

**ÇOK KRİTERLİ KARAR PROBLEMİNE
UZAKLIK VE REFERANS TEMELLİ
ÇÖZÜM YAKLAŞIMI**

Doktora Tezi

Ahmet AYTEKİN

Eskişehir, 2020

**ÇOK KRİTERLİ KARAR PROBLEMİNE UZAKLIK VE REFERANS
TEMELLİ ÇÖZÜM YAKLAŞIMI**

Ahmet AYTEKİN

DOKTORA TEZİ

İşletme Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Hasan DURUCASU

Eskişehir

Anadolu Üniversitesi

Sosyal Bilimler Enstitüsü

Haziran, 2020

ÖZET

ÇOK KRİTERLİ KARAR PROBLEMİNE UZAKLIK VE REFERANS TEMELLİ

ÇÖZÜM YAKLAŞIMI

Ahmet AYTEKİN

İşletme Anabilim Dalı

Sayısal Yöntemler Bilim Dalı

Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Haziran, 2020

Danışman: Prof. Dr. Hasan DURUCASU

Günümüzde çok kriterli karar verme teknikleri, çeşitli endüstri ve yaşam alanlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Karar problemlerinin kendine özgü yapısı nedeniyle, söz konusu çeşitli alanlarda karşılaşılan karar problemlerinin tümünde aynı çok kriterli karar verme tekniğiyle etkin çözüme ulaşmak mümkün olamamaktadır. Bu çalışmada, karar problemlerinin yapısı ve karar vericinin tercihleri bağlamında referans ve/veya uzaklık temelli Referansa En Yakın Çözüm Tekniği (REF), REF-II ve Karma Kriterli Karar Problemlerinde Uzaklık Temelli Çözüm Tekniği (KARMA) önerileri geliştirilmiştir. Ayrıca, karar problemlerinde karar kriterlerinin ölçeklendirilmesi ve ağırlıklandırılması amacıyla Aralıklı ve Aşamalı Tercih/Önem Ölçeği önerisine yer verilmiştir.

REF'in temel amacı, karar vericinin karşılaştığı karar probleminde, her bir kriter için belirlenecek referanslardan yararlanarak en iyi kararı vermesine yardımcı olmaktır. REF, referans değer aralıklı olarak belirlenebilmesi, ardıl değerler kullanılabilmesi, farklı ölçeklerle ölçülmüş kriterlerin değerlendirmeye alınabilmesi özellikleriyle literatürdeki diğer çok kriterli karar verme tekniklerinden farklılaşmaktadır. REF-II ise sıra değişimi sorunu içermemekte ve alternatif küme değişikliklerinde, mevcut alternatifler için yeniden hesaplama gerektirmemektedir. Diğer yandan KARMA, karar vericinin kriterler üzerinde referans veya optimizasyon yönü belirleyememesi ve bu nedenle alternatif kümesine en yakın ya da en uzak alternatifin tercih edilmesi durumunda kullanılacak çok kriterli karar verme tekniği olarak karşımıza çıkmaktadır.

Çalışma kapsamında söz konusu üç teknik, ikinci el otomobil seçim problemine uygulanmıştır. Ayrıca, karşılaştırmalı duyarlılık analizine yer verilerek önerilen tekniklerin, diğer tekniklere benzerlikleri ve farklılıkları ortaya konulmuştur. REF, REF-II ve KARMA'nın çok kriterli karar verme literatürüne önemli yenilikler katacağı ve farklı alanlarda başarıyla uygulanabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Sözcükler: Çok kriterli karar verme, Referansa En Yakın Çözüm Tekniği, Referansa En Yakın Çözüm Tekniği-II, Aralıklı ve Aşamalı Tercih/Önem Ölçeği, Karma Kriterli Karar Problemlerinde Uzaklık Temelli Çözüm Tekniği

ABSTRACT

THE DISTANCES AND REFERENCES BASED SOLUTION APPROACH FOR MULTI-CRITERIA DECISION PROBLEMS

Ahmet AYTEKİN

Department of Business and Administration

Anadolu University, Graduate School of Social Sciences, June 2020

Supervisor: Prof. Dr. Hasan DURUCASU

Today, multi-criteria decision-making techniques are widely used in various industries and areas of life. Due to the unique nature of the decision problems, it is not possible to reach an effective solution with the same multi-criteria decision-making technique in all of the decision problems encountered in these various fields. In the context of the structure of decision problems and the decision-maker's preferences, this study proposes new three techniques, Nearest Solution to References (REF), REF-II, and Distances Based Solution Technique for Decision Problems Including Mixed Type Criteria (KARMA), which are based on references and distances. Also, the Interval and Iterative Preference/Priority Scale is proposed for the scaling and weighting of the decision criteria in the decision problems.

The main purpose of REF is to help the decision-maker make the best decision by making use of the references to be determined for each criterion in the decision problem faced. REF differs from other multi-criteria decision-making techniques in the literature in that it determines the reference value as a range, using successor values, and it evaluates the criteria measured using different scales. REF-II does not have the problem of rank reversal and does not require recalculation for existing alternatives in removing or adding alternatives from the problem. On the other hand, KARMA is a multi-criteria decision-making technique that can be used in case the decision-maker cannot determine a reference value or an optimization direction on the criteria and therefore the closest or farthest alternative is preferred.

Within the scope of the study, these three techniques were applied to the problem of second-hand automobile selection. Also, by including comparative sensitivity analysis; the similarities and differences of the proposed techniques with other techniques are revealed. The proposed techniques, REF, REF-II, and KARMA, we believe, will add significant contributions to the multi-criteria decision-making literature and can be applied successfully in various fields.

Keywords: Multi-criteria decision making, Nearest Solution to References, Nearest Solution to References-II, Interval and Iterative Preference / Priority Scale, Distances Based Solution Technique for Decision Problems Including Mixed Type Criteria

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilemeyen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Anadolu Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı”yla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal” içermediğini beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm.

Ahmet AYTEKİN

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
BAŞLIK SAYFASI	i
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT.....	iv
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	v
İÇİNDEKİLER	vi
TABLolar DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ	x
GİRİŞ.....	1

BİRİNCİ BÖLÜM

1. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERMEDE UZAKLIK VE REFERANS TEMELLİ TEKNİKLER	3
1.1. Çok Kriterli Karar Verme	4
1.2. Çok Kriterli Karar Verme Tekniklerinin Sınıflandırılması.....	8
1.2.1. Çok amaçlı karar verme teknikleri.....	8
1.2.2. Çok nitelikli karar verme teknikleri	10
1.2.2.1. Fayda-değer kuramı temelli teknikler.....	11
1.2.2.2. Üstünlük tabanlı teknikler.....	13
1.2.2.3. Etkileşimli teknikler.....	14
1.3. Uzaklık ve Referans Temelli Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri.....	15
1.3.1. Uzlaşık Programlama	15
1.3.2. TOPSIS	16
1.3.3. VIKOR.....	19
1.3.4. RIM	21
1.3.5. EDAS.....	24
1.3.6. CODAS	26
1.3.7. Referans Nokta Tekniği.....	28
1.3.8. MOORA-Referans Nokta Tekniği	30

İKİNCİ BÖLÜM

2. UZAKLIK VE REFERANS TEMELLİ ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME

TEKNİĞİ ÖNERİLERİ	32
2.1. Referansa En Yakın Çözüm Tekniği	33
2.2. Referansa En Yakın Çözüm Tekniği-II.....	39
2.3. Karma Kriterli Karar Problemlerinde Uzaklık Temelli Çözüm Tekniği ...	44
2.4. Önerilen Tekniklerin Diğer Çok Kriterli Karar Verme Teknikleriyle Benzerlikleri ve Farklılıkları	49

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. REF, REF-II VE KARMA'NIN İKİNCİ EL OTOMOBİL SEÇİM

PROBLEMİNE UYGULAMA DENEMESİ VE KARŞILAŞTIRMALI

DUYARLILIK ANALİZİ	61
3.1. REF, REF-II ve KARMA'nın İkinci El Otomobil Seçim Problemine Uygulama Denemesi	61
3.1.1. İkinci el otomobil seçim probleminin REF ile çözümü	63
3.1.2. İkinci el otomobil seçim probleminin REF II ile çözümü	70
3.1.3. İkinci el otomobil seçim probleminin KARMA ile çözümü.....	74
3.2. Karşılaştırmalı Duyarlılık Analizi.....	76
3.2.1. Kriter ağırlıklarındaki değişimlerin etkileri	78
3.2.2. Kriter kümesindeki değişimlerin etkileri	83
3.2.3. Alternatif kümesindeki değişimlerin etkileri	85
3.2.4. Parametre değerlerindeki değişimlerin etkileri.....	88
3.2.5. Nitel kriterlerin ölçeklendirilmeden kullanılmasının etkileri.....	90

SONUÇ VE ÖNERİLER.....	92
------------------------	----

KAYNAKÇA	96
----------------	----

EKLER

ÖZGEÇMİŞ

TABLolar DİZİNİ

Sayfa

Tablo 2.1. KARMA Sınıflayıcı Ölçüme Sahip Kriterlerde Alternatifler İçin Çapraz Tablo Örneği	46
Tablo 2.2. Uzaklık ve Referans Temelli Tekniklerin Genel Özellikleri Bağlamında Karşılaştırılması	51
Tablo 2.3. Uzaklık ve Referans Temelli Tekniklerin Uzaklık Ölçüleri, Kriter Ölçüm Düzeyleri ve Ölçeklendirme Araçları Bağlamında Karşılaştırılması	53
Tablo 2.4. Uzaklık ve Referans Temelli Tekniklerin Kriterlerin ve Alternatiflerin Etkileşim ve Sayıları Bağlamında Karşılaştırılması	55
Tablo 2.5. Uzaklık ve Referans Temelli Tekniklerin Karar Vericiyle Etkileşim ve Tercihlerin Dikkate Alınması Bağlamında Karşılaştırılması.....	57
Tablo 3.1. İkinci El Otomobil Seçim Probleminde Kriterler ve Referans Değerleri	63
Tablo 3.2. Ardıl Değerler ve Kabulsüzlük Değerleri	65
Tablo 3.3. İki'den Fazla Kategorili Sınıflayıcı Ölçüm Düzeyindeki Kriterlerin Kodlanması veya Tercih Değerleri Atanması.....	66
Tablo 3.4. Sıralayıcı Ölçüm Düzeyindeki Kriterlerin Kodlanması.....	67
Tablo 3.5. Kriterler ve Ağırlık Değerleri	69
Tablo 3.6. Nitel Kriterlerin Aralıklı ve Aşamalı Tercih/Önem Ölçeği ile Ölçeklendirilmesi.....	71
Tablo 3.7. Kiralık Konut Değerlendirme Problemi İlk Karar Matrisi	77
Tablo 3.8. Farklı Senaryolara Göre Kriter Ağırlıkları	80
Tablo 3.9. Set 13-18 İçin Kriter Ağırlıkları ve Set 16-17'de Alternatiflerin Değerleri	84
Tablo 3.10. Alternatif Kümesine Eklenen Yapay Alternatiflerin Kriterlere Göre Performans Değerleri	87
Tablo 3.11. Duyarlılık Analizi İçin Ardıl Aralık ve Kabulsüzlük Değerleri Belirlenmesi	89

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1. VIKOR’da İdeal ve Uzlaşık Çözümler	19
Şekil 1.2. RIM İdeal Referans Aralığı.....	22
Şekil 2.1. REF’te Ardıl Aralıklar veya Değerler	34
Şekil 2.2. REF’te Referans Değerin Ardıl Komşulukları.....	35
Şekil 2.3. Aralıklı ve Aşamalı Tercih/Önem Ölçeği Örnek Gösterimi	42
Şekil 3.1. İkinci El Otomobil Seçim Problemi Verilerin Elde Edildiği Web Sayfasının Örnek Gösterimi.....	62

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

β	: REF ve REF-II Ardıl Değerler/Aralıklar İçin Kabulsüzlük Değeri
τ	: CODAS Eşik Parametresi
ψ	: CODAS Eşik Fonksiyonu
AHP	: Analytic Hierarchy Process (Analitik Hiyerarşi Prosesi)
ANP	: Analytic Network Process (Analitik Ağ Prosesi)
CP	: Compromise Programming (Uzlaşık Programlama)
CODAS	: Combinative Distance - Based Assessment (Birleşik Uzaklık Tabanlı Değerlendirme)
COPRAS	: Complex Proportional Assessment (Karmaşık Oransal Değerlendirme)
COSA	: Customizable One-Way Sensitivity Analysis (Ayarlanabilir Tek Yönlü Duyarlılık Analizi)
CRITIC	: Criteria Importance Through Intercriteria Correlation (Kriterler arası Korelasyon Yoluyla Kriterlerin Önem Tespiti)
DP	: Doğrusal Programlama
DOP	: Doğrusal Olmayan Programlama
EDAS	: Evaluation Based on Distance from Average Solution (Ortalama Çözümünden Uzaklığa Dayalı Değerlendirme)
ELECTRE	: Elimination Et Choix Traduisant la Réalité (Eleme ve Gerçeği İfade Eden Seçim Tekniği)
EVAMIX	: Evaluation Matrix (Değerlendirme Matrisi)
GDF	: Geoffrion-Dyer-Feinberg Tekniği
HP	: Hedef Programlama
KARMA	: Karma Kriterli Karar Problemlerinde Uzaklık Temelli Çözüm Tekniği
MADM	: Multi Attribute Decision Making (Çok Nitelikli Karar Verme)
MAUT	: Multi Attribute Utility Theory (Çok Nitelikli Fayda Teorisi)
MAVT	: Multi Attribute Value Theory (Çok Nitelikli Değer Teorisi)
MODM	: Multi Objective Value Decision Making (Çok Amaçlı Karar Verme)
MOORA	: Multi-Objective Optimization on the Basis of Ratio Analysis (Oran Analizi Temelinde Çok Hedefli Optimizasyon)

NCAP	: Euro New Car Assessment Programme (Avrupa Yeni Araba Değerlendirme Programı)
ORESTE	: Organisation Rangement Et Synthèse de Données Relationelles (İlişkisel Verilerin Organizasyonu, Depolanması ve Sentezi)
QUALIFLEX	: Qualitative Flexible (Nitel Değişken/Esnek)
PRAGMA	: The Preference Ranking Global Frequencies in Multicriteria Analysis (Çok Kriterli Analizde Global Sıklıkların Tercih Sıralaması)
PROMETHEE	: Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations (Zenginleştirilmiş Değerlendirmeler İçin Tercih Sıralama Organizasyonu Tekniği)
REF	: Referansa En Yakın Çözüm Tekniği
REF-II	: Referansa En Yakın Çözüm Tekniği-II
RIM	: Reference Ideal Method (Referans İdeal Tekniği)
SAW	: Simple Additive Weighting (Basit Toplamlı Ağırlıklandırma)
SMART	: Simple Multi Attribute Rating Technique (Basit Çok Nitelikli Değerlendirme Tekniği)
SPOT	: Sequential Proxy Optimization Technique (Sıralı Vekil Optimizasyon Tekniği)
STEM	: The Step Method (Adım Tekniği)
TODIM	: Tomada de Decisão Iterativa Multicritério (Etkileşim ve Çok Kriterli Karar Verme)
TOPSIS	: Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (İdeal Çözüme Yakınlığa Göre Tercih Sıralama Tekniği)
VIKOR	: Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje (Çok Kriterli Eniyileme ve Uzlaşık Çözüm)

GİRİŞ

Çok kriterli karar verme teknikleri, günlük hayatta karşılaşılan basit karar problemlerinden çok uluslu işletmelerin devasa karar problemlerine kadar uzanan geniş bir kullanım yelpazesine sahiptir. Bu tekniklerin ortak noktası, problemlerin yapılarına yönelik geliştirilmiş olmalarıdır. Diğer taraftan karar problemlerinin bileşenlerinden kaynaklı yapısal farklılıklar, bütün karar problemlerinin aynı çok kriterli karar verme tekniğiyle etkin çözümünü mümkün kılmamaktadır. Söz konusu bu yapısal farklılığa neden olan önemli bileşenlerden biri de karar kriterleridir.

Karar problemlerinde çözüm için genel olarak birbiriyle çelişen çok sayıda kriter ele alınır. Bu bağlamda karar verici, çoğu zaman kriterler açısından belirlediği referans değerlere en yakın alternatifi, çözüm olarak benimsemeye hazırdır. Bu referans değerler ise karar verici (yönetici, uzman, analist vb.) kişi veya grup tarafından öznel olarak veya çeşitli bilimsel araçlarla belirlenmiş arzulan sonuçları temsil etmektedir. Referans değerler, kriterlere göre farklılık gösterebilmektedir. Referans değerinin bir kriterde en büyük değer, diğerinde en küçük değer veya belirli bir değer ya da belirli bir aralık olması mümkündür. Ayrıca, referans değerinin ya da aralığın dışındaki değer ya da aralıkların kabul dereceleri birbirinden farklı olabilmektedir. Bununla birlikte, kriterlerin ölçme düzeylerinin sınıflayıcı, sıralayıcı, aralıklı, oran düzeylerinin herhangi birinde olması mümkündür. Böylesi karar problemleri için mevcut çok kriterli karar verme teknikleriyle ölçeklendirme yapmadan veya sıra değişimi yaşamadan çözüme ulaşılamamaktadır.

Bu çalışmanın amacı, söz konusu karar problemlerinin çözümü için uzaklık ve/veya referans temelli yeni çok kriterli karar verme teknik önerileri sunmaktır. Bu kapsamda çalışmada, Referansa En Yakın Çözüm Tekniği, Referansa En Yakın Çözüm Tekniği-II ve Karma Kriterli Karar Problemlerinde Uzaklık Temelli Çözüm Tekniği önerilerine yer verilmiştir. Ayrıca, kriterlerin ağırlıklandırılmasını ve Referansa En Yakın Çözüm Tekniği-II içinde nitel kriterlerin ölçeklendirilmesini sağlamak amacıyla, Aralıklı ve Aşamalı Tercih/Önem Ölçeği önerisi de geliştirilmiştir.

Referansa En Yakın Çözüm Tekniği, karar kriterlerinin referans değerlerini/aralıklarını ve ölçme düzeylerini dikkate alarak uygun uzaklık ölçüsüyle karar probleminin çözümünü sağlamaktadır. Karar probleminin çözümünde Referansa En Yakın Çözüm Tekniği'nden yararlanacak karar verici, referans değer/aralık haricinde ikincil öneme sahip ardıl değerler/aralıklar belirleyebilmekte ve bunlar için farklı kabulsüzlük değerleri benimseyebilmektedir.

Referansa En Yakın Çözüm Tekniği ile elde edilen çözümlerde, nitel kriterlerde referansların sıklıklar üzerinden belirlenebilmesi ve standardizasyon işlemlerinde kriter içi performans uzaklıkları toplamının kullanılması, sıklıkla karşılaşılan sıra değişimi sorununa yol açabilmektedir. Bu nedenle çalışmada, alternatif kümesinin değişime açık olması durumunda, sıra değişimi ve mevcut alternatifler için yeniden hesaplama sorunlarını içermeyen Referansa En Yakın Çözüm Tekniği-II önerilmiştir. Referansa En Yakın Çözüm Tekniği-II’de kriterlerin en az aralıklı ölçekle ölçülmüş olması gerekmektedir. Bu bağlamda sözü edilen teknikte, kriterlerin ölçeklendirilmesi amacıyla Aralıklı ve Aşamalı Tercih-Önem Ölçeği’ne yer verilmiştir. Böylelikle, en az eşit aralıklı ölçekle ölçülmüş kriterleri içeren karar problemlerine referans temelinde çözüm sağlanması amaçlanmıştır.

Karar problemleri, yapısal farklılıklar taşımaktadır. Tüm karar problemi türlerinde karar vericinin kriterler için referans değer/aralık veya optimizasyon yönü belirlemesi söz konusu olmayabilir. Ayrıca, karar kriterlerinin farklı ölçeklerle ölçülmüş olması da mümkündür. Böylesi karar problemleri için çalışma kapsamında, Karma Kriterli Karar Problemlerinde Uzaklık Temelli Çözüm Tekniği önerilmiştir. Karma Kriterli Karar Problemlerinde Uzaklık Temelli Çözüm Tekniği, kriterlerin ölçüm düzeyleri bağlamında gruplara ayrılmasını ve alternatiflerin bu gruplar içinde birbirlerinden uzaklıklarına göre sıralamalarının elde edilmesini içermektedir. Tekniğin son adımında, her bir grupta elde edilen çözümler bütünleştirilerek genel sıralama elde edilmektedir. Böylelikle alternatif kümesinde diğer alternatiflere yakınlık/uzaklık durumuna göre çözüme ulaşılmaktadır.

Çalışma üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde çok kriterli karar vermenin tanımı, bileşenleri ve sınıflandırılması incelenecektir. Bu bölümde uzaklık ve referans temelli tekniklerden öne çıkanlar ayrı bir başlık altında ele alınacaktır. İkinci bölümde ise Referansa En Yakın Çözüm Tekniği’nin, Referansa En Yakın Çözüm Tekniği-II’nin ve Karma Kriterli Karar Problemlerinde Uzaklık Temelli Çözüm Tekniği’nin çözüm aşamaları, diğer çok kriterli karar verme tekniklerinden ayrıldığı ve benzeştiği noktalar ortaya konulacaktır. Çalışmanın üçüncü bölümünde, değişken alternatif kümesi ve çok sayıda birbiriyle çelişen kriter içeren ikinci el otomobil seçim probleminin önerilen tekniklerle çözümüne ve karşılaştırmalı duyarlılık analizine yer verilecektir.

BİRİNCİ BÖLÜM

1. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERMEDE UZAKLIK VE REFERANS TEMELLİ TEKNİKLER

Karar, Türk Dil Kurumu sözlüğünde “bir iş veya sorun hakkında verilen kesin yargı” olarak tanımlanmıştır¹. Karar verme ise karar için gerekli olan tüm aşamaları içeren süreçtir. Karar verme sürecinde probleme ilişkin seçeneklerin değerlendirilmesiyle seçme, sıralama, tasarlama, sınıflama gibi sonuçlara ulaşılır. Geçmişten günümüze uzanan süreçte, insanlık söz konusu sonuçlara en iyi biçimde ulaşabilmek amacıyla arayış içinde olmuştur. Bu bağlamda, karar verme kavramının insanlık tarihi kadar eski olduğu ifade edilebilir. Buna karşılık en iyi karara ulaşmada bilimsel araç ve tekniklerin kullanımını içeren modern karar kuramı, 20. yüzyılın ikinci yarısında gelişmeye başlamıştır (Hansson, 1994, s. 6).

Karar kuramı, karar vericilerin karşılaştıkları karar problemlerinde aldıkları kararların anlamlılığı incelemektedir. Bu yönüyle karar kuramı, ekonomist, matematikçi, sosyal bilimci, istatistikçi gibi farklı disiplinlerden bilim insanlarının ortak çalışma alanı olmuştur. Sosyal bilimciler, karar vericilerin karar verme davranışlarını anlamak için deneyler ve sosyal araştırmalar gerçekleştirirken, konuya matematiksel açıdan yaklaşan kuramcılar farklı kurallar bağlamında karar probleminin çözüm etkileri üzerinde durmuşlardır. Bu bağlamda, karar kuramlarını normatif/düzyüsel (normative) ve betimsel/tanımlayıcı (descriptive) olmak üzere ikiye ayırmak yaygın bir yaklaşım olarak karşımıza çıkmaktadır (Hansson, 1994, s. 6; Resnik, 2000, s. 3).

Betimsel kuramcılar olağan kararları inceler ve insanların ne yapacağını öngörmeyi amaçlarlar. Betimsel kuramcıların yaptıkları çalışmalar, davranışsal karar verme alanı altında değerlendirilir. Normatif kuramcılar ise kararların nasıl verilmesi gerektiğini inceler ve akla uygun kararın verilmesiyle ilgilenirler. Normatif karar modelleri ve bunların çözümlenmesini sağlayan teknikler karar analizi altında değerlendirilmektedir. Söz konusu kuramlar arasında temel ayırım karar verici ve karar üzerinden de ifade edilebilir. Bu bağlamda, betimsel kuramcıların karar vericinin ne kararı vereceğiyle; normatif kuramcılarının ise karar vericinin hangi kararı vermesi gerektiği üzerinde çalıştığı belirtilebilir (Von Winterfeldt ve Edwards, 1986, s. 16; Resnik, 2000, s. 3).

¹ <https://sozluk.gov.tr/> (Erişim Tarihi: 20.01.2020)

Diğer taraftan karar verme, kuramsal sınıflandırmanın yanında farklı açılardan da sınıflandırılmaktadır. Kararın; verildiği ortam, stratejik düzeyi, yapısı ve içerdiği kriter sayısı bu sınıflandırmada yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada kriterlerin sayısı açısından yapılan sınıflandırma dikkate alınmıştır.

Karar probleminin çözümünde dikkate alınan karar standardına ya da kuralına kriter adı verilmektedir. Karar problemi tek kriter içeriyorsa, tek kriterli karar verme; birden fazla kriter içeriyorsa, çok kriterli karar verme söz konusudur (Aktaş vd., 2015, s. 29).

Çalışmanın konusu, farklı ölçüm düzeylerine sahip kriterlerin kullanılabilirdiği, karar vericinin kriterler için referans değer ya da aralık belirleyebildiği ve bu iki özellik bağlamında uygun uzaklık ölçüsünden yararlanılarak çözüme ulaşılmasını sağlayan Referansa En Yakın Çözüm Tekniği'ni (REF), REF'in sıra değişimi sorunu içermeyen ve mevcut alternatifler için yeniden hesaplama gerektirmeyen türevi REF-II'yi ve karma kriterli problemlerde, alternatif kümesine uzaklık/yakınlık temelinde çözüm sunmayı amaçlayan Karma Kriterli Karar Problemlerinde Uzaklık Temelli Çözüm Tekniği'ni (KARMA) incelemektir. İzleyen kesimde öncelikle çok kriterli karar verme ile ilgili temel kavramlar, çok kriterli karar probleminin bileşenleri ve çok kriterli karar verme tekniklerinin sınıflandırılması ele alınacaktır. Ayrıca, önerilen tekniklerin uzaklık ve/veya referans temelli olması nedeniyle bölüm sonunda, bu sınıf içinde yaygın kullanım alanı bulan veya çalışmanın konusunu oluşturan tekniklerle benzerlikler içeren çok kriterli karar verme tekniklerine yer verilecektir.

1.1. Çok Kriterli Karar Verme

Çok kriterli karar vermeden günlük hayatın her anında karşılaşılan basit problemlerden çok karmaşık problemlere kadar uzanan geniş bir yelpazede yararlanılmaktadır. Özellikle enerji, çevre, işletme, endüstri, sağlık, sürdürülebilirlik ve mühendislik alanlarında bilimsel karar verme amacıyla çok kriterli karar verme teknikleri sıklıkla kullanılmaktadır (Hwang ve Yoon, 1981: Pirdashti vd., 2011).

Çok kriterli karar verme konusuna, öncelikle problem çözme süreci ve bileşenlere ilişkin bazı kavramlarla başlamak yararlı olacaktır. Çok kriterli karar problemlerinin çözüm sürecinde genel olarak problemin tanımlanması, kriterlerin ve alternatiflerin belirlenmesi, probleme ilişkin verinin hazırlanması, problemin çözümü, uygulama ve değerlendirme adımları izlenmektedir. Diğer taraftan probleme ilişkin verinin hazırlanması sürecinde, karar probleminin özelliğine göre veri üzerinde işlemler

yapılması gerekebilmektedir. Bu işlemlerden en önemlisi kriterlerin ölçeklendirilmesidir (Triantaphyllou, 2000; Dunn-Rankin vd., 2004; Aktaş vd., 2015; Vafaei vd., 2016).

Ölçeklendirme, kriterlerin sahip olduğu ölçüm birimini, boyutunu, düzeyini; dönüştürme, yeniden ölçme, normalizasyon, standardizasyon, ağırlıklandırma işlemlerinden biri veya birkaçı ile birlikte değiştirmektir. Ölçeklendirme araçlarına başvurulma nedenleri arasında, karar problemlerinde dikkate alınan kriterlerin; ölçme düzeylerinin, değişim aralıklarının, önem düzeylerinin birbirinden farklı olması yer almaktadır. Ayrıca, karar probleminin çözümünde kullanılacak tekniğin varsayımlarının karşılanması gerekliliği de ölçeklendirmeye başvurulma nedenlerinden biridir. Bu bağlamda, ölçeklendirmenin temel amacı ilgili teknik veya analiz için uygun ölçümlerin sağlanmasıdır. İzleyen kısımda ölçeklendirmede kullanılan başlıca işlemlerin tanımları verilecektir (Jensen, 1984; Roberts, 1985; Lootsma, 1999; Tavşancıl, 2006; Kainulainen vd., 2009; Sarraf, Mohagtar ve Bazargani, 2013; Aktaş vd. 2015; Jahan ve Edwards, 2015; Podvievko ve Podveko, 2015; Zardari vd., 2015; Gardziejczyk ve Zabicki, 2017):

- *Dönüştürme* (transformation), niceliksel (cardinal) verinin logaritmasının veya tersinin alınması gibi matematiksel bir işlemle büyüklüğünün değiştirilmesidir. Niceliksel veri, yeniden ölçme ile sayısal değere dönüştürülmesi gerekmeyen, en az aralıklı ölçekle ölçülmüş veridir. Niceliksel veri üzerinde dönüştürme işlemi, normalizasyon tekniklerinin içinde de yer alabilmektedir. Öte yandan, bazı normalizasyon teknikleri ile yapılan işlemlerin yetersizliği nedeniyle, normalizasyon işleminden önce veya sonra dönüştürme işlemi gerçekleştirilebilmektedir.
- *Yeniden ölçme*, karar kriterinin ölçme düzeyi karar probleminin çözümü için elverişli olmadığında, söz konusu kriter için farklı bir ölçekle yeniden ölçüm yapılmasıdır. Çok kriterli karar vermede en bilinen ölçeklendirme tekniklerinden biri, aynı zamanda kriterlerin ağırlıklandırılmasında da kullanılan Saaty'nin Doğrusal/Temel Önem Ölçeği'dir. Bu ölçek ile Analitik Hiyerarşi Prosesi (Analytic Hierarchy Process; AHP) ve Analitik Ağ Prosesi (Analytic Network Process; ANP) tekniklerinde, özellikle nitel ifadeler sayısal değerlere dönüştürülmektedir.
- *Normalizasyon*, kriterlerin; optimizasyon yönü (fayda, maliyet), ölçü birimi, değişim genişliği farklılıklarından arındırılarak karşılaştırılabilir duruma getirilmesi için başvurulmuş ölçeklendirme işlemidir. Normalizasyon ile veri

belirli bir norma veya standarda dönüştürülür. Bu noktada, çoğunlukla normalizasyon ile aynı anlamda kullanılmakla birlikte standardizasyon kavramının; veriyi birimlerden arındıran ve 0-1 gibi belirli aralıkta değer almasını sağlayan normalizasyon işlemi olduğu ifade edilebilir. Genel olarak normalizasyon tekniklerinden; kriterlerin ağırlıklarını/etki düzeylerini eşit duruma getirmesi (ağırlıklandırma işleminden bağımsız olarak), negatif değerleri işleyebilmesi, birbirine dönüştürülebilen ölçeklerin (g/cm^3 - kg/m^3 örneğinde olduğu gibi) ölçümünü aynı normalize değerle ifade etmesi, sıra değişimi sorununa yol açmaması, fayda ve maliyet yönlü kriterlerde simetri sağlaması beklenir. Söz konusu özellikleri karşılayan normalizasyon tekniği başarılı kabul edilir.

- *Ağırlıklandırma*, kriterlerin önem derecesine göre problemin çözümü üzerindeki etkilerinin, karar verici tarafından doğrudan değer atanarak veya bu amaçla geliştirilmiş tekniklerle değiştirilmesidir. Literatürde ağırlıklandırma teknikleri temel olarak öznel ve nesnel olarak ikiye ayrılmaktadır. Öznel ağırlıklandırma tekniklerinde karar verici veya uzman görüşü ile ağırlıklandırma yapılırken, nesnel ağırlıklandırma tekniklerinde verinin yapısından yararlanılmaktadır.

Ölçeklendirme kadar önemli bir diğer konu, karar probleminin bileşenlerinin tanımlanmasıdır. Karar probleminin çözüm adımlarının sağlıklı bir biçimde uygulanması için bileşenlerin iyi bir biçimde tanımlanması gerekmektedir. Çok kriterli karar probleminin bileşenleri karar verici, amaç (goal), hedef (objective), nitelikler (attributes), kriterler (criteria), alternatifler, çevresel faktörler, olasılıklar ve sonuçtan oluşmaktadır (Hwang ve Masud, 1979, s. 12-13; Aktaş vd., 2015, s. 27-35).

Bilindiği gibi karar verici, karar verme sorumluluğunu taşıyan kişi ya da gruptur. Bazı karar problemlerinde karar verme sorumluluğu, karar problemiyle ilgili uzman, analist, karar birimi veya bahsi geçenlerin bir kısmının ya da tamamının birleşiminden oluşan bir gruba verilebilmektedir (Hwang ve Masud, 1979, s. 12-13; Aktaş vd., 2015, s. 27-35).

Çok kriterli karar vermede kriter kavramı; amaçları, hedefleri ve nitelikleri içeren geniş bir anlamda kullanılmaktadır. Öte yandan söz konusu kavramlar arasında bazı farklılıklar bulunmaktadır. Bu kavramlardan amaç, karar vericinin vermiş olduğu kararlarla belirli bir zaman ve mekânda ulaşmak istediği sonucu ifade etmektedir. Belirlenen amaca

ulaşmak için yerine getirilmesi gerekenler ise hedef olarak adlandırılır. Bu noktada bir işletme için amaç maliyetleri en aza indirmek ise; hedef, personel giderlerini %8 azaltmak olarak belirlenebilir. Bir diğer önemli bileşen olan nitelik, alternatiflerin ölçülebilen ayırt edici özellikleri, kaliteleri veya performanslarıdır. Hatırlanacağı gibi kriter ise karar probleminin çözümünde dikkate alınan karar standartları veya kurallardır. (Hwang ve Masud, 1979, s. 12-13; Aktaş vd., 2015, s. 27-35). Amaçların, hedeflerin ve niteliklerin, kriterler olarak ifade edilebilmesi nedeniyle çalışmanın izleyen bölümlerinde, kriter kavramı; amaçları, hedefleri ve nitelikleri içeren geniş bir anlamda kullanılacaktır.

Çok kriterli karar verme probleminin bileşenlerinden alternatif, karar vericinin kontrolü altında olan ve karar probleminin çözümünde karar vericinin seçebileceği yollardan, tutumlardan, nesnelere, adaylardan her biridir. Alternatiflerin içinde bulunduğu çevresel faktörler, karar vericinin kontrol edemediği, fakat karar üzerinde etkili olan faktörlerdir. Olasılıklar ise çevresel faktörlerle ilgilidir. Çevresel faktörlerin etkisi tam olarak bilindiğinde, karar problemi için belirlilik altında karar verme söz konusudur. Çevresel faktörlerin etkisi bilinmiyor ise bu durum karar problemi üzerinde belirsizlik oluşturur. Karar verici, belirsizliği çeşitli yollar (geçmiş veriler, deneyler vb.) ile elde ettiği olasılıklarla azaltmaya çalışarak karar ortamını risk altında karar vermeye taşıyabilir. Diğer taraftan her belirsizlik, risk ortamına taşınamayabilir. Geçerli çevresel faktörlerin etkisi ve belirli bir alternatifin seçilmesi ile ortaya çıkacak değer ise sonuç olarak adlandırılmaktadır (Aktaş vd. 2015, s. 30-35).

Karar probleminin bileşenlerinin tanımlanması ve probleme ilişkin verinin hazırlanması adımlarının ardından, problemin çözümü için uygun çok kriterli karar verme tekniğinin seçilmesi gerekir. Karar problemlerinin yapısına uygun birçok kriterli karar verme tekniği ile çözüme gidilir. Çok kriterli karar verme tekniklerinin ise kendine özgü olumlu ve olumsuz yönleri bulunmaktadır. Bu nedenle problem çözümü için teknik seçerken birçok unsuru dikkate almak gerekir. Bu unsurlar arasında amaç (sıralama, seçme, sınıflama, tanımlama, eleme, tasarlama), problemin yapısı (etki alanı, teknik özellikleri, uygulanabilirlik durumu vb.), alternatif sayısı ve değişkenliği, kriterlerin ölçüm düzeyi, kriterlerin ağırlıklandırılması ve etkileşimi, karar vericinin risk algısı, tekniğin kullanılabilirliği (varsayımları, uygulama kolaylığı, çözüm detayları, maliyeti, karar verici tercihi) yer almaktadır. Söz konusu unsurların sayısının artması, araştırmacıları teknik seçimi için yeni yaklaşımlar geliştirmeye yöneltmiştir. Tüm bu

farklı yaklaşımlara rağmen tek bir teknikle tüm karar problemlerinin çözümü mümkün olmamaktadır (Kornysheva ve Salinesi, 2007).

Çok kriterli karar verme problemlerinin çözümü için teknik seçiminde, tekniklerin benzerlik ve farklılıklarını ortaya koyması nedeniyle, belirli açılardan yapılmış teknik sınıflandırmalarından da yararlanmak mümkündür. Bu noktada bazı teknikler birden fazla sınıf altında değerlendirilse de sınıflandırılma, ilgili alanda kavramların standartlaştırılmasını ve artan teknik sayısının incelenmesini kolaylaştırmaktadır. Bu bağlamda, izleyen kesimde çok kriterli karar verme tekniklerinin sınıflandırılmasına yer verilmiştir.

1.2. Çok Kriterli Karar Verme Tekniklerinin Sınıflandırılması

Çok kriterli karar verme tekniklerinin sınıflandırılmasında çeşitli bakış açıları belirleyici olmaktadır. Bunlar arasında kriterler arası telafi işlemlerinin yapılabilirliği (telafi edici, telafi edici olmayan), karar probleminden beklenen sonuç (sınıflama, seçim, sıralama, tanımlama, eleme, tasarlama) vb. açılardan sınıflamalar yapıldığı görülmektedir. Diğer taraftan bu yaklaşımlar içinde en yaygın olanı çok kriterli karar verme tekniklerini, kavramlar bağlamında çok nitelikli karar verme (Multi Attribute Decision Making; MADM) teknikleri ve çok amaçlı karar verme (Multi Objective Decision Making; MODM) teknikleri olarak ikiye ayırmaktır (Hwang ve Yoon, 1981, s. 3-4).

1.2.1. Çok amaçlı karar verme teknikleri

Çok amaçlı karar verme tekniklerinin kullanım amacı, niceliksel veri yapısındaki kısıtları en iyi karşılayan olası çözüm alternatiflerine ulaşmaktır. Bu bağlamda en iyi çözüm olan alternatif, matematiksel programlamayı kullanan çok amaçlı karar verme teknikleriyle tasarlanır. Dolayısıyla bu kısıtları sağlayan alternatif sayısı sınırsız olabilmektedir. Çok amaçlı karar verme tekniklerinin ortak özellikleri arasında ölçülebilir hedefler kümesi, iyi tanımlanmış bir dizi kısıtlamaya sahip olma ve belirtilen hedefler arasında bilgi edinme işlemlerine olanak sağlama yer almaktadır (Hwang ve Masud, 1979, s. 7).

Çok amaçlı programlamanın genel yapısı, $f_c(x)$ amaçlarla ilişkili hedefleri, $g_j(x)$ eşitsizlik biçimindeki kısıtları ve $h_k(x)$ eşitlik biçimindeki kısıtları göstermek üzere eşitlikler (1.1-1.3)'de verilmiştir (Srinivas ve Deb, 1994, s. 2).

$$Enb / Enk f_c(x) \quad c = 1, \dots, z \quad (1.1)$$

$$g_j(x) \geq 0, \quad j = 1, \dots, n \quad (1.2)$$

$$h_k(x) = 0, \quad k = 1, \dots, q \quad (1.3)$$

Eşitlikler (1.1-1.3)'de $x = (x_1, \dots, x_p)$ p adet karar değişkeni içeren vektördür. Çok amaçlı programlamada çözümler, matematiksel olarak bastırılmayan/etkin (non-dominated) ve baskın (superior) noktalar üzerinden tanımlanır. Buna göre, optimizasyon yönünün en küçükleme olduğu bir problemde, $x^{(1)}$ ve $x^{(2)}$ gibi iki çözüm vektörü arasında baskınlık durumu izleyen biçimde tanımlanabilir. $x^{(1)}$ vektöründeki değerlerden en az biri $x^{(2)}$ vektöründeki değerlerden daha kötü ve diğer değerleri de daha iyi değilse; $x^{(1)}$, $x^{(2)}$ 'ye basılgındır (inferior) veya $x^{(2)}$, $x^{(1)}$ 'den etkindir (bastırılmayandır/basılgın değildir). Çok amaçlı bir optimizasyon probleminde en uygun çözümler, bastırılmayan çözümlerdir ve bu çözümler, Pareto en iyi (Pareto optimum) çözümler olarak da bilinirler. Bir problemde, matematiksel olarak Pareto en iyi çözümlerden herhangi biri elde edilirse; kullanılan optimizasyon algoritması sonlandırılır (Srinivas ve Deb, 1994, s. 2-3).

Çok amaçlı programlamada, Pareto en iyi çözüme ulaşılması için amaç fonksiyonu değerini en iyi kılan karar değişkeni değerlerinin elde edilmesine çalışılır. Bu bağlamda, çok amaçlı programlama problemleri tasarım problemleri olarak da nitelendirilir. Tasarım problemleri ile ilişkili olan çok amaçlı karar verme teknikleri ise Hedef Programlama (HP), Doğrusal Programlama (DP) ve Doğrusal Olmayan Programlama (DOP) olarak üçe ayrılabilir. Çok amaçlı programlama modelindeki amaç ve kısıtlama fonksiyonlarının tümü doğrusal biçimde ve karar değişkenleri sürekli ise DP'den yararlanır. Diğer taraftan problemde yer alan fonksiyonlardan en az biri doğrusal değilse, problemin çözümü için DOP kullanılır. DP'nin uzantısı olan HP ise amaçlar bağlamında belirlenen hedeflerden sapmaların en küçüklenmesi temelinde çözüm sağlamaktadır (Colson ve De Bruyn, 1989; Srinivas ve Deb, 1994; Avriel, 2003).

Belirtilen sınıflandırmanın haricinde literatürde çok amaçlı karar verme teknikleri, karar vericinin tercih bilgisinin bulunma durumu ve elde edilme zamanı açısından da sınıflandırılmaktadır. Hwang ve Masud (1979), çok amaçlı programlamayı tercih

bilgisinin bulunmadığı (no preference) teknikler, tercihlerin önsel (a priori) olarak alındığı teknikler, tercihlerin çözüm süresince etkileşimli olarak alındığı etkileşimli (interactive) teknikler ve tercihlerin çözüm süreci sonunda değerlendirildiği sonsal (a posteriori) teknikler sınıflarına ayırmıştır (Hwang ve Masud, 1979; Lu vd., 2007).

Tercih bilgisi içermeyen tekniklerde, amaç fonksiyonları ve kısıtlar belirlendikten sonra karar vericiden herhangi bir tercih bilgisi alınmaz. Bu sınıfta yer alan tekniklere Global Kriter örnek verilebilir. Önsel tercih bilgisi içeren tekniklerde ise karar vericinin ulaşmak istediği amaçlara ilişkin bilgi, matematiksel model oluşturulmadan önce elde edilir. Bu sınıfta yer alan tekniklere örnek olarak HP verilebilir. Etkileşimli tekniklerde ise karar vericinin problemin çözüm sürecine daha fazla dâhil olması söz konusudur. Bu sınıfta yer alan tekniklerde, aşamalı olarak elde edilen çözümler, karar vericiden elde edilen tercih ve telafi bilgisine göre değerlendirilerek en iyi çözüme ulaşılmaya çalışılır. Steur Tekniği etkileşimli tekniklere verilebilecek örneklerdendir. Sonsal olarak tercih bilgisinin değerlendirildiği tekniklerde, elde edilen basılgın olmayan (non-dominated) çözümler karar vericiye sunulur. Karar verici, tercihlerine (daha önce belirtilmemiş/modele dâhil edilmemiş nitel veya nicel kriterlere) göre söz konusu çözümler arasından kendisini en fazla tatmin edeni seçer. Bu sınıfta yer alan tekniklere, Parametrik Teknik örnek olarak verilebilir (Hwang ve Masud, 1979, s. 243; Lu vd., 2007, s. 22-23).

1.2.2. Çok nitelikli karar verme teknikleri

Çok nitelikli karar verme teknikleri seçim, sıralama, sınıflama, eleme veya tanımlama problemlerinin çözümü için kullanılmaktadır. Bu tekniklerin en ayırt edici özelliği alternatiflerin belli olması ve genellikle sınırlı olmasıdır. Çok nitelikli karar vermede alternatiflerin, her zaman sayısal ölçüme sahip olması zorunlu değildir. Diğer bir ifadeyle alternatiflerin karşılaştırılması veya değerlendirilmesi nitelikler arasında ve içindeki performans değerlerine göre yapılmaktadır. Bununla birlikte karşılaştırmalar, açık veya dolaylı olarak telafi edilebilirlik içerebilmektedir (Hwang ve Masud, 1979, s. 6).

Çok nitelikli karar verme tekniklerini, nitelikler arası telafi edilebilirlik (telafi edici, telafi edici olmayan, kısmen telafi edici), problem türü (seçme, sıralama, sınıflama, eleme, tanımlama), karar verici sayısı (bireysel, grup) vb. birçok açıdan sınıflandırmak mümkündür. Literatürde genel kabul gören sınıflandırmaya göre, çok nitelikli karar

verme teknikleri kullandıkları toplulaştırma aracı ve tercihlerin elde edilmesine göre üç ana sınıfa ayrılmaktadır. Bunlar; fayda-değer teorisi temelli teknikler, üstünlük tabanlı teknikler ve etkileşimli teknikler sınıflarıdır. Bir diğer yaygın sınıflandırmada ise bu üç kategoriye; basit/temel teknikler, bulanık küme teorisi, tanımlayıcı teknikler (temel bileşenler analizi, çok boyutlu ölçekleme vb.) ile hedef-referans ve uzaklık (uzlaşık çözüm) temelli teknikler sınıfları eklenmektedir (Colson ve De Bruyn, 1989, s. 1201-1204; Stewart, 1992, s. 570-581; Belton ve Stewart, 2002, s. 9-15; Ramanathan vd. 2017, s. 25).

Belirtilen çok nitelikli karar verme teknikleriyle karar probleminin çözümü için öncelikle problemin düzgün bir biçimde ifade edilmesi gerekmektedir. Karar problemlerinin ifade edilmesinde ise vektörlerden, matrislerden veya karar ağaçlarından yararlanılması mümkündür. Matematiksel objelerin sıralı listesini içeren vektörler, daha çok bilgisayar programları için uygundur. Karar ağaçlarından ise sıralı karar problemlerinde yararlanılmaktadır. Çok nitelikli karar vermede çoğunlukla; bir tarafında kriterlerin, diğer tarafında alternatiflerin ve bunlara karşılık gelen gözelerde ise sonuçların yer aldığı karar matrisi kullanılmaktadır (Peterson, 2009, s. 17-19).

Çok nitelikli karar vermede karar matrisi X , birbirinden farklı m alternatif ile n kriter içeren $m \times n$ boyutundaki bir matristir. Bu açıdan karar matrisi, karar probleminin $m \times n$ boyutundaki bir matris ile ifade edilmesini sağlamaktadır. Eşitlik (1.4)'de karar matrisinin genel yapısı verilmiştir.

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{mn} \end{pmatrix} \quad \begin{matrix} i = 1, \dots, m \\ j = 1, \dots, n \end{matrix} \quad (1.4)$$

Eşitlik (1.4)'de yer alan karar matrisinin elemanları x_{ij} ile ifade edilir. x_{ij} her bir alternatifin (i), ilgili kriter (j) bağlamında sahip olduğu performans veya sonuç değeridir. Tezin izleyen kısımlarında ele alınacak çok kriterli karar verme tekniklerinin işlem adımları, eşitlik (1.4)'de verilen karar matrisi bağlamında açıklanacaktır. Ayrıca, tezin konusunu oluşturan teknikler uzaklık ve referans temelli tekniklerdir. Bu nedenle uzaklık ve referans temelli teknikler ayrı bir başlık altında detaylı olarak incelenecektir.

1.2.2.1. Fayda - değer kuramı temelli teknikler

Fayda ve değer kavramları, karar kuramı içinde önemli yere sahiptir. Değer belli ölçüde fiziksel ölçümün bir dönüşümü iken fayda karar vericinin belirsizliğe ve riske

karşı tutumunu içermektedir. Fayda ve değer kavramları, karar vericinin karar probleminin çözümünden beklediği değer veya fayda olarak ele alınmış, başta Beklenen Fayda Kuramı (Expected Utility Theory) ve Beklenti Kuramı (Prospect Theory) olmak üzere birçok kuramın geliştirilmesini sağlamıştır (Von Neumann ve Morgenstern, 1953; Kahneman ve Tversky, 1979; Keeney ve Raiffa, 1993; Gass ve Fu, 2013).

Öte yandan söz konusu kuramlar ağırlıklı olarak tek boyutludur. Keeney ve Raiffa (1976) gerçek hayat problemlerinin çok sayıda kriter içerdiğini, bu nedenle çok boyutlu olduğunu dile getirmişlerdir. Öne sürdükleri Çok Nitelikli Fayda Kuramı (Multiattribute Utility Theory) ve fayda fonksiyonu ile karar vericinin karar problemlerinde, kriterler arası telafiye/ödünleşmeye (trade-offs) giderek problemin çözümüne ulaşabileceğini belirtmişlerdir. Bu noktada, problemin çözümünde elde edilecek sonuç belirlilik taşıdığına, fayda fonksiyonu değer fonksiyonu olarak tanımlanmaktadır. Değer fonksiyonu ile yapılacak çözümlerlerde en iyi değere sahip alternatif seçilirken, fayda fonksiyonunda karar vericinin riske karşı tutumu dikkate alınmaktadır. Değer fonksiyonu ile problem çözümünde kullanılan kurallar bütünü ise Çok Nitelikli Değer Kuramı veya Belirli Fayda Kuramı (Deterministic Utility Theory) olarak adlandırılmaktadır (Chankong ve Haimes, 1983, s. 62-88; Von Winterfeldt ve Edwards, 1986; Colson ve De Bruyn, 1989; Stewart, 1992; Keeney ve Raiffa, 1993).

Beklenen fayda kuramıyla başlayan süreç çok sayıda fayda-değer temelli çok kriterli karar verme tekniğinin geliştirilmesine zemin hazırlamıştır. Söz konusu fayda-değer kuramı temelli teknikler, karar vericinin tercihlerini karşılayabilecek bir alternatif sıralamasının, nitelikler arasında telafiye gidilerek bulunabileceği varsayımına sahiptir. Bu bağlamda, fayda-değer temelli teknikler içerdikleri değer veya fayda fonksiyonu aracılığıyla karar vericiye en iyi çözümü sunmayı amaçlarlar (Chankong ve Haimes, 1983, s. 62-88; Keeney ve Raiffa, 1993; Stewart, 1992).

Çok nitelikli fayda-değer kuramı temelli teknikler, literatürde Amerikan Okulu Karar Modelleri olarak da adlandırılmaktadır (Colson ve De Bruyn, 1989, s. 1208). Söz konusu tekniklerin ortak özelliği, her bir alternatife ait benzersiz tek bir değerlendirme sonucu oluşturmak için alternatiflerin kriterlere göre değerlendirilmesi ve bu değerlendirmelerin toplulaştırılmasıdır. Bu değerlendirmelerde alternatiflerin kriterler bağlamında faydalarının veya değerlerinin birbirinden bağımsız olduğu ve bu faydaların ya da değerlerin toplamının toplam faydayı/değeri ifade ettiği varsayılmaktadır. MAUT (Multi Attribute Utility Theory; Çok Nitelikli Fayda Teorisi), MAVT (Multi Attribute

Value Theory; Çok Nitelikli Değer Teorisi), SAW (Simple Additive Weighting; Basit Toplamlı Ağırlıklandırma) ve SMART (Simple Multi Attribute Rating Technique; Basit Çok Nitelikli Değerlendirme Tekniği) bu başlık altında örnek verilebilecek tekniklerin bazılarıdır (Keeney ve Raiffa, 1993; Colson ve De Bruyn, 1989; Ramanathan vd. 2017).

