. Hedef Programlama modeli ile ergonomik kısıtlar altında montaj hattı dengelemesi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 6, 188-196.
- Samouilidis, J. E. and Pappas, I. A., 1980. A goal programming approach to energy forecasting. *European Journal of Operational Research*, 5 (5), 321-331.
- Sarraf, R. and McGuire M. P., 2020. Integration and comparison of multi-criteria decision making methods in safe route planner. *Expert Systems with Applications*, 154, 113399.
- Sawaragi, T., Horiguchi, Y. and Kuroda, Y., 2006. Editing and distributing human skills within community via fragmentary annotations on image data. *IFAC Proceedings Volumes*, 39 (4), 172-177.
- Shafer, S. M. and Rogers, D. F., 1991. A goal programming approach to the cell formation problem. *Journal of Operations Management*, 10 (1), 28-43.
- Sharma, M., Joshi, S. and Kumar, A., 2020. Assessing enablers of e-waste management in circular economy using DEMATEL method: An Indian perspective. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 13325-13338.
- Shieh, J. I., Wu, H. H. and Huang, K. K., 2010. A DEMATEL method in identifying key success factors of hospital service quality. *Knowledge-Based Systems*, 23 (3), 277-282.
- Sinha, B. and Sen, N., 2011. Goal programming approach to tea industry of Barak valley of Assam. *Applied Mathematical Sciences*, 5 (29), 1409-1419.
- Sonel, E., Şeyda, G. and Tamer, E., (2019). Çok ölçütlü karar verme ile sağlık turizminde şehir seçimi ve analizi. *Uluslararası Global Turizm Araştırmaları Dergisi*, 3 (1), 27-39.
- Stoilova, S., 2018. An approach for choosing the optimal route and type of transport for freight carriage using Compromise programming. *MATEC Web of Conferences*, EDP Sciences.
- Tamiz, M., Mirrazavi, S. K., and Jones, D. F., 1999. Extensions of Pareto efficiency analysis to integer goal programming. *Omega*, 27 (2), 179-188.

- Tsai, W. H. and Chou, W. C., 2009. Selecting management systems for sustainable development in SMEs: A novel hybrid model based on DEMATEL, ANP, and ZOGP. *Expert systems with applications*, 36 (2), 1444-1458.
- Türkoğlu, S. P., 2017. Karar vermede Hedef Programlama yöntemi ve uygulamaları. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 1 (2), 29-46.
- Wang, Y. M. and Parkan, C., 2007. A preemptive goal programming method for aggregating OWA operator weights in group decision making. *Information Sciences*, 177 (8), 1867-1877.
- Wu, H. Y., 2012. Constructing a strategy map for banking institutions with key performance indicators of the balanced scorecard. *Evaluation and Program Planning*, 35 (3), 303-320.
- Wu, W. W. and Lee, Y. T., 2007. Developing global managers' competencies using the fuzzy DEMATEL method. *Expert Systems with Applications*, 32 (2), 499-507.
- Wu, W. W., 2008. Choosing knowledge management strategies by using a combined ANP and DEMATEL approach. *Expert Systems with Applications*, 35 (3): 828-835.
- Wu, Y. J. and Chen, J. C., 2021. A structured method for smart city project selection. *International Journal of Information Management*, 56, 101981.
- Zhang, L., Sun, X. and Xue, H., 2019. Identifying critical risks in Sponge City PPP projects using DEMATEL method: A case study of China. *Journal of cleaner production*, 226, 949-958.
- Zhou, D. q., Zhang, L. and Li, H. w., 2006. A study of the system's hierarchical structure through integration of DEMATEL and ISM. 2006 international conference on machine learning and cybernetics, IEEE.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı:	Emirhan Mesut YILMAZ
Doğum tarihi:	
Doğum Yeri:	
Uyruğu:	
Adres:	
E-mail:	
Eğitim	
Lise:	Ordu Fatih Anadolu Lisesi
Lisans:	Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü
Yüksek lisans:	Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı (2018)
Yabancı Dil Bilgisi	
İngilizce:	İyi
Üretilmiş Yayınlar	
1. ALTI SİGMA YAKLAŞIMI ile OFİS ERGONOMİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ ÜZERİNE BİR UYGULAMA Emirhan Mesut YILMAZ, Erdem AKSAKAL 24. Ulusal Ergonomi Kongresi (24 UEK), Erzurum, Türkiye, 28-30 Eylül 2018, ss.93	