



SİVAS
CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
Sosyal Bilimler Enstitüsü
İşletme Anabilim Dalı

**ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI ve BÜTÜNLEŞTİRİLMESİ: OECD
VERİLERİ ÜZERİNE BİR UYGULAMA**

Doktora Tezi

Rahim ARSLAN

SİVAS
Temmuz 2018

SİVAS
CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
Sosyal Bilimler Enstitüsü
İşletme Anabilim Dalı

**ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI ve BÜTÜNLEŞTİRİLMESİ: OECD
VERİLERİ ÜZERİNE BİR UYGULAMA**

Doktora Tezi

Rahim ARSLAN

Tez Danışmanı
Doç. Dr. Hüdaverdi BİRCAN

SİVAS
Temmuz 2018

ETİK İLKELERE UYGUNLUK BEYANI

Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü bünyesinde hazırladığım bu Yüksek Lisans/Doktora/Sanatta Yeterlik tezinin bizzat tarafımdan ve kendi sözcüklerimle yazılmış orijinal bir çalışma olduğunu ve bu tezde;

- 1- Çeşitli yazarların çalışmalarından faydalandığımda bu çalışmaların ilgili bölümlerini doğru ve net biçimde göstererek yazarlara açık biçimde atıfta bulunduğumu;
- 2- Yazdığım metinlerin tamamı ya da sadece bir kısmı, daha önce herhangi bir yerde yayımlanmışsa bunu da açıkça ifade ederek gösterdiğimi;
- 3- Başkalarına ait alıntılanan tüm verileri (tablo, grafik, şekil vb. de dahil olmak üzere) atıflarla belirttiğimi;
- 4- Başka yazarların kendi kelimeleriyle alıntıladığım metinlerini, tırnak içerisinde veya farklı dizerek verdiğim yine başka yazarlara ait olup fakat kendi sözcüklerimle ifade ettiğim hususları da istisnasız olarak kaynak göstererek belirttiğimi,

beyan ve bu etik ilkeleri ihlal etmiş olmam halinde bütün sonuçlarına katlanacağımı kabul ederim.

17.10/2018

Rahim ARSLAN



TEŐEKKÜR

Öncelikle tez çalıőmamda yardımlarını ve katkılarını benden esirgemeyen, çalışma boyunca beni yönlendirerek bana danışmanlık yapan değerli hocam Doç. Dr. Hüdaverdi Bircan'a teőekkürlerimi sunarım. Sayın Prof. Dr. Mahmut KARTAL ve Prof. Dr. Mehmet Ali ALAN hocalarıma tüm doktora sürecinde bana güvendikleri ve desteklerini esirgemedikleri için en içten duygularıyla teőekkürlerimi sunuyorum. Bu çalıőmayı yapmama büyük destek veren, akademik tecrübeleriyle bana yol gösteren çalışma arkadaşlarıma teőekkürü borç bilirim. Çıktığım bu zorlu süreçte çalıőmamda kullanacağım veri seçiminde, kriterlerin belirlenmesinde yardımcı olan Dr. Öğr. Üyesi Zekai ŐENOL hocama, değerli görüşleriyle katkıda bulunan Dr. Arő. Gör. Sait BARDAKCI'ya teőekkürlerimi sunuyorum.

Bu çalıőmam boyunca maddi manevi destekleriyle her zaman yanımda olan değerli aileme, çalışma arkadaşlarıma teőekkürlerimi sunuyorum.

Rahim ARSLAN

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	i
KISALTMALAR	v
TABLolar LİSTESİ	vii
ÖZET	xi
ABSTRACT	xiii
1. GİRİŞ	1
2. KARAR VERME	9
2.1. Karar ve Karar Verme Kavramı	9
2.2. Karar Analizi Yöntemleri	11
2.2.1. Tek Amaçlı Karar Verme Yöntemleri	12
2.2.2. Karar Destek Sistemleri	12
2.2.3. Çok Kriterli Karar Verme	12
2.3. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri	13
2.3.1. MACBETH Yöntemi	13
2.3.2. Uta Yöntemi	16
2.3.3. UTA ^{GMS} Yöntemi	19
2.3.4. TOPSIS Yöntemi.....	21
2.3.5. PROMETHEE Yöntemi	23
2.3.6. Gri İlişkisel Analiz	29
2.3.7. MAUT Yöntemi	31
2.3.8. VIKOR Yöntemi	34
2.3.9. CP (Compromise Programming) Yöntemi.....	36
2.3.10. ELECTRE Yöntemi	37

2.3.11. AHP Yöntemi	51
2.3.12. MOORA Yöntemi	53
2.3.13. ARAS Yöntemi	55
2.3.14. Copeland Yöntemi.....	58
2.3.15. COPRAS Yöntemi	61
2.4. Çok Kriterli Karar Verme Tekniklerinde Kullanılan Normalizasyon Teknikleri	63
2.4.1. Doğrusal Orantı	64
2.4.2. Doğrusal Sabit Yöntemi	66
2.4.3. Z Skor Standartlaştırma Yöntemi	68
2.4.4. Vektör Ölçeklendirme Yöntemi	69
2.4.5. Belli Bir Referans Noktasına Göre Normalizasyon	70
2.5. Çok Kriterli Karar Verme Tekniklerinde Kriterlerin Ağırlıklandırılması.....	71
2.5.1. Basit Ağırlıklandırma Yöntemi	72
2.5.2. Entropi Yöntemi	72
2.5.3. Öz Vektör Yöntemi	76
2.5.4. Ağırlıklı En Küçük Kareler Yöntemi	77
2.5.5. CRITIC Yöntemi	78
2.5.6. Standart Sapma Yöntemi.....	79
2.5.7. İstatistiksel Varyans Yöntemi.....	80
3. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI: OECD VERLERİ ÜZERİNE BİR UYGULAMA	81
3.1. Araştırmada Kullanılan ÇKKV Yöntemleri ve Normalizasyon Teknikleri ...	81
3.2. Araştırmada Kullanılan Alternatif ve Kriterler	81
3.3. Araştırmanın Amacı ve Önemi.....	83
3.4. Araştırmanın Kısıtları	84

3.5. Farklı Normalizasyon Tekniklerinin Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin (TOPSIS, GİA, VIKOR, Copras, MOORA, MOORA Referans Nokta, ARAS) Sonuçlarına Etkisi	84
3.5.1. Farklı Normalizasyon Tekniklerinin TOPSIS Yöntemi Sonuçlarına Etkisi.....	90
3.5.2 Farklı Normalizasyon Tekniklerinin Gri İlişkisel Analiz (GİA) Yöntemi Sonuçlarına Etkisi.....	96
3.5.3. VIKOR Yönteminde Farklı Normalizasyon Tekniklerinin Etkisi	101
3.5.4. COPRAS Yönteminde Farklı Normalizasyon Tekniklerinin Etkisi ..	104
3.5.5. MOORA Yönteminde Farklı Normalizasyon Tekniklerinin Etkisi ...	107
3.5.6. MOORA Referans Nokta Yönteminde Farklı Normalizasyon Tekniklerinin Etkisi	110
3.5.7. ARAS Yönteminde Farklı Normalizasyon Tekniklerinin Etkisi	114
3.6. Çok Kriterli Karar Verme Tekniklerinde (Topsis, Gia, Vıkor, Copras, Moora, Moora Referans Nokta ve ARAS) Alternatif Sayısının Sıralama Sonuçlarına Etkisi.....	118
3.6.1. TOPSIS Yönteminde Alternatif Sayısının Sıralama Sonuçlarına Etkisi	120
3.6.2. GİA Yönteminde Alternatif Sayısının Sıralama Sonuçlarına Etkisi ..	121
3.6.3. VIKOR Yönteminde Alternatif Sayısının Sıralama Sonuçlarına Etkisi.....	123
3.6.4. COPRAS Yönteminde Alternatif Sayısının Sıralama Sonuçlarına Etkisi.....	125
3.6.5. MOORA ve MOORA Referans Nokta Yöntemlerinde Alternatif Sayısının Sıralama Sonuçlarına Etkisi.....	125
3.6.6. ARAS Yönteminde Alternatif Sayısının Sıralama Sonuçlarına Etkisi.....	126

3.7. Farklı Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden (Topsis, GİA, VIKOR, Copras, MOORA, ARAS) Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırılması Ve Bütünleştirilmesi.....	127
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	139
KAYNAKÇA.....	143
Ek-1. İkili Karşılaştırma Sonucu Elde Edilen Copeland Puanı Sonuçları	160
ÖZ GEÇMİŞ.....	165



KISALTMALAR

AHP	: Analitik Hiyerarşi Prosesi
CP	: Compromise Programming
CRITIC	: Criteria Importance Through Intercriteria Correlation
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
ELECTRE	: ELimination and Choice Expressing REality Enrichment Evaluations
GİA	: Gri İlişkisel Analiz
MADM	: Multiple Attribute Decision Making
MAUT	: Multiple Attribute Utility Theory
MCDA	: Multiple Criteria Decision Analysis
MCDM	: Multiple Criteria Decision Making
PROMETHEE	: Preference Ranking Organization METHod for Resenje
SAW	: Simple Additive Weighting
SD	: Standard Deviation
TOPSIS	: Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution
VIKOR	: VİseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno



TABLolar LİSTESİ

Tablo 1. Anlam Kategorisi	14
Tablo 2. Promethee Veri Matrisi.....	24
Tablo 3. Promethee Tercih Fonksiyonları.....	25
Tablo 4. Tablo Çok Ölçütlü Karar Tablosu	40
Tablo 5. Copeland İkili Karşılaştırma Matrisi	59
Tablo 6. Alternatifler Arası Oy Sayım Sonuçları Tablosu.....	59
Tablo 7. Galibiyet – Yenilgi Ve Beraberlik Matrisi Tablosu.....	60
Tablo 8. Galibiyet, Yenilgi ve Copeland Puanları	60
Tablo 9. Alternatiflerin Copeland Puanlarına Göre Sıralanması	61
Tablo 10. Kalitatif Olarak Elde Dilen Verilerin Sayısallaştırılması	64
Tablo 11. Kriterlerin Maksimum ve Minimum Değerleri	65
Tablo 12. Kriterlerin Fayda ve Maliyet Özelliklerine Göre Ölçeklendirilmesi	65
Tablo 13. Ölçeklendirilmiş Karar Matrisi.....	65
Tablo 14. Kriterlerin Maksimum ve Minimum Değerleri	66
Tablo 15. Kriterlerin Fayda ve Maliyet Özelliklerine Göre Ölçeklendirilmesi	67
Tablo 16. Ölçeklendirilmiş Karar Matrisi	67
Tablo 17. Ölçeklendirilmiş Karar Matrisi.....	68
Tablo 18. Kriterlerin Ortalama ve Standart Sapma Değerlerine Göre Ölçeklendirilmesi	68
Tablo 19. Ölçeklendirilmiş Karar Matrisi	69
Tablo 20. Kriterlerin Kareler Toplamı ve Karekök Değerleri	69
Tablo 21. Ölçeklendirilmiş Karar Matrisi.....	69
Tablo 22. Kriterlerin Ortalamaları	70
Tablo 23. Kriterlerin Ortalama Değer Referans Alınarak Normalize Edilmesi.....	71

Tablo 24. Kriterlerin Toplam Değeri Referans Alınarak Normalize Edilmesi	71
Tablo 25. Kriterler ve Alternatifler Simgesi	85
Tablo 26. Alternatiflere Ait Kriter Değerlerinden Oluşan Başlangıç Matrisi.....	86
Tablo 27. Karekök Normalize Edilmiş Matris	87
Tablo 28. Toplam Normalize Edilmiş Matris	88
Tablo 29. Maks-Min Normalize Edilmiş Matris.....	89
Tablo 30. Maks Normalize Edilmiş Matris.....	90
Tablo 31. TOPSIS Yöntemi Pozitif ve Negatif İdeal Değerleri.....	91
Tablo 32. TOPSIS Yöntemi Pozitif İdeal Ayrım Değerleri	91
Tablo 33. TOPSIS Yöntemi Negatif İdeal Ayrım Değerleri.....	92
Tablo 34. Karar Noktalarının İdeal Çözümüne Görelİ Yakınlığı.....	93
Tablo 35. TOPSIS Yöntemi Farklı Normalizsyon Yöntemlerine Ait Sıralamalar	94
Tablo 36. TOPSIS Yöntemi Normalizasyon Tekniklerinden Elde Edilen Sıralama Sonuçları Arasındaki Korelasyon	94
Tablo 37. GİA Referans Matrisi.....	96
Tablo 38. GİA Fark Değer Matrisi.....	96
Tablo 39. Gri İlişkisel Katsayı Matrisi.....	97
Tablo 40. Gri İlişkisel Dereceler	98
Tablo 41. Gri İlişkisel Yöntemi Farklı Normalizsyon Yöntemlerine Ait Sıralamalar .	99
Tablo 42. GİA Yöntemi Normalizasyon tekniklerinden Elde Edilen Sıralama Sonuçları Arasındaki Korelasyon	99
Tablo 43. VIKOR En İyi Ve En Kötü Değerleri.....	101
Tablo 44. Si ve Ri Değerleri.....	101
Tablo 45. $S^* = \min S_i$, $S^- = \max S_i$, $R^* = \min R_i$, $R^- = \max R_i$ değerleri	102
Tablo 46. “q” Değerlerine Göre Qi Skorları	102
Tablo 47. VIKOR Yöntemi Farklı Normalizsyon Yöntemlerine Ait Sıralamalar ...	103

Tablo 48. VIKOR Yöntemi Normalizasyon tekniklerinden Elde Edilen Sıralama Sonuçları Arasındaki Korelasyon	104
Tablo 49. Copras Yöntemi Qi, Pi ve sıralama değerleri	105
Tablo 50. COPRAS Yöntemi Farklı Normalizasyon Yöntemlerine Ait Sıralamalar	106
Tablo 51. COPRAS Yöntemi Normalizasyon Tekniklerinden Elde Edilen Sıralama Sonuçları Arasındaki Korelasyon.....	106
Tablo 52. MOORA Yöntemi Skorları Ve Sıralaması	108
Tablo 53. MOORA Yöntemi farklı normalizasyon yöntemlerine ait sıralamalar	109
Tablo 54. MOORA Yöntemi Normalizasyon teknikleri Arasındaki Korelasyon Tablosu	109
Tablo 55. Alternatiflerin x_{ijmaks} * değerine uzaklıkları	111
Tablo 56. MOORA Referans Nokta Yöntemi Skorları Ve Sıralaması	112
Tablo 57. MOORA Referans Nokta Yöntemi Farklı Normalizasyon Yöntemlerine Ait Sıralamalar.....	113
Tablo 58. MOORA Referans Nokta Yöntemi Normalizasyon teknikleri Arasındaki Korelasyon Tablosu	114
Tablo 59. ARAS En İyi Optimal Satır Normalize Değerleri (X_{0j}).....	114
Tablo 60. ARAS Yöntemi Si, Ki Ve Sıralama Değerleri	115
Tablo 61. ARAS Yöntemi Farklı Normalizasyon tekniklerine Ait Sıralamalar	116
Tablo 62. ARAS Yöntemi Normalizasyon tekniklerinden Elde Edilen Sıralama Sonuçları Arasındaki Korelasyon	117
Tablo 63. Karşılaştırılan Ülke ve Kriter Simgeleri	118
Tablo 64. Yöntemlerin 23 Alternatife ve 12 Alternatife Göre Sıralama Sonuçları ile Sıra Korelasyon Katsayıları.....	119
Tablo 65. TOPSIS Yöntemi Pozitif Ve Negatif İdeal Değerleri.....	121
Tablo 66. GİA Yöntemi Maksimum ve Minimum Değerleri	122
Tablo 67. GİA Yöntemi Referans Değerleri	122

Tablo 68. VIKOR Yöntemi En İyi Ve En Kötü Değerler	124
Tablo 69. VIKOR Yöntemi Si ve Ri Değerleri	124
Tablo 70. MOORA Referans Nokta Yaklaşımında alınan Referans Değerleri	126
Tablo 71. Karşılaştırılan Ülke ve Kriter Simgeleri	128
Tablo 72. TOPSIS, GİA, VIKOR Ve MOORA Referans Nokta Yaklaşımı Sıralama Sonuçları	129
Tablo 73. Alternatiflerin Toplam Puanı	131
Tablo 74. Galibiyet – Yenilgi Ve Beraberlik Matrisi.....	133
Tablo 75. (Galibiyet+ Yenilgi) Copeland Puanları	134
Tablo 76. Alternatiflerin Copeland Puanlarına Göre ve Uygulanan Yöntemlere Göre Sıralanması	135
Tablo 77. Copeland yöntemi, TOPSIS, GİA, VIKOR ve MOORA referans nokta yöntemleri Arasındaki sıra korelasyon ilişkisi	135
Tablo 78. COPRAS, MOORA, ARAS Yöntemleri ve Bütünleşik Sıralama Sonuçları	136
Tablo 79. COPRAS, MOORA, ARAS Ve Bütünleşik Sıralama Arasındaki Korelasyon	137

ÖZET

Çok kriterli karar verme yöntemleri (ÇKKV), birçok alanda karar verme problemlerinin çözümünde, belirli ölçütler doğrultusunda alternatiflerin sıralanmasında, en iyi alternatifin seçilmesinde kullanılmaktadır. Aynı seçim ya da sıralama problemlerinde birden fazla ÇKKV yöntemi kullanılabilen, kullanılan yöntemlerin sonuçları farklılıklar gösterebilmektedir. Kullanım amacına göre bu yöntemlerden bazıları alternatifleri belirli referans noktasına uzaklığa göre, bazıları ise alternatifleri kriterlerin üstünlüklerine göre sıralamaktadır. Birçok çalışmada amacı farklı olan yöntemler aynı amaç için kullanılmakta, bununla birlikte aynı amaca hizmet edip farklı sıralama sonuçları sunan yöntemlerin hangisinin kullanılacağı da ayrı bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Böyle bir durumda hangi ÇKKV yönteminin uygulanmasının doğru olacağı ve birden fazla yöntem uygulandığında sonuçlarının ortak bir çözüm olarak sunulması çözüm bekleyen bir sorundur. Bu çalışmanın uygulama kısmı üç aşamadan oluşmaktadır. Çalışmanın üç aşamasında da OECD üyesi 23 ülkeye ait veriler kullanılmıştır. Dünya Bankası veri tabanından elde edilen, genel kabul görmüş beş kriter bu ülkelerin sıralanmasında kullanılmıştır.

Çalışmada ilk olarak ÇKKV yöntemlerinin en çok kullanılan normalizasyon tekniklerine duyarlılığı incelenmiştir. Karekök, toplamsal, maksimum-minimum ve maksimum olmak üzere 4 normalizasyon tekniği verileri ölçeklendirmede kullanılmıştır. TOPSIS, Gri İlişkisel Analiz, VIKOR, Copras, MOORA, MOORA Referans Nokta ve ARAS yöntemlerinin çözüm adımları bu normalizasyon tekniklerine göre uygulanmış ve ardından her bir yöntemin kullanımında yer alan normalizasyon tekniğinden elde edilen sıralama ile diğer 3 normalizasyon tekniğinden elde edilen sıralama sonuçları karşılaştırılmıştır. Fark alma işlemi yapılmadan normalizasyon işlemi yapılan TOPSIS, COPRAS, MOORA, yöntemleri maks-min normalizasyon tekniği hariç diğer normalizasyon teknikleriyle uyumlu sonuçlar vermiştir. Bu 3 yöntem sonuçlarının maks-min tekniğine göre ise ters ilişkili olduğu gözlemlenmiştir. GİA ve ARAS yöntemlerinden elde edilen sonuçlar 4 normalizasyon tekniğinden elde edilen sıralama sonuçlarına uyumludur. VIKOR yöntemi sıralama sonuçları ise karşılaştırıldığı 3 normalizasyon tekniği ile ters ilişkilidir.

Uygulamanın ikinci aşamasında, TOPSIS, GİA, VIKOR, COPRAS, MOORA, MOORA Referans Nokta ve ARAS yöntemleriyle 23 alternatif ilk olarak sıralanmış, bu 23 alternatif arasından ve aynı kriterlere göre rastgele seçilen 12 alternatifin bu yöntemlerle tekrar sıralandığında üstünlüğünü koruyup koruyamadığı incelenmiştir. ARAS, MOORA, COPRAS yöntemlerinden elde edilen sonuçlara göre rastgele seçilen 12 alternatifin ilk üstünlüğünü tamamen koruduğu görülmüştür. Dolayısıyla bu üç yöntemin alternatif sayısına göre değil kriter üstünlüğüne göre sıralama yaptığı sonucuna ulaşılmıştır. TOPSIS, GİA, VIKOR, MOORA Referans Nokta yöntemlerinde ilk sıralamaya göre ikinci sıralamada üstünlüğün kısmen bozulduğu görülmüştür. Bunun nedeni olarak bu yöntemlerin çözüm adımında yer alan fark işlemi olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla bu yöntemlerin alternatifleri üstünlüklerine göre sıralamada değil, referans olarak alınan bir noktaya uzaklıklarına göre sıralanmada kullanılması gerektiği belirlenmiştir.

Uygulamanın üçüncü bölümünde ise, çalışmanın ikinci aşamasında gösterildiği üzere, aynı amaca hizmet eden TOPSIS, GİA, VIKOR ve MOORA referans nokta yöntemlerinden elde edilen sıralama sonuçları Copeland yöntemiyle bütünleştirilerek ortak sıralama haline getirilmiştir. Kendi aralarında yüksek korelasyona sahip TOPSIS, GİA ve VIKOR yöntemlerinin sonuçları, bütünleştirilmiş sonuçlarla aynı derecede yüksek korelasyona sahiptir. Yöntemler arasında düşük uyuma sahip MOORA Referans nokta yöntemi ise bütünleşik sıralama sonuçlarıyla düşük uyuma sahiptir. Aynı zamanda bütünleştirmeye dahil edilmeyen COPRAS, MOORA ve ARAS yöntemlerinden elde edilen sonuçların hesaplanan bütünleşik sıralamayla yüksek derecede uyumlu olduğu görülmüştür. Dolayısıyla bütünleştirme işleminin belirli referans değerine göre sıralama yapan yöntemleri belirli referans değerinden etkilenmeyerek sıralama yapan yöntemlere yaklaştırdığı söylenebilir.

Anahtar Kelime: Çok Kriterli Karar verme, Bütünleşme, Normalizasyon

ABSTRACT

Multi-criteria decision making methods are used in decision problems such as solving many decision making problems, sorting alternatives according to certain criteria, choosing the best alternative. More than one MCDM method can be used in the same selection or ranking problem. The ranking results suggested by these methods show differences according to the method applied. Some of these methods rank alternatives according to the distance to a specific reference point, others rank according to the advantages of the criteria. In many studies, different methods are used for the same purpose, and it is a different problem that the methods which serve the same purpose and provide different ranking results are used as a separate problem. In such a case, it is a question that should be solved in order to integrate the consequences of applying the MCDM method and to apply more than one technique to serve the same purpose. In this thesis study, sensitivity of the methods to normalization techniques was examined first and the order of the solutions obtained by TOPSIS, Gray Relational Analysis, VIKOR, Copras, MOORA and ARAS methods applied to the different normalization techniques calculated and then obtained from the normalization technique included in the method use and the results obtained from the other 3 normalization techniques the ranking results are compared. It was observed that TOPSIS, COPRAS, MOORA methods which were normalized without any difference operation gave results that were compatible with the normalization techniques used in each and that the maximum-minimum values used in the GRA and VIKOR methods were inversely related to the normalization techniques used. The results obtained from the GRA and ARAS methods are in accordance with the ranking results obtained from 4 normalization techniques.

In the second application phase of the study, 23 alternatives were ranked first by TOPSIS, GRA, VIKOR, COPRAS, MOORA, MOORE Reference Point and ARAS methods. Among these 23 alternatives and 12 alternatives selected according to the same criteria, it was investigated whether they can maintain their superiority when reordered with these methods. It has been observed that the superiority over ARAS, MOORA and COPRAS methods is completely preserved. Therefore, these three methods have reached the result of ranking the criterion superiority, not the alternative

number. TOPSIS, GRA, VIKOR, MOORE Reference point methods have been found to be partially deteriorated in comparison to the first order. The reason for this is that it is the difference process involved in the step of these methods, so it has been determined that these methods should be used in order to sort the alternatives from one another at a certain reference point.

In the third part of the application, the ranking results obtained from the TOPSIS, GRA, VIKOR and MOORA reference point methods, which serve the same purpose, were integrated with the Copeland method and a common ranking was obtained. The results of TOPSIS, GRA and VIKOR methods with high correlation among themselves have high correlation with the integrated results. The MOORA Reference point method, which provides a low fit between methods, also has low coherence with integrated sequencing results. COPRAS, which is not included in the integration, has been found to be highly compatible with the integrated ordering of the results of MOORE and ARAS methods. Therefore, it can be said that the integrating process approximates the methods which sort according to the specific reference value, without being influenced by the specific reference value.

Keywords: Multi Criteria Decision Making, Integration, Normalization

1. GİRİŞ

Karar verme; bir problemi çözmek ve istenilen amaca ulaşmak için birtakım kriterler doğrultusunda, hali hazırdaki tüm alternatifler arasından bir ya da birkaçını seçme işlemidir. Karar verme süreci, insan hayatının vazgeçilmez bir parçasıdır. Karşılaştığımız sorunun en basitinden en karmaşığına kadar her konuda karar verme problemi ile karşılaşırız. İnsan, yaşadığı süre içerisinde gerek kişisel, gerekse toplumsal ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla çeşitli alternatifler arasından birini ya da birkaçını seçmek zorunda kalır. Alternatifler arasından birini seçerken en uygun alternatife karar vermek oldukça zor olabilir. Yapılması gereken bu seçme işine, genel olarak “karar verme” denir (Manisalı 1981: 6). Aslında karar verme herkesin günlük yaptığı bir iştir. Günlük basit işlerimizden uluslararası en karmaşık işlere kadar hepimiz sürekli karar süreci yaşarız ve bir sonuca varırız (Öznel 2016: 26).