1.2.2.2. Üstünlük tabanlı teknikler

Üstünlük tabanlı (outranking based) teknikler, alternatifler arasındaki üstünlük ilişkileri temelinde çözüm sağlamaktadır. Diğer bir ifadeyle, bu teknikler faydanın ölçülebilirliği yerine her bir kriterde ilgili alternatiflerin birbirleriyle üstünlükleri açısından karşılaştırılmasının daha doğru olduğu görüşüne dayanmaktadır. Söz konusu teknikler literatürde Fransız Okulu Karar Modelleri olarak da adlandırılmaktadır (Colson ve De Bruyn, 1989, s. 1209).

Üstünlük tabanlı tekniklerde f ve k gibi iki alternatifin ikili karşılaştırılmasında $f > k$ gibi belirtilecek bir ifade, ilgili kriter açısından f alternatifinin k alternatifine üstün olduğunu gösterir. İki alternatif arasında farksızlık/eşitlik (indifference), karşılaştırılamamazlık (incommensurability) olabileceği gibi üstünlüğün ikinci alternatifte ($k > f$) olması da söz konusu olabilmektedir. Ayrıca alternatiflerin birbirlerine üstünlükleri için temel koşul $f > k$ durumunda f 'nin k 'ye mutlak üstün olması, $f \geq k$ durumunda ise f 'nin en az k kadar iyi bir çözüm sağlamasıdır. En bilinen üstünlük tabanlı çok kriterli karar verme teknikleri ELECTRE (ELimination Et Choix Traduisant la REalité; Eleme ve Gerçeği İfade Eden Seçim) ve PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations; Zenginleştirilmiş Değerlendirmeler için Tercih Sıralama Organizasyonu Tekniği)'dir. EVAMIX (Evaluation Matrix; Değerlendirme Matrisi), QUALIFLEX (QUALitative FLEXible; Nitel Değişken/Esnek), Regime, PRAGMA (The Preference RAnking Global frequencies in Multicriteria Analysis; Çok Kriterli Analizde Global Sıklıkların Tercih Sıralaması), ORESTE (Organisation Rangement Et Synthèse de données relationelles; İlişkisel Verilerin Organizasyonu, Depolanması ve Sentezi) diğer üstünlük tabanlı tekniklerden bazılarıdır (Colson ve De Bruyn, 1989, s. 1203-1204; Belton ve Stewart, 2002, s. 233; Greco vd., 2016, s. 221).

Belton ve Stewart (2002), üstünlük tabanlı çok kriterli karar verme tekniklerinde kullanılan tercih fonksiyonları için kriterlerin niceliksel veya sıralayıcı ölçeklerle ölçülmesi gerektiğini belirtmiştir. Ayrıca üstünlük tabanlı tekniklerin bazılarında, veto ve

eşik değerleri aracılığıyla bir alternatifin diğerine üstünlüğünün derecesi de ifade edilebilmektedir. Mutlak üstün/baskın, orta derecede (moderate) üstün, zayıf üstün gibi kavramlarla ikili karşılaştırmalar yapılması da mümkündür (Belton ve Stewart, 2002, s. 106-107).

1.2.2.3. Etkileşimli teknikler

Etkileşimli teknikler, karar probleminin çözümü esnasında karar verici ile etkileşim içinde bulunarak tercihlerin aşamalı olarak en iyilenmesini sağlayan tekniklerdir. Etkileşimli tekniklerde analist ve karar verici olmak üzere iki önemli aktör vardır. Analist rolünü bilgisayar yazılımı da gerçekleştirebilir. Bu tekniklerde öncelikle analist tarafından karar vericinin tercihlerini yansıtan uygun ve etkin bir çözüm elde edilir. Ardından bu çözüm karar vericiye sunularak dönüt alınır. Karar verici, çözümü yeterli bulmaz ise yeniden çözüm aranır ve daha iyi çözüm bulunması durumunda karar vericiye iletilir. Karar verici, çözüm açısından tatmin oluncaya veya belirli bir durdurma kriteri sağlanıncaya dek bu süreç tekrarlanır (Miettinen, 1998, s. 131; Ramanathan vd. 2017, s. 27-35).

Etkileşimli tekniklerin en önemli varsayımı, karar vericinin yeterli bilgi düzeyine ve değerlendirme zamanına sahip olduğudur. Ayrıca karar vericinin uygulama sonucunda erişilecek çözümden, sürecin tamamında yer alacağı için tatmin olacağı varsayılır. Etkileşimli teknikler için diğer önemli bir husus ise karar vericinin süreç boyunca tutarlı olması gerekliliğidir. Diğer taraftan karar vericinin, problemin ilerleyen aşamalarında ilk tercih değerlerinin revize edilmesi gerektiğinde, tercihleri etkin bir biçimde değiştirebilecek yetkinlikte olması beklenmektedir. Karar vericinin öğrenme süresi, sürecin tamamında yer almak istemesi, tercihlerinde tekrara düşmesi gibi hususlar da problemin çözümünde etkilidir. Bu nedenle, özellikle mühendislik alanında olduğu gibi, karmaşık problemlerde etkileşimli tekniklerle etkin sonuç alınması güçtür. Etkileşimli tekniklere örnek olarak; Geoffrion-Dyer-Feinberg (GDF) Tekniği, SPOT (Sequential Proxy Optimization Technique; Sıralı Vekil Optimizasyon Tekniği), Tchebychef Tekniği (the Tchebycheff Method), STEM (the STEp Method; Adım Tekniği) ve Referans Nokta Tekniği (the Reference Point Method) verilebilir (Miettinen, 1998, s. 131-136).

1.3. Uzaklık ve Referans Temelli Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri

Referans, karar probleminde karar vericinin tercihlerini yansıtan başvuru kaynağı ve yol göstericidir. Çok kriterli karar probleminde kriterler üzerinde belirlenen referans değerler alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Referans, ideal (olabileceklerin en iyisi/en uygunu) ile ütopyik (hayali/olması mümkün olmasa da arzu edilen) kavramlarını içeren geniş bir anlama sahiptir. Bu bağlamda çok kriterli karar probleminin çözümünde referans, ideal veya ütopyik değerler/aralıklar biçiminde belirlenebilecek başvuru kaynağıdır^{2,3}.

Referans, ideal ve ütopyik değerler üzerinden elde edilen uzlaşık çözüm, karar probleminde birçok amacı aynı anda en iyileyen çözüm olarak tanımlanmıştır. Bu tanımlama uzaklık ve referans temelli tekniklerin esasını göstermektedir. Referans temelli tekniklerde karar verici her bir karar kriterinde, çözüm uzayından herhangi bir değeri ya da değer aralığını referans olarak seçer. Böylelikle karar verici, çözüm kümesini referanslara göre düzenlemiş olur. Daha sonra referans değerler bağlamında en iyi çözüm, uzaklık ölçülerinden yararlanılarak bulunur ve problemin çözümü tamamlanır (Yu, 1973; Zeleny, 1974; Kaliszewski, 2006, s. 51-52; Pomerol ve Barbara-Romero, 2012, s. 212).

Literatürde uzaklık ve referans temelli teknikler, uzlaşık çözüm ve hedef temelli teknikler olarak da adlandırılmaktadır. Karar probleminde yer alan kriterlere göre alternatiflerin aldıkları değerlerin uzaklıklarının hesaplanması temeline dayanan uzaklık temelli teknikler ile her bir kriter için belirlenen referans değerden uzaklığı içeren teknikler bu başlık altında incelenmiştir. Ayrıca, bu tekniklerden yaygın kullanım alanı bulanlar ve/veya önerilecek teknikler benzerlikler taşıyanlara izleyen kısımda yer verilmiştir.

1.3.1. Uzlaşık Programlama

Bir karar probleminde alternatiflerden herhangi birisinin tüm kriterler veya amaçlar bağlamında en iyi değerlere sahip olması, diğer bir ifadeyle onları doyurması ender rastlanan bir durumdur. Uzlaşık Programlama (Compromise Programming; CP), karar vericinin böyle bir durumda olası en iyi çözümü benimseyeceği varsayımıyla, ideal çözüme en yakın çözüm değerini bulmayı amaçlamaktadır. Böylelikle karar verici,

² <https://sozluk.gov.tr/> (Erişim Tarihi: 20.01.2020)

³ <https://dictionary.cambridge.org/us/dictionary/english/ideal> (Erişim Tarihi: 20.01.2020)

alternatiflerin kriterler bağlamındaki değerlerinde telafiye giderek uzlaşık bir çözüme ulaşmaktadır (Yu, 1973; Zeleny, 1974; Ringuest, 1992).

İdeale en yakın çözüme ulaşmak uzaklık ölçüsü ve mesafenin önemini göstermektedir. Bu bağlamda, karar problemlerinde sıklıkla L_p metrik ailesi uzaklık ölçüleri kullanılmaktadır (Ringuest, 1992). Uzlaşık programlamada i . alternatif için kullanılan uzaklık ölçüsü L_p eşitlik (1.5)'de verilmiştir.

$$L_{p,i} = \left\{ \sum_{j=1}^n [w_j (f_j^* - x_{ij})]^p \right\}^{\frac{1}{p}} \quad (1.5)$$

Eşitlik (1.5)'de f_j^* ; j kriter için ideal değeri, w_j ; j kriterinin ağırlık değerini, p karar vericinin sapmalar için telafi parametresini göstermektedir. 1 ile sonsuz arasında değer alabilen p parametresi, L_p metrik ailesinden hangi uzaklık ölçüsünün kullanılacağını göstermektedir. $p = 1$ için sapmaların mutlak değerlerinin toplamı olan Blok (Manhattan City-Block) uzaklığı, $p = 2$ için Öklid ve $p = \infty$ 'a yaklaşırken sapmaların mutlak değerinin en büyüğünü temsil eden Tchebychef uzaklık ölçüsü söz konusu olmaktadır. p değeri artarken sapmaların uzaklık değeri üzerindeki etkisi de artmaktadır. w_j ağırlık değerleri ise her bir amacın/kriterin görece önemini göstermek amacıyla kullanılır ve her bir kriterin toplam sapmaya etkisinin düzeltilmesini sağlar. Ayrıca uzaklık ölçüsünün, kriterin ölçüm biriminden etkilenmesini engellemek amacıyla değişim aralığına göre standardizasyon işlemi uygulanabilmektedir. Uzlaşık amaç fonksiyonu, L_p metrik değerinin en küçüklenmesidir. İdeal noktaya en yakın çözüm değeri belirlenerek problemin çözümü tamamlanmış olur (Ringuest, 1992, s. 52-53).

1.3.2. TOPSIS

Yoon ve Hwang (1980), ideal çözüme en yakın ve negatif ideal çözüme en uzak olan alternatifin seçilmesi amacıyla TOPSIS'i (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution; İdeal Çözüme Yakınlığa Göre Tercih Sıralama Tekniği) geliştirmişlerdir. TOPSIS'te her kriterin monoton artan veya monoton azalan fayda değeri alabildiği varsayılmaktadır. Ayrıca, TOPSIS'te tercih bilgileri veya ölçümler niceliksel olmak zorundadır. Bu bağlamda ideal çözüm nitelikler üzerinde en iyi değerlerin atanabildiği nokta, negatif ideal çözüm ise en kötü değerlerin atanabildiği noktadır.

Böylelikle, TOPSIS ideal ve negatif ideal değerleri esas alarak alternatiflerin ideal çözüme görece yakınlığını ortaya koymaktadır. TOPSIS'te alternatiflerin ideal ve negatif ideal çözüme uzaklığının belirlenmesi amacıyla L_2 metrik ölçüsü kullanılır. TOPSIS'in negatif ideal ve ideal uzaklık çözümleriyle Hurwitz (uzlaşma) ölçütünün iyimser ve kötümserlik özelliklerini birleştirdiği ifade edilmiştir (Hwang ve Yoon, 1981, s. 128-139).

TOPSIS'te öncelikle karar matrisinin genel yapısı eşitlik (1.4)'deki gibi oluşturulur. Ardından kriterlerin boyutsuzlaştırılması amacıyla her bir kriterin alternatifler boyunca aldığı değerlerden yararlanılarak vektör normalizasyonu ile karar matrisi normalize edilir. Normalize karar matrisi R 'nin elemanları r_{ij} ile gösterilir ve eşitlik (1.6) yardımıyla hesaplanır (Hwang ve Yoon, 1981, s. 131).

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (1.6)$$

TOPSIS içinde belirli bir ağırlıklandırma aracı sunulmamıştır. Öte yandan, Hwang ve Yoon (1981) kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi için birçok tekniğin kullanılabileceğini belirtmiştir. Kriterlerin ağırlık değerleri W vektörü ve bu vektörün elemanları w_j ile gösterilmek üzere, ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi V 'nin elemanları olan v_{ij} 'ler eşitlik (1.7) ile hesaplanır (Hwang ve Yoon, 1981, s. 131-137).

$$v_{ij} = w_j r_{ij} \quad (1.7)$$

Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisinin oluşturulmasından sonra yapay çözüm vektörleri/alternatifleri elde edilir. J fayda yönlü kriterleri, J' maliyet yönlü kriterleri göstermek üzere, A^* ideal ve A^- negatif ideal çözüm değerlerini içeren iki yapay alternatif eşitlikler (1.8-1.9) aracılığıyla oluşturulur.

$$A^* = \left\{ \left(\max_i v_{ij} \mid j \in J \right), \left(\min_i v_{ij} \mid j \in J' \right) \mid i = 1, 2, \dots, m \right\} = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_j^*, \dots, v_n^*\} \quad (1.8)$$

$$A^- = \left\{ \left(\min_i v_{ij} \mid j \in J \right), \left(\max_i v_{ij} \mid j \in J' \right) \mid i = 1, 2, \dots, m \right\} = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_j^-, \dots, v_n^-\} \quad (1.9)$$

Eşitlik (1.8)'de A^* ideal çözüm vektörünün elemanları v_j^* , eşitlik (1.9)'da A^- negatif ideal çözüm vektörünün elemanları ise v_j^- ile nitelendirilmiştir. İdeal ve negatif ideal çözüm vektörleri yapay alternatiflerin değerlerini içermektedir. Bu iki yapay

alternatiften diğer alternatiflerin Öklid uzaklıklarının bulunması amacıyla eşitlikler (1.10-1.11)'den yararlanır.

$$S_{i^*} = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad (1.10)$$

$$S_{i^-} = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (1.11)$$

Her bir alternatifin ideal çözüm değeri A^* 'a göreli yakınlığı C_{i^*} değeri ile gösterilir. Eşitlik (1.12) ile hesaplanan C_{i^*} değerinin büyük olması ilgili alternatifin ideal pozitif değere yakın, negatif ideal değere ise uzak olduğunu gösterir.

$$C_{i^*} = \frac{S_{i^-}}{(S_{i^*} + S_{i^-})} \quad (1.12)$$

Eşitlik (1.12)'den $A_i = A^*$ ise C_{i^*} değerinin 1 veya $A_i = A^-$ ise C_{i^*} değerinin 0 olacağı görülmektedir. Diğer bir ifadeyle C_{i^*} değerinin 1'e yaklaşması o alternatifin ideal çözüme de yaklaştığını göstermektedir. Bu bağlamda alternatifler C_{i^*} değerlerine göre büyükten küçüğe doğru sıralanarak çözüm sonlandırılır.

TOPSIS'in anlaşılabilirliğinin kolay olması yaygın kullanım alanı bulmasını sağlamıştır. Diğer taraftan TOPSIS'e alternatiflerin değerlendirilmesinde her zaman negatif ideal çözüm olmayabileceği, her kriterin en küçük veya en büyük değerinin her zaman ideal değeri göstermeyebileceği, karar problemlerinin çoğunlukla niteliksel ölçümler içermesi nedeniyle bütün kriterlerde niceliksel ölçümlere sahip olunamayacağı yönünde eleştiriler getirilmiştir. Ayrıca, her kriterde ideal değerin en küçük veya en büyük değer seçilmesi nedeniyle alternatif kümesindeki değişimin sıra değişimi (rank reversal) sorununa yol açacağı belirtilmektedir (Wang ve Luo, 2009, s. 1225). Sıra değişimi sorunu çok kriterli karar verme tekniklerinin çoğunda görülen bir sorundur ve alternatif kümesinde değişim oluşması nedeniyle mevcut alternatiflerin kendi içindeki sıralarının değişmesini ifade etmektedir. Bu bağlamda TOPSIS'in değişen alternatif kümesine sahip karar problemlerinde kullanılması uygun değildir. Literatürde, TOPSIS'e Öklid uzaklık ölçüsü kullanılması nedeniyle pozitif ve negatif değerler arasında herhangi bir ayırım gözetilmediği, kriterlerin monoton artan veya monoton azalan varsayılmasının her karar problemi için uygun olmayabileceği ve kriterler arasındaki olası ilişkileri göz

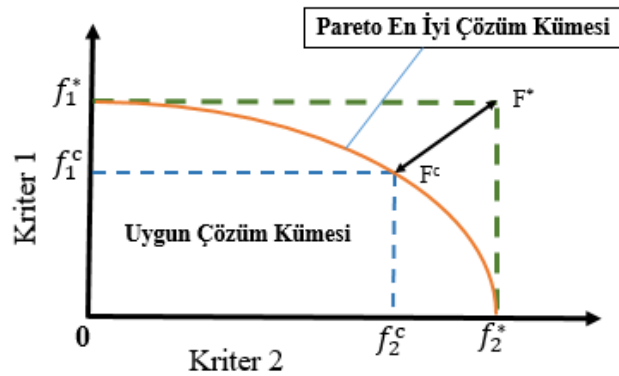
ardı ettiği yönünde eleştiriler de getirilmiştir (Velasquez ve Hester, 2013, s. 62; Kumar vd., 2017, s. 599)

1.3.3. VIKOR

Karar problemleri çoğunlukla birbirleriyle çelişen kriterler içermektedir. Bu bağlamda, 1998 yılında Opricovic tarafından VIKOR (VIsekriterijumska optimizacija i KOmpromisno Resenje; Çok Kriterli Eniyileme ve Uzlaşık Çözüm) tekniği önerilmiştir. VIKOR'un karar vericinin ideal değer veya tercihleri konusunda karar veremediği veya tam olarak tercihlerini açıklayamadığı problemlerde çözüme ulaşmak için yararlı bir teknik olduğu ifade edilmiştir. VIKOR'da L_1 ve L_∞ metrik aracılığıyla ideal çözüme en yakın çözümün bulunması amaçlanmaktadır. Bu kapsamda öncelikle, i . alternatifin j . kriterdeki performans değeri x_{ij} ve j . kriterdeki en iyi değer f_j^* , en kötü değer f_j^- ile gösterilmek üzere, L_p metriğin doğrusal standardizasyonu eşitlik (1.13) ile oluşturulur (Opricovic ve Tzeng, 2004, s. 447).

$$L_{p,i} = \left\{ \sum_{j=1}^n \left[w_j \frac{(f_j^* - x_{ij})}{(f_j^* - f_j^-)} \right]^p \right\}^{\frac{1}{p}}, \quad 1 \leq p \leq \infty; \quad i=1,2,\dots,m \quad (1.13)$$

Genellikle, çelişen kriterler ideal çözüm değerlerini (F^*) taşıyan herhangi bir alternatifin bulunmasını engeller. Bu noktada uzlaşık en iyi çözüm olan F^c , F^* 'a en yakın uygun çözümdür. Diğer bir ifadeyle iki kriterli bir karar problemi için Şekil 1.1'de görüldüğü üzere $\Delta f_1 = f_1^* - f_1^c$ ve $\Delta f_2 = f_2^* - f_2^c$ 'dir.



Şekil 1.1. VIKOR'da İdeal ve Uzlaşık Çözümler (Opricovic ve Tzeng, 2004)

Normalize değerlerin eşitlik (1.13) ile elde edilmesinden sonra her bir alternatif için ideal değerden ortalama uzaklık (S_i) ve en kötü skorları temsil eden ideal değerden en büyük uzaklık (R_i) değerleri eşitlikler (1.14-1.15) yardımıyla hesaplanır.

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_j \frac{f_j^* - x_{ij}}{f_j^* - f_j^-} \quad (1.14)$$

$$R_i = \max_j \left(w_j \frac{f_j^* - x_{ij}}{f_j^* - f_j^-} \right) \quad (1.15)$$

S_i ve R_i değerleri elde edildikten sonra, genel skoru gösteren Q_i değerlerinin hesaplanması için kullanılan S^* , S^- , R^* ve R^- değerleri eşitlik (1.16-1.19) yardımıyla oluşturulur.

$$S^* = \min_i S_i \quad (1.16)$$

$$S^- = \max_i S_i \quad (1.17)$$

$$R^* = \min_i R_i \quad (1.18)$$

$$R^- = \max_i R_i \quad (1.19)$$

Q_i değerlerinin hesaplanmasında kullanılan q parametresi ise karar vericinin karar verme stratejisini yansıtır. q parametresi değerinin 1'e yaklaşması karar vericinin ideal çözümde ortalama uzaklığa (S_i) daha fazla önem verdiğini gösterir. Bu bağlamda q parametresi değeri sıfıra yaklaştıkça karar vericinin daha karamsar tutum içinde olduğu belirtilebilir. Literatürde q parametresi genellikle 0,5 alınarak çözüme gidilmektedir. Q_i değerleri ise parametreler dâhil edilerek eşitlik (1.20) yardımıyla hesaplanır (Opricovic ve Tzeng, 2004, s. 449; Wachowicz vd., 2012, s. 127):

$$Q_i = \left(q \frac{S_i - S^*}{S^- - S^*} \right) + \left((1-q) \frac{R_i - R^*}{R^- - R^*} \right) \quad (1.20)$$

Eşitlik (1.20) ile yapılan hesaplamadan sonra alternatifler S_i , R_i ve Q_i değerlerine göre küçükten büyüğe sıralanarak üç ayrı sıralama listesi elde edilir. Sıralama işleminin ardından sıralamanın doğruluğunu sınamak üzere en küçük Q_i değerine sahip alternatifin

(A^I) kabul edilebilir avantaj ve kabul edilebilir istikrar koşullarını sağlayıp sağlamadığı kontrol edilir.

Koşul 1. Kabul edilebilir avantaj koşulu: Q_i değerlerine göre ikinci sırada yer alan alternatif A^II ve alternatif sayısı m ile gösterilmek üzere, kabul edilebilir avantaj eşitlik (1.21)'de belirtilen koşula bağlıdır. Eşitlik (1.21)'de yer alan DQ değeri ise $1/(m-1)$ işlemi ile oluşturulmaktadır.

$$Q(A^{II}) - Q(A^I) \geq DQ \quad (1.21)$$

Koşul 2. Kabul edilebilir istikrar koşulu: A^I alternatifi aynı zamanda S_i ve/veya R_i değerlerine göre küçükten büyüğe sıralamada da en küçük değere sahip en iyi alternatiftir. Bu durumda söz konusu uzlaşık çözüm karar verme sürecinde istikrarlıdır. Bu iki koşuldan biri sağlanamadığında uzlaşık çözüm için izleyen adımlar takip edilir (Opricovic ve Tzeng, 2004, s. 448):

- Eğer sadece kabul edilebilir istikrar koşulu sağlanamıyorsa A^I ve A^{II} alternatiflerinin her ikisi birlikte uzlaşık çözüm olarak kabul edilir.
- Eğer kabul edilebilir avantaj koşulu sağlanamıyorsa $A^I, A^{II}, \dots, A^{(M)}$ alternatiflerinin tamamı uzlaşık çözüm kümesini oluşturur. $A^{(M)}$ uzlaşık çözüm kümesinde yer alacak alternatif sayısıdır ve bu değer $Q(A^{(M)}) - Q(A^I) \leq DQ$ ilişkisinden elde edilir.

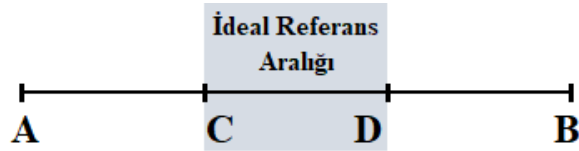
VIKOR önceden belirlenmiş alternatif kümesi üzerinden çözüm önerdiği için müzakere gerektiren veya değişime uğrayacak karar problemleri için doğrudan uygulanamamaktadır (Wachowicz vd., 2012, s. 127). Kumar vd. (2017), VIKOR tekniğiyle çelişen durumlar artıkça çözüme ulaşmanın zorluğundan ve gerçek zamanlı bir modellemede verilerde değişiklik yapılması gerekliliğinden söz etmişlerdir. Ayrıca, VIKOR ile yapılacak çözümde alternatif kümesinde yaşanacak değişimlerin, normalize karar matrisi değerlerinde değişim yaratması nedeniyle, sıra değişimi sorununa yol açması mümkündür.

1.3.4. RIM

Cables, Lamata ve Verdegay tarafından 2016 yılında önerilen Referans İdeal Yöntemi (Reference Ideal Method; RIM), karar probleminde ideal/referans temelinde

çözüm sağlamaktadır. RIM’de belirli değer aralığı içinde yer alan ideal değer, bir aralık veya nokta olabilmektedir. Diğer bir ifadeyle ideal değer, en küçük-en büyük değerler arasında bir aralık veya nokta olabilmektedir. RIM bu yönüyle, ideal değer olarak karar matrisindeki en büyük veya en küçük değeri benimseyen TOPSIS ve VIKOR’dan ayrılmaktadır.

Cables vd. (2016), VIKOR ve TOPSIS’in uçdeğerler olan en büyük ve en küçük değerlere bağlı olmasını eleştirmiş, bu durumun gerçek hayatta yer alan problemlerde her zaman geçerli olmayacağını belirtmiştir. RIM, ideal çözümün veri setinde ara bir değerde olabileceği fikrinden yola çıkılarak önerilmiştir. İdeal referans, en küçük-en büyük değerler arasında bir küme veya nokta olabilmektedir (Cables vd., 2016). Şekil 1.2’de ideal referans aralığı örnek olarak gösterilmiştir.



Şekil 1.2. RIM İdeal Referans Aralığı

RIM’in uygulanması için öncelikle karar matrisinde yer alan her bir kriter için değişim aralığı (t_j), ideal referans (s_j) ve ağırlık (w_j) değerleri belirlenmektedir. Değişim aralığı, ilgili kriterin alabileceği en büyük ve en küçük değerleri içermektedir. Diğer bir ifadeyle ilgili kriterin alabileceği değerlerin sınırları karar verici tarafından bilinmelidir. Daha sonra, alternatiflerin her bir kriter için ideal referans değerlerden uzaklıkları hesaplanır. Şekil 1.2’de gösterilen ideal referansa ($[C, D]$ aralığı) olan uzaklıklar eşitlik (1.22) yardımıyla hesaplanır.

$$d_{\min}(x, [C, D]) = \min(|x - C|, |x - D|) \quad (1.22)$$

Uzaklıklar hesaplandıktan sonra normalize değerler eşitlikler (1.23-1.24) yardımıyla elde edilir.

$f : x \oplus [A, B] \oplus [C, D] \rightarrow [0, 1]$ öyle ki;

$$f(x, [A, B], [C, D]) = \begin{cases} x \in [C, D] & \text{ise} & 1 \\ x \in [A, C] \wedge A \neq C & \text{ise} & 1 - \frac{d_{\min}(x, [C, D])}{[A - C]} \\ x \in [D, B] \wedge D \neq B & \text{ise} & 1 - \frac{d_{\min}(x, [C, D])}{[D - B]} \end{cases} \quad (1.23)$$

$$Y = \begin{pmatrix} f(x_{11}, t_1, s_1) & \dots & f(x_{1n}, t_n, s_n) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ f(x_{m1}, t_1, s_1) & \dots & f(x_{mn}, t_n, s_n) \end{pmatrix} \quad (1.24)$$

Eşitlik (1.24)'de oluşturulan normalize karar matrisi Y 'nin elamanları y_{ij} ile ifade edilir ve kriterlerin ağırlık değerleriyle çarpılırsa eşitlik (1.25)'de görüleceği üzere ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi Y' elde edilir.

$$Y' = Y \otimes W = \begin{pmatrix} f(y_{11} \cdot w_1) & \dots & f(y_{1n} \cdot w_n) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ f(y_{m1} \cdot w_1) & \dots & f(y_{mn} \cdot w_n) \end{pmatrix} \quad (1.25)$$

Her bir alternatifin ağırlıklandırılmış normalize değerleri (y'_{ij}) kullanılarak pozitif idealden (I_i^+) ve negatif idealden uzaklığı (I_i^-) eşitlikler (1.26-1.27) yardımıyla hesaplanır.

$$I_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (y'_{ij} - w_j)^2} \quad (1.26)$$

$$I_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (y'_{ij})^2} \quad (1.27)$$

Eşitlikler (1.26-1.27) ile elde edilen uzaklık değerleri, her bir alternatif için görelilik indekslerinin (R_i) hesaplanmasında kullanılır. Bu amaçla eşitlik (1.28)'den yararlanır.

$$R_i = \frac{I_i^-}{I_i^+ + I_i^-} \quad (1.28)$$

R_i değerleri 0 ile 1 arasında yer alır. Son olarak alternatiflerin R_i değerlerine göre büyükten küçüğe doğru sıralanmasıyla problemin çözümü tamamlanır.

Cables vd. (2016), RIM'in nitel kriterler için de çözüm sağladığını ifade etmişlerdir. Bu amaçla nitel değerlerin kesin/kesikli (crisp) sayı biçimine dönüştürülmesi gerektiği belirtilmiştir. Örneğin bir kriterin (iyi, idare eder, kötü) biçiminde üç farklı değeri, sırasıyla 3, 2, 1 biçiminde tam sayı olarak ifade edilirken, ideal referans değeri de bunların arasından biri olarak belirlenmektedir (Cables vd., 2016). Bu bağlamda söz konusu işleme, nitel kriterlerin ölçüm düzeyi, sıralayıcı ya da aralıklı ölçme düzeyine yükseltilmiş kabul edilmektedir.

Cables vd. (2016) RIM'in, ideal değerler olarak en büyük ve en küçük değerlerin benimsenmesi durumunda, TOPSIS ve VIKOR ile büyük benzerlikler taşıdığını, aralarındaki tek farkın normalizasyon işlemi olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, RIM'in sıra değişimi sorununu aştığını ifade etmişlerdir (Cables, vd., 2016).

RIM ile sıra değişimi sorununu aşmak için bir kriterin alabileceği değerlerin değişim aralığının, karar verici tarafından bilinmesi ve sınırlandırılması gerekmektedir. Değişen koşulların bazı kriterlerde bu sınırları aşabilecek olması veya sınırların aşılmaması için evrenin çok büyük belirlenmesi RIM'le elde edilecek sonuçların geçerliliğini ve tekniğin kullanılabilirliğini önemli ölçüde azaltmaktadır. Öte yandan, kriterlerin değişim aralığının karar matrisindeki alternatif performansları bağlamında belirlenmesi, değişken alternatif kümesi içeren karar problemlerinde sıra değişimi sorununa yol açabilmektedir.

Ayrıca, RIM'de nitel kriterler bağlamında alternatiflerin değerlendirilmesinde, nicel kriterler için kullanılan uzaklık ölçüsünden yararlanılmıştır. Bu noktada nitel kriter ifadesi ile nitelikleri sıralayıcı ölçekle ölçülmüş kriterlerden bahsedildiği anlaşılmaktadır. Diğer bir ifadeyle sınıflayıcı ölçekle ölçülmüş kriterler için ölçeklendirmeye başvurulmadan bir çözüm önerisi getirilmemiştir.

1.3.5. EDAS

Keshavarz Ghorabae vd. (2015) tarafından geliştirilen Ortalama Çözümünden Uzaklığa Dayalı Değerlendirme (Evaluation based on Distance from Average Solution; EDAS) tekniği, en iyi alternatifin ortalama uzaklık ile ilişkili olduğu fikrine dayanmaktadır. EDAS'da, TOPSIS ve VIKOR tekniklerinden farklı olarak pozitif ideal ve negatif ideal çözüm değerlerinin hesaplanmasına gerek olmadığı ifade edilmektedir.

Tekniğin çelişen kriterlerin bulunduğu karar problemlerinde iyi sonuç verdiği dile getirilmiştir. EDAS’da alternatiflerin çekiciliğini ölçmek için ortalamadan pozitif sapma (positive distance from average; *PDA*) ve ortalamadan negatif sapma (negative distance from average; *NDA*) ölçüleri kullanılmaktadır (Keshavarz Ghorabae vd. 2015). Teknikte eşitlik (1.4)’de yer alan karar matrisi oluşturulduktan sonra, her bir kriter için ortalama çözüm değerleri (AV_j) eşitlik (1.29) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$AV_j = \frac{\sum_{i=1}^m x_{ij}}{m} \quad (1.29)$$

Eşitlik (1.29)’da m alternatif sayısını göstermektedir. Diğer taraftan AV_j değerlerinden oluşan vektöre, ortalama çözüm vektörü AV adı verilmektedir.

AV_j değerleri hesaplandıktan sonra *PDA* ve *NDA* matrislerinin oluşturulması gerekmektedir. *PDA* ve *NDA* matrisleri eşitlikler (1.30-1.31)’de ifade edilmiştir.

$$PDA = [PDA_{ij}]_{m \times n} \quad (1.30)$$

$$NDA = [NDA_{ij}]_{m \times n} \quad (1.31)$$

PDA ve *NDA* matrislerinin elemanlarının bulunması için J fayda yönlü kriterleri, J' maliyet yönlü kriterleri göstermek üzere eşitlikler (1.32-1.33) kullanılır.

$$PDA_{ij} = \begin{cases} \frac{\max(0, (x_{ij} - AV_j))}{AV_j} & , j \in J \text{ ise} \\ \frac{\max(0, (AV_j - x_{ij}))}{AV_j} & , j \in J' \text{ ise} \end{cases} \quad (1.32)$$

$$NDA_{ij} = \begin{cases} \frac{\max(0, (AV_j - x_{ij}))}{AV_j} & , j \in J \text{ ise} \\ \frac{\max(0, (x_{ij} - AV_j))}{AV_j} & , j \in J' \text{ ise} \end{cases} \quad (1.33)$$

Bir alternatifin *PDA* değeri 0’dan büyükse *NDA* değeri 0’a eşit; *NDA* değeri 0’dan büyükse *PDA* değeri 0’a eşittir. *PDA* ve *NDA* değerlerinin ağırlıklandırılmış toplamları, j . kriterin ağırlık değeri w_j olmak üzere eşitlikler (1.34-1.35) ile elde edilir:

$$SP_i = \sum_{j=1}^n w_j PDA_{ij} \quad (1.34)$$

$$SN_i = \sum_{j=1}^n w_j NDA_{ij} \quad (1.35)$$

Tüm alternatifler için normalize SP_i ve SN_i değerlerinin hesaplanmasında, söz konusu değerlerin en büyüklerinden yararlanılır. Bu bağlamda eşitlikler (1.36-1.37) kullanılır.

$$NSP_i = \frac{SP_i}{maks_i SP_i} \quad (1.36)$$

$$NSN_i = 1 - \frac{SN_i}{maks_i SN_i} \quad (1.37)$$

NSP_i ve NSN_i değerleri kullanılarak her bir alternatif için değerlendirme skoru AS_i eşitlik (1.38) ile hesaplanır. AS_i değerleri 0 ile 1 arasında yer alır.

$$AS_i = \frac{1}{2}(NSP_i + NSN_i) \quad (1.38)$$

Alternatifler, AS_i değerlerine göre büyükten küçüğe doğru sıralanarak karar probleminin çözümü tamamlanır.

Keshavarz Ghorabae vd. (2015), EDAS'ı envanter sınıflandırma probleminin çözümünde VIKOR, TOPSIS, SAW, COPRAS (COMplex PROportional Assessment; Karmaşık Oransal Değerlendirme) teknikleriyle karşılaştırmıştır. EDAS'ın bu tekniklerle yüksek pozitif Spearman sıra korelasyon değerine sahip olduğunu belirtmişlerdir.

EDAS'da ortalama değerinin kullanılması karar matrisindeki değişimler neticesinde problemin yeniden ele alınmasını gerektirebilir ve sıra değişimi sorununa yol açabilir. Ayrıca ortalama değer karar probleminde istenilen bir değer olması her zaman mümkün görünmemektedir. Diğer taraftan tekniğin uygulama kolaylığına sahip olduğu görülmektedir.

1.3.6. CODAS

Temelinde negatif ideale en uzak alternatifin en iyi olacağı görüşü bulunan Birleşik Uzaklık Tabanlı Değerlendirme (COMbinative DISTance-based ASsessment; CODAS) tekniği Keshavarz Ghorabae vd. (2016) tarafından geliştirilmiştir. Uzaklıkların hesaplanmasında öncelikle Öklid uzaklığı kullanılmaktadır. Öklid uzaklığı ile hesaplanan

uzaklığın belirlenen bir eşik değerden (τ) farkına göre Taxicab uzaklığı da işleme alınmaktadır.

Keshavarz Ghorabae vd. (2016), τ değerinin 0,01 ile 0,05 arasında belirlenmesini önermiştir. Bu değere göre Öklid ve Taxicab uzaklık ölçülerini içeren bir ψ (psi) eşik fonksiyonu kullanılarak görelî değerlendirme matrisi elde edilmektedir. Her bir alternatifin bu görelî değerleri toplanarak global skorları oluşturulmakta ve sıralama büyükten küçüğe doğru yapılarak karar verilmektedir.

CODAS'da, eşitlik (1.4)'de yer alan karar matrisinin normalize edilmesi amacıyla; J fayda yönlü kriterleri, J' maliyet yönlü kriterleri göstermek üzere eşitlik (1.39) kullanılır.

$$f_{ij} = \begin{cases} \frac{x_{ij}}{\max_i x_{ij}} & , j \in J \text{ ise} \\ \frac{\min_i x_{ij}}{x_{ij}} & , j \in J' \text{ ise} \end{cases} \quad (1.39)$$

Eşitlik (1.39)'da normalize karar matrisi F 'nin elemanları f_{ij} ile gösterilmiştir. Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi R 'nin elemanlarının (r_{ij}) elde edilmesinde ise eşitlik (1.40)'den yararlanılır.

$$r_{ij} = w_j f_{ij} \quad (1.40)$$

Eşitlik (1.40)'de w_j , j kriterinin ağırlık değerini göstermektedir. Negatif ideal çözüm değerleri (ns_j), R matrisinde yer alan her bir kriter için en küçük değerlerdir. Söz konusu değer eşitlik (1.41) yardımıyla elde edilir.

$$ns_j = \min_i r_{ij} \quad (1.41)$$

Alternatiflerin Öklid ve Taxicab uzaklıklarının hesaplanmasında r_{ij} ve ns_j değerlerinden yararlanılmaktadır. Bu bağlamda, Öklid uzaklığı için eşitlik (1.42), Taxicab uzaklığı için eşitlik (1.43) kullanılır.

$$E_i = \sqrt{\sum_{j=1}^n (r_{ij} - ns_j)^2} \quad (1.42)$$

$$T_i = \sum_{j=1}^n |r_{ij} - ns_j| \quad (1.43)$$

Öklid ve Taxicab uzaklıklarından yararlanılarak görelî değerlendirme (G) matrisi oluşturulur. Söz konusu matrisin elde edilmesinde, m alternatif sayısını göstermek üzere eşitlikler (1.44-1.45)'den yararlanılır.

$$G = [h_{ik}]_{m \times m} \quad (1.44)$$

$$h_{ik} = (E_i - E_k) + ((\psi(E_i - E_k)) \times (T_i - T_k)) \quad (1.45)$$

Eşitlik (1.45)'de $k \in \{1, 2, \dots, m\}$ olmak üzere ψ eşik fonksiyonunu göstermektedir. ψ fonksiyonu, iki alternatifin Öklid uzaklık değerlerinin τ ile karşılaştırılması sonucunda Taxicab uzaklıklarının da dikkate alınmasını sağlamaktadır ve eşitlik (1.46) ile tanımlanmaktadır:

$$\psi(x) = \begin{cases} 1 & \text{eğer } |x| \geq \tau \\ 0 & \text{eğer } |x| < \tau \end{cases} \quad (1.46)$$

Eşitlik (1.46)'da τ iki alternatifin Öklid uzaklığı farkının belli bir değerden düşük veya büyük olması durumunu ifade etmektedir ve karar verici tarafından belirlenmektedir. Bu değer 0,01 ile 0,05 arasında belirlenmesi önerilmektedir. Son olarak her bir alternatifin değerlendirme skoru eşitlik (1.47) ile hesaplanır ve alternatifler değerlendirme skoruna göre büyükten küçüğe sıralanarak problemin çözümü tamamlanır (Keshavarz Ghorabae vd., 2016).

$$H_i = \sum_{k=1}^m h_{ik} \quad (1.47)$$

CODAS en iyi çözümün negatif idealden en uzak olacağı varsayımına dayanmaktadır. Bu varsayımın her karar probleminde geçerli olması beklenemez. Ayrıca karar matrisinde yer alan en küçük ve en büyük değerlerden yararlanarak normalizasyon işleminin gerçekleştirilmesi nedeniyle alternatif kümesindeki değişimlerin sıra değişimi sorunu yaratması söz konusu olabilmektedir. Böyle bir durum ise karar probleminin yeniden değerlendirilmesini gerekli kılacaktır.

1.3.7. Referans Nokta Tekniği

Referans Nokta Tekniği, Wierzbicki (1980) tarafından istek (aspiration) düzeylerine ilişkin referans noktaları bağlamında önerilmiş etkileşimli çok amaçlı karar verme tekniğidir. Wierzbicki (1980), insanların günlük kararlarını verirken fayda fonksiyonlarını en iyi kılacak biçimde karar vermediğini, bunun yerine daha çok tatmini

aradıklarını belirtmiştir. Bu görüş, Tatmin Kuramının (Satisficing Theory) ileri sürdüğü görüşle örtüşmektedir. Diğer bir ifadeyle söz konusu olan optimizasyon değil tatmindir. Referans Nokta Tekniği'nde karar verici, referans noktalarını sezgisel bir biçimde kolaylıkla belirlemekte ve tutarlılık göz ardı edilebilmektedir (Simon, 1979; Miettinen, 1998, s. 164).

Referans Nokta Tekniği, ağırlıklı olarak referans noktalara olan uzaklığı en küçüklemeyi amaçlayan edinim (achievement) fonksiyonlarına bağlıdır. Çözüm süreci başlamadan önce karar vericiye probleme ilişkin bilgiler verilir. Eğer mümkünse, ideal hedef vektörünün (ideal objective vector) ve negatif hedef vektörünün (nadir objective vector), Pareto en iyi çözüm kümesinde yaklaşık genişliği gösterilir. Bu noktada, öznel olarak uygun çözüm bölgesinin daraltılması işlemi de gerçekleştirilebilir. Karar değişkenleri ve amaç değerleri karar vericiye sunulur. Ayrıca, edinim fonksiyonlarının uygun bir biçimi seçilir. Referans Nokta Tekniği'nin temel adımları, h iterasyonu/yinelemeyi göstermek üzere izleyen kısımda verilmiştir (Miettinen, 1998, s. 165):

- Karar vericiye probleme ilişkin bilgi verilir ve $h=1$ değeri atanır.
- Karar verici her bir amaç fonksiyonu için istek düzeyini gösteren referans noktaları ($\bar{z}_h \in R^k$) belirler.
- Mevcut referans noktası üzerinden edinim fonksiyonunu en küçük kılan bir Pareto en iyi çözüme (x^h) ve bu çözümle ilişkili z^h değerine ulaşılır. z^h karar vericiye sunulur.
- Elde edilen çözüm değerleri üzerinden referans noktaları değiştirilir ve k adet yeni çözüm elde edilir. Bu amaçla eşitlik (1.48) kullanılır.

$$\bar{z}_{(i)} = \bar{z}^h + \bar{d}^h e_i \quad (1.48)$$

Eşitlik (1.48)'de $d^h = \|\bar{z}^h - z^h\|$ ve $i=1, \dots, k$ olmak üzere e_i , i . birim vektörü göstermektedir.

- Çözüm alternatifleri karar vericiye sunulur. Eğer karar verici, $k+1$ çözümden birini tatmin edici bulursa ilgili x^h nihai çözüm değeri olur. Aksi takdirde karar vericiden yeni referans noktaları (\bar{z}^{h+1}) belirlemesi istenir. İterasyon $h = h+1$ olarak ayarlanır ve adımlar tekrarlanır.

Referans Nokta Tekniği'nde, referans noktaların çözümler elde edildikçe değiştirilebilir olmasının, karar vericinin mümkün çözümler hakkında daha iyi bir algıya erişmesini sağlayacağı belirtilmiştir. Örneğin referans noktalar Pareto en iyi çözümden çok uzaksa, karar verici referans noktaları düzelterek daha erken ve etkin çözüme ulaşabilir (Miettinen, 1998, s. 166).

1.3.8. MOORA-Referans Nokta Tekniği

Oran Analizi Temelinde Çok Hedefli Optimizasyon (Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis; MOORA) yöntemi içinde Oran ve Referans Nokta teknikleri bulunmaktadır. Bu tekniklerden Referans Nokta Tekniği, karar matrisinde yer alan en iyi değer referans alınması ve diğer değerlerin bu değer ile karşılaştırılması temelinde çözüm önermektedir. Bu bağlamda fayda yönlü kriterde en büyük, maliyet yönlü kriterde en küçük değer referans noktası seçilerek referans serisi oluşturulmaktadır. Alternatiflerin, referans serisinden uzaklığı ise Tchebycheff Min-Max metrik yöntemiyle hesaplanmaktadır (Brauers ve Zavadskas, 2010: 11-12).

MOORA-Referans Nokta Tekniği'nde öncelikle eşitlik (1.4)'de oluşturulan karar matrisi, vektör normalizasyonuna tabi tutulmaktadır. Normalize karar matrisinin elemanlarının (f_{ij}) oluşturulmasında ise eşitlik (1.49) kullanılır.

$$f_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^n x_{ij}^2}} \quad (1.49)$$

J fayda yönlü kriterleri, J' maliyet yönlü kriterleri göstermek üzere her bir kriterde, normalize değerler içinden referans noktaları/serisi (r_j) eşitlik (1.50) yardımıyla oluşturulur.

$$r_j = \begin{cases} \max_i f_{ij} & , j \in J \text{ ise} \\ \min_i f_{ij} & , j \in J' \text{ ise} \end{cases} \quad (1.50)$$

Alternatiflerin, sıralanması için Tchebycheff min-max metriği kullanılır. Bu noktada öncelikle, eşitlik (1.51)'den yararlanarak her bir alternatifin referans noktalarına olan uzaklıkları arasından en büyüğü (d_i) belirlenir.

$$d_i = \max_j |r_j - f_{ij}| \quad (1.51)$$

Eşitlik (1.51) ile hesaplanan uzaklıklar (d_i), küçükten büyüğe doğru sıralanır ve karar probleminin çözümü tamamlanır.

Referans Nokta Tekniği, Multi-MOORA içinde de kullanılmaktadır. Multi-MOORA'da Referans Nokta, Oran ve Tam Çarpım teknikleriyle elde edilen alternatif sıralamaları, Baskınlık Teorisi (Dominance Theory) ile toplulaştırılarak nihai çözüme ulaşılmaktadır (Brauers ve Zavadskas, 2010).

Referans Nokta Tekniği'nin basit bir algoritmaya sahip olması kullanım kolaylığı sağlamaktadır. Öte yandan, karar problemlerinin genellikle karmaşık yapıda olması, bu teknik ile çoğu problemin etkin çözümünü engellemektedir. Ayrıca Referans Nokta Tekniği'nde, referans noktaları olarak karar matrisindeki en büyük ve en küçük değerlerin kullanılması nedeniyle alternatif kümesinde yaşanan değişimlerin, sıra değişimi sorunu yaratması söz konusu olabilmektedir.

İKİNCİ BÖLÜM

2. UZAKLIK VE REFERANS TEMELLİ ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME TEKNIĞI ÖNERİLERİ

Çok kriterli karar vermede karşılaşılan en önemli sorunlardan biri farklı tekniklerin aynı karar problemine uygulanmasında elde edilen farklı çözümlerdir. Bu durum çok kriterli karar vermenin bileşenlerinin yapısından kaynaklanmaktadır. Çok kriterli karar vermenin birbiriyle çelişen kriterler içermesi, kriterler ve alternatifler ile ilgili bilgi düzeyi farklılıkları, tüm kriterlerde en iyi performansı sergileyen alternatifin çoğunlukla bulunmaması, karar vericilerin değişen risk düzeyleri ve tercihleri, çevresel faktörler, karar ortamları gibi nedenler tek bir teknikle bütün karar problemlerinin etkin çözümünü engellemektedir. Diğer bir ifadeyle herhangi bir tekniğin diğer tekniklere daima üstün olduğunu belirtmek mümkün görünmemektedir. Bu bağlamda karşılaşılan probleme uygun tekniğin kullanılması tek gerçekçi yaklaşımdır. Karar vericinin teknik seçimi için kullanacağı yaklaşımlar bu çalışmanın kapsamında değildir. Öte yandan, tez kapsamında önerilen REF, REF-II ve KARMA tekniklerinin nasıl bir ihtiyaca cevap verdiğini anlayabilmek için bu bakış açısıyla yaklaşmak gerekmektedir.

Referans temelinde önerilen REF, karar vericiyi tercihlerinde belli bir aralık, kalıp ya da ölçüğe zorlamamakta, mümkün olduğunca özgür bırakmaktadır. REF’te sınıflayıcı (ikili ve çoklu isimsel), sıralayıcı, aralıklı ve oran ölçüğü ile ölçülmüş kriterler birlikte kullanılabilen ve bu kriterler üzerinde karar verici referans değer olarak belli bir nokta, aralık veya kategori belirleyebilmektedir. REF, karar vericiye kriterlerin özelliklerine göre karar matrisinden bağımsız olarak arzu ettiği sonuçları belirleme olanağı tanımaktadır. Böylelikle REF ile karar vericinin isteklerini ve hedeflerini en iyi biçimde anlayarak karar probleminin çözülmesi amaçlanmaktadır.

REF-II’de karar matrisinden bağımsız olarak karar vericinin referans değerleri belirlemesi ve karar matrisinin bu referansa göre normalizasyonu ile sıra değişimi sorununun ortadan kaldırılması amaçlanmıştır. Ayrıca, REF II’de alternatif kümesine ilk çözümden sonra yeni bir alternatif eklenmesi durumunda, sadece bu alternatif için hesaplama yapılması yeterli olmaktadır. Böylelikle zamanla güncellenmesi gereken kararlarda, önceden verilmiş kararların rasyonelliğinin tümüyle ortadan kalkması engellenmektedir.

REF-II ile karar problemlerinin çözülmesi için kriterlerin en az aralıklı ölçekle ölçülmüş olması gerekmektedir. Bu amaçla, kriterlerin ölçeklendirilmesini sağlamak için

Aralıklı ve Aşamalı Tercih/Önem Ölçeği önerisi geliştirilmiştir. Söz konusu ölçek, kriterlerin yeniden ölçümü ve ağırlıklandırılması için kullanılabilir. Bu bağlamda, REF ve REF-II’de kriterlerin ağırlıklandırılması ile kriterlerin problemin çözümü üzerindeki etki düzeyleri değiştirilebilir.

KARMA ise karar vericinin farklı ölçüm düzeylerindeki kriterlerde referans değerler belirleyememesi ve alternatif kümesinde diğer alternatiflere en yakın/uzak olan alternatifin etkin çözüm olarak kabul edilebileceği problemler için önerilmiştir.

REF, REF-II ve KARMA, kriterler arası telafi işlemlerine izin veren diğer çok kriterli karar verme tekniklerinde olduğu gibi tercihlerin bağımsızlığı varsayımına sahiptir (Abbas ve Sun, 2015). Tezin izleyen alt bölümlerinde önerilen teknikler ayrıntılı olarak açıklanmaya çalışılacaktır.

2.1. Referansa En Yakın Çözüm Tekniği

Karar verici, karşılaştığı karar probleminde alternatifleri sıralarken ya da seçerken çok sayıda kriteri dikkate almaktadır. Karar verici, problemin çözümüne yönelik arzu ettiği sonucu referans değer olarak belirleyebilir. Bu referans değer ilgili kritere göre değişebilir. Referans bir kriterde en büyük değer, diğerinde en küçük değer veya belirli bir değer ya da aralık olarak belirlenebilir. Diğer taraftan kriterler farklı tipteki ölçeklerle (sınıflayıcı, sıralayıcı, aralıklı, oran) ölçülmüş olabilir. Çünkü gerçek hayat problemleri çoğunlukla farklı ölçüm düzeylerinde kriterler içermektedir. REF ile böyle bir karar problemi için belirlenen referans noktasından/aralığından ilgili alternatifin uygun uzaklık ölçüsü ile uzaklığının belirlenmesi, elde edilen bu uzaklık değerlerinin bir toplulaştırma aracı kullanılarak toplulaştırılması ve alternatiflerin bu değerlere göre küçükten büyüğe doğru sıralanmasıyla çözüme ulaşılması amaçlanmaktadır.

REF’in uygulama adımlarına geçmeden önce, eşitlik (1.4)’de yer alan karar matrisi X bağlamında bazı kavramların açıklanması gerekmektedir.

Referans, karar vericinin karar kriteri j bağlamında alternatifleri değerlendirmek için başvurduğu belli bir değer veya değer aralığıdır. Eğer, j kriteri için referans bir değer biçiminde belirlenmişse, bu değer R_j ile ifade edilir. İlgili kriterde referans (R_j), aralık olarak belirlenmiş ise bu aralığın alt sınırı ${}_1R_j$, üst sınırı ${}_2R_j$ ile nitelendirilir.

Karar verici karşılaştığı karar probleminde referans değerden uzaklıkların belirli aralıklarla ya da belirli bir yöndeki değerler açısından farklı değerlendirilmesi gerektiği

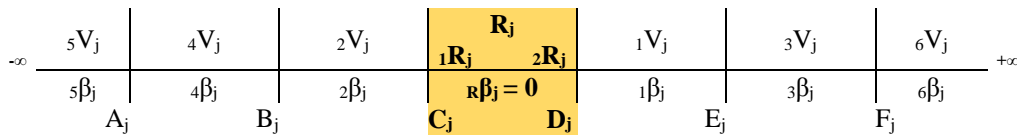
görüşüne sahip olabilir. Bir referans aralığın sağındaki değerler, solundaki değerlere göre daha kabul edilebilir bulunabilir veya sağda ve solda farklı aralıktaki değerlerin tercih edilme düzeyleri birbirinden farklı olabilir. Bu durumda ikincil düzeyde önemli olan söz konusu değere/aralığa, ardıl değer/aralık adı verilir ve j kriterinin ardıl değeri/aralığı ${}_v V_j$ ile gösterilir. Buna göre j kriterinde $v = 1, \dots, v$ olmak üzere v kadar ardıl aralık/değer belirlenmesi mümkündür.

Karar verici j kriterinde, ardıl aralıkların karar problemine etkisini simetrik veya asimetrik olarak belirler. Bu amaçla, her bir ardıl değer/aralık için kabulsüzlük değeri β atanır. Bu değer, referans noktasına/aralığına göre ilgili ardıl aralık içinde kalan değerlerin kabul edilme-edilmeme düzeyini yansıtır.

Karar verici tarafından atanan kabulsüzlük değeri, 0-1 arasında değer alır. Karar verici ilgili ardıl değer/aralığın kabulsüzlük değerini karar probleminin çözümüne yönelik olarak tutarlı bir biçimde belirlemelidir. Bu değer belirlenmesinde bilimsel araçlar veya teknikler kullanılabilir. Bununla birlikte, ${}_v t_{R_j}$; R referans değerinin/aralığının, v ardıl aralığına/değerine kaç kat fazla tercih edildiğini gösteren oran olmak üzere, ilgili kabulsüzlük değerinin (${}_v \beta_j$) hesaplanmasında eşitlik (2.1)'den yararlanılabilir:

$${}_v \beta_j = \frac{|{}_v t_{R_j} - 1|}{{}_v t_{R_j}} \quad (2.1)$$

Söz konusu kavramların görselleştirilmesi amacıyla; referans aralık, referans aralık dışında kalan birden fazla aralık ve bu ardıl aralıklara ait β değerleri Şekil 2.1'de örnek olarak sunulmuştur.



Şekil 2.1. REF'te Ardıl Aralıklar veya Değerler

Şekil 2.1'de yer alan örnekte, karar verici j kriteri için referans aralığı olarak R_j 'yi belirlemiştir. R_j aralığının alt sınırı ${}_1 R_j$, üst sınırı ise ${}_2 R_j$ ile gösterilmiştir. Bu aralıkta yer alacak alternatiflerin ilgili kriterde referans değere uzaklığı sıfırdır. Diğer taraftan bu aralığın dışındaki değerlerin tercih edilme düzeyleriyle ilgili olarak karar vericinin farklı

görüşleri bulunmaktadır. Bu nedenle birden fazla aralık belirleyerek daha etkin bir çözüme ulaşmayı amaçlamaktadır. Bu bağlamda her bir aralık için kabulsüzlük değeri kullanılarak karar probleminin çözümüne ulaşılır.

Şekil 2.1’de j kriteri için R_j aralığının kabulsüzlük değeri (${}_R\beta_j$) sıfır iken diğer aralıkların kabulsüzlük değerleri $v=1,\dots,6$ olmak üzere ${}_v\beta_j$ ile gösterilmiştir. Bu noktada, karar matrisinden bağımsız olarak her bir j kriteri için referans veya ardıl değer olarak x_j değerleri atanabilir. Söz konusu değerler kullanılarak aralıklar tanımlanabilir. Sonuç olarak; $x_j \in \mathbb{R}$ olmak üzere Şekil 2.1’den yararlanarak aralıklar, eşitlik (2.2-8)’de tanımlanır.

$$R_j = \{x_j \in \mathbb{R} \mid x_j \in [C, D]\} \quad (2.2)$$

$${}_1V_j = \{x_j \in \mathbb{R} \mid x_j \in (D, E]\} \quad (2.3)$$

$${}_2V_j = \{x_j \in \mathbb{R} \mid x_j \in [B, C)\} \quad (2.4)$$

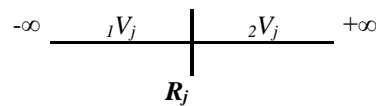
$${}_3V_j = \{x_j \in \mathbb{R} \mid x_j \in (E, F]\} \quad (2.5)$$

$${}_4V_j = \{x_j \in \mathbb{R} \mid x_j \in [A, B)\} \quad (2.6)$$

$${}_5V_j = \{x_j \in \mathbb{R} \mid x_j \in (-\infty, A)\} \quad (2.7)$$

$${}_6V_j = \{x_j \in \mathbb{R} \mid x_j \in (F, +\infty)\} \quad (2.8)$$

Karar verici, problemin çözümüne yönelik gerekli gördüğü kadar ardıl değer/aralık belirleyebilir. Bununla birlikte, referanstan belli bir yöndeki değerleri, referansın diğer yönüne göre daha kabul edilebilir olarak değerlendirilebilir. Bu amaçla yine kabulsüzlük değerinden yararlanılır. Bu değer 0 olarak belirlendiğinde ilgili yönün referans değere uzaklığı sıfıra eşit olurken, değer bire yaklaştıkça uzaklığın etkisi artmaktadır. Örnek olarak Şekil 2.2’de referans değerinin ardıl komşulukları gösterilmiştir.



Şekil 2.2. REF’te Referans Değerinin Ardıl Komşulukları

Şekil 2.2’de karar verici referans değer olarak R_j ’yi belirlemiştir. Bu değer’in sol tarafı $-\infty$ ’a sağ tarafı ise $+\infty$ ’a uzanmaktadır. Karar vericinin R_j ’nin sol tarafı ${}_1V_j$ için belirleyeceği kabulsüzlük değeri ${}_1\beta_j$ ve sağ tarafı ${}_2V_j$ için belirleyeceği kabulsüzlük değeri ${}_2\beta_j$ olarak tanımlanarak problemin çözümü tamamlanabilir.

REF için gerekli tanımlamalar yapıldıktan sonra, tekniğin uygulama adımlarına izleyen kısımda yer verilmiştir.

Adım 1: Karar probleminin tanımlanması ve ilk karar matrisinin oluşturulması

Bu aşamada karar problemi ve bu problemin çözümünde dikkate alınacak kriterler belirlenir. Ardından, karar probleminin çözümüne yönelik alternatif kümesi belirlenir. Kriterler $j=1,2,\dots,n$ ve alternatifler $i=1,2,\dots,m$ olmak üzere karar matrisi X , eşitlik (1.4)’de belirtilen biçimde oluşturulur. Hatırlanacağı gibi karar matrisinde x_{ij} ’ler i alternatifinin j kriterinde sahip olduğu özelliği veya performans değerini göstermektedir.

Adım 2: Kriterlere ilişkin referans ve ardıl değerler/aralıklar ile kabulsüzlük değerlerinin belirlenmesi

Karar verici problemin çözümüne yönelik belirlediği kriterlerde referans değerleri/aralıkları tespit eder. Bu noktada ardıl değer/aralık içeren kriterlerde, kabulsüzlük değerleri belirlenir.

Referans ve ardıl değerlerin/aralıkların karar matrisinden bağımsız olarak belirlenmesi, karar vericinin kriterler bağlamında arzu ettiği sonuçları yansıtması açısından önemlidir. Diğer taraftan karar verici nicel kriterlerde en büyük-en küçük, nitel kriterlerde belirli bir kategori veya sıklık üzerinden referans değer belirleyebilir.

Adım 3: Uzaklık değerlerinin elde edilmesi

Kriterlerin ölçüm düzeyi ve karar vericinin belirlediği referans değerler/aralıklar göz önüne alınarak uygun uzaklık ölçüsü seçilir. Bu bağlamda, kriterler $j=1,2,\dots,n$ ve alternatifler $i=1,2,\dots,m$ olmak üzere, alternatiflerin referans değerlerden (R_j) kriterlerin ölçüm düzeyine göre hesaplanacak uzaklık ölçülerine (d_{ij}) izleyen kısımda yer verilmiştir (Dunn-Rankin vd., 2004; Alpar, 2013; Greenacre ve Primirecio, 2013; Akpınar, 2014; Tan, Steinbach ve Kumar, 2013).

Karar verici, sınıflayıcı veya sıralayıcı ölçüme sahip nitel kriterlerde referansı, herhangi bir kategorik değer veya kategorik değerlerin gözlenme sıklığı üzerinden belirleyebilir.

Sınıflayıcı ölçükle ölçülmüş (iki ya da daha çok kategorili) kriterlerde belirli bir kategorinin referans olarak kabul edilmesi durumunda, alternatiflerin referans değerden

uzaklığı uyumsuzluklar üzerinden elde edilir. Örneğin, i alternatifinin iki kategorili j nitel kriterinde referans değerden uzaklığı, ilgili değer referans değer ile aynı olması durumunda 0, olmaması durumunda ise 1 olarak belirlenir. Bu bağlamda i alternatifinin j kriterinde referans değerden uzaklığı eşitlik (2.9)'da belirtilmiştir.

$$d_{ij} = \begin{cases} 0 & , \quad x_{ij} = R_j \\ 1 & , \quad \text{diğer durumlarda} \end{cases} \quad (2.9)$$

Karar verici, nitel kriterler için referans değeri en sık veya en az gözlenen kategori olarak belirleyebilir. Bunun için öncelikle x_j 'nin c kategorisi x_{j_c} olmak üzere her bir kategori için göreceli sıklık değerleri hesaplanır. Göreceli sıklık (\hat{x}_{j_c}), y_{j_c} ; c . kategorinin gözlenme sayısı ve m alternatif sayısı olmak üzere eşitlik (2.10) ile hesaplanır.

$$\hat{x}_{j_c} = \frac{y_{j_c}}{m} \quad (2.10)$$

Uzaklık değeri (d_{ij}), j . nitel kriterin referans değeri \hat{x}_{j_R} olmak üzere eşitlik (2.11) ile elde edilir.

$$d_{ij} = |\hat{x}_{j_c} - \hat{x}_{j_R}| \quad (2.11)$$

Sıralayıcı ölçüme sahip kriterlerde, j . kriterdeki sıra sayısı s_j ile gösterilmek üzere sıra değerleri üzerinden referans değer belirlenmesi halinde uzaklık değeri eşitlik (2.12) ile elde edilir.

$$d_{ij} = \frac{|x_{ij} - R_j|}{s_j - 1} \cdot \beta_j \quad (2.12)$$

Eşitlik (2.12)'de β_j aralığın/değerin kabulsüzlük değeri β_j ile ifade edilmiştir. Sıralayıcı ölçekle ölçülmüş kriterlerde, eğer ardıl değer/aralık kullanılmayacaksa kabulsüzlük değeri hesaplamalara dâhil edilmez. Diğer taraftan referans aralık olarak belirlenmişse eşitlik (2.13) kullanılır.

$$d_{ij} = \begin{cases} \frac{|x_{ij} - {}_1R_j|}{s_j - 1} \cdot \beta_j & , \quad x_{ij} < {}_1R_j \\ 0 & , \quad {}_1R_j \leq x_{ij} \leq {}_2R_j \\ \frac{|x_{ij} - {}_2R_j|}{s_j - 1} \cdot \beta_j & , \quad x_{ij} > {}_2R_j \end{cases} \quad (2.13)$$

Eşitlik (2.13)'te ${}_1R_j$; referans aralığın alt sınırını, ${}_2R_j$; referans aralığın üst sınırını göstermektedir. Bu noktada karar verici, gerekli görmesi durumunda nitel kriterleri ölçekleyebilir. Bu durumda ilgili kriterlerde, en az eşit aralıklı ölçüm düzeyindeki kriterler için kullanılan uzaklık ölçülerinden yararlanır.

Niceliksel kriterlerde referans, tek bir değer olarak belirlenmişse eşitlik (2.14) ile uzaklıklar elde edilir.

$$d_{ij} = |x_{ij} - R_j|_v \beta_j \quad (2.14)$$

Diğer taraftan referansın aralık olarak belirlenmesi durumunda eşitlik (2.15)'ten yararlanır.

$$d_{ij} = \begin{cases} |x_{ij} - {}_1R_j|_v \beta_j & , \quad x_{ij} < {}_1R_j \\ 0 & , \quad {}_1R_j \leq x_{ij} \leq {}_2R_j \\ |x_{ij} - {}_2R_j|_v \beta_j & , \quad x_{ij} > {}_2R_j \end{cases} \quad (2.15)$$

Eşitlik (2.9-2.15)'ten yararlanarak alternatiflerin referans değerden/aralıktan uzaklıkları (d_{ij}) hesaplandıktan sonra, bu uzaklık değerlerinden oluşan karar matrisi elde edilmiş olur. Ayrıca, REF içinde uzaklıkların hesaplanmasında kullanılan eşitlikler özet biçimde EK-1'de sunulmuştur.

Adım 4: Normalizasyon işleminin gerçekleştirilmesi

Kriterlere göre uzaklık değerlerinin değişim aralığının birbirinden farklı olması durumuyla karşılaşılabılır. Bu noktada değişim aralığı diğer kriterlere göre geniş olan kriter, toplulaştırmada daha etkin rol oynayacaktır. Bunu ortadan kaldırmak için normalizasyon işlemi gerçekleştirilir. Her bir kriter için alternatiflerin uzaklık değerlerinin toplamından yararlanarak normalizasyon işleminde eşitlik (2.16) uygulanır.

$$f_{ij} = \frac{d_{ij}}{\sum_{i=1}^m d_{ij}} \quad (2.16)$$

Eşitlik (2.16) ile gerçekleştirilen normalizasyon işlemi ile alternatiflerin performans değerleri (f_{ij}) 0-1 aralığında değerlere dönüştürülür. Böylelikle, normalizasyon işlemi sonucunda, kriterlerin etki düzeylerinin (ağırlıklandırmadan bağımsız olarak) eşitlenmesi ve karşılaştırılabilir değerler üretilmesi sağlanır.

Adım 5: Kriterlerin ağırlıklarına karar verilmesi

Karar vericinin kriterlerin farklı önem düzeylerine sahip olduğu yönünde görüşü var ise kriterler ağırlıklandırılarak bu sorun belli ölçüde ortadan kaldırılabilir. Normalizasyondan sonra kriterlerin ağırlıklandırılması için f_{ij} değerleri ile kriter ağırlıkları çarpılır ve normalize ağırlıklandırılmış uzaklık değerleri bulunur. Bu amaçla eşitlik (2.17)'den yararlanır.

$$h_{ij} = f_{ij} \cdot w_j \quad (2.17)$$

Adım 6: Genel performans değerlerinin elde edilmesi

Alternatiflerin her biri için genel performans değeri (U_i), eşitlik (2.18) ile elde edilir. Bu noktada kriterlerin ağırlıklandırma durumu dikkate alınır.

$$U_i = \begin{cases} \sum_{j=1}^n f_{ij} & , \text{ kriterler ağırlıklandırılmamış ise} \\ \sum_{j=1}^n h_{ij} & , \text{ kriterler ağırlıklandırılmış ise} \end{cases} \quad (2.18)$$

Adım 7: Alternatiflerin sıralanması

Alternatifler, genel performans değerine (U_i) göre küçükten büyüğe doğru sıralanarak karar probleminin çözümünün tamamlanır. Böylelikle en küçük U_i değerine sahip alternatif, en iyi çözüm olarak belirlenir.

2.2. Referansa En Yakın Çözüm Tekniği- II

Karar problemlerinde alternatif kümesinde yaşanan değişimler, sıra değişimi ve yeniden hesaplama sorunlarına yol açmaktadır. Referansa En Yakın Çözüm Tekniği-II ile bu sorunların ortadan kaldırılması amaçlanmaktadır. REF-II ile belirtilen amaçlara ulaşmak için karar probleminin çözümünde kullanılacak tüm kriterlerin niceliksel veri yapısına sahip olması gerekmektedir. Bu bağlamda, nitel kriterlerin ölçeklendirilerek en azından eşit aralıklı ölçüm düzeyine yükseltilmesi sağlanmalıdır.

REF-II'de, karar verici her bir kriter için karar matrisinde yer alacak alternatiflerin değerlerinden bağımsız olarak referans değerleri belirlemektedir. Bu noktada ilgili kriterin alacağı olası sınıfsal değerlerin bilinmesi ve ölçeklendirmenin buna göre yapılması gereklidir. Diğer taraftan sıra değişimi sorunu oluşmaması için normalizasyon işleminde referans değerler kullanılmaktadır.

REF-II alternatif kümesindeki değişime hızlı cevap verebilmesi ve değişimlerde kümede kalan alternatifler için yeni hesaplamalar gerektirmemesi nedeniyle açık veya akan karar problemlerinin çözümünde kullanılabilir. Açık karar problemleri, alternatif kümesinin değişken olduğu karar problemlerini tanımlamak için kullanılmıştır. REF- II'nin uygulama adımları izleyen kısımda verilmiştir:

Adım 1: Karar probleminin tanımlanması ve ilk karar matrisinin oluşturulması

Bu aşamada öncelikle karar problemi tanımlanır. Karar probleminin çözümünde kullanılacak kriterler ve alternatifler belirlenir. Bu bağlamda eşitlik (1.4)'de yer alan karar matrisi X oluşturulur.

Ayrıca, büyük veri içeren karar problemlerinde alternatif kümesi içinde eksik veya hatalı veriye sahip alternatifler varsa karar probleminde bunların yer almasının önemi değerlendirilir. Bu değerlendirme sonucunda ilgili alternatifler karar probleminin çözümünde dikkate alınacaksa değer atama işlemi gerçekleştirilir. Aksi takdirde ilgili alternatifler karar matrisinden çıkarılır. Hiçbir alternatif için eksik/kayıp veri içeren değer olmaması sağlanır. Bir kriterde çok fazla alternatif için eksik veri varsa ve ilgili kriter karar probleminin çözümünde kritik öneme sahip değilse bu kriter karar probleminden çıkarılmalıdır.

Adım 2: Kriterlere ilişkin referans ve ardıl değerler/aralıklar ile kabulsüzlük değerlerinin belirlenmesi

Karar verici tarafından, karar matrisinden bağımsız olarak her bir kriterde istenen değerler/aralıklar referans olarak belirlenir. Ayrıca, ikincil derecede önemli görülen değerler/aralıklar tespit edilerek bunlara ilişkin kabulsüzlük değerleri atanabilir. Bu bağlamda eşitlikler (2.1-2.8)'den yararlanılabilir.

Adım 3: Nitel kriterlerin ölçeklendirilmesi

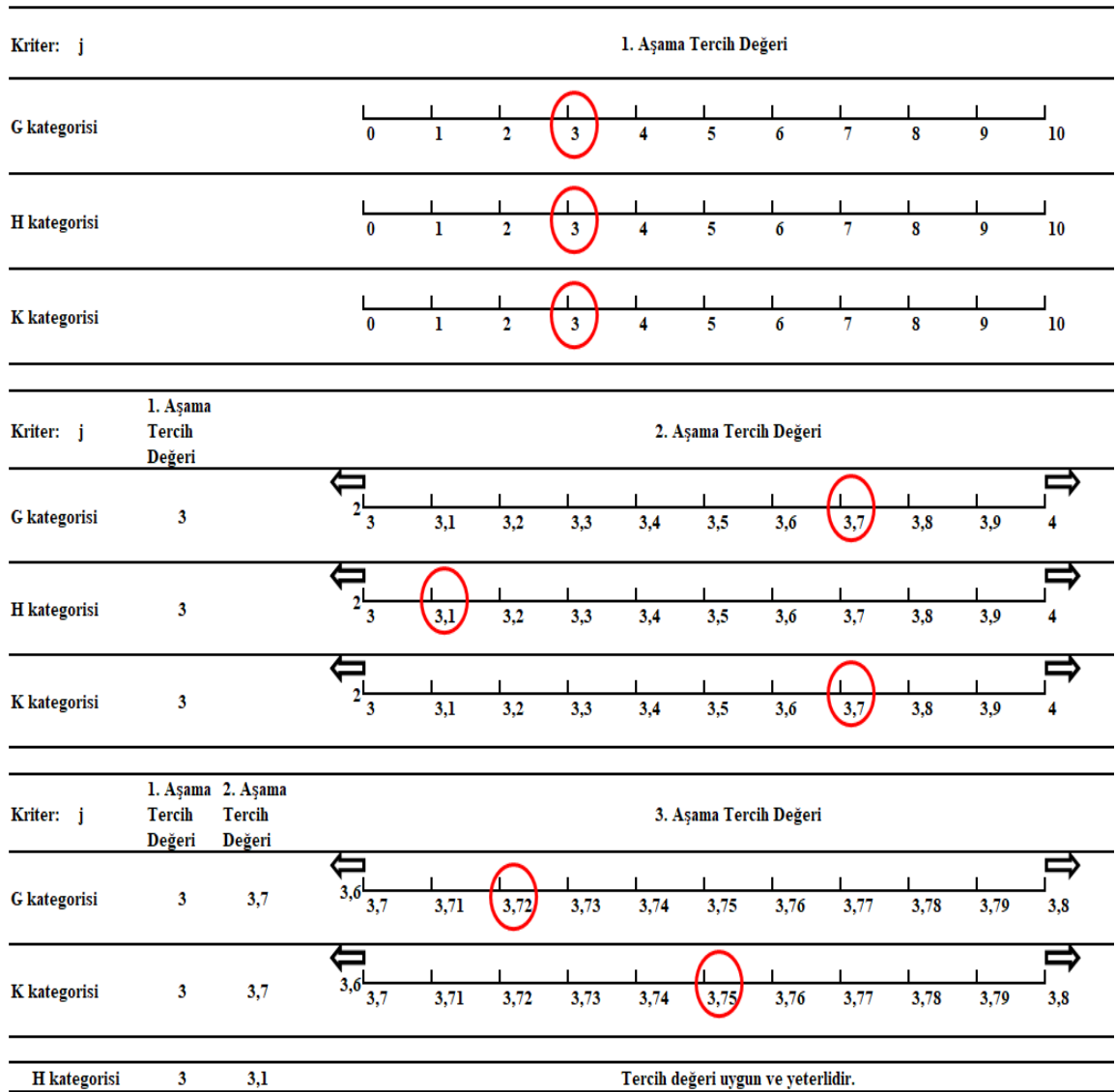
Nitel kriterlerin, niceliksel veri yapısına sahip kriterlere dönüştürülmesinde içeriği izleyen kısımda açıklanan Aralıklı ve Aşamalı Tercih/Önem Ölçeği'nden yararlanılabilir. Söz konusu ölçek psikolojik ya da tutumsal ölçümlerin süreklilik taşıması ve sonsuz derecede bölümlendirilebilir olması ilkesine dayanmaktadır (Tavşancıl, 2006, s. 108).

Aralıklı ve Aşamalı Tercih/Önem Ölçeğinde değerler 0 ile 10 arasında değişmektedir. En küçük değer 0'dır ve ilgili kategorik değer kesinlikle tercih edilmeyeceğini, dolayısıyla karar problemine bu değeri taşıyan alternatiflerin alınmayacağını gösterir. Diğer bir ifadeyle 0 değeri, veto değeridir. En büyük değer ise 10'dur ve ilgili kategorik değer karar verici için kesin tercih edilirliliğini göstermektedir.

Böyle bir değere sahip alternatif kesin tercih bildirir ve diğer kriterlere bakılmaksızın karar probleminin çözümü bu değeri taşıyan alternatifler üzerinden aranır. Diğer değerler ara değerlerdir ve bu değerlerin kesinleştirilmesi aşamalı olarak gerçekleştirilmektedir.

Aralıklı ve Aşamalı Tercih/Önem Ölçeğinde, tercih edilebilirlik düzeyi en olumsuz değer olan 0'dan en olumlu değer olan 10'a doğru eşit aralıklı olarak artmaktadır. 5 değeri ölçeğin tam ortasında yer almaktadır. Karar verici ilgili kriterin her bir kategorisi için bu değerlerden en yakın olanı tercih değeri olarak belirtir. Daha sonra kategoriler aynı değere sahip olma durumuna göre gruplandırılarak karar vericiye sunulur. Böylelikle kategorilerin tercih edilme düzeylerinin tam olarak anlaşılması sağlanır.

Şekil 2.3'de söz konusu ölçeğin üç aşama ileletilmiş örnek gösterimi verilmiştir. Bu örnekte ilk aşamada karar vericinin; j kriterinin G, H, K adı verilen üç kategorik değeri için 3 tercih değerini uygun bulduğu varsayılmaktadır. Bu üç kategorik değer ilk aşamada aynı tercih değeri ile değerlendirildikleri için ikinci aşamada birlikte değerlendirmeye alınır. Bu kategoriler için ikinci aşamada 3'ten 4'e doğru ondalık değerleri içeren ölçek kullanılır. Ayrıca, karar vericiye istediği kategorinin tercih değerini 2 veya 4'e dönüştürme seçeneği de bu ölçeğin içinde sunulur. Böylelikle değerlendirmelerde geçişlilik sağlanarak, en doğru biçimde tercihlerin yansıtılmasına olanak verilir. Eğer bu aşamada yapılan değerlendirmede kategorilerden 2 değeri alan varsa bir sonraki aşamada 2 tercih değeri verilen kategorilerle, 4 değeri verilen varsa yine bir sonraki aşamada 4 tercih değeri verilen kategorilerle birlikte değerlendirmeye alınır. Ara değer verilmek istenmesi halinde 0,1'er artan (3,1'den 3,9'a kadar) değerler kullanılır.



Şekil 2.3. Aralıklı ve Aşamalı Tercih/Önem Ölçeği Örnek Gösterimi

Şekil 2.3'te yer alan örnekte, karar verici ikinci aşamada, G ve K kategorileri için 3,7; H kategorisi için 3,1 değeri vermiştir. Bu durumda, üçüncü aşamada H kategorisi tek başına değerlendirilecektir. Diğer taraftan G ve K kategorileri Şekil 2.3'de görüldüğü üzere üçüncü aşamada birlikte değerlendirilmiş ve G için 3,72; K için 3,75 tercih değerleri uygun bulunmuştur. Bu örnekte karar verici, H kategorisi için ikinci aşamada, diğer kategoriler için üçüncü aşamada yaptığı değerlendirmenin yeterli olduğunu ve daha fazla aşamaya gerek kalmadığını belirterek değerlendirmeyi sonlandırmıştır.

Şekil 2.3'de ikinci ve üçüncü aşamada yer alan oklar, alt ve üst tercih değerlerine geçişi göstermektedir. Ayrıca, ölçekle karar vericiye ara değer kullanma imkânı verilmiş ve ölçüm düzeyinin eşit aralıklı olabilmesi sağlanmaya çalışılmıştır.

Kriterlerin yapısına göre, tercih/önem değeri belirleme süreci, virgülden sonra yeterli görülecek basamak değerine kadar genişletilebilir. Böylelikle karar verici, değerlendirmelerin gerçekçi olduğunu veya yeterli olduğunu düşününceye dek bu adımlar tekrarlanabilir. Bununla birlikte, kategorilerin ya da kriterlerin birbiriyle doğrudan ikili karşılaştırma yapılmadan, bütüncül bir yaklaşımla değerlendirilmesinin sağlanması amaçlanmıştır.

Adım 4: Normalize uzaklıkların elde edilmesi

Bu adımda alternatiflere ilişkin normalize uzaklık değerleri elde edilir. İlgili kriterde referans olarak tek değer kullanılmışsa uzaklıkların hesaplanmasında eşitlik (2.19)'dan yararlanılır.

$$f_{ij} = \frac{|x_{ij} - R_j|}{|R_j| + 10^\rho} \cdot \beta_j \quad (2.19)$$

Eşitlik (2.19)'da; f_{ij} , i alternatifinin j kriterindeki normalize uzaklık değerini, R_j , j . kriter için referans değerini, β_j ise v . aralığın kabulsüzlük değerini göstermektedir. Eşitlik (2.19)'da referansa göre normalizasyon ve onlu (decimal) normalizasyonun bir arada kullanılması yaklaşımı benimsenmiştir. Bu noktada 10^ρ sabiti, ilgili kriterde değişim aralığının geniş ve referans değerinin 0 veya 0'a yakın bir değer olması halinde $\rho \geq 1$ belirlenerek boyut küçültme işlemi için kullanılabilir. Diğer durumlarda ρ değerinin 0 alınması daha uygundur (Mohamad ve Usman, 2013, s. 3300).

REF-II'de, eğer referans olarak belli bir aralık belirlenmişse uzaklıkların hesaplanmasında eşitlik (2.20) kullanılır.

$$f_{ij} = \begin{cases} \frac{|x_{ij} - {}_1R_j|}{\max(|{}_1R_j|, |{}_2R_j|) + 10^\rho} \cdot \beta_j & , \quad x_{ij} < {}_1R_j \\ 0 & , \quad {}_1R_j \leq x_{ij} \leq {}_2R_j \\ \frac{|x_{ij} - {}_2R_j|}{\max(|{}_1R_j|, |{}_2R_j|) + 10^\rho} \cdot \beta_j & , \quad x_{ij} > {}_2R_j \end{cases} \quad (2.20)$$

Eşitlik (2.20)'de ${}_1R_j$, referans aralığın alt sınırı, ${}_2R_j$, referans aralığın üst sınırını göstermektedir. Böylelikle her bir kriterde alternatiflerin referans değer veya aralıklardan normalize uzaklıkları elde edilir.

Adım 5: Kriterlerin ağırlıklarına karar verilmesi

Normalizasyon işleminden sonra gerek duyulması halinde kriterler ağırlıklandırılabilir. Bu amaçla tez kapsamında önerilen ölçekten yararlanılabilir. Aşamalı ve Aralıklı Tercih/Önem Ölçeği, kriterlerin değerlendirilmesinde kullanıldıktan sonra her bir kritere ait önem değeri (t_j) elde edilmiş olur. Ardından, her bir kriterin normalize ağırlık değeri (w_j) eşitlik (2.21) ile hesaplanır.

$$w_j = \frac{t_j}{\sum_{j=1}^n t_j} \quad (2.21)$$

Kriterlerin ağırlıklandırılması tamamlandıktan sonra, f_{ij} değerleri ile kriter ağırlıkları çarpılır ve normalize ağırlıklandırılmış uzaklık değerleri (h_{ij}) bulunur. Bu amaçla eşitlik (2.17)'den yararlanılır.

Adım 6: Genel performans değerlerinin elde edilmesi

Toplulaştırma işlemi ile alternatiflerin her biri için genel performans değeri (U_i) eşitlik (2.18) kullanılarak elde edilir.

Adım 7: Alternatiflerin sıralanması

Alternatifler genel performans değerine göre küçükten büyüğe doğru sıralanarak karar probleminin çözümü tamamlanır.

Çözüm adımları ve genel özellikleri verilen REF ve REF-II teknikleriyle referans temelinde karar probleminin çözümünün sağlanması amaçlanmıştır. Her iki teknikte de referanslar değer veya aralık olarak belirlenebilmektedir. Ayrıca, referans değer haricinde ardıl aralıklar belirlenmesi ile karar probleminde kriterlerin monoton olmayan fayda değerlerini yansıtılmasına olanak sağlanmıştır.

2.3. Karma Kriterli Karar Problemlerinde Uzaklık Temelli Çözüm Tekniği

Bu çalışma kapsamında önerilen tekniklerden önceki kısımlarda tanıtılanlar referans değer üzerinde çözüm öneren tekniklerdir. Öte yandan, karar vericinin farklı ölçüm düzeylerindeki kriterlerde referans değer belirleyememesi ve alternatif kümesinde diğer alternatiflere en yakın ya da en uzak olan seçeneğin tercih edilebileceği problemlerde çözüm için yeni bir teknik önerisi geliştirilmiştir.

KARMA Kriterli Karar Problemlerinde Uzaklık Temelli Çözüm Tekniği (KARMA) olarak adlandırılan bu teknik, $i=1, \dots, m$ ve $j=1, \dots, n$ olmak üzere, j . kriterin ölçüm düzeyi üzerinden uygun bir uzaklık ölçüsü ile i . alternatifin diğer alternatiflerden

uzaklıklarının hesaplanması temelinde bir çözüm önerisi sunmaktadır. Böylelikle alternatifler arasında kendisi dışındakilere en yakın/uzak olan alternatif, çözüm olarak karar vericiye sunulmaktadır. Diğer bir ifadeyle, alternatif kümesini en iyi temsil eden alternatifin diğer alternatiflere en yakın olduğu veya alternatif kümesinden en çok ayrışan alternatifin diğer alternatiflere en uzak olduğu varsayılmaktadır.

Hatırlanacağı gibi karar problemlerinde, kriterler sınıflayıcı, sıralayıcı, aralıklı veya oran ölçeklerinden herhangi biri ile ölçülmüş olabilmektedir. Bu ölçek farklılıkları, kriterlerin hepsinin bir arada değerlendirilmesini güçleştirmektedir. Sorunun çözümü için KARMA'da aynı ölçüm düzeyindeki kriterler birlikte değerlendirilerek elde edilen sonuçların son aşamada toplulaştırılması hedeflenmektedir. KARMA'nın uygulama adımları izleyen kısımda verilmiştir.

Adım 1: Karar probleminin tanımlanması

Bu adımda karar problemi tanımlanır. Ardından alternatifler ve kriterler belirlenir.

Adım 2: Kriterlerin ölçüm düzeylerine göre gruplara ayrılması ve grup karar matrislerinin oluşturulması

Kriterler sahip oldukları ölçüm düzeylerine göre gruplara ayrılır. Böylece karar problemi bu grup sayısı kadar ayrıştırılarak eşitlik (1.4)'de belirtilen biçimde ayrı karar matrisleri oluşturulur. Bu noktada kriter sayısı ve problemin yapısına göre nitel ve nicel kriterler biçiminde iki grup altında değerlendirme yapılabileceği gibi her ölçüm düzeyi için farklı kriter grupları da oluşturulabilir.

Adım 3: Her bir kriter grubunun ve grup içindeki kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi

KARMA'da kriterler ağırlıklandırılmadan çözüme ulaşmak mümkündür. Öte yandan, karar problemlerinin çözümünde çoğunlukla kriterlerin önem dereceleri aynı değildir. Bu nedenle öncelikle her bir kriterin ağırlık değeri bulunur. Bu amaçla REF-II içinde önerilen Aralıklı ve Aşamalı Tercih/Önem Ölçeğinden yararlanılabilir.

Bu çalışmada kriterlerin bulunduğu gruplar; sınıflayıcı, sıralayıcı ve eşit aralıklı-oran ölçüm düzeyleri için sırasıyla $g=1,2,3$ indisleriyle gösterilmiştir. Her bir grubun içinde yer alan kriterlerin ağırlıkları toplamı o grubun ağırlığı (${}_g w$) olarak tanımlanır. Bu ağırlık değeri, tekniğin sonraki adımlarında genel sıralamanın elde edilmesinde kullanılır. Diğer taraftan kriterlerin ağırlıklandırılmasına gerek görülmemesi durumunda ${}_g w$, grupta yer alan kriter sayısının toplam kriter sayısına oranı olarak işleme alınır.

Adım 4: Uzaklıklarının hesaplanması

Bu adımda her bir kriter grubu için uygun uzaklık ölçüsünden yararlanılarak alternatiflerin birbirlerinden uzaklıkları hesaplanır.

Sınıflayıcı ölçüme sahip kriterlerde alternatiflerin birbirlerine olan uzaklıklarını tespit etmek zordur. Kümeleme analizi gibi çok değişkenli istatistik tekniklerinde kategorik değer uyumları üzerinden hesaplanan benzerlik ölçülerinden yararlanılarak geliştirilmiş uzaklık ölçüleri sıklıkla kullanılmaktadır. Bu bağlamda, KARMA ile sınıflayıcı ölçüme sahip kriter grubu içinde ilgili alternatifin diğer alternatiflere uzaklığının hesaplanmasında basit eşleşme, Hamming ve Öklid uzaklık ölçüleri dikkate alınmıştır. Bu noktada $i=1, \dots, f, \dots, k, \dots, m$ olmak üzere f ve k gibi iki alternatif için iki kategorili (Y ve Z gibi) kriterlerde uyum ve uyumsuzluklar Tablo 2.1’de örnek olarak sunulmuştur. Bu tabloda, birlikte değerlendirilen iki alternatifin değerlendirildikleri kriter açısından ikisinin de Y olduğu değer a, Z olduğu değer d, f alternatifinin L, k alternatifinin Z olduğu değer b ve k alternatifinin L, f alternatifinin Z olduğu değer c ile ifade edilmiştir (Akpınar, 2014, s. 173; Alpar, 2013, s. 175; Greenacre ve Primirecio, 2013, s. 58).

Tablo 2.1. KARMA Sınıflayıcı Ölçüme Sahip Kriterlerde Alternatifler İçin Çapraz Tablo Örneği

Alternatif		k	
		Y	Z
f	Y	a	b
	Z	c	d

Tablo 2.1’de Y ve Z gibi iki kategorili bir kriter açısından f ve k alternatifleri aynı değere sahip oldukları a ve d gözelerinde uyuma sahipken, farklı değerler içeren b ve c gözelerinde uyumsuzluk içindedirler. Buna göre f alternatifinin, k alternatifinden j sınıflayıcı kriterdeki uzaklığı (${}_1d_{f,k}$), uyumsuz değerler b_j ve c_j olmak üzere eşitlik (2.22) ile hesaplanır.

$${}_1d_{f,k} = \sqrt{\sum_{j=1}^n |b_j + c_j| w_j} \quad i=1, \dots, f, \dots, k, \dots, m \quad (2.22)$$

Sıralayıcı ölçüme sahip j kriterde, f ve k alternatiflerin uzaklık değeri (${}_2d_{q,k}$); s_j sıralama sayısını göstermek üzere; ilgili alternatife ait sıra değerinin diğer alternatifin sıra değerinden farkının, $s_j - 1$ ’e oranlanmasıyla elde edilir. Bu amaçla eşitlik (2.23)’den

yararlanılır. Diğer taraftan sıralamaların tamsayı biçiminde ifade edilmesi gerekmektedir (Tan, Steinbach ve Kumar, 2013).

$${}_2d_{f,k} = \sum_{j=1}^n \frac{|x_{fj} - x_{kj}| w_j}{s_j - 1} \quad i=1, \dots, f, \dots, k, \dots, m \quad (2.23)$$

Aralıklı ve oran ölçeğindeki kriterler için Öklid uzaklık ölçüsünden yararlanılmıştır. Bu amaçla f alternatifin, k alternatifinden uzaklığı (${}_3d_{f,k}$), j kriterdeki değişim aralığı (A_j) gözetilerek eşitlik (2.24) ile hesaplanır.

$${}_3d_{f,k} = \left[\sum_{j=1}^n \left(\frac{x_{fj} - x_{kj}}{A_j} w_j \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad i=1, \dots, f, \dots, k, \dots, m \quad (2.24)$$

Eşitlik (2.22-24)'te yer alan w_j kriter ağırlıklarını gösterir ve kriterlerin ağırlıklandırılmaması durumunda hesaplamalara dâhil edilmez. Öte yandan, her bir kriter grubunda i . alternatifin grup performans değeri (${}_g d_i$), i . alternatifin diğer alternatiflerden uzaklıklarının toplamıdır.

Adım 5: Kriter gruplarında normalizasyon işlemlerinin gerçekleştirilmesi

Her bir kriter grubunda alternatifler için hesaplanan uzaklıklar eşitlik (2.25) ile normalize edilir:

$${}_g h_i = \frac{{}_g d_i}{\sum_{i=1}^m {}_g d_i} \quad (2.25)$$

Böylelikle her bir alternatife ilişkin normalize grup performans değerleri (${}_g h_i$) oluşturulur.

Adım 6: Alternatiflerin kriter gruplarında sıralanması ve genel uzaklık skorunun elde edilmesi

Alternatifler, ${}_g h_i$ değerinden yararlanılarak her bir kriter grubunda sıralanır. Problemden alternatif kümesine en yakın olan alternatifin bulunması amaçlanıyorsa alternatifler ${}_g h_i$ değerlerine göre küçükten büyüğe doğru sıralanır. Diğer taraftan, problemde alternatif kümesine en uzak olan alternatifin bulunması amaçlanıyorsa alternatifler ${}_g h_i$ değerlerine göre büyükten küçüğe doğru sıralanır. Alternatiflerin aldığı sıra değerleri ${}_g S_i$ ile nitelendirilir. Ayrıca, tekniğin son adımında kullanılmak üzere

alternatiflerin kriter gruplarında elde etmiş oldukları genel performans değerleri toplanarak gruplar üstü performans değeri (U_i) elde edilir. Bu amaçla eşitlik (2.26)'dan yararlanılır.

$$U_i = \sum_g h_i \quad (2.26)$$

Gruplar üstü performans değeri, alternatiflerin son adımda aynı sıraya atanması durumunda tam sıralamanın sağlanması için kullanılır.

Adım 7: Alternatiflerin toplulaştırılmış sıralamasının elde edilmesi

Bu adımda alternatiflerin bir önceki adımda elde ettikleri sıralamalar Borda toplulaştırma tekniği kullanılarak genel bir sıralamaya dönüştürülmektedir. Borda tekniğinde, alternatif sayısı m ile gösterilmek üzere sıralamadaki konuma göre azalan puanlama işlemi gerçekleştirilmektedir. Buna göre, ilgili sıralamada ilk sırayı alan alternatife $m-1$ puan atanarak başlanan işlemlerde son sıradaki alternatife 0 puan atanmaktadır (Lansdowne ve Woodward, 1996; Lippman, 2017). Böylelikle, her alternatife ilişkin Borda puanları oluşturulmaktadır.

KARMA'da, Borda tekniğiyle elde edilecek puanlara kriterlerin ağırlıklarının (ağırlıklandırma yapılmamışsa ilgili gruptaki kriter sayısının) etkisini dahil etmek amacıyla, Borda puanları ilgili grubun kriter ağırlıkları toplamıyla (${}_g w$) ağırlıklandırılır. Bu bağlamda i alternatifinin Borda puanı (B_i), m alternatif sayısını göstermek üzere eşitlik (2.27) ile elde edilir:

$$B_i = \sum_{g=1}^3 (m - {}_g S_i) {}_g w \quad (2.27)$$

Nihai sıralamalar için alternatifler, Borda puanına göre büyükten küçüğe doğru sıralanır. Aynı sıraya atanan alternatiflerin varlığı durumunda; amaç alternatif kümesine en yakın alternatifin bulunması ise U_i değeri daha düşük olan alternatif ön sıraya atanır. Problemin çözümünde amaçlanan alternatif kümesine en uzak alternatifin bulunması ise U_i değeri daha büyük olan alternatif ön sıraya alınır.

Gerçek hayatta karşılaşılan problemlerin büyük çoğunluğu hem nitel hem nicel verileri birlikte içermektedir. KARMA ile farklı ölçüm düzeyindeki kriterleri içeren karar problemlerinin çözümüne yönelik bir öneri geliştirilmiştir. Ayrıca, KARMA'da kriterlerin optimizasyon yönünün ve referans değerinin/aralığının belirlenmesine ihtiyaç

duyulmamaktadır. KARMA'nın bu yönleri ile çok kriterli karar verme literatürüne yeni bir bakış açısı kazandıracığı düşünülmektedir.

2.4. Önerilen Tekniklerin Diğer Çok Kriterli Karar Verme Teknikleriyle

Benzerlikleri ve Farklılıkları

Çok kriterli karar verme problemlerinde en büyük sorun, aynı karar probleminin çözümünde farklı tekniklerin farklı sonuçlar vermesi olarak nitelendirilmiştir. Ayrıca çok kriterli karar verme tekniklerinin, karar vericinin tercihlerine ve farklı tercih bilgilerinin kullanımına ilişkin varsayımlara sahip olması nedeniyle sınıflandırılması, değerlendirilmesi ve karşılaştırılması güçtür (Saaty ve Ergu, 2015, s. 5). Bununla birlikte bu alt bölümde, REF, REF-II ve KARMA'nın, çalışmanın birinci bölümünde yer verilen uzaklık ve referans temelli tekniklerle benzerlik ve farklılıkları ortaya konulmaya çalışılacaktır.

Hatırlanacağı gibi karar problemlerinin yapısal farklılıkları nedeniyle her karar probleminin aynı çok kriterli karar verme tekniği ile etkin çözümü mümkün görünmemektedir. Bu bağlamda çalışma kapsamında, referanslar ve/veya uzaklıklar temelinde çok kriterli karar verme teknik önerileri geliştirilmiştir. Önerilen tekniklerin diğer çok kriterli karar verme teknikleriyle benzer ve farklı özellikleri bulunmaktadır.

Söz konusu benzerlik ve farklıların ortaya konulması amacıyla karşılaştırma işlemine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu karşılaştırmada kullanılan özelliklerin tespit edilmesinde ise Hanne (1999), De Montis vd. (2004), Kornysheva ve Salinesi (2007) ve Saaty ve Ergu'nun (2015) çalışmalarından yararlanılmıştır. Karşılaştırmalarda tekniğin; kullanımı için gerekli olan kriter ölçüm düzeyi (veri türü), uygulama kolaylığı, sağladığı çözüm biçimi, nitel/soyut kriterlerin ölçeklendirilerek kullanılabilirliğini sağlaması, sıra değişimi sorunu içermesi durumu, kriterler arası telafiye izin vermesi, kriterleri ayrıştırabilmesi (alt ve daha alt kriterlere ayrıştırabilme), kriter sayısı ve alternatif sayısı değişiminden etkilenme durumu, kriterler arası etkileşim/ilişki durumunu dikkate alması, alternatifler arası etkileşim/ilişki durumunu dikkate alması, tercihleri dikkate alma durumu (tek değer veya aralık biçiminde referans/ideal/hedef belirlenmesi), karar vericiyle etkileşime izin vermesi, uygulanması için gerekli olan girdi (parametre, gösterge) sayısı, grup karar vermeye uygunluğu, içerdiği normalizasyon aracı, kriterlerin ağırlıklandırılmasını içermesi durumu, uygulama maliyeti özellikleri dikkate alınmıştır (Hanne 1999; De Montis vd., 2004; Kornysheva ve Salinesi, 2007; Saaty ve Ergu, 2015).

Bu çalışmanın izleyen kısmında bahsi geçen özellikler gruplanarak dört ayrı tabloda, uzaklık ve referans temelli tekniklerin karşılaştırılmasında kullanılmıştır. Karşılaştırmalarda tekniklerin özgün biçimleri esas alınmış ve literatürde yer verilen bulgular ile tekniklere ilişkin özellikler dikkate alınmıştır.

Tablo 2.2’de tez kapsamında önerilen teknikler ve birinci bölümde yer verilen tekniklerin genel özellikler (sağladığı çözüm, uygulama kolaylığı, sıra değişimi sorunu, uygulama maliyeti, bilinen yazılım varlığı, akan karar problemlerinin çözümüne uygunluğu, grup karar vermeye uygunluğu) başlığı altında değerlendirilmesine yer verilmiştir.

Tablo 2.2’de yer alan özelliklerden çok kriterli karar verme tekniğinin sağladığı çözüm biçimi; sınıflama, sıralama, seçim, tasarlama, eleme ve tanımlama sonuçlarından birisidir. Uygulama kolaylığı bağlamında ise teknikler; yüksek, orta ve düşük kategorilerinde değerlendirilebilir. İlgili tekniğin sadece profesyonel karar vericiler veya uzmanlar yardımıyla uygulanabilmesi durumunda uygulama kolaylığı düşüktür. Tekniğin uygulama kolaylığı, profesyonel yardım almadan uygulayıcı tarafından öğrenilmesi için fazla çaba gerektiriyorsa orta kabul edilmektedir. Diğer taraftan teknik, çoğu kişi tarafından anlaşılabilir ve uygulanabilir ise yüksek uygulama kolaylığına sahip olarak nitelendirilmektedir (Saaty ve Ergu, 2015, s. 6).

Genel özellikler kapsamında değerlendirilen bir diğer önemli karşılaştırma kriteri, sıra değişimi sorununun varlığıdır. Sıra değişimi sorunu, bu çalışmanın farklı bölümlerinde bahsedilen ve literatürde önemli yer edinen bir konudur. Ayrıca tekniğin uygulanmasının maliyeti ve kullanılacak yazılımın olması, teknik karşılaştırmalarında sıklıkla kullanılan kriterler arasındadır. Uygulama maliyeti düşük, orta ve yüksek olarak değerlendirilebilir. Akan/dinamik karar problemleri ise alternatif kümesinin değişken olabildiği durumlarda kararların belli aralıklarla güncellenmesi durumunu ifade etmektedir. Son olarak ilgili tekniğin grup karar vermeye uygunluğu, tekniklerin karşılaştırılmasında kullanılan özelliklerden biridir (Hanne, 1999; De Montis vd., 2004; Kornysheva ve Salinesi, 2007; Yu ve Chen, 2010; Saaty ve Ergu, 2015).

Tablo 2.2. *Uzaklık ve Referans Temelli Tekniklerin Genel Özellikleri Bağlamında Karşılaştırılması*

Özellik/ Teknik	Sağladığı Çözüm	Uygulama Kolaylığı	Sıra Değişimi Sorunu	Uygulama Maliyeti	Akan Karar Problemlerinin Çözümüne Uygunluğu	Grup Karar Vermeye Uygunluğu
CP	Tasarım	Yüksek	-	Düşük	-	-
TOPSIS	Sıralama	Yüksek	Var	Düşük	Yok	Uygun
VIKOR	Sıralama	Yüksek	Var	Düşük	Yok	Uygun
RIM	Sıralama	Yüksek	Yok	Düşük	Yok	Uygun
EDAS	Sıralama	Yüksek	Var	Düşük	Yok	Uygun
CODAS	Sıralama	Yüksek	Var	Düşük	Yok	Uygun
MOORA	Sıralama	Yüksek	Var	Düşük	Yok	Uygun
Referans Nokta	Tasarım	Düşük	-	Orta	-	-
REF	Sıralama	Yüksek	Var	Düşük	Yok	Uygun
REF-II	Sıralama	Yüksek	Yok	Düşük	Var	Uygun
KARMA	Sıralama	Yüksek	Var	Düşük	Yok	Uygun

Tablo 2.2 incelendiğinde CP ve Referans Nokta teknikleri dışında kalan diğer tekniklerin çok nitelikli karar verme teknikleri olduğu ve bu bağlamda problemin çözümünde belirli alternatifleri sıraladıkları anlaşılmaktadır. Referans Nokta Tekniği'nde, karar vericiyle problemin çözüm sürecinin tamamında etkileşim gerekmesi ve karar vericinin problemin etkin çözümünü sağlayabilecek yetkinlikte olması gerekliliği, tekniğin uygulanmasını güçleştirmekte ve maliyetini artırmaktadır.

Sıra değişimi sorununun varlığı bakımından yapılacak değerlendirmede sadece RIM ve REF-II'nin bu soruna çözüm getirdiği Tablo 2.2'den anlaşılmaktadır. Sıra değişimi sorunu alternatif kümesine kopya alternatif eklenmesi, alternatif çıkarılması, yeni alternatif eklenmesi durumlarında mevcut alternatiflerin kendi içindeki sıralamaların değişmesi anlamına gelmektedir. Sıra değişimi sorunu içermeyen tekniğin, problem çözümünde vermiş olduğu sıralamanın güvenilirliği bağlamında, diğerlerine göre daha sağlam (robust) olduğu belirtilmektedir (Shin vd., 2013, s. 365).

Tablo 2.2'de REF-II'nin diğer tekniklerden farklı olarak akan karar problemlerinde kullanılabilirliği belirtilmiştir. Bu durum, alternatif kümesinin bir bölümünün değişken olduğu ve/veya büyük veri içeren karar problemlerinde, REF-II'nin çözüm için iyi bir

alternatif olabileceğini göstermektedir. Çünkü REF-II, karar matrisinin değişim aralığının sınırlandırılmaması ve referansa göre normalizasyon işlemlerinin sağladığı avantajlarla, alternatif kümesine yeni eklenen alternatifler için hesaplama gerektirmeyecektir.

Tez kapsamında önerilen tekniklerin Tablo 2.2’de yer alan; sağlanan çözüm, uygulama kolaylığı, uygulama maliyeti ve grup karar vermeye uygunluk özellikleri bakımından, diğer uzaklık ve referans temelli tekniklerle benzer özellikler taşıdığı ifade edilebilir.

Tablo 2.3’de teknikler, kullanılan uzaklık ölçüsü, kriter ölçüm düzeyleri ve ölçeklendirme araçları bağlamında karşılaştırılmıştır. Uzaklık ve referans temelli tekniklerde, referansa/ideale en yakın çözümün bulunması amacıyla uzaklık ölçülerinden yararlanılır. Ayrıca, çok kriterli karar verme tekniklerinin çok büyük çoğunluğu niceliksel verilerle çözüm sağlamaktadır. Bu bağlamda, nitel kriterlerin ölçeklendirilmesi amacıyla tekniğin içinde bir araç bulunması önemli olabilmektedir.

Çok kriterli karar verme teknikleriyle elde edilen çözümleri doğrudan etkileyen unsurlar arasında normalizasyon ve ağırlıklandırma önemli yer edinmektedir. Farklı normalizasyon ve ağırlıklandırma teknikleriyle yapılacak işlemler, farklı çözümler elde edilmesine neden olmaktadır. Bir diğer önemli nokta ise çoğu tekniğin problemin çözümü için kriterlerin optimizasyon yönü bilgisine ihtiyaç duymasıdır.

Tablo 2.3 incelendiğinde uzaklık ve referans temelli tekniklerde, genel olarak L_p metrik ailesinden uzaklık ölçülerinin kullanıldığı görülmektedir. Tez kapsamında önerilen tekniklerin, diğer tekniklerle bu açıdan benzerlik taşıdığı belirtilebilir.

Çok kriterli karar vermede ağırlıklı olarak niceliksel yapıya sahip kriterler kullanılmaktadır. Bu durumun genel olarak, uzaklık ve referans temelli teknikler için de geçerli olduğu Tablo 2.3’den görülmektedir. Munda vd. (1994), çok kriterli karar verme alanında nitel veya karma (nitel ve nicel kriterleri) veri yapısına sahip kriterlerin bir arada değerlendirilmesini sağlayacak tekniklere ihtiyaç duyulduğunu ifade etmişlerdir (Munda vd., 1994, s. 101). Bu bağlamda, uzaklık ve referans temelli teknikler arasında sadece RIM’in sıralayıcı ölçüme sahip kriterleri, aralıklı ölçüme sahip kabul ederek çözüm sağladığı göz önüne alındığında, REF ve KARMA’nın literatüre önemli katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Tablo 2.3. *Uzaklık ve Referans Temelli Tekniklerin Uzaklık Ölçüleri, Kriter Ölçüm Düzeyleri ve Ölçeklendirme Araçları Bağlamında Karşılaştırılması*

Özellik/ Teknik	Uzaklık Ölçüsü	Kriter Ölçüm Düzeyleri	Nitel Kriterlerde Ölçeklendirme	Normalizasyon	Ağırlıklandırma	Kriterlerde Opt. Yönü Kullanımı
CP	L_p metrik (genellikle $p=2$; Öklid)	En az aralıklı	Yok	Belirli bir normalizasyon tekniki olmamakla birlikte, normalizasyon sıklıkla kullanılmaktadır.	Yapılabilir	Var
TOPSIS	Öklid	En az aralıklı	Yok	Vektör normalizasyonu	Yapılabilir	Var
VIKOR	L_1 (blok), L_∞ metrik	En az aralıklı	Yok	Weinterdof lineer normalizasyonu	Yapılabilir	Var
RIM	Öklid	Sıralayıcı, aralıklı, oran	Yok	Sınırlandırılmış değişim aralığına ve referansa göre normalizasyon	Kesinlikle yapılmalıdır	Yok
EDAS	L_1 metrik, Tchebycheff benzeri	En az aralıklı	Yok	En büyük değere göre normalizasyon	Yapılabilir	Var
CODAS	Öklid, Taxicab	En az aralıklı	Yok	Optimizasyon yönüne göre enb/enk değer ile normalizasyon	Yapılabilir	Var
MOORA Referans	Tchebycheff	En az aralıklı	Yok	Vektör normalizasyonu	Yoktur	Var
Referans Nokta	L_1 metrik	En az aralıklı	Yok	Yok	-	Var
REF	Basit eşleşme, L_1 metrik	Karma (sınıflayıcı, sıralayıcı, aralıklı, oran)	Yok	Toplama dayalı doğrusal normalizasyon	Yapılabilir	Yok
REF-II	L_1 metrik	En az aralıklı	Var; Aralıklı ve Aşamalı Tercih Ölçeği	Referansa göre normalizasyon (doğrusal ve onlu normalizasyon birleşimi)	Yapılabilir	Yok
KARMA	Basit eşleşme, L_1 ve L_2 metrik	Karma (sınıflayıcı, sıralayıcı, aralıklı, oran)	Yok	Kriter içi değerlendirmede değişim aralığına göre, alternatiflerin genel değerlendirilmesinde toplama dayalı doğrusal normalizasyon	Yapılabilir	Yok

Çok kriterli karar problemlerinin çözümünde, nitel kriterlerin, ölçeklendirme aracı/tekniki yardımıyla yapılacak yeni ölçümle, ölçüm düzeylerinin yükseltilmesi en çok benimsenen yaklaşımdır. Bu kapsamda, nitel kriter için oran ölçeğinin kullanımı çok zor olduğundan genellikle sıralayıcı veya aralıklı ölçekten yararlanılmaktadır (Von Winterfeldt ve Edwards, 1986, s. 220-221; Salo ve Hamalainen, 2001, s. 534). Ayrıca,

tekniklerin bulanık türevlerinden (tekniklerin bulanık mantık temelinde revize edilmiş biçimlerinden) yararlanma veya nitel kriterlerin değerlendirme dışında bırakılması da tercih edilebilmektedir. Tablo 2.3’de yer alan teknikler arasında, sadece REF-II’nin kendi içinde nitel kriterler için ölçeklendirme aracı içerdiği görülmektedir. Aralıklı ve Aşamalı Tercih Ölçeği adı verilen bu ölçek, aynı zamanda kriterlerin ağırlıklandırılmasında da kullanılabilir. Tablo 2.3’de normalizasyon bağlamında teknikler incelendiğinde, genel olarak doğrusal normalizasyon işleminin (sütun toplamına, en büyük/en küçük değere, değişim aralığına göre) uygulandığı görülmektedir. Ayrıca, tekniklerin işlem adımları içinde geçen normalizasyon işlemlerinin haricinde farklı normalizasyon işlemleriyle de çözümlerin elde edildiği literatürde görülmektedir (Jahan vd., 2012; Vafaei vd., 2016).

Kriterlerin ağırlıklandırılması, kriterlerin önem düzeylerinin problemin çözümü üzerindeki etkisini düzenlemek açısından önemlidir. Bununla birlikte, kriterlerin önem düzeyleri hakkında karar vericinin herhangi bir yargısı olmayabilir. Bu noktada ağırlıklandırma işleminin karar vericiye bir zorunluluk olarak sunulmaması önemlidir. Tez kapsamında önerilen teknikler, TOPSIS, MOORA gibi çoğu teknikle benzer biçimde karar vericiyi kriterlerin ağırlıklandırılması noktasında baskılamamaktadır.

Kriterlerin ağırlıklandırılması, kriterlerin önem düzeylerinin problemin çözümü üzerindeki etkisini düzenlemek açısından önemlidir. Bununla birlikte, kriterlerin önem düzeyleri hakkında karar vericinin herhangi bir yargısı olmayabilir. Bu noktada ağırlıklandırma işleminin karar vericiye bir zorunluluk olarak sunulmaması önemlidir. Tez kapsamında önerilen teknikler, TOPSIS, MOORA gibi çoğu teknikle benzer biçimde karar vericiyi kriterlerin ağırlıklandırılması noktasında baskılamamaktadır.

Tablo 2.3’de yer alan son özellik optimizasyon yönü, TOPSIS, VIKOR gibi çoğu tekniğin uygulanması için gereklidir. Diğer taraftan, referansın kriterin alabileceği değerlerin uç noktalarında olmayabileceği gerçekliği göz önüne alındığında, optimizasyon yönü yerine etkin referans belirlenmesi daha önemli olacaktır. Bu bağlamda RIM, REF ve REF-II referans temelinde çözüm önerileri sağlamaktadır. KARMA ise diğer uzaklık ve referans temelli tekniklerden farklılaşarak; alternatiflerin birbirlerine yakınlığı/uzaklığı temelinde çözüm önerisi getirmektedir. KARMA, bu yönüyle kriterlerin optimizasyon yönünün veya referans değerlerin/aralıklarının belirlenmesine ihtiyaç duymamaktadır.

Tablo 2.4’de uzaklık ve referans temelli teknikler, kriterlerin ve alternatiflerin etkileşimi ve sayıları bağlamında karşılaştırılmıştır. Çok nitelikli karar verme teknikleri yapıları gereği belirli olan alternatifleri değerlendirmede kullanılmaktadır. Bu durum, alternatiflerin kriterler boyunca birbirleriyle etkileşimleri neticesinde yaşanacak performans değerleri değişiminin, problemin baştan ele alınmasını gerekli kılacağı anlamına gelmektedir. Diğer taraftan kriterlerin alt kümelerine ayrıştırılabilmesi ve kriterler arası etkileşimi/ilişkiyi dikkate alma, karar probleminin yapısı açısından önemli

olabilmektedir. Bu bağlamda hiyerarşik, sıralı veya birbiriyle ilişkili kriterler içeren karar problemlerinde, bazı kriterlerin alt kriterlere ayrıştırılabilmesi veya kriterlerin gruplandırılarak değerlendirilebilmesi gerekebilmektedir (Belton ve Stewart, 2002).

Literatürde bazı tekniklerin (özellikle ikili karşılaştırmaya dayanan tekniklerin), çok sayıda kriterle veya çok sayıda alternatifle çözüm sağlayamadığı bilinmektedir. Ayrıca karar probleminin yapısına göre, alternatiflerin birbiriyle etkileşiminin söz konusu olduğu durumları dikkate alan tekniklerin, diğerlerine göre olumlu özellik taşıyacağı belirtilebilir.

Tablo 2.4. *Uzaklık ve Referans Temelli Tekniklerin Kriterlerin ve Alternatiflerin Etkileşim ve Sayıları Bağlamında Karşılaştırılması*

Özellik/ Teknik	Kriterler Arası Telafi Edilebilirlik	Kriter Sayısı Arttıkça Uygulamada Güçlük Yaşanması	Kriterler Arası Etkileşimi- İlişkiyi Dikkate Alma	Kriterleri Ayrıştırabilme	Alternatifler Arası Etkileşimi- İlişkiyi Dikkate Alma	Alternatif Sayısı Arttıkça Uygulamada Güçlük Yaşanması
CP	Var	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok
TOPSIS	Var	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok
VIKOR	Var	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok
RIM	Var	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok
EDAS	Var	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok
CODAS	Var	Yok	Yok	Yok	Yok	Var
MOORA Referans	Var	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok
Referans Nokta	Var	Var	Yok	Yok	Yok	Yok
REF	Var	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok
REF-II	Var	Yok	Yok	Yok	Yok	Yok
KARMA	Var	Yok	Yok	Var	Yok	Var

Çok kriterli karar verme teknikleri genellikle, açık veya dolaylı olarak kriterler arası telafiye izin vermektedir. Tablo 2.4’de karşılaştırılan tüm tekniklerde, kriterler arası telafi edilebilirlik özelliğinin olduğu görülmektedir.

Bir etkileşimli karar verme tekniği olan Referans Nokta Tekniği’nde, kriter sayısının fazlalaşması karar vericiyle yapılacak etkileşimlere olumsuz tesir edecektir. Karar vericinin en iyi çözüm aranırken her iterasyonda gözeteceği kriter sayısının fazla olması yargılarındaki tutarlılığı azaltacak ve etkin çözüme ulaşılmasını geciktirecektir.

Tablo 2.4’de yer alan diğer tekniklerde ise Referans Nokta Tekniği’ne kıyasla kriter sayısı artışının etkisi oldukça kısıtlı kalmaktadır.

Çok kriterli karar verme literatüründe kriterler arası etkileşimi dikkate alan teknikler arasında ANP ve DEMATEL öne çıkmaktadır. Tablo 2.4’de yer alan tekniklerin hiç birinin kriterler arası etkileşimi dikkate almadığı görülmektedir. Diğer taraftan KARMA, kriterleri ölçüm düzeylerine göre ayrıştırma özelliğiyle diğer tekniklerden farklılaşmaktadır.

Çok kriterli karar verme problemlerinde alternatifler arasında etkileşimin belirlenmesi güçtür. Bu bağlamda, ANP içinde ikili karşılaştırmalarla alternatiflerin birbirleri üzerindeki etkileri tespit edilmeye çalışılmaktadır. Öte yandan, Tablo 2.4’te yer alan teknikler, literatürdeki çoğu teknik gibi alternatifler arasındaki etkileşimi dikkate almamaktadır.

Alternatiflerin birbirleriyle ikili uzakları üzerinden çözüm sağlayan CODAS ve KARMA tekniklerinin, alternatif sayısının artmasından olumsuz etkilenmesi beklenmelidir. Her iki teknikte de alternatif sayısı artışı, işlem yükünü diğer tekniklere göre daha fazla artıracaktır. Tablo 2.4’te bulunan diğer tekniklerin alternatif sayısı artışından etkilenme düzeyi CODAS ve KARMA’ya göre kısıtlı kalmaktadır.

Uzaklık ve referans temelli tekniklerin karşılaştırılmasında son olarak karar vericiyle etkileşim ve tercihlerin dikkate alınması dikkate alınmıştır. Bu bağlamda, Tablo 2.5’te tercihlerin dikkate alınma durumu, ardıl değer/aralık atanma durumu, karar vericiyle etkileşim durumu ve gerekli girdiler göz önüne alınmıştır.

Tekniklerde kullanılan ölçeklendirme işlemleri ve karar probleminde karar vericinin tercih yapısının etkili biçimde belirlenmesi normatif karar vermenin önemli özelliklerinden biridir. Özellikle uzaklık ve referans temelli teknikler açısından tercihlerin iyi belirlenmesi problemin çözümünün geçerliliğinin en önemli göstergesidir. Diğer taraftan karar vericiyle etkileşim, etkileşimli tekniklerde karar sürecinin tamamında devam ederken, diğer tekniklerde genellikle karar vericinin tercih yapısı belirlendikten sonra devam etmemektedir. Tekniklerin karşılaştırılmasında bir diğer önemli kriter de problemin çözümü için tespit edilmesi gereken girdi (bilgi/parametre/gösterge) miktarıdır. Tekniğin uygulanması için gereken girdi miktarı arttıkça, problemin çözümünde belirsizlikler azalırken, söz konusu girdilerin etkin belirlenememesi riski artmaktadır (Von Winterfeldt ve Edwards, 1986; Miettinen, 1998; Yu ve Chen, 2010).

Tablo 2.5. *Uzaklık ve Referans Temelli Tekniklerin Karar Vericiyle Etkileşim ve Tercihlerin Dikkate Alınması Bağlamında Karşılaştırılması*

Özellik/ Teknik	Tercihlerin Dikkate Alınma Durumu (Referans/İdeal)		Ardıl Değer/ Aralık Atama	Karar Vericiyle Etkileşim	Gerekli Girdiler
	Tek Değer Üzerinden	Aralık Üzerinden			
CP	Optimizasyon yönüne göre en iyi değer (enb/enk)	Yok	Yok	Problemin başında	Kriterin optimizasyon yönü, referans değer (enb/enk), kriter ağırlıkları, p sapma parametresi
TOPSIS	Optimizasyon yönüne göre en iyi değer (enb/enk)	Yok	Yok	Problemin başında	Kriterin optimizasyon yönü, referans değer (enb/enk), kriter ağırlıkları
VIKOR	Optimizasyon yönüne göre en iyi değer (enb/enk)	Yok	Yok	Problemin başında	Kriterin optimizasyon yönü, referans değer (enb/enk), kriter ağırlıkları, p sapma parametresi, q parametresi
RIM	Sınırlandırılmış değerler arasında istenen değer belirlenebilir.	Var	Yok	Problemin başında	Referans değer, kriterin alt-üst sınır değerleri, kriter ağırlıkları
EDAS	Ortalama	Yok	Yok	Problemin başında	Kriterin optimizasyon yönü, referans değer (ortalama), kriter ağırlıkları
CODAS	Optimizasyon yönüne göre en kötü değer (enb/enk)	Yok	Yok	Problemin başında	Kriterin optimizasyon yönü, referans değer (en kötü değer), kriter ağırlıkları, τ parametresi
MOORA Referans	Optimizasyon yönüne göre en iyi değer (enb/enk)	Yok	Yok	Problemin başında	Kriterin optimizasyon yönü, referans değer (enb/enk)
Referans Nokta	Karar verici hedef değerleri belirler.	Dolaylı olarak var	Yok	Tüm aşamalarda	Karar verici etkileşimiyle iteratif olarak değişen referans değerler
REF	Karar matrisinden bağımsız olarak veya kriterin optimizasyon yönüne göre belirlenebilir.	Var	Var	Problemin başında	Referans değer/aralık, ardıl değer/aralık, kabulsüzlük değeri, kriter ağırlıkları
REF-II	Karar matrisinden bağımsız olarak veya kriterin optimizasyon yönüne göre belirlenebilir.	Var	Var	Problemin başında	Referans değer/aralık, ardıl değer/aralık, kabulsüzlük değeri, ölçeklendirme işlemi (gerekirse), kriter ağırlıkları
KARMA	Yok	Yok	Yok	Problemin başında	Kriter ağırlıkları, beklenen sonuç (uzaklık-yakınlık)

Tablo 2.5'te problemin çözümüne yönelik olarak referansların belirlenmesi veya tercihlerin dikkate alınma durumunun teknikler açısından oldukça farklılaştığı gözlemlenmektedir. CP, TOPSIS, VIKOR, CODAS, MOORA Referans tekniklerinde, kriterlerin optimizasyon yönüne göre en büyük/küçük değerlerden yararlanarak referans değerleri atanmaktadır. EDAS'da ortalama değerden yararlanılırken, Referans Nokta Tekniği'nde karar verici hedef değerler belirlemektedir. RIM'de sınırlandırılmış kriter değerleri içinden, referans tek bir değer veya aralık olarak belirlenebilmektedir. Tez kapsamında önerilen tekniklerden KARMA, referans değer/aralık içermemektedir. REF'te ise nitel kriterler için uyumsuzluk ve sıklık üzerinden referans

belirlenebilmektedir. REF, nitel kriterlerin değerlendirilmesinde sağladığı bu fayda ile diğer tekniklerden ayrılmaktadır. Ayrıca, REF içinde sıralayıcı ölçekle ölçülmüş ve en az eşit aralıklı ölçekle ölçülmüş kriterlerde referans, değer veya aralık olarak ifade edilebilmektedir. REF-II ise en az eşit aralıklı ölçekle ölçülmüş kriterlerde referansın, değer veya aralık olarak belirlenebilmesine olanak sağlamaktadır.

REF ve REF-II, diğer çok kriterli karar verme tekniklerinden farklı olarak karar vericiye referans değer/aralık haricinde, ikincil düzeyde değerler/aralıklar belirleme imkânı sağlamaktadır. Ayrıca, söz konusu tekniklerde ardıl aralıklarla ilişkili olarak kabulsüzlük değeri kullanılmaktadır.

Tablo 2.5'te yer alan tekniklerden Referans Nokta Tekniği, karar vericiyle problemin tüm çözüm aşamalarında etkileşim içinde olmayı gerektirmektedir. Diğer teknikler ise referans veya tercih yapılarının karar probleminin ilk adımlarında belirlenmesi temelinde çözüm sağlamaktadır.

Tekniklere ilişkin gerekli girdiler incelendiğinde kriterlerin ağırlık değerleri dışında, referanstan sapmaların etkilerini düzenlemeye yönelik parametreler kullanıldığı gözlemlenmektedir. Bu bağlamda, CP'de sapma parametresi p , VIKOR'da sapma parametresi p ve karar verme stratejisini yansıtan q parametresi, CODAS'ta eşik parametresi τ , REF ve REF-II'de kabulsüzlük değeri β kullanılmaktadır. Ayrıca, tekniklerle karar probleminin çözümüne başlamadan önce kriterlerin optimizasyon yönünün veya referans değerlerinin belirlenmesi gerekebilmektedir. Referans Nokta, REF ve REF-II'de referanslar, RIM'de değişim aralıkları ve referanslar problemin çözümüne başlanmadan önce belirlenmelidir. TOPSIS, VIKOR, CP (çok nitelikli karar problemleri için kullanımında), EDAS ve MOORA Referans Nokta tekniklerinde ise problemin çözümüne başlanmadan önce optimizasyon yönlerinin belirlenmesine ihtiyaç duyulmaktadır. KARMA'da ise alternatiflerin sıralanmasının uzaklık-yakınlık durumlarından hangisine göre yapılacağına karar verilmelidir.

Tablolar 2.2-2.5'te yer alan özellikler bağlamında yapılan karşılaştırmalar, tez kapsamında önerilen tekniklerin diğer uzaklık ve referans temelli tekniklerle benzer ve farklı yönlerini ortaya koymuştur. Bununla birlikte bu çalışmada önerilen tekniklerin diğer tekniklerden ayırt edici özellikleri, tekniklere ilişkin özgünlükleri göstermesi nedeniyle izleyen kısımda özetlenmiştir.

Tez kapsamında önerilen tekniklerden REF, karar vericiyi mümkün olduğunca özgür bırakmakta, belli bir kalıp ya da ölçeğe zorlamamakta ve karar vericinin istek ve

hedeflerini en iyi biçimde karşılayacak alternatif sıralamasına ulaşmayı amaçlamaktadır. REF ile aynı çok kriterli karar verme tekniği sınıflandırması altında değerlendirilebilecek tekniklerden TOPSIS, VIKOR, CODAS ve MOORA Nokta, referans kategori ya da ideal değer olarak kriterin optimizasyon yönüne göre en büyük veya en küçük değeri benimsemektedir. Aynı sınıf altında yer alan EDAS'ta ise referans değer olarak ortalama değer kullanılmaktadır. Benimsenen bu yaklaşımların her kriterde geçerli olması mümkün görünmemektedir. Örneğin, işletmelerin finansal performansları açısından önemli bir kriter olan cari oranın iki civarında olması istenirken, söz konusu tekniklerle karar matrisindeki en büyük, en küçük ya da ortalama değer referans değer olarak belirlenmesi gerekmektedir.

Diğer taraftan çok kriterli karar verme tekniklerinin büyük çoğunluğunda, kriterlerin en azından aralıklı ölçüm düzeyinde olması gerekliliği söz konusudur. Bu noktada REF, nitel kriterlerde, kategorilerin gözlenme sıklığı veya istenen kategorik değerle uyum üzerinden referans belirlemesine olanak tanımaktadır. Böylelikle, aynı problem içinde farklı ölçüm düzeyindeki kriterler kullanılabilir. Ayrıca REF, sadece sıralayıcı ölçekle ölçülmüş nitel kriterlerin kısmen kullanımına olanak sağlayan RIM'den, karar matrisinde yer alan kriterlerin değişim aralığının bilinmesine gereksinim duyulmaması ve ardıl değerlerin kullanılmasına olanak sağlaması açısından farklılaşmaktadır.

REF, karar vericiye referansı tek bir değer veya aralık olarak belirleme, farklı aralık ya da değerlerin referanstan uzaklığının ağırlıklandırılması olanaklarını da sağlamaktadır. Kriterler üzerinde sağlanan bu esneklikler, karar vericiye amaçlar ve hedefler bağlamında problemin çözümünü sağlamakla beraber sorumluluk da yüklemektedir. Tekniğin sahip olduğu bu özellikler, literatürde yer alan diğer çok kriterli karar verme tekniklerinden ayrışmasını sağlamaktadır.

REF'in türevi olan REF-II ise çok kriterli karar verme literatüründe önemli yer edinen sıra değişimi sorununu ve alternatif kümesinde yaşanan değişimler nedeniyle yeniden hesaplama gerekliliğini ortadan kaldırmak amacıyla önerilmiştir. Bu bağlamda kriterlerin gerekirse ölçeklendirilerek en az aralıklı ölçüm düzeyine yükseltilmesi gerekmektedir. Ele alınan çalışmada ölçeklendirme işleminin sağlanabilmesi amacıyla Aralıklı ve Aşamalı Tercih/Önem Ölçeği önerisi geliştirilmiştir. Bu ölçek, literatürde yer alan diğer ölçeklerden karar vericinin tercih ya da önem değerlerinin aşamalı olarak en

iyilenmesi (doyuma ulaşılması), ölçümlerin mümkün olduğunca eşit aralıklı biçimde yapılması ve bütüncül değerlemeye olanak sağlaması açısından farklılaşmaktadır.

REF-II’de sıra değişimi sorununun ortadan kaldırılması amacıyla, normalizasyon işleminde referans değer kullanılmaktadır. Bu bağlamda, alternatif kümesinin alacağı değerlerin önceden belli sınırlarla kısıtlanmamış olması, REF-II’nin diğer tekniklerle farklılaştığı önemli bir noktadır. Sıra değişimi sorununun ortadan kaldırılması karar vericiye, değişen alternatiflerin olduğu problemde pişmanlığını ya da maliyetini en küçükleme olanağı sağlamaktadır. Bu tür karar problemlerinde, sonradan karar matrisine alternatif eklenmesi halinde, sadece bu alternatif için hesaplama yapılır. Bu durum birbirini takip eden karar problemlerinde, karar vericinin önceden verdiği kararların rasyonelliğinin tümüyle ortadan kalkmasını engeller. Ayrıca REF-II’de, REF’te olduğu gibi birden fazla ardıl kabulsüzlük değerleri/aralıkları belirlenebilmektedir.

Tez kapsamında önerilen bir diğer teknik olan KARMA, karar vericinin bilgi eksikliği yaşadığı, karma ölçümlere sahip ve birbiriyle çelişen kriterler içeren problemlerde, alternatif kümesi içinde diğer alternatiflere en yakın veya uzak olan alternatifin çözüm olarak benimsenmesi durumunda etkin çözüm sağlamaktadır. KARMA’nın; karar vericinin kriterler bağlamında referans değer belirlemek istememesi, kriterlerin optimizasyon yönünü tespit edememesi ya da kriterleri değerlendirme konusunda yetersiz-isteksiz olması durumunda, REF ve diğer çok kriterli karar verme tekniklerine alternatif bir çözüm getirdiği ifade edilebilir. Diğer bir ifadeyle, karar kriterlerinde en iyi veya en kötünün tam veya hiç belli olmaması gibi belirsizlikler söz konusuysa; KARMA karar problemlerinin çözümünde uygun bir teknik olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca KARMA’da, kriterlerin gruplanması ve böylelikle kendi içinde alternatiflerin homojen değerlendirilmesine imkân tanınmaktadır. KARMA sahip olduğu bu özellikleriyle, literatürdeki diğer çok kriterli karar verme tekniklerinden farklılaşmaktadır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. REF, REF-II VE KARMA'NIN İKİNCİ EL OTOMOBİL SEÇİM PROBLEMİNE UYGULAMA DENEMESİ VE KARŞILAŞTIRMALI DUYARLILIK ANALİZİ

Çalışmanın bu bölümünde önerilen karar verme tekniklerinin uygulamalarına yer verilecektir. Bu bağlamda, öncelikle ikinci el otomobil seçim probleminin çözümü ele alınacaktır. Ardından, literatürde yer alan bir karar problemi üzerinden, REF, REF-II ve KARMA ile çalışmanın birinci bölümünde yer verilen uzaklık ve referans temelli tekniklerin karşılaştırmalı duyarlılık analizi gerçekleştirilecektir.

3.1. REF, REF-II ve KARMA'nın İkinci El Otomobil Seçim Problemine Uygulama Denemesi

Çalışmanın bu bölümünde, belli bir tarih aralığında ve konumda, ikinci el otomobil seçim problemi ele alınmıştır. Otomobil, 20. yy. içinde çok hızlı bir biçimde yaygınlaşarak hayatımızın önemli bir parçası haline gelmiştir. Günümüzde hala modern yaşamın ayrılmaz bir ögesi olan otomobil, TDK tarafından motorlu, dört tekerlekli kara taşıtı olarak tanımlanmıştır⁴.

Otomobilin ulaşılabilirliğinin tarih boyunca giderek artmış olmasına rağmen, bireylerin istedikleri otomobile erişmelerinin önünde başta fiyat olmak üzere birçok engel bulunmaktadır. Türkiye özelinde konu değerlendirildiğinde, otomobil fiyatlarının bireylerin alım gücüne göre yüksek olduğu ifade edilebilir. Bu durumun temel nedenleri arasında yerli otomobil markasının bulunmaması ve yüksek vergiler gösterilebilir. Diğer taraftan otomobil fiyatlarının yüksekliği, Türkiye'de ikinci el otomobil/araç piyasasının etkin olmasına neden olmuştur. İkinci el otomobil piyasasının etkisiyle otomobil herkesin erişebileceği bir araç haline gelmiştir (Güneş, 2012).

Otomobil pazarlarında, otomobil satışı amacıyla kurulmuş işletmelerde veya e-ticaret web sitelerinde, daha önce kullanılmış araçların sahiplerince veya araçlar tarafından başka kişilere yapılan satış, ikinci el araç satışı olarak adlandırılır. Türkiye'de ikinci el araç pazarı üzerine yapılan az sayıda çalışmada araçların fiyatı üzerinde etkili

⁴http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_gts&arama=gts&guid=TDK.GTS.5bff9156b818a5.92576480 (Erişim Tarihi: 29.11.2018)

değişkenlerin belirlenmesi ve fiyat tahmini yapılması amaçlanmıştır (Asilkan ve Irmak, 2009; Daştan, 2016). Bu çalışmada ise ikinci el otomobil seçim problemi ele alınmıştır.

İkinci el otomobil seçim problemi, farklı ölçüm düzeylerinde ve yapıda çok sayıda kriter içermesi nedeniyle, önerilen tekniklerin uygulamalarının gösterilmesi amacıyla tercih edilmiştir. Karar probleminin önemli bileşenlerinden olan kriterlerin ve alternatiflerin belirlenmesi için ikinci el araç satışında etkin olarak kullanılan bir e-ticaret pazar yerinden yararlanılmıştır. Söz konusu pazar yeri, ikinci el araç piyasasında yaygın olarak yer edinen ve işletmeden-tüketiciye (B2C), tüketiciden-tüketiciye (C2C) satışa imkân sağlayan web sitesi, mobil sitesi ve mobil uygulamaya sahiptir⁵. Bu bağlamda verilerin elde edildiği web sayfasının örnek görünümü Şekil 3.1’de gösterilmiştir.

	İlan Başlığı	Fiyat	İlan Tarihi	İlçe / Semt
		147.500 TL	13 Eylül 2018	Tepebaşı
	SAHİBİNDEN SIFIR KOKUSU ÜZERİNDE			Çamlıca
	BANKACI'DAN TEMİZ FIESTA TITANIUM	57.750 TL	13 Eylül 2018	Tepebaşı
		48.500 TL	13 Eylül 2018	Bahçelievler
	SAHİBİNDEN-HAT-ASIZ-DEĞİŞENSİZ -KAZASIZ-DÜŞÜK KM-PEUGEOT 208			Odunpazarı
	HATASIZ BOYASIZ AMG	185.000 TL	12 Eylül 2018	Tepebaşı
		52.000 TL	12 Eylül 2018	Cumhuriye
	Temiz Az km fiesta			Tepebaşı
	HATASIZ DUSUK KM MAKYAJLI KASA ECON ELEGANCE	89.750 TL	12 Eylül 2018	Hacıhalıbey
		54.750 TL	12 Eylül 2018	Odunpazarı
	servis bakımlı DİZEL+TERTEMİZ FIESTA TREND X			Erenköy
		67.500 TL	12 Eylül 2018	Tepebaşı
	SIFIRA FAZLA ÖDEME KESİNLİKLE İNCELEMELİSİNİZ			Tepebaşı
				Bahçelievler

Şekil 3.1. İkinci El Otomobil Seçim Problemi Verilerinin Elde Edildiği Web Sayfasının Örnek Gösterimi⁶

Karar problemi, ikinci el otomobil almak isteyen bir karar verici için; 6-15 Eylül 2018 tarihleri arasında yayınlanmış ve Eskişehir’de satışa sunulan en fazla beş yaşındaki otomobiller arasından en uygun olanın seçilmesidir. Söz konusu tarihlerde belirtilen pazar yerinin web sayfasındaki aktif ilanlar taranarak, EK-2’de sunulan ilk karar matrisi oluşturulmuştur. İlk karar matrisinden de görüleceği üzere; karar probleminde kullanılan kriterlerin sayısı oldukça geniş tutularak en uygun otomobil seçiminin sağlanması amaçlanmıştır. Ayrıca, karar probleminin çözümünde önerilen tekniklerin

⁵ <http://eticaretcagi.com/2017/04/13/sahibinden-com-roportaji/> (Erişim Tarihi: 15.12.2019)

⁶ https://www.sahibinden.com/otomobil/eskisehir/ikinci-el?date=7days&pagingSize=50&a5_max=2018&viewType=List&a5_min=2013&exchange=no&query_ext_mf=2018 (Erişim Tarihi: 13.09.2018)

uygulanabilirliğini göstermek amacıyla problem, alternatif kümesinde değişimler yaratılarak çözülecektir. Bu kapsamda, öncelikle, 13 Eylül 2018 tarihinde aktif ilanlardan oluşan 129 alternatifli küme oluşturulmuştur. Ardından, 15 Eylül 2018 tarihinde söz konusu kümeye eklenen on dört yeni alternatifle 143 alternatifli küme meydana getirilmiştir. Son olarak, 143 alternatifli küme içinde en çok gözlenen marka modelden oluşan 12 alternatifle, homojen küme oluşturulmuştur. Bununla birlikte, her küme için kriterlerin ağırlıklandırılmış ve ağırlıklandırma yapılmamış biçimlerini içeren çözümler gerçekleştirilecektir. Böylelikle, önerilen tekniklerin homojen alternatif kümesi ve değişen alternatif kümeleri üzerinde çözüm etkinliği ortaya konulacaktır. Çözümlerin elde edilmesinde ise MS Excel yazılımından yararlanılmıştır.

3.1.1. İkinci el otomobil seçim probleminin REF ile çözümü

İkinci el otomobil seçim probleminin REF ile çözümünde, öncelikle ikinci bölümde REF Adım 1’de belirtilen ilk karar matrisi, eşitlik (1.4)’e göre oluşturulmuştur. Söz konusu matris EK-2’de verilmiştir.

İkinci el otomobil seçim probleminde, çok sayıda alternatifin çok sayıda kriter bağlamında değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda REF Adım 2’ye göre problemin çözümünde kullanılacak kriterler ve bunlara ilişkin referans değerler Tablo 3.1’de sunulmuştur.

Tablo 3.1. İkinci El Otomobil Seçim Probleminde Kriterler ve Referans Değerleri

Kriter	Ölçüm Düzeyi	Referans Alt Sınır	Referans Üst Sınır	Diğer Kategoriler
Fiyat (TL)	Oran	20.000	65.000	-
İlan konumu	Sınıflayıcı (İkili)	Merkez	Merkez	Taşra
Marka pazar payı	Oran	1	1	-
Model segmenti	Sınıflayıcı*	C	C	A, D, E, F, S, M, J
NCAP değerlendirme	Sıralayıcı	5 Yıldız	5 Yıldız	-
Model yılı	Oran	2016	2018	-
Kat edilen km	Oran	5.000	20.000	-
Yakıt tipi	Sınıflayıcı*	Hibrit	Elektrikli	Hibrit, dizel, benzin&lpg, benzin
Vites tipi	Sınıflayıcı*	Otomatik	Otomatik	Yarı otomatik, manuel

Tablo 3.1. Devam (İkinci El Otomobil Seçim Probleminde Kriterler ve Referans Değerleri)

Kriter	Ölçüm Düzeyi	Referans Alt Sınır	Referans Üst Sınır	Diğer Kategoriler
Kasa tipi	Sınıflayıcı*	Hatchback	Hatchback	Coupe, sedan, MPV, SUV, diğer
Motor gücü (HP)	Oran	125	150	-
Motor hacmi (cc)	Oran	1400	1599	-
MTV (TL)	Oran	0	500	-
Çekiş-itiş biçimi	Sınıflayıcı*	4 çeker	4 çeker	Arkadan itiş, önden çekiş
Renk	Sınıflayıcı	En sık gözlenen	En sık gözlenen	Beyaz, metalik-gümüş vb. gri, gri, siyah, mavi, kırmızı, füme, kahverengi, lacivert, diğer
Garanti süresi (yıl)	Oran	3	5	-
Değişen Durumu	Sıralayıcı**	Yok	Yok	Hafif-lokal, orta, büyük, ağır hasarlı
Boya durumu	Sıralayıcı**	Yok	Yok	Hafif-lokal, orta, büyük, ağır hasarlı
Hasar kayıt tutarı (TL)	Oran	0	999	-
Satıcı türü	Sınıflayıcı*	Sahibinden	Sahibinden	Galeri, bayi
Temizlik durumu	Sıralayıcı**	Çok iyi	Çok iyi	İyi, normal, normalaltı, kötü
Klima durumu	Sıralayıcı**	Dijital	Dijital	Analog, yok
Bakım durumu	Sıralayıcı**	İyi (servis)	İyi (servis)	Normal, normal altı, zayıf
Gelecek fenni muayene tarihi (ay)	Oran	13	60	-
Donanım durumu	Sıralayıcı**	Çok yüksek	Çok yüksek	Yüksek, normal, düşük, çok düşük
Yokuş kalkış desteği	Sınıflayıcı (İkili)	Var	Var	Yok
Yol bilgisayarı	Sınıflayıcı (İkili)	Var	Var	Yok
Hız sabitleyici	Sınıflayıcı (İkili)	Var	Var	Yok
Hava yastığı sayısı	Oran	6	6	-
Park sensörü durumu	Sıralayıcı**	Kameralı park sistemi	Kameralı park sistemi	Park sistemi, sadece arka park sensörü, yok
Start-stop teknolojisi	Sınıflayıcı (İkili)	Var	Var	Yok
Kış lastiği	Sınıflayıcı (İkili)	Var	Var	Yok
Yedek anahtar	Sınıflayıcı (İkili)	Var	Var	Yok
Ortalama Yakıt Tüketimi (100 km/L)	Oran	0	0	-

*Ölçüm düzeyleri, karar vericinin tercihleri doğrultusunda aralıklı ölçüm düzeyine dönüştürülmüş kriterleri göstermektedir. **Kriter kategorilerinin üstünlük sıralaması göstermesi nedeniyle sıralayıcı ölçüme sahip kabul edilen kriterleri göstermektedir.

Tablo 3.1’de kriterlere ilişkin referansın tek bir değerden oluşması durumunda, referans değer hem alt sınıra hem üst sınıra yazılmıştır. Ayrıca, renk kriterinde en sık gözlenen kategori referans olarak belirlenmiştir.

Karar verici, bazı kriterlerde referans değerinin haricindeki değerlerin problemin çözümünde farklı düzeyde etkili olduğu görüşünü taşıyabilir. Bu görüşünü farklı kabulsüzlük değerleri ve/veya aralıkları ile belirtebilir. Bu bağlamda, REF Adım 2’de ikinci el otomobil seçim problemi için ardıl değerler/aralıklar ve kabulsüzlük değerleri atanan kriterler Tablo 3.2’de sunulmuştur.

Tablo 3.2. *Ardıl Değerler ve Kabulsüzlük Değerleri*

Kriter	Referans Değer-Aralık	İkinci Değer-Aralık	β	Üçüncü Değer-Aralık	β	Dördüncü Değer-Aralık	β	Beşinci Değer-Aralık	β
Fiyat	20.000-65.000	75.000	0,3	90.000	0,6	105.000	0,8	110.000	0,9
Model yılı	2016-2018	2015	0,5						
Kat Edilen km	5.000-20.000	40.000	0,2	60.000	0,5	80.000	0,7	99.999	0,9
Motor gücü	125-150	100	0,3	90	0,6	180	0,7		
Motor hacmi	1400-1599	1799	0,5	1200	0,6				
MTV	0-500	800	0,5	999	0,8				
Değişen durumu	Yok	Hafif/ lokal	0,8						
Boya durumu	Yok	Hafif/ lokal	0,7						
Hasar kayıt tutarı	0-999	1.999	0,6	2.999	0,8				
Temizlik durumu	Çok iyi	İyi	0,4						

Tablo 3.2’de en fazla ardıl aralığın belirlendiği kriterlerin fiyat ve kat edilen km kriterleri olduğu görülmektedir. Referansın değer olarak belirlendiği değişen durumu, boya durumu ve temizlik durumu kriterlerinde ise birer ardıl değer ataması gerçekleştirilmiştir.

REF’te karar vericinin tercih yapısının en iyi biçimde anlaşılması, problemin etkin çözümünün sağlanması açısından önemlidir. Öte yandan, ikinci el otomobil seçim probleminde sınıflayıcı (ikili ve çoklu kategorili), sıralayıcı, aralıklı ve oran ölçüm düzeyine sahip kriterler bulunmaktadır. Bu kriterlerde referans ve ardıl aralıklar belirlendikten sonra, renk kriteri dışında kalan sınıflayıcı ölçüm düzeyindeki kriterlerde ölçeklendirme yapılmıştır. Yeniden ölçme işleminde, karar vericinin ilgili kriterlere ilişkin tercih yapısı, ölçeklendirme araçları/teknikleri yardımıyla belirlenmiştir.

Sınıflayıcı ölçekle ölçülmüş kriterlerden ilan konumu, yokuş kalkış desteği, yol bilgisayarı, hız sabitleyici, start-stop teknolojisi, kış lastiği ve yedek anahtar kriterleri

ikilidir (iki kategorilidir). Bu kriterlerde ilgili özelliğin var olma (1) veya olmama (0) durumu gözetilerek ikili biçimde değer ataması yapılmıştır.

İkiden fazla kategoriye sahip olan sınıflayıcı ölçüm düzeyindeki kriterler, genel olarak kategorik değerler üzerindeki tercihlerin 5’li ölçek bağlamında değerlendirilmesiyle ölçeklendirilmiştir. Bununla birlikte kategorilere yapılan doğrudan tercih değeri atamalarından da yararlanılmıştır. İkiden fazla kategorili sınıflayıcı ölçüm düzeyindeki kriterlere ilişkin tercih değerleri veya kodlamaları Tablo 3.3’de sunulmuştur.

Tablo 3.3. *İkiden Fazla Kategorili Sınıflayıcı Ölçüm Düzeyindeki Kriterlerin Kodlanması veya Tercih Değerleri Atanması*

Kriter	Kategoriler	Tercih Değeri veya Kodu
Model segmenti	A	2
	B	4
	C	5
	D	3
	E	3
	Diğer	1
Yakıt tipi	Benzin	2
	Benzin&LPG	1
	Dizel	3
	Elektrikli	5
	Hibrid	4
	Diğer	1
Vites tipi	Manuel	2
	Otomatik	5
	Yarı otomatik	3
Kasa tipi	Coupe	2
	Hatchback	5
	MPV	3
	Sedan	4
	SUV	3
	Diğer	1
Çekiş-itiş biçimi	4WD	5
	Arkadan itiş	3
	Önden çekiş	2
Satıcı türü	Bayi	2
	Galeri	1
	Sahibinden	5

Tablo 3.3’ten görülebileceği üzere, model segmenti kriterinde C segmenti 5, B segmenti 4, D ve E segmentleri 3, A segmenti 2 ve diğer segmentler 1 tercih değerine sahip kabul edilmiştir. Yakıt tipi kriterinin kategorileri için; elektrikli araçlara 5, hibrid

araçlara 4, dizel araçlara 3, benzinli araçlara 2 ve benzinli araçlara 1 tercih değeri verilmiştir. Vites tipi kriterinde otomatik araçlara 5, yarı otomatik araçlara 3 ve manuel araçlara 2 tercih değeri atanmıştır.

Kasa tipi kriteri bağlamında, kısa kasa (hatchback) araçlara 5, sedan araçlara 4, sportif arazi (SUV) ve çok amaçlı (MPV) araçlara 3, iki kapılı dört kişilik spor (coupe) araçlara 2, diğerlerine (SW (istasyon kasa), cabrio (açılır tavanlı araç), vd.) 1 tercih değeri verilmiştir. Çekiş-itiş biçimi açısından yapılan değerlendirmede 4 çeker (sürekli çekiş; 4WD) araçlara 5, arkadan itişli araçlara 3, önden çekişli araçlara 2 tercih değerleri verilirken, satıcı türü kriterinde sahibinden satıcı için 5, bayi için 2 ve galeri için 1 tercih değeri kabul edilmiştir.

Model NCAP (Euro New Car Assessment Programme; Avrupa Yeni Araba Değerlendirme Programı) değerlendirme durumu, boya durumu, değişen durumu, temizlik durumu, klima durumu, bakım durumu, donanım durumu, park sensörü durumu kriterleri sıralayıcı ölçüm düzeyindedir. Sıralayıcı ölçekle ölçülmüş kriterlerde kategorilerin kodlanmasında, ilk sıradaki kategorik değerden başlamak üzere kategori sayısından (s_j) bire doğru yaklaşımı benimsenmiştir. Sıralayıcı ölçüm düzeyindeki kriterlere ait kodlamalar Tablo 3.4'te sunulmuştur.

Tablo 3.4. *Sıralayıcı Ölçüm Düzeyindeki Kriterlerin Kodlanması*

Kriter	Kategoriler	Kod
NCAP değerlendirme	5 yıldız	5
	4 yıldız	4
	3 yıldız	3
	2 yıldız	2
	1 yıldız	1
Değişen durumu	Yok	5
	Hafif-lokal	4
	Orta	3
	Büyük hasarlı	2
	Ağır hasarlı	1
Boya durumu	Yok	5
	Hafif-lokal	4
	Orta	3
	Büyük hasarlı	2
	Ağır hasarlı	1

Tablo 3.4. Devam (*Sıralayıcı Ölçüm Düzeyindeki Kriterlerin Kodlanması*)

Kriter	Kategoriler	Kod
Temizlik durumu	Çok iyi	5
	İyi	4
	Normal	3
	Normal altı	2
	Kötü	1
Klima durumu	Dijital	3
	Analog	2
	Yok	1
Bakım durumu	İyi (servis)	4
	Normal	3
	Normal altı	2
	Kötü	1
Donanım durumu	Çok yüksek	5
	Yüksek	4
	Normal	3
	Düşük	2
	Çok düşük	1
Park sensörü durumu	Kameralı park sistemi	4
	Park sistemi	3
	Sadece arka park sensörlü	2
	Yok	1

Kriterlere ilişkin referansların ve ardıl değerlerin belirlenmesi ile ölçeklendirme işlemleri tamamlandıktan sonra üçüncü adıma geçilmiştir. REF Adım 3 bağlamında, referans değerlere/aralıklara ve kriterlerin ölçüm düzeyine göre uygun uzaklık ölçülerinden yararlanılarak alternatiflere ilişkin uzaklıklar hesaplanır. Bu amaçla eşitlikler (2.9-2.15) kullanılır.

REF Adım 4'te uzaklıkların normalize edilmesi için eşitlik (2.16)'dan yararlanılmıştır. Bu noktada kriterlerin ağırlık değerlerini içeren çözümler için eşitlik (2.17) kullanılmış ve normalize ağırlıklandırılmış uzaklıklar matrisi oluşturulmuştur. Böylelikle REF Adım 4 ve 5 tamamlanmıştır.

İkinci el otomobil seçim probleminin çözümünde kriterlerin ağırlıklandırılması ve ağırlıklandırılmaması durumlarına göre ayrı çözümler elde edilmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda homojen alternatif kümesinde, bazı kriterlerin tüm alternatifler için aynı olması nedeniyle problemin çözümünden çıkarılması ve kriter ağırlıklarının bu duruma göre düzenlenmesi gerekmiştir. Problemin çözümünde kullanılan kriterlere ilişkin ağırlık

değerleri, REF II içinde ayrıntılı olarak anlatılan Aralıklı ve Aşamalı Tercih/Önem Ölçeğinden yararlanılarak eşitlik (2.21) ile elde edilmiş ve Tablo 3.5'te sunulmuştur.

Tablo 3.5. Kriterler ve Ağırlık Değerleri

Kriter	Önem Değeri	Ağırlık Değeri	Homojen Alternatif Kümesi Ağırlık Değeri
Fiyat (TL)	9,62	0,044058	0,049801
İlan konumu	3,71	0,016991	
Marka pazar payı	3,75	0,017174	
Model segmenti	7,20	0,032975	
NCAP değerlendirme	2,00	0,009160	
Model yılı	8,80	0,040302	0,045556
Kat edilen km	9,25	0,042363	0,047885
Yakıt tipi	7,40	0,033891	0,038308
Vites tipi	7,30	0,033433	0,037791
Kasa tipi	7,30	0,033433	0,037791
Motor gücü (HP)	7,70	0,035264	0,039861
Motor hacmi (cc)	7,20	0,032975	0,037273
MTV (TL)	7,50	0,034349	0,038826
Çekiş-itiş biçimi	3,72	0,017037	
Renk	5,23	0,023952	0,027075
Garanti süresi (yıl)	5,49	0,025143	0,028421
Değişen durumu	9,41	0,043096	0,048714
Boya durumu	9,24	0,042317	0,047834
Hasar kayıt tutarı (TL)	9,55	0,043737	0,049438
Satıcı türü	4,59	0,021021	0,023761
Temizlik durumu	5,85	0,026792	0,030284
Klima durumu	5,88	0,026929	0,030440
Bakım durumu	7,60	0,034807	0,039344
Gelecek fenni muayene tarihi (ay)	5,38	0,024639	0,027851
Donanım durumu	7,10	0,032517	0,036755
Yokuş kalkış desteği	4,60	0,021067	0,023813
Yol bilgisayarı	4,80	0,021983	
Hız sabitleyici	4,52	0,020701	0,023399
Hava yastığı sayısı	6,10	0,027937	0,031578
Park sensörü durumu	6,00	0,027479	0,031061
Start-stop teknolojisi	4,29	0,019647	0,022208
Kış lastiği	5,17	0,023678	0,026764
Yedek anahtar	7,00	0,032059	0,036238
Ortalama yakıt tüketimi (100 L/km)	8,10	0,037096	0,041932

Tablo 3.5’te yer alan kriterlerin ağırlık değerleri incelendiğinde, 129 ve 143 alternatifli kümelerde en önemli kriter fiyat iken en az önemli kriter Euro NCAP değerlendirme durumu olmuştur. Diğer taraftan homojen kümede, fiyat kriteri en önemli, start-stop teknolojisinin bulunma durumu ise en az önemli kriterler olarak tespit edilmiştir.

Normalizasyon ve ağırlıklandırma işlemlerinden sonra, genel performans değerleri (U_i) eşitlik (2.18) yardımıyla elde edilmiştir. REF Adım 7 bağlamında, alternatiflere ilişkin U_i değerleri küçükten büyüğe doğru sıralanarak problemin çözümü tamamlanmıştır. Buna göre elde edilen sıralamalar Ek-3’de verilmiştir.

Sonuçlar incelendiğinde üç alternatif kümesinde de aynı alternatiflerin ilk sırayı aldığı görülmüştür. Kriterlerin ağırlıklandırılmaması durumunda elde edilen çözümlerde ilk sırayı 81 (604034908 ilan) numaralı alternatif, kriterlerin ağırlıklandırılması sonrası elde edilen çözümlerde ise ilk sırayı 19 (604199983 ilan) numaralı alternatif almıştır. Öte yandan, REF içinde sıklık temelli kriter kullanılması ve standardizasyon işleminin alternatiflerin uzaklık değerlerinin toplamına göre yapılması nedeniyle sıra değişimi sorunu yaşandığı tespit edilmiştir.

Genel olarak REF’in farklı ölçeklerle ölçülmüş kriterler içeren, referansların değer veya aralık olarak belirlendiği, ardıl değerler/aralıklar içeren ikinci el otomobil seçim probleminde başarıyla uygulandığı ifade edilebilir.

3.1.2. İkinci el otomobil seçim probleminin REF-II ile çözümü

Referansa En Yakın Çözüm Tekniği-II’nin ilk adımı karar probleminin tanımlanması ve ilk karar matrisinin oluşturulmasıdır. Bu bağlamda ikinci el otomobil seçim probleminde, tüm alternatifleri ve kriterleri içeren ölçeklendirilmemiş karar matrisi EK-2’de yer almaktadır.

İkinci bölümde REF-II Adım 2’de belirtilen kriterlere ilişkin referans ve ardıl değerlerin/aralıkların belirlenmesinde Tablo 3.2’den yararlanılmıştır. Ayrıca, REF-II Adım 3’te, nitel kriterlerin ölçeklendirilerek en az aralıklı ölçüm düzeyine yükseltilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda, Aralıklı ve Aşamalı Tercih/Önem Ölçeği kullanılarak nitel kriterler ölçeklendirilmiş ve yeni değerler Tablo 3.6’da sunulmuştur.

Tablo 3.6. Nitel Kriterlerin Aralıklı ve Aşamalı Tercih/Önem Ölçeği ile Ölçeklendirilmesi

Kriter	Kategoriler	1. Aşama	2. Aşama	3. Aşama	Kesin Tercih Değeri
		Tercih Değeri	(Ondalık Kısım) Tercih Değeri	(Yüzdelik Kısım) Tercih Değeri	
İlan konumu	Merkez	2	-	-	2
	Taşra	1	-	-	1
Model segmenti	A (mini)	1	1,5	-	1,5
	B (küçük)	7	7,5	-	7,5
	C (alt orta)	9	-	-	9
	D (üst orta)	7	7,1	-	7,1
	E (üst)	4	4,5	4,55	4,55
	F (lüks)	4	4,1	-	4,1
	S (spor)	4	4,5	4,53	4,53
	M (çok amaçlı) J (sportif arazi)	6 6	6,1 6,6	- -	6,1 6,6
Diğer	1	-	-	1	
NCAP değerlendirme	5 yıldız	9	9,9	-	9,8
	4 yıldız	9	9,1	-	9,1
	3 yıldız	7	-	-	7
	2 yıldız	4	-	-	4
	1 yıldız	1	0	-	0
Yakıt tipi	Elektrik	9	-	-	9
	Hibrit	8	-	-	8
	Dizel	6	-	-	6
	Benzin	4	-	-	4
	Benzin & LPG	3	-	-	3
Vites tipi	Otomatik	8	-	-	8
	Yarı otomatik	6	-	-	6
	Manuel	5	-	-	5
Kasa tipi	Hatchback	8	8,4	-	8,4
	Sedan	5	5,5	5,51	5,51
	MPV	5	5,5	5,55	5,55
	Cabrio	1	1,1	-	1,1
	Coupe	2	2,2	-	2,2
	SUV	6	6,2	-	6,2
	SW	1	0	0,6	0,6
	Diğer	1	-	-	1
Çekiş-itiş biçimi	Önden çekiş	5	-	-	5
	Arkadan itiş	6	-	-	6
	4WD	8	-	-	8
Renk	Beyaz	7	7,5	7,55	7,55
	Metalik-gümüş vb. gri	7	7,5	7,51	7,51
	Gri	5	4	4,9	4,9
	Siyah	4	4,6	4,5	4,5
	Mavi	3	3,3	-	3,3
	Kırmızı	4	4,5	4,4	4,4
	Füme	7	7,2	-	7,2
	Kahverengi	1	1,5	-	1,5
	Lacivert	1	1,1	-	1,1
	Diğer	1	-	-	1

Tablo 3.6. Devam (Nitel Kriterlerin Aralıklı ve Aşamalı Tercih/Önem Ölçeği ile Ölçeklendirilmesi)

Kriter	Kategoriler	1. Aşama	2. Aşama	3. Aşama	Kesin Tercih Değeri
		Tercih Değeri	(Ondalık Kısım) Tercih Değeri	(Yüzdelik Kısım) Tercih Değeri	
Değişen durumu	Yok	9	9,5	-	9,5
	Hafif-lokal	7	7,5	-	7,5
	Orta	5	-	-	5
	Büyük hasarlı	2	2,2	-	2,2
	Ağır hasarlı	1	-	-	1
Boya durumu	Yok	9	9,2	-	9,2
	Hafif-lokal	7	7,8	-	7,8
	Orta	5	-	-	5
	Büyük hasarlı	2	2,2	-	2,2
	Ağır hasarlı	1	-	-	1
Satıcı türü	Sahibinden	9	-	-	9
	Galeri	3	-	-	3
	Bayi	6	-	-	6
Temizlik durumu	Çok iyi	8	8,8	-	8,8
	İyi	8	8,2	-	8,2
	Normal	6	6,1	-	6,1
	Normal altı	4	-	-	4
	Kötü	2	-	-	2
Klima Durumu	Dijital	9	-	-	9
	Analog	6	-	-	6
	Yok	1	-	-	1
Bakım durumu	İyi (servis)	9	-	-	9
	Normal	6	6,6	-	6,6
	Normal altı	4	-	-	4
	Zayıf	1	-	-	1
Donanım durumu	Çok yüksek	9	-	-	9
	Yüksek	8	8,3	-	8,3
	Normal	5	5,3	-	5,3
	Düşük	3	-	-	3
	Çok düşük	1	-	-	1
Yokuş kalkış desteği	Var	2	2,2	-	2,2
	Yok	1	-	-	1
Yol bilgisayarı	Var	4	-	-	4
	Yok	1	-	-	1
Hız sabitleyici	Var	3	-	-	3
	Yok	1	-	-	1
Park sensörü	Kameralı park sistemi	7	7,4	-	7,4
	Park sistemi	5	5,1	-	5,1
	Sadece arka park sensörü	3	-	-	3
	Yok	1	-	-	1
Start-stop teknolojisi	Var	4	-	-	4
	Yok	1	-	-	1
Kış lastiği	Var	2	2,5	-	2,5
	Yok	1	-	-	1
Yedek anahtar	Var	4	-	-	4
	Yok	1	-	-	1

Tablo 3.6’da ikinci ve üçüncü aşamalarda değişmeyen tercih değerleri “-” ile gösterilmiştir. Tercihlerin kesinleştirilmesi üç aşamada gerçekleştirilmiştir. Böylelikle kategorik verilerin ölçeklendirilmesi işlemi tamamlanmıştır.

REF-II Adım 4’te normalizasyon işleminin gerçekleştirilmesi için eşitlikler (2.19-2.20)’den yararlanılmıştır. Her bir alternatif kümesinde, kriterlerin ağırlıklandırılması ve ağırlıklandırılmaması durumları göz önüne alınarak iki ayrı çözüm elde edileceği için REF-II Adım 5’te kriterlerin ağırlık değerleri, Aşamalı ve Aralıklı Tercih/Önem Ölçeğinden yararlanılarak belirlenmiştir. Kriterlere ilişkin ağırlık değerleri eşitlik (2.21) yardımıyla elde edilerek Tablo 3.5’te sunulmuştur. Ağırlıklandırılmış normalize uzaklık değerleri ise eşitlik (2.17) ile hesaplanmıştır.

REF-II Adım 6’da normalize (ağırlıklandırılmış/ağırlıklandırılmamış) uzaklık değerleri kullanılarak her bir alternatife ilişkin genel performans değerleri eşitlik (2.18) ile elde edilmiştir. Adım 7’de ise alternatiflerin genel performans değerine göre küçükten büyüğe doğru sıralanmasıyla problemin çözümü tamamlanmıştır. Bu bağlamda, REF-II ile üç alternatif kümesi için gerçekleştirilen çözümler Ek-4’de sunulmuştur.

REF-II ile elde edilen çözümlerde sıra değişimi sorununun varlığı incelenmiştir. 129 ve 143 alternatifli çözümleri içeren iki uygulamadaki sıralamalar incelendiğinde, 129 alternatifli ilk uygulamada yer alan alternatiflerin, ikinci uygulamada yeni eklenen 14 alternatif dışarıda bırakıldığında, kendi aralarındaki sıralamalarını korudukları görülmüştür. Bu bağlamda REF-II’nin sıra değişimi sorunu içermeden başarıyla uygulandığı tespit edilmiştir.

REF-II ile elde edilen çözümlerde kriterlerin ağırlıklandırılması ve ağırlıklandırılmaması durumlarında kümeler içinde ilk sırayı aynı alternatifler almıştır. Buna göre homojen alternatif kümesi üzerinde gerçekleştiren çözümlerde ilk sırayı 19 (604199983 ilan) numaralı alternatif almıştır. 129 ve 143 alternatifli çözümlerde ise ilk sırada 98 (603009799 ilan) numaralı alternatif yer bulunmaktadır. Karar vericinin nitel kriterler için tercih ölçeği aracılığıyla belirttiği tercih değerlerinin problemin çözümünde kullanılması ve standardizasyon işlemindeki farklılıktan dolayı, REF-II ile elde edilen çözümlerin bir kısmı REF ile elde edilen çözümlerle aynı değildir.

REF-II alternatif kümesindeki değişimlere rağmen mevcut alternatifler için yeniden hesaplama gerektirmemesi nedeniyle, özellikle değişen alternatif kümesi ve büyük veri içeren karar problemlerinin çözümünde kullanılabilir. Böylelikle, büyük verinin

giderek öneminin arttığı günümüzde, çelişen kriterleri ve çok sayıda alternatifi içeren karar problemlerin çözümünü sağlayabilecek bir teknik önerisi geliştirilmiştir.

3.1.3. İkinci el otomobil seçim probleminin KARMA ile çözümü

Referans temelinde çözüm sağlayan tekniklerde uzaklık ölçülerinden yararlanılmakla beraber, bu uzaklık değerleri karar verici tarafından belirlenen referans değerler üzerinden hesaplanmaktadır. Öte yandan, bazı karar problemlerinde, karar verici tercih veya referans değerleri belirleyemeyebilir. Ayrıca karar problemi, farklı ölçüm düzeylerinde kriterler içerebilir. Literatürde anlatılan biçimdeki problemlerde genellikle sınıflayıcı ve sıralayıcı ölçüm düzeyindeki kriterler ölçeklendirilerek veya ikili üstünlükler incelenerek çözüme gidilmektedir. Diğer taraftan karar verici böyle bir ölçeklendirmeyi kabul etmeyebilir veya problem doğası gereği ölçeklendirilemeyecek kriterler içerebilir. Böyle bir durumda kriterlerin ölçüm düzeylerine göre gruplandırılması ve gruplar bağlamında alternatiflerin ayrı ayrı değerlendirilmesini sağlayan KARMA etkin çözüm sağlayabilir.

KARMA'nın en önemli varsayımı karar vericinin gruplandırılmış kriterlerde diğer alternatiflere en yakın ya da en uzak performansa sahip alternatifi benimseyeceğidir. Bu bağlamda ikinci el otomobil seçim probleminin şehir merkezine uzaklık, yokuş kalkış desteği, yol bilgisayarı, hız sabitleyici, start-stop, kış lastiği, yedek anahtar, segment, yakıt tipi, vites tipi, kasa tipi, çekiş-itiş biçimi, renk ve satıcı türü kriterleri sınıflayıcı ölçüm düzeyinde, marka-model NCAP değerlendirme durumu, değişen durumu, boya durumu, temizlik durumu, klima durumu, bakım durumu, donanım durumu ve park sensörü durumu kriterleri sıralayıcı ölçüm düzeyinde, diğer kriterler ise en az aralıklı ölçüm düzeyinde kabul edilerek üç gruba ayrılmıştır.

İkinci el otomobil seçim probleminin çözümünde amaç alternatif kümesine en yakın alternatifin bulunması olarak belirlenmiştir. Böylelikle KARMA'nın karar probleminin tanımlanması ve kriterlerin ölçüm düzeylerine göre gruplara ayrılmasını içeren ilk iki adımı tamamlanmıştır. Karar matrislerine ilişkin değerler EK-2'de verilmiştir.

KARMA Adım 3'te kriter gruplarının ve kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, kriterlerin ağırlıklandırılmasında REF-II içinde kullanılan Aralıklı ve Aşamalı Tercih/Önem Ölçeği ve eşitlik (2.21)'den yararlanılmıştır.

Kriter gruplarının ağırlığı ise grupların içerdiği kriterlerin ağırlık değerleri toplamıdır. Buna göre sınıflayıcı kriter grubunun ağırlığı 0,35202; sıralayıcı ölçüm düzeyindeki kriter grubunun ağırlığı 0,24321 ve eşit aralıklı-oran ölçüm düzeyindeki kriter grubunun ağırlığı ise 0,40477'dir. Diğer taraftan homojen kümede bu değerler sırasıyla 0,29715; 0,26443 ve 0,43842'dir. Kriterlerin ağırlıklandırılmaması durumunda ise grup kriter ağırlıklarının hesaplanmasında kriter sayılarından yararlanılmıştır. Bu bağlamda, sınıflayıcı kriter grubunun ağırlığı 0,41177; sıralayıcı ölçüm düzeyindeki kriter grubunun ağırlığı 0,23529 ve eşit aralıklı-oran ölçüm düzeyindeki kriter grubunun ağırlığı ise 0,35294'dir. Diğer taraftan homojen kümede bu değerler sırasıyla 0,35714; 0,25 ve 0,39286'dır.

KARMA Adım 4'te uzaklıkların hesaplanması amacıyla eşitlikler (2.22-2.24)'ten yararlanılmıştır. Adım 5'te kriter gruplarında alternatiflere ilişkin normalize grup içi performans değerleri (${}_g h_i$) eşitlik (2.25) ile edilmiştir.

KARMA Adım 6'da alternatiflerin her bir grupta sıra değerleri (${}_g S_i$), grup içi performans değerlerinin (${}_g h_i$) küçükten büyüğe sıralanmasıyla elde edilmiştir. Ayrıca, son adımda aynı sıraya atanan alternatif olması durumunda kesin sıralamanın elde edilmesi amacıyla eşitlik (2.26) ile gruplar üstü performans değerleri U_i oluşturulmuştur.

Her bir grupta alternatifler sıralanmış ve üç ayrı sıralamaya ulaşılmıştır. KARMA, bu sıralamaların bir toplulaştırma tekniğiyle bütünleştirilmesini gerektirmektedir. Bu amaçla Adım 7'de Borda Tekniği'nden yararlanılmıştır. Bu bağlamda, ${}_g S_i$ değerlerinden yararlanarak her bir alternatifin ağırlıklandırılmış Borda puanı (B_i) eşitlik (2.27) ile hesaplanmıştır.

Alternatiflerin nihai sıralamaları, B_i değerlerine göre büyükten küçüğe doğru yapılan sıralamayla elde edilmiştir. Eğer aynı sıraya atanan alternatif varsa bunlardan daha küçük U_i değerine sahip olan ön sıraya atanmıştır. Buna göre kriterlerin ağırlıklandırılmaması durumunda homojen kümede 113 (603050835 ilan) numaralı alternatif, 129 ve 143 alternatifli kümelerde ise 20 (604212141 ilan) numaralı alternatif ilk sıraları almıştır. Kriterlerin ağırlıklandırılması durumunda ise homojen kümede 81 (604034908 ilan) numaralı, 129 alternatifli kümede 113 (603050835 ilan) numaralı, 143 alternatifli kümede 41 (604661197 ilan) numaralı alternatif ilk sırayı almıştır.

Genel olarak KARMA'da, ikinci el otomobil seçim problemi kapsamında belirlenen, alternatif kümesine en yakın alternatifin bulunması amacının gerçekleştirildiği görülmüştür. Bu noktada, kriterlerin ağırlıkları dikkate alınarak ve kriter ağırlıkları atanmadan iki farklı çözüm elde edilmiştir. Böylelikle KARMA içinde kriter ağırlıklarının kullanılabilirliği ortaya konulmuştur.

Karar probleminin üç farklı teknik ve üç ayrı alternatif kümesi ile elde edilen çözümleri incelendiğinde, çözümler birbirine yakın olmakla birlikte, kriterlerin ölçeklendirilmesi ve referans değer değişikliklerinin farklılıklar yarattığı gözlemlenmiştir. Bu durum ise çok kriterli karar vermenin bileşenlerinde yaşanan değişimlerin çözümler üzerindeki yansımalarıdır.

Tezin izleyen alt bölümünde, literatürde yer alan bir karar probleminin çözümü, tez kapsamında önerilen tekniklerle tamamlanacak ve diğer tekniklerin çözümleriyle karşılaştırılacaktır. Böylece karşılaştırmalı duyarlılık analizinin gerçekleştirilmesi amaçlanmaktadır.

3.2. Karşılaştırmalı Duyarlılık Analizi

Duyarlılık analizi karar problemi çözümünün, parametre değişimleri veya modelin girdileri karşısında değişip değişmeme durumunun incelenmesidir. Duyarlılık analizi nicel karar yöntemlerinin uygulanmasında ve etkin kullanımında temel araçlardan biridir. Karar verici duyarlılık analizi ile karar problemindeki hangi parametrenin, verinin, bileşenin çözümde etkin ya da kritik olduğunu görme şansını yakalamakta ve problemin çözümünde tercihlerini ya da yargılarını değiştirebilmektedir (Triantaphyllou, 2000, s. 166; Delgado ve Sendra, 2004, 1174).

Yöneylem Araştırması ve Yönetim Bilimi kapsamında oluşturulan karar modellerinde çok sayıda duyarlılık analizi uygulaması ile karşılaşmak mümkündür. Diğer taraftan çok kriterli karar verme kapsamında oluşturulan karar modelleri için duyarlılık analizi içeren çalışma sayısı kısıtlı kalmaktadır. Çok kriterli karar vermede duyarlılık analizi kapsamında; kriter ağırlıklarının değiştirilmesi, model parametrelerinin değiştirilmesi, bir kriter boyunca tüm alternatiflere ilişkin değerlerin değiştirilmesi, farklı tekniklerle elde edilen çözümlerinin karşılaştırılması, farklı karar verici ile problemin yeniden çözümlenmesi, kriterler kümesinde değişimle (kriter ekleme-çıkarma) problemin yeniden çözümlenmesi, alternatif kümesinde değişimle (alternatif ekleme-çıkarma) problemin yeniden çözümlenmesi, mutlak baskın ve baskın alternatiflerin tamamının

öncelikle alternatif kümesinden çıkarılması ve ardından baskın olmayan alternatif kümesine söz konusu alternatiflerin aşamalı dahil edilmesiyle çözümler edilmesi işlemleri gerçekleştirilmektedir. Literatürde bu işlemler arasında en fazla kriter ağırlıklarının etkileri incelenmektedir (Triantaphyllou, 2000, s. 131-132; Delgado ve Sendra, 2004, 1175-1182; Keshavarz Ghorabae vd. 2016; Stevic vd., 2019).

Bu çalışmada duyarlılık analizi kapsamında, REF, REF-II, KARMA ve çalışmanın birinci bölümünde yer verilen çok kriterli karar verme teknikleri; kriter ağırlıkları, kriter kümesi, kriter yapısı, alternatif kümesi ve parametre değişimleri bağlamında karşılaştırılmıştır. Duyarlılık analizi kapsamında bahsi geçen diğer işlemler, çoğunluğunun bir karar problemi özelinde problemin bütün yönleriyle ele alınmasını sağlamaya yönelik işlemler içermesi ve bazılarının alternatif ya da kriter sayısına göre yoğun işlem gerektirmesi nedeniyle kullanılmamıştır.

Duyarlılık analizleri için literatürde yer alan bir karar probleminin çözümlenmesi yaklaşımı benimsenmiştir. Bu bağlamda nitel veri yapısına sahip kriterler içermesi nedeniyle, Gomes ve Rangel (2009) tarafından TODIM (Tomada de Decisão Iterativa Multicritério; Etkileşim ve Çok-kriterli Karar Verme) tekniği ile ele alınan kiralık konut değerlendirme problemi tercih edilmiştir. Ayrıca, bu çalışmada amaçlanan, karşılaştırmalı duyarlılık analizinin gerçekleştirilmesidir. Buna göre ilgili probleme ilişkin eşitlik (1.4) bağlamında oluşturulan karar matrisi Tablo 3.7’de verilmiştir.

Tablo 3.7. *Kiralık Konut Değerlendirme Problemi İlk Karar Matrisi*

Alternatif No	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
	Konum	Genişlik (m ²)	Yapı Kalitesi	Korunma Durumu	Garaj Kapasitesi	Oda Sayısı	Çekicilik Sayısı	Güvenlik Varlığı
A1	3	290	3	3	1	6	4	0
A2	4	180	2	2	1	4	2	0
A3	3	347	1	2	2	5	1	0
A4	3	124	2	3	2	5	4	0
A5	5	360	3	4	4	9	1	1
A6	2	89	2	3	1	5	1	0
A7	1	85	1	1	1	4	0	1
A8	5	80	2	3	1	6	0	1
A9	2	121	2	3	0	6	0	0
A10	2	120	1	3	1	5	1	0
A11	4	280	2	2	2	7	3	1
A12	1	90	1	1	1	5	2	0
A13	2	160	3	3	2	6	1	1
A14	3	320	3	3	2	8	2	1
A15	4	180	2	4	1	6	1	1
Opt. Yönü	Enb.	Enb.	Enb.	Enb.	Enb.	Enb.	Enb.	Enb.
Kriter Ağırlığı	0,25	0,15	0,10	0,20	0,05	0,10	0,05	0,10

Tablo 3.7’de yer alan kriterlerden K1, K3, K4 kriterleri esas itibari ile sıralayıcı ölçekle, K8 kriteri ise sınıflayıcı (ikili) ölçekle ölçülmüştür. K1 kriterinde evlerin bulunduğu konuma ilişkin yapılan kodlamalardan 1 kenar konumu, 2 kenar ile ortalama arasındaki konumu, 3 ortalama konumu, 4 iyi konumu ve 5 mükemmel konumu göstermektedir. K3 kriteri yapı kalitesini göstermektedir ve 1 değeri düşük, 2 değeri ortalama ve 3 değeri yüksek yapı kalitesine sahip konut anlamına gelmektedir. K4 kriterinde konutun korunma/kullanım durumu, tadilat ihtiyacı göz önüne alınarak değerlendirilmiştir. Buna göre K4 kriterinde 1 kötü, 2 ortalama, 3 iyi ve 4 çok iyi koruma durumunu göstermektedir. K8 kriterinde ise güvenlik varlığı, 0 yok ve 1 var biçiminde kodlanmıştır. Diğer taraftan K5 ve K7 kriterlerinde konutun belirli özelliklere sahip olma sayısı dikkate alındığı için bu kriterler en az eşit aralıklı ölçekle ölçülmüş kabul edilmiştir (Gomes ve Rangel, 2009).

Bu çalışmanın izleyen kısmında duyarlılık analizi kapsamında; kriter ağırlıklarının, kriter sayısı ve alternatif sayısı değişimlerinin, nitel kriterlerin ölçeklendirme durumunun ve parametre değişimlerinin etkilerini içeren alt bölümlere yer verilmiştir.

3.2.1. Kriter ağırlıklarındaki değişimlerin etkileri

Duyarlılık analizi kapsamında kriter ağırlıklarının etkilerinin değerlendirilmesi için çok yönlü veya tek yönlü yaklaşımlardan yararlanılmaktadır (Chambal vd., 2011). Çok yönlü duyarlılık analizi kapsamında nesnel ağırlıklandırma tekniklerinden olan eşit ağırlık, CRITIC, Entropi, standart sapma ve varyans prosedüründen (Zardari vd., 2015, s. 32-35) yararlanılmıştır. Standart sapma ve varyans prosedürü ile ağırlık değerleri belirlenmesi işlemlerinde karar matrisi normalize edilerek kullanılmıştır. Böylelikle özgün karar seti haricinde, beş farklı kriter ağırlık değerine göre değerlendirme imkânı sağlayacak beş set oluşturulmuştur.

Duyarlılık analizinde, bir kriterin yükümlü (incumbent) tutularak bazı kriterlerin ağırlık değerlerinin değiştirilmesi ve bu işlemlerin problemin çözümü üzerindeki etkisinin izlenmesi tek yönlü duyarlılık analizi olarak adlandırılmaktadır (Chambal vd., 2011). Bu çalışmada, Chambal vd. (2011) tarafından geliştirilen ve detayları izleyen kısımda verilen Ayarlanabilir Tek Yönlü Duyarlılık Analizi’nden (Customizable One-Way Sensitivity Analysis; COSA) yararlanılmıştır. COSA’da N duyarlılık analizine dâhil edilecek kriter kümesini, I duyarlılık analizi işlemlerinde ağırlık değeri

değiştirilecek kriter kümesini ve U ise duyarlılık analizinde ağırlık değeri değiştirilmeyecek kriter kümesini temsil etmektedir. COSA'nın uygulanması için gerekli işlem adımları izleyen kısımda verilmiştir.

COSA'da öncelikle yükümlü kriterin ağırlık değerinin değişim aralığının tespit edilmesi gerekmektedir. w_s yükümlü kriterin ağırlık değeri olmak üzere, yükümlü kriterin ağırlık değerinin değişim aralığı (Δw_s) eşitlik (3.1) ile belirlenir.

$$-w_s^0 \leq \Delta w_s \leq \min_{i \in I} \frac{w_i^0}{\alpha_i} \quad (3.1)$$

Eşitlik (3.1)'de $-w_s^0$ yükümlü kriterin azaltılabilecek en fazla ağırlık değerini, eşitsizliğin sağ tarafı ise yükümlü kriterin artırılabilir en fazla ağırlık değerini göstermektedir. Çok kriterli karar vermede benimsenen yaklaşım gereği kriter ağırlıkları normalize edilerek 0-1 aralığında değer aldığından, yükümlü kriterin ağırlık değeri (w_s) 0 ile 1 arasında değer alacaktır. Eşitlik (3.1)'de alt ve üst sınır değerleri bu bağlamda sınırlandırılmaktadır. Ayrıca eşitlik (3.1)'de α_i ; i kriteri için ağırlık esneklik katsayısı ve w_i^0 ; i kriterinin ilk (özgün) ağırlık değeridir. α_i , duyarlılık analizinde yükümlü kriterin ağırlık değerindeki değişimin diğer kriterlere yeniden dağıtımında kullanılmaktadır. Karar verici, toplamları bire eşit olacak biçimde α_i değerlerini oransal olarak veya 0'dan büyük olması kaydıyla kendisi belirleyebilir. Bu bağlamda duyarlılık analizi içinde kullanılacak yeni ağırlık değeri eşitlikler (3.2-3.4) ile tespit edilir (Chambal vd., 2011).

$$w_s = w_s^0 + \alpha_s \Delta w_s = w_s^0 + \Delta w_s \quad (3.2)$$

$$w_i = w_i^0 - \alpha_i \Delta w_s \quad i \in I \quad (3.3)$$

$$w_u = w_u^0 - \alpha_u \Delta w_s = w_u^0 \quad u \in U \quad (3.4)$$

Eşitlik (3.2)'de $\alpha_s = 1$ ve eşitlik (3.4)'de $\alpha_u = 0$ 'dır. Ayrıca eşitlikler (3.2-3.4)'te w_s^0 yükümlü kriterin ilk ağırlık değerini, w_u^0 ağırlık değeri değişmeyecek kriterlerin ilk ağırlık değerlerini göstermektedir. Eşitlikler (3.2-3.4) bağlamında duyarlılık analizinde kullanılacak yeni ağırlık değerleri, eşitlik (3.5)'i sağlamaktadır (Chambal vd., 2011).

$$w_s + \sum_{i \in I} w_i + \sum_{u \in U} w_u = 1 \quad (3.5)$$

Duyarlılık analizinde COSA'dan yararlanmak amacıyla, karar probleminin özgün biçimi olan set 1'de en büyük ağırlık değerine sahip kriter K1 yükümlü kriter olarak seçilmiştir. K1'den sonra en fazla ağırlık değerine sahip kriterlerden K2 ve K4'ün I kümesini, diğer kriterlerin ise U kümesini oluşturmasına karar verilerek altı çözüm seti elde edilmiştir. Ayrıca, yükümlü kriterden artacak/eksiltilecek ağırlık değerinin, K2 ve K4 arasında eşit paylaşılması uygun görülmüştür. Diğer bir ifadeyle ilgili kriterlerin ağırlık esneklik değerleri (α_i) 0,5 olarak belirlenmiştir. Buna göre Δw_1 eşitlik (3.1) kullanılarak eşitlik (3.6) ile hesaplanmıştır.

$$\min \left\{ \frac{w_2^0}{\alpha_2}, \frac{w_4^0}{\alpha_4} \right\} = \min \left\{ \frac{0,15}{1/2}, \frac{0,20}{1/2} \right\} = \min \left\{ \frac{7,5}{100}, \frac{10}{100} \right\} = 0,075 \quad (3.6)$$

Eşitlik (3.6)'dan $-0,075 \leq \Delta w_1 \leq 0,075$ veya $0,175 \leq w_1 \leq 0,325$ olacağı anlaşılmaktadır. Bu bağlamda Set 7'de $w_1=0,175$; Set 8'de $w_1=0,20$, Set 9'da $w_1=0,225$, Set 10'da $w_1=0,275$, Set 11'de $w_1=0,30$ ve Set 12'de $w_1=0,325$ alınarak çözümler elde edilmiştir. Buna göre özgün set (set 1) dâhil kriterlerin ağırlık değerleri Tablo 3.8'de verilmiştir.

Tablo 3.8. Farklı Senaryolara Göre Kriter Ağırlıkları

Kriter Ağırlığı	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
Set1	0,250	0,150	0,100	0,200	0,050	0,100	0,050	0,100
Set2	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125
Set3	0,119	0,114	0,106	0,129	0,111	0,094	0,180	0,147
Set4	0,055	0,079	0,041	0,035	0,108	0,015	0,222	0,446
Set5	0,118	0,135	0,140	0,111	0,084	0,101	0,120	0,191
Set6	0,106	0,138	0,147	0,093	0,054	0,078	0,109	0,275
Set7	0,175	0,188	0,100	0,238	0,050	0,100	0,050	0,100
Set8	0,200	0,175	0,100	0,225	0,050	0,100	0,050	0,100
Set9	0,225	0,163	0,100	0,213	0,050	0,100	0,050	0,100
Set10	0,275	0,138	0,100	0,188	0,050	0,100	0,050	0,100
Set11	0,300	0,125	0,100	0,175	0,050	0,100	0,050	0,100
Set12	0,325	0,113	0,100	0,163	0,050	0,100	0,050	0,100

Kriterlerin ağırlık değerleri değişimi üzerinden oluşturulan on iki sete göre kriterlerin ağırlık değerleri Tablo 3.8’de görülmektedir. Problemin özgün hali olan ve Set 1 ile ifade edilen ağırlık değerleri COSA’da kullanılarak Set 7-12 oluşturulmuştur. Diğer taraftan Tablo 3.7’de yer verilen karar matrisi kullanılarak nesnel ağırlıklandırma teknikleriyle Set 2-6 için kriter ağırlık değerleri elde edilmiştir. Buna göre en büyük ağırlık değerine Set 1, 9, 10, 11 ve 12’de K1 kriteri, Set 4, 5 ve 6’da K8 kriteri, Set 7 ve 8’de K4 kriteri, Set 3’te K7 kriteri sahip olurken Set 2’de tüm kriterlerin ağırlıkları birbirine eşittir.

Kriterlerin farklı ağırlık değerleri bağlamında oluşturulan on iki set üzerinden tez kapsamında önerilen teknikler ve TODIM, RIM, CP, TOPSIS, VIKOR, EDAS, CODAS, MOORA-Referans Nokta ile elde edilen çözümler EK-6’da sunulmuştur. Diğer taraftan problemin özgün biçiminden anlaşılacağı üzere; K1, K3, K4 kriterleri sıralayıcı ölçekle, K8 kriteri ise sınıflayıcı (iki kategorili/ikili) ölçekle ölçülmüştür. Ayrıca, söz konusu kriterlerin en az eşit aralıklı ölçekle ölçülmüş kabul edildiği ve gerçek ölçümleri ile değerlendirildiği durumlar göz önüne alınarak REF ve KARMA ile iki farklı çözüm elde edilmiştir. Bu noktada, diğer tekniklerin sınıflayıcı ve sıralayıcı kriterler için çözüm önermemesi nedeniyle kullanılmayacağı görülmektedir.

EK-6’da çözümler elde edilirken kriterlerin optimizasyon yönü için özgün probleme bağlı kalmıştır. Bu bağlamda, tüm kriterlerde referans/ideal değer karar matrisindeki en büyük değer alınırken, problemin çözümü için anti/negatif ideale ihtiyaç duyan tekniklerde ilgili değer en küçük değer olarak benimsenmiştir.

Öte yandan, KARMA ile kriterlerin optimizasyon yönü ve referans/ideal değerlerden bağımsız çözümler elde edilmektedir. KARMA’da en iyi çözümün alternatif kümesinde en uzak ve en yakın olması göz önüne alındığında her bir sette KARMA’nın dört farklı uygulamasının yapılması uygun görülmüştür. Ayrıca, çok amaçlı karar verme tekniği olmasına rağmen çok nitelikli karar problemlerine uyarlanabilen CP ile çözümler elde edilirken, değişim aralığına göre normalizasyon yapılması ve yapılmaması durumları göz önüne alınmıştır.

EK-6’da yer alan çözümler incelendiğinde genel olarak A5 alternatifinin ilk sırayı aldığı ve en çarpıcı değişimlerin Set 4 içinde yaşandığı görülmektedir. Set 4’de kriterler nesnel ağırlıklandırma tekniklerinden Entropi ile ağırlıklandırılmıştır. Bu bağlamda 0-1 ikili değerleri alan K8 kriterinin ağırlık değeri, yaklaşık olarak diğer kriterlerin ağırlık değerlerinin toplamına eşittir. Bu durum ise diğer tekniklere göre farklı bir yapıya sahip

olan KARMA dışarıda bırakıldığında, ilk sırayı alan alternatif değişiminin en çok farklılaştığı setin, Set 4 olmasına neden olmuştur.

Tez kapsamında önerilen tekniklerden REF ile tüm kriterlerin en az eşit aralıklı ölçekle ölçüldüğü varsayımı altında elde edilen çözümler incelendiğinde, tüm setlerde ilk sırayı A5 alternatifi almıştır. Ayrıca, K1, K3, K4 kriterlerinin sıralayıcı ve K8 kriterinin sınıflayıcı ölçekle ölçüldüğü göz önüne alınarak REF ile elde edilen çözümlerde de tüm setlerde A5 alternatifi ilk sırayı almıştır. Bu noktada, her iki senaryoda da referans değerler problemin özgün biçimine bağlı kalarak belirlenmiş, ardıl değer/aralık ve kabulsüzlük değerleri atanmamıştır. K8 kriterinde referansla uyum dikkate alınırken, sıklıklar üzerinden referans belirlenmemiştir.

Sıralamaların setler arasındaki korelasyonu Spearman sıra korelasyon katsayısı ile incelenmiştir. Korelasyon katsayısının istatistiksel olarak anlamlı olması iki değişken arasındaki ilişkinin gücünü gösterir. Buna göre iki değişken arasında, korelasyon katsayısı 0-0,49 arasında ise zayıf; 0,50-69 arasında ise orta; 0,7 ve üzeri ise güçlü/yüksek ilişkinin varlığı kabul edilir. Ayrıca iki değişken arasında pozitif korelasyon aynı yönlü ilişkiyi, negatif korelasyon ise ters yönlü ilişkiyi göstermektedir (Sümbüloğlu ve Akdağ, 2007). REF'in kriterlerin ölçüm düzeyleri bağlamında kullanımını içeren iki farklı çözüm ve on iki farklı set dikkate alındığında elde edilen alternatif sıralamaları arasında pozitif yüksek korelasyon ($r_s \geq 0,8$) olduğu görülmüştür.

REF-II ile on iki set bağlamında gerçekleştirilen çözümlerde, ilk sırayı A5 alternatifi almıştır. On iki sette REF-II ile elde edilen alternatif sıralamaların birbirleriyle korelasyonunun yüksek ($r_s \geq 0,8$) olduğu tespit edilmiştir. Çözümlerin gerçekleştirildiği Set 1-12'de, referans değer belirlenmesinde problemin özgün biçimine bağlı kalınmış, ardıl değer/aralık ve kabulsüzlük değeri atanmamıştır.

KARMA ile elde edilen çözümlerde en iyi çözümün alternatif kümesine en uzak (en çok ayrışan) veya en yakın olması durumuna göre iki farklı yaklaşım benimsenmiştir. Bu yaklaşımlara ilave olarak K1, K3, K4 ve K8 kriterlerinin ölçüm düzeylerinin en az eşit aralıklı kabul edildiği ve edilmediği durumlar göz önüne alınarak on iki set üzerinde dört farklı KARMA uygulamasına yer verilmiştir. Set 4'te K8'e 0,446 ağırlığının atanması ve KARMA içinde K8'in tek başına sınıflayıcı kriter grubunu oluşturması, bu sette elde edilen çözümlerin diğer setlerle düşük sıra korelasyonuna sahip olmasına neden olmuştur. Kriterlerin ölçüm düzeylerinin en az eşit aralıklı kabul edildiği ve alternatif kümesine en uzak alternatifin çözüm olarak benimsendiği senaryoda, Set 4 dışındaki tüm

setlerde ilk sırayı A5 alternatifi almıştır. Set 4’te ise A11 ilk sırada yer almıştır. Diğer taraftan en iyi çözümün alternatif kümesine en yakın çözüm olarak benimsenmesi durumunda, ilk sırayı Set 1 ve Set 7-12’de A4; Set 2, Set 3 ve Set 5’de A6; Set 4 ve Set 6’da ise A2 alırken; son sırayı Set 4 dışındaki setlerde A5 almıştır. K1, K3 ve K4 kriterlerinin sıralayıcı, K8 kriterinin sınıflayıcı ölçekle ölçüldüğü kabulü ve alternatif kümesine en uzak alternatifin çözüm olarak benimsendiği senaryoda, tüm setlerde ilk sırayı A5 alternatifi almıştır. Diğer taraftan en iyi çözümün alternatif kümesine en yakın çözüm olarak benimsenmesi durumunda, ilk sırayı Set 1 ve Set 8-12’de A4; Set 2-6’da A6, Set 7’de A9 alırken; tüm setlerde son sırayı A5 almıştır.

Kriter ağırlıklarının değişimi üzerinden gerçekleştirilen duyarlılık analizinde Set 4 dışında diğer setlerde seçim problemi bağlamında, sonuçlarda genel olarak büyük değişiklik olmadığı görülmüştür. REF, REF-II ve KARMA’nın söz konusu setlerde diğer tekniklerle benzer tepkiler verdiği belirtilebilir. Bu kapsamda, diğer tekniklerin kullanılabilirdiği anlatılan biçimdeki karar problemlerinde, belirlenen amaç doğrultusunda tezde önerilen tekniklerden yararlanılabileceği ortaya konulmuştur. Öte yandan, A5 alternatifi on iki set ve farklı karar verme teknikleriyle gerçekleştirilen çözümlerin %70,23’ünde ilk sırayı alırken en fazla değişim Set 4’de gözlemlenmiştir.

3.2.2. Kriter kümesindeki değişimlerin etkileri

Kriter kümesi değişiminde kriter çıkarılması ve yeni kriter eklenmesinin etkileri incelenmektedir. Bu bağlamda Tablo 3.7’de ağırlık değeri en fazla olan K1, nicel kriterlerden değişkenliğin en az olduğu K5 ve en çok olduğu K2 kriterleri, karar probleminden her işlemde sadece biri çıkarılarak Set 13, Set 14 ve Set 15 elde edilmiştir. Diğer taraftan fiyat kriteri Gomes ve Rangel (2009)’in elde ettiği çözümden yararlanılarak oluşturulmuş ve probleme yeni kriter (K9) olarak eklenmiştir. Böylelikle Set 16 oluşturulmuştur. Kriter ağırlıklarının yeniden oluşturulmasında Gomes ve Rangel (2009)’ın çalışmasında kullanılan önem değerlerinden yararlanılmıştır. Bu noktada K9 için 4 önem değeri atanmıştır. Ayrıca Set 17’de 0, pozitif ve negatif değerleri içeren K9 kriteri, Set 18’de ise sınıflayıcı ölçekle ölçülmüş bir kriter Set 16’daki fiyat kriterinin yerine alacak biçimde oluşturulmuştur. Söz konusu senaryolara göre oluşturulan Set 13-18’de kriterlerin ağırlık değerleri ve Set 16 ile Set 17’de alternatiflere ilişkin değerler Tablo 3.9’da sunulmuştur.

Tablo 3.9. *Set 13-18 İçin Kriter Ağırlıkları ve Set 16-17’de Alternatiflerin Değerleri*

Kriter Ağırlıkları	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
Set 13	-	0,200	0,133	0,267	0,067	0,133	0,067	0,133	-
Set 14	0,263	0,157	0,105	0,211	-	0,105	0,053	0,105	-
Set 15	0,294	-	0,117	0,235	0,059	0,118	0,059	0,118	-
Set 16-17-18	0,208	0,125	0,083	0,167	0,042	0,083	0,042	0,083	0,167

Alternatifler															
Set ve Kriter	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15
Set 16 -K9	362	190	214	309	712	190	132	262	133	166	414	150	362	563	362
Set 17- K9	60	-111	-87	0	411	-111	-169	-39	-168	-135	113	-151	61	262	61

Tablo 3.9’da Set 16 ve Set 17 içinde K9 kriterinin optimizasyon yönünün maliyet olması uygun görülmüştür. Böylelikle problemin yapısı, maliyet yönlü kriter içerecek biçimde değiştirilerek çözümler üzerindeki etkisi incelenmiştir. Set 18’de ise sınıflayıcı kriter olarak renk kriteri eklenmiş ve A1 alternatifinden A15 alternatifine doğru sırasıyla “beyaz, kırmızı, mavi, beyaz, beyaz, kırmızı, beyaz, mavi, yeşil, kırmızı, beyaz, beyaz, sarı, mavi, kırmızı” kategorik değerleri atanmıştır. Bu bağlamda Set 18’de çözümler sadece REF ve KARMA ile elde edilebilecektir. Çünkü çalışmanın birinci bölümünde yer verilen diğer çok kriterli karar verme teknikleri, karar probleminin çözümü için kriterlerin niceliksel veri yapısına sahip olmasını gerektirmektedir. Bu noktada, Set 18’de K9 kriterinde REF ile çözüme ulaşabilmek amacıyla referans kategori, en sık gözlenen kategori olarak belirlenmiştir. KARMA’da ise alternatif kümesine yakınlık ve uzaklık üzerinden iki farklı çözüm elde edilmiştir.

İlgili setlerde elde edilen alternatif sıralamaları EK-7’de sunulmuştur. Set 13, Set 14 ve Set 15’te elde edilen çözümlerde A5 alternatifi genel olarak ilk sırayı almıştır. Diğer taraftan Set 13 ve Set 14’te CP’nin diğer tekniklerle olan sıra korelasyonu azalmıştır. Set 16’da ise TOPSIS, VIKOR ve MOORA-Referans Nokta Tekniği ile elde edilen çözümlerin önceki setlere göre farklılaştığı görülmüştür. MOORA-Referans Nokta Tekniği ile elde edilen sıralamalar, diğer tekniklerle elde edilen sıralamalardan ayrışırken, TOPSIS ve VIKOR ile yapılan çözümlerde ilk sırayı A15 alternatifi almıştır. Bu noktada

vektör normalizasyonu, ideal ve anti ideal üzerinden çözüm arama ve Tchebychef Min-Max metriğini içeren tekniklerin, optimizasyon yönüne daha duyarlı olduğu anlaşılmaktadır.

Set 17 üzerinde gerçekleştirilen çözümlerde CODAS ile problemin çözümü tamamlanamamıştır. K9 kriterinin, optimizasyon yönünün maliyet olması ve 0 ile negatif değerleri bir arada içermesinin CODAS'ta kullanılan normalizasyon işlemi etkisiz kıldığı görülmüştür. K9 kriterinin negatif değerler içermesi ve K9 ortalama değerinin de negatif olması, EDAS içinde SP_i , SN_i , NSP_i ve AS_i değerlerinin negatif olmasına yol açmıştır. Bu durum ise EDAS ile elde edilen sonuçların geçerliliğini ortadan kaldırmaktadır. Ayrıca, problemin çözümünü tamamlayarak alternatifleri sıralamış olsa da TOPSIS ve MOORA-Referans Nokta Tekniği'nin vektör normalizasyonundan kaynaklanan sorunlar nedeniyle etkin çözüm sağlayamadıkları anlaşılmıştır. TOPSIS, MOORA-Referans Nokta ve TODIM teknikleri ile Set 17'de elde edilen çözümlerin, aynı tekniklerle Set 1, Set 13, Set 14 ve Set 15 ile elde edilen çözümlerle negatif sıra korelasyon değerine sahip olduğu tespit edilmiştir.

Tez kapsamında önerilen tekniklerden REF ve REF-II'nin söz konusu setlerde elde edilen çözümleri arasındaki sıra korelasyonlarının pozitif ve yüksek olduğu ($r_s \geq 0,8$) görülmüştür. KARMA'da ise aynı tür (alternatif kümesine en yakın/uzak) çözümün arandığı sıralamalar arasında pozitif korelasyon olduğu tespit edilmiştir. KARMA'da Set 13 ile elde edilen çözümlerin, Set 14, Set 15 ve Set 18 ile anlamlı korelasyona sahip olmadığı, fakat diğer çözümlerin birbirleriyle korelasyonlarının güçlü ($r_s \geq 0,7$) olduğu görülmüştür.

Set 18'de karar probleminde dokuzuncu kriter olarak sınıflayıcı (çok kategorili) kriter dahil edilmiştir. Karşılaştırmalı duyarlılık analizi bölümünde yer verilen tekniklerden sadece REF ve KARMA, sınıflayıcı ölçekle ölçülmüş kriterleri içeren karar problemlerinde kullanılabilir. REF ile elde edilen çözümde ilk sırayı A5, son sırayı ise A12 alternatifi almıştır. KARMA ile alternatif kümesine; en uzak alternatifi çözüm olarak benimsenmesi durumunda A5, en yakın alternatifi çözüm olarak benimsenmesi durumunda ise A4 alternatifi ilk sırada yer almıştır.

3.2.3. Alternatif kümesindeki değişimlerin etkileri

Alternatif kümesinde değişimler yapılarak karar probleminin çözümünde yaşanan etkiler gözlemlenmektedir. Bu bağlamda alternatif kümesinden; alternatif çıkarılması,

yeni alternatif eklenmesi, mevcut alternatiflerin kopyalarının eklenmesi işlemleri gerçekleştirilmektedir.

Alternatif çıkarılması kapsamında öncelikle Set 1 üzerinde elde edilen çözümlerde son sırayı alan alternatif çıkarılarak Set 19 oluşturulmuştur. Ardından, her bir adımda elde edilen çözümlerde son sıradaki alternatif çıkarılarak dokuz aşamada Set 20-27 meydana getirilmiştir. Set 27’de bazı kriterlerde alternatiflerin hepsinin aynı değer alması nedeniyle, problemin yapısında köklü değişim yaratmamak amacıyla alternatif eksiltme işlemleri durdurulmuştur. Böylelikle Set 19-27 içinde elde edilen çözümler karşılaştırılmıştır. Bu noktada RIM, REF ve REF-II’de Set 1 bağlamında belirlenen referans değerler kullanılmıştır.

Söz konusu setlerde gerçekleştirilen çözümlerde, tekniklerin sıra değişimi sorunu taşıma durumu incelenmiştir. REF-II, TODIM, RIM ve CP’de sıra değişimi sorunu yaşanmazken; REF, CP (değişim aralığına göre normalize karar matrisi kullanımında), TOPSIS, VIKOR, EDAS, CODAS, MOORA-Referans Nokta ve KARMA tekniklerinde sıra değişimi sorunu yaşandığı tespit edilmiştir. Öte yandan, KARMA’da karar probleminin çözümünde amaçlanan alternatif kümesine en yakın ya da en uzak çözümün bulunmasıdır. Bu bağlamda KARMA’da, alternatifler arasındaki yakınlık/uzaklık temelinde çözüm sağlanması nedeniyle, sıra değişimi sorun teşkil etmemektedir.

Aşamalı olarak son sıradaki alternatifin karar matrisinden çıkarılmasının etkileri incelendikten sonra, Gomes ve Rangel (2009) tarafından elde edilen çözümde (Set 1) ilk sırayı alan A5 alternatifi ve son sırayı alan A7 alternatifi ayrı ayrı alternatif kümesinden çıkarılarak sırasıyla Set 28 ve Set 29 oluşturulmuştur. Bununla birlikte Set 1 içinde farklı tekniklerle gerçekleştirilen çözümlerde en çok son sırayı alan alternatifin A12 olması nedeniyle, söz konusu alternatif problemden çıkarılarak Set 30 oluşturulmuştur. Set 28, Set 29 ve Set 30’da, TODIM, REF-II, RIM ve CP’de sıra değişimi sorununun yaşanmadığı gözlemlenmiştir. Bu noktada RIM’de sınır ve referans değerleri, REF ve REF-II’de referans değerleri Set 1’e bağlı kalarak belirlenmiştir.

Karar problemine yeni veya kopya alternatiflerin eklenmesinde Set 1 temel alınmıştır. Ayrıca alternatif eklenmesinde, yeni oluşturulan her bir sette önceki setlere göre farklı değerler taşıyacak biçimde A16 ve A17 alternatifleri probleme dâhil edilmiştir. Örneğin, Set 31 ve Set 35’de yer alan A16 alternatifleri, farklı değerlere sahip alternatiflerdir.

Kopya alternatifin etkilerini görebilmek amacıyla; Set 1 üzerinde KARMA ile alternatif kümesine yakınlık ve uzaklık temelinde yapılan çözümlerde ilk sırayı alan alternatifler olan A4 ve A5'in kopyaları probleme eklenmiştir. Kopya alternatiflerin probleme dâhil edilmesinde aşamalı yaklaşım benimsenmiştir. Bu bağlamda, Set 31'de A4'ün kopyası A16, Set 32'de A5'in kopyası A16 ve Set 33'de her iki alternatifin kopyası bir arada A16 ve A17 olarak probleme dâhil edilmiştir. Set 34'de ise Set 1 üzerinden elde edilen çözümlerde en fazla ikinci sırayı alan A14 ve A15 alternatiflerinin kopyaları, probleme A16 ve A17 olarak dâhil edilmiştir. Söz konusu setlerde TOPSIS, EDAS, MOORA-Referans Nokta Tekniği ve KARMA'da sıra değişimi yaşandığı tespit edilmiştir. KARMA'nın yapısı gereği alternatif kümesine en yakın ya da uzak çözümü sağlama amacı taşıdığı göz önüne alındığında, bu sonucun tekniğin amacı ile örtüştüğü belirtilebilir. Diğer taraftan diğer tekniklerde normalizasyon ve ortalama değer kullanımının sıra değişimi sorununa neden olduğu gözlemlenmiştir.

Karar matrisinde kriterlerin alabileceği değerler gözetilerek mevcut değerlerden daha iyi ya da daha kötü değerlere sahip yeni alternatifler eklenmesinin etkilerini görmek amacıyla Set 35, Set 36 ve Set 37 oluşturulmuştur. Set 35'te tüm kriterlerde en kötü değerlere, Set 36'da ise en iyi değerlere sahip birer alternatif probleme dahil edilmiştir. Set 37'de ise söz konusu iki yapay alternatif bir arada karar matrisine eklenmiştir. Söz konusu yapay alternatiflere ilişkin değerler Tablo 3.10'da verilmiştir.

Tablo 3.10. *Alternatif Kümesine Eklenen Yapay Alternatiflerin Kriterlere Göre Performans Değerleri*

Alternatif	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
A16	5	1000	3	4	6	10	4	1
A17	1	40	1	1	0	1	0	0

Set 35, Set 36 ve Set 37'de elde edilen çözümlerde sıra değişimi sorununun yaşanmadığı tek teknik REF-II olmuştur. Diğer taraftan RIM'de problemin çözümü için ilk adımda belirlenen değişim aralığı (t_j) değerleri yetersiz kaldığından hesaplamalar tamamlanamamıştır. K2, K5 ve K6 kriterlerinde sınır değerleri aşıldığından problemin yeniden ele alınması gerekmektedir. Karar verici ilk adıma dönerek kriterlerin değişim aralığını revize etmelidir. Problemin ilk adımına dönülerek sınır değerleri ve/veya referans değerleri değiştirildiğinde RIM'de sıra değişimi sorunu yaşandığı

gözlemlenmiştir. Bu durum RIM’de sıra değişimi sorunu yaşanmaması ve etkin çözüm için değişim aralığının oldukça geniş tutulmasını gerekli kılmaktadır.

Set 19-37 için elde edilen alternatif sıralamaları EK-8’de verilmiştir. Genel olarak alternatif kümesinden alternatif çıkarıldığında, REF-II, TODIM, RIM ve CP’de sıra değişimi sorunu yaşanmadığı, alternatif kümesine kopya alternatif eklenmesi durumunda ise TOPSIS, EDAS, MOORA-Referans Nokta Tekniği ve KARMA’da sıra değişimi yaşandığı tespit edilmiştir. Karar matrisinde, tüm kriterlerde en iyi ya da en kötü değerlere sahip yeni alternatifler eklenmesi durumunda ise sadece REF-II’de bütün setlerde sıra değişimi sorunu tespit edilmemiştir. Diğer taraftan, KARMA’da alternatiflerin, alternatif kümesinde yer alan alternatiflere olan uzaklıkları/yakınlıkları bağlamında çözüm önerilmesi nedeniyle sıra değişimi yaşanmasının, tekniğin amaçlanan çözümü açısından sorun yaratmadığı anlaşılmaktadır.

Set 19-37’de elde edilen tüm çözümler dikkate alındığında TODIM, REF, CP (değişim aralığına göre standardize edilmiş biçimi de dâhil olmak üzere), TOPSIS, VIKOR, EDAS, CODAS, MOORA-Referans Nokta, RIM ve KARMA tekniklerinde sıra değişimi yaşandığı, CODAS ve RIM’de bazı durumlarda problemin çözümünün tamamlanamadığı tespit edilirken söz konusu setlerde sadece REF-II’de sıra değişimi yaşanmamıştır.

3.2.4. Parametre değerlerindeki değişimlerin etkileri

Karar vericinin referans ya da ideal değeri aralık olarak belirlemesine imkân tanıyan teknikler REF, REF-II ve RIM’dir. Set 1’de K2 kriteri üzerinde referans değer yerine 280-360 aralığının referans olarak belirlenmesiyle oluşturulan Set 38’in söz konusu üç teknik haricinde başka tekniklerle çözümü mümkün olamamaktadır. Bu bağlamda referansın aralık olarak belirlendiği ve REF, REF-II ve RIM ile elde edilen çözümlerde ilk sırayı A5, son sırayı A12 alternatifi almıştır.

Öte yandan karar verici, referans değer/aralığın dışında kalan değerler için farklı kabul derecesine sahip olabilir. K2 kriterinde referans değer 360 olarak belirlenirken, 280-360 aralığındaki değerlerin, referans değerinin dışındaki diğer değerlere oranla daha kabul edilebilir olduğu görüşünün varlığı durumunda, problemin çözümü için sadece REF ve REF-II kullanılabilir. REF ve REF-II, karar vericiye referans değer/aralık haricinde farklı ardıl değerler/aralıklar belirleme olanağı sağlamaktadır. Bu noktada belirlenen her bir ardıl değer için kabulsüzlük değeri (β) atanması gerekmektedir.

K2 kriterinde referans değerin 360, ardıl aralığın 280-360 belirlenmesi durumunda; β değerindeki değişimlerin problemin çözümü üzerindeki etkilerinin incelenmesi amacıyla farklı β değerleri belirlenmiştir. Bu bağlamda ardıl değerler/aralıklar ve kabulsüzlük değerleri Tablo 3.11’de, setlere ilişkin sonuçlar ise EK-9’da sunulmuştur.

Tablo 3.11. *Duyarlılık Analizi İçin Ardıl Aralık ve Kabulsüzlük Değerleri Belirlenmesi*

Set	Kriter	Referans Değer	Ardıl Aralık	β
Set 39	K2	360	280-360	0
Set 40	K2	360	280-360	0,1
Set 41	K2	360	280-360	0,2
Set 42	K2	360	280-360	0,3
Set 43	K2	360	280-360	0,4
Set 44	K2	360	280-360	0,5
Set 45	K2	360	280-360	0,6
Set 46	K2	360	280-360	0,7
Set 47	K2	360	280-360	0,8
Set 48	K2	360	280-360	0,9
Set 49	K2	360	280-360	1

EK-9’da verilen alternatif sıralamaları incelendiğinde kabulsüzlük değerinin 0,6 ve daha yüksek belirlenmesi durumunda, Set 1’de elde edilen sıralamaların tamamıyla korunduğu görülmektedir. En çok sıra değişimi, Set 39 ve Set 40’ta REF ve REF-II’de ikişer adetle gerçekleşmiştir. Kabulsüzlük değerinin 0 olması, referans değerin 280-360 aralığına dönüşmesi anlamı taşımaktadır. Elde edilen çözümler REF ve REF-II içinde ardıl değerler/aralıklar ve kabulsüzlük değerleriyle karar vericinin tercih yapısını yansıtan çözümlere ulaşılabileceğini göstermektedir.

REF-II içinde normalizasyonu sağlamak amacıyla kullanılan ρ parametresinin değer değişimlerinin problemin çözümü üzerindeki etkilerinin incelenmesi amacıyla; Set 16 içindeki K9 kriteri temel alınarak Set 50 oluşturulmuştur. K9 kriterinde referans değer 0 olarak belirlenmiş, ρ ’nun değerleri 0-10 aralığında değiştirilerek elde edilen çözümler incelenmiştir. Alternatiflerin sıralamaları ρ ’nun değerlerine göre değişmemiştir. Bununla birlikte K9 kriterinde alternatiflerin ağırlıklandırılmış normalize değerlerinin toplamı $\rho=0$ iken 753,5; $\rho=1$ iken 75,35; $\rho=2$ iken 7,54; $\rho=3$ iken 0,75; $\rho=4$ iken 0,075 ve $\rho=10$

iken $7,55 \times 10^{-8}$ 'dir. Diğer kriterlerde alternatiflerin ağırlıklandırılmış normalize değerleri toplamının 0,31-1,07 aralığında olduğu gözlemlenmiştir. Bu bağlamda, referans değer olarak 0 belirlenmiş ve alternatiflerin performansları onun katları ile ifade edilebilecek durumda ise ρ 'nun alternatiflerin beklenen performans değerinin basamak sayısına göre belirlenmesi uygundur. Ele alınan problemde, K9 kriterindeki en büyük değer 712 olduğundan $\rho=3$ alınmasının uygun olacağı anlaşılmaktadır.

Parametre değişimleri bağlamında yapılan incelemede, REF ve REF-II'nin karar vericinin tercihlerinin probleme yansıtılmasını sağladıkları görülmüştür. Referans ve ardıl değerler/aralıklar ile kabulsüzlük değerlerinin problemin çözümünde karar vericinin tercihlerini yansıtmada faydalı olacakları düşünülmektedir.

3.2.5. Nitel kriterlerin ölçeklendirilmeden kullanılmasının etkileri

Karşılaştırmalı duyarlılık analizinin özgün biçimini içeren Tablo 3.7 incelendiğinde K1, K3 ve K4 kriterlerinin esas itibari ile sıralayıcı ölçekle, K8 kriterinin ise sınıflayıcı (ikili) ölçekle ölçüldüğü anlaşılmaktadır. Karşılaştırma yapılan tekniklerden RIM kriterlerin en az sıralayıcı ölçekle ölçülmesini gerektirirken, diğer teknikler en az aralıklı ölçekle ölçüm yapılmasına ihtiyaç duymaktadır. Kriterlerin eşit aralıklı ya da nicel değerli kabul edilmeyip oldukları gibi nitel kriter olarak ele alınması durumunda karar probleminin çözümü için kullanılabilir teknik sayısı ise sınırlı kalmaktadır. Bu noktada duyarlılık analizi kapsamında ele alınan karar problemi, sınıflayıcı ve sıralayıcı ölçekle ölçülmüş kriterler içerdiği için çözüm sadece REF ve KARMA ile sağlanabilir.

Ayrıca, Set 18'de probleme sınıflayıcı kriter olarak renk kriteri eklenmiş ve problem REF ve KARMA ile çözümlenebilmiştir. Set 18'de K9 kriterinde REF ile çözüme ulaşabilmek amacıyla referans kategori olarak en sık gözlenen kategori belirlenmiştir. Bu noktada REF'in nitel kriterler üzerinden karar probleminin çözümüne önemli bir bakış açısı kazandırdığı düşünülmektedir.

REF ile sıralayıcı ölçekle ölçülmüş kriterlerde referansın aralık olarak belirlenebilmesi ve ardıl değerler/aralıklar tanımlanması mümkündür. Set 18 üzerinde K1 kriterinde referansın 4-5 aralığı olarak belirlendiği ve K4 kriterinde 3 değerinin ardıl değer olarak tanımlandığı Set 51 oluşturulmuştur. Ayrıca, K4 kriterinde ardıl değer için kabulsüzlük değeri olarak 0,5 belirlenmiştir. Elde edilen çözümlerde A5 alternatifi ilk sırayı, A12 alternatifi ise son sırayı almıştır.

Literatürde nitel kriterlerin ölçeklendirilmesi en çok benimsenen yaklaşımdır. Bununla birlikte, RIM, Regime, QUALIFLEX gibi sıralayıcı ölçekle ölçülmüş kriter içeren problemler için çözüm öneren teknikler de bulunmaktadır. Munda vd. (1994), çok kriterli karar verme alanında nitel veya karma (nitel ve nicel kriterleri) veri yapısına sahip kriterlerin bir arada değerlendirilmesini sağlayacak tekniklere ihtiyaç duyulduğunu ifade etmişlerdir. Bu noktada sınıflayıcı, sıralayıcı, eşit aralıklı ve oran ölçeğiyle ölçülmüş kriterleri (karma veri yapısı) içeren karar problemlerine çözüm önerisi getiren REF ve KARMA'nın literatüre önemli katkı sağlayacağı ifade edilebilir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Çok kriterli karar verme teknikleri yaygın kullanım alanına sahip olmakla birlikte, karar problemlerinin içerdiği bileşenlerin çeşitliliği nedeniyle tüm problemlerde etkin sonuç verememektedir. Bu noktada, karar vericilerin problemin yapısına en uygun teknik ya da tekniklerle çözüme gitmeleri benimsenen bir yaklaşımdır. Tezin konusunu oluşturan çok kriterli karar verme tekniği önerileri, bu bakış açısıyla referans ve uzaklık temelinde çözüm sağlamaktadır.

Tez kapsamında önerilen REF ve REF-II, karar vericinin karar probleminin kriterlerinde referans veya ideal değerlere sahip olması durumunda kullanılacak tekniklerdir. KARMA ise farklı ölçüm düzeyinde kriterler içeren karar problemlerinde, alternatif kümesine en yakın ya da en uzak alternatifin çözüm olarak benimsenmesi temelinde çözüme ulaşmayı amaçlamaktadır.

Çalışma kapsamında önerilen tekniklerin gerçek yaşam problemi üzerinde uygulanabilirliğini göstermek amacıyla ikinci el otomobil seçim problemi ele alınmıştır. Söz konusu karar probleminde, önerilen tekniklerin etkinliğinin incelenmesi amacıyla alternatif kümesinde değişimler yaratılmıştır. Bu kapsamda, 6-13 Eylül 2018 tarihleri arasındaki ilanlardan oluşan 129 alternatifli küme, 14-15 Eylül 2018 tarihlerinde bu kümeye eklenen araçlarla meydana gelen 143 alternatifli küme ve 143 alternatif arasında aynı marka model araçlardan oluşan 12 alternatifli homojen küme oluşturulmuştur.

REF ve REF-II ile ikinci el otomobil seçim probleminin çözümünde, belirlenen referans değerler açısından en uygun otomobilin seçimi yapılmıştır. Bu noktada, REF ile özellikle farklı ölçüm düzeylerine sahip kriterlerin birlikte kullanımına imkân tanınmış ve her bir kriter üzerinden belirlenmiş referans değerlere/aralıklara en yakın alternatifin seçimi sağlanmıştır. REF ile gerçekleştirilen uygulamada sınıflayıcı, sıralayıcı, eşit aralıklı ve oran ölçeğindeki kriterler birlikte kullanılmıştır. Ayrıca, sınıflayıcı kriterlerden renk kriterinde sıklık temelinde, en sık gözlenen kategorik değer referans olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte bazı kriterlerde referans değerinin/aralığının dışında kalan, fakat diğer değerlere göre daha kabul edilebilir aralıkların çözüm üzerine etkisi yansıtılmıştır. Bu amaçla söz konusu ardıl aralıklar için farklı kabulsüzlük değerlerinin kullanılması benimsenmiştir. Ele alınan karar probleminin mevcut haliyle çözümünü sağlayabilecek başka çok kriterli karar verme tekniğinin olmaması çalışmanın özgünlüğünü ortaya koymaktadır.

REF, nitel kriterlerin karar problemi içinde kullanılabilmesini olanak sağlamaktadır. Diğer taraftan REF’te nitel kriterlerin kullanılması ve toplama dayalı normalizasyon işleminin gerçekleştirilmesi, alternatif kümesinde yaşanacak değişimlerin sıra değişimi sorununa yol açmasına neden olabilmektedir. Sıra değişimi sorununun ortadan kaldırılması ve değişken alternatif kümesi içeren akan karar problemlerinde mevcut alternatifler için yeniden hesaplama yapılmamasının sağlanması amacıyla REF’in türevi olan REF-II önerilmiştir. REF-II kapsamında gerçekleştirilecek işlemler için nitel kriterlerin yeniden ölçülerek en azından aralıklı ölçüm düzeyine yükseltilmesi gerekliliği görülmüştür. Bu bağlamda, nitel kriterlerin ölçeklendirilerek aralıklı ölçüm düzeyine yükseltilmesi ve kriter ağırlıklarının belirlenmesinde kullanılacak Aralıklı ve Aşamalı Tercih/Önem Ölçeği geliştirilmiştir. Söz konusu ölçek, karar vericinin kriterler üzerindeki tercihlerini aşamalar halinde en iyilemeyi ve doyuma ulaştırmayı hedeflemektedir. Bu işlem gerçekleştirilirken tercihlerin teorik olarak sonsuz derecede bölümlenebilen ölçek üzerinde alınması sağlanmaktadır. REF-II ile elde edilen çözümler kapsamında, 129 ve 143 alternatifli aynı sayıda kriter içeren uygulamaların sonuçları incelenmiş ve sıra değişimi sorununun yaşanmadığı, alternatif kümesinde mevcut kalan alternatifler için yeniden hesaplama yapılmasına gerek duyulmadığı gözlemlenmiştir.

Çalışma kapsamında önerilen bir diğer çok kriterli karar verme tekniği olan KARMA, karar vericinin karşılaştığı karar probleminde kriterler için referans değer ya da optimizasyon yönü belirleyememesi, bununla birlikte alternatifler arasında diğer alternatiflere en yakın/uzak olanı tercih etmeyi yeğlemesi durumunda çözüm sağlamaktadır. KARMA’nın diğer önemli bir özelliği REF gibi farklı ölçüm düzeylerindeki kriterlerin aynı karar problemi içinde kullanımına olanak sağlamasıdır. İkinci el otomobil seçim probleminin üç farklı alternatif kümesi içeren biçimleri KARMA ile çözümlenmiştir. Sonuçlar, KARMA’nın alternatif kümesini en iyi yansıtan alternatifin seçiminde başarılı olduğunu ortaya koymaktadır.

Ayrıca çalışmanın üçüncü bölümünde, önerilen tekniklerin birinci bölümde incelenen uzaklık ve referans temelli tekniklerle karşılaştırmalı duyarlılık analizine yer verilmiştir. Karşılaştırmalı duyarlılık analizi kapsamında, kriter ağırlıklarının değişiminin, kriter kümesi değişiminin, alternatif kümesi değişiminin, parametrelerin değişiminin ve nitel kriter kullanılmasının etkileri incelenmiştir. Genel olarak REF ve REF-II’nin diğer tekniklerle yüksek sıra korelasyonuna sahip olduğu, KARMA’nın yapısı gereği diğer tekniklerden farklılaştığı gözlemlenmiştir.

Karşılaştırmalı duyarlılık analizinde sıra değişimi bağlamında yapılan incelemede REF-II'nin diğer tekniklere göre daha başarılı olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, karar matrisinde optimizasyon yönüne göre belirlenen referans değerler üzerinden elde edilen çözümlerde REF ve REF-II'nin diğer tekniklerle yüksek sıra korelasyonuna sahip olduğu görülmüştür.

Duyarlılık analizinde, negatif ve sıfır değerlerini bir arada içeren kriterin karar problemine dahil edilmesi durumunda, bazı tekniklerin etkin çözüm sağlayamadığı tespit edilirken REF, REF-II ve KARMA'nın diğer setlerdeki çözümlerine yakın çözümler sağladıkları belirlenmiştir. Ayrıca, karar probleminin sınıflayıcı kriter içermesi durumunda sadece REF ve KARMA'nın kullanılabileceği tespit edilmiştir.

Parametre değişimlerinin etkilerinin incelenmesi amacıyla β ve ρ değerlerinin etkileri incelenmiştir. Bu noktada, REF ve REF-II'nin karar vericinin tercihlerinin probleme yansıtılmasında başarılı oldukları ortaya konulmuştur.

İkinci el otomobil seçim problemi ve karşılaştırmalı duyarlılık analizleri sonuçları, tez kapsamında önerilen tekniklerin çözüm etkinliğini ortaya koymuştur. Bununla birlikte, ikinci el otomobil seçim problemi ve karşılaştırmalı duyarlılık analizi söz konusu tekniklerle ilgili bazı özelliklerin açık biçimde görünmesini de sağlamıştır. Buna göre, REF ve KARMA farklı ölçüm düzeyindeki kriterleri içeren karar problemlerinde kullanılabilecektir. Ayrıca, REF ve REF-II, karar vericiye kriterler bağlamında referans değer/aralık ve birden fazla ardıl değer/aralık belirleme olanağı tanımaktadır. REF ve REF-II söz konusu özellikleriyle tekdüze fayda değerine sahip olmayan kriterlerin karar problemlerinde kullanılmasına da olanak sağlamaktadır. Bununla birlikte REF-II, sıra değişimi içermemesi ve alternatif kümesinde yaşanan değişimlerde, mevcudiyetini devam ettiren alternatifler için yeniden hesaplama gerektirmemesi özellikleriyle literatürde yer alan uzaklık ve referans temelli çoğu teknikten farklılaşmaktadır.

Karşılaştırmalı duyarlılık analizi ile diğer uzaklık ve referans temelli tekniklerin kullanıldığı karar problemlerinde çözüm için REF, REF-II ve KARMA'dan yararlanılabileceği tespit edilmiştir. Ayrıca, tez kapsamında önerilen tekniklerden REF ve REF-II'nin, referansın aralık olarak belirlenebilmesi ve ardıl değer/aralık atanabilmesi, REF-II'nin sıra değişimi ve değişken alternatif kümesinde mevcut alternatifler için yeniden hesaplama gerektirmemesi, REF ve KARMA'nın karma veri yapısına sahip problemler için çözüm önermesi ve üç tekniğin optimizasyon yönünden bağımsız çözüm sağlayabilme özellikleriyle diğer tekniklerden farklılaştıkları görülmüştür.

Özetle, çok kriterli karar verme tekniklerinin kullanım alanlarının yaygınlaştığı günümüzde, farklı yapılara sahip karar problemlerinde kullanılmak üzere üç teknik ve bir tercih/önem ölçeği önerisi geliştirilmiştir. Söz konusu tekniklerin geçerliliği, güvenilirliği ve etkinliği ikinci el otomobil seçim problemi ve karşılaştırmalı duyarlılık analiziyle ortaya konulmuştur. Önerilen tekniklerin, çok kriterli karar verme literatürüne ve karşılaştıkları karar problemlerinde bireylere, işletmelere, sivil toplum kuruluşlarına ve kamu kurumlarına katkı sağlaması beklenmektedir. Ayrıca, çalışma kapsamında önerilen tekniklere ilişkin geliştirilecek yazılımların, söz konusu tekniklerin kullanımını yaygınlaştıracığı değerlendirilmektedir.

KAYNAKÇA

- Abbas, A. E. ve Sun, Z. (2015). Multiattribute utility functions satisfying mutual preferential independence. *Operations Research*, 63(2), 378-393. <https://doi.org/10.1287/opre.2015.1350>
- Akpınar, H. (2014). *Data: Veri madenciliği - veri analizi*. İstanbul: Papatya Yayıncılık.
- Aktaş, R., Doğanay, M. M., Gökmen, Y., Gazibey, Y. ve Türen, U. (2015). *Sayısal karar verme yöntemleri*. İstanbul: Beta Yayıncılık.
- Alpar, R. (2013). *Çok değişkenli istatistiksel yöntemler* (4. basım). Ankara: Detay Yayıncılık.
- Asilkan, Ö. ve Irmak, S. (2009). İkinci el otomobillerin gelecekteki fiyatlarının yapay sinir ağları ile tahmin edilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(2), 375-391.
- Avriel, M. (2003). *Nonlinear programming: analysis and methods*. New York: Courier Dover Publications..
- Belton, V. ve Stewart, T. (2002). *Multiple criteria decision analysis: an integrated approach*. Dordrecht: Springer Science & Business Media. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1495-4>
- Brauers, W. K. M. ve Zavadskas, E. K. (2010). Project management by MULTIMOORA as an instrument for transition economies. *Technological and Economic Development of Economy*, 16(1), 5-24. <https://doi.org/10.3846/tede.2010.01>
- Cables, E., Lamata, M. T. ve Verdegay, J. L. (2016). RIM-reference ideal method in multicriteria decision making. *Information Sciences*, 337, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2015.12.011>
- Chambal, S. P., Weir, J. D., Kahraman, Y. R. ve Gutman, A. J. (2011). A practical procedure for customizable one-way sensitivity analysis in additive value models. *Decision Analysis*, 8(4), 303-321. <https://doi.org/10.1287/deca.1110.0219>
- Chankong, V. ve Haimes, Y. Y. (1983). *Multiobjective decision making: theory and methodology*. New York: North-Holland.
- Colson, G. ve De Bruyn, C. (Ed.). (1989). *Models and methods in multiple criteria decision making (Vol. 23)*. New York: Elsevier.
- Daştan, H. (2016). Türkiye’de ikinci el otomobil fiyatlarını etkileyen faktörlerin hedonik fiyat modeli ile belirlenmesi. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 18(1), 303-327.

- De Montis, A., De Toro, P., Droste-Franke, B., Omann, I. ve Stagl, S. (2004). Assessing the quality of different MCDA methods. Getzner, M., Spash, C. ve Stagl, S. (Eds.), *Alternatives for environmental valuation* içinde (s. 115-149). Londra: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203412879>
- Delgado, M. G. ve Sendra, J. B. (2004). Sensitivity analysis in multicriteria spatial decision-making: A review. *Human and Ecological Risk Assessment*, 10(6), 1173-1187. <https://doi.org/10.1080/10807030490887221>
- Dunn-Rankin, P., Knezek, G. A., Wallace, S., ve Zhang, S. (2004). *Scaling methods*. (2.baskı). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Gardziejczyk, W. ve Zabicki, P. (2017). Normalization and variant assessment methods in selection of road alignment variants – case study. *Journal of Civil Engineering and Management*, 23(4), 510-523. doi.org/10.3846/13923730.2016.1210223
- Gass, S. I. ve Fu, M. C. (2013). *Encyclopedia of operations research and management science*. New York: Springer.
- Gomes, L. F. A. M. ve Rangel, L. A. D. (2009). An application of the TODIM method to the multicriteria rental evaluation of residential properties. *European Journal of Operational Research*, 193(1), 204-211. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2007.10.046>
- Greco, S., Figueira, J. ve Ehrgott, M. (2016). *Multiple criteria decision analysis: State of the art surveys (2.Baskı)*. New York: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-3094-4>
- Greenacre, M. ve Primicerio, R. (2013). *Multivariate analysis of ecological data*. Bilbao: Fundacion BBVA.
- Güneş, S. (2012). Türk toplumu ve otomobil. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 25, 213-230.
- Hanne, T. (1999). Meta decision problems in multiple criteria decision making. Gal T., Stewart T.J., Hanne T. (eds), *Multicriteria decision making* içinde (147-171). Boston, MA: Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-5025-9_6
- Hansson, S. O. (1994). *Decision theory: A brief introduction*. Stockholm: Department of Philosophy and the History of Technology, Royal Institute of Technology.
- Hwang, C. L. ve Masud, A. S. M. (1979). *Lecture notes in economics and mathematical systems no. 164: Multiple objective decision making—methods and applications: a state-of-the-art survey*. New York: Springer Science & Business Media. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-45511-7>

- Hwang, C. L. ve Yoon, K. (1981). *Lecture notes in economics and mathematical systems no. 186: Multiple attribute decision making methods and applications*. New York: Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-48318-9>
- Jahan, A., Bahraminasab, M. ve Edwards, K. L. (2012). A target-based normalization technique for materials selection. *Materials & Design*, 35, 647-654. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2011.09.005>
- Jahan, A. ve Edwards, K. L. (2015). A state-of-the-art survey on the influence of normalization techniques in ranking: Improving the materials selection process in engineering design. *Materials & Design*, 65, 335-342. <http://dx.doi.org/10.1016/j.matdes.2014.09.022>
- Jensen, R. E. (1984). An alternative scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of mathematical psychology*, 28(3), 317-332.
- Kahneman, D. ve Tversky, A. (1979). Prospect theory: An analysis of decision under risk. *Econometrica*. 47(2), 263-292. <https://doi.org/10.2307/1914185>
- Kainulainen, T., Leskinen, P., Korhonen, P., Haara, A., & Hujala, T. (2009). A statistical approach to assessing interval scale preferences in discrete choice problems. *Journal of the Operational Research Society*, 60(2), 252-258.
- Kaliszewski, I. (2006). *Soft computing for complex multiple criteria decision making (Vol.85)*. New York: Springer Science & Business Media. <https://doi.org/10.1007/0-387-30177-1>
- Keeney, R. L. ve Raiffa, H. (1993). *Decisions with multiple objectives: preferences and value trade-offs*. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139174084>
- Keshavarz Ghorabae, M., Zavadskas, E. K., Olfat, L. ve Turskis, Z. (2015). Multi-criteria inventory classification using a new method of evaluation based on distance from average solution (EDAS). *Informatica*, 26(3), 435-451. <http://dx.doi.org/10.15388/Informatica.2015.57>
- Keshavarz Ghorabae, M., Zavadskas, E. K., Turskis, Z. ve Antucheviciene, J. (2016). A new Combinative Distance-Based Assessment (CODAS) method for multi-criteria decision-making. *Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research*, 50(3), 25-44.
- Kornysheva, E. ve Salinesi, C. (2007). MCDM techniques selection approaches: State of the art. *Proceedings of the 2007 IEEE Symposium on Computational Intelligence*

- in Multicriteria Decision Making*, Honolulu, HI, USA: IEEE, s. 22-29.
<https://doi.org/10.1109/MCDM.2007.369412>
- Kumar, A., Sah, B., Singh, A. R., Deng, Y., He, X., Kumar, P. ve Bansal, R. C. (2017). A review of multi criteria decision making (MCDM) towards sustainable renewable energy development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 69, 596-609.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.191>
- Lansdowne, Z. F. ve Woodward, B. S. (1996). Applying the borda ranking method. *Air Force Journal of Logistics*, 20(2), 27-29.
- Lippman, D. (2017). *Math in society*. <http://www.opentextbookstore.com/mathinsociety/>
- Lootsma, F. A. (1999). *Multi-criteria decision analysis via ratio and difference judgement* (Vol. 29). Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Hollanda.
- Lu, J., Zhang, G., Ruan, D ve Wu, F. (2007). *Multi-objective group decision making: methods, software and applications with fuzzy set techniques* (6.baskı). Singapur: Imperial College Press.
- Miettinen, K. (1998). *Nonlinear multiobjective optimization*. New York: Springer Science & Business Media. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-5563-6>
- Mohamad, I. B. ve Usman, D. (2013). Standardization and its effects on K-means clustering algorithm. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 6(17), 3299-3303.
- Munda, G., Nijkamp, P. ve Rietveld, P. (1994). Qualitative multicriteria evaluation for environmental management. *Ecological Economics*, 10(2), 97-112.
[https://doi.org/10.1016/0921-8009\(94\)90002-7](https://doi.org/10.1016/0921-8009(94)90002-7)
- Opricovic, S. ve Tzeng, G. H. (2004). Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. *European Journal of Operational Research*, 156(2), 445-455. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(03\)00020-1](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(03)00020-1)
- Peterson, M. (2009). *An introduction to decision theory*. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511800917>
- Pirdashti, M., Tavana, M., Hassim, M. H., Behzadian, M., ve Karimi, I. A. (2011). A taxonomy and review of the multiple criteria decision-making literature in chemical engineering. *International Journal of Multicriteria Decision Making*, 1(4), 407-467. <https://dx.doi.org/10.1504/IJMCDM.2011.043556>

- Podviezko, A. ve Podvezko, V. (2015). Influence of data transformation on multicriteria evaluation result. *Procedia Engineering*, 122, 151-157. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.10.019>
- Pomerol, J. C. ve Barba-Romero, S. (2012). *Multicriterion decision in management: principles and practice (Vol. 25)*. Boston, MA: Springer Science & Business Media. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-4459-3>
- Ramanathan, R., Mathirajan, M., ve Ravindran, A. R. (2017). *Big Data Analytics Using Multiple Criteria Decision-making Models*. Boca Raton, Florida: CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781315152653>
- Resnik, M. D. (2000). *Choices: An introduction to decision theory*. London: University of Minnesota Press. <https://www.jstor.org/stable/10.5749/j.ctttshgd>
- Ringuest, J. L. (1992). *Multiobjective optimization: Behavioral and computational considerations*. Boston, MA: Springer Science & Business Media. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-3612-3>
- Roberts, F. S. (1985). *Measurement theory: With applications to decisionmaking, utility, and the social sciences*. Cambridge University Press. Cambridge, İngiltere. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511759871>
- Saaty, T. L. ve Ergu, D. (2015). When is a decision-making method trustworthy? Criteria for evaluating multi-criteria decision-making methods. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 14(06), 1171-1187. <https://doi.org/10.1142/S021962201550025X>
- Salo, A. A. ve Hamalainen, R. P. (2001). Preference ratios in multiattribute evaluation (PRIME)-elicitation and decision procedures under incomplete information. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part A: Systems and Humans*, 31(6), 533-545. <https://doi.org/10.1109/3468.983411>
- Sarraf, A. Z., Mohaghar, A. ve Bazargani, H. (2013). Developing TOPSIS method using statistical normalization for selecting knowledge management strategies. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 6(4), 860-875. <http://dx.doi.org/10.3926/jiem.573>
- Shin, Y. B., Lee, S., Chun, S. G. ve Chung, D. (2013). A critical review of popular multi-criteria decision making methodologies. *Issues in Information Systems*, 14(1), 358-365. http://iacis.org/iis/2013/225_iis_2013_358-365.pdf

- Simon, H. A. (1979). Rational decision making in business organizations. *The American Economic Review*, 69(4), 493-513. <https://www.jstor.org/stable/1808698>
- Srinivas, N. ve Deb, K. (1994). Multiobjective optimization using nondominated sorting in genetic algorithms. *Evolutionary computation*, 2(3), 221-248. <https://doi.org/10.1162/evco.1994.2.3.221>
- Stević, Ž., Pamučar, D., Puška, A. ve Chatterjee, P. (2019). Sustainable supplier selection in healthcare industries using a new MCDM method: Measurement Alternatives and Ranking according to COMpromise Solution (MARCOS). *Computers & Industrial Engineering*, 106231. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.106231>
- Stewart, T. J. (1992). A critical survey on the status of multiple criteria decision making theory and practice. *Omega*, 20(5-6), 569-586. [https://doi.org/10.1016/0305-0483\(92\)90003-P](https://doi.org/10.1016/0305-0483(92)90003-P)
- Sümbüloğlu, K. ve Akdağ, B. (2007). *Regresyon yöntemleri ve korelasyon analizi*. Ankara: Hatiboğlu Yayınları.
- Tan, P. N., Steinbach, M. ve Kumar, V. (2013). *Introduction to data mining: Pearson new international edition*. Harlow: Pearson.
- Tavşancıl, E. (2006). *Tutumların ölçülmesi ve SPSS ile veri analizi (3.Baskı)*. Ankara: Nobel.
- Triantaphyllou, E. (2000). *Multi-criteria decision making methods: A comparative study*. Boston, MA: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4757-3157-6>
- Vafaei, N., Ribeiro, R. A. ve Camarinha-Matos, L. M. (2016). Normalization techniques for multi-criteria decision making: Analytical hierarchy process case study. *7th IFIP WG 5.5/SOCOLNET Advanced Doctoral Conference on Computing, Electrical and Industrial Systems*, Costa de Caparica, Portekiz, 11-13 Nisan, 2016, DoCEIS 2016, Springer, Cham. s. 261-269. Camarinha-Matos, L. M., Falcão, A. J., Vafaei, N., Najdi, S (Eds.). https://doi.org/10.1007/978-3-319-31165-4_26
- Velasquez, M. ve Hester, P. T. (2013). An analysis of multi-criteria decision making methods. *International Journal of Operations Research*, 10(2), 56-66. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.402.1308&rep=rep1&type=pdf>
- Von Neumann, J. ve Morgenstern, O. (1953). *Theory of games and economic behavior (5.Baskı)*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press.

- Von Winterfeldt, D. ve Edwards, W. (1986). *Decision analysis and behavioral research*. New York: Cambridge University Press
- Wachowicz, T., Brzostowski, J. ve Roszkowska, E. (2012). Reference points-based methods in supporting the evaluation of negotiation offers. *Operations Research and Decisions*, 22(4). Doi: 10.5277/ord120407
- Wang, Y.-M. ve Luo, Y. (2009). On rank reversal in decision analysis. *Mathematical and Computer Modelling*, 49, 1221-1229. <https://doi.org/10.1016/j.mcm.2008.06.019>
- Wierzbicki A.P. (1980) The use of reference objectives in multiobjective optimization. Fandel G., Gal T. (Eds), *Multiple criteria decision making theory and application, lecture notes in economics and mathematical systems, vol 177* içinde (s. 468-486). Berlin, Heidelberg: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-48782-8_32
- Yu, P. L. (1973). A class of solutions for group decision problems. *Management Science*, 19(8), 936-946. <https://www.jstor.org/stable/2629125>
- Yu, P. L. ve Chen, Y. C. (2010). Dynamic MCDM, habitual domains and competence set analysis for effective decision making in changeable spaces. Ehrgott, M., Figueira, J.R., Greco, S. (Ed), *Trends in multiple criteria decision analysis* içinde (s. 1-35). Boston, MA: Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-5904-1_1
- Zardari, N. H., Ahmed, K., Shirazi, S. M. ve Yusop, Z. B. (2015). *Weighting methods and their effects on multi-criteria decision making model outcomes in water resources management*. Springer. Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-12586-2>
- Zeleny, M. (1974). A concept of compromise solutions and the method of the displaced ideal. *Computers & Operations Research*, 1(3-4), 479-496. [https://doi.org/10.1016/0305-0548\(74\)90064-1](https://doi.org/10.1016/0305-0548(74)90064-1)

İnternet Kaynakları

<https://sozluk.gov.tr/> (Erişim Tarihi: 20.01.2020)

<https://www.sahibinden.com/otomobil/eskisehir/ikinci->

[el?date=7days&pagingSize=50&a5_max=2018&viewType=List&a5_min=2013&exchange=no&query_text_mf=2018](https://www.sahibinden.com/otomobil/eskisehir/ikinci-el?date=7days&pagingSize=50&a5_max=2018&viewType=List&a5_min=2013&exchange=no&query_text_mf=2018) (Erişim Tarihi: 13.09.2018)

<https://www.sahibinden.com/otomobil/eskisehir/ikinci->

[el?date=7days&pagingSize=50&a5_max=2018&viewType=List&a5_min=2013&exchange=no&query_text_mf=2018](https://www.sahibinden.com/otomobil/eskisehir/ikinci-el?date=7days&pagingSize=50&a5_max=2018&viewType=List&a5_min=2013&exchange=no&query_text_mf=2018) (Erişim Tarihi: 15.09.2018)

<http://www.fortuneturkey.com/otomobil-ve-hafif-ticari-arac-toplam-pazari-2017de-daraldi-50278> (Erişim Tarihi: 18.09.2018)

<http://eticaretcagi.com/2017/04/13/sahibinden-com-roportaji/> (Erişim Tarihi: 15.12.2019)

EK-1. Kriter Ölçüm Düzeyi ve Referans Değerlere/Aralıklara Göre REF’te Kullanılacak Uzaklık Ölçüleri

Kriterin Ölçüm Düzeyi/Veri Yapısı	Referans Değer-Aralık	Parametreler ve Açıklamalar	Uzaklık Ölçüsü
Nitel	Referans Değerin Uyumsuzluklar Üzerinden Belirlenmesi	R_j ; j. kriterin referans değeri	$d_{ij} = \begin{cases} x_{ij} = R_j & \text{ise } 0 \\ \text{diğer durumlarda} & \text{ise } 1 \end{cases}$
Nitel	Referans Değerin Sıklık Üzerinden Belirlenmesi	x_{jk} ; j kriterinin c kategorik/nitel değeri y_{jk} ; x_j ’nin c kategorisinin gözlenme sayısı \hat{x}_{jk} ; j. kriterin c kategorisinin görel sıklığı \hat{x}_{jk} ; j. kriterin referans kategorisinin görel sıklığı m; alternatif sayısı	Öncelikle j kriterinin c kategorisinin görel sıklığı hesaplanır: $\hat{x}_{jk} = \frac{y_{jk}}{m}$ Uzaklık değeri ise; $d_{ij} = \left \hat{x}_{jk} - \hat{x}_{jk} \right $ eşitliği ile elde edilir.
Nitel (Sıralayıcı)	Referans Değerin Sıra Değeri Üzerinden Belirlenmesi	s_j ; j. kriterdeki sıra/kategori sayısı $v\beta_j$; $v=1, \dots, q$ olmak üzere v. aralığın/değerin kabulsüzlük değeri R_j ; j. kriterin referans değeri	$d_{ij} = \frac{ x_{ij} - R_j }{s_j - 1} v\beta_j$
Nitel (Sıralayıcı)	Referans Aralığın Sıra Değerleri Üzerinden Belirlenmesi	s_j ; j. kriterdeki sıra/kategori sayısı R_j^1 ; j. kriterin referans aralığının alt sınırı R_j^2 ; j. kriterin referans aralığının üst sınırı $v\beta_j$; $v=1, \dots, q$ olmak üzere j. kriterdeki v. aralığın/değerin kabulsüzlük değeri	$d_{ij} = \begin{cases} x_{ij} < R_j^1 & \text{ise } \frac{ x_{ij} - R_j^1 }{s_j - 1} v\beta_j \\ R_j^1 \leq x_{ij} \leq R_j^2 & \text{ise } 0 \\ x_{ij} > R_j^2 & \text{ise } \frac{ x_{ij} - R_j^2 }{s_j - 1} v\beta_j \end{cases}$
Nicel (En Az Aralıklı Ölçek İle Ölçülmüş)	Referansın Tek Değer Olarak Belirlenmesi	R_j ; j. kriter referans değeri $v\beta_j$; $v=1, \dots, q$ olmak üzere j. kriterdeki v. aralığın/değerin kabulsüzlük değeri	$d_{ij} = x_{ij} - R_j v\beta_j$
Nicel (En Az Aralıklı Ölçek İle Ölçülmüş)	Referansın Aralık Biçiminde Belirlenmesi	R_j^1 ; j. kriterin referans aralığının alt sınırı R_j^2 ; j. kriterin referans aralığının üst sınırı $v\beta_j$; $v=1, \dots, q$ olmak üzere j. kriterdeki v. aralığın/değerin kabulsüzlük değeri	$d_{ij} = \begin{cases} x_{ij} < R_j^1 & \text{ise } x_{ij} - R_j^1 v\beta_j \\ R_j^1 \leq x_{ij} \leq R_j^2 & \text{ise } 0 \\ x_{ij} > R_j^2 & \text{ise } x_{ij} - R_j^2 v\beta_j \end{cases}$

Not: Karar matrisi X, $i=1, \dots, m$ alternatifleri ve $j=1, \dots, n$ kriterleri göstermek üzere bunlara karşılık gelen x_{ij} elemanlarından oluşmaktadır.

EK-2. İkinci El Otomobil Seçim Probleminde Tüm Alternatifleri ve Kriterleri İçeren Ölçeklendirilmemiş Karar Matrisi

Alternatif No	İlan No	Marka	Seri	Model	Fiyat (TL)	İlan Konumu	Pazar Payı	Segment	NCAP Puanı	Model Yılı	Km
A1	#605019303	Renault	Fluence	1.5 dCi Icon	65.500	Merkez	0,1362	C	4	2013	104.600
A2	#605002822	Honda	Civic	1.6 i-VTEC Eco Executive	147.500	Merkez	0,0276	C	5	2018	8.000
A3	#604843909	Ford	Fiesta	1.5 TDCi Titanium	57.750	Merkez	0,1162	B	5	2013	101.000
A4	#604847119	Peugeot	208	1.2 VTi Access	48.500	Merkez	0,0423	B	5	2013	55.000
A5	#604797941	Mercedes - Benz	C	C 180 AMG 7G-Tronic	185.000	Merkez	0,0362	D	5	2015	85.000
A6	#604654482	Honda	Civic	1.6 i-VTEC Eco Executive	89.750	Merkez	0,0276	C	5	2014	37.800
A7	#601202678	Ford	Fiesta	1.5 TDCi Trend X	54.750	Merkez	0,1162	B	5	2014	105.000
A8	#604300972	Fiat	Egea	1.4 Fire Urban Plus	67.500	Merkez	0,1255	C	4	2016	18.500
A9	#604687638	BMW	3 Serisi	316i Luxury Line	126.000	Merkez	0,0205	D	5	2013	85.000
A10	#588702526	Fiat	Linea	1.3 Multijet Pop	54.999	Merkez	0,1255	C	3	2017	51.000
A11	#604660695	Opel	Insignia	1.6 CDTI Business	95.750	Merkez	0,0468	D	5	2015	129.251
A12	#604533346	Renault	Clio	1.5 dCi Icon	89.750	Merkez	0,1362	B	5	2017	26.000
A13	#604487446	Toyota	Corolla	1.33 Life	63.900	Merkez	0,0473	C	5	2013	32.500
A14	#603852541	Ford	Focus	1.6 TDCi Trend X	61.000	Merkez	0,1162	C	5	2014	93.500
A15	#604456342	Volkswagen	VW CC 1.4 TSi	1.4	82.000	Merkez	0,1229	C	5	2013	151.888
A16	#538712581	BMW	2 Serisi	216d Active Tourer Sport Line	141.750	Merkez	0,0205	C	4	2015	24.500
A17	#604279397	Dacia	Logan	1.5 dCi MCV Ambiance	60.500	Merkez	0,0506	B	3	2015	30.000
A18	#604290848	Volkswagen	Passat	1.4 TSi BM Comfortline	160.000	Merkez	0,1229	D	5	2018	3.500
A19	#604199983	Opel	Astra	1.6 CDTI Sport	89.000	Merkez	0,0468	C	5	2015	25.000
A20	#604212141	Volkswagen	Jetta	1.6 TDi Comfortline	92.500	Merkez	0,1229	C	5	2014	55.000
A21	#596055779	Dacia	Sandero	1.5 dCi Stepway	75.500	Merkez	0,0506	B	4	2017	19.000
A22	#604834970	Renault	Fluence	1.5 dCi Icon	71.750	Merkez	0,1362	C	4	2013	75.000
A23	#604131096	Volkswagen	Golf	1.4 TSi Comfortline	89.900	Merkez	0,1229	C	5	2015	33.882
A24	#604819818	Hyundai	i20	1.4 CRDi Jump	66.000	Merkez	0,0547	B	4	2016	53.000
A25	#603754585	Toyota	Corolla	1.4 D-4D Advance	103.500	Merkez	0,0473	C	5	2016	39.400
A26	#602917093	Fiat	Linea	1.3 Multijet Active Plus	43.750	Merkez	0,1255	C	3	2013	141.800
A27	#604790582	BMW	3 Serisi	316i Technology	143.500	Merkez	0,0205	D	4	2015	67.000
A28	#604084079	BMW	3 Serisi	320i ED EfficientDynamics	145.000	Merkez	0,0205	D	4	2014	45.000
A29	#604021698	Toyota	Corolla	1.6 Active	77.500	Merkez	0,0473	C	5	2014	133.085
A30	#604038628	Toyota	Yaris	1.5 Fun Special	85.500	Merkez	0,0473	B	5	2017	13.000

EK-2'nin devamı

Alternatif No	İlan No	Marka	Seri	Model	Fiyat (TL)	İlan Konumu	Pazar Payı	Segment	NCAP Puanı	Model Yılı	Km
A31	#604049371	Opel	Astra	1.6 Edition	66.750	Merkez	0,0468	C	5	2013	80.500
A32	#604714940	Fiat	Linea	1.3 Multijet Easy	48.250	Merkez	0,1255	C	3	2014	79.000
A33	#604023719	Fiat	Linea	1.3 Multijet Easy	52.500	Merkez	0,1255	C	3	2015	89.000
A34	#493396168	Seat	Leon	1.6 TDI CR Style	88.000	Merkez	0,0168	C	5	2014	91.000
A35	#604028051	Hyundai	i10	1.0 D-CVVT Style	45.000	Merkez	0,0547	A	4	2014	30.000
A36	#604540605	Renault	Symbol	1.5 dCi Joy	48.000	Merkez	0,1362	B	3	2013	87.000
A37	#604024362	Hyundai	i30	1.6 CRDi Style	72.000	Merkez	0,0547	C	5	2013	68.000
A38	#604025275	Opel	Astra	1.6 Edition plus	88.750	Merkez	0,0468	C	5	2017	88.750
A39	#604053753	Renault	Symbol	1.5 dCi Joy	31.500	Merkez	0,1362	B	3	2013	107.000
A40	#587941457	Ford	Focus	1.6 TDCi Trend X	88.000	Merkez	0,1162	C	5	2017	34.000
A41	#604661197	Toyota	Corolla	1.6 Advance	92.000	Merkez	0,0473	C	5	2015	20.000
A42	#604681897	Renault	Megane	1.5 dCi Touch	101.500	Merkez	0,1362	C	5	2017	45.636
A43	#604586952	Renault	Clio	1.2 Joy	51.500	Merkez	0,1362	B	5	2015	36.500
A44	#604445535	Volkswagen	Polo	1.2 TDi Trendline	51.000	Merkez	0,1229	C	5	2013	130.000
A45	#604514162	Honda	Civic	1.5 VTEC Sport	120.000	Merkez	0,0276	C	5	2017	7.900
A46	#603884507	Renault	Megane	1.6 Joy	76.999	Merkez	0,1362	C	5	2017	17.000
A47	#603874583	Volkswagen	Golf	1.6 TDi BlueMotion Comfortline	93.000	Merkez	0,1229	C	5	2013	83.000
A48	#603874161	Ford	Fiesta	1.5 TDCi Trend	58.500	Merkez	0,1162	B	5	2013	93.000
A49	#604469891	Peugeot	208	1.0 VTi Access	43.750	Merkez	0,0423	B	5	2013	152.000
A50	#604472237	Toyota	Avensis	1.6 Elegant Extra	81.000	Merkez	0,0473	D	5	2014	40.000
A51	#603837169	Honda	Civic	1.6 i-VTEC Premium	82.000	Merkez	0,0276	C	5	2013	70.000
A52	#557991420	Opel	Astra	1.4 T Sport	51.000	Merkez	0,0468	C	5	2015	75.000
A53	#604454773	Seat	Ibiza	Referance	58.500	Merkez	0,0168	B	5	2016	38.800
A54	#604404801	Volkswagen	Golf	1.6 TDi BlueMotion Highline	93.500	Merkez	0,1229	C	5	2014	111.000
A55	#603821633	Honda	Civic	1.6 i-VTEC Elegance	90.009	Merkez	0,0276	C	5	2013	51.000
A56	#596936012	Peugeot	208	Active 1.2 PureTech	70.500	Merkez	0,0423	B	5	2016	28.000
A57	#604382993	Peugeot	208	1.4 HDi Access	47.750	Merkez	0,0423	B	5	2013	143.000
A58	#604306059	Renault	Clio	1.2 Joy	49.500	Merkez	0,1362	B	5	2015	67.000
A59	#556945064	Mercedes - Benz	C	C 180 BlueEfficiency	121.000	Merkez	0,0362	D	5	2013	81.000
A60	#603752172	Volkswagen	Golf	1.2 TSi Comfortline	92.000	Merkez	0,1229	C	5	2015	68.000

EK-2'nin devamı

Alternatif No	İlan No	Marka	Seri	Model	Fiyat (TL)	İlan Konumu	Pazar Payı	Segment	NCAP Puanı	Model Yılı	Km
A61	#604344132	Opel	Astra	1.6 CDTI Dynamic	107.500	Merkez	0,0468	C	5	2017	64.500
A62	#603634059	Toyota	Corolla	1.4 D-4D Touch	88.000	Merkez	0,0473	C	5	2015	40.000
A63	#602922277	Volkswagen	Passat	1.6 TDi BlueMotion Comfortline	119.000	Merkez	0,1229	D	5	2013	78.000
A64	#604293258	Toyota	Corolla	1.4 D-4D Advance	106.000	Merkez	0,0473	C	5	2016	18.000
A65	#603667913	Volkswagen	Passat	1.6 TDi BlueMotion Comfortline	105.000	Merkez	0,1229	D	5	2013	114.000
A66	#600293883	Audi	A5	Sportback 2.0 TDI	212.000	Merkez	0,0226	D	5	2014	79.790
A67	#604177601	Seat	Leon	1.4 TSI FR	92.000	Taşra	0,0168	C	5	2013	87.000
A68	#596460236	Volvo	S90	2.0 D D5 Inscription	408.000	Merkez	0,0047	D	5	2016	28.000
A69	#604165447	Dacia	Sandero	1.5 dCi Stepway	75.200	Merkez	0,0506	B	4	2017	12.400
A70	#604151965	Honda	Civic	1.6 i-VTEC Eco Executive	144.000	Merkez	0,0276	C	5	2018	11.000
A71	#603585007	Ford	Fiesta	1.25 Trend	50.500	Merkez	0,1162	B	5	2013	77.000
A72	#603615847	Hyundai	Accent Blue	1.4 CVVT Biz	56.500	Merkez	0,0547	C	2	2013	18.000
A73	#559788195	Mercedes - Benz	A	A 180 Style	115.000	Merkez	0,0362	C	2	2015	25.000
A74	#604098419	Toyota	Corolla	1.6 Advance	78.750	Merkez	0,0473	C	5	2014	65.000
A75	#603514806	BMW	1 Serisi	118i Joy Plus	130.000	Merkez	0,0205	C	5	2015	13.000
A76	#604072278	BMW	5 Serisi	520i M Sport	205.000	Merkez	0,0205	E	5	2014	75.100
A77	#604091489	Fiat	Egea	1.3 Multijet Easy	61.500	Merkez	0,1255	C	3	2017	41.500
A78	#604069970	Volkswagen	Golf	1.4 TSi Highline	130.000	Taşra	0,1229	C	5	2016	12.000
A79	#604069856	Mercedes - Benz	A	A 180 CDI BlueEfficiency AMG	149.000	Merkez	0,0362	C	2	2015	41.000
A80	#604062536	Seat	Ibiza	Referance	53.750	Merkez	0,0168	B	5	2016	12.000
A81	#604034908	Opel	Astra	1.6 CDTI Sport	83.000	Merkez	0,0468	C	5	2015	99.500
A82	#604008796	Volkswagen	Polo	1.2 TSi Lounge	84.750	Merkez	0,1229	C	5	2015	32.000
A83	#604337292	Opel	Astra	1.6 CDTI Dynamic	117.750	Merkez	0,0468	C	5	2017	50.500
A84	#604335379	Renault	Fluence	1.5 dCi Touch	72.750	Merkez	0,1362	C	4	2015	58.200
A85	#566988366	BMW	4 Serisi	420d Luxury Line	280.000	Merkez	0,0205	D	5	2015	81.000
A86	#603862993	Ford	Fiesta	1.5 TDCi Trend	56.500	Merkez	0,1162	B	5	2014	66.000
A87	#603855732	Hyundai	Accent Blue	1.6 CRDi Biz	58.250	Merkez	0,0547	C	2	2013	103.000
A88	#603310067	Kia	Rio	1.4 CRDi Comfort	74.500	Merkez	0,0152	B	3	2017	9.900
A89	#603837910	Renault	Megane	1.6 Touch	65.000	Merkez	0,1362	C	5	2013	90.000
A90	#603832472	Peugeot	208	1.6 HDi Active	66.500	Merkez	0,0423	C	5	2016	46.500

EK-2'nin devamı

Alternatif No	İlan No	Marka	Seri	Model	Fiyat (TL)	İlan Konumu	Pazar Payı	Segment	NCAP Puanı	Model Yılı	Km
A91	#604370563	BMW	1 Serisi	118i Joy Plus	140.000	Merkez	0,0205	C	5	2016	17.000
A92	#603237983	Seat	Ibiza	1.2 TSI Reference	54.500	Merkez	0,0168	B	5	2015	24.000
A93	#426916442	Volkswagen	Scirocco	1.4 TSi Sportline	76.500	Merkez	0,1229	C	5	2013	106.000
A94	#602162335	Mercedes - Benz	C	C 180 AMG 7G-Tronic	197.000	Merkez	0,0362	D	5	2015	15.000
A95	#603622497	Opel	Astra	1.6 Edition	67.750	Merkez	0,0468	C	5	2015	44.000
A96	#603641077	Peugeot	301	1.6 HDi Allure	56.500	Merkez	0,0423	B	3	2015	45.985
A97	#591154441	Mercedes - Benz	CLA	200 AMG	155.000	Merkez	0,0362	C	5	2015	40.000
A98	#603009799	Renault	Clio	1.5 dCi Icon	85.500	Merkez	0,1362	B	5	2017	24.950
A99	#603569438	Honda	Civic	1.6 i-VTEC Eco Elegance	85.000	Merkez	0,0276	C	5	2016	88.500
A100	#604123549	Nissan	Micra	1.2 Street	65.400	Merkez	0,0364	B	4	2017	17.800
A101	#603593194	Seat	Leon	1.6 TDI CR Style	81.950	Merkez	0,0168	C	5	2014	124.000
A102	#603802271	Opel	Astra	1.6 CDTI Design	94.000	Merkez	0,0468	C	2	2017	37.300
A103	#495182948	BMW	3 Serisi	320i ED 40th Year Edition	210.000	Merkez	0,0205	D	5	2016	23.000
A104	#577894445	Fiat	Egea	1.4 Fire Urban Plus	63.000	Merkez	0,1255	C	4	2016	32.000
A105	#602902214	Ford	Focus	1.6 TDCi Trend X	77.000	Merkez	0,1162	C	5	2014	58.000
A106	#594930704	Toyota	Avensis	1.6 Advance	94.250	Merkez	0,0473	D	5	2015	17.132
A107	#595708836	Volkswagen	Jetta	1.6 TDi Comfortline	98.750	Merkez	0,1229	C	5	2015	91.000
A108	#604006372	Hyundai	i30	1.6 CRDi Elite q	73.750	Merkez	0,0547	C	5	2013	85.000
A109	#603372369	Ford	Fiesta	1.25 Trend	51.000	Merkez	0,1162	B	5	2013	55.000
A110	#603349413	Renault	Clio	1.2 Joy	89.000	Merkez	0,1362	B	5	2018	3.900
A111	#603297885	Honda	Civic	1.6 i-VTEC Eco Elegance	109.000	Merkez	0,0276	C	5	2017	21.700
A112	#603214137	Peugeot	508	1.6 e-HDi Active	85.000	Merkez	0,0423	D	2	2013	104.000
A113	#603050835	Opel	Astra	1.6 CDTI Design	79.000	Merkez	0,0468	C	5	2016	56.000
A114	#603161050	Dacia	Logan	1.5 dCi MCV Ambiance	53.500	Merkez	0,0506	B	3	2015	80.100
A115	#585745321	Ford	Fiesta	1.25 Trend X	67.500	Merkez	0,1162	B	5	2017	21.700
A116	#603170121	Hyundai	Accent Blue	1.6 CRDi Mode	62.150	Merkez	0,0152	C	4	2014	122.000
A117	#595145078	Renault	Fluence	1.5 dCi Joy	54.750	Merkez	0,1362	C	4	2013	102.000
A118	#603599240	Opel	Astra	1.6 CDTI Sport	80.000	Merkez	0,0468	C	5	2014	95.000
A119	#488833161	Toyota	Corolla	1.33 Comfort	62.500	Merkez	0,0473	C	5	2013	38.000
A120	#603018995	Ford	Focus	1.6 TDCi Titanium	73.500	Merkez	0,1162	C	5	2013	96.500

EK-2'nin devamı

Alternatif No	İlan No	Marka	Seri	Model	Fiyat (TL)	İlan Konumu	Pazar Payı	Segment	NCAP Puanı	Model Yılı	Km
A121	#603589794	Renault	Fluence	1.5 dCi Icon	77.000	Merkez	0,1362	C	4	2016	109.507
A122	#595717342	Toyota	Corolla	1.4 D-4D Advance	86.750	Merkez	0,0473	C	5	2015	83.300
A123	#604301682	Peugeot	301	1.2 VTi Access	32.500	Merkez	0,0423	B	3	2014	129.000
A124	#603047096	Toyota	Yaris	1.5 Hybrid Cool	70.000	Merkez	0,0473	B	5	2015	79.900
A125	#603588087	Renault	Clio	1.5 dCi Icon	87.500	Merkez	0,1362	B	5	2017	45.829
A126	#602918460	Volkswagen	Passat	1.4 TSi BlueMotion Comfortline	150.000	Merkez	0,1229	D	5	2015	49.000
A127	#602892396	Renault	Megane	1.6 Joy	89.950	Merkez	0,1362	C	5	2018	4.500
A128	#595183688	Opel	Insignia	1.5 T Grand Sport Enjoy	129.750	Merkez	0,0468	D	5	2017	7.500
A129	#603587443	Fiat	Egea	1.6 Multijet Urban	83.250	Merkez	0,1255	C	3	2016	26.629
A130	605480152	Fiat	Egea	1.6 E-Torq Urban	77.500	Merkez	0,1255	C	3	2017	4.752
A131	605466328	Opel	Astra	1.6 Edition plus	79.000	Merkez	0,0468	C	5	2016	17.000
A132	605313881	Volkswagen	Passat	1.6 TDi BlueMotion Comfortline	102.000	Merkez	0,1229	D	5	2014	72.000
A133	605437304	Fiat	Egea	1.3 Multijet Urban	45.000	Merkez	0,1255	C	3	2016	42.000
A134	588112167	Chevrolet	Cruze	1.6 Sport	69.000	Merkez	0,0000	C	5	2013	13.500
A135	605429764	Fiat	Linea	1.3 Multijet Active Plus	41.500	Merkez	0,1255	C	3	2013	145.000
A136	605422692	Honda	Civic	1.6 i-VTEC Premium	71.900	Merkez	0,0276	C	5	2013	179.000
A137	605417327	Volvo	S60	1.6 D Premium	125.000	Merkez	0,0047	D	5	2015	71.600
A138	605618402	Fiat	Punto	1.3 Multijet Pop	42.000	Merkez	0,1255	B	1	2013	133.000
A139	605613241	Ford	Fiesta	1.5 TDC Titanium	59.900	Merkez	0,1162	B	5	2013	101.000
A140	605610218	Volkswagen	Golf	1.5 TSi Highline	92.500	Merkez	0,1229	C	5	2015	65.000
A141	605599517	Renault	Talisman	1.6 dCi Touch	119.750	Merkez	0,1362	D	5	2016	77.000
A142	596800327	BMW	4 Serisi	420d xDrive M Sport	185.000	Merkez	0,0205	C	5	2014	138.000
A143	605588527	Toyota	Corolla	1.4 D-4D Advance	87.000	Merkez	0,0473	C	5	2015	87.000

EK-2'nin devamı

Alternatif No	Yakıt Tipi	Vites Tipi	Kasa Tipi	Motor Gücü (hp)	Motor Hacmi (cc)	6 aylık MTV Tutarı	Çekiş-İtiş Biçimi	Renk	Garanti Süresi (yıl)	Değişen Durumu	Boya Durumu	Hasar Kayıt Tutarı (TL)	Satıcı Türü
A1	Dizel	Yarı Otomatik	Sedan	110	1461	485,00	Önden	Beyaz	0	Yok	Yok	0	Sahibinden
A2	Benzin&LPG	Yarı Otomatik	Sedan	125	1597	647,00	Önden	Füme	3	Yok	Yok	0	Sahibinden
A3	Dizel	Manuel	Hatchback	75	1498	485,00	Önden	Gümüş Gri	0	Yok	Hafif/Lokal	395	Sahibinden
A4	Benzin	Manuel	Hatchback	82	1199	259,00	Önden	Beyaz	0	Yok	Hafif/Lokal	540	Sahibinden
A5	Benzin	Yarı Otomatik	Sedan	156	1595	485,00	Arkadan	Gri	0	Yok	Yok	0	Sahibinden
A6	Benzin	Otomatik	Sedan	125	1598	485,00	Önden	Siyah	1	Yok	Yok	0	Sahibinden
A7	Dizel	Manuel	Hatchback	75	1498	485,00	Önden	Beyaz	0	Yok	Büyük	3.000	Sahibinden
A8	Benzin	Manuel	Hatchback	95	1368	647,00	Önden	M. İnci Gri	1	Yok	Yok	0	Sahibinden
A9	Benzin	Yarı Otomatik	Sedan	136	1598	485,00	Arkadan	Füme	0	Yok	Büyük	5.000	Galeri
A10	Dizel	Manuel	Sedan	95	1248	371,50	Önden	Beyaz	2	Yok	Hafif/Lokal	1.400	Sahibinden
A11	Dizel	Otomatik	Sedan	136	1598	485,00	Önden	Beyaz	0	Yok	Orta	1.500	Galeri
A12	Dizel	Yarı Otomatik	Sedan	90	1461	647,00	Önden	Beyaz	2	Yok	Yok	0	Sahibinden
A13	Benzin	Manuel	Sedan	99	1329	485,00	Önden	Beyaz	0	Yok	Yok	0	Sahibinden
A14	Dizel	Manuel	Sedan	95	1560	485,00	Önden	Gümüş Gri	0	Büyük	Büyük	15.000	Sahibinden
A15	Benzin	Yarı Otomatik	Coupe	160	1390	485,00	Önden	Beyaz	0	Yok	Büyük	11.769	Sahibinden
A16	Dizel	Yarı Otomatik	MPV	116	1496	485,00	Önden	Gri	0	Yok	Hafif/Lokal	1.500	Sahibinden
A17	Dizel	Manuel	SW	75	1461	485,00	Önden	Kahverengi	1	Yok	Yok	0	Sahibinden
A18	Benzin	Manuel	Sedan	125	1395	647,00	Önden	Beyaz	3	Yok	Yok	0	Sahibinden
A19	Dizel	Manuel	Sedan	136	1598	485,00	Önden	Mavi	0	Yok	Yok	0	Sahibinden
A20	Dizel	Manuel	Sedan	105	1598	485,00	Önden	Gümüş Gri	0	Yok	Yok	0	Sahibinden
A21	Dizel	Manuel	Hatchback	90	1461	647,00	Önden	Lacivert	4	Yok	Yok	0	Sahibinden
A22	Dizel	Yarı Otomatik	Sedan	110	1461	485,00	Önden	Gümüş Gri	0	Yok	Yok	0	Sahibinden
A23	Benzin	Manuel	Hatchback	122	1395	485,00	Önden	Gümüş Gri	0	Yok	Yok	0	Sahibinden
A24	Dizel	Manuel	Hatchback	90	1396	647,00	Önden	Beyaz	2	Yok	Yok	0	Sahibinden
A25	Dizel	Yarı Otomatik	Sedan	90	1364	647,00	Önden	Kahverengi	1	Yok	Yok	0	Sahibinden
A26	Dizel	Manuel	Sedan	95	1248	259,00	Önden	Beyaz	0	Yok	Yok	0	Sahibinden
A27	Benzin	Yarı Otomatik	Sedan	136	1598	485,00	Arkadan	Beyaz	0	Yok	Orta	1.500	Sahibinden
A28	Benzin	Yarı Otomatik	Sedan	170	1598	485,00	Arkadan	Beyaz	0	Yok	Hafif/Lokal	1.500	Sahibinden
A29	Benzin&LPG	Yarı Otomatik	Sedan	132	1598	485,00	Önden	Beyaz	0	Yok	Yok	0	Sahibinden
A30	Benzin	Otomatik	Hatchback	111	1496	647,00	Önden	Beyaz	2	Yok	Yok	0	Sahibinden

EK-2'nin devamı

Alternatif No	Yakıt Tipi	Vites Tipi	Kasa Tipi	Motor Gücü (hp)	Motor Hacmi (cc)	6 aylık MTV Tutarı	Çekiş-İtiş Biçimi	Renk	Garanti Süresi (yıl)	Değişen Durumu	Boya Durumu	Hasar Kayıt Tutarı (TL)	Satıcı Türü
A31	Benzin&LPG	Manuel	Sedan	115	1598	485,00	Önden	Beyaz	0	Büyük	Yok	0	Sahibinden
A32	Dizel	Manuel	Sedan	95	1248	259,00	Önden	Beyaz	0	Yok	Hafif/Lokal	1.500	Sahibinden
A33	Dizel	Manuel	Sedan	95	1248	259,00	Önden	Beyaz	0	Yok	Yok	0	Sahibinden
A34	Dizel	Yarı Otomatik	Hatchback	105	1598	485,00	Önden	Beyaz	0	Yok	Hafif/Lokal	492	Sahibinden
A35	Benzin	Manuel	Hatchback	65	998	259,00	Önden	Kırmızı	0	Yok	Yok	0	Sahibinden
A36	Dizel	Manuel	Sedan	75	1461	485,00	Önden	Beyaz	0	Yok	Yok	0	Sahibinden
A37	Dizel	Manuel	Hatchback	128	1582	485,00	Önden	Beyaz	0	Hafif/Lokal	Hafif/Lokal	1.500	Sahibinden
A38	Benzin	Manuel	Sedan	125	1600	647,00	Önden	Beyaz	2	Yok	Yok	0	Sahibinden
A39	Dizel	Manuel	Sedan	90	1461	485,00	Önden	Beyaz	0	Büyük	Büyük	28.000	Galeri
A40	Dizel	Manuel	Sedan	95	1560	647,00	Önden	Beyaz	2	Hafif/Lokal	Büyük	4.500	Sahibinden
A41	Benzin	Manuel	Sedan	132	1598	485,00	Önden	Beyaz	0	Yok	Yok	0	Sahibinden
A42	Dizel	Yarı Otomatik	Sedan	110	1461	647,00	Önden	Beyaz	0	Yok	Yok	0	Galeri
A43	Benzin	Manuel	Hatchback	75	1149	259,00	Önden	Beyaz	0	Yok	Hafif/Lokal	1.500	Sahibinden
A44	Dizel	Manuel	Hatchback	75	1199	259,00	Önden	Beyaz	0	Yok	Orta	3.000	Sahibinden
A45	Benzin	Otomatik	Hatchback	182	1498	647,00	Önden	Kırmızı	0	Yok	Yok	0	Sahibinden
A46	Benzin	Manuel	Sedan	115	1598	647,00	Önden	Gri	0	Yok	Yok	0	Sahibinden
A47	Dizel	Yarı Otomatik	Hatchback	105	1598	485,00	Önden	Gri	0	Yok	Hafif/Lokal	1.500	Sahibinden
A48	Dizel	Manuel	Hatchback	75	1498	485,00	Önden	Beyaz	0	Yok	Yok	0	Sahibinden
A49	Benzin&LPG	Manuel	Hatchback	68	999	259,00	Önden	Beyaz	0	Yok	Yok	0	Sahibinden
A50	Benzin&LPG	Manuel	Sedan	132	1598	485,00	Önden	Beyaz	0	Yok	Yok	2.000	Sahibinden
A51	Benzin&LPG	Manuel	Sedan	125	1595	485,00	Önden	Beyaz	0	Yok	Yok	0	Sahibinden
A52	Benzin&LPG	Manuel	Hatchback	140	1364	485,00	Önden	Kırmızı	0	Ağır	Ağır	22.000	Galeri
A53	Benzin	Manuel	Hatchback	75	999	371,50	Önden	Beyaz	1	Yok	Yok	0	Sahibinden
A54	Dizel	Manuel	Hatchback	105	1598	485,00	Önden	Beyaz	0	Yok	Yok	0	Sahibinden
A55	Benzin&LPG	Otomatik	Sedan	125	1595	485,00	Önden	Beyaz	0	Yok	Büyük	800	Sahibinden
A56	Benzin	Yarı Otomatik	Hatchback	82	1199	371,50	Önden	Gümüş Gri	0	Yok	Yok	0	Galeri
A57	Dizel	Manuel	Hatchback	68	1398	485,00	Önden	Siyah	0	Yok	Yok	0	Sahibinden
A58	Benzin	Manuel	Hatchback	75	1149	259,00	Önden	Beyaz	0	Yok	Yok	0	Sahibinden
A59	Benzin	Yarı Otomatik	Sedan	156	1595	485,00	Arkadan	Beyaz	0	Yok	Yok	0	Sahibinden
A60	Benzin	Manuel	Hatchback	105	1197	259,00	Önden	Beyaz	0	Yok	Yok	0	Sahibinden

EK-2'nin devamı

Alternatif No	Yakıt Tipi	Vites Tipi	Kasa Tipi	Motor Gücü (hp)	Motor Hacmi (cc)	6 aylık MTV Tutarı	Çekiş-İtiş Biçimi	Renk	Garanti Süresi (yıl)	Değişen Durumu	Boya Durumu	Hasar Kayıt Tutarı (TL)	Satıcı Türü
A61	Dizel	Yarı Otomatik	Hatchback	136	1598	647,00	Önden	Mavi	2	Yok	Büyük	0	Bayi
A62	Dizel	Yarı Otomatik	Sedan	100	1400	485,00	Önden	Beyaz	0	Yok	Yok	0	Sahibinden
A63	Dizel	Yarı Otomatik	Sedan	105	1598	485,00	Önden	Lacivert	0	Yok	Hafif/Lokal	500	Sahibinden
A64	Dizel	Manuel	Sedan	90	1364	647,00	Önden	Kahverengi	4	Yok	Yok	0	Sahibinden
A65	Dizel	Yarı Otomatik	Sedan	105	1598	485,00	Önden	Gri	0	Hafif/Lokal	Büyük	5.000	Sahibinden
A66	Dizel	Yarı Otomatik	Sedan	177	1968	1385,50	Önden	Beyaz	0	Yok	Yok	0	Sahibinden
A67	Benzin	Manuel	Hatchback	140	1395	485,00	Önden	Kırmızı	0	Yok	Yok	0	Sahibinden
A68	Dizel	Otomatik	Sedan	235	1969	1799,00	4WD	Siyah	1	Yok	Hafif/Lokal	1.589	Sahibinden
A69	Dizel	Manuel	Hatchback	90	1461	647,00	Önden	Beyaz	3	Yok	Yok	0	Sahibinden
A70	Benzin&LPG	Otomatik	Sedan	125	1598	647,00	Önden	Beyaz	3	Yok	Yok	0	Sahibinden
A71	Benzin	Manuel	Hatchback	82	1242	259,00	Önden	Gümüş Gri	0	Yok	Hafif/Lokal	1.350	Galeri
A72	Benzin	Manuel	Sedan	108	1396	485,00	Önden	Beyaz	0	Yok	Yok	0	Sahibinden
A73	Benzin	Yarı Otomatik	Hatchback	122	1595	485,00	Önden	Beyaz	0	Yok	Yok	0	Sahibinden
A74	Benzin	Yarı Otomatik	Sedan	132	1598	485,00	Önden	Beyaz	0	Yok	Yok	0	Sahibinden
A75	Benzin	Yarı Otomatik	Hatchback	136	1499	485,00	Önden	Beyaz	0	Yok	Yok	0	Sahibinden
A76	Benzin	Yarı Otomatik	Sedan	170	1592	485,00	Önden	Beyaz	0	Hafif/Lokal	Yok	5.908	Sahibinden
A77	Dizel	Manuel	Sedan	95	1248	371,50	Önden	Beyaz	2	Yok	Büyük	2.000	Galeri
A78	Benzin	Manuel	Hatchback	125	1395	647,00	Önden	Beyaz	1	Yok	Yok	0	Sahibinden
A79	Dizel	Yarı Otomatik	Hatchback	109	1461	485,00	Önden	Füme	1	Yok	Yok	0	Sahibinden
A80	Benzin	Manuel	Hatchback	75	999	371,50	Önden	Kırmızı	1	Yok	Yok	0	Sahibinden
A81	Dizel	Manuel	Hatchback	136	1598	485,00	Önden	Beyaz	0	Yok	Yok	0	Sahibinden
A82	Benzin	Yarı Otomatik	Hatchback	90	1197	259,00	Önden	Kahverengi	0	Yok	Yok	0	Sahibinden
A83	Dizel	Yarı Otomatik	Hatchback	136	1598	647,00	Önden	Beyaz	2	Yok	Yok	0	Bayi
A84	Dizel	Yarı Otomatik	Sedan	110	1461	485,00	Önden	Siyah	0	Yok	Büyük	3.500	Bayi
A85	Dizel	Yarı Otomatik	Cabrio	184	1995	1385,50	Arkadan	Siyah	0	Yok	Yok	0	Sahibinden
A86	Dizel	Manuel	Hatchback	75	1498	485,00	Önden	Beyaz	0	Yok	Büyük	2.000	Sahibinden
A87	Dizel	Manuel	Sedan	128	1582	485,00	Önden	Beyaz	0	Yok	Hafif/Lokal	500	Sahibinden
A88	Dizel	Manuel	Hatchback	90	1396	647,00	Önden	Gümüş Gri	2	Yok	Yok	0	Sahibinden
A89	Benzin&LPG	Yarı Otomatik	Hatchback	115	1598	485,00	Önden	Beyaz	0	Orta	Büyük	5.000	Sahibinden
A90	Dizel	Manuel	Hatchback	92	1560	647,00	Önden	Beyaz	1	Yok	Yok	0	Sahibinden

EK-2'nin devamı

Alternatif No	Yakıt Tipi	Vites Tipi	Kasa Tipi	Motor Gücü (hp)	Motor Hacmi (cc)	6 aylık MTV Tutarı	Çekiş-İtiş Biçimi	Renk	Garanti Süresi (yıl)	Değişen Durumu	Boya Durumu	Hasar Kayıt Tutarı (TL)	Satıcı Türü
A91	Benzin	Yarı Otomatik	Hatchback	136	1499	647,00	Önden	Beyaz	1	Yok	Yok	0	Sahibinden
A92	Benzin	Manuel	Hatchback	90	1197	259,00	Önden	Beyaz	0	Yok	Orta	2.000	Sahibinden
A93	Benzin	Manuel	Coupe	125	1400	485,00	Önden	Beyaz	0	Yok	Orta	2.000	Sahibinden
A94	Benzin	Yarı Otomatik	Sedan	156	1595	485,00	Arkadan	Siyah	1	Yok	Yok	0	Sahibinden
A95	Benzin&LPG	Manuel	Hatchback	115	1598	485,00	Önden	Gümüş Gri	0	Orta	Orta	500	Sahibinden
A96	Dizel	Manuel	Sedan	92	1560	485,00	Önden	Beyaz	0	Yok	Yok	0	Sahibinden
A97	Benzin	Yarı Otomatik	Coupe	156	1595	485,00	Önden	Beyaz	0	Yok	Yok	0	Sahibinden
A98	Dizel	Yarı Otomatik	Hatchback	90	1461	647,00	Önden	Kırmızı	2	Yok	Yok	0	Sahibinden
A99	Benzin&LPG	Otomatik	Sedan	125	1598	647,00	Önden	Siyah	1	Yok	Büyük	835	Sahibinden
A100	Benzin	Yarı Otomatik	Hatchback	80	1198	371,50	Önden	Mavi	2	Yok	Yok	0	Sahibinden
A101	Dizel	Manuel	Hatchback	105	1598	485,00	Önden	Kırmızı	0	Hafif/Lokal	Hafif/Lokal	2.700	Sahibinden
A102	Dizel	Otomatik	Sedan	136	1598	647,00	Önden	Beyaz	2	Yok	Yok	0	Sahibinden
A103	Benzin	Yarı Otomatik	Sedan	170	1598	647,00	Arkadan	Beyaz	1	Orta	Yok	5.000	Sahibinden
A104	Benzin&LPG	Manuel	Hatchback	95	1368	647,00	Önden	Beyaz	1	Yok	Yok	0	Sahibinden
A105	Dizel	Manuel	Sedan	95	1560	485,00	Önden	Gri	0	Yok	Yok	0	Sahibinden
A106	Benzin&LPG	Manuel	Sedan	132	1598	485,00	Önden	Beyaz	1	Yok	Yok	0	Sahibinden
A107	Dizel	Yarı Otomatik	Sedan	105	1598	485,00	Önden	Füme	0	Yok	Orta	4.138	Galeri
A108	Dizel	Otomatik	Hatchback	128	1582	485,00	Önden	Beyaz	0	Yok	Yok	0	Galeri
A109	Benzin	Manuel	Hatchback	82	1242	259,00	Önden	Siyah	0	Yok	Yok	0	Sahibinden
A110	Benzin	Manuel	Hatchback	75	1149	371,50	Önden	Beyaz	0	Yok	Yok	0	Sahibinden
A111	Benzin&LPG	Yarı Otomatik	Sedan	125	1597	647,00	Önden	Beyaz	1	Yok	Yok	0	Sahibinden
A112	Dizel	Yarı Otomatik	Sedan	115	1560	485,00	Önden	Beyaz	0	Yok	Büyük	4.000	Sahibinden
A113	Dizel	Manuel	Sedan	110	1598	647,00	Önden	Beyaz	0	Yok	Hafif/Lokal	300	Sahibinden
A114	Dizel	Manuel	Hatchback	75	1200	371,50	Önden	Beyaz	1	Yok	Yok	0	Sahibinden
A115	Benzin	Manuel	Hatchback	82	1242	371,50	Önden	Beyaz	2	Yok	Yok	0	Bayi
A116	Dizel	Manuel	Sedan	136	1582	485,00	Önden	Füme	0	Yok	Yok	0	Sahibinden
A117	Dizel	Manuel	Sedan	90	1461	485,00	Önden	Beyaz	0	Yok	Hafif/Lokal	720	Sahibinden
A118	Dizel	Manuel	Hatchback	136	1598	485,00	Önden	Gri	0	Yok	Hafif/Lokal	1.200	Sahibinden
A119	Benzin	Manuel	Sedan	99	1330	485,00	Önden	Gri	0	Yok	Yok	0	Sahibinden
A120	Dizel	Manuel	Sedan	115	1560	485,00	Önden	Beyaz	0	Yok	Yok	0	Sahibinden

EK-2'nin devamı

Alternatif No	Yakıt Tipi	Vites Tipi	Kasa Tipi	Motor Gücü (hp)	Motor Hacmi (cc)	6 aylık MTV Tutarı	Çekiş-İtiş Biçimi	Renk	Garanti Süresi (yıl)	Değişen Durumu	Boya Durumu	Hasar Kayıt Tutarı (TL)	Satıcı Türü
A121	Dizel	Yarı Otomatik	Sedan	110	1461	647,00	Önden	Beyaz	1	Yok	Yok	0	Galeri
A122	Dizel	Yarı Otomatik	Sedan	90	1364	485,00	Önden	Beyaz	0	Yok	Yok	0	Bayi
A123	Benzin	Manuel	Sedan	72	1199	259,00	Önden	Beyaz	0	Orta	Büyük	9.000	Galeri
A124	Hibrit	Yarı Otomatik	Hatchback	75	1497	485,00	Önden	Beyaz	0	Yok	Hafif/Lokal	500	Sahibinden
A125	Dizel	Yarı Otomatik	Hatchback	90	1461	647,00	Önden	Beyaz	2	Yok	Yok	0	Bayi
A126	Benzin	Yarı Otomatik	Sedan	125	1395	485,00	Önden	Mavi	2	Yok	Yok	0	Sahibinden
A127	Benzin&LPG	Manuel	Sedan	115	1598	647,00	Önden	Beyaz	0	Yok	Yok	0	Sahibinden
A128	Benzin	Otomatik	Sedan	165	1490	647,00	Önden	Gri	0	Yok	Yok	0	Bayi
A129	Dizel	Yarı Otomatik	Sedan	120	1598	647,00	Önden	Beyaz	0	Yok	Yok	0	Bayi
A130	Benzin	Otomatik	Sedan	110	1598	647,00	Önden	Gri	2	Yok	Yok	0	Sahibinden
A131	Benzin	Manuel	Sedan	115	1598	647,00	Önden	Kahverengi	1	Hafif/Lokal	Yok	0	Sahibinden
A132	Dizel	Manuel	Sedan	105	1598	485,00	Önden	Siyah	0	Hafif/Lokal	Hafif/Lokal	5.000	Sahibinden
A133	Dizel	Manuel	Sedan	95	1248	371,50	Önden	Füme	1	Ağır	Ağır	40.000	Bayi
A134	Benzin&LPG	Manuel	Hatchback	124	1598	485,00	Önden	Beyaz	0	Yok	Hafif/Lokal	1.900	Sahibinden
A135	Dizel	Manuel	Sedan	95	1248	259,00	Önden	Beyaz	0	Hafif/Lokal	Yok	2.000	Galeri
A136	Benzin&LPG	Manuel	Sedan	125	1595	485,00	Önden	Siyah	0	Hafif/Lokal	Hafif/Lokal	1.500	Bayi
A137	Dizel	Yarı Otomatik	Sedan	115	1560	485,00	Önden	Beyaz	0	Yok	Hafif/Lokal	500	Galeri
A138	Dizel	Manuel	Hatchback	75	1248	259,00	Önden	Beyaz	0	Yok	Orta	2.700	Galeri
A139	Dizel	Manuel	Hatchback	75	1498	485,00	Önden	Siyah	0	Yok	Hafif/Lokal	500	Galeri
A140	Benzin	Manuel	Hatchback	122	1395	485,00	Önden	Kırmızı	0	Yok	Yok	0	Galeri
A141	Dizel	Yarı Otomatik	Sedan	130	1598	647,00	Önden	Gri	1	Yok	Yok	0	Galeri
A142	Dizel	Yarı Otomatik	Cabrio	184	1995	2771,00	4WD	Mavi	0	Büyük	Büyük	78.000	Sahibinden
A143	Dizel	Manuel	Sedan	90	1364	485,00	Önden	Beyaz	0	Hafif/Lokal	Hafif/Lokal	87.000	Sahibinden

EK-3. İkinci El Otomobil Seçim Probleminde REF İle Alternatiflerin Sıralanması

Alternatif No	KRİTERLERİN AĞIRLIKLANDIRILMASI DURUMUNDA ELDE EDİLEN SIRALAMALAR			KRİTERLERİN AĞIRLIKLANDIRILMAMASI DURUMUNDA ELDE EDİLEN SIRALAMALAR		
	HOMOJEN KÜME	129 ALTERNATİFLİ KÜME	143 ALTERNATİFLİ KÜME	HOMOJEN KÜME	129 ALTERNATİFLİ KÜME	143 ALTERNATİFLİ KÜME
A1		79	84		81	93
A2		18	20		11	10
A3		94	104		95	109
A4		104	117		106	115
A5		71	78		65	72
A6		35	38		34	37
A7		88	96		87	94
A8		13	13		23	24
A9		116	122		112	117
A10		72	77		90	98
A11		95	103		94	101
A12		21	24		20	21
A13		60	66		56	66
A14		127	136		124	132
A15		112	100		92	82
A16		44	46		45	47
A17		118	131		121	134
A18		37	41		25	27
A19	1	1	1	2	5	5
A20		51	57		51	59
A21		92	110		111	123
A22		57	65		61	68
A23		41	43		48	52
A24		54	62		67	74
A25		19	21		18	18
A26		96	109		103	114
A27		65	70		58	63
A28		47	50		41	46
A29		74	80		71	80
A30		11	11		16	14
A31	11	121	128	11	115	121
A32		108	118		110	122
A33		101	113		109	119
A34		45	49		38	39
A35		113	127		116	126
A36		83	95		91	100
A37		59	56		46	43
A38	8	55	63	8	62	67
A39		129	142		129	142
A40		86	83		73	70
A41		25	29		26	29
A42		49	47		59	58
A43		90	102		93	104
A44		98	101		89	96
A45		43	45		47	49
A46		17	17		22	20
A47		46	48		42	44
A48		77	82		79	88
A49		109	119		99	110
A50		81	90		82	92
A51		50	59		44	48
A52	12	128	139	12	127	137
A53		78	86		75	85
A54		7	7		3	4

EK-3'ün devamı

Alternatif No	KRİTERLERİN AĞIRLIKLANDIRILMASI DURUMUNDA ELDE EDİLEN SIRALAMALAR			KRİTERLERİN AĞIRLIKLANDIRILMAMASI DURUMUNDA ELDE EDİLEN SIRALAMALAR		
	HOMOJEN KÜME	129 ALTERNATİFLİ KÜME	143 ALTERNATİFLİ KÜME	HOMOJEN KÜME	129 ALTERNATİFLİ KÜME	143 ALTERNATİFLİ KÜME
A55		82	92		74	81
A56		97	105		105	112
A57		117	129		117	127
A58		68	74		69	76
A59		69	76		66	73
A60		12	15		7	7
A61	7	58	55	7	54	54
A62		9	12		9	9
A63		66	71		55	64
A64		30	32		32	31
A65		114	120		101	107
A66		122	130		114	120
A67		123	135		128	141
A68		125	137		123	133
A69		40	40		50	50
A70		5	6		2	2
A71		105	114		108	116
A72		120	133		122	136
A73		2	2		10	11
A74		42	44		39	41
A75		28	30		30	32
A76		89	89		68	65
A77		87	91		100	108
A78		115	132		125	140
A79		8	8		24	26
A80		76	85		77	89
A81	2	3	3	1	1	1
A82		20	26		19	22
A83	4	27	19	5	29	23
A84		91	93		98	103
A85		124	134		120	128
A86		80	81		72	78
A87		110	123		118	130
A88		15	16		33	34
A89		119	121		104	105
A90		38	39		43	45
A91		10	10		8	8
A92		56	61		49	51
A93		85	94		84	91
A94		48	54		40	42
A95	10	107	111	10	96	102
A96		61	67		70	77
A97		39	42		28	30
A98		6	5		6	6
A99		62	64		52	56
A100		67	72		78	87
A101		93	97		88	95
A102	3	14	14	3	12	12
A103		106	98		83	75
A104		29	28		36	38
A105		63	68		63	69
A106		16	22		14	16
A107		84	88		85	79
A108		24	18		27	19
A109		99	112		102	113

EK-3'ün devamı

Alternatif No	KRİTERLERİN AĞIRLIKLANDIRILMASI DURUMUNDA ELDE EDİLEN SIRALAMALAR			KRİTERLERİN AĞIRLIKLANDIRILMAMASI DURUMUNDA ELDE EDİLEN SIRALAMALAR		
	HOMOJEN KÜME	129 ALTERNATİFLİ KÜME	143 ALTERNATİFLİ KÜME	HOMOJEN KÜME	129 ALTERNATİFLİ KÜME	143 ALTERNATİFLİ KÜME
A110		64	69		64	71
A111		4	4		4	3
A112		102	107		97	106
A113	6	22	23	6	17	17
A114		111	125		119	131
A115		53	52		57	60
A116		103	115		107	118
A117		75	79		76	86
A118	5	26	25	4	13	13
A119		100	116		113	124
A120		23	27		15	15
A121		70	73		86	90
A122		52	51		60	62
A123		126	138		126	138
A124		31	34		31	33
A125		32	31		37	35
A126		33	37		21	25
A127		36	36		35	36
A128		73	75		80	83
A129		34	33		53	53
A130			9			28
A131	9		87	9		84
A132			99			97
A133			141			139
A134			53			57
A135			124			125
A136			106			99
A137			58			55
A138			126			129
A139			108			111
A140			35			40
A141			60			61
A142			143			143
A143			140			135

EK-4. İkinci El Otomobil Seçim Probleminde REF-II İle Alternatiflerin Sıralanması

Alternatif No	KRİTERLERİN AĞIRLIKLANDIRILMASI DURUMUNDA ELDE EDİLEN SIRALAMALAR			KRİTERLERİN AĞIRLIKLANDIRILMAMASI DURUMUNDA ELDE EDİLEN SIRALAMALAR		
	HOMOJEN KÜME	129 ALTERNATİFLİ KÜME	143 ALTERNATİFLİ KÜME	HOMOJEN KÜME	129 ALTERNATİFLİ KÜME	143 ALTERNATİFLİ KÜME
A1		97	104		95	102
A2		57	60		45	47
A3		91	97		88	94
A4		64	68		71	75
A5		103	110		101	108
A6		55	57		62	66
A7		106	113		105	112
A8		18	18		17	17
A9		121	131		121	131
A10		60	63		70	74
A11		113	121		113	121
A12		5	5		4	4
A13		46	47		54	57
A14		127	138		127	138
A15		126	137		126	137
A16		26	26		22	22
A17		33	34		53	56
A18		37	38		30	30
A19	1	3	3	1	3	3
A20		36	37		35	36
A21		14	14		18	18
A22		47	48		43	45
A23		21	21		24	24
A24		20	20		26	26
A25		12	12		11	11
A26		110	118		115	123
A27		89	95		83	89
A28		61	65		47	49
A29		114	122		116	124
A30		13	13		13	13
A31	11	104	111	11	106	113
A32		87	93		91	97
A33		94	101		97	104
A34		73	77		67	71
A35		59	62		73	77
A36		84	90		85	91
A37		51	53		44	46
A38	10	101	108	10	104	111
A39		129	140		129	140
A40		95	102		86	92
A41		53	55		57	60
A42		22	22		27	27
A43		68	72		74	78
A44		116	124		114	122
A45		62	66		65	69
A46		7	7		7	7
A47		69	73		58	61
A48		78	83		76	80
A49		111	119		111	119
A50		86	92		87	93
A51		85	91		84	90
A52	12	128	139	12	128	139
A53		52	54		61	64
A54		81	87		66	70

EK-4'ün devamı

Alternatif No	KRİTERLERİN AĞIRLIKLANDIRILMASI DURUMUNDA ELDE EDİLEN SIRALAMALAR			KRİTERLERİN AĞIRLIKLANDIRILMAMASI DURUMUNDA ELDE EDİLEN SIRALAMALAR		
	HOMOJEN KÜME	129 ALTERNATİFLİ KÜME	143 ALTERNATİFLİ KÜME	HOMOJEN KÜME	129 ALTERNATİFLİ KÜME	143 ALTERNATİFLİ KÜME
A55		90	96		92	98
A56		35	36		49	51
A57		117	125		120	128
A58		76	80		77	81
A59		100	107		102	109
A60		38	39		31	31
A61	5	56	59	6	50	52
A62		8	8		8	8
A63		79	84		78	82
A64		9	9		9	9
A65		123	133		122	132
A66		102	109		99	106
A67		92	98		93	99
A68		115	123		110	118
A69		4	4		5	5
A70		50	52		36	37
A71		88	94		89	95
A72		82	88		94	101
A73		17	17		19	19
A74		83	89		82	87
A75		32	33		32	33
A76		124	134		123	133
A77		58	61		68	72
A78		27	27		23	23
A79		10	10		6	6
A80		45	46		56	59
A81	7	67	71	7	52	55
A82		15	15		14	14
A83	4	29	30	4	29	29
A84		96	103		96	103
A85		119	127		117	125
A86		65	69		59	62
A87		105	112		108	116
A88		2	2		2	2
A89		122	132		124	134
A90		16	16		16	16
A91		28	28		20	20
A92		40	41		41	42
A93		118	126		119	127
A94		66	70		55	58
A95	9	80	85	8	81	85
A96		31	32		39	40
A97		39	40		33	34
A98		1	1		1	1
A99		99	106		98	105
A100		34	35		42	43
A101		109	117		107	115
A102	3	25	25	3	25	25
A103		107	114		103	110
A104		30	31		34	35
A105		42	43		46	48
A106		41	42		40	41
A107		112	120		109	117
A108		71	75		64	68
A109		72	76		80	84

EK-4'ün devamı

Alternatif No	KRİTERLERİN AĞIRLIKLANDIRILMASI DURUMUNDA ELDE EDİLEN SIRALAMALAR			KRİTERLERİN AĞIRLIKLANDIRILMAMASI DURUMUNDA ELDE EDİLEN SIRALAMALAR		
	HOMOJEN KÜME	129 ALTERNATİFLİ KÜME	143 ALTERNATİFLİ KÜME	HOMOJEN KÜME	129 ALTERNATİFLİ KÜME	143 ALTERNATİFLİ KÜME
A110		44	45		51	53
A111		43	44		37	38
A112		120	128		118	126
A113	2	24	24	2	21	21
A114		70	74		75	79
A115		23	23		28	28
A116		108	116		112	120
A117		93	100		90	96
A118	6	63	67	5	48	50
A119		48	49		63	67
A120		75	79		69	73
A121		98	105		100	107
A122		74	78		72	76
A123		125	136		125	136
A124		19	19		15	15
A125		11	11		12	12
A126		49	50		38	39
A127		54	56		60	63
A128		77	81		79	83
A129		6	6		10	10
A130			29			32
A131	8		82	9		88
A132			115			114
A133			141			141
A134			86			86
A135			130			129
A136			135			135
A137			58			54
A138			129			130
A139			99			100
A140			64			65
A141			51			44
A142			143			143
A143			142			142

EK-5. İkinci El Otomobil Seçim Probleminde KARMA İle Alternatiflerin Sıralanması

Alternatif No	KRİTERLERİN AĞIRLIKLANDIRILMASI DURUMUNDA ELDE EDİLEN SIRALAMALAR			KRİTERLERİN AĞIRLIKLANDIRILMAMASI DURUMUNDA ELDE EDİLEN SIRALAMALAR		
	HOMOJEN KÜME	129 ALTERNATİFLİ KÜME	143 ALTERNATİFLİ KÜME	HOMOJEN KÜME	129 ALTERNATİFLİ KÜME	143 ALTERNATİFLİ KÜME
A1		29	30		33	28
A2		110	119		107	119
A3		117	121		117	129
A4		105	118		102	115
A5		86	97		95	108
A6		58	48		82	88
A7		38	37		57	54
A8		19	19		18	19
A9		119	132		118	127
A10		78	85		47	62
A11		60	60		108	109
A12		47	53		42	57
A13		32	41		45	55
A14		63	28		104	34
A15		104	115		116	128
A16		70	70		75	78
A17		114	126		103	113
A18		46	54		62	71
A19	5	25	24	6	22	24
A20		5	4		1	1
A21		128	142		124	139
A22		42	49		25	27
A23		40	47		30	35
A24		53	66		32	36
A25		13	14		14	15
A26		85	80		74	73
A27		62	78		66	75
A28		113	124		76	92
A29		37	33		86	87
A30		36	50		54	67
A31	11	59	59	11	80	79
A32		76	74		41	43
A33		77	69		38	38
A34		14	17		15	16
A35		118	129		106	121
A36		96	105		79	84
A37		9	9		19	21
A38	9	74	82	9	87	93
A39		129	140		129	140
A40		39	42		44	51
A41		2	1		9	9
A42		31	34		28	29
A43		61	75		34	42
A44		35	39		73	76
A45		94	103		101	110
A46		24	23		29	31
A47		51	57		65	63
A48		102	107		98	103
A49		115	127		119	135
A50		44	44		69	70
A51		30	32		49	53
A52	12	126	128	12	128	131

EK-5'in devamı

Alternatif No	KRİTERLERİN AĞIRLIKLANDIRILMASI DURUMUNDA ELDE EDİLEN SIRALAMALAR			KRİTERLERİN AĞIRLIKLANDIRILMAMASI DURUMUNDA ELDE EDİLEN SIRALAMALAR		
	HOMOJEN KÜME	129 ALTERNATİFLİ KÜME	143 ALTERNATİFLİ KÜME	HOMOJEN KÜME	129 ALTERNATİFLİ KÜME	143 ALTERNATİFLİ KÜME
A53		48	64		58	72
A54		17	13		24	22
A55		89	95		100	106
A56		67	87		70	85
A57		125	139		127	142
A58		49	58		20	23
A59		83	86		81	82
A60		11	11		6	6
A61	6	82	90	4	92	100
A62		4	3		2	2
A63		28	29		37	37
A64		91	93		55	58
A65		111	114		113	117
A66		101	110		105	112
A67		45	51		35	40
A68		127	141		126	141
A69		66	79		78	86
A70		98	108		114	124
A71		81	88		83	95
A72		124	138		120	133
A73		43	61		26	30
A74		6	7		12	11
A75		15	21		23	25
A76		116	125		121	130
A77		107	113		84	94
A78		69	73		40	48
A79		72	83		60	69
A80		50	52		43	50
A81	1	8	8	3	10	7
A82		23	22		17	17
A83	4	16	20	5	27	32
A84		80	72		56	47
A85		121	136		122	137
A86		55	56		71	68
A87		120	135		115	122
A88		100	111		72	77
A89		87	96		112	118
A90		3	5		4	4
A91		84	99		50	66
A92		12	12		8	10
A93		90	92		99	99
A94		109	122		109	125
A95	10	95	100	7	85	97
A96		21	18		7	8
A97		68	91		59	83
A98		99	109		94	104
A99		92	89		96	91
A100		108	120		93	111
A101		56	45		61	52
A102	3	22	25	2	31	41
A103		123	137		123	138
A104		10	10		3	3
A105		26	26		21	18
A106		20	15		36	33
A107		73	71		68	64

EK-5'in devamı

Alternatif No	KRİTERLERİN AĞIRLIKLANDIRILMASI DURUMUNDA ELDE EDİLEN SIRALAMALAR			KRİTERLERİN AĞIRLIKLANDIRILMAMASI DURUMUNDA ELDE EDİLEN SIRALAMALAR		
	HOMOJEN KÜME	129 ALTERNATİFLİ KÜME	143 ALTERNATİFLİ KÜME	HOMOJEN KÜME	129 ALTERNATİFLİ KÜME	143 ALTERNATİFLİ KÜME
A108		79	76		67	74
A109		93	102		89	105
A110		52	63		64	80
A111		65	77		90	101
A112		97	94		111	116
A113	2	1	2	1	5	5
A114		112	123		88	98
A115		57	65		48	60
A116		106	112		91	89
A117		71	67		52	49
A118	7	41	43	8	53	45
A119		88	101		97	107
A120		7	6		11	12
A121		64	55		46	39
A122		18	16		13	13
A123		122	131		125	132
A124		34	40		63	61
A125		75	81		77	81
A126		54	68		39	46
A127		33	38		51	59
A128		103	116		110	123
A129		27	27		16	14
A130			106			96
A131	8		36	10		56
A132			46			44
A133			117			120
A134			84			102
A135			133			136
A136			130			134
A137			35			26
A138			134			126
A139			104			114
A140			31			20
A141			98			65
A142			143			143
A143			62			90

EK-6. Kriter Ağırlıklarının Değişimine Göre Çözümler

Set	Teknik	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15
1	TODIM	5	10	9	7	1	11	15	8	14	12	3	13	4	2	6
	REF*	6	9	10	8	1	12	14	5	11	13	4	15	7	2	3
	REF-II	5	10	9	8	1	12	14	6	11	13	3	15	7	2	4
	KARMA**†	5	7	11	1	15	3	14	12	2	4	9	13	6	8	10
	KARMA**‡	11	9	5	15	1	13	2	4	14	12	7	3	10	8	6
	RIM	6	7	10	9	1	12	14	4	11	13	5	15	8	3	2
	CP	4	7	2	9	1	13	14	15	10	11	5	12	8	3	6
	CP (DA Stdz.)	5	7	10	8	1	12	14	6	11	13	4	15	9	3	2
	TOPSIS	6	7	8	10	1	12	14	5	11	13	3	15	9	4	2
	VIKOR	5	8	9	7	1	12	14	6	11	13	4	15	10	3	2
	EDAS	6	10	9	8	1	11	14	5	12	13	3	15	7	2	4
	CODAS	6	8	10	9	1	12	14	5	11	13	4	15	7	2	3
	M-Referans	5	4	5	8	1	10	14	9	10	10	3	14	10	5	2
	REF	6	9	10	8	1	12	14	5	11	13	4	15	7	2	3
	KARMA†	5	4	12	1	15	3	14	8	2	6	11	13	9	7	10
	KARMA‡	12	11	4	15	1	13	2	6	14	10	5	3	8	9	7
2	TODIM	6	10	9	7	1	11	15	8	13	12	3	14	5	2	4
	REF*	5	9	10	8	1	11	14	7	12	13	3	15	6	2	4
	REF-II	4	10	9	7	1	11	15	8	13	12	3	14	6	2	5
	KARMA**†	12	2	10	7	15	1	14	9	4	3	8	13	6	11	5
	KARMA**‡	4	14	6	9	1	15	2	7	12	13	8	3	10	5	11
	RIM	4	10	9	8	1	11	13	7	12	14	3	15	6	2	5
	CP	4	7	2	9	1	13	14	15	10	11	5	12	8	3	6
	CP (DA Stdz.)	5	9	10	7	1	11	15	8	12	13	3	14	6	2	4
	TOPSIS	4	10	9	5	1	12	11	8	15	14	2	13	6	3	7
	VIKOR	6	10	9	8	2	11	14	7	12	13	3	15	5	1	4
	EDAS	6	10	9	7	1	11	13	8	15	12	3	14	5	2	4
	CODAS	5	10	9	8	1	12	11	7	14	13	3	15	6	2	4
	M-Referans	7	7	4	3	4	7	13	13	15	7	1	7	4	1	7
	REF	5	9	10	8	1	11	14	7	12	13	3	15	6	2	4
	KARMA†	11	4	13	8	15	1	14	7	3	2	10	9	5	12	6
	KARMA‡	4	10	3	8	1	15	2	11	13	14	6	7	9	5	12
3	TODIM	6	10	9	7	1	11	15	8	13	12	3	14	5	2	4
	REF*	5	9	10	8	1	11	14	7	12	13	3	15	6	2	4
	REF-II	4	10	9	6	1	11	15	8	13	12	3	14	7	2	5
	KARMA**†	13	2	7	12	15	1	14	10	6	3	9	11	5	8	4
	KARMA**‡	3	14	9	4	1	15	2	6	10	13	7	5	11	8	12
	RIM	4	9	10	7	1	12	11	8	14	13	3	15	6	2	5
	CP	4	7	2	9	1	13	14	15	10	11	5	12	8	3	6
	CP (DA Stdz.)	5	9	10	7	2	11	15	8	13	12	3	14	6	1	4
	TOPSIS	4	9	10	5	2	13	11	8	15	14	1	12	6	3	7
	VIKOR	6	8	9	7	3	10	15	12	14	11	2	13	5	1	4
	EDAS	4	9	10	7	1	11	13	8	15	12	2	14	6	3	5
	CODAS	4	9	10	7	1	12	11	8	14	13	2	15	6	3	5
	M-Referans	3	3	7	3	7	7	13	13	13	7	1	3	7	2	7
	REF	5	9	10	8	1	11	14	7	12	13	3	15	6	2	4
	KARMA†	11	3	12	8	15	1	14	7	4	2	13	10	5	9	6
	KARMA‡	4	13	5	8	1	15	2	10	12	14	3	6	9	7	11

EK-6'nın devamı

Set	Teknik	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15
4	TODIM	4	11	9	7	1	10	15	8	12	13	3	14	6	2	5
	REF*	8	10	11	9	1	12	7	6	15	13	2	14	5	3	4
	REF-II	7	10	11	8	1	13	9	6	15	14	2	12	4	3	5
	KARMA**†	13	1	5	11	12	3	14	10	7	2	15	4	8	9	6
	KARMA**‡	3	15	11	5	4	13	2	6	9	14	1	12	8	7	10
	RIM	8	10	12	9	3	13	7	6	15	14	1	11	4	2	5
	CP	4	6	2	9	1	13	14	15	10	11	5	12	8	3	7
	CP (DA Stdz.)	8	10	12	9	3	13	7	6	15	14	1	11	4	2	5
	TOPSIS	9	10	12	8	3	13	7	6	15	14	1	11	4	2	5
	VIKOR	8	10	11	9	3	12	7	6	15	14	1	13	4	2	5
	EDAS	8	10	11	9	2	13	7	6	15	14	1	12	4	3	5
	CODAS	8	10	11	9	2	13	7	6	15	14	1	12	4	3	5
	M-Referans	8	8	8	8	3	8	6	6	8	8	1	8	3	2	3
	REF	8	10	11	9	1	12	7	6	15	13	2	14	5	3	4
	KARMA†	10	3	5	8	15	1	14	12	6	2	13	4	9	11	7
KARMA‡	5	13	11	7	1	15	2	4	9	14	3	12	8	6	10	
5	TODIM	4	10	9	7	1	11	15	8	13	12	3	14	6	2	5
	REF*	6	9	10	8	1	11	13	7	12	14	3	15	5	2	4
	REF-II	4	10	9	8	1	11	14	7	12	13	3	15	6	2	5
	KARMA**†	13	2	10	6	15	1	14	9	3	4	8	12	7	11	5
	KARMA**‡	3	14	6	10	1	15	2	7	13	12	8	4	9	5	11
	RIM	7	11	10	8	1	12	9	6	13	14	3	15	5	2	4
	CP	4	7	2	9	1	13	14	15	10	11	5	12	8	3	6
	CP (DA Stdz.)	7	9	10	8	1	11	13	6	12	14	3	15	5	2	4
	TOPSIS	6	11	10	8	1	12	9	7	15	14	2	13	4	3	5
	VIKOR	7	10	11	9	2	12	8	6	13	14	3	15	5	1	4
	EDAS	6	9	10	8	1	12	11	7	14	13	3	15	5	2	4
	CODAS	7	11	10	8	1	12	9	6	13	14	3	15	5	2	4
	M-Referans	8	8	8	8	3	8	6	6	8	8	1	8	3	2	3
	REF	6	9	10	8	1	11	13	7	12	14	3	15	5	2	4
	KARMA†	11	3	13	7	15	1	14	8	2	4	9	10	5	12	6
KARMA‡	5	13	3	9	1	15	2	8	14	12	7	6	10	4	11	
6	TODIM	4	10	9	7	1	11	15	8	13	12	3	14	5	2	6
	REF*	7	9	11	8	1	12	10	6	13	14	3	15	5	2	4
	REF-II	6	10	9	8	1	12	11	7	13	14	3	15	5	2	4
	KARMA**†	12	1	10	4	15	2	14	11	3	5	7	8	9	13	6
	KARMA**‡	4	15	6	12	1	14	2	5	13	11	9	8	7	3	10
	RIM	8	11	10	9	1	13	7	6	12	14	3	15	5	2	4
	CP	4	7	2	9	1	13	14	15	10	11	5	12	8	3	6
	CP (DA Stdz.)	8	10	11	9	1	12	7	6	13	14	3	15	5	2	4
	TOPSIS	8	11	10	9	3	12	7	6	14	15	1	13	5	2	4
	VIKOR	8	10	11	9	1	12	7	6	13	14	3	15	5	2	4
	EDAS	7	10	11	8	1	12	9	6	14	13	3	15	5	2	4
	CODAS	7	11	10	9	1	12	8	6	13	14	3	15	4	2	5
	M-Referans	8	8	8	8	3	8	6	6	8	8	1	8	3	2	3
	REF	7	9	11	8	1	12	10	6	13	14	3	15	5	2	4
	KARMA†	11	2	13	5	15	1	14	8	3	4	10	9	7	12	6
KARMA‡	5	14	3	12	1	15	2	9	13	11	6	7	8	4	10	

EK-6'nın devamı

Set	Teknik	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15
7	TODIM	5	10	9	7	1	11	15	8	14	12	3	13	4	2	6
	REF*	5	10	9	8	1	12	14	6	11	13	4	15	7	2	3
	REF-II	5	10	8	9	1	12	14	6	11	13	4	15	7	2	3
	KARMA**†	7	6	12	1	15	3	14	11	2	4	8	13	5	9	10
	KARMA**‡	9	10	4	15	1	13	2	5	14	12	8	3	11	7	6
	RIM	4	10	8	9	1	12	14	6	11	13	5	15	7	2	3
	CP	4	7	2	9	1	13	14	15	10	11	5	12	8	3	6
	CP (DA Stdz.)	4	10	9	8	1	12	14	7	11	13	5	15	6	2	3
	TOPSIS	5	10	8	9	1	13	14	6	11	12	4	15	7	2	3
	VIKOR	3	10	9	7	1	13	14	8	11	12	6	15	5	2	4
	EDAS	5	10	9	8	1	11	14	7	12	13	3	15	6	2	4
	CODAS	6	10	8	9	1	12	14	5	11	13	4	15	7	2	3
	M-Referans	3	5	5	9	1	12	14	13	10	11	5	14	8	2	4
	REF	5	10	9	8	1	12	14	6	11	13	4	15	7	2	3
	KARMA†	6	7	13	2	15	3	14	9	1	4	11	12	5	8	10
KARMA‡	9	10	3	15	1	13	2	8	14	11	5	4	12	6	7	
8	TODIM	5	10	9	7	1	11	15	8	14	12	3	13	4	2	6
	REF*	5	10	9	8	1	12	14	6	11	13	4	15	7	2	3
	REF-II	5	10	8	9	1	12	14	6	11	13	4	15	7	2	3
	KARMA**†	7	6	11	1	15	3	14	12	2	4	8	13	5	9	10
	KARMA**‡	9	10	5	15	1	13	2	4	14	12	8	3	11	7	6
	RIM	4	10	8	9	1	12	14	6	11	13	5	15	7	2	3
	CP	4	7	2	9	1	13	14	15	10	11	5	12	8	3	6
	CP (DA Stdz.)	5	10	9	8	1	12	14	6	11	13	4	15	7	2	3
	TOPSIS	5	10	7	9	1	12	14	6	11	13	4	15	8	2	3
	VIKOR	4	10	9	7	1	13	14	8	11	12	5	15	6	2	3
	EDAS	5	10	9	8	1	11	14	7	12	13	3	15	6	2	4
	CODAS	6	10	8	9	1	12	14	5	11	13	4	15	7	2	3
	M-Referans	3	5	5	9	1	12	14	13	10	11	5	14	8	2	4
	REF	5	10	9	8	1	12	14	6	11	13	4	15	7	2	3
	KARMA†	6	7	13	1	15	3	14	9	2	4	11	12	5	8	10
KARMA‡	10	9	3	15	1	13	2	7	14	11	5	4	12	8	6	
9	TODIM	5	10	9	7	1	11	15	8	14	12	3	13	4	2	6
	REF*	6	9	10	8	1	12	14	5	11	13	4	15	7	2	3
	REF-II	5	10	8	9	1	12	14	6	11	13	3	15	7	2	4
	KARMA**†	5	7	11	1	15	3	14	12	2	4	8	13	6	9	10
	KARMA**‡	11	9	5	15	1	13	2	4	14	12	8	3	10	7	6
	RIM	6	10	9	8	1	12	14	5	11	13	4	15	7	2	3
	CP	4	7	2	9	1	13	14	15	10	11	5	12	8	3	6
	CP (DA Stdz.)	5	9	10	8	1	12	14	6	11	13	4	15	7	2	3
	TOPSIS	6	9	7	10	1	12	14	5	11	13	4	15	8	2	3
	VIKOR	4	10	8	7	1	12	14	6	11	13	5	15	9	2	3
	EDAS	5	10	9	8	1	11	14	6	12	13	3	15	7	2	4
	CODAS	6	10	9	8	1	12	14	5	11	13	4	15	7	2	3
	M-Referans	4	5	5	8	1	9	14	13	9	9	5	14	9	3	2
	REF	6	9	10	8	1	12	14	5	11	13	4	15	7	2	3
	KARMA†	4	5	13	1	15	3	14	9	2	6	11	12	7	8	10
KARMA‡	11	10	3	15	1	13	2	7	14	12	5	4	9	8	6	

EK-6'nın devamı

Set	Teknik	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15
10	TODIM	5	10	9	7	1	11	15	8	14	12	3	13	4	2	6
	REF*	6	9	10	8	1	12	14	4	11	13	5	15	7	2	3
	REF-II	5	10	9	8	1	12	14	6	11	13	3	15	7	2	4
	KARMA*†	4	7	10	1	15	3	14	12	2	5	9	13	6	8	11
	KARMA*‡	12	9	6	15	1	13	2	4	14	11	7	3	10	8	5
	RIM	6	7	10	8	1	12	14	3	11	13	5	15	9	4	2
	CP	4	7	2	9	1	13	14	15	10	11	5	12	8	3	6
	CP (DA Stdz.)	6	7	10	8	1	12	14	5	11	13	4	15	9	3	2
	TOPSIS	6	7	8	9	1	11	14	5	12	13	3	15	10	4	2
	VIKOR	6	7	9	8	1	12	14	5	11	13	4	15	10	3	2
	EDAS	6	9	10	8	1	11	14	5	12	13	3	15	7	2	4
	CODAS	6	8	10	9	1	12	14	4	11	13	5	15	7	2	3
	M-Referans	5	4	5	5	1	10	14	9	10	10	3	14	10	5	2
	REF	6	9	10	8	1	12	14	4	11	13	5	15	7	2	3
	KARMA†	4	5	12	1	15	3	14	11	2	7	10	13	8	6	9
KARMA‡	12	11	4	15	1	13	2	5	14	9	6	3	8	10	7	
11	TODIM	5	10	9	7	1	11	15	8	14	12	3	13	4	2	6
	REF*	6	9	10	8	1	12	14	4	11	13	5	15	7	2	3
	REF-II	6	9	10	8	1	12	14	5	11	13	3	15	7	2	4
	KARMA*†	4	8	9	1	15	3	14	12	2	5	10	13	6	7	11
	KARMA*‡	12	8	7	15	1	13	2	4	14	11	6	3	10	9	5
	RIM	6	7	9	8	1	12	14	3	11	13	4	15	10	5	2
	CP	4	7	2	9	1	13	14	15	10	11	5	12	8	3	6
	CP (DA Stdz.)	6	7	9	8	1	12	14	5	11	13	3	15	10	4	2
	TOPSIS	7	6	9	8	1	11	14	4	12	13	2	15	10	5	3
	VIKOR	6	7	9	8	1	12	14	4	11	13	3	15	10	5	2
	EDAS	6	9	10	8	1	11	14	5	12	13	3	15	7	2	4
	CODAS	6	8	10	9	1	11	14	3	12	13	5	15	7	4	2
	M-Referans	6	4	6	6	1	10	14	5	10	10	3	14	10	6	2
	REF	6	9	10	8	1	12	14	4	11	13	5	15	7	2	3
	KARMA†	4	5	12	1	15	3	14	11	2	7	8	13	9	6	10
KARMA‡	12	11	4	15	1	13	2	5	14	9	6	3	8	10	7	
12	TODIM	5	10	9	7	1	11	15	8	14	12	3	13	4	2	6
	REF*	6	9	10	8	1	12	14	4	11	13	5	15	7	2	3
	REF-II	6	9	10	8	1	11	14	5	12	13	3	15	7	2	4
	KARMA*†	4	9	7	1	15	3	14	12	2	5	10	13	8	6	11
	KARMA*‡	12	7	9	15	1	13	2	4	14	11	6	3	8	10	5
	RIM	7	6	9	8	1	12	14	2	11	13	4	15	10	5	3
	CP	4	7	2	9	1	13	14	15	10	11	5	12	8	3	6
	CP (DA Stdz.)	6	7	9	8	1	12	14	4	11	13	3	15	10	5	2
	TOPSIS	7	6	9	8	1	11	14	3	12	13	2	15	10	5	4
	VIKOR	7	6	9	8	1	12	14	4	11	13	3	15	10	5	2
	EDAS	6	9	10	8	1	11	14	5	12	13	3	15	7	2	4
	CODAS	6	7	10	9	1	11	14	2	12	13	4	15	8	5	3
	M-Referans	6	4	6	6	1	10	14	5	10	10	3	14	10	6	2
	REF	6	9	10	8	1	12	14	4	11	13	5	15	7	2	3
	KARMA†	5	4	12	1	15	3	14	8	2	6	11	13	9	7	10
KARMA‡	12	11	4	15	1	13	2	6	14	10	5	3	8	9	7	

* Tüm kriterler en az eşit aralıklı ölçekle ölçülmüş kabul edilmiştir.

† KARMA'da aranan çözüm alternatif kümesine en yakın alternatifin bulunmasıdır.

‡ KARMA'da aranan çözüm alternatif kümesine en uzak alternatifin bulunmasıdır.

M-Referans: MOORA Referans Nokta Tekniği

EK-7. Kriter Kümesindeki Değişimlere Göre Çözümler

Set	Teknik	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15
13	TODIM	5	10	8	7	1	11	14	9	15	12	3	13	4	2	6
	REF*	5	13	11	8	1	10	14	7	9	12	6	15	4	2	3
	REF-II	3	12	8	7	1	11	14	9	10	13	4	15	6	2	5
	KARMA**†	9	4	12	2	15	3	14	7	1	5	8	13	6	11	10
	KARMA**‡	7	12	4	14	1	13	2	9	15	11	8	3	10	5	6
	RIM	4	13	9	8	1	11	14	7	10	12	6	15	5	2	3
	CP	4	7	2	9	1	13	14	15	10	11	5	12	8	3	6
	CP (DA Stdz.)	4	13	10	8	1	11	14	7	9	12	6	15	5	2	3
	TOPSIS	5	13	7	9	1	11	14	8	10	12	4	15	6	2	3
	VIKOR	4	12	9	7	1	13	14	8	10	11	6	15	5	2	3
	EDAS	6	10	9	8	1	11	14	7	12	13	3	15	5	2	4
	CODAS	6	13	9	8	1	11	14	7	10	12	5	15	4	2	3
	M-Referans	6	6	6	9	2	12	14	13	10	11	5	14	4	1	3
	REF	5	13	11	8	1	10	14	7	9	12	6	15	4	2	3
	KARMA†	10	9	12	6	15	1	13	8	4	3	11	7	5	14	2
	KARMA‡	6	7	4	10	1	14	3	8	11	13	5	9	12	2	15
14	TODIM	4	9	10	7	1	11	15	8	13	12	3	14	6	2	5
	REF*	6	9	10	8	1	12	14	4	11	13	5	15	7	2	3
	REF-II	5	10	9	8	1	12	14	6	11	13	4	15	7	2	3
	KARMA**†	5	7	11	1	15	3	14	12	2	4	9	13	6	8	10
	KARMA**‡	11	9	5	15	1	13	2	4	14	12	7	3	10	8	6
	RIM	6	7	10	9	1	12	14	4	11	13	5	15	8	3	2
	CP	4	7	2	9	1	13	14	15	10	11	5	12	8	3	6
	CP (DA Stdz.)	5	7	10	8	1	12	14	6	11	13	4	15	9	3	2
	TOPSIS	6	7	8	10	1	12	14	5	11	13	3	15	9	4	2
	VIKOR	5	8	9	7	1	12	14	6	11	13	4	15	10	3	2
	EDAS	6	9	10	8	1	12	14	5	11	13	3	15	7	2	4
	CODAS	6	8	10	9	1	12	14	4	11	13	5	15	7	2	3
	M-Referans	5	4	5	8	1	10	14	9	10	10	3	14	10	5	2
	REF	6	9	10	8	1	12	14	4	11	13	5	15	7	2	3
	KARMA†	4	5	12	1	15	3	14	10	2	7	9	13	8	6	11
	KARMA‡	12	11	4	15	1	13	2	7	14	9	6	3	8	10	5
15	TODIM	7	9	11	6	1	10	14	8	15	12	3	13	4	2	5
	REF*	7	9	13	8	1	10	14	3	11	12	5	15	6	4	2
	REF-II	6	9	12	8	1	10	14	3	11	13	5	15	7	4	2
	KARMA**†	4	9	5	1	14	2	15	12	3	6	10	13	8	7	11
	KARMA**‡	12	7	11	15	2	14	1	4	13	10	6	3	8	9	5
	RIM	6	9	12	7	1	11	14	3	10	13	5	15	8	4	2
	CP	6	8	9	7	1	12	15	2	11	13	4	14	10	5	3
	CP (DA Stdz.)	6	9	12	7	1	11	14	3	10	13	5	15	8	4	2
	TOPSIS	6	8	10	7	1	11	14	3	12	13	4	15	9	5	2
	VIKOR	6	8	10	7	1	11	14	3	12	13	5	15	9	4	2
	EDAS	7	9	11	8	1	10	14	4	13	12	5	15	6	3	2
	CODAS	7	9	12	8	1	10	14	3	11	13	5	15	6	4	2
	M-Referans	6	5	6	6	1	10	14	3	10	10	4	14	10	6	2
	REF	7	9	13	8	1	10	14	3	11	12	5	15	6	4	2
	KARMA†	3	8	9	2	14	1	15	7	4	6	10	13	11	5	12
	KARMA‡	13	9	6	15	2	14	1	10	12	8	7	3	4	11	5

EK-7'nin devamı

Set	Teknik	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15
16	TODIM	5	10	9	7	1	11	15	8	14	12	3	13	4	2	6
	REF*	6	8	10	9	1	12	14	3	11	13	4	15	7	5	2
	REF-II	5	10	9	8	1	12	14	6	11	13	3	15	7	2	4
	KARMA**†	5	7	10	1	15	2	14	12	3	4	8	13	6	11	9
	KARMA**‡	11	9	6	15	1	14	2	4	13	12	8	3	10	5	7
	RIM	6	7	8	9	1	12	14	3	11	13	4	15	10	5	2
	CP	4	10	9	7	1	11	15	8	14	12	3	13	6	2	5
	CP (DA Stdz.)	5	9	10	8	1	11	14	6	12	13	4	15	7	2	3
	TOPSIS	7	5	6	9	4	13	14	2	10	12	3	15	11	8	1
	VIKOR	3	8	9	7	6	12	14	5	11	13	2	15	10	4	1
	EDAS	6	8	10	9	1	12	14	4	11	13	3	15	7	5	2
	CODAS	6	7	10	11	1	14	12	3	8	13	5	15	9	4	2
	M-Referans	3	2	3	6	15	8	13	7	8	8	5	13	8	12	1
	REF	6	9	10	8	1	12	14	5	11	13	4	15	7	2	3
	KARMA†	5	4	13	1	15	2	14	8	7	3	11	12	6	10	9
KARMA‡	11	12	3	15	1	14	2	8	9	13	5	4	10	6	7	
17	TODIM	11	5	7	9	15	6	1	8	2	4	13	3	10	14	12
	REF*	6	8	10	9	1	12	14	3	11	13	4	15	7	5	2
	REF-II	5	10	9	8	1	12	14	6	11	13	3	15	7	2	4
	KARMA**†	5	7	10	1	15	2	14	12	3	4	8	13	6	11	9
	KARMA**‡	11	9	6	15	1	14	2	4	13	12	8	3	10	5	7
	RIM	6	7	8	9	1	12	14	3	11	13	4	15	10	5	2
	CP	4	10	9	7	1	11	15	8	14	12	3	13	6	2	5
	CP (DA Stdz.)	5	9	10	8	1	11	14	6	12	13	4	15	7	2	3
	TOPSIS	11	1	3	9	15	6	8	2	4	5	12	10	13	14	7
	VIKOR	3	8	9	7	6	12	14	5	11	13	2	15	10	4	1
	EDAS	6	10	9	7	1	11	15	8	14	12	3	13	5	2	4
	CODAS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	M-Referans	8	1	2	4	15	5	11	3	5	5	13	11	9	14	9
	REF	6	9	10	8	1	12	14	5	11	13	4	15	7	2	3
	KARMA†	5	4	13	1	15	2	14	8	7	3	11	12	6	10	9
KARMA‡	11	12	3	15	1	14	2	8	9	13	5	4	10	6	7	
18	TODIM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	REF*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	REF-II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	KARMA**†	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	KARMA**‡	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	RIM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	CP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	CP (DA Stdz.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	TOPSIS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	VIKOR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	EDAS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	CODAS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	M-Referans	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	REF	6	9	10	8	1	12	14	5	11	13	4	15	7	2	3
	KARMA†	2	5	14	1	15	3	13	9	4	6	8	12	11	7	10
KARMA‡	14	11	2	15	1	13	3	5	12	10	8	4	6	9	7	

* Tüm kriterler en az eşit aralıklı ölçekle ölçülmüş kabul edilmiştir.

† KARMA'da aranan çözüm alternatif kümesine en yakın alternatifin bulunmasıdır.

‡ KARMA'da aranan çözüm alternatif kümesine en uzak alternatifin bulunmasıdır.

M-Referans: MOORA Referans Nokta Tekniği

EK-8. Alternatif Kümesindeki Değişime Göre Çözümler

Set	Teknik	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17
19	TODIM	5	10	9	7	1	11	-	8	14	12	3	13	4	2	6	-	-
	REF*	6	9	10	8	1	12	14	4	11	13	5	-	7	2	3	-	-
	REF-II	5	10	9	8	1	12	14	6	11	13	3	-	7	2	4	-	-
	RIM	6	7	10	9	1	12	14	4	11	13	5	-	8	3	2	-	-
	CP	4	7	2	9	1	13	14	-	10	11	5	12	8	3	6	-	-
	CP (Stdz.)	5	7	10	8	1	12	14	6	11	13	4	-	9	3	2	-	-
	TOPSIS	6	7	8	9	1	12	14	5	11	13	3	-	10	4	2	-	-
	VIKOR	5	8	9	7	1	12	14	6	11	13	4	-	10	3	2	-	-
	EDAS	6	10	9	8	1	11	14	5	13	12	3	-	7	2	4	-	-
	CODAS	6	8	10	9	1	12	14	5	11	13	4	-	7	2	3	-	-
	M-Referans	5	4	5	8	1	10	14	9	10	10	3	-	10	5	2	-	-
	KARMA*†	5	7	9	1	-	2	14	12	3	4	8	13	6	10	11	-	-
	KARMA*‡	11	9	5	-	1	13	2	4	14	12	7	3	10	8	6	-	-
	REF	6	9	10	8	1	12	14	4	11	13	5	-	7	2	3	-	-
	KARMA†	6	7	10	2	-	1	14	13	3	4	12	11	5	8	9	-	-
KARMA‡	10	9	4	-	1	13	2	6	14	5	7	3	12	11	8	-	-	
20	TODIM	5	10	9	7	1	11	-	8	-	12	3	13	4	2	6	-	-
	REF*	6	9	10	8	1	12	-	4	11	13	5	-	7	2	3	-	-
	REF-II	5	10	9	8	1	12	-	6	11	13	3	-	7	2	4	-	-
	RIM	6	7	10	9	1	12	-	4	11	13	5	-	8	3	2	-	-
	CP	4	7	2	9	1	13	-	-	10	11	5	12	8	3	6	-	-
	CP (Stdz.)	6	8	10	7	1	12	-	4	11	13	5	-	9	3	2	-	-
	TOPSIS	6	9	8	10	1	12	-	5	11	13	3	-	7	2	4	-	-
	VIKOR	5	8	9	7	1	12	-	4	11	13	6	-	10	3	2	-	-
	EDAS	6	9	10	8	1	11	-	5	12	13	3	-	7	2	4	-	-
	CODAS	6	10	8	9	1	12	-	5	11	13	4	-	7	2	3	-	-
	M-Referans	5	5	5	8	1	10	-	9	10	10	3	-	10	4	2	-	-
	KARMA*†	5	6	10	1	-	2	-	12	3	4	8	13	7	11	9	-	-
	KARMA*‡	13	10	5	-	1	11	2	4	-	7	9	3	12	8	6	-	-
	REF	6	9	10	8	1	12	-	4	11	13	5	-	7	2	3	-	-
	KARMA†	5	8	11	1	-	2	-	13	4	3	12	10	6	7	9	-	-
KARMA‡	11	12	4	-	2	13	1	6	-	5	8	3	9	10	7	-	-	
21	TODIM	5	10	9	7	1	11	-	8	-	12	3	-	4	2	6	-	-
	REF*	6	9	10	8	1	12	-	4	11	-	5	-	7	2	3	-	-
	REF-II	5	10	9	8	1	12	-	6	11	-	3	-	7	2	4	-	-
	RIM	6	7	10	9	1	12	-	4	11	-	5	-	8	3	2	-	-
	CP	4	7	2	9	1	-	-	-	10	11	5	12	8	3	6	-	-
	CP (Stdz.)	6	8	10	7	1	12	-	4	11	-	5	-	9	3	2	-	-
	TOPSIS	6	9	8	10	1	12	-	5	11	-	3	-	7	2	4	-	-
	VIKOR	5	8	9	7	1	12	-	4	11	-	6	-	10	3	2	-	-
	EDAS	6	10	9	8	1	11	-	5	12	-	3	-	7	2	4	-	-
	CODAS	6	10	8	9	1	12	-	5	11	-	4	-	7	2	3	-	-
	M-Referans	5	4	5	8	1	10	-	9	10	-	3	-	10	5	2	-	-
	KARMA*†	2	8	9	1	-	4	-	12	3	5	10	-	6	7	11	-	-
	KARMA*‡	-	8	5	-	1	11	2	4	-	9	10	3	12	7	6	-	-
	REF	6	9	10	8	1	12	-	4	11	-	5	-	7	2	3	-	-
	KARMA†	3	8	10	1	-	2	-	-	6	5	12	11	4	7	9	-	-
KARMA‡	11	10	4	-	2	-	1	5	-	6	12	3	8	9	7	-	-	

EK-8'in devamı

Set	Teknik	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17
22	TODIM	5	10	9	7	1	11	-	8	-	-	3	-	4	2	6	-	-
	REF*	6	9	10	8	1	-	-	4	11	-	5	-	7	2	3	-	-
	REF-II	5	10	9	8	1	-	-	6	11	-	3	-	7	2	4	-	-
	RIM	6	7	10	9	1	-	-	4	11	-	5	-	8	3	2	-	-
	CP	4	7	2	9	1	-	-	-	10	11	5	-	8	3	6	-	-
	CP (Stdz.)	6	8	10	7	1	-	-	4	11	-	5	-	9	3	2	-	-
	TOPSIS	6	9	8	10	1	-	-	5	11	-	3	-	7	2	4	-	-
	VIKOR	5	8	9	7	1	-	-	4	11	-	6	-	10	3	2	-	-
	EDAS	6	10	9	8	1	11	-	5	-	-	3	-	7	2	4	-	-
	CODAS	6	10	8	9	1	-	-	5	11	-	4	-	7	2	3	-	-
	M-Referans	5	4	5	8	1	-	-	9	10	-	3	-	10	5	2	-	-
	KARMA*†	2	9	8	1	-	4	-	-	3	5	10	-	7	6	11	-	-
	KARMA*‡	-	11	6	-	1	8	2	4	-	9	10	3	-	7	5	-	-
	REF	6	9	10	8	1	-	-	4	11	-	5	-	7	2	3	-	-
KARMA†	3	8	11	1	-	4	-	-	5	2	-	10	6	7	9	-	-	
KARMA‡	10	11	4	-	2	-	1	6	-	5	-	3	8	9	7	-	-	
23	TODIM	5	10	9	7	1	-	-	8	-	-	3	-	4	2	6	-	-
	REF*	6	9	10	8	1	-	-	5	-	-	4	-	7	2	3	-	-
	REF-II	5	10	9	8	1	-	-	6	-	-	3	-	7	2	4	-	-
	RIM	6	7	10	9	1	-	-	4	-	-	5	-	8	3	2	-	-
	CP	4	7	2	9	1	-	-	-	10	-	5	-	8	3	6	-	-
	CP (Stdz.)	6	8	10	7	1	-	-	4	-	-	5	-	9	3	2	-	-
	TOPSIS	6	9	8	10	1	-	-	5	-	-	4	-	7	2	3	-	-
	VIKOR	5	8	9	7	1	-	-	4	-	-	6	-	10	3	2	-	-
	EDAS	6	9	10	8	1	-	-	5	-	-	3	-	7	2	4	-	-
	CODAS	6	10	8	9	1	-	-	5	-	-	4	-	7	2	3	-	-
	M-Referans	5	3	5	8	1	-	-	9	-	-	3	-	10	5	2	-	-
	KARMA*†	2	9	8	1	-	4	-	-	3	5	10	-	6	7	-	-	-
	KARMA*‡	-	-	5	-	1	8	2	4	-	10	9	3	-	7	6	-	-
	REF	6	9	10	8	1	-	-	5	-	-	4	-	7	2	3	-	-
KARMA†	4	9	-	1	-	2	-	-	5	3	-	10	6	7	8	-	-	
KARMA‡	9	-	4	-	2	-	1	5	-	8	-	3	10	7	6	-	-	
24	TODIM	5	-	9	7	1	-	-	8	-	-	3	-	4	2	6	-	-
	REF*	6	9	-	8	1	-	-	4	-	-	5	-	7	2	3	-	-
	REF-II	5	-	9	8	1	-	-	6	-	-	3	-	7	2	4	-	-
	RIM	6	7	-	9	1	-	-	4	-	-	5	-	8	3	2	-	-
	CP	4	7	2	9	1	-	-	-	-	-	5	-	8	3	6	-	-
	CP (Stdz.)	5	8	-	7	1	-	-	4	-	-	6	-	9	3	2	-	-
	TOPSIS	6	9	8	-	1	-	-	5	-	-	4	-	7	2	3	-	-
	VIKOR	7	6	9	8	1	-	-	3	-	-	4	-	-	5	2	-	-
	EDAS	5	9	-	8	1	-	-	6	-	-	3	-	7	2	4	-	-
	CODAS	6	-	8	9	1	-	-	5	-	-	4	-	7	2	3	-	-
	M-Referans	4	4	4	8	1	-	-	9	-	-	4	-	-	3	2	-	-
	KARMA*†	5	9	8	3	-	2	-	-	1	4	-	-	6	7	-	-	-
	KARMA*‡	-	-	6	-	3	5	2	4	-	-	9	1	-	8	7	-	-
	REF	6	9	-	8	1	-	-	4	-	-	5	-	7	2	3	-	-
KARMA†	2	9	-	1	-	5	-	-	3	7	-	-	4	6	8	-	-	
KARMA‡	8	-	4	-	2	-	1	5	-	9	-	3	-	7	6	-	-	

EK-8'in devamı

Set	Teknik	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17
25	TODIM	5	-	-	7	1	-	-	8	-	-	3	-	4	2	6	-	-
	REF*	7	-	-	8	1	-	-	4	-	-	5	-	6	2	3	-	-
	REF-II	5	-	-	8	1	-	-	6	-	-	3	-	7	2	4	-	-
	RIM	6	7	-	-	1	-	-	4	-	-	5	-	8	3	2	-	-
	CP	4	7	2	-	1	-	-	-	-	-	5	-	8	3	6	-	-
	CP (Stdz.)	6	7	-	8	1	-	-	3	-	-	4	-	-	5	2	-	-
	TOPSIS	6	-	7	-	1	-	-	5	-	-	4	-	8	2	3	-	-
	VIKOR	6	7	-	8	1	-	-	3	-	-	4	-	-	5	2	-	-
	EDAS	5	-	-	8	1	-	-	6	-	-	3	-	7	2	4	-	-
	CODAS	6	-	8	-	1	-	-	5	-	-	4	-	7	2	3	-	-
	M-Referans	5	5	5	5	1	-	-	-	-	-	3	-	-	4	2	-	-
	KARMA*†	2	8	7	1	-	3	-	-	-	4	-	-	5	6	-	-	-
	KARMA*‡	-	-	5	-	1	6	2	4	-	-	-	3	-	7	8	-	-
	REF	7	-	-	8	1	-	-	4	-	-	5	-	6	2	3	-	-
	KARMA†	2	-	-	1	-	4	-	-	3	7	-	-	6	5	8	-	-
KARMA‡	8	-	4	-	3	-	1	5	-	-	-	2	-	7	6	-	-	
26	TODIM	5	-	-	7	1	-	-	-	-	-	3	-	4	2	6	-	-
	REF*	7	-	-	-	1	-	-	4	-	-	5	-	6	2	3	-	-
	REF-II	5	-	-	-	1	-	-	6	-	-	3	-	7	2	4	-	-
	RIM	6	7	-	-	1	-	-	4	-	-	5	-	-	3	2	-	-
	CP	4	7	2	-	1	-	-	-	-	-	5	-	-	3	6	-	-
	CP (Stdz.)	6	7	-	-	1	-	-	3	-	-	4	-	-	5	2	-	-
	TOPSIS	6	-	7	-	1	-	-	5	-	-	4	-	-	2	3	-	-
	VIKOR	6	7	-	-	1	-	-	3	-	-	4	-	-	5	2	-	-
	EDAS	5	-	-	-	1	-	-	6	-	-	3	-	7	2	4	-	-
	CODAS	6	-	-	-	1	-	-	5	-	-	4	-	7	2	3	-	-
	M-Referans	4	4	-	7	1	-	-	-	-	-	3	-	-	4	2	-	-
	KARMA*†	1	-	7	2	-	3	-	-	-	4	-	-	5	6	-	-	-
	KARMA*‡	-	-	5	-	1	7	2	4	-	-	-	3	-	6	-	-	-
	REF	7	-	-	-	1	-	-	4	-	-	5	-	6	2	3	-	-
	KARMA†	2	-	-	1	-	3	-	-	4	7	-	-	6	5	-	-	-
KARMA‡	-	-	4	-	1	-	2	7	-	-	-	3	-	6	5	-	-	
27	TODIM	5	-	-	-	1	-	-	-	-	-	3	-	4	2	6	-	-
	REF*	-	-	-	-	1	-	-	4	-	-	5	-	6	2	3	-	-
	REF-II	5	-	-	-	1	-	-	6	-	-	3	-	-	2	4	-	-
	RIM	6	-	-	-	1	-	-	4	-	-	5	-	-	3	2	-	-
	CP	4	-	2	-	1	-	-	-	-	-	5	-	-	3	6	-	-
	CP (Stdz.)	6	-	-	-	1	-	-	3	-	-	4	-	-	5	2	-	-
	TOPSIS	6	-	-	-	1	-	-	5	-	-	4	-	-	2	3	-	-
	VIKOR	6	-	-	-	1	-	-	3	-	-	4	-	-	5	2	-	-
	EDAS	5	-	-	-	1	-	-	6	-	-	3	-	-	2	4	-	-
	CODAS	6	-	-	-	1	-	-	5	-	-	4	-	-	2	3	-	-
	M-Referans	3	5	-	-	1	-	-	-	-	-	5	-	-	3	2	-	-
	KARMA*†	1	-	-	2	-	4	-	-	-	3	-	-	6	5	-	-	-
	KARMA*‡	-	-	5	-	1	-	3	4	-	-	-	2	-	6	-	-	-
	REF	-	-	-	-	1	-	-	4	-	-	5	-	6	2	3	-	-
	KARMA†	2	-	-	1	-	6	-	-	5	-	-	-	3	4	-	-	-
KARMA‡	-	-	5	-	1	-	2	-	-	-	-	3	-	6	4	-	-	

EK-8'in devamı

Set	Teknik	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17
28	TODIM	4	9	8	6	-	10	14	7	13	11	2	12	3	1	5	-	-
	REF*	5	8	9	7	-	11	13	4	10	12	3	14	6	1	2	-	-
	REF-II	4	9	8	7	-	11	13	5	10	12	2	14	6	1	3	-	-
	RIM	5	6	9	8	-	11	13	3	10	12	4	14	7	2	1	-	-
	CP	3	6	1	8	-	12	13	14	9	10	4	11	7	2	5	-	-
	CP (Stdz.)	4	7	9	6	-	11	13	5	10	12	3	14	8	2	1	-	-
	TOPSIS	5	6	7	9	-	11	13	4	10	12	2	14	8	3	1	-	-
	VIKOR	4	8	7	6	-	11	13	5	10	12	3	14	9	2	1	-	-
	EDAS	5	9	8	7	-	10	13	4	11	12	2	14	6	1	3	-	-
	CODAS	5	8	9	7	-	10	13	4	11	12	3	14	6	1	2	-	-
	M-Referans	4	3	4	7	-	9	13	8	9	9	2	13	9	4	1	-	-
	KARMA*†	5	7	9	1	-	2	14	12	3	4	8	13	6	10	11	-	-
	KARMA*‡	10	8	6	14	-	13	1	3	12	11	7	2	9	5	4	-	-
	REF	5	8	9	7	-	11	13	4	10	12	3	14	6	1	2	-	-
	KARMA†	6	7	10	2	-	1	14	13	3	4	12	11	5	8	9	-	-
KARMA‡	9	8	5	13	-	14	1	3	11	12	2	4	10	6	7	-	-	
29	TODIM	5	10	9	7	1	11	-	8	14	12	3	13	4	2	6	-	-
	REF*	6	9	10	8	1	12	-	5	11	13	4	14	7	2	3	-	-
	REF-II	5	10	9	8	1	12	-	6	11	13	3	14	7	2	4	-	-
	RIM	6	7	10	9	1	12	-	4	11	13	5	14	8	3	2	-	-
	CP	4	7	2	9	1	13	-	14	10	11	5	12	8	3	6	-	-
	CP (Stdz.)	5	7	10	8	1	12	-	6	11	13	4	14	9	3	2	-	-
	TOPSIS	6	7	8	10	1	12	-	5	11	13	3	14	9	4	2	-	-
	VIKOR	5	8	9	7	1	12	-	6	11	13	4	14	10	3	2	-	-
	EDAS	6	10	9	8	1	11	-	5	12	13	3	14	7	2	4	-	-
	CODAS	6	8	10	9	1	12	-	5	11	13	4	14	7	2	3	-	-
	M-Referans	5	5	5	8	1	10	-	9	10	10	3	14	10	4	2	-	-
	KARMA*†	4	6	11	1	14	3	-	12	2	5	9	13	7	8	10	-	-
	KARMA*‡	11	9	4	14	1	12	-	3	13	10	6	2	8	7	5	-	-
	REF	6	9	10	8	1	12	-	5	11	13	4	14	7	2	3	-	-
	KARMA†	4	7	13	1	14	3	-	9	2	8	11	12	5	6	10	-	-
KARMA‡	10	7	2	14	1	12	-	6	13	8	4	3	11	9	5	-	-	
30	TODIM	5	10	9	7	1	11	14	8	13	12	3	-	4	2	6	-	-
	REF*	6	9	10	8	1	12	14	4	11	13	5	-	7	2	3	-	-
	REF-II	5	10	9	8	1	12	14	6	11	13	3	-	7	2	4	-	-
	RIM	6	7	10	9	1	12	14	4	11	13	5	-	8	3	2	-	-
	CP	4	7	2	9	1	12	13	14	10	11	5	-	8	3	6	-	-
	CP (Stdz.)	5	7	10	8	1	12	14	6	11	13	4	-	9	3	2	-	-
	TOPSIS	6	7	8	9	1	12	14	5	11	13	3	-	10	4	2	-	-
	VIKOR	5	8	9	7	1	12	14	6	11	13	4	-	10	3	2	-	-
	EDAS	6	10	9	8	1	11	14	5	13	12	3	-	7	2	4	-	-
	CODAS	6	8	10	9	1	12	14	5	11	13	4	-	7	2	3	-	-
	M-Referans	5	4	5	8	1	10	14	9	10	10	3	-	10	5	2	-	-
	KARMA*†	4	7	11	1	13	3	14	12	2	5	9	-	6	8	10	-	-
	KARMA*‡	11	8	4	14	2	12	1	3	13	10	6	-	9	7	5	-	-
	REF	6	9	10	8	1	12	14	4	11	13	5	-	7	2	3	-	-
	KARMA†	5	8	12	1	14	3	13	7	2	9	11	-	4	6	10	-	-
KARMA‡	10	6	3	14	1	11	2	8	13	7	4	-	12	9	5	-	-	

EK-8'in devamı

Set	Teknik	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17
31	TODIM	5	11	10	7	1	12	16	9	15	13	3	14	4	2	6	7	-
	REF*	6	10	11	8	1	13	15	5	12	14	4	16	7	2	3	8	-
	REF-II	5	11	10	8	1	13	15	6	12	14	3	16	7	2	4	8	-
	RIM	6	7	11	9	1	13	15	4	12	14	5	16	8	3	2	9	-
	CP	4	7	2	9	1	14	15	16	11	12	5	13	8	3	6	9	-
	CP (Stdz.)	5	7	11	8	1	13	15	6	12	14	4	16	10	3	2	8	-
	TOPSIS	6	7	8	10	1	13	15	5	12	14	4	16	9	3	2	10	-
	VIKOR	5	9	10	7	1	13	15	6	12	14	4	16	11	3	2	7	-
	EDAS	6	11	10	8	1	12	15	5	13	14	3	16	7	2	4	8	-
	CODAS	6	8	11	9	1	13	15	5	12	14	4	16	7	2	3	9	-
	M-Referans	5	4	5	8	1	11	15	10	11	11	3	15	11	5	2	8	-
	KARMA*†	6	7	12	1	16	4	15	13	3	5	10	14	8	9	11	1	-
	KARMA*‡	11	10	5	15	1	13	2	4	14	12	7	3	9	8	6	15	-
	REF	6	10	11	8	1	13	15	5	12	14	4	16	7	2	3	8	-
	KARMA†	6	5	14	1	16	4	15	10	3	7	12	13	8	9	11	1	-
KARMA‡	11	12	3	15	1	13	2	7	14	10	5	4	9	8	6	15	-	
32	TODIM	6	11	10	8	1	12	16	9	15	13	4	14	5	3	7	1	-
	REF*	7	10	11	9	1	13	15	6	12	14	5	16	8	3	4	1	-
	REF-II	6	11	10	9	1	13	15	7	12	14	4	16	8	3	5	1	-
	RIM	7	8	11	10	1	13	15	5	12	14	6	16	9	4	3	1	-
	CP	5	8	3	10	1	14	15	16	11	12	6	13	9	4	7	1	-
	CP (Stdz.)	6	8	11	9	1	13	15	7	12	14	5	16	10	4	3	1	-
	TOPSIS	7	8	9	10	1	13	15	6	12	14	4	16	11	5	3	1	-
	VIKOR	6	9	10	8	1	13	15	7	12	14	5	16	11	4	3	1	-
	EDAS	7	11	10	9	1	12	15	6	13	14	4	16	8	3	5	1	-
	CODAS	7	9	11	10	1	13	15	6	12	14	5	16	8	3	4	1	-
	M-Referans	6	5	6	9	1	11	15	10	11	11	4	15	11	6	3	1	-
	KARMA*†	4	7	11	1	13	3	16	12	2	5	9	15	6	8	10	13	-
	KARMA*‡	13	10	6	16	3	14	1	5	15	12	8	2	11	9	7	3	-
	REF	7	10	11	9	1	13	15	6	12	14	5	16	8	3	4	1	-
	KARMA†	5	7	13	1	14	3	16	9	2	8	11	12	4	6	10	14	-
KARMA‡	12	9	5	16	1	13	3	8	15	10	6	4	14	11	7	1	-	
33	TODIM	6	12	11	8	1	13	17	10	16	14	4	15	5	3	7	8	1
	REF*	7	11	12	9	1	14	16	6	13	15	5	17	8	3	4	9	1
	REF-II	6	12	11	9	1	14	16	7	13	15	4	17	8	3	5	9	1
	RIM	7	8	12	10	1	14	16	5	13	15	6	17	9	4	3	10	1
	CP	5	8	3	10	1	15	16	17	12	13	6	14	9	4	7	10	1
	CP (Stdz.)	6	8	12	9	1	14	16	7	13	15	5	17	11	4	3	9	1
	TOPSIS	7	8	9	11	1	14	16	6	13	15	5	17	10	4	3	11	1
	VIKOR	6	10	11	8	1	14	16	7	13	15	5	17	12	4	3	8	1
	EDAS	7	12	11	9	1	13	16	6	14	15	4	17	8	3	5	9	1
	CODAS	7	9	12	10	1	14	16	6	13	15	5	17	8	3	4	10	1
	M-Referans	6	5	6	9	1	12	16	11	12	12	4	16	12	6	3	9	1
	KARMA*†	5	7	12	1	14	4	17	13	3	6	10	16	8	9	11	1	14
	KARMA*‡	13	11	6	16	3	14	1	5	15	12	8	2	10	9	7	16	3
	REF	7	11	12	9	1	14	16	6	13	15	5	17	8	3	4	9	1
	KARMA†	7	8	14	1	16	5	15	10	3	6	12	13	4	9	11	1	16
KARMA‡	11	10	5	16	1	12	3	8	15	13	6	4	14	9	7	16	1	

EK-8'in devamı

Set	Teknik	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17
34	TODIM	6	12	11	9	1	13	17	10	16	14	4	15	5	2	7	2	7
	REF*	8	11	12	10	1	14	16	7	13	15	6	17	9	2	4	2	4
	REF-II	7	12	11	10	1	14	16	8	13	15	4	17	9	2	5	2	5
	RIM	8	9	12	11	1	14	16	6	13	15	7	17	10	4	2	4	2
	CP	5	9	2	11	1	15	16	17	12	13	6	14	10	3	7	3	7
	CP (Stdz.)	7	9	12	10	1	14	16	8	13	15	6	17	11	4	2	4	2
	TOPSIS	8	9	10	11	1	13	16	7	14	15	4	17	12	5	2	5	2
	VIKOR	7	10	11	9	1	14	16	8	13	15	6	17	12	4	2	4	2
	EDAS	8	12	11	10	1	13	16	7	15	14	4	17	9	2	5	2	5
	CODAS	8	10	12	11	1	14	16	7	13	15	6	17	9	2	4	2	4
	M-Referans	6	4	6	10	1	12	16	11	12	12	4	16	12	6	2	6	2
	KARMA*†	3	11	13	1	15	4	17	14	2	8	12	16	7	5	9	5	9
	KARMA*‡	15	7	5	17	3	14	1	4	16	10	6	2	11	12	8	12	8
	REF	8	11	12	10	1	14	16	7	13	15	6	17	9	2	4	2	4
	KARMA†	7	12	15	1	17	6	16	11	2	8	13	14	3	4	9	4	9
KARMA‡	12	6	3	17	1	14	2	9	15	13	5	4	16	10	7	10	7	
35	TODIM	6	10	11	8	2	12	16	9	15	13	4	14	5	3	7	1	-
	REF*	7	10	11	9	1	13	15	5	12	14	6	16	8	3	4	2	-
	REF-II	5	11	10	9	1	13	15	6	12	14	3	16	8	2	4	7	-
	RIM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	CP	5	8	3	10	2	14	15	16	11	12	6	13	9	4	7	1	-
	CP (Stdz.)	7	9	11	8	2	13	15	5	12	14	6	16	10	4	3	1	-
	TOPSIS	7	8	10	11	2	13	15	6	12	14	5	16	9	4	3	1	-
	VIKOR	6	9	10	8	2	13	15	7	12	14	5	16	11	4	3	1	-
	EDAS	7	10	11	9	2	12	15	6	13	14	4	16	8	3	5	1	-
	CODAS	7	9	11	10	2	13	15	6	12	14	5	16	8	3	4	1	-
	M-Referans	4	6	2	10	2	14	15	16	11	12	6	13	9	4	7	1	-
	KARMA*†	3	8	10	1	14	4	15	12	2	5	9	13	6	7	11	16	-
	KARMA*‡	14	9	7	16	3	13	2	5	15	12	8	4	11	10	6	1	-
	REF	7	10	11	9	1	13	15	5	12	14	6	16	8	3	4	2	-
	KARMA†	5	9	13	1	15	3	14	7	2	8	11	12	4	6	10	16	-
KARMA‡	12	7	4	16	2	13	3	10	15	9	6	5	14	11	8	1	-	
36	TODIM	5	10	9	7	1	11	15	8	14	12	3	13	4	2	6	16	-
	REF*	6	9	10	8	1	12	14	5	11	13	4	15	7	2	3	16	-
	REF-II	5	10	9	8	1	12	14	6	11	13	3	15	7	2	4	16	-
	RIM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	CP	4	7	2	9	1	13	14	15	10	11	5	12	8	3	6	16	-
	CP (Stdz.)	6	7	10	8	1	12	14	5	11	13	4	15	9	3	2	16	-
	TOPSIS	6	8	7	10	1	13	14	5	11	12	3	15	9	2	4	16	-
	VIKOR	5	8	9	7	1	12	14	6	11	13	4	15	10	3	2	16	-
	EDAS	6	10	9	8	1	11	14	5	13	12	3	15	7	2	4	16	-
	CODAS	6	9	10	8	1	12	14	5	11	13	4	15	7	2	3	16	-
	M-Referans	5	4	5	8	1	10	14	9	10	10	3	14	10	5	2	14	-
	KARMA*†	5	7	10	1	16	3	14	12	2	4	8	13	6	9	11	15	-
	KARMA*‡	12	10	7	16	1	14	3	5	15	13	9	4	11	8	6	2	-
	REF	6	9	10	8	1	12	14	5	11	13	4	15	7	2	3	16	-
	KARMA†	5	4	12	1	15	3	14	11	2	6	9	13	8	7	10	16	-
KARMA‡	12	13	5	16	2	14	3	6	15	11	7	4	9	10	8	1	-	

EK-8'in devamı

Set	Teknik	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17
37	TODIM	6	10	11	8	2	12	16	9	15	13	4	14	5	3	7	1	17
	REF*	7	10	11	9	1	13	15	5	12	14	6	16	8	2	4	3	17
	REF-II	5	11	10	9	1	13	15	6	12	14	3	16	8	2	4	7	17
	RIM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	CP	5	8	3	10	2	14	15	16	11	12	6	13	9	4	7	1	17
	CP (Stdz.)	7	9	11	8	2	13	15	5	12	14	6	16	10	4	3	1	17
	TOPSIS	7	8	9	11	2	13	15	6	12	14	5	16	10	3	4	1	17
	VIKOR	6	9	10	8	2	13	15	7	12	14	5	16	11	4	3	1	17
	EDAS	7	10	11	9	2	12	15	6	13	14	4	16	8	3	5	1	17
	CODAS	7	10	11	9	2	13	15	6	12	14	5	16	8	3	4	1	17
	M-Referans	5	7	3	10	2	14	15	16	11	12	6	13	9	4	7	1	17
	KARMA*†	4	8	6	1	14	2	16	12	3	7	10	13	9	5	11	17	15
	KARMA*‡	14	10	12	17	4	16	2	6	15	11	8	5	9	13	7	1	3
	REF	7	10	11	9	1	13	15	5	12	14	6	16	8	2	4	3	17
	KARMA†	5	4	13	1	15	2	14	9	3	6	11	12	7	8	10	17	16
	KARMA‡	13	14	5	17	3	16	4	10	15	11	7	6	12	9	8	1	2

* Tüm kriterler en az eşit aralıklı ölçekle ölçülmüş kabul edilmiştir.

† KARMA'da aranan çözüm alternatif kümesine en yakın alternatifin bulunmasıdır.

‡ KARMA'da aranan çözüm alternatif kümesine en uzak alternatifin bulunmasıdır.

M-Referans: MOORA Referans Nokta Tekniği

EK-9. Parametre Değişimine Göre Çözümler

Set	Teknik	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15
38	REF*	5	9	10	8	1	12	14	6	11	13	4	15	7	2	3
	REF-II	5	9	10	8	1	12	14	6	11	13	3	15	7	2	4
	REF	5	9	10	8	1	12	14	6	11	13	4	15	7	2	3
	RIM	6	7	10	9	1	12	14	5	11	13	4	15	8	3	2
39	REF*	5	9	10	8	1	12	14	6	11	13	4	15	7	2	3
	REF-II	5	10	8	9	1	12	14	6	11	13	3	15	7	2	4
	REF	5	9	10	8	1	12	14	6	11	13	4	15	7	2	3
40	REF*	5	9	10	8	1	12	14	6	11	13	4	15	7	2	3
	REF-II	5	10	8	9	1	12	14	6	11	13	3	15	7	2	4
	REF	5	9	10	8	1	12	14	6	11	13	4	15	7	2	3
41	REF*	6	9	10	8	1	12	14	5	11	13	4	15	7	2	3
	REF-II	5	10	8	9	1	12	14	6	11	13	3	15	7	2	4
	REF	6	9	10	8	1	12	14	5	11	13	4	15	7	2	3
42	REF*	6	9	10	8	1	12	14	5	11	13	4	15	7	2	3
	REF-II	5	10	8	9	1	12	14	6	11	13	3	15	7	2	4
	REF	6	9	10	8	1	12	14	5	11	13	4	15	7	2	3
43	REF*	6	9	10	8	1	12	14	5	11	13	4	15	7	2	3
	REF-II	5	10	8	9	1	12	14	6	11	13	3	15	7	2	4
	REF	6	9	10	8	1	12	14	5	11	13	4	15	7	2	3
44	REF*	6	9	10	8	1	12	14	5	11	13	4	15	7	2	3
	REF-II	5	10	8	9	1	12	14	6	11	13	3	15	7	2	4
	REF	6	9	10	8	1	12	14	5	11	13	4	15	7	2	3
45 - 49	REF*	6	9	10	8	1	12	14	5	11	13	4	15	7	2	3
	REF-II	5	10	9	8	1	12	14	6	11	13	3	15	7	2	4
	REF	6	9	10	8	1	12	14	5	11	13	4	15	7	2	3
50	REF-II ($\rho=0$)	5	10	9	8	1	12	14	6	11	13	3	15	7	2	4
	REF-II ($\rho=1$)	5	10	9	8	1	12	14	6	11	13	3	15	7	2	4
	REF-II ($\rho=2$)	5	10	9	8	1	12	14	6	11	13	3	15	7	2	4
	REF-II ($\rho=3$)	5	10	9	8	1	12	14	6	11	13	3	15	7	2	4
	REF-II ($\rho=4$)	5	10	9	8	1	12	14	6	11	13	3	15	7	2	4
	REF-II ($\rho=5$)	5	10	9	8	1	12	14	6	11	13	3	15	7	2	4
	REF-II ($\rho=6$)	5	10	9	8	1	12	14	6	11	13	3	15	7	2	4
	REF-II ($\rho=7$)	5	10	9	8	1	12	14	6	11	13	3	15	7	2	4
	REF-II ($\rho=8$)	5	10	9	8	1	12	14	6	11	13	3	15	7	2	4
	REF-II ($\rho=9$)	5	10	9	8	1	12	14	6	11	13	3	15	7	2	4
	REF-II ($\rho=10$)	5	10	9	8	1	12	14	6	11	13	3	15	7	2	4

* Tüm kriterler en az eşit aralıklı ölçekle ölçülmüş kabul edilmiştir.