Çok kriterli karar verme (ÇKKV) ise birden fazla ve genellikle birbirleri ile çelişen kriterlerin bulunduğu ortamlarda alternatifler arasından tercih yapmayı ifade eder. Örneğin, bir kişi; maaşa, işyerinin mevkiine, terfi imkânlarına, iş arkadaşlarına vb. koşullara bakarak teklif edilen birçok iş arasından birini seçebilir. Yine bir kişi; fiyatına, emniyet durumuna, konfor durumuna, yakıt sarfiyatına bakarak teklif edilen birçok araç arasından birini seçebilir. Bu şekilde örnekler artırılabilir.

Şahıslar, organizasyonlar, toplumlar ve tüm milletler bu çeşit problemlerle, kısaca ÇKKV problemleriyle birçok alanda yüz yüze gelirler. Stratejik de olsa basit de olsa karar verme sürecini şöyle adımlayabiliriz: İlk adımda problem açık bir şekilde tanımlanarak ele alınır; sonraki adımda çok kriterli model çözümünün bağımlı olduğu önemli gereksinimler listelenir. Üçüncü adımda çok kriterli problemin amaç veya hedefleri tesis edilir. Karar verme sürecinin dördüncü adımı alternatiflerin belirlenmesi ile ilgilidir. Adım beşte değerlendirme kriterleri kararlaştırılır. Bu kriterler geçmişte sabitlenmiş bazı standartları sağlamalıdır. Sürecin altıncı adımı, eldeki problemi çözmek için uygun çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemini içerdiğinden oldukça önemlidir. Sonraki adımda seçilen ÇKKV problemi adım dördte belirlenen alternatiflerden en iyi olanı seçmek için

uygulanır. Karar verme sürecinin son adımında ise, model sonuçları kontrol edilir ve duyarlılık analizi uygulanır (Zardari 2014: 18).

Aslında en basit problemlerde karar verirken de hızlıca bu stratejiyi içsel olarak kullanır ve karar veririz. Bilimsel anlamda verilen stratejik kararlar uzun vadeli olup, organizasyona yenilik getirmeyi amaçlayan büyük ölçekli kararlardır. Çok kriterli stratejik karar verme ise matematik, yönetim, enformatik psikoloji, sosyal bilimler ve ekonomi gibi birden çok disiplini bir araya getirir. ÇKKV karar problemini daha fazla boyutla, karar alıcıya değerlendirme ve karar imkânı sağlayan yöntemleri bir araya getiren bir yapıdır (Turan 2015: 42). Kısaca Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV), aynı anda sunulan ve birden fazla özelliğe sahip alternatifler arasından en iyi tercihin seçilmesine ya da alternatiflerin sıralanmasına imkan sağlayan bir araçtır.

Birden fazla alternatiften oluşan çoklu kritere sahip problemlerde karar sürecini kolaylaştırmak amacıyla 70'den fazla yöntem önerilmiştir. Bu yöntemlerin genelinde, fayda ya da maliyet içeren ve sayısı birden fazla olan kriterlerin çözümlenmesi, modelleme şekilleri ve uzlaşık çözümlerin belirlenmesi gibi amaçlara yönelinmiştir. Yeni yaklaşım ve yöntem bilimleri geliştirilerek ve diğer bilim dalları ile etkileşime girerek ÇKKV disiplini gelişmesini sürdürmüştür (Zopounidis, Pardalos 2010: 103). Ayrıca çalışmalarda farklı ÇKKV tekniklerinden elde edilen sıralamalar karşılaştırılmış, aralarındaki tutarlılık değerleri hesaplanmıştır.

Obricovic ve Tzeng (2004) TOPSIS ve VIKOR yöntemlerinin ideal yakınlığı ifade ettiğini ancak ikisinin farklı normalizasyon teknikleri kullandığını belirtmişlerdir. VIKOR yönteminde kullanılan normalizasyon tekniğinin değerlerin birimine bağlı olmadığını, TOPSIS yönteminde ise bağlı olduğunu ifade etmişlerdir.

Menteş (2011), bulanık çok kriterli karar verme yöntemlerinin uygulamasına yönelik yaptığı çalışmada, Marmara Denizinin doğusunda Yarımca açıklarında çalışma yapan gaz firmalarının kullanabileceği, en uygun bağlama şeklini seçebilecek bir yöntem önermiştir. Bu amaçla çalışmasında, 12 alternatiften oluşan çok noktalı tanker şamandıra bağlama sistemini ele almış ve bu alternatifler arasından en iyisine karar vermek için Bulanık Küme Teorisi temelini esas alan Bulanık Çok Öz Nitelikli Karar Verme yöntemlerini kullanmıştır. Problemini oluşturan 12 farklı bağlama alternatifi için, 9

değişken özelliğın etkisini hesaplamalara dahil etmiştir. Mentesh'in kullandığı bu yöntemde kriterlerin önem derecelerinin belirlenmesi aşamasında bulanık AHP ve bu alternatiflerin sıralanması ve seçimi aşamasında ise bulanık TOPSIS kullanılmıştır.

Shariati ve arkadaşları (2014) optimum atık boşaltma sahası belirleme probleminin sofistike ve karmaşık sorun olduğunu, çok sayıda kriter içerdiğini belirtmişlerdir. Bu karmaşıklığı çözmek için ARAS yöntemini kullanmışlardır.

Sığındı (2010), Planlı Davranış Kuramı'nda yer alan tutum, öznel norm ve algılanan davranışsal kontrol değişkenlerinin satın alma niyeti üzerindeki etkisini araştırmıştır. Araştırma, Copeland'in ürün sınıflandırmasında tanımlanan kolayda, beğenmeli ve özellikli mallar üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Kuo ve arkadaşları (2008), tesis yerleşim yeri ve dağıtım şekli olarak iki çok kriterli problem ele almışlar, gri ilişkisel analizle elde edilen çözümün daha güvenilir olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca gri ilişkisel analizin alternatifler arasında daha iyi ayırım yapabildiğini ortaya koymuşlardır.

Avrupa Birliği'ne üye ve aday ülkelerin sosyo-ekonomik göstergelerinin analiz edildiği çalışmada Eren (2012), çok boyutlu olan sosyal ve ekonomik yapıda birbirleri ile etkileşim içindeki çok sayıda göstergenin birlikte ele alındığı bütüncül bir yaklaşım oluşturulmaya çalışmıştır. Araştırmada, Türkiye'nin tam üyelik müzakerelerinin başladığı 2005 ve 2008 yılı arasında karşılaştırmalı bir analiz yapılmıştır.

Aynı anda klasik AHP ve bulanık AHP metotları uygulanan, Yük Helikopteri Seçimi probleminde, sonuç kararında tutarlı olabilmek için problemin çözümünde kullanılacak yaklaşımın bütün nitel ve nicel kriterleri aynı anda dikkate alabilmesinin mümkün olması amacıyla çok kriterli karar verme metodu; bu metotlardan ise AHP yöntemi kullanılmıştır (Öz 2007: 8). Çalışmada, bulanık AHP ile klasik AHP yöntemlerinin probleme uygulanmasından elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığı zaman, benzer sonuçların elde edildiği görülmüştür. Ancak sıralamalar aynı olmasına rağmen, alternatiflere atanan önem dereceleri farklı olmuştur. Bunun nedeni; Bulanık AHP yönteminin insanların alternatiflere yönelik öznel yargılarını klasik var-yok mantığına göre daha iyi modellemiş olması ve insanların geçmiş deneyimlerini matematiksel ifadelerle daha doğru bir biçime dönüştürebilmesi olarak belirtilmiştir. Ayrıca bu

çalışmada bulanık AHP metodu ile insanın kişisel değerlendirmeleri belirli matematiksel sınırlar içine alınarak daha gerçekçi bir çözüm sunulmuş ve elde edilen alternatif skorları, klasik AHP metodundan elde edilen skorlara göre daha net bir şekilde ortaya çıkarılmıştır. Bulanık AHP metodunun uygulanması sonucunda alternatiflerin aldıkları önem dereceleri arasındaki farkın daha fazla olmasında, bu yöntemin karar vericinin daha kolay karar vermesine katkı sağladığı belirtilmiştir.

Öznel (2016), verilen problemin çözümünde kullanılacak en etkili ÇKKV yönteminin seçilmesi amacıyla yeni bir yapı olarak regresyon yaklaşımını önermiştir. Önerilen bu yaklaşım, karar matrisi ile tercih sıralaması arasındaki ilişki üzerine inşa edilmiştir. ÇKKV yöntemlerinin birçoğu, karar matrisini kullanarak alternatifler arasında bir tercih sıralaması yapmaktadır. Öznel, karar matrisi ile tercih sıralaması arasındaki ilişkinin regresyon modeliyle ortaya konabileceğini belirtmiştir. Regresyon modelinin uyum iyiliğinin sıralamanın kalitesini yansıtacağını, uyum iyiliğini ölçmek için determinasyon katsayısının kullanışlı bir araç olduğunu belirten Öznel, en yüksek determinasyon katsayısını elde eden modelde kullanılan ÇKKV yöntemin en iyi yöntem olduğunu çalışmasında önermiştir. Uygulama olarak Borsa İstanbul'da işlem gören 25 gayrimenkul yatırım ortaklığı firmasının 15 çeyrek dönemlik finansal performansları kullanmıştır. Öznel'in bu çalışmasında ÇKKV yöntemlerinden TOPSIS, MAUT, CP ve VIKOR yöntemleri seçilmiştir. Kriterlerin ağırlıklandırılmasında ise Entropi yöntemi tercih edilmiş, önerilen regresyon yaklaşımı ÇKKV yöntemleri arasında kesin ve nesnel bir değerlendirme imkânı sağlamıştır.

Subaşı (2011), TOPSIS ve AHP Yöntemlerini karşılaştırdığı çalışmasında, uygulanabilecek karar verme teknikleri ile ilgili genel bilgilerin yanı sıra, finansal kurumlar açısından dış denetim firması seçim kriterleri ve seçim aşamasında kullanılacak tekniklere ait uygulamaları ortaya koymuştur. Bu kapsamda öncelikle çok kriterli karar verme tekniklerinden olan AHP ve TOPSIS hakkında genel bilgi vermiş ve beraberinde bir uygulama gerçekleştirerek her iki tekniğin birbirleriyle tutarlılıklarını incelemiştir. Bankacılık sektöründe gerçekleştirdiği uygulama vasıtasıyla, dış denetim hizmet alımında denetim firması seçimi yapılması amacıyla örnek bir uygulama yapmış, AHP ile TOPSIS yöntemi arasındaki farklılığın nedeni olarak AHP yönteminin karar

vericilerin yorumlarına dayanmasına rağmen, TOPSIS yönteminin daha çok matematiksel yaklaşıma dayanan yöntemler kullandığını öne sürmüştür.

Cristobal (2011), İspanyol hükümetinin onayladığı enerji planında yer alan yenilenebilir enerji çeşitlerini alternatif olarak almış, enerji yatırım uygunluk sıralamasını VIKOR yöntemi kullanarak ortaya koymuştur. VIKOR yöntemi kullanmasının nedenini ise ideal çözüme yakınlık ilkesine dayandırmıştır.

Çarıkçı (2015), çalışmasında zeytinyağı ihracatının artırılması için zeytinyağı hedef pazarlarının belirlenmesine yönelik bir analiz yapmıştır. Yapılan analizde sadece ithalatçı ülkelerin mevcut zeytinyağı pazar durumları dikkate alınmamış, ayrıca Türkiye ile ticari ve kültürel yakınlıkları ve önümüzdeki dönemde zeytinyağı tüketimini etkileyebilecek ekonomik değişkenler göz önüne alınmıştır. Çarıkçı kriterlerin ağırlıklandırılmasında analitik hiyerarşi prosesini kullanmış ve ülkelerin önceliklendirilmesini ağırlıklandırılmış toplamlar yöntemiyle belirlemiştir.

Gök (2015), çok kriterleri karar verme alanında ortaya konulan yöntem ve süreçleri incelemiş, işletmelerde verilecek kararlarda ÇKKV yöntemlerinin uygulanabilir ve elverişli olduğunu belirtmiştir. Bu alana yönelik yürütülen uygulama aşamasında da, birbirine rakip olabilecek ülkelerin belli kriterler altında sıralanmasını ele almıştır. TOPSIS ve gri ilişkisel analiz yöntemleri ile yürütülen bu çalışmada ülkeler, farklı derecelendirmelere tabi olmuştur.

Karakaşoğlu (2008), makina imalatı yapan bir işletmenin nakliye firması seçim problemi için bulanık ÇKKV yöntemlerinden BAHF ve bulanık TOPSIS yöntemlerini problem çözme aracı olarak kullanmıştır. Karakaşoğlu, böylece klasik AHP ve TOPSIS yöntemlerinin bünyesinde yer alan bazı kısıtlamaları ortadan kaldırmayı amaçlayarak karar problemlerinin içerdiği belirsizlikleri gidermeye çalışmış, sonucun bu belirsizlikten etkilenmemesini sağlamıştır.

Tayyar ve arkadaşları (2014) BİST'e kayıtlı bilişim ve teknoloji alanında faaliyet gösteren işletmelerin finansal performanslarının analitik hiyerarşi prosesi (AHP) ve gri ilişkisel analiz (GİA) değerlendirmiş, bahsedilen sektörde faaliyet gösteren işletmelerin 2005-2011 yılları arasındaki finansal tablo verilerini kullanarak oran analizi gerçekleştirmişlerdir.

Bektaş ve Tuna (2013), çalışmalarında 2011 yılı bilanço ve gelir tablosu verilerinden yararlanarak altı adet oran elde etmişlerdir. Bu oranları GİA yönteminde kullanmış, Borsa İstanbul Gelişen İşletmeler Piyasası'nda işlem gören firmaları performanslarına göre sıralamışlardır.

Çakmak ve arkadaşları (2012), vitrifiye sektöründe faaliyet gösteren bir işletmede, kalite gelişimine katkı sağlamak için üretimde karşılaşılan hata türleri üzerine bir çalışma amaçlamışlar, işletmede karşılaşılabilen olası hata türleri GİA'nin gri ilişkisel dereceleri kullanılarak en çok karşılaşılan hata türleri belirlemişlerdir.

Özdağoğlu (2013), farklı normalizasyon tekniklerinin COPRAS yönteminden elde edilen sonuçlara etkisini incelemiş, elde edilen sonuçların tutarlı olduğu sonucuna ulaşmıştır. Aynı şekilde Özdağoğlu (2014) MOORA yönteminde sonuçların farklı normalizasyon tekniklerine göre değiştiğini ortaya koymuştur. Özdağoğlu (2013) TOPSIS yöntemini incelediğinde ise farklı normalizasyon tekniklerinden elde edilen sonuçların düşük sıra korelasyona sahip olduğunu belirtmiştir.

Vafaei ve arkadaşları (2016), AHP yönteminin normalizasyon tekniklerine duyarlılığını test etmişler ve en uygun normalizasyon tekniğinin lineer olduğunu, en kötü tekniğin de lineer toplam olduğunu belirtmişlerdir.

Chatterjee ve Chakraborty (2014) yaptıkları çalışmada TOPSIS yönteminin normalizasyon tekniklerine en duyarlı yöntem olduğunu belirtmişlerdir.

Bu çalışmaların birçoğunda birden fazla yöntem uygulanmış ve sadece elde edilen sıralama sonuçları karşılaştırılmıştır. Bu çalışmalarda karşılaşılan diğer bir sorun, yöntemlerin kullanım amaçlarına dikkat edilmeden seçilmiş olmasıdır. Bu ve benzer sorunlar dikkate alınarak bu çalışmada çok kriterli karar verme tekniklerin hesaplanmasında kullanılan normalizasyon teknikleri incelenmiş, kullanılan yöntemlerin alternatif sayısına bağlı olarak kullanım amaçları belirlenmeye çalışılmıştır. Bunun yanı sıra farklı elde edilen sonuçların ayrıntılı analizleri irdelenmemiş, yöntemlerin birbirlerinde neden farklı sonuçlar çıkardığına dair incelemeler yüzeysel kalmıştır. Ayrıca aynı amaca hizmet eden farklı ÇKKV yöntemlerinden elde edilen sonuçların tek bir skor olarak ifade edilmesi amacıyla birleştirilmesi amaçlanmıştır. Elde edilen bu sıralama sonuçlarının tek bir sıralama şeklinde bütünleştirilmesi işlemi, Copeland yöntemi ile

yapılmıştır. Yapılan çalışmalar incelendiğinde herhangi bir yöntem kullanılarak farklı ÇKKV yöntemlerinden elde edilen sonuçların bütünleştirildiği çalışmaların kısıtlı olduğu gözlenmiştir.





2. KARAR VERME

2.1. Karar ve Karar Verme Kavramı

Her hangi bir nedenle alınan karar, anlık meydana gelen bir olgu olmayıp çeşitli zihin aşamalarından geçen bir süreçtir. Süreç kavramı ise belirli olayı bir sona ulaştıran bir dizi eylem ve çalışmaların tamamıdır. Etkin bir karara ulaşmak için karar verme sürecinin hangi aşamalardan meydana geldiğini bilmek, bu aşamaları etkili kullanmak en isabetli karar vermede yardımcı olacaktır. Karar verme, karar vericinin farklı alternatiflerden oluşan bir problemde, çok sayıdaki alternatifler arasından kendi hedefine en uygun olan alternatife karar verme iken; karar süreci bu işlemlerin sırasıyla ve planlı bir şekilde yapılmasını içerir (Tekin 2008: 20). Karar verme sürecinin aşamaları şu şekilde sıralanabilir:

- Problemin fark etme
- Problemin belirlenmesi ve tanımlanması
- Alternatiflerin belirlenmesi
- Alternatiflerin değerlendirilmesi
- En iyi alternatifin belirlenmesi
- Kararın değerlendirilmesi

Sıralanan karar verme adımları genel olarak yöntemlerde kullanılan süreçlerdir. Elbette karar probleminin yapısına, boyutuna ve amacına göre bu aşamalar değişebilmektedir.

Karar verme süreci zihinsel faaliyetlerden meydana gelmektedir. Bu nedenle süreçte kullanılan yöntemlerin işlem düzeni ve belirli bir sırası olduğu için karmaşık yapıdaki karar problemleri sistematik bir şekilde irdelenmeli ve en iyi kararı alabilmek için uygun yöntemler kullanılmalıdır. Böylece alınan kararın etkinlik kalitesi arttırılmalıdır (Tekeş 2002: 4).

Genel anlamda bir karar problemi aşağıda belirtilen öğeleri içermektedir (Aktaş ve diğ. 2015):

•Karar verici: Belirli bir konuda karar vermeye yetkili olan kişi veya kişilerdir. Bir karar probleminde belirlenmesi gereken ilk eleman karar verenin kim olduğudur.

•Amaç: Karar vericinin ulaşmak istediği hedef veya durumdur. Kimi durumda bu amaç maksimizasyon kimi durumda ise minimizasyondur.

•Hedefler: Tanımlanan amaca ulaşırken karar verici için nelerin önemli olduğu hedef olarak ifade edilir.

•Karar kriteri (ölçütü): Karar vericinin alternatifler arasından seçim yaparken göz önünde bulundurduğu ölçüt veya değer yargısıdır. Başka bir ifadeyle kriter seçiminin dayandırıldığı etkinlik ölçüleridir. Eğer karar probleminde tek kriter varsa tek kriterli karar, çok kriter varsa çok kriterli karar problemi olarak adlandırılır.

•Verilecek kararlar: Bu ifade ile anlatılmak istenen karar vericinin en baştan itibaren yapması gereken seçimlerin neler olduğudur. Başka bir ifadeyle karar probleminin her bir aşamasında yeni bir karar verme gerekecektir.

•Alternatifler (seçenekler): Problemin çözümüne karar vericinin ulaşması için kontrol altında tuttuğu ve izleyebileceği farklı hareket tarzları veya stratejiler, başka bir ifadeyle karar vericinin amacını gerçekleştirmek için sahip olduğu farklı seçim olanaklarıdır.

•Olaylar (karar ortamı): Karar vericinin kontrolü dışında olan fakat alternatifler arasında seçimini etkileyen çevresel faktörlerdir. Diğer bir deyişle, karar vericinin içinde bulunduğu karar ortamıdır.

•Sonuçlar (ödemeler): Her bir alternatif ve olay bileşimi sonucu ortaya çıkan sonuç veya değerdir.

Karar verme sürecini etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Bu faktörlerden doğa koşulları, karar verici, ulaşmak istenen amaçlar, seçenekler, seçeneklerin olası sonuçları ve seçenekler arasında seçim yapılması sadece bazılarıdır (Tekin 2008: 33). Karar vermede en önemli etkenlerden biri elbette karar vericinin özellikleridir. Kararda etkili olan kişi, tarafsız olamaya çalışsa da psikolojik ve biyolojik özelliklerin etkisi altındadır. Bu kişinin, aktif bir kişiliğe sahip olması gerekir. Böyle olduğu sürece işletmelerin büyümesini sağlayan kararlar verilebilir.

Her ne kadar karar verme sürecinde söz sahibi olan karar verici olsa da, bu süreçten dış çevrede yer alan diğer paydaşlarda etkilenir. Herhangi bir karar probleminin çözümü, aşağıda belirtilen kişilerin karar verme sürecine katılmalarını gerektirir (Tekeş 2002: 85):

- Karar vericiler: Alınacak karar üzerinde kontrolü olan kişi veya kişilerdir.
- Çözüm kullanıcı: Karar verici tarafından elde edilen nihai çözümü kullanan ve/veya kararı uygulayan fakat çözüm üzerinde herhangi bir değişiklik yetkisi olmayan kişi veya kişilerdir.
- Karardan etkilenenler: Çözümün veya kararın sonuçlarından faydalanan ya da zarar gören kişilerdir.
- Karar analisti / Problem çözücü: Problemi analiz eden ve karar verici için çözüm geliştiren ya da karar vericiye çözüm sürecinde yardımcı olan analisttir.

2.2. Karar Analizi Yöntemleri

Karar verme analizi, karar vericilerin daha iyi karar vermeleri sağlamakta, bu amaçla karar vericiye metodoloji sunmak ve onları yönlendirmekle beraber, karar vericilere gözü kapalı karar verme amacıyla da değildir. Dolayısıyla karar süreçleri ve metodları problem durumunda neye karar verileceğini değil, kararın nasıl oluşturulması gerektiğini ortaya koyar. Sonuç olarak karar teknikleri karar vericiye destek sağlama araçlarıdır ve karar vericinin yerini almazlar.

Karar verme sürecinde izlenebilecek yaklaşımları farklı gruplara ayırmak mümkündür. Bunlardan biri kalitatif ve kantitatif yaklaşımdır. Kalitatif yaklaşım, karar vericinin temel bilgi ve deneyimlerine dayalı olarak sezgi, yargı ve deneme basamaklarından oluşur. Karar vericinin sezgisel gücüne bağlı olduğundan bir bilim olmaktan ziyade sanat özelliği taşır. Eğer karar veren, deneyimlerinde benzer bir problemle karşılaşmış ve tecrübe edinmişse ya da karşılaşılan problem çözülebilir basit niteliğe sahipse kalitatif yaklaşımla karar vermek yerinde olacaktır. Fakat kararı alacak kişinin benzer problemlere ilişkin deneyimleri yok ve kompleks bir problemle karşılaşmışsa sezgi ve deneyimler bu problemin çözümünde yeterli olmayacaktır. Bu durumda kantitatif yaklaşım metodlarından faydalanmak isabetli olacaktır. Kantitatif

yaklaşımında olaylar bileşenlerine ayrılarak çözümlenebilir ve ölçülebilir niteliktedir. Ayrıca bu yaklaşım, sayısal olgu ve verilerden hareketle sistem ve probleme ilişkin modeller kurulmasını içerir. Bu modeller, genellikle problemin amaçlarını, kısıtlarını ve bu modellerle amaçlar arası ilişkileri ortaya koyar. Kullanılan modeller problemi analiz eder ve en iyi karara ulaşılmaya çalışılır. Kalitatif karar vermede nihai karar kişinin sezgisel becerilerine bağlı olmasına karşılık, sayısal karar verme yaklaşımında yöneylem araştırması kapsamındaki yaklaşım ve tekniklerin bilinmesi gerekir (Karakaya 2003: 54).

Karar probleminde kullanılacak yöntemler problemin yapısına, amaç ve kriter sayısına göre farklılık göstermektedir (Aktaş ve diğ. 2015: 24).

2.2.1. Tek Amaçlı Karar Verme Yöntemleri

Bu sınıfta yer alan yöntemler çözüm probleminde yalnız bir amaca yönelmektedir. Karar ağaçları, etki şemaları bu yöntemlerde kullanılan en önemli araçlardır.

2.2.2. Karar Destek Sistemleri

Kullanılan yöntemler ve modellere destek sağlayan, veri kaynaklarını gerekli destek sistemleriyle bütünleştiren yöntemlerdir. Ayrıca destek sistemleri karar vericiye zor ve karmaşık problemlerin çözümünde yardımcı yazılım sistemi sunarlar.

2.2.3. Çok Kriterli Karar Verme

Çelişen somut ve soyut ölçütlere veya niteliklere göre karar seçeneklerinden en iyisini seçmek, seçenekleri sıralamak ya da sınıflandırmak için kullanılan yöntemlerdir (Guitouni, Martel 1998: 502).

Birçok karar problemi birden çok kriter ve alternatif içermektedir. Örneğin günümüzde hiç bir kimse yalnızca fiyat kriterini baz alarak bir telefon ya da konut satın almamaktadır. Konumu, kalitesi, yedek parçası, prestiji ve performansı gibi bazı kriterler de göz önünde bulundurulmakta, seçim kişisel tercihlerden etkilenmektedir. İnsanlar yaptığı her seçim esnasında alternatiflerin kriterlerine farklı değerler (ağırlıklar) atamaktadır (Brans 1986). Birçok alternatif içerisinden en uygun olanın seçilmesi ile ilgili problemler çok kriterli ve çözülmesi zor problemler arasındadır.

2.3. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri

2.3.1. MACBETH Yöntemi

MACBETH yöntemi 1990 larda C. A. Bana e Costa, J. C. Vansnick ve J. M. De Corte tarafından geliştirilmiş çok değişkenli bir karar verme tekniğidir (Costa, Corte 2012: 13). Bu yöntemin amacı kalitatif yargılardan oluşan karar problemine kantitatif bir yöntemle çözüm bulmaktır. Araştırmacılar bu yöntemde tercihleri belirtirken sayılara ihtiyaç duymadan karar vericinin seçenekler arasındaki tercih düzeylerini ölçmektir. Bu ölçme işlemini de “güçlü”, “zayıf” gibi ifadelerle dayanan MACBETH yöntemi geliştirerek gerçekleştirmişlerdir (Costa ve diğ. 2010)

MACBETH yöntemi AHP yöntemiyle birçok ortak özellikte sahiptir. Ortak noktalarından biri ikili karşılaştırma sonuçlarına dayanarak ölçüm yapmalarıdır. En önemli farklılığı AHP de oran (ratio) ölçek kullanılırken MACBETH yönteminde eşit aralıklı(interval) ölçek kullanılmaktadır.

MACBETH yönteminde göreceli çekiciliği ölçmek amacıyla takdire dayalı kalitatif bilgilerin olması yeterlidir (Genç ve diğ. 2015) MACBETH, kriterlerin birleştirilmiş karşılaştırmaları üzerine kurulmuştur. Bu yöntem, problem çözümünde interaktif düşünmeyi desteklemekte ve istenilen alternatife öncelik imkanı sağlamaktadır. Ayrıca alternatifleri sıralamada bireysel ve grup değerlendirmelerini sonuca yansıtma imkanı sunmaktadır (Costa ve diğ. 2008). MACBETH yaklaşımının en önemli özelliği sadece kalitatif takdire dayalı bilgiler sormasıdır ve bundan dolayı da bu yaklaşımda karar verici direkt sayısal değerlendirmeler yapmamış olmaktadır. MACBETH’in yönteminde birleştirilmiş fonksiyon kullanılması ve MACBETH’in kriter ağırlıklarını açıkça belirlemesi bu yöntemi diğer çok kriterli karar verme yöntemlerinden ayırmaktadır (Belton, Stewart 2002).

Alternatiflerde yer alan her bir kritere sayısal olmayan değerler atamak ve kriterlerin önem derecelerini belirlemek amacıyla MACBETH yönteminde 7 adet anlamsal kategori yer alır. Bu ifadeler: no (üstünlük yok), very weak (çok zayıf), weak (zayıf), moderate (orta), strong (kuvvetli), very strong (çok kuvvetli) ve extreme (aşırı kuvvetli) ifadeleridir (Costa ve diğ., 2005). Karar verici tarafından belirlenen kalitatif ifadelerinin M-MACBETH programına (yöntemin CP yazılımına) girilmesinin ardından,

program bu nitel değerlendirmelerin tutarlığı konusunda bir doğrulama yapar ve eğer girilen kalitatif değerler Arasında tutarsızlık hesaplırsa, bunların çözümlü için teklifler sunmaktadır. (M-MACBETH Kullanım Kılavuzu 2005, sf.26).

MACBETH Yönteminin Çözüm Aşamaları

Bir karar probleminin MACBETH ile çözüm aşaması temelde dört adımdan oluşmaktadır. Bu aşamalardan birincisi, probleme ait seçeneklerin hangi kriterlerden meydana geleceğinin belirlenmesidir. Diğer aşama ise ikili karşılaştırmalar yapmaktır. İkincisi olan bu adımda alternatiflerin performansını değerlendirmek için karar verenin, iki uyararı aynı anda, semantik bir yargı ölçeğine dayanan çekicilik farkı hakkında nitel yargılarla karşılaştırmaları gerekir (Karande, Chakraborty 2013: 262). MACBETH probleminde a ve b'nin iki uyarı olduğunu varsayalım. Karar vericiden, a ve b arasındaki cazibenin farkına cevap vermesi istenir. Yani, aPb, a'nın b'den daha çekici olduğunu gösterir ve cazibe derecesi değerlendirmede çok önemlidir. Üstünlük kategorileri aşağıda Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1. Anlam Kategorisi

Kategoriler	Anlamsal Yargı	Niceliksel İfade
-	İlişki Yok	0
K1	Çok Zayıf	1
K2	Zayıf	2
K3	İlımlı	3
K4	Güçlü	4
K5	Çok Güçlü	5
K6	Aşırı	6

Üçüncü aşamada oluşturulan bu matriste bulunan uyumsuzluklar tespit edilir. Yöntemin etkin bir şekilde çalışabilmesi için bu tutarsızlıkların dikkatlice belirlenmesi, tutarsızlık tespitinde ise karar vericilerin yargılarını gözden geçirerek düzeltmeler yapması gerekmektedir. Dördüncü yani son aşamada ise doğrusal programlama kullanılarak karşılaştırma matrislerinden kriter ağırlıkları ve alternatiflerin kriterlerindeki toplam puanları hesaplanır. Özet olarak ifade edilen bu adımlar aşağıda ayrıntılı olarak sunulmuştur (Burgazoğlu 2015: 260).

I. Problemin Yapılandırılması: İlk aşamada bir değer ağacı ya da hiyerarşi yapısıyla problemi yapılandırmaktır. Bu amaçla ilk olarak karar verici tarafından

alternatiflere ait seçim kriterleri belirlenmelidir. Problem çözümünde bu adım çok önem arz ettiğinden kriter seçimi hassas olarak yapılmalı, alternatif seçiminde en etkili kriterler belirlenmelidir. Belirlenen bu kriterler bir değer ağacı yardımıyla görselleştirilmelidir. Değer ağacında AHP yönteminden farklı olarak kriter olarak kabul edilmeyen ebeveyn noktaları dikkatle belirlenmeli ve karar noktası olarak kabul görmeyeceği unutulmamalıdır.

II. Puanlama İşlemi: Bu adımda önceki bölümlerde oluşturulan problem yapısını çözmek amacıyla üç tür puanlama yapılır. Bunlar:

- Her bir kriter genel amaca göre ağırlıklandırılır,
- Her bir alternatif için belli bir kritere göre tercih edilme düzeyini gösterecek seçenek puanı belirlenir,
- Ağırlıklandırma ve seçenek puanları kullanılarak seçenek genel puanları oluşturulur.

MACBETH yönteminde kriterlerin ağırlıklarını belirlemek amacıyla ikili karşılaştırmalar yapılır. Bu işlemi yaparken daha önce de belirtildiği üzere eşit aralıklı ölçek kullanır. Bu da genel olarak 7 kategorili eşit aralıklı ölçektir. Kriter ağırlıklarının bu şekilde puanlanmasının yanı sıra her bir kriter için alternatifler de karar verici tarafından ayrı ayrı ikili olarak karşılaştırılır (Costa ve diğ. 2005).

III. Tutarlılık Kontrolü: Hem kriterler ağırlıklandırılırken hem de seçenekler puanlanırken karar vericinin uyumsuz yargılarda bulunması olasıdır. Bu uyumsuzluk karşılaştırmalı ya da semantik yargılarda meydana gelmiş olabilir. İki kriter ya da seçenek karşılaştırılmasına karşılaştırmalı yargı, iki karşılaştırmalı yargının kıyaslanmasına semantik yargı denilir.

Karşılaştırmalı yargıya örnek vermek gerekirse,

K, M' ye göre zayıf tercih edilmektedir.

L, M' ye göre orta derecede tercih edilmektedir.

Semantik yargıya örnek ise,

M ile L'nin tercih edilme farkı (orta derece), K ile M'nin arasındaki tercih edilme farkından büyüktür.

Karar verici tarafından belirlenen öznel değerlendirmelerin M-MACBETH yazılımına girilmesinin ardından, kullanılan yazılım programa kaydedilen kalitatif ifadelerin tutarlılığı hususunda bir doğrulama yapmakta ve eğer girilen kalitatif değerler kendi içlerinde tutarsızlığa sahipse bunların giderilmesi için teklifler sunmaktadır. (M-MACBETH Kullanım Kılavuzu 2005: 26).

IV. Seçenek ve Genel Puanların Hesaplanması

Bu adımda karar vericinin belirttiği ifadeler doğrusal programlama yardımıyla çözümlenir. Kriter ağırlıkları toplamı 1 olacak şekilde hesaplanır. En az tercih edilen kriter 0 olarak puanlanır ve karar vericinin yargılarını yansıtan ve karar tablolarında belirtilen tercihler sayısallaştırılır.

Elde edilen seçenek puanları kriter puanları ile çarpılır ve çarpımlar toplanır. Böylelikle de genel puanlar hesaplanmış olur. Elde edilen bu puanlara göre de alternatifler sıralanır ve seçim işlemine karar verilir (Ertuğrul, Öztaş 2016).

2.3.2. Uta Yöntemi

1982 yılında Jacquet-Lagreze ve Siskos tarafından çok kriterli karar problemlerine çözüm alternatifi olarak sunulan UTA modeli, aslında MAUT yöntemine alternatif olarak geliştirilmiştir (Jacquet, Siskos 1982). Regresyon hesaplama temeline dayanan UTA, karar vericinin tercihleri ile uyumlu optimal fayda fonksiyonunu elde etmek için lineer programlama tekniklerini kullanır. Optimum çözüme ulaşmada karar verici için belirleyici kısıtlar dikkate alınarak UTA yönteminde bir fonksiyon oluşturulur. Karar vericinin tercihleri matematiksel denkleme çevrilerek fayda fonksiyonu elde edilebilir. Bu fonksiyon yardımıyla en optimal çözüme ulaşmaya çalışılmaktadır. Bu duruma bir örnek vermek gerekirse, örneğin bir cep telefonu almak istiyorsunuz ve bu durumda birçok kriterin yanında birçok da alternatif telefonlar var. Bu alternatifleri fiyat, ağırlık, ekran boyutu, pil ömrü, işlemci, kamera çözünürlüğü gibi kriterlere göre karar verici puanlayabilir. İşte karar vericin her bir alternatif için verdiği değer marjinal fayda skoru, bu değerler kullanılarak elde edilen değere ise global fayda skoru adı verilmektedir (Ishizaka, Nemery 2013).

UTA yönteminde fayda fonksiyonu ağırlıklı toplamsal, çarpımsal, logaritmik toplamsal, yarı toplamsal gibi farklı modellerle hesaplanabilmektedir. Ancak işlem

kolaylığından dolayı genelde fayda fonksiyonu olarak toplamsal model tercih edilmektedir (Ponpeng, Liston 2003: 18).

2.3.2.1. Toplamsal Model

Bir F seti q kriterli f_i' lerden meydana gelsin. Her bir alternatifin değerini gösteren $f_j(a_i)$ 'ler U_j ile gösterilen marjinal fayda değerleri ile belirtilmektedir. Marjinal fayda değerleri toplamsal modelle ifade edilecek olursa;

$$\forall a_i \in A: U(a_i) = U[f_1(a_i), \dots, f_q(a_i)] = \sum_{j=1}^q U_j [f_j(a_i)]w_j \quad (2.1)$$

$U_j(f_j) \geq 0$ olup genellikle azalmayan bir fonksiyondur. w_j, f_j değerinin ağırlığını göstermektedir (Ishizaka, Nemery 2013: 48).

2.3.2.2. Birleştirme-Ayrıştırma Yaklaşımı

Genel anlamda çok kriterli karar yaklaşımları, çok amaçlı optimizasyon, değer odaklı yaklaşım, sıralama dışı yöntemler ve ayrıştırma yöntemleri olarak dört ana başlığa ayrılmıştır. Bu başlıklardan birleştirme- ayrıştırma yaklaşımı, karar destek sistemlerine verilen yapıya uygun bir model elde etmek için yardımcı tekniklerden oluşmaktadır. Birleştirme yöntemlerinde evrensel tercih önceden bilinmezken ayrıştırma modelinde evrensel modelden hareketle tercihe uygun bir model elde edilmeye çalışılmaktadır. Ayrıştırma modelinde lineer ve lineer olmayan regresyon modeli kullanılmaktadır. UTA yöntemi ayrıştırma modelleri içinde en temel modellerden biridir (Floudas, Pardalos 2009; Siskos, Jacquet 2001).

UTA yönteminde fayda fonksiyonu ya da toplamsal değer fonksiyonu yardımıyla karar vericinin evrensel karar politikası ile çözüme ulaştırılmak istenen problemin bileşenleri tanımlayıcı yöntemlerle tek bir değer sistemine dönüştürülmektedir.

UTA yönteminde temel amaç birleştirme modeli toplamsal model olarak kabul edilerek $A^r \subseteq A$ referans setindeki sıralamaya uygun olarak bir ya da daha fazla toplamsal değer fonksiyonu elde etmektir. Bu değer fonksiyonlarının tutarlı sonuç vermesi istemiyle lineer programlama teknikleri kullanılmaktadır. Buna göre Jacquet-Lagrece, Siskos tarafından önerilen UTA yöntemine ait toplamsal değer fonksiyonu;

$$u(g) = \sum_{i=1}^n u_i(g_i) \quad (2.2)$$

Ayrıca normalleştirme kısıtları ise;

$$\sum_{i=1}^n u_i(g_i^*) = 1 \quad (2.3)$$

$$u_i(g_i^*) = 0 \quad \forall i = 1, 2, \dots, n$$

Şeklindedir (Siskos ve Jacquet, 2001). Bu ifadede u_i azalmayan marjinal değerli fayda fonksiyonunu ifade etmektedir.

UTA yönteminde alternatifte ait yaklaşık fayda değeri aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır.

$$u'[g(a)] = \sum_{i=1}^n u_i(g_i(a)) + \sigma(a) \quad \forall a \in A_R \quad (2.4)$$

$\sigma(a)$ ifadesi $u'[g(a)]$ 'ya ait potansiyel hata miktarını göstermektedir. Marjinal değer fonksiyonunun parçalı lineer fonksiyon olarak ifade edilmesinde lineer interpolasyon yöntemi kullanılmaktadır. Her bir kriter için $[g_{i^*}, g_{i^*}^*]$ aralığı $a_i - 1$ eşit parçaya ayrılır. $g_{i^*}^j$ son nokta olursa,

$$g_{i^*}^j = g_{i^*} + \frac{j-1}{a_i-1} (g_{i^*}^* - g_{i^*}) \quad \forall j = 1, 2, \dots, a_i \quad (2.5)$$

İle hesaplanmaktadır (Figueria ve dig. 2005).

Referans alternatif seti karar vericinin tercihlerine göre oluşturulur ve $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ referans alternatif seti kümesi en iyiden en kötü alternatife doğru sıralanır. Ayrıca bu kümedeki elemanlar tercih edilebilir olma ve tarafsız olma özelliklerini taşımaktadır. Bu özelliklerin birleştirilmesiyle marjinal değer fonksiyonlarının elde edildiği lineer model aşağıdaki gibidir;

Amaç Fonksiyonu (Figueria ve dig. 2005):

$$G_{min} = \sum_{a \in A_R} \sigma(a) \quad (2.6)$$

Kısıtlar:

I. Tercih Edilebilir (Preference) Olma

$$aPb \Leftrightarrow \sum_{i=1}^n \{u_i(g_i(a)) - u_i(g_i(b))\} + \sigma(a) - \sigma(b) \geq \delta$$

II. Tarafsız Olma (Indifference):

$$aIb \Leftrightarrow \sum_{i=1}^n \{u_i(g_i(a)) - u_i(g_i(b))\} + \sigma(a) - \sigma(b) = \delta$$

III. Monotonluk Koşulunun Sağlanması

$$u_i(g_i^{j+1}) - u_i(g_i^j) \geq s_i, j = 1, 2, \dots, a_i, i = 1, 2, \dots, n$$

$s_i \geq 0$ 'dır ve her bir j kriteri için tarafsızlık sağlanmaktadır.

IV. Marjinal Değer Fonksiyonunun Normalize Edilmesi;

$$\sum_{i=1}^n u_i(g_i^*) = 1$$

$$\forall a \in A_R, \forall i, j, \quad u_i(g_i^*) = 0, \quad u_i(g_i^j) \geq 0, \quad \sigma(a) \geq 0$$

olarak verilmiştir.

UTA yönteminde toplamsal fayda fonksiyonları $F^* > 0$ veya $F^* = 0$ şeklinde gerçekleşmektedir. $F^* = 0$ olduğunda karar vericiye uygun karar verilebilirken, $F^* > 0$ olması durumunda ise karar vericinin kriterlerine uygun alternatifler arasından seçim yapamadığı anlamına gelmektedir. Başka bir ifadeyle A_R referans seti kümesinde $U(a) = \sum_{i=1}^n u_i$ marjinal değer fonksiyonu bulunamaz demektir. UTA yönteminde marjinal değer fonksiyonunun lineer veya parçalı lineer olması, karar vericiye her bir kriter için son noktaların sayısını belirleme zorunluluğunu getirmektedir (Ishizaka, Nemery 2013).

2.3.3. UTA^{GMS} Yöntemi

Bu yöntem UTA yönteminde karşılaşılan eksiklikleri gidermek amacıyla 2008 yılında Greco et. Al. Tarafından önerilmiştir. UTA^{GMS} yönteminde UTA yönteminden farklı olarak parçalı lineer fonksiyon yerine azalmayan genel fonksiyonlar kullanılmaktadır. UTA yönteminde tek bir toplamsal değer fonksiyonu kullanılırken UTA^{GMS} yönteminde karar vericinin tercihlerine uygun bütün toplamsal değer fonksiyonları kullanılmakta ve $A^r \subseteq A$ referans setindeki sıralamanın da tamamlanmasına gerek duyulmaktadır (Greco ve dig. 2008)).

UTA^{GMS} yönteminde iki tip karşılaştırma bilgisi tanımlanmıştır. Bunun nedeni $A^R \subseteq A$ referans alternatifler setinde alternatifler arasında ikili karşılaştırma bilgisinin

verildiği varsayılmakta, bu tercih bilgisi A^R 'de ifade edilen alternatifler arasında kısmi ön sıralam olarak tanımlanır ve \preceq simgesiyle gösterilir. Herhangi bir $(a, b) \in AxA$ alternatif çifti için iki tip karşılaştırma şekli tanımlanmıştır. Bunlarda ilki, gerekli zayıf egemenlik ilişkisi; a alternatifi en az b alternatifi kadar iyi ise $a \preceq^N b, U(a) \geq U(b)$ eşitsizliği bütün değer fonksiyonları için sağlanır. İkincisi olan mümkün zayıf egemenlik ilişkisi ise; a alternatifi en az b alternatifi kadar iyi ise $a \preceq^N b, U(a) \geq U(b)$ eşitsizliği en az bir değer fonksiyonu için sağlanır.

UTA^{GMS} yönteminde toplamsal değer fonksiyonu olan $U(a) = \sum_{i=1}^n u_i(a)$ 'nın kısıtları aşağıdaki gibidir.

$$\forall a, b \in A^R \text{ için } \begin{cases} aPb \Leftrightarrow u(a) > U(b) \\ aIb \Leftrightarrow u(a) = U(b) \end{cases}$$

$$\sum_{i=1}^n u_i(g_i^*) = 1$$

$$\forall i = 1, \dots, n \text{ için } g_i^* = 0$$

$$u_i(g_i(a_{\tau_{i(j)}})) - u_i(g_i(a_{\tau_{i(j-1)}})) \geq 0 \quad i = 1, \dots, n \quad j = 1, \dots, m \quad (2.7)$$

$$u_i(g_i(a_{\tau_{i(1)}})) - u_i(g_i(a_{\tau_{i(m)}})) \geq 0 \quad i = 1, \dots, n$$

Bu ifadede yer alan τ_i ifadesi A^R 'de ifade edilen alternatiflerin her hangi bir kriter için artan değerlere göre yeniden düzenlenmiş halidir. Buna göre her hangi bir g_i kriteri için alternatif sıralaması

$$g_i(a_{\tau_{i(1)}}) \leq g_i(a_{\tau_{i(2)}}) \leq \dots \leq g_i(a_{\tau_{i(m-1)}}) \leq g_i(a_{\tau_{i(m)}}) \quad (2.8)$$

şeklindedir (Ishizaka ve Nemery, 2013).

UTA^{GMS} yönteminde lineer regresyon modeli herhangi bir alternatifi marjinal değerinin hesaplanmasında lineer interpolasyon kullanılmasına ihtiyaç bırakmamaktadır. Böylece son nokta değerlerinin oluşmasına da izin verilmemiş olmaktadır.

2.3.4. TOPSIS Yöntemi

Technique For Order Preference By Similarity To An Ideal Solution (TOPSIS) yöntemi (1981) Hwang ve Yoon yardımıyla ile Chen ve Hwang tarafından geliştirilmiştir. (Wei, 2010, 182). TOPSIS, n sayıda alternatif, m sayıda kriterden oluşan bir karar problemine nitel çevirim yapılmaksızın direkt veri üzerine uygulanabilen çok kriterli karar verme tekniğidir (Eleren ve Karagül, 2008). Az sayıda girdi parametresi ile kolay anlaşılabilen sonuç sunan TOPSIS yönteminde, seçilen alternatifin ideal çözüme en yakın olması beklenirken, ideal çözüm olamayan alternatife en uzak olması beklenir. (Özdemir, 2015: 134). TOPSIS yönteminde aşağıdaki çözüm adımları izlenebilir (Supçiller, Çapraz 2011).

1. Adım: Problemin amaçları ve değerlendirme kriterleri belirlenir.

2. Adım: Karar matrisi oluşturulur. n sayıda alternatif (a_1, a_2, \dots, a_n) alt alta sıralanır ve karşılarında kriterler alternatiflerinin özellikleri ($y_{1k}, y_{2k}, \dots, y_{nk}$) listelenir.

$$D = \begin{bmatrix} y_{11} & \cdots & y_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{n1} & \cdots & y_{nk} \end{bmatrix} \quad (2.9)$$

3. Adım: Normalizasyon işlemi yapılır. Oluşturulan karar matrisindeki kriter değerlerinin kareleri toplamı, karekökleri alınarak normalize edilmiş matris elde edilir.

$$r_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n y_{ij}^2}} \quad i=1, 2, \dots, n \quad j=1, 2, \dots, k \quad (2.10)$$

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & \cdots & r_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & \cdots & r_{nk} \end{bmatrix}$$

4. Adım: Normal matrisin ağırlıklandırılması ile V matrisi oluşturulur. Amaç doğrultusunda oluşturulan normalize matrisi, kriterlerin ağırlık skoru olan w_j ile çarpılarak V matrisi oluşturulur.

$$V = \begin{bmatrix} V_{11} & \cdots & V_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ V_{n1} & \cdots & V_{nk} \end{bmatrix}$$

5. Adım: İdeal çözümlerin oluşturulması amacıyla ağırlıklı normalleştirilmiş matriste en iyi performans değerinden pozitif ideal çözüm, en kötü değerden ise negatif ideal çözüm elde edilir.

Pozitif ideal çözüm,

$$A^* = \{(\max v_{ij} \mid j \in J), (\min v_{ij} \mid j \in J')\} \quad (2.11)$$

hesaplanan set

$$A^* = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*\}$$

şeklinde ifade edilir. Negatif ideal çözüm

$$A^- = \{(\min v_{ij} \mid j \in J), (\max v_{ij} \mid j \in J')\} \quad (2.12)$$

hesaplanan set

$$A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\}$$

şeklinde ifade edilir (Ömürbek, Aksoy 2016).

6. Adım: Alternatiflerin ayırım ölçüleri hesaplanır. Her alternatifin ideal çözüme olan uzaklığı Euclidian yaklaşımı ile hesaplanır (Alpar, 2011). Pozitif değere olan uzaklığına pozitif ideal ayırım, negatif değere olan uzaklığına negatif ideal ayırım denir ve aşağıdaki gibi hesaplanır: (Ertuğrul, Özçil 2014)

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_1^*)^2}, \quad (2.13)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_1^-)^2} \quad (2.14)$$

7. Adım: İdeal çözüme göreli yakınlığın hesaplanması amacıyla karar noktalarının ideal çözüme göreli yakınlığının ideal noktalara uzaklıklarından faydalanılır. İdeal çözüm C_i^* ile gösterilirse:

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*} \quad (2.15)$$

ile hesaplanır. C_i^* değeri $[0,1]$ aralığında değer alır ve 1'e yaklaştıkça pozitif ideal çözüme yaklaştığını, 0'a yaklaştıkça da negatif ideal çözüme yaklaştığını gösterir (Özdemir 2015: 139).

2.3.5. PROMETHEE Yöntemi

PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations) 1982 yılında Kanada'nın Quebec kentinde yapılan bir konferansta J. P. Brans tarafından sunulan bir çoklu karar verme yöntemidir. PROMETHEE yönteminde amaç, çalışmalarda kullanılan önceliklendirme yöntemlerinin uygulama sırasındaki zorluklarını azaltmaktır. Günümüzde tedarik yönetimini konu alan bazı çalışmalarda kullanılmıştır (Brans ve diğ. 1985).

PROMETHEE Yönteminin Tarihçesi: Brans tarafından geliştirilmiş olan ve kısmi sıralamaya yarayan PROMETHEE I ve tam sıralama yapma amacıyla geliştirilen PROMETHEE II yöntemleri ilk sunulan PROMETHEE yöntemleridir. 1982 yılında Kanada'da bulunan Laval Üniversitesi'nde Nadeau ve Landry tarafından ev sahipliği yapılan konferansta sunulmuştur. Yine 1982'de Davington tarafından ilk defa sağlık sektöründe kullanılmıştır (Brans ve diğ. 1986). Aradan fazla zaman geçmeden Brans ve Mareschal fasılalara dayanan sıralama, yani aralıklı sıralama yapan PROMETHEE III ve devam eden olaylara dayanan sıralama, yani devamlı sıralama yapan PROMETHEE IV adlı metotları geliştirmişlerdir. 1988 yılında ise aynı bilim adamları GAIA olarak adlandırılan görsel interaktif metodunu önererek PROMETHEE metodolojisini destekleyen grafik sunumlar oluşturmuşlardır (Mareschal, Brans 1988).

1992 ve 1994'te, Brans ve Mareschal PROMETHEE yöntemine ek olarak iki metod daha tanıtmışlardır. Bunlardan biri parçalara ayrılmış kısıtları içeren çok ölçütlü karar verme analizi olan PROMETHEE V ve diğeri ise insan beyninin temsil edildiği PROMETHEE VI yöntemidir (Dağ, Yıldırım 2014: 177).

PROMETHEE alternatiflerin iyiden kötüye doğru sıralanması için kullanılmakta, bu sıralamanın görsel olarak anlatımı ise GAIA düzlemi ile sağlanmaktadır. GAIA düzlemi sayesinde hangi kriter için hangi alternatifin uygun olduğu görsel olarak gösterilmektedir. Geometrik sunum karar vericiye problemi çözerken ve karar verirken önemli bir fayda sağlamaktadır. Bu teknik karar verme sürecinde genelde her bir kriterin önemini değerlendirmek amacıyla kullanılmaktadır. Ayrıca bu yöntemle kriterlerin tercih oranları kavranabilir, alternatif homojen kümeler belirlenebilir, belirli kriterler altındaki alternatifler arasından iyi olan alternatiflere karar verilebilir, alternatifler arasındaki

karşılaştırılmazlık durumlar ortaya çıkarılabilir (Mareschal, Brans 1988). GAIA düzlemi sayesinde elde edilen grafiksel gösterim PROMETHEE yönteminin sonuçlarını görsel olarak ortaya koymaktadır. Bu yönüyle diğer ÇKKV yöntemlerinden farklı olarak basit bir sıralama yapmanın yanısıra karar vericiye ve araştırmacılara hızlı, basit ve anlaşılabilir bir bakış açısı sunmaktadır (Genç 2013).

Promethee Uygulama Adımları: Promethee yönteminin uygulamasında 7 adım vardır. Bu adımlar ve içerdikleri formüller aşağıda sırasıyla verilmiştir (Yaralıoğlu, 2010):

1. Adım: Karar noktaları ve değerlendirmede kullanılacak değişkenler tanımlanır. Değerlendirmede yer alan değişkenlerin önem ağırlıkları belirlenir ve veri kümesi oluşturulur. Belirlenen alternatifler, alternatiflere ait özellikler, bu özelliklerin önem ağırlıkları ve alternatiflerin ilgili özelliğe göre aldıkları değerler bir veri matrisinde tablo haline getirilir. Yapılandırılan bu veri matrisinde

$$w = \{w_1, w_2, \dots, w_k\}$$

ağırlıkları,

$$c = \{f_1, f_2, \dots, f_k\}$$

kriterleri ,

$$A=(a,b,c,\dots)$$

değerlendirilen alternatifleri simgelemektedir.

Tablo 2. Promethee Veri Matrisi

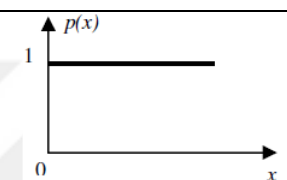
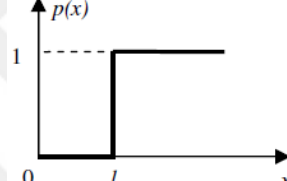
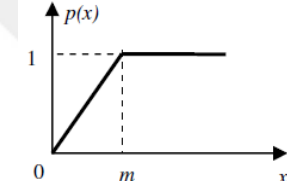
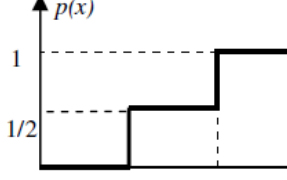
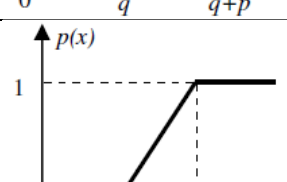
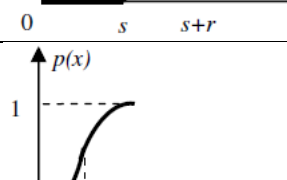
Kriterler	A	B	C	...	W
f_1	$f_1(a)$	$f_1(b)$	$f_1(c)$	...	(w_1)
f_2	$f_2(a)$	$f_2(b)$	$f_2(c)$	...	(w_2)
...
...
f_k	$f_k(a)$	$f_k(b)$	$f_k(c)$	...	(w_k)

2. Adım Kriterler için tercih fonksiyonları belirlenir. Promethee yönteminde her bir kriter için ayrı tercih fonksiyonu tanımlanmalıdır. Bu fonksiyonlar kullanılarak alternatiflerin ikili karşılaştırmalarında en iyi alternatifin tercih derecesi bulunmuş olur. Alternatifler ikili karşılaştırılırken karşılaştırmanın sonucu tercihler açısından

açıklanabilmektedir. Bu amaçla da bir P tercih fonksiyonu seçilmelidir. Bu tercih fonksiyonu [0,1] aralığında değer almakta ve a, b gibi iki nokta arasındaki farkı ifade etmektedir. Bu amaçla karar vericinin amacını kolaylaştırmak için altı tercih fonksiyonu sunulmuştur.

Bu fonksiyonlar aşağıdaki gibidir:

Tablo 3. Promethee Tercih Fonksiyonları

Fonksiyon Tipi	Parametreler	Fonksiyon	Grafik
Birinci Tip	-	$p(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ 1, & x > 0 \end{cases}$	
İkinci Tip	L	$p(x) = \begin{cases} 0, & x \leq l \\ 1, & x > l \end{cases}$	
Üçüncü Tip	M	$p(x) = \begin{cases} x/m, & x \leq m \\ 1, & x > m \end{cases}$	
Dördüncü Tip	P,Q	$p(x) = \begin{cases} 0, & x \leq q \\ \frac{1}{2}, & q < x \leq p+q \\ 1, & x > p+q \end{cases}$	
Beşinci Tip	S,R	$p(x) = \begin{cases} 0, & x \leq s \\ \frac{x-s}{r}, & s \leq x \leq s+r \\ 1, & x > s+r \end{cases}$	
Altıncı Tip	σ	$p(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ 1 - e^{-x^2/2\sigma^2}, & x > 0 \end{cases}$	

(Geldermann ve Lerche, 2014)

Tercih fonksiyonlarında kullanılan parametreler;

q: farksızlık değeri,

p: kesinlik değeri eşiği,

s: p ve q arasındaki ara değer.

q farksızlık değeri, karar verici tarafından önemsiz görülebilecek değerlendirme faktörlerinin karar noktalarına göre en büyük fark değeri iken, p değeri karar verici tarafından kesin tercih oluşturmada yeterli görülecek en küçük farktır.

Bu fonksiyonlar arasından hangisine karar verileceği, karar verici tarafından bir değerlendirme ölçeğine ilişkin verilerin dağılımına bakılarak yapılabildiği gibi, çeşitli yazılımlardan biri kullanılarak da belirlenebilir.

Promethee yönteminin diğer ÇKKV yöntemlerine göre önemli bir üstünlüğü, karar vericiye bir değerlendirme kriteri açısından belli bir tercihi yapabilmesine ya da değerlendirme kriterini kendi isteği doğrultusunda belirlediği değerlerle sınırlayabilmesine imkan sağlamasıdır. Bu avantajı sağlayan kullanılan tercih fonksiyonlarıdır (Brans, Vincke 1985).

1. Tip Tercih Fonksiyonu: Karar verici açısından herhangi bir kriter için bir tercih söz konusu değilse, bu durumda ilgili kriter için seçilecek tercih fonksiyonu Birinci Tip (olağan) tercih fonksiyonu olmalıdır.

2. Tip Tercih Fonksiyonu: Karar verici dikkate alınan kritere göre kendi belirlediği bir sınırın üstünde değere sahip olan alternatifleri dikkate alarak tercihini kullanmak istiyorsa, kullanılacak tercih fonksiyonu İkinci Tip (U tipi) tercih fonksiyonu olmalıdır.

3. Tip Tercih Fonksiyonu: Karar verici tercihini, bir kriter açısından kendi belirlediği değer üstünde skora sahip alternatiflerden yana kullanmak istiyor fakat belirlenen eşik değerinin altında kalan alternatifleri de ihmal etmek istemiyorsa kullanılacak tercih fonksiyonu Üçüncü Tip (V tipi) tercih fonksiyonu olmalıdır.

4. Tip Tercih Fonksiyonu: Karar verici alternatifte yer alan kriterlerin herbirini belirli bir değer aralığına göre kıyaslayacaksa seçilecek tercih fonksiyonu Dördüncü Tip (seviyeli) tercih fonksiyonu olmalıdır.

5. Tip Tercih Fonksiyonu: Karar verici bir kriterleri kıyaslarken tercihini genel ortalamanın üstünde yer alan karar noktalarından yana kullanmak istiyorsa seçilecek tercih fonksiyonu Beşinci Tip (doğrusal) tercih fonksiyonu olmalıdır.

6. Tip Tercih Fonksiyonu: Tercih ederken karar verici, ölçütte yer alan kriter değerlerinin ortalamadan sapma değerlerini belirleyici olarak kullanacaksa seçilecek tercih fonksiyonu Altıncı Tip (gaussian) tercih fonksiyonu olmalıdır.

3. Adım: Her bir kriter için ikili karşılaştırmalar, tercih fonksiyonları dikkate alınarak yapılır ve ortak tercih fonksiyonları belirlenir. A ve B iki karar noktasını göstermesi durumunda ortak tercih fonksiyonu için aşağıdaki eşitlik kullanılır.

$$P(A, B) = \begin{cases} 0, & f(A) \leq f(B) \\ P[f(A) - f(B)], & f(A) > f(B) \end{cases} \quad (2.16)$$

Bu adım gerçekleştirilirken karar noktalarının ikili karşılaştırmalarında kriterlerin maksimizasyon ya da minimizasyon olup olmadığına dikkat edilir.

4. Adım: Ortak tercih fonksiyonları kullanılarak karşılaştırılan her bir kritere ilişkin tercih indeksleri aşağıdaki eşitlik kullanılarak belirlenir.

$$\pi(A, B) = \sum_{i=1}^k w_i \cdot p_i(A, B) \quad (2.17)$$

Bu ifadedeki k sayısı kriter sayısını ifade etmektedir.

5. Adım: Karar noktaları için pozitif ϕ^+ ve negatif ϕ^- üstünlük değerleri aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanır.

$$\phi^+ = \frac{1}{n-1} \sum \pi(A, x) \quad (2.18)$$

$$\phi^- = \frac{1}{n-1} \sum \pi(x, A) \quad (2.19)$$

Bu ifadelerde yer alan x ifadesi, A dışında yer alan karar noktalarını göstermektedir. Böylece her iki fonksiyonda da n tane alternatif için üstünlük değerleri, (n-1) değer toplamından meydana gelecektir.

6. Adım: PROMETHEE I yöntemi ile kısmi sıralama belirlenir. Bu aşamada karar seçeneklerinin negatif ve pozitif üstünlük değerlerinin ikili karşılaştırmaları yapılır. Karşılaştırılabilecek üç olası durum vardır: Bir karar noktasının diğerine üstünlüğü, karar

noktalarının farksızlığı ve karar noktalarının birbirleriyle karşılaştırılmaması durumlarıdır (Özbek 2017: 165).

A karar noktası ile B karar noktası arasındaki kısmi önceliklerin belirlenmesi ve üstünlük mukayesesi aşağıdaki durumlardan herhangi birinin sağlanması ile belirlenir.

- A alternatifi ile B alternatifi kıyaslandığında aşağıdaki durumlardan her hangi birini sağlıyorsa A alternatifi aşağıdaki durumlarda B alternatifine tercih edilir.

I. $\phi^+(A) > \phi^+(B)$ ve $\phi^-(A) < \phi^-(B)$

II. $\phi^+(A) > \phi^+(B)$ ve $\phi^-(A) = \phi^-(B)$

III. $\phi^+(A) = \phi^+(B)$ ve $\phi^-(A) < \phi^-(B)$

- A alternatifi ile B alternatifi arasında aşağıdaki durumda farksızdır.

I. $\phi^+(A) = \phi^+(B)$ ve $\phi^-(A) = \phi^-(B)$

- A alternatifi ile B alternatifi aşağıdaki durumlardan her hangi birini sağlıyorsa karşılaştırılmaz.

I. $\phi^+(A) > \phi^+(B)$ ve $\phi^-(A) > \phi^-(B)$

II. $\phi^+(A) < \phi^+(B)$ ve $\phi^-(A) < \phi^-(B)$

PROMETHEE I ilgisizlik ve eşsizlik durumlarına izin verir. Bazen kısmi sıralamalar elde edilebilir (Balali ve diğ. 2014: 152).

7. Adım: Promethee II yöntemiyle karar noktalarının tam sıralaması gerçekleştirilir. Karar noktalarının tam sıralaması için her karar noktasına ait tam öncelik değerleri aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanır ve bu değerler büyükten küçüğe doğru sıralanır.

$$\phi(A) = \phi^+(A) - \phi^-(A)$$

2.3.5.1. GAIA Düzlemi

Geometrical Analysis for Interactive Assistance (GAIA) düzlemi geometrik yorumlamalar yoluyla problem özelliklerinin görselliğini sağlar (Brans ve Mareschal, 1994). Karar verme probleminde fazla alternatif dikkate alındığında, görsel bir sunumda bu alternatiflerin birçok kriterini sunmak zor olacaktır. Her bir kriteri boyut olarak

düşündüğümüzde çok boyutlu bir uzayda, alternatifleri her bir kriter bazında bu uzayda bir nokta olarak gösterebiliriz. Eğer kriter sayısı yani boyut sayısı 3'ten fazla olduğu durumlarda bu gösterim zorlaşacaktır (Brans, Mareschal 2005).

Alternatiflerin 3'ten daha fazla k boyutlu (kriter sayısı kadar boyutlu) bir uzayda gösterilmesi istenildiğinde, Temel Birleşenler Analizi (Principal Component Analysis, PCA) kullanılarak kriterlerin ve alternatiflerin daha anlaşılabilir bir gösterim ile karar vericiye sunulabilmesi için k boyutlu uzaydan 2 boyutlu bir düzlem üzerine izdüşümleri hesaplanarak bir düzlem oluşturulabilir. Alternatifler ve kriterlerin gösterildiği bu düzlem GAIA düzlemi olarak adlandırılmaktadır (Genç 2013).

2.3.6. Gri İlişkisel Analiz

1982 yılında Deng tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntem, gri sistem teorisi tekniklerinden biridir (Deng,1989). Başka bir ifadeyle GİA, gri sistemin bir alt başlığıdır ve problemde yer alan birden fazla alternatifin derecelendirmesinde, sıralamasında kullanılan karar verme yöntemidir. Bu yöntemi ilk Profesör Ju Long Deng ortaya koymuş, günümüzde de sosyal ve ekonomik birçok alanda kullanılmıştır (Bektaş, Tuna 2013: 19).

GİA yönteminin uygulama adımları aşağıda sunulmuştur (Yıldırım 2015: 232):

1. Adım: Diğer karar verme tekniklerinde olduğu gibi ilk olarak probleme ait veri setini hazırlanır ve karar matrisi oluşturulur. m problemde yer alan alternatifler ve n alternatiflere ait kriterleri göstermek üzere;

$$X = \begin{bmatrix} x_1(1) & \cdots & x_1(n) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_m(1) & \cdots & x_m(n) \end{bmatrix} \quad i=1,\dots,m \quad j=1,\dots,n$$

şeklinde çözümde kullanılacak başlangıç karar matrisi oluşturulur.

2. Adım: Problemde yer alan alternatiflerin kriter değerlerinin uzaklıklarını karşılaştırmak amacıyla referans serisi ve karşılaştırma matrisi oluşturulur. Referans olarak alınan kriter satırı $x_0 = (x_0(j))$ ($j=1,\dots,n$) şeklinde ifade edilir ve başlangıç matrisinde yer alan diğer alternatiflerin kriterlerini kıyaslamak üzere kullanılır. Burada x_0 j. değeri kriterin özelliğine göre en optimal değeri gösterir. Bu adımda oluşturulan referans serisi karar matrisine satır olarak eklenir.

3. Adım: Referans satırı eklenen başlangıç matrisini ölçeklendirmek amacıyla normalize edilir. Kriterler değerleri farklı ölçek birimleriyle ifade edildiğinden kıyaslanabilir ve değerlendirilebilir şekle getirmek amacıyla normalizasyon yapılır.

Bu yöntemde normalizasyon işlemi, kriterlerin yönüne göre 3 farklı şekilde yapılabilmektedir. Eğer, kriter kar amacı taşıyor ise maksimum, maliyet amacı taşıyorsa minimum, belli bir değer olarak alınacaksa belirlenen referans değere mutlak uzaklık hesaplanmaktadır.

Fayda durumunda normalizasyon işlemi;

$$x_i^* = \frac{x_i(j) - \min x_i(j)}{\max(j) - \min x_i(j)} \quad (2.20)$$

eşitliğine göre yapılır.

Maliyet durumunda normalizasyon işlemi;

$$x_i^* = \frac{\max x_i(j) - x_i(j)}{\max(j) - \min x_i(j)} \quad (2.21)$$

fonksiyonundan faydalanılarak yapılır.

Eğer belli bir optimal değer referans olarak kullanılacaksa normalizasyon işlemi;

$$x_i^* = \frac{|x_i(j) - x_0(j)|}{\max(j) - x_{0b}(j)} \quad (2.22)$$

fonksiyonu ile yapılır. $x_{0b}(j)$, referans olarak alınan optimal değer olup j. kriterin referans değeridir. Bu işlemlere göre hesaplanan normal matris X^* ile gösterilirse;

$$X^* = \begin{matrix} x_1^*(1) & \cdots & x_1^*(n) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_m^*(1) & \cdots & x_m^*(n) \end{matrix} \quad (2.23)$$

şeklinde oluşur.

4. Adım: Kriterlerin referans olarak alınan değerlerle fark değer matrisleri oluşturulur. x_0^* ile x_i^* arasındaki farkın pozitif olması için mutlak değeri aşağıdaki eşitlik ile alınarak;

$$\Delta_{0i} = |x_0^*(j) - x_i^*(j)| \quad i=1, \dots, m \quad j=1, \dots, n \quad (2.24)$$

$$\Delta_{0i} = \begin{matrix} \Delta_{0i}(1) & \cdots & \Delta_{0i}(n) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \Delta_{0i}(1) & \cdots & \Delta_{0i}(n) \end{matrix}$$

matrisi elde edilir.

5. Adım: Gri ilişkisel katsayı matrisinin oluşturulması;

$$\gamma_{0i}(j) = \frac{\Delta_{min} + \delta \Delta_{max}}{\Delta_{0i} + \delta \Delta_{max}} \quad (2.25)$$

$$\Delta_{min} = \min_i \min_j \Delta_{0i}(j) \quad (2.26)$$

$$\Delta_{max} = \max_i \max_j \Delta_{0i}(j) \quad (2.27)$$

eşitliği kullanılarak hesaplanır. Fonksiyonda kullanılan δ parametresi ayırıcı katsayıdır ve $[0,1]$ aralığında bir değer alınabilir (Baş, Çakmak 2010).

6. Adım: Gri ilişki katsayıları hesaplanır. Gri ilişki dereceleri, gri ilişki katsayılarının ortalamasını veren değerdir ve

$$\tau_{0i} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^n \gamma_{0i}(j) \quad i=1, \dots, m \quad (2.28)$$

fonsiyonuyla hesaplanır. Problemden yer alan kriterlerin önem dereceleri yani ağırlıkları farklı ise ilişki katsayıları aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır.

$$\tau_{0i} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^n [w_j \cdot \gamma_{0i}(j)] \quad i=1, \dots, m \quad w_j(j); j. \text{ Kriterin ağırlığı} \quad (2.29)$$

Çözümün son aşamasında hesaplanan gri ilişkisel dereceler kullanılarak alternatifler ideal değere benzerliklerine göre büyükten küçüğe doğru sıralanır. Elde edilen değerlerden en yüksek skora sahip olan alternatif en iyi alternatif olarak belirlenir. En küçük skora sahip olan alternatif ise en kötü alternatif olarak ifade edilmiş olur.

2.3.7. MAUT Yöntemi

Fayda teorisi anlamına gelen MAUT yöntemi, çok kriterli karar verme yöntemlerinden biridir ve Fishburn (1967) ve Keeney (1974) tarafından uygulanmıştır. 2007 yılında Loken bu yöntem üzerinde çalışmalar yaparak daha da geliştirmiştir. Günümüzde de MAUT yönteminin kullanım alanı oldukça gelişmiştir (Konuskan, Uygun 2014: 1404).

Karar vericinin sezgisel yargılarını formüle edebilen ve karar verme problemleri için çok yararlı bir yöntem olan çok kriterli fayda teorisi (MAUT) yöntemi, çelişen hedefler arasından seçim yapılabilmesi için mantıklı ve çözülebilir bir yol sunmaktadır. MAUT yöntemi, değişkenleri karara bağlamak ve ortak bir temel sağlamak için sistematik şekilde çözüm üretmektedir (Kim, Song 2009: 145). MAUT yönteminin temelinde her bir karar probleminde, karar vericinin bilinçli ya da bilinçsiz olarak en büyük olmasını istediği bir reel değerli fayda fonksiyonu (utility function) yer alır ve bu fayda fonksiyonu kriterleri temsil etmektedir (Özgel 2016: 44). Maut yöntemiyle problemi çözmeye analiz eden kişinin asıl görevi ise bu fonksiyonu belirlemektir.

Çok kriterli ve alternatifli bir problemde her bir alternatif farklı boyutlarda değer alabilen sonuçlar vermektedir. MAUT yöntemi, farklı boyutlara ait bu değerleri, ağırlıklandırma yaparak tek boyuta indirger ve bu şekilde ölçmeyi hedefler (Zietsman ve dig. 2006). Teorik ve pratik olarak MAUT yönteminin uygulama kriterleri mevcuttur. Bu kriterler özet olarak şunlardır (Kim ve diğ. 2007: 2);

- Hedef seçme ve amaca uygun özelliklerin oluşturulması,
- Hedeflere ait kriterlerin nicel rakamlarla ifade edilmesi,
- Bireysel seçilmek istenen niteliğin fayda fonksiyonlarının oluşturulması,
- Bireysel niteliği oluşturan kriterlerin ağırlık değerlerinin hesaplanması,
- Çok kriterli fayda fonksiyonunun oluşturulması.

Yukarıdaki kriterlere bakıldığında MAUT yönteminin temel amacı, her karar vericinin bilinçli ya da dolaylı yoldan tüm bakış açılarını bir araya getirmek ve bunları optimize etmeye çalışmaktır. Başka bir ifadeyle karar vericinin tercih ilkeleri, fayda fonksiyonu yardımıyla ifade edilir. Karar vericinin bu fonksiyonu karar verme sürecinin başında bilmesine de gerek yoktur. Bu nedenle öncelikle fonksiyonu inşa etmelidir.

Fayda fonksiyonu, bir alternatifi değerlendirmeye yarayacak çeşitli kriterlerden oluşmaktadır. Örnek vermek gerekirse bir laptop seçilmesi probleminde en uygun laptopa karar vermek için hali hazırda olanların yararlarının belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla genelde fiyat, müşteri yorumları, garanti süresi, kamera boyutu, hard disk gibi çeşitli kriterleri dikkate almak gerekmektedir. Karar vermeye yetkili kişi, ilk aşamada

alternatifi oluşturan bir kriter için marjinal fayda puanı denilen bir puan değeri verecektir. Kriterlere ait marjinal fayda değerleri ise küresel yarar puanının ikinci aşamasında elde edilmiş olur (Ishizaka, Nemery 2013). MAUT yönteminin uygulama adımları aşağıdaki gibidir (Erol ve dig. 2011; Zietsman ve dig. 2006; Ömürbek ve dig. 2016).

Adım 1: Her çok kriterli karar verme de olduğu gibi ilk adım olarak karar problemine konu olan kriterler a_n ve kriterlerin seçilmesinde yardımcı olacak nitelikler/kriterler x_m belirlenmelidir.

Adım 2: Niteliklerin karar verici tarafından doğru şekilde değerlendirilmesine yarayan ve öncelikleri ifade eden kriter ağırlık değerleri w_j ataması yapılır. Bilindiği üzere tüm w_j değerlerinin toplamı 1'e eşit olmalıdır.

$$\sum_{j=1}^q w_j = 1$$

Adım 3: Kriterlerin değer ölçüleri sayısal olarak belirlenir. Bu atama nicel olarak elde edilen kriterler için kendi değerleri olurken, nitel özelliğe sahip kriterler için ikili karşılaştırmalar yapılır ve sayısal değerlere dönüştürülür. İkili karşılaştırmalardan elde edilen değerler, aynı aralıkta olmak koşuluyla 5'lik, 10'luk vs. olabilir.

Adım 4: Belirlenen değerler kullanılarak karar matrisi oluşturulur ve normalize etme işlemine geçilir. Normalizasyon yaparken ilk adımda her kriter için en iyi en kötü değerler belirlenir ve en iyi değere 1, en kötü değere 0 değeri atanır. Diğer değerlerin hesaplanması için aşağıdaki fonksiyon kullanılır.

$$f_j(a_i) = \frac{f_j(a_i) - \min(f_i)}{\max(f_i) - \min(f_i)} \quad (2.30)$$

Adım 5: Normalizasyon işleminin ardından aşağıdaki ifade yardımıyla fayda fonksiyonu elde edilir.

$$U(a_i) = \sum_{j=1}^q f_j(a_i) \cdot w_j$$

Bu ifadede yer alan $U(a_i)$ alternatifin fayda değerini, $f_j(a_i)$ her bir alternatif ve kriter için normalize fayda değerini, w_j ağırlık değerini ifade etmektedir.

2.3.8. VIKOR Yöntemi

Çok kriterli karmaşık sistemlerin optimizasyonu için geliştirilen ViseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje (VIKOR) yönteminin temelleri Yu (1973) ve Zeleny (1982) tarafından atılmıştır (Tzeng ve Huang, 2011, 71). 2004 yılında ise Opricovic ve Tzeng tarafından farklı ölçü birimleriyle elde edilmiş veri gruplarında kullanılabilen çok kriterli karar verme tekniği olarak tanıtılmıştır. VIKOR yöntemi, birbiriyle çelişen kriterlerin yer aldığı bir karar verme probleminde ortak bir çözüm sunmakta ve ideale en yakın alternatif çözümü elde etmektedir (Ertuğrul, Özçil 2014).

VIKOR yönteminde kriter ağırlıkları eşit kabul edildiği gibi farklı yöntemlerden elde edilen değer ağırlıkları da uygulama adımlarında dahil edilebilmektedir. Başka bir ifadeyle VIKOR yöntemiyle kriter ağırlıklandırma yapılamamakta, alternatiflerin ideal çözüme yakınlıkları hesaplanıp alternatifler bu değerlere göre sıralanmaktadır.

n kriter ($j=1, 2, \dots, n$) ve m ($i=1, 2, \dots, m$) alternatiften oluşan karar verme probleminde VIKOR yönteminin çözüm başmakları şu şekilde sıralanabilir (Opricovic, Tzeng, Gwo-H, 2004; 3):

Adım 1. En iyi ve en kötü kriterin belirlenmesi: Oluşturulan karar matrisi içerisinde en iyi f_j^* ve en kötü f_j^- değerleri hesaplanır. Bu değerler hesaplanırken kriterin fayda özelliği göz önünde bulundurulmalı, faydalı ise f_j^* , fayda değeri yok ise f_j^- değeri göz önüne alınmalıdır.

Adım 2. Normalizasyon işlemi: Karar matrisini oluşturan farklı birimlerdeki değerleri anlamlaştırabilmek ve karşılaştırabilmek için normalizasyon işlemi yapılır. VIKOR yönteminde kullanılan normalizasyon lineer tipidir. M alternatif ve n kriterden oluşan karar problemi $m \times n$ tipinde R normalizasyon matrisine aşağıdaki formül ile dönüştürülür.

$$R_{ij} = \frac{f_j^* - x_{ij}}{f_j^* - f_j^-} \quad (2.31)$$

Adım 3. Normalize matrisinin ağırlıklandırılması: Eğer karar verici alternatifleri oluşturan kriterlere farklı derecede önem veriyorsa, bu aşamada elde edilen R matrisinin

sütunlarını, w_i ağırlıkları ile çarpılır ve ağırlıklandırılmış normalize matrisi olan V elde edilir.

$$V_{ij}=r_{ij} \times w_j \quad (2.32)$$

Adım 4. S_i ve R_i değerlerinin hesaplanması: S_i ve R_i değerleri kriterler ($j=1, 2, \dots, n$) için hesaplanır. S_i i . Alternatif için ortalama skoru, R_i ise en kötü skoru göstermektedir.

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_j \cdot \frac{f_j^* - x_{ij}}{f_j^* - f_j^-} \quad (2.33)$$

$$R_i = \max(w_j \cdot \frac{f_j^* - x_{ij}}{f_j^* - f_j^-}) \quad (2.34)$$

Adım 5. Q_i değerlerinin hesaplanması: Bu adımda daha önce hesaplanan S_i ve R_i değerleri kullanılarak

$$S^* = \min S_i, S^- = \max S_i, R^* = \min R_i, R^- = \max R_i \quad (2.35)$$

değerleri hesaplanır. Q_i değerinin hesabı ise

$$Q_i = \frac{q \cdot (S_i - S^*)}{(S_i - S^*) + (R_i - R^*)} + \frac{(1-q) \cdot (R_i - R^*)}{(R_i - R^*)} \quad (2.36)$$

eşitliği ile hesaplanır. İfadede yer alan q parametresi kriterlerin çoğunluğunun ağırlığını yani maksimum grup faydasını göstermektedir.

Adım 6. Alternatiflerin sıralanması ve koşulların denetlenmesi: Q_i , S_i ve R_i değerleri ayrı ayrı sıralanıp alternatiflere ait üç farklı sıralı liste elde edilir. Bu işlemin ardından sıralamanın doğruluğunu kontrol etmek amacıyla Q_i değerine sahip alternatifin şu iki koşulu sağlayıp sağlamadığı kontrol edilir;

Koşul 1. Kabul Edilebilir Avantaj: Q_i değerlerine göre sıralanan alternatiflerden 1. Sırada yer alan alternatif A^1 ve ikinci sırada yer alan alternatif A^2 olmak üzere, kabul edilebilir avantaj,

$$Q(A^2) - Q(A^1) \geq DQ \quad (2.37)$$

olmalıdır.

$$DQ = \frac{1}{m-1} \quad (2.38)$$

eşitliği ile hesaplanan bu parametre alternatif sayısına bağlı olup m alternatif sayıdır.

Koşul 2. Kabul Edilebilir İstikrar Koşulu: Q_i değerleri küçükten büyüğe sıralandığında A^1 alternatifi ilk sırada yer alır ve S, R değerlerine göre minimum değeri alan en iyi alternatiftir. Bu durumda uzlaşık çözüm karar vermede istikrarlıdır (Kuzu, Sultan 2014:123).

2.3.9. CP (Compromise Programming) Yöntemi

Yetmişli yıllarda Zeleny (1973) ve Yu (1985) tarafından geliştirilen bir çok kriterli karar verme tekniği olan ve uzlaştırıcı çözüm anlamına gelen CP yöntemi, karar vermede belirlenen ideal noktaya alternatif değerlerinin (f^*) uzaklığının minimize edilmesi temeline dayanmaktadır. İdeal nokta tanımlandıktan sonra, en iyi uzlaştıran çözüm, karar vericinin ideallere göre olabildiğince yakın çözümleri kabul etmesi anlamına gelmektedir (Zeleny'nin seçim aksiyomu). Bu, CP yaklaşımının temelini oluşturmaktadır. Bu temele dayanarak çoklu hedeflerin doğasında olan çatışma nedeniyle uzlaşmacı bir çözüm bulmak için CP yöntemi uygulanmıştır (Beula, Prasad 2012).

CP yönteminde uzaklık hesaplanmasında bu yöntemin uygulama aşamasında sunulan metrik uzaklığı (L_p) kullanılmaktadır. Ayrıca karar verme teknikleri içerisinde matematiksel işlemler olarak en sade tekniklerden birisidir.

CP yönteminden elde edilen çözümler uygulanabilir olmasının yanı sıra karar vericilerin en az pişmanlığını temsil eder. Ayrıca çözüm ilişkisiz alternatifleri bağımsız kıldığı gibi tarafsızlık ilkesi özelliği de göstermektedir (Yu 1973). Bu yöntemin uygulama adımlarını şu şekilde özetleyebiliriz (Öznel 2016).

1. Adım: m alternatif sayısını, n ise kriter sayısını göstermek üzere X karar matrisi

$$X = \begin{bmatrix} x_1(1) & \cdots & x_1(n) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_m(1) & \cdots & x_m(n) \end{bmatrix} \quad i=1, \dots, m \quad j=1, \dots, n$$

şeklinde gösterilebilir. Karar matrisi üzerinde ij x_i alternatifin j . kriterde gösterdiği performans değerini ifade etmektedir.

2. Adım: Ulaşılmak istenen ideal nokta f^* ve anti ideal nokta f_* karşılaştırılır.

x_{ij} i. alternatifin j. kritere göre başarı değeri ve $i = 1, 2, \dots, m$ ve $j = 1, 2, \dots, n$ olmak üzere,

$$f^* = \{f_1^*, f_2^*, \dots, f_n^*\}, f_* = \{f_{1*}, f_{2*}, \dots, f_{n*}\}$$

$$f_j^* = \begin{cases} \max_{i=1,2,\dots,m} \{x_{ij}\}, & j. \text{ kriter fayda} \\ \min_{i=1,2,\dots,m} \{x_{ij}\}, & j. \text{ kriter maliyet} \end{cases} \quad (2.39)$$

$$f_{j*} = \begin{cases} \min_{i=1,2,\dots,m} \{x_{ij}\}, & j. \text{ kriter fayda} \\ \max_{i=1,2,\dots,m} \{x_{ij}\}, & j. \text{ kriter maliyet} \end{cases} \quad (2.40)$$

İfadesinden ideal ve anti ideal noktalar oluşturulur.

3. Adım: İdeal noktaya olan uzaklık aşağıdaki eşitlik yardımıyla minimize edilir. Yani L_p metrik elde edilir.

$$\min L_p = \left[\sum_{j=1}^n w_j \cdot \left(\frac{f_j^* - f_j(x_{ij})}{f_j^* - f_{j*}} \right)^p \right]^{1/p} \quad i = 1, 2, \dots, m$$

4. Adım: L_p ile hesaplanan değerler arasından minimum değeri veren alternatif, karar açısından en uygun seçim olarak belirlenir.

İdeal noktaların hesaplanmasında kullanılan ifadede L_1 değerine Manhattan, L_2 değerine Öklid ve L_∞ değerine ise Tchebycheff metrikleri denir.

Bu yöntemde tüm L_p değerlerinin minimize edilmesindeki amaç, uzaklık ölçülerinin elde edilen metrik değerlerine göre değişebilmesidir.

2.3.10. ELECTRE Yöntemi

ELECTRE (ELimination and Choice Expressing REality) yöntemi, ilk olarak Benayoun ve arkadaşları tarafından önerilmiştir (Öznel 2016: 58). ELECTRE yönteminin temelinde, her bir kritere göre alternatiflerin ikili karşılaştırmalarını kullanarak “üstünlük ilişkisi” kurulması yatmaktadır.

İki alternatif A_i ve A_j olsun ve bu iki alternatifin aralarındaki üstünlük ilişkisi; nicel olarak i nci alternatif j inci alternatife baskın olmasa bile, karar verici tarafından A_i alternatifini daha iyi olarak değerlendirmesi olarak tanımlanarak $A_i \rightarrow A_j$ biçiminde ifade edilir (Roy ve dig. 1973: 55). Herhangi bir alternatif, diğer alternatiflere bir veya

daha fazla kriterde üstünlük sağlıyor ve kalan kriterlerde eşit oluyorsa bu alternatifte baskın denir.

ELECTRE yöntemi ilk olarak alternatifleri her bir kritere göre ikili karşılaştırır. Karşılaştırması yapılan alternatiflerin i nci kritere göre başarı değerleri $g_i(A_j)$ ve $g_i(A_k)$ şeklinde gösterilir ve iki alternatif arasındaki farklılık $g_i(A_j) - g_i(A_k)$ ile ifade edilir. Farklılığın belirlenmesi için belli bir eşik değer belirlenir ve iki alternatif için “farksızlık, zayıf tercih, mutlak tercih ya da karşılaştırılmaz” kanaatine varılır. Bu kanaatten yola çıkarak ikili karşılaştırma ilişkileri ya da diğer deyişle üstünlük ilişkileri kümesi tanımlanır. Sonrasında kriterler eğer farklı önemlere sahipse kriterlerin önem seviyelerini belirlemek için kriterlere ağırlık değerleri atanır (Çağıl 2011: 18).

Üstünlük ilişkileri kümesinin tanımlanması neticesinde, ELECTRE yöntemi alternatiflerin birbirlerine üstünlüklerini kanıtlamak amacıyla uyum endeksini (concordance index) hesaplar. Bunun yanı sıra uyumsuzluk endeksi (discordance index) ile karşıt ölçüsünü yani uyumsuzluğa yol açan endeksi hesaplar. Dolayısıyla ELECTRE yöntemi, farklı alternatifler arasından tercih edilen alternatifi üstünlük ilişkisi temeline dayandırır (Ertuğrul, Karakaşoğlu 2010; 27).

ELECTRE yönteminde bazı durumlarda alternatifler arasında üstünlük sağlanamayabilir. Dolayısıyla ELECTRE yöntemi her karar probleminde en iyi alternatifi belirleyemeyebilir. Böyle bir durumda sadece öne çıkan alternatifleri kısmen işaret eder. ELECTRE yöntemiyle en az tercih edilecek alternatiflerin belirli kriterlere göre elemesi yapılabilir. Bu yöntem özellikle kriterin az olduğu fakat fazla alternatifin olduğu karar problemleri için daha sağlıklı sonuçlar sunmaktadır (Lootsma 1990: 16).

ELECTRE yöntemi, çözülmek istenen problemdeki amaca göre seçim, sıralama ve sınıflama olmak üzere üç başlık altında sınıflanabilir.

Araştırmalarda kullanılan ilk yöntem olan ELECTRE I, türevinden üretilen ELECTRE Iv ve ELECTRE Is, seçim problemlerinde kullanılmaktadır. ELECTRE Iv yöntemini klasik ELECTRE yönteminden ayıran temel özellik, Iv yönteminde veto kavramına, yani eğer bir alternatif diğer alternatiflere tek bir kriter üzerinden kötü performans gösteriyorsa, diğer kriterlerin özelliklerine bakılmaksızın bu alternatifi daha üst seviyede kabul edilmesine izin vermesidir. ELECTRE Is yöntemine eklenen yenilik

ise yapay kriter kullanılmasıdır. Bu sayede veri setinin mükemmel olmadığı durumlarda veri setine müdahale edilebilir. Bu özelliği nedeniyle bu yöntemler içinde en fazla kullanılan yöntemdir (Ishizaka, Nemery 2013: 45).

Medya ve reklam planlama ile ilgili altmışlı yılların sonunda ilk defa uygulamaya konulan ELECTRE II yöntemi, alternatifleri “en iyiden en kötüye doğru sıralanması” probleminin çözümünde kullanılmıştır. Aradan fazla zaman geçmeden aynı sıralama yöntemine yapay kriterler eklenerek ELECTRE III yöntemi geliştirilmiştir. ELECTRE III daha çok çevre ve enerji yönetimi sorunları ile stratejik planlamada uygulanmıştır. Aynı sıralama probleminde, alternatiflere puan atamaksızın alternatif seti üzerinde kısmi bir düzen ile sıralama yapabilen ELECTRE IV yöntemi geliştirilmiştir. ELECTRE IV yöntemi ilk olarak Paris metro ağı ile ilgili probleme çözüm önerisi sunmada kullanılmıştır. ELECTRE IV yönteminde alternatiflere puan atama gereksinimi duymadığı için kriterlere göreceli ağırlık atamaya da ihtiyaç duyulmamaktadır. Kısaca sıralama yöntemlerinde genelde ELECTRE III yöntemi tercih edilmektedir (Şahin 2015).

Kriter sayısı ikiden fazla olan çok ölçekli bir karar probleminin aşağıdaki koşullardan en az birini sağladığı durumlarda ELECTRE yönteminin kullanılabileceği söylenebilir. Bu koşullar şu şekilde ifade edilebilir (Ishizaka, Nemery 2013):

- Karar verici kriterlerin performans hesaplamasında zorlanır, kriterleri karmaşık bir ortak ölçek ile tanımlamak istemez ise ve kriter performansları farklı birimlerde ifade ediliyor olması durumunda,
- Küçük farklılıklar önemsiz ancak bu farkların toplamları önemli oluyor, yani ilgisizlik ve tercih eşik değeri kullanılması ihtiyaç durumunda ise,
- Alternatiflerin ölçüldüğü ölçek farklılıkları karşılaştırılmıyor ya da zorlanıyor ise, zayıflıkların aralıklı ölçekte değerlendirilmesi gerekiyorsa,

Yukarıdaki durumlarda ELECTRE yöntemi kullanmanın karar sürecinde daha isabetli olduğu söylenebilir.

ELECTRE yöntemlerinin genelinde m adet potansiyel alternatiflerden oluşan bir A seti, bu alternatiflerin her biri için g_j 'lerden oluşan n kriterli bir F seti tanımlanır. Her bir alternatifin j . Kriterinin gerçek değeri $g_j(a)$ ile gösterilmektedir.

Tablo 4. Tablo Çok Ölçütlü Karar Tablosu

Alternatifler	Kriterler			
	c_1	c_2	...	c_n
a_1	$g_1(a_1)$	$g_2(a_1)$	...	$g_n(a_1)$
a_2	$g_1(a_2)$	$g_2(a_2)$	...	$g_n(a_2)$
...
a_m	$g_1(a_m)$	$g_2(a_m)$	...	$g_n(a_m)$

$\forall \alpha \in A$ ve $b \in A$ için $g_j(a) \geq g_j(b)$ ise “ α alternatifi en az b alternatifi kadar iyidir.” denir. Alternatif α ‘nın tüm kriterlerinden oluşturulan gerçek değerlere ait vektörler $g(a) = [g_1(a), g_2(a), \dots, g_n(a)]$ şeklinde ifade edilir. ELECTRE yöntemi alternatifleri $g(a)$ ve $g(b)$ vektörlerine dayanarak en az onun kadar iyi anlamına gelen $S(g_j(a) \geq g_j(b))$ ile simgelenecek olup aSb şeklinde gösterilmektedir. Bu ifadenin anlamı α alternatifi en az b alternatifi kadar iyi olduğuna taşıyacaktır. ELECTRE yönteminde a alternatifi ile b alternatifinin karşılaştırılmasından dört muhtemel sonuç ortaya çıkacak olup şunlardır:

- aPb : aSb ve bSa değil ise, a güçlü bir şekilde b ye tercih edilir anlamı taşımaktadır.
- aIb : aSb ve bSa ise, a ile aSb ve bSa değil ise, b farklı değildir.
- aRb : aSb değil ve aPb arasında tereddüt olduğunda a zayıf olarak b ye tercih edilir anlamı taşımaktadır (Tzeng, Huang 2011).
- Uyumluluk ve uyumsuzluk kavramı yöntem adımlarında anlatılmıştır.

Kaynaklarda optimizasyon amaçlı matematiksel programlama yöntemlerinden olan ELECTRE yöntemine ait ELECTRE I, II, III, IV, IS, TRI metotları bulunmaktadır. ELECTRE yönteminin, ELECTRE II, ELECTRE III (Martin, Legret), ELECTRE IV (Figueria ve dig., 2005: cp1), ELECTRE IS (Roy, Skalka 1987) ve ELECTRE TRI gibi birçok geliştirilmiş modellemeleri mevcuttur. Bu metotlar arasında küçük farklılıklar olsa da genel olarak yöntemlerin temelinde, alternatiflerin ikili olarak kıyaslanması ve üstünlüğün buna göre tercih edilmesi vardır. Küçük farklılıkla birbirinden ayrılan bu yöntemler ile karar verici alternatiflere ait çok sayıda nicel ve nitel kriteri karar verme probleminde dahil edebilmekte, kriterlerin önem derecelerini amaçları doğrultusunda belirleyebilmekte ve belirli işlemler neticesinde kendine en uygun alternatife karar verebilmektedir (Yoon, Hwang 1995: 47). Seçim, sıralama ve atama problemlerine

ELECTRE yöntemleri ile çözüm üretilebilmektedir. Seçim problemlerinde ELECTRE I ve ELECTRE IS, sıralama problemlerinde ELECTRE II, III ve atama problemlerinde ise IV ELECTRE TRI kullanılmaktadır (Scharlig 1985: 67'; aktaran Yürekli 2008: 41).

2.3.10.1. ELECTRE Yönteminde Seçim Problemi: ELECTRE I ve IS

ELECTRE I: Her çok kriterli karar verme probleminde olduğu gibi ELECTRE yönteminde çözüme geçmeden önce ilk adım olarak alternatif matrisi ve bu alternatiflere ait kriterlerin yer aldığı A başlangıç matrisi oluşturulur. Bu matrisin elemanları $i=1, 2, \dots, m$ ve $j=1, 2, \dots, n$ olmak üzere i . elemanın j . kriterinin gerçek değerini gösterecek şekilde $g_j(a_i)$ değeri ile oluşturulur ve işlem adımları aşağıdaki gibi devam ettirilir (Pang 2011)

Adım 1. Standart başlangıç matrisinin oluşturulması: Başlangıç karar matrisinin satırlarında problemde yer alan alternatifler, sütunlarında ise alternatiflerin üstünlük sıralamasında kullanılacak değerlendirme kriterleri yer almaktadır. Aşağıda belirtilen A matrisi karar verici tarafından oluşturulan başlangıç matrisidir:

$$A = \begin{bmatrix} g_1(a_1) & g_2(a_1) & \dots & g_n(a_1) \\ g_1(a_2) & g_2(a_2) & \vdots & g_n(a_2) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ g_1(a_m) & g_2(a_m) & \dots & g_n(a_m) \end{bmatrix}$$

Adım 2: Normalize karar matrisi ve ağırlıklandırılmış Standart Karar Matrisi (V) oluşturulmaktadır.

$$r_{ij} = \frac{g_j(a_i)}{\sqrt{\sum_{i=1}^m g_j(a_i)^2}} \quad i=1, 2, \dots, m \quad j=1, 2, \dots, n \quad \text{ve} \quad v_{ij} = r_{ij} \cdot w_i \quad (2.41)$$

Böylece ağırlıklandırılmış karar matrisi,

$$V = \begin{bmatrix} r_{11}w_1 & r_{21}w_2 & \dots & r_{1n}w_n \\ r_{21}w_1 & r_{22}w_2 & \vdots & r_{2n}w_n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{m1}w_1 & r_{m2}w_2 & \dots & r_{mn}w_n \end{bmatrix}$$

Şeklinde ifade edilebilir. Burada kriter ağırlıkları

$$0 \leq w_1, w_2, \dots, w_n \leq 1$$

aralığında ve $\sum_{j=1}^n w_j = 1$ 'dir.

Uyum ve Uyumsuzluk İndeksleri: Uyumluluk setlerinde A başlangıç karar matrisi elemanları kullanılarak, her alternatif çifti için $a \neq b$ olacak şekilde, uyum seti eleman sayısı en fazla n olacak şekilde, $m \cdot (m - 1)$ adet uyumluluk seti oluşturulur. Uyumluluk setleri,

$$C_{ab} = \{j \mid g_j(a) \geq g_j(b)\}$$

İfadesi yardımıyla belirlenir.

Her bir uyumluluk setine (C_{ab}), bir uyumsuzluk seti (D_{ab}) karşılık gelmektedir. Bu uyumsuzluk seti ise,

$$D_{ab} = \{j \mid g_j(a) \leq g_j(b)\} \equiv J - C_{ab}$$

Şeklinde ifade edilmiş olup uyumsuzluk seti formüllerde görüldüğü gibi uyumluluk setine ait olmayan $j \in J$ kriterlerinden oluşmaktadır.

Uyumluluk Matrisinin Oluşturulması: C uyumluluk matrisinin oluşturulmasında uyumluluk setlerinden faydalanılır. Uyumluluk matrisin amacı $c(a, b)$ ile a'nın ne kadar, en az b kadar iyi olduğunu belirtmektir. Bu matristeki elemanlar $[0,1]$ aralığında değer alır ve bunun için

$$c(a, b) = \sum_{j \in C_{ab}} w_j$$

Eşitliği kullanılır. Böylece uyumluluk matrisi aşağıdaki gibi elde edilmiş olur.

$$C = \begin{bmatrix} - & c(1,2) & \dots & c(1,m) \\ c(2,1) & - & \vdots & c(2,m) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ c(m,1) & c(m,2) & \dots & - \end{bmatrix}$$

Uyumsuzluk Matrisinin Oluşturulması: Uyumsuzluk matrisi “hangi b'nin a için tercih edilebilir olduğunun derecesini” ölçmektedir. Uyumsuzluk matrisi elemanları yine uyumluluk elemanları gibi $[0,1]$ aralığında değer alır ve $d(a, b)$ ile ifade edilir. Uyumsuzluk matrisi elemanları aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanır:

$$d(a, b) = \frac{\max_{j \in D_{ab}} |v_j(a) - v_j(b)|}{\max_{j \in J} |v_j(a) - v_j(b)|} \quad (2.42)$$

Bu eşitlik yardımıyla D uyumsuzluk matrisi $a \neq b$ olmak üzere $m \times m$ tipinde aşağıdaki matris gibi elde edilir.

$$D = \begin{bmatrix} - & d(1,2) & \dots & d(1,m) \\ d(2,1) & - & \vdots & d(2,m) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ d(m,1) & d(m,2) & \dots & - \end{bmatrix}$$

Uyumluluk Üstünlük Matrisi ve Oluşturulması: Uyumluluk matrisi içindeki elemanlarının her biri için hesaplanan eşik değeri dikkate alınarak uyumluluk üstünlük matrisi oluşturulur. Bu aşamada kullanılacak olan eşik değeri ortalama uyumluluk indeksi olarak alınabilir ve aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\bar{c} = \frac{\sum_{a=1}^m \sum_{b=1}^m c(a,b)}{m.(m-1)} \quad (2.43)$$

Bir alternatifin diğerine göre üstünlüğünü, eşik değerini dikkate alarak oluşturulan E matrisi aşağıdaki gibi elde edilir:

$$E = \begin{cases} e(a,b) = 1 & \text{eğer } c(a,b) \geq \bar{c} \\ e(a,b) = 0 & \text{eğer } c(a,b) < \bar{c} \end{cases}$$

Uyumsuzluk Üstünlük Matrisi ve Oluşturulması: Aşağıda sunulan eşitlikle elde edilen $m \times m$ boyutlu uyumsuzluk eşik değeri (\bar{d}), E matrisine benzer şekilde F matrisi de şu şekilde hesaplanır:

$$(\bar{d}) = \frac{\sum_{a=1}^m \sum_{b=1}^m d(a,b)}{m.(m-1)} \quad (2.44)$$

$$F = \begin{cases} f(a,b) = 1 & \text{eğer } d(a,b) \leq \bar{d} \\ f(a,b) = 0 & \text{eğer } d(a,b) > \bar{d} \end{cases}$$

Üstün Nitelikli Ağ ve Aşağı Nitelikli Ağın Hesaplanması: Uyumluluk indeksi ve uyumsuzluk indeksi eşik değerleri sırası ile C ve D matrisindeki her bir eleman ile karşılaştırılarak $c(a,b) \geq \bar{c}$ ve $d(a,b) \geq \bar{d}$ eşitsizliklerini sağlayan a ve b alternatifleri için “a üstündür b” denir. Aynı ifade yardımıyla üstün nitelikli c_a ve daha aşağı nitelikli olan d_a hesaplanabilir. Aşağıdaki eşitlik yardımıyla tüm alternatifler için karşılaştırmalı üstünlük sayıları bir araya toplanı ve bu değerler arasında en büyük olan değer daha iyi olarak değerlendirilir.

$$c_a = \sum_{b=1}^n c(a,b) - \sum_{b=1}^n c(b,a) \quad (2.45)$$

Aynı zamanda daha aşağı nitelikte olan d_a 'da

$$d_a = \sum_{b=1}^n d(a, b) - \sum_{b=1}^n d(b, a)$$

Eşitliği ile hesaplanır ve hesaplanan değer ne kadar küçükse o kadar iyi olarak nitelendirilir.

ELECTRE I yöntemiyle temel çözüm belirlenir. Ondan sonraki en iyi alternatifin hangisi olduğunu belirlemek zordur (Şahin 2015; 162).

2.3. 10. 2. ELECTRE Iv

ELECTRE Iv ve ELECTRE I arasındaki temel farklılık veto eşik değeri uygulamasıdır. Bu yaklaşımda tek fark, daha sonradan uygulamaya konulan veto eşik değeri v_j değeridir. Veto değerinin amacı, araştırmacılar ve karar vericilerin zorlandığı heterojen ölçek zorluğunu aşmaktır. Ölçek türü ne olursa olsun veto eşik değeri yardımıyla en iyi alternatifi veya bir alt alternatifi seçmek mümkün olabilmektedir. Bu kavram, “ a üstün b” iddiası ile ilgili çeşitli nedenlerden kaynaklı uyumsuzluğu aşmaya yarar. Aynı zamanda bu eşik değeri bir üst sınırın tanımlanması ile ilgilidir. Veto eşik değeri, ELECTRE I de ifade edilen uyumsuzluk indeksinden farklıdır. Gerçekte uyumsuzluk düzeyi A alternatifler setindeki alternatif a için mutlak anlamda kriter ölçeğiyle alakalıdır ve eşik değeri veto ise $g_j(a)$ ve $g_j(b)$ arasındaki tercih farkıyla ilişkilidir.

ELECTRE Iv aşamaları ve formülleri ELECTRE I yöntemine çoğunlukla benzer olmakla birlikte farklılığı aşağıda sunulan uyumsuzluk koşulu ifadesidir (Figueira cp:1).

$$g_j(a) + v_j(g_j(a)) \geq g_j(b), \quad \forall_j \in j$$

2.3.10.3. ELECTRE IS

ELECTRE Is yönteminin temel farklılığı gerçek kriter yanında yapay kriterlerin kullanılabilmesidir. ELECTRE Is yaklaşımında iki alternatiften birinin tercih doğrulaması yapılacak şekilde p_j , iki alternatif arasındaki ilgisizlik değeri q_j ifadelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu ilgisizlik ve tercih eşik değerleri, sabit bir değer olabileceği gibi ölçek boyunca farklı değerlerde olabilir (Figueria, Mousseau, Roy, ch-1).

2.3.10.4. ELECTRE II

ELECTRE I yönteminde en iyi alternatiften sonra ikincil alternatifin belirlenememesi problemini gidermek amacıyla ELECTRE II yöntemi Roy ve Bertier (1973) tarafından önerilmiştir. ELECTRE II yönteminde ELECTRE I yönteminden farklı olarak tek üstünlük ilişki yerine güçlü ve zayıf sıra ilişki kavramları eklenmiş ve böylece iki üstünlük ilişkisi kullanılmıştır. Ayrıca bu yöntemde ek olarak, b yerine a tercih edileceğinde hem $C(a, b) > C^*$ hem de $C(a, b) \geq C(b, a)$ gibi iki eşitsizliğin sağlanması kriteri vardır. Bu kısıt sayesinde çekirdek setteki tekrarlar da engellenmektedir (Şahin 2015: 56).

ELECTRE II yönteminde kullanılan uyumluluk ve uyumsuzluk indeksleri aşağıdaki gibidir (Huang ve Chen, 2005).

$$I^+(a, b) = \{C_j \mid g_j(a) \geq g_j(b)\};$$

$$I^=(a, b) = \{C_j \mid g_j(a) = g_j(b)\};$$

$$I^-(a, b) = \{C_j \mid g_j(a) \leq g_j(b)\};$$

$$W^+(a, b) = \sum_{j \in I^+(a, b)} W_j;$$

$$W^=(a, b) = \sum_{j \in I^=(a, b)} W_j;$$

$$W^-(a, b) = \sum_{j \in I^-(a, b)} W_j;$$

Buradan (a, b) çiftleri için uyumluluk ve uyumsuzluk indeksleri şu şekilde hesaplanır:

$$C(a, b) = \frac{W^+(a, b) + W^=(a, b)}{W^+(a, b) + W^=(a, b) + W^-(a, b)} \quad (2.46)$$

$$D(a, b) = \frac{\max_{j \in I^-(a, b)} |g_j(a) - g_j(b)|}{\max_{j \in I} |g_j(a), Q_j|} \quad (2.47)$$

Q_j değeri karar verici tarafından j. kriter için belirlenen önem derecesidir.

2.3.10.5. ELECTRE III

Roy (1977, 1978), karar vericilerin bulanık koşullarda tercihlerini modellemek için keskin bir ilişkiyi genişleten ELECTRE III'ü geliştirmiştir (Tzeng, Huan, 2011). ELECTRE III'ü anlamak için ELECTRE II'yi iyi anlamak gerekmektedir. Bu değerlendirme yöntemi Hwang ve Yoon (1981), Roy (1991), Tsaur ve Tzeng (1996) ve Teng ve Tzeng (1994) tarafından da kullanılmış ve geliştirilmiştir. ELECTRE yöntemi problem çözümünde sınır fonksiyonu oluşturmayı, uyumluluk ve uyumsuzluk indeksi kurmayı, güvenilirlik derecesi ölçmeyi ve alternatiflerin sıralamasını içermektedir. Bu yöntem içerdiği özellikler nedeniyle genelde bulanık (fuzzy) verileri için kullanılmaktadır. Bu yöntemde diğer yöntemlerde kullanılan kavramlara ek olarak ilgisizlik ve tercih sınırlarını temsilen $q(g)$ ve $p(g)$ eşik değerleri yer almaktadır.

Eğer $g_j(a) \geq g_j(b)$ ise;

Sınır fonksiyonu aşağıdaki eşitsizlikler sağlanacak şekilde oluşturulmaktadır:

$$g(a) > g(b) \rightarrow \begin{cases} g(a) + q(g(a)) > g(b) + q(g(b)) \\ g(a) + p(g(a)) > g(b) + p(g(b)) \end{cases}$$

$C(a, b)$ uyumluluk indeksi aşağıdaki eşitlik kullanılarak her bir alternatif çifti için hesaplanır:

$$C(a, b) = \frac{\sum_{j=1}^n w_j c_j(a, b)}{\sum_{j=1}^n w_j} \quad (2.48)$$

Yukarıdaki ifadede yer alan $c_j(a, b)$ değeri ise ;

$$c_j(a, b) = \begin{cases} 0, & \text{eğer } g_j(b) - g_j(a) \geq p_j(g_j(a)) \\ 1, & \text{eğer } g_j(b) - g_j(a) \leq q_j(g_j(a)) \\ \frac{g_j(a) + p_j(g_j(a)) - g_j(b)}{p_j(g_j(a)) - q_j(g_j(a))}, & \text{diğer durumlarda} \end{cases}$$

ile hesaplanır.

Uyumsuzluk indeksi $D(a, b)$ değeri ve her bir kriter için gerekli olan veto eşik değeri $v_j(g_j(a))$ aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$c_j(a, b) = \left\{ \begin{array}{ll} 0, & \text{eğer } g_j(b) - g_j(a) \leq p_j(g_j(a)) \\ 1, & \text{eğer } g_j(b) - g_j(a) \geq v_j(g_j(a)) \\ \frac{g_j(b) - g_j(a) - p_j(g_j(a))}{v_j(g_j(a)) - p_j(g_j(a))}, & \text{diğer durumlarda} \end{array} \right\}$$

Bu aşamalardan sonra güvenilirlik endeksi $S(a, b)$ şu şekilde hesaplanır:

$$S(a, b) = \left\{ \begin{array}{ll} C(a, b), & \text{eğer } d_j(b) \leq C(a, b) \\ C(a, b) \prod_{j \in J(a, b)} \frac{1 - d_j(a, b)}{1 - C(a, b)}, & \text{diğer durumlarda} \end{array} \right\} \quad (2.49)$$

Yukarıda bahsedilen adımlar ELECTRE III yönteminde hesaplandıktan sonra alternatiflerin sıralanması için aşağıdaki adımlar uygulanmaktadır (Figueria ve Mousseau, 2005; Tzeng, Huang, 2011; Pena, 2007).

İlk adımda azalan ayrıştırma yöntemi kullanılarak ön sıralama yapılandırılır. Bu sıralamayı yapmak amacıyla ilk olarak güvenilirlik katsayısının maksimum değeri hesaplanır;

$$\lambda_{maks} = maksS(a, b)$$

Bu işlemden sonra kesme düzeyi aşağıdaki fonksiyon yardımıyla hesaplanır.

$$\lambda^* = \lambda_{maks} - (0,3 - 0,15\lambda_{maks})$$

Elde edilen bu kesme düzeyinden,

$$\forall a, b \in A \text{ için } \lambda = \max_{S(a, b) \leq \lambda^*} S(a, b)$$

değeri hesaplanır. Bu işlemin ardından

$$S(a, b) \geq \lambda \text{ ve } S(a, b) - S(b, a) \geq (0,3 - 0,15\lambda_{maks}) \text{ i}$$

ise “alternatif a, b ’ ye tercih edilir.” denir. a üstün b olduğunda, güçlü olan a alternatifine +1, zayıf olan b alternatifine ise -1 değeri atanır.

Problemde yer alan her bir alternatif için bağımsız güç ve zayıflıklar hesaplanarak toplanır ve böylece özellik skorları elde edilmiş olur. Azalan ayrıştırmada,

alternatiflerden en yüksek özellik skoruna sahip olan güvenilirlik matrisinden çıkartılır ve kalan alternatiflerin sıraları tespit edilene kadar bu işleme devam edilir.

İkinci adımda artan ayrıştırma yöntemiyle ikinci ön sıralama tamamen yapılandırılır. Bu işlem sırasında azalan ayrıştırmanın son aşaması hariç diğer aşamalar aynı şekilde uygulanmaktadır. Sadece bu aşamada son adım olarak en düşük yeterliğe sahip alternatiflerin seti, birinci ayrıştırmayı oluşturacak şekilde güvenilirlik matrisinden çıkartılır. Kalan alternatiflerin sıralamaları artacak şekilde sürece devam edilir.

Üçüncü adımda yukarıda bahsedilen işlemlerde elde edilen iki ön sıralamalardan faydalanılarak alternatiflerin son sıralaması yapılır.

Bu adımlar gerçekleştirildikten sonra dört muhtemel sonuç elde edilebilir;

1. İki ayrıştırmadan elde edilen sonucuna göre de a 'nın sıra değeri b 'den büyükse veya bir ayrıştırma için a, b 'den daha iyiyse ve diğer ayrıştırma için a ve b aynı sırada ise a daha iyidir b 'den şeklinde ifade edilir ve P^+ ile gösterilir.

2. a ve b sıralaması bir sıralamada farklı yani a bir ayrıştırmada a b 'den daha iyidir elde edilir, fakat diğer ayrıştırmada farklı daha düşük olursa a ile b karşılaştırılmaz denir ve R ile simgelenir.

3. a ve b sıralaması iki ayrıştırma setinde aynı sırada yer alırsa a ve b alternatifleri farklı değildir denir ve I ile ifade edilir.

4. Her iki ayrıştırmada a, b 'den daha düşük sıralamada ya da herhangi bir sıralamada a b 'den düşük diğer sıralamada ise a 'nın sıralaması ile b 'nin sıralaması eşit olduğu durumlarda a b 'den kötüdür denir ve P^- ile simgelenir.

Bu aşamalardan sonra her bir alternatif sahip olduğu P^+ skorlarının toplamına göre sıralanır. Böylece sıralamada en yüksek skora sahip alternatifin en çok tercih edildiği, düşük skora sahip alternatifin az tercih edildiği sonucuna varılır. Eğer her hangi iki alternatif aynı P^+ toplamına sahip olursa, bu alternatiflerin karşılaştırılmaz ya da eşit olup olmadıklarına bakılarak sonuca varılması gerekmektedir.

2.3.10.6. ELECTRE IV

ELECTRE IV yöntemi Roy ve Bouyssou (1983) tarafından ELECTRE III yöntemini kolaylaştırmak amacıyla önerilmiştir. Bu iki yöntem arasındaki temel farklılık ELECTRE IV yönteminin pratikte ölçmekte zorlanılan kriter ağırlıklarına ihtiyaç duymamasıdır. Elbette ihtiyaç duyulmaması eşit kriter atama anlamına gelmemektedir (Tzeng, Huan 2011). Bu yöntemde ELECTRE III yönteminde olduğu gibi yapay kriterler kullanılabilir.

ELECTRE yöntemleri içinde ELECTRE IV yönteminin farkı iç içe ardışık üstünlük ilişkisi olan $S^1 \subset S^2 \subset \dots \subset S^k$ ifadeler tanıtılmış olmasıdır. Her bir S^i tanımlanırken uyumluluk ve uyumsuzluk kavramları kullanılır. Kısmi ön sıralamalar ELECTRE IV yönteminde ELECTRE III deki gibi gerçekleştirilmekte, farklı olarak ELECTRE IV 'te beş sıralama ilişkisi tanımlanmıştır: benzer-üstünlük, geleneksel-üstünlük, yapay-üstünlük, ikincil-üstünlük, veto-üstünlük (Tzeng Huan, 2011).

Benzer-Üstünlük İlişkisi (Quasi-Dominance): Bu ilişki kriterinin geçerli olabilmesi için her bir alternatif için alternatif b, tercih edilen ya da alternatif a ile ilişkisizse ve a alternatifinin b'den üstünlük sayısı, b'nin a'dan üstünlük sayısından az ise, (b,a) çifti benzer üstünlük ilişkisine sahiptir denir.

Geleneksel üstünlük ilişkisi (Canonic-dominance): Ancak ve ancak hiçbir kriter için alternatif a, kesinlikle alternatif b'ye tercih edilmiyor ve a'nın zayıf olarak b'ye tercih edilme sayısı b'nin güçlü olarak a'ya tercih edilme sayısından az veya eşit ise, (b,a) çifti arasındaki ilişki geleneksel üstünlük olarak ifade edilir.

Yapay Üstünlük ilişkisi(pseude-dominance): Ancak ve ancak a'nın b'ye göre tercih edilebilecek hiçbir üstün kriteri yok ve eğer a'nın zayıf olarak b'ye tercih edilme sayısı b'nin a'ya kesinlikle veya zayıf olarak tercih edilme sayısından az ya da eşit ise (b,a) çifti arasında yapay üstünlük ilişkisi vardır denir.

İkincil alt üstünlük ilişkisi (sub-dominance): Alternatif a'nın b'ye göre güçlü olarak hiç bir kriter yoksa (b,a) arasında ikincil alt üstünlük ilişkisi vardır denir.

Veto-Üstünlük İlişkisi: Bu ilişkinin var olabilmesi ancak ve ancak ya a'nın güçlü olarak b'ye tercih edildiği kriter yok ya da veto eşik değeriyle a güçlü olarak b'ye tercih

ediliyorsa ve ayrıca kriterlerin en azyarısı için b güçlü olarak a'ya tercih ediliyorsa (b,a) çifti arasındaki ilişki veto üstünlük ilişkisi olarak tanımlanır.

2.3.10.7. Sınıflama Problemi

Alternatiflere uygulanan sınıflama probleminde temel amaç, her bir alternatifi önceden de belirlenebilen profil, sınır, normlar ya da referanslar kullanarak karşılaştırma yoluyla, diğerlerinden bağımsız olarak alternatiflerin sıralamalarının belirlenmesidir. Alternatifler sıralama yapılırken belirlenen kritik değere göre farklı işlemlere tabi tutulur. Sınırlar ve limitler açısından atanmış-atanmamış, referans profilleri açısından benzer ve ya benzer değil, bazı normlara göre de yeterli-yeterli değil gibi ifadelerle alternatifler nitelendirilir. Mutlak yargılama anlamına gelen sınıflama problemi, alternatiflerin belirlenen normlar ya da kategorilerden birine atanmasına dayanmaktadır. Bu yöntemin avantajlı bir yönü de herhangi bir alternatifin bir kategoriye atanması başka bir alternatifin farklı kategoriye atanmasını engellemekte ve etkilememektedir (Figueria, Mousseau, Roy ch-1). Bu özelliği sayesinde karar problemine yeni alternatif eklenmesi çözümü tamamen değiştirmeyi gerektirmemektedir (Ishizaka, Nemery 2013).

2.3.10.8. ELECTRE TRI

Bir dizi eylem, nesne ve ya öğelerin kategorilere ayrılması amacıyla ELECTRE TRI yöntemi tasarlanmıştır. Bu yöntemde en kötü kategori C_1 , en kötü kategori C_k olacak şekilde kategoriler $C = \{C_1, C_2, \dots, C_h, \dots, C_k\}$ şeklinde sıralanır. Bunun yanında kategoriler profile bir alt ve bir üste değer ile tanımlanır. r_h değeri kategori C_h için sınırlayıcı profil olarak tanımlanır ve r_h kategori C_h için üst sınır profilini oluştururken C_{h-1} için alt referans sınır profilini oluşturur. En iyi profil r_1 'den başlar ve en kötüye yani r_{k+1} 'e kadar sıralanır.

Herhangi bir a alternatifini tanımlanan kategorilerden birine dahil etmek amacıyla ELECTRE III'de olduğu gibi "a'nın r_h kadar iyi olduğu" varsayımının gücünün ölçülmesi için üstünlük ilişkisinin aynı olmasına karşın tercih ilişkileri aynı değildir. ELECTRE TRI'de tercih ve ilgisizlik ilişkileri karar verici tarafından belirlenen kesme değer λ ile tanımlanmaktadır. Alternatif a kesme değer λ gibi bir değer kriter alınıp profil

r_h ile karşılaştırıldığında dört mümkün sonuç çıkmaktadır. Bunlar şu şekilde sıralanabilir (Ishizaka, Nemery 2013):

- $a > r_h : aSr_h \geq \lambda$ ve $r_h Sa < \lambda$ ise ancak ve ancak o zaman a alternatifi r_h 'a tercih edilebilir.
- $a < r_h : aSr_h < \lambda$ ve $r_h Sa \geq \lambda$ ise ancak ve ancak o zaman r_h , a 'ya tercih edilebilir.
- $aI r_h : aSr_h \geq \lambda$ ve $r_h Sa \geq \lambda$ ise, yani a en az r_h kadar ve r_h 'da en az a kadar iyiyse, a ile r_h arasında fark yoktur denir.
- $aR r_h : aSr_h \leq \lambda$ ve $r_h Sa < \lambda$ ise, yani a en az r_h kadar ve r_h 'da en az a kadar iyi değilse a ile r_h karşılaştırılmaz denir.

Alternatifler kategorilere atanırken ELECTRE TRI'de iyimser (optimistic) ve kötümser (pesimistic) olmak üzere iki farklı kural kullanılır. İki kuralda uygulanırken sınırlayıcı profillerle karşılaştırma yaparak alternatifleri atama yaparken aşağıda bahsedildiği gibi farklı tercih ilişkileri kullanır ve durumu farklı şekillerde ele alır (Onera, Tacnet 2012).

Kötümser kural; alternatif a en yüksek kategori olan C_h 'a üstünlük ilişkisini veren aSr_{h-1} kullanılarak atanmaktadır. Başka bir ifadeyle alternatif a , $t = k - 1, k - 2, \dots, 1, 0$ olacak şekilde r_t ile arka arkaya karşılaştırarak, aSr_{h-1} 'i sağlayacak şekilde ilk karşı karşıya gelen profil sınırı r_{h-1} ile a alternatifini kategori C_h 'ya atamaktadır.

İyimser kural: a alternatifi en küçük kategori olan C_h 'a atanırken tercih ilişkisini veren $r_h > a$ ilişkisi kullanılır. Başka bir ifadeyle alternatif a , $t = 1, 2, \dots, k - 2, k - 1$ olacak şekilde r_t ile arka arkaya karşılaştırılarak, $r_h > a$ olacak şekilde ilk karşı karşıya gelen profil sınır r_h ile, a alternatifi C_h 'a atanmaktadır.

ELECTRE TRI yönteminde karar verici tarafından kesme değeri belirlenebilmesi, iyimser ve kötümser kuralı kullanımına göre aynı problemde farklı sonuçlar elde edilmesine neden olmaktadır (Onera, Tacnet 2012).

2.3.11.AHP Yöntemi

Karşılaşılan çok kriterli problemleri çözmek için 1970'li yıllarda tasarlanan Analitik Hiyerarşi Yöntemi, nitel ve nicel değişkenleri analiz ederek problem çözen bir yöntemdir

(Saaty 1986: 841-855). Bu yöntem, çok nitelikli problemleri hiyerarşik yapıda modeller ve problemi oluşturan ana hedeflerin, kriterlerin, alt kriterlerin ve alternatiflerin ilişkilerini ortaya koyar (Dinçer, Görener 2011).

AHP, problemi oluşturan kriterlerin ve alt kriterlerin önem derecelerini hesaplayarak boyut indirgemesi yapar. Elde edilmesi muhtemel sonuçlara, en iyi kriterin dahil edilebilmesi için kriterleri önem sırasına koyma imkanı sunmaktadır (Önder ve Önder, 2015:21). Bu yöntemde nihai karar verilirken birden fazla tecrübeli ismin görüşü hesaplamalara dahil edildiği gibi, firmada üst kademede bulunan idarecilerin, hesap uzmanlarının tercihleri de dikkate alınabilmektedir. Bunun yanı sıra karar sürecinde nihai karar verecek yetkili, AHP yöntemini kullanarak karardan etkilenecek diğer grupların görüşlerini birleştirerek kabul edilebilen ortak sonuca varabilmektedir. Bu sayede problem çözümüne katılan birey ve grupların çalışma isteklerini artırıp karara saygıyı ve iş tatmini imkanı da sunmaktadır.

AHP yöntemi ile problem çözme adımları şu şekilde özetlenebilir:

1. Adım: Çözülmesi gereken problemi ayrıntılı şekilde tanımlamak.

2. Adım: Ortaya konulan problemi meydana getiren kriterler ve çözüme dahil edilen diğer alternatifler açık şekilde ve hiyerarşik bir sıra ile ifade edilir. Bu şekilde n adet ana kriter (faktör) ve bu kriterlere sahip m adet alternatiften (karar noktası) oluşan bir çok kriterli problem meydana getirilmiş olunmaktadır (Aktepe, Ersöz 2014).

3. Adım: Hiyerarşik yapıya dikkat edilerek yani alternatifleri oluşturan ana ve alt kriterlere dikkat edilerek tüm elemanların ağırlık derecelerinin belirlenmesi için ikili karşılaştırma anketi hazırlanır. Bu sayede karar vermede yetkili olan kişiler kriterleri ve her kriter altında yer alan alternatifleri ikili karşılaştırma yapabilecektir. Elde edilen sonuçlar kullanılarak karşılaştırma matrisi oluşturulur.

Bu adımda ikili karşılaştırma matrislerinin tutarlılıkları kontrol edilir.

$$CI = ((\lambda \text{ Maks} - n) / (n - 1)) \quad (2.50)$$

eşitliği ile karar vericilerin tutarlık katsayısı hesaplanır. Burada “ λ Maks” ifadesi karar matrisinden elde edilen en büyük özdeğerdir ve n alternatifleri oluşturan özellik (kriter) sayısıdır (Önder, Önder 2015: 26). Tutarlılık oranının hesaplanmasında ise:

$$CR=CI/RI \text{ (2.51)}$$

fonksiyonu kullanılır. Burada yer alan RI ‘Rastgele Değer İndeksler’ ini temsil etmektedir.

4. Adım: Hiyerarşik sırada tanımlanan tüm alternatiflerin öncelik vektörleri hesaplanır ve bu değerler üzerinden analiz yapılır. Bu adımda uygulanan anket neticesinde karar vericilerin ikili karşılaştırmalarından elde edilen matriste yer alan tüm satırlar toplanır ve her bir satırda yer alan toplam değerler tüm satırın toplamına bölünenen normalize edilir (Sarıçalı, Kundakçı 2016).

Normalleştirilmiş matris elde edildikten sonra her bir sıranın ortalaması hesaplanır. Bu değerler alternatifleri oluşturan kriterlerin önem ağırlıklarındır. Elde edilen kriter ağırlık değerleri ile alternatiflere ait ağırlık değerleri çarpılır. Son adım olarak da hesaplanan değerler toplanarak birleştirme yapılır ve alternatifler bu sonuçlara göre büyükten küçüğe sıralanır.

2.3.12. MOORA Yöntemi

Multi Objective Optimization on basis of Ratio Analysis (MOORA) yöntemi, Wiilem Karel M. Braures ve Edmundas Kazimieras Zavadskas tarafından 2006 yılında yayınlanan ‘The MOORA method and its application to privatization in a transition economy’ isimli makalede sunulmuştur (Önay, Çetin 2012). Ayrık alternatiflerle çok amaçlı optimizasyon için önerilen ve yeni bir yöntem olarak ifade edilen MOORA, oranların uygulandığı amaçlar için alternatiflerin cevaplarının matrisini ifade eder (Braueres, Zavadskas 2006; 2010). MOORA yöntemi diğer çok kriterli karar verme tekniklerine kıyasla, hesaplama zamanı, basitlik, matematiksel işlemlerin miktarı, güvenilirlik ve analizlerde kullanılan veri türleri açısından daha çok tercih edilen bir yöntemdir (Yıldırım, Önder 2015: 35). MOORA yöntemi, *oran sistemi* ve *referans noktası yaklaşımı* olmak üzere iki temel bölümden oluşmaktadır (Şimşek ve diğ. 2015). Yapılan çalışmalarda MOORA yönteminin diğer çok kriterli karar verme teknikleri arasında matematiksel işlem, kararlılık ve veri türü açısından daha üstün olduğu açıklanmıştır (Chakraborty 2011).

MOORA yönteminin uygulama adımları sırasıyla şu şekildedir (Kundakçı 2016):

Oran metodu:

1. $i= 1, 2, \dots, m$ alternatif sayısı, $j= 1, 2, \dots, n$ kriter sayısı olmak üzere, karar matrisi oluşturulur.

$$X = \begin{bmatrix} x_1(1) & \cdots & x_1(n) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_m(1) & \cdots & x_m(n) \end{bmatrix}$$

2. Her Bir alternatifin kareleri toplamının karekökü ile kriterler bölünerek normalizasyon matrisi elde edilir. Bu işlem,

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (2.52)$$

eşitliği ile elde edilir. x_{ij}^* ; i . alternatifin, j . kriter değerinin normalleştirilmiş halidir.

Normalizasyon işleminin ardından sütunda yer alan kriterler maksimum ya da minimum olmalarına göre değerlendirilip toplanır ve toplanan maksimum kriter değerlerinden toplanan minimum kriter değerleri çıkartılır. Özetle bu ifade $j=1, 2, 3, \dots, g$ maksimize edilecek kriterler ve $i=1, 2, 3, \dots, n$ minimize edilecek kriterler olmak üzere;

$$y_i^* = \sum_{j=1}^g x_i^* - \sum_{j=g+1}^n x_i^* \quad (2.53)$$

olarak gösterilebilir.

Alternatiflere ait optimizasyon değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanarak en iyi alternatife karar verilir. En yüksek skora sahip alternatif en iyi alternatif, en düşük skor değerine sahip alternatif de en kötü alternatif olarak değerlendirilir.

2.3.12.1. Referans Nokta Teorisi

Referans nokta yaklaşımında oran yaklaşımında olduğu gibi normalizasyon işlemleri uygulanır. Elde edilen x_{ij}^* 'lerden amaca göre maksimizasyon ve minimizasyon değerleri referans noktası olarak seçilir. Seçilen bu noktaların her bir x_{ij}^* değerine uzaklıkları

$$d_{ij} = |r_j - x_{ij}^*| \quad (2.54)$$

formülüyle hesaplanır ve matris olarak yazılır. Elde edilen matrise Tchebycheff'in Min-Max Metrik ile sıralama yaklaşımı uygulanarak nihai sonuç elde edilir. Tchebycheff'in Min-Max Metrik formülü ise;

$$\text{Min}\{\max | r_i - x_{ij}^* | \} \quad (2.55)$$

olarak gösterilebilir.

Sonuçlar küçükten büyüğe sıralandığında ilk seçenek en iyi seçenek olarak kabul edilir (Özbek 2016: 187). Bu yöntemde en küçük değer ideale en yakın nokta anlamına gelmektedir.

2.3.13. ARAS Yöntemi

Bulanık mantık ve gri teori ile entegre modellenebilen Additive Ratio Assesment (ARAS) yöntemi Sliogeriene, Z. Turskis ve E. K. Zavadskas tarafından Çok Kriterli Karar Verme problemlerinin çözümünde yeni bir yaklaşım olarak sunulmuştur (Turskis, Zavadskas 2010).

Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) ve birçok karar analizi yöntemlerinde kullanılan klasik yaklaşımlarda amaç alternatifleri öznel tasnif (sıralama) yapmaktır. Araştırmalarda yer alan mevcut birçok ÇKKV yöntem, ideal pozitif ve ideal negatif çözüme olan göreceli uzaklıkları dikkate alarak ya da mevcut çözümlerin fayda fonksiyonu değerlerini ideal pozitif alternatif çözüm değeri ile karşılaştırarak çözüme varmaktadır. ARAS yönteminde ise araştırılmaya çalışılan alternatiflerin fayda fonksiyon değerleri, karar problemine karar verici tarafından eklenebilmekte, optimal (minimumda en küçük, maksimumda en büyük) alternatife ait fayda fonksiyonu değeri ile karşılaştırılmaktadır. Bu yöntemde karar seçeneklerinin fayda fonksiyonu değer oranları karar seçeneklerindeki optimum değerler ile karşılaştırılır (Shariati ve diğ., 2014: 411). ARAS yönteminde seçeneklerin performansları, her bir kriterin ideal olarak kabul edilen alternatif kriterlerine kıyaslanarak belirlenir. Örnek vermek gerekirse, bir karar probleminde alternatife ait bir kritere ait optimal skorun 50 olduğunu, problemde yer alan tüm alternatiflerin bu değer altında olduğunu ve alternatifler içinde en büyük skorun 40 olduğunu varsayalım. Diğer yöntemlerde optimal skorun 50 olması ihmal edilir ve alternatifler içinde en iyi 40 skoruna sahip olana %100 (1) değeri atanır. ARAS

yönteminde ise bu 40 skoruna sahip alternatif %80 (0,80) olarak hesaplanır (Sliogerience ve diğ. 2013).

ARAS yöntemi uygulama adımları şu şekildedir (Zavadkas ve diğ. 2010):

Adım 1. Karar Matrisinin Oluşturulması: Diğer ÇKKV yöntemlerinde olduğu gibi ARAS yönteminde de ilk olarak karar probleminde yer alan alternatifler ve alternatifleri değerlendirmek üzere kullanılacak kriterler belirlenir. Daha sonra alternatiflerin kriterlere ait skorlarının gösterildiği karar matrisi oluşturulur. ARAS yönteminde klasik ÇKKV yöntemlerinden farklı olarak başlangıç karar matrisinde, her bir kritere ait optimal değerlerden oluşan bir satır, araştırmacı tarafından eklenir.

m alternatif sayısını, n ise kriter sayısını göstermek üzere X karar matrisi

$$X = \begin{bmatrix} x_1(1) & \cdots & x_1(n) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_m(1) & \cdots & x_m(n) \end{bmatrix} \quad i=1,\dots,m \quad j=1,\dots,n$$

şeklinde gösterilebilir. Karar matrisi üzerine satır olarak x_{ij} i . alternatifin j . kriterde gösterdiği performans değerini ifade ederken, x_{0j} satırı karar verici tarafından karar matrisine il satır olarak eklenmektedir.

Karar probleminde kritere ait optimal değer bilinmiyorsa, kriterin fayda (daha yüksek daha iyi) ya da maliyet (daha düşük daha iyi) özelliği göstermesi durumuna göre optimal değer aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanır.

$$\textbf{Fayda Durumu:} \quad x_{0j} = \max_i x_{ij} \quad (2.56)$$

$$\textbf{Maliyet Durumu:} \quad x_{0j} = \min_i x_{ij} \quad (2.57)$$

Adım 2. Karar matrisinin Normalize Edilmesi: Birçok karar probleminde kullanılan kriter performans değerleri, farklı ölçek türlerinde ve farklı birimlerde ifade edilmektedir. Bu sorunun giderilebilmesi için kriterlere ait değerlerinin ortak birime dönüştürülmesi serilerin karşılaştırılabilir olması için zorunludur. Bununla beraber kriter performans değerlerinin çok geniş sayı aralıklarında değerler aldığı durumlarda verilerin daha küçük aralıklara çekilmesine de olanak sağlayan bu dönüştürme işlemine normalizasyon işlemi adı verilmektedir (Yıldırım 2014).

ARAS yönteminde \bar{X} normalize karar matrisi aşağıda sunulan eşitlik yardımıyla hesaplanan \bar{x}_{ij} değerlerinden oluşmaktadır. \bar{x}_{ij} Değerleri ise kriterin fayda ya da maliyet olmasına göre 2 farklı şekilde hesaplanmaktadır:

Kriter performans değerlerinin yüksek olması pozitif anlama geliyorsa yani iyi kabul ediliyorsa (fayda durumu), normalize değerler aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=0}^m x_{ij}} \quad (2.58)$$

Kriter performans değerlerinin düşük olması pozitif anlama geliyorsa (maliyet durumu), normalizasyon işlemi iki adımda gerçekleştirilir. İlk olarak kriter değerlerinin çarpma işlemine göre tersi alınır. Böylece fayda durumuna dönüştürülmüş olur. Normalizasyon fonksiyonu kullanılarak normalize değer hesaplanır.

$$x_{ij}^* = \frac{1}{x_{ij}} \quad (2.59)$$

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}^*}{\sum_{i=0}^m x_{ij}^*} \quad (2.60)$$

$$\bar{x} = \begin{bmatrix} \bar{x}_{01} & \cdots & \bar{x}_{0n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \bar{x}_{m1} & \cdots & \bar{x}_{mn} \end{bmatrix}$$

Yukarıdaki adımlar izlenerek hesaplanan değerler gösterilen matris formunda yazılarak \bar{x} normalize karar matrisine son hali verilir.

Adım 3. Normalize karar matrisine kriter ağırlıklarının atanması: Eğer çalışmada kullanılan kriterler farklı önem derecelerine sahipse, uzmanlardan alınan görüşler ya da karar vericinin bizzat kendi tarafından belirlenen subjektif görüşler doğrultusunda saptanan w_j kriter önem dereceleri (ağırlıklar), normalize karar matrisindeki değerlerle çarpılarak ağırlıklı \hat{x} normalize karar matrisi oluşturulur. Kriterlere ait ağırlık değerleri $0 < w_j < 1$ koşuluna uymak zorundadır ve ağırlıklar toplamı aşağıda sunulan eşitlikte gösterildiği gibi sınırlandırılmıştır.

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1$$

Aşağıdaki eşitlik kullanılarak ağırlıklı normalize değerleri elde edilmektedir.

$$\hat{x} = x_{ij} \cdot w_{ij}$$

Hesaplanan \hat{x} ağırlıklı normalize değerleri aşağıda gösterilen matris formunda yazılarak \hat{x} ağırlıklı normalize karar matrisi elde edilmiş olur.

$$\hat{x} = \begin{bmatrix} \hat{x}_{01} & \cdots & \hat{x}_{0n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \hat{x}_{m1} & \cdots & \hat{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad i=1, \dots, m \quad j=1, \dots, n$$

Adım 4. Alternatiflere ait en uygun fonksiyon değerlerinin hesaplanması: ARAS yönteminin son adımında her bir alternatif için en uygun yani optimum fonksiyon değeri hesaplanır. Alternatiflerin değerlendirilmesi işlemi bu değerlere göre gerçekleştirilir. S_i i. alternatifin optimallik fonksiyon değerini göstermek üzere alternatiflere ait skorlar aşağıdaki eşitlik kullanılarak elde edilir.

$$S_i = \sum_{j=1}^n \hat{x}_{ij} \quad i=1, 2, \dots, m \quad (2.61)$$

Adım 5: Sıralamanın elde edilmesi amacıyla fayda derecesinin hesaplanması: Hesaplanan S_i değerlerinden büyük değerler alternatifin etkin olduğu anlamına gelmektedir. Alternatiflere ait S_i değerlerinin S_0 optimal fonksiyon değerine oranı K_i fayda derecelerini vermekte ve aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$K_i = \frac{S_i}{S_0} \quad (2.62)$$

K_i oranları [0,1] aralığında değer almakta ve bu oran kullanılarak alternatiflerin fayda fonksiyonu değerlerinin etkinliği hesaplanmaktadır. Buradan elde edilen değerler büyükten küçüğe sıralanarak alternatiflerin değerlendirilmesi yapılmaktadır. En yüksek skora sahip alternatif en iyi olarak kabul edilir.

2.3.14. Copeland Yöntemi

Alternatifleri üstünlüklerine göre sıralama yapan Copeland yöntemi seçim yapmada Condorcet ilkelerini (Sanver 2000) kullanır. Bir alternatifin üstünlük puanını galip gelme ve mağlup olma puanlarının farkını alarak hesaplar. Elde edilen bu skorlar ile alternatifler en iyiden başlamak üzere sıralanır. Bu çalışmada ele alınan Copeland yöntemi için kullanılacak notasyon ve adımlara aşağıda yer verilmiştir (Browne 2013; Fishburn 1977; Klamler 2003; Sığındı ve Taner, 2010):

Adım 1: Copeland yöntemin ilk adımı alternatifler arasında ikili üstünlük karşılaştırmaları yapmaktır. Kıyaslamada atanacak skorlar şu şekildedir:

$$fk(i,j)=\begin{cases} 1 & r_k(A_i) < r_k(A_j) \text{ ve } i \neq j \\ 0 & r_k(A_i) > r_k(A_j) \text{ ve } i \neq j \\ \text{boş } (-) & r_k(A_i) = r_k(A_j) \text{ ve } i = j \end{cases} \quad (2.63)$$

Eşitlikte anlaşıldığı üzere her bir $fk(i,j)$ değerine A_i ve A_j alternatifleri karşılaştırmasında A_i alternatifinin puanı şu şekilde verilir: A_i galip gelmiş ise (diğer ifadeyle sıralamada üstte ise) '1'; A_j alternatifi galip gelmiş ise '0' vermektir. Bu ifadeler $fk(i,j)=\{0,1\}$ olmak üzere yukarıdaki eşitlikteki gibi gösterilebilir.

Tablo 5. Copeland İkili Karşılaştırma Matrisi

Alternatif	A1	A2	...	Ai	...	An
KV	KV1	KV2	...	KVm	KV1	KV2
Alternatif						
A1	...	$f_1(1,2)$	$f_2(1,2)$	...	$f_m(1,2)$	
A2	$f_1(2,1)$	$f_2(2,1)$	...	$f_m(2,1)$...	
...						
Ai	$f_1(i,1)$	$f_2(i,1)$	...	$f_m(i,1)$	$f_1(i,2)$	$f_2(i,2)$
...		
An	$f_1(n,1)$	$f_2(n,1)$	...	$f_m(n,1)$	$f_1(n,2)$	$f_2(n,2)$

Adım 2: Bu adımda önceki adımdan elde edilen kullanılarak skorlar hesaplanır. $S(i,j)$ ifadesi kullanılarak, A_i alternatifinin A_j alternatifine göre her bir karar vericiden elde ettiği toplam oy sayısı hesaplanır (Tablo 6).

$$S(i,j)=\sum_{k=1}^m f_k \text{ ve } i \neq j \quad (2.64)$$

Tablo 6. Alternatifler Arası Oy Sayım Sonuçları Tablosu

Alternatifler	A ₁	A ₂	...	A _i	...	A _n
A ₁	-	S(1,2)	...	S(1,j)	...	S(1,n)
A ₂	S(2,1)	-	...	S(2,j)	...	S(2,n)
...
A _i	S(i,1)	S(i,2)	...	...	...	S(i,n)
...
A _n	S(n,1)	S(n,2)	...	S(n,j)	...	...

Adım 3: Her bir alternatifin elde ettiği $S(i,j)$ kullanılarak galip gelen alternatifler belirlenir.

Bunun için;

$$fk(i,j)=\begin{cases} 1 & S(i,j) > (M - S(i,j)) \text{ ve } i \neq j \\ \frac{1}{2} & S(i,j) = (M - S(i,j)) \text{ ve } i \neq j \\ -1 & S(i,j) < (M - S(i,j)) \text{ ve } i \neq j \end{cases} \quad (2.65)$$

eşitliğinden yararlanılır. Eşitliğe bakıldığında galip gelen taraf “1” puan, yenilen taraf “-1” puan almaktadır. Eşitlik durumunda ise “1/2” puan verilmektedir.

Tablo 7. Galibiyet – Yenilgi Ve Beraberlik Matrisi Tablosu

Alternatifler	A1	A2	...	Ai	...	An
A1	-	G(1,2)	...	G(1,j)	...	G(1,n)
A2	G(2,1)	-	...	G(2,j)	...	G(2,n)
...
Ai	G(i,1)	G(i,2)	...	...	...	G(i,n)
...
An	G(n,1)	G(n,2)	...	G(n,j)	...	...

Adım 4: Her bir alternatifin kıyaslanmasından elde edilen 1 ve 1/2 puanları alternatifler bazında toplanır ve alternatife ait galibiyet puanı (GP_i) elde edilir. Yine her bir alternatife ait -1 puanının toplanması ile alternatifin yenilgi puanına (YP_i) ulaşılır. Bunun için,

$$GP_i = \sum_{j=1}^n G(i,j) \quad G(i,j) > 0 \text{ olması durumunda; (2.66)}$$

$$YP_i = \sum_{j=1}^n G(i,j) \quad G(i,j) < 0 \text{ olması durumunda (2.67)}$$

fonksiyonundan yararlanılır.

Alternatiflere ait GP_i ve YP_i değerlerinin toplanması ile Copeland Puanına (CP_i) ulaşılır. Tablo 8, alternatiflerin GP_i , YP_i ve CP_i değerlerini göstermektedir.

$$CP_i = GP_i + YP_i \quad (2.68)$$

Tablo 8. Galibiyet, Yenilgi ve Copeland Puanları

Alternatifler	Galibiyet Puanı	Yenilgi Puanı	Copeland Puanı
A1	GP_1	YP_1	CP_1
A2	GP_2	YP_2	CP_2
...
Ai	GP_i	YP_i	CP_i
...
An	GP_n	YP_n	CP_n

Adım 5: Galibiyet ve yenilgi puanlarının toplanmasıyla elde edilen Copeland puanlarına göre alternatifler büyükten küçüğe sıralanır. Yüksek puana sahip alternatif en iyi, düşük puana sahip alternatif de en kötü olarak belirlenir. Eğer hesaplanan Copeland puanları eşit çıkan alternatifler olursa YPI değeri küçük olan sıralamada üstte yer alacaktır.

Tablo 9. Alternatiflerin Copeland Puanlarına Göre Sıralanması

Alternatifler	Copeland Puanı	Sıralama
A_1	CP_1	r_1
A_2	CP_2	r_2
...
A_i	CP_i	r_i
...
A_n	CP_n	r_n

2.3.15. COPRAS Yöntemi

Complex Proportional Assesment (COPRAS-Karmaşık Nisbi Değerlendirme) yöntemi önem ve fayda dereceleri açısından alternatifleri adım adım sıralar ve değerlendirir. Yöntem diğer karar verme yöntemlerine göre daha basit işlemler içermektedir (Kaklauskas ve diğ. 2010; Kaklauskas ve diğ. 2007). COPRAS yönteminde fayda kriterlerini en üst düzeye çıkartma ve maliyet kriterlerini ise en aza indirme amacı vardır (Podvezko 2011: 137).

COPRAS yöntemi maksimizasyon ve minimizasyon karar problemlerine kolaylıkla uygulanabilir. Çözüm aşamasında her iki kriter ayrı ayrı değerlendirilir. COPRAS yönteminde negatif değerlerin değerlendirilmesi için dönüşüm gerekir ve bu işlem de karar verici için zaman alabilir (Aksoy ve diğ. 2015). COPRAS yönteminin önemli özelliği alternatiflerin fayda derecelerini gösteriyor olmasıdır. Değerlendirilen alternatifleri birbirleriyle karşılaştırır diğer alternatiflerden ne kadar iyi ya da ne kadar kötü olduğunu yüzde olarak ifade eder. COPRAS yöntemi uygulama basamakları şu şekilde sıralanabilir (Zavadskas e diğ. 2008: 242-243; Podvezko 2011: 138-139);

I ; 1, 2, 3, ... m alternatifleri, $j=1, 2, 3, \dots n$ değerlendirme kriterleri,

$x_{ij}=j$. Değerlendirme kriteri açısından i . alternatifin değeri.

1. Adım: Öncelikle x_{ij} 'lerden oluşan karar matrisi oluşturulur.

m alternatif sayısını, n ise kriter sayısını göstermek üzere X karar matrisi:

$$X = \begin{bmatrix} x_1(1) & \cdots & x_1(n) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_m(1) & \cdots & x_m(n) \end{bmatrix} \quad i=1,\dots,m \quad j=1,\dots,n$$

şeklinde gösterilebilir.

2. Adım:

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} \quad (2.69)$$

eşitliği yardımıyla normalize edilmiş matris elde edilir. Eğer kriter ağırlıklandırılmış matris kullanılacaksa, w_j : j. değerlendirme kriterinin ağırlığı olmak üzere ;

$$D=d_{ij}=x_{ij}^*w_j \quad (2.70)$$

eşitliği ile normalize matrisi ağırlıklandırılabilir.

3. Adım: Alternatif sıralamasında yüksek değerler daha iyi durumu gösterdiği için faydalı kriterler, amaca ulaşmada düşük değerler daha iyi durumu gösterdiği için faydasız kriterler olarak ifade edilir (Özdağoğlu 2013a). Her iki durumu da ifade eden kriterler için ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisindeki değerler toplanır. S_{i+} fayda kriterleri için ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisindeki değerlerin toplamını, S_{i-} faydasız kriterler için ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisindeki değerlerin toplamını ifade eder. S_{i+} ve S_{i-} hesaplanışı aşağıda gösterilmiştir.

$$S_{i+} = \sum_{j=1}^k d_{ij} \quad j=1,\dots,k \text{ faydalı kriterler,} \quad (2.71)$$

$$S_{i-} = \sum_{j=k+1}^n d_{ij} \quad j=k+1, k+2,\dots,n \text{ faydasız kriterler.} \quad (2.72)$$

4. Adım: Her bir alternatif için Q_i olarak simgelenen göreceli önem değeri aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanır.

$$Q_i = S_{i+} + \frac{\sum_{i=1}^m S_{i-}}{S_{i-} \cdot \sum_{i=1}^m \frac{1}{S_{i-}}} \quad (2.73)$$

En yüksek göreceli önem değeri en iyi alternatifi ifade etmektedir.

5. Adım: En yüksek göreceli öncelik değeri aşağıdaki fonksiyon yardımıyla bulunur.

$$Q_{\max} = \text{enbüyük}\{Q_i\} \quad \forall i=1, 2, \dots, m \quad (2.74)$$

6. Adım: Her bir alternatif için P_i olarak simgelenen performans indeksi aşağıdaki fonksiyon kullanılarak hesaplanır.

$$P_i = \frac{Q_i}{Q_{\max}} \cdot 100\% \quad (2.75)$$

P_i olarak simgelenen performans indeksi 100, en iyi alternatifi ifade etmektedir. Alternatifler sahip oldukları performans indeks değerlerine göre büyükten küçüğe doğru sıralanır (Sarıçalı, Kundakçı 2016).

2.4. Çok Kriterli Karar Verme Tekniklerinde Kullanılan Normalizasyon Teknikleri

Çok kriterli karar problemlerinin karar matrislerinin geneli ya bazı sıfatlardan yani kalitatif verilerden ya da farklı ölçek ve birimlerle ifade edilen rakamlardan oluşmaktadır. Matematikte farklı birimlerde olan ölçüm değerlerinin toplanması ya da çıkarılması anlamsızdır (Akdemir 2009). Aynı zamanda kriterlerin yönü de farklıdır. Kriterin alacağı değer maksimum ya da minimum olacağı kriterlerin yönünü ifade etmektedir. Karar problemlerinin genelinde maksimum değer kar amacı, minimum değer ise maliyet problemi anlamına gelmektedir. Bu unsurlardan (kalitatif değerler, farklı birimler, kriterin yönü) dolayı mevcut alternatifleri birbiriyle kıyaslamak olanaksızdır. Bu olumsuzluğu gidermek için karar matrisinde yer alan orijinal değerler ortak bir ölçekle ifade edilmelidir. Dolayısıyla bir karar matrisinde yer alan bilgilerin işleme başlamadan önce aşağıdaki özelliklere sahip olması gerekmektedir (U.S.A. Army Logistics Management College 1990).

- Ölçek sayısal olmalıdır.
- Kriterlerin arasındaki birim farklılığı giderilmiş olmalıdır.
- Ölçeklendirme sonucunda kriterlerin amaç yönü aynı olmalıdır.
- Mümkün olduğunca ölçüm değerleri aynı aralıkta tanımlı olmalıdır.

Bu amaçları gerçekleştirmek amacıyla orijinal karar matrisinin ölçeklendirilmiş ilk karar matrisine dönüştürmede iki aşama takip edilir. İlk aşama kalitatif olarak elde edilen verilerin sayısallaştırılmasıdır. Bir alternatifin karar vericiler tarafından sözel olarak nitelendirilmesi Tablo 10'daki ifadelere göre yapılır ve puanlanır.

Tablo 10. Kalitatif Olarak Elde Dilen Verilerin Sayısallaştırılması

Ölçek Değeri	Fayda Kriter İfadesi	Maliyet Kriter İfadesi
9	Çok yüksek	Çok düşük
7	Yüksek	Düşük
5	Orta	Orta
3	Düşük	Yüksek
1	Çok düşük	Çok yüksek

(Aktaş ve diğ. 2015; 184)

Tablodan da anlaşılacağı üzere nitel olarak elde edilen veriler uygun ölçek aralıkları kullanılarak sayısal olarak ifade edilebilir.

Kalitatif değerler sayısallaştırıldıktan sonraki aşama verilerin aynı birimle ifade edilmesidir. Sayısal verileri ortak ölçekle ifade etmede çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler karar verme yöntemlerinde normalizasyon adımı olarak karşımıza çıkmaktadır. Çok kriterli karar verme yöntemlerinde sıklıkla kullanılan ölçeklendirme yöntemlerinden bazıları şunlardır:

- Doğrusal orantı,
- Doğrusal sabit,
- Z skoru standartlaştırılması,
- Vektör normalizasyonu,
- Bir referans noktasına göre normalizasyon.

2.4.1. Doğrusal Orantı

Doğrusal orantı yönteminde orijinal veriler arasındaki orantı korunmaktadır. Bu yöntemde ilk olarak kriterlerin maksimum ve minimum değerleri hesaplanmalıdır. Orijinal değerlere aşağıdaki işlemler uygulanarak veriler ölçeklendirilmiş değerlere dönüştürülmektedir (Celemen, 1990).

$$\text{Fayda kriteri için: } R_{ij} = \frac{X_{ij}}{X_{j\text{maks}}} \quad (2.76)$$

$$\text{Maliyet kriteri için: } R_{ij} = \frac{X_{j\text{min}}}{X_{ij}} \quad (2.77)$$

Burada R_{ij} i. alternatifte ait j. değerin ölçeklendirilmiş değeri, X_{jmaks} j. kriterde en yüksek değeri, X_{jmin} ise j. kriterde en düşük değeri ifade etmektedir. Aşağıdaki örnekte doğrusal orantı yöntemine ait örnek çözümlenmiştir.

Tablo 11. Kriterlerin Maksimum ve Minimum Değerleri

Alternatifler	Monitör	Ekran Kartı	İşlemci	Hard Disk	Maliyet
A1	23	6	2,93	2	2300
A2	27	4	3,33	4	3000
A3	21	4	2	1	1990
A4	24	3	3,1	4	2500
Maks	27	6	3,33	4	3000
Min	21	3	2	1	1990
	Fayda	Fayda	Fayda	Fayda	Maliyet

Tablo 12. Kriterlerin Fayda ve Maliyet Özelliklerine Göre Ölçeklendirilmesi

Alternatifler	Monitör	Ekran Kartı	İşlemci	Hard Disk	Maliyet
A1	23/27	6/6	2,93/3,33	2/4	2300/1990
A2	27/27	4/6	3,33/3,33	4/4	3000/1990
A3	21/27	4/6	2/3,33	¼	1990/1990
A4	24/27	3/6	3,1/3,33	4/4	2500/1990
Maks	27	6	3,33	4	3000
Min	21	3	2	1	1990
	Fayda	Fayda	Fayda	Fayda	Maliyet

Elde edilen matris fayda ve maliyet fonksiyonlarına göre ölçeklendirilirse aşağıdaki karar matrisi elde edilir.

Tablo 13. Ölçeklendirilmiş Karar Matrisi

Alternatifler	Monitör	Ekran Kartı	İşlemci	Hard Disk	Maliyet
A1	0,851852	1	0,87988	0,5	0,865217
A2	1	0,666667	1	1	0,663333
A3	0,777778	0,666667	0,600601	0,25	1
A4	0,888889	0,5	0,930931	1	0,796
Maks	27	6	3,33	4	3000
Min	21	3	2	1	1990
	Fayda	Fayda	Fayda	Fayda	Maliyet

Doğrusal karar matrisindeki sonuçları incelediğimizde orijinal değerler arasında orantının değişmediği görülmektedir. Bu durumu örnek olarak birkaç X_{ij} için gösterelim.

Orijinal verilerden $\frac{X_{11}}{X_{21}} = \frac{23}{27} = 0,851$ ve yine ölçeklenmiş verilerden $\frac{R_{11}}{R_{21}} = \frac{0,851}{1} = 0,851$. Bu eşitlik bütün değerler arasında korunduğu için orijinal değerler arasındaki orantı korunmaktadır. Kriterlerin yönü değişmez ancak maliyet kriterinin yönü ve kullanılan fonksiyon incelenirse fayda kriterleriyle aynı yöne döndürülmüş olmaktadır.

Şekildeki değerlerden da anlaşılacağı üzere ölçeklendirme sonunda bütün değerler 0-1 arasında oldu. Ayrıca hem maliyet hem de fayda kriterleri için 1 değeri en iyi alternatifin, 0 değeri ise en kötü alternatifin kritik değerini gösterdi.

2.4.2. Doğrusal Sabit Yöntemi

Doğrusal sabit yönteminde de ilk adım fayda ve maliyet kriterlerini belirlemek ve kriterlere ait maksimum ve minimum değerleri belirlemektir. Bu yöntemde doğrusal orantı yönteminde bulunan orijinal değerler arasındaki orantının korunma özelliği yoktur. Aşağıdaki ifadeler kullanılarak bu yöntemle veriler ölçeklendirilir (Zavadskas ve Turskis, 2008).

$$\text{Fayda kriteri için: } R_{ij} = \frac{X_{ij} - X_{jmin}}{X_{jmaks} - X_{jmin}} \quad (2.78)$$

$$\text{Maliyet kriteri için: } R_{ij} = \frac{X_{jmaks} - X_{ij}}{X_{jmaks} - X_{jmin}} \quad (2.79)$$

Burada R_{ij} i. alternatife ait j. değer ölçeklendirilmiş değeri, X_{jmaks} j. kriterde en yüksek değeri, X_{jmin} ise j. kriterde en düşük değeri ifade etmektedir. Aşağıdaki örnekte doğrusal sabit yöntemine ait örnek çözümlenmiştir.

Tablo 14. Kriterlerin Maksimum ve Minimum Değerleri

Alternatifler	Monitör	Ekran Kartı	İşlemci	Hard Disk	Maliyet
A1	23	6	2,93	2	2300
A2	27	4	3,33	4	3000
A3	21	4	2	1	1990
A4	24	3	3,1	4	2500
Maks	27	6	3,33	4	3000
Min	21	3	2	1	1990
	Fayda	Fayda	Fayda	Fayda	Maliyet

Tablo 15. Kriterlerin Fayda ve Maliyet Özelliklerine Göre Ölçeklendirilmesi

Alternatifler	Monitör	Ekran Kartı	İşlemci	Hard Disk	Maliyet
A1	(23-21)/(27-21)	(6-3)/(6-3)	(2,93-2)/(3,33-1,33)	(2-1)/(4-1)	(3000-2300)/(3000-1990)
A2	(27-21)/(27-21)	(4-3)/(6-3)	(3,33-2)/(3,33-1,33)	(4-1)/(4-1)	(3000-3000)/(3000-1990)
A3	(21-21)/(27-21)	(4-3)/(6-3)	(2-2)/(3,33-1,33)	(1-1)/(4-1)	(3000-1990)/(3000-1990)
A4	(24-21)/(27-21)	(3-3)/(6-3)	(3,1-2)/(3,33-1,33)	(4-1)/(4-1)	(3000-2500)/(3000-1990)
Maks	27	6	3,33	4	3000
Min	21	3	2	1	1990
	Fayda	Fayda	Fayda	Fayda	Maliyet

Elde edilen matris fayda ve maliyet fonksiyonlarına göre ölçeklendirilirse Tablo 16'daki karar matrisi elde edilir.

Tablo 16. Ölçeklendirilmiş Karar Matrisi

Alternatifler	Monitör	Ekran Kartı	İşlemci	Hard Disk	Maliyet
A1	0,333333	1	0,699248	0,333333	0,69307
A2	1	0,333333	1	1	0
A3	0	0,333333	0	0	1
A4	0,5	0	0,827068	1	0,49505
Maks	27	6	3,33	4	3000
Min	21	3	2	1	1990
	Fayda	Fayda	Fayda	Fayda	Maliyet

Doğrusal karar matrisindeki sonuçları incelediğimizde orijinal değerler arasında orantının değiştiği gözükmektedir. Bu durumu örnek olarak birkaç X_{ij} için gösterelim.

$$\text{Orijinal verilerden } \frac{X_{11}}{X_{21}} = \frac{23}{27} = 0,851 \text{ ve yine ölçeklenmiş verilerden } \frac{R_{11}}{R_{21}} = \frac{0,33}{1} =$$

0,33. Bu eşitlik orantının korunmadığı göstermek için yeterlidir.

Şekildeki değerlerden da anlaşılacağı üzere ölçeklendirme sonunda bütün değerler 0-1 Arasında oldu. Ayrıca hem maliyet hem de fayda kriterleri için 1 değeri en iyi alternatifin, 0 değeri ise en kötü alternatifin kritik değerini gösterdi. Kriterlerin yönü değişmez ancak maliyet kriterinin yönü kullanılan fonksiyon incelenirse fayda kriterleriyle aynı yöne döndürülmüş olmaktadır.

2.4.3. Z Skor Standartlaştırma Yöntemi

Bu yöntemde elde edilen kriter değerleri, her birinin z değeri elde edilerek ölçeklendirilir. Orijinal değerler ile ölçeklendirilmiş veriler arasındaki orantı değişmekte ancak kriterlerin yönü aynı kalmaktadır. Başka bir ifadeyle kriterin yönü maliyet ise maliyet, fayda ise fayda olarak kalmaktadır. Bu yöntemle ilişkin fonksiyon ve örneği aşağıda sunulmuştur (Aktaş ve diğ. 2015; 188).

$$z_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{jort}}{\sigma_j} \quad (2.80)$$

Z skoru yardımıyla normalizasyon işlemi genelde tıp alanındaki verilerde kullanılmaktadır. Bu ifadeye yer alan x_{jort} j. kriterin ortalama değeri, σ_j değeri ise j. kritere ait değerlerin standart sapmasıdır.

Tablo 17. Ölçeklendirilmiş Karar Matrisi

Alternatifler	Monitör	Ekran Kartı	İşlemci	Hard Disk	Maliyet
A1	23	6	2,93	2	2300
A2	27	4	3,33	4	3000
A3	21	4	2	1	1990
A4	24	3	3,1	4	2500
Oratlama	23,75	4,25	2,84	2,75	2447,5
Standart Sapma	2,5	1,258306	0,583495	1,5	423,9005
	Fayda	Fayda	Fayda	Fayda	Maliyet

Tablo 18. Kriterlerin Ortalama ve Standart Sapma Değerlerine Göre Ölçeklendirilmesi

Alternatifler	Monitör	Ekran Kartı	İşlemci	Hard Disk	Maliyet
A1	(23-23,75)/2,5	(6-4,25)/1,258	(2,93-2,84)/0,583	(2-2,75)/1,5	(2300-2447,5)/423,9
A2	(27-23,75)/2,5	(4-4,25)/1,258	(3,33-2,84)/0,583	(4-2,75)/1,5	(3000-2447,5)/423,9
A3	(21-23,75)/2,5	(4-4,25)/1,258	(2-2,84)/0,583	(1-2,75)/1,5	(1990-2447,5)/423,9
A4	(24-23,75)/2,5	(3-4,25)/1,258	(3,1-2,84)/0,583	(4-2,75)/1,5	(2500-2447,5)/423,9
Oratlama	23,75	4,25	2,84	2,75	2447,5
sp	2,5	1,258306	0,583495	1,5	423,9005
	Fayda	Fayda	Fayda	Fayda	Maliyet

Tablo 19. Ölçeklendirilmiş Karar Matrisi

Alternatifler	Monitör	Ekran Kartı	İşlemci	Hard Disk	Maliyet
A1	-0,3	1,390759	0,154243	-0,5	-0,34796
A2	1,3	-0,19868	0,839767	0,833333	1,303372
A3	-1,1	-0,19868	-1,4396	-1,16667	-1,07926
A4	0,1	-0,9934	0,445591	0,833333	0,12385
Oratlama	23,75	4,25	2,84	2,75	2447,5
Standart sp	2,5	1,258306	0,583495	1,5	423,9005
	Fayda	Fayda	Fayda	Fayda	Maliyet

2.4.4. Vektör Ölçeklendirme Yöntemi

Vektör normalizasyonun temelinde j. kriterin her bir değerinin kareleri toplamın kareköküne bölme işlemi yatmaktadır. Bunun için tüm kriter değerlerinin sayısallaştırılmış olması gerekmektedir. Vektör normalizasyonunda kriterlerin yönü ve orijinal değerler arasındaki orantı değişmez. Yön kavramında anlatılmak istenen, fayda kriterinin fayda, maliyet kriterinin maliyet olarak kalmasıdır. Bu yöntemle ait ölçekleme fonksiyonu ve örnek aşağıda sunulmuştur (Zavadskas, Turskis 2008).

$$R_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}} \quad (2.81)$$

Tablo 20. Kriterlerin Kareler Toplamı ve Karekök Değerleri

Alternatifler	Monitör	Ekran Kartı	İşlemci	Hard Disk	Maliyet
A1	23	6	2,93	2	2300
A2	27	4	3,33	4	3000
A3	21	4	2	1	1990
A4	24	3	3,1	4	2500
Kareler tp	2275	77	33,2838	37	24500100
Karekök	47,69696	8,774964	5,769211	6,08276	4949,758
	Fayda	Fayda	Fayda	Fayda	Maliyet

Tablo 21. Ölçeklendirilmiş Karar Matrisi

Alternatifler	Monitör	Ekran Kartı	İşlemci	Hard Disk	Maliyet
A1	0,482211	0,683763	0,507868	0,3288	0,464669
A2	0,566074	0,455842	0,577202	0,6576	0,60609
A3	0,44028	0,455842	0,346668	0,1644	0,40204
A4	0,503177	0,341882	0,537335	0,6576	0,505075

Doğrusal karar matrisindeki sonuçları incelediğimizde orijinal değerler arasında orantının değişmediği gözükmektedir. Bu durumu örnek olarak birkaç X_{ij} için göstereyim.

Orijinal verilerden $\frac{X_{11}}{X_{21}} = \frac{23}{27} = 0,851$ ve yine ölçeklenmiş verilerden $\frac{R_{11}}{R_{21}} = \frac{0,482211}{0,566074} = 0,851$. Bu eşitlik bütün değerler arasında korunduğu için orijinal değerler arasındaki orantı korunmaktadır. Kriterlerin yönü değişmez yani maliyet kriterinin yönü maliyet, fayda kriteri fayda olarak kalmıştır.

Şekildeki değerlerden da anlaşılacağı üzere ölçeklendirme sonunda bütün değerler 0-1 arasında oldu. Ayrıca fayda kriterleri için 1 değeri en iyi alternatifin, 0 değeri ise en kötü alternatifin kritik değerini gösterdi. Maliyet kriteri için tam tersi ifade edilmektedir. Çünkü kriterlerin yönü değişmemiştir.

2.4.5. Belli Bir Referans Noktasına Göre Normalizasyon

Bu yöntemde temel bir referans noktası alınarak her bir değer doğrusal orantı yönteminde olduğu gibi referans değerine bölünerek ya da doğrusal sabit yöntemine benzer şekilde ölçeklendirme yapılmaktadır (Aktaş ve diğ. 2015; 190). Bu yöntemde referans nokta tercihi ikiye ayırmak gerekmektedir. Daha önceki ölçeklendirme yöntemlerinde de bahsedildiği üzere doğrusal orantı ve doğrusal sabit yönteminde orijinal verilerin orantı korunup korunmaması durumu farklılık göstermekteydi. Dolayısıyla belli referans noktasına göre ölçeklendirmede amaca göre doğrusal orantı, doğrusal sabit, z skor yöntemlerinde ortalama ya da maksimum (minimum) değerler yerine belirlenen herhangi bir değer kullanılabilir. Bura da dikkat edilmesi gereken nokta referans değer olarak kabul edilen değerler aynı alternatifte ait olmalı ya da veriye sonradan eklenen bir alternatifle belirlenmelidir.

Bu yönteme ait iki örnek aşağıda sunulmuştur.

Tablo 22. Kriterlerin Ortalamaları

Alternatifler	Monitör	Ekran Kartı	İşlemci	Hard Disk	Maliyet
A1	23	6	2,93	2	2300
A2	27	4	3,33	4	3000
A3	21	4	2	1	1990
A4	24	3	3,1	4	2500
	Fayda	Fayda	Fayda	Fayda	Maliyet
Ortalama	23,75	4,25	2,84	2,75	2447,5
Toplam	95	17	11,36	11	9790

Kriterlere ait ortalamalar hesaplanmış ve aşağıdaki ifade kullanılarak ölçeklendirilmiştir.

$$R_{ij} = \frac{X_{ij}}{X_{j \text{ ortalama}}} \quad (2.82)$$

Tablo 23. Kriterlerin Ortalama Değer Referans Alınarak Normalize Edilmesi

Alternatifler	Monitör	Ekran Kartı	İşlemci	Hard Disk	Maliyet
A1	0,968421	1,411765	1,03169	0,727273	1,063913
A2	1,136842	0,941176	1,172535	1,454545	0,815667
A3	0,884211	0,941176	0,704225	0,363636	1,229648
A4	1,010526	0,705882	1,091549	1,454545	0,9788
Ortalama	23,75	4,25	2,84	2,75	2447,5

Aynı başlangıç matrisi kriterlerin toplamı referans alınarak ölçeklendirilirse Tablo 24 elde edilir.

Tablo 24. Kriterlerin Toplam Değeri Referans Alınarak Normalize Edilmesi

Alternatifler	Monitör	Ekran Kartı	İşlemci	Hard Disk	Maliyet
A1	0,242105263	0,352941176	0,257922535	0,181818182	0,234933606
A2	0,284210526	0,235294118	0,293133803	0,363636364	0,306435138
A3	0,221052632	0,235294118	0,176056338	0,090909091	0,203268641
A4	0,252631579	0,176470588	0,272887324	0,363636364	0,255362615
Toplam	95	17	11,36	11	9790

2.5. Çok Kriterli Karar Verme Tekniklerinde Kriterlerin Ağırlıklandırılması

Çok kriterli karar problemlerinde kriterlerin ağırlıklandırılması sonuçlar üzerinde etkili değişikliklere neden olduğu için son derece önemlidir. ÇKKV probleminde en zor görev kriterlerin doğru bir şekilde atanmasıdır (Tervonen ve diğ. 2009). Kriter ağırlıklandırmada amaç, kriterleri bir değer ile eşleştirmek ve kriterlerin karar problemimdeki göreceli önemini belirlemektir. Bu değerler çözümde kullanılmaya karar verilen yöntemde alternatiflerin değerlendirilmesinde ve sıralanmasında kullanılır (Roszkowska 2013). Bir karar problemi için ağırlıklar kümesi aşağıdaki gibi tanımlanabilir (Pöyhönen, Hamalainen 2001):

$$\sum_{j=1}^n W_j = (W_1, W_2, W_3 \dots W_j) \text{ ve } W^t = 1$$

Kriterleri ağırlıklandırmak için literatürde birçok yöntem önerilmiştir. Göreceli ağırlık belirlemenin en basit şekli, kriterleri eşit ağırlıklı kabul edip ağırlık atamamaktır. Bu yöntemde tüm kriterler eşit ağırlıklı kabul edilmiş olur. Birçok karar verme probleminde “eşit ağırlık” yöntemi uygulanmıştır (Wang, ve diğ. 2009). Bazı kaynaklar ise eşit ağırlık yöntemini ağırlık atamadan problem çözme olarak da isimlendirmişlerdir.

Skor sıralamalı ağırlıklandırma yöntemleri; öznel, nesnel ve karma ağırlıklandırma yöntemleri olarak üç gruba ayrılmıştır. Ağırlık atamasının karar vericinin inisiyatifine dayandırılarak yapılmasına öznel yöntem denir. Bu yöntemlerden bazıları SMART, AHP, SIMOS ve Delphi yöntemleridir. Başlangıç verisinin matematiksel yöntemlerle analiz edilerek ağırlık değerleri atamasına ise nesnel yöntemler denir. Diğer yöntemlerin toplamsal veya çarpımsal sentezi ile elde edilen melez yöntemlere de karma yöntemler denir (Wang, ve diğ. 2009).

2.5.1. Basit Ağırlıklandırma Yöntemi

Bu ağırlıklandırma metodunda karar verici kendi inisiyatifine dayanarak problemi oluşturan kriterlere değer ataması yapmaktadır. Bu yöntemde dikkat edilmesi gereken nokta ağırlıkların 0 ile 1 arasında ve toplamının 1'e eşit olmasıdır (Aktaş ve diğ. 2015; 200).

2.5.2. Entropi Yöntemi

Bir karar probleminde kriter ağırlıklarının belirlenmesi hem karar vericiye bağlı olarak öznel, hem de alternatiflerin kendi özelliklerine bağlı olabilmektedir. Bir problemde karar verme bilgi işleme aktivitesi olarak değerlendirilirse, alternatiflerle ilgili kararı etkileyecek bilgiler alternatifin nitelikleri aracılığıyla iletilir, algılanır ve işlenir. Bu kapsamda alternatiflerin nitelikleri karar vermede bilgi kaynağıdır. Karar verme anında alternatifin niteliği karar vericiye ne kadar çok ve geniş bilgi sunarsa, o nitelik karar verme sürecinde o derece etkilidir. Böylece bir niteliğin gerçek ağırlığı hem nesnel hem de öznel yargıları aynı anda içermiş olur.

Nesnel ağırlık belirlemede eğer karar matrisinin verileri mevcutsa Entropi yöntemi kullanılabilir. Entropi mtodu mevcut veri setinin sunduğu yararlı bilginin miktarını ölçmek amacıyla kullanılmaktadır (Wu - Sun ve diğ. 2011: 5163). Entropi

kavramı fiziki bilimler ve sosyal bilimlerde kullanılmaktadır. Belirsizliğin ölçümü olarak nitelenen entropi işlem basamakları Shannon (1948) tarafından aşağıdaki eşitlik ile verilmiştir:

$$S(p_1, p_2, \dots, p_n) = -k \sum_{j=1}^n p_j \ln p_j \quad (2.83)$$

İfadede yer alan k bir sabit katsayıdır. Entropi metodu ilk olarak istatistiksel mekanikte kullanıldığından, p_j olasılık dağılımının entropisi olarak isimlendirilmiştir. Bütün p_j değerleri $p_j = \frac{1}{n}$ değerini alırsa $S(p_1, p_2, \dots, p_n)$ 'da en büyük değeri alır.

Bu yöntemin temelinde niteliklere ait bilginin geldiği kümeler arasındaki zıtlıklar yer almaktadır. Buna göre niteliklerin nesnel ağırlıkları, alternatiflerin her niteliğe göre çıktılarının (performans puanlarının) ne kadar ayrı veya farklılaşmış olduğu yani "karşıtlığının yoğunluğu" tarafından belirlenmektedir. Bilgi kümeleri arasındaki karşıtlık oranı ne kadar çok olursa ilgili niteliğin kapsadığı ve ilettiği bilgi de o kadar fazla olur. Bunun tam tersi de bu yöntemde geçerlidir. Başka bir ifadeyle ilgili nitelik farklı alternatifler için benzer bilgilere sahipse karar sürecinde fazla bir ağırlığa sahip değildir. Hatta karar probleminde tüm çıktılar açısından eşit bilgi veriyorsa alternatiflerin seçilmesinde bu nitelik karar probleminden tamamen çıkarılabilir (Hwang, Yoon 1981; 52-53: akt; Çınar 2004).

Entropi yönteminin kullanım adımları aşağıdaki gibidir (Ömürbek, Aksoy 2016):

İ; 1, 2, 3, ... m alternatifleri, $j=1, 2, 3, \dots, n$ değerlendirme kriterleri,

x_{ij} = j. değerlendirme kriteri açısından i. alternatifin değeri.

m alternatif sayısını, n ise kriter sayısını göstermek üzere X karar matrisi:

$$X = \begin{bmatrix} x_1(1) & \cdots & x_1(n) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_m(1) & \cdots & x_m(n) \end{bmatrix} \quad i=1, \dots, m \quad j=1, \dots, n$$

şeklinde gösterilsin.

1. Adım: ilk adımda karar matrisi elemanları (x_{ij}) bir j niteliğine göre alternatifler tarafından üretilen ortalama gerçek bilgiyi yansıttığı düşünülen proje çıktılarına (p_{ij}) dönüştürülür. Bunun için iki yöntem önerilebilir: Bunlardan ilki doğrudan hesaplama olarak adlandırılan ve aşağıda gösterilen yöntemdir (Çınar 2004):

$$p_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}}, \forall ij \quad (2.84)$$

Diğer yöntem ise dolaylı hesaplama dır. Bu yöntemde öncelikle her bir alternatif için ideal bir alternatife yakınlık dereceleri r_{ij} ler uygun fonksiyonlarla hesaplanır. Daha sonra elde edilen bu değerler

$$p_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^m r_{ij}}, \forall ij \quad (2.85)$$

eşitliği yardımıyla p_{ij} değerlerine dönüştürülür. Yakınlık dereceleri hesaplanırken kullanılan fonksiyon önerileri ise orantılı ölçek dönüşümü ve sabit ölçek dönüşümü yöntemleridir.

Doğrusal ölçek dönüşümü yapılırken belirli bir kriterin çıktıları x_{ij} , fayda durumunda kriterin maksimum x_j^* değerine bölünür. Elde edilen dönüştürülmüş veri r_{ij} ile ifade edilirse;

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j^*} \quad (2.86)$$

olarak ifade edilebilir.

İstenilen durum maliyet problemi çözümü ise bu durumda dönüşüm fonksiyonu,

$$r_{ij} = 1 - \frac{x_{ij}}{x_j^*} \quad (2.87)$$

olarak ifade edilir.

Bu dönüşümler kritere uygulandığında r_{ij} değeri $0 \leq r_{ij} \leq 1$ arasında olmaktadır. Zaten bu dönüşümlerdeki amaç r_{ij} değerinin 1'e yaklaşmasıdır.

Bir karar probleminde fayda ve maliyet kriterleri aynı anda yer aldığı zaman yukarıda sunulan dönüşüm fonksiyonları aynı anda kullanılamaz. Çünkü bu kriterlerin başlangıç ve taban noktaları amaca göre değişmekte olup aynı karar probleminde farklı dönüşüm fonksiyonu kullanılması farklı başlangıç noktalarını referans noktası kullanılmasına neden olmaktadır. Maliyet kriterinin başlangıç noktası 1 iken fayda kriteri için referans noktası 0 dır. Bu durumda maliyet kriterlerinin çarpma işlemine göre tersi

$(1/x_{ij})$ alınır. Bu durumda maliyet kriteri fayda kriteriyi gibi davranır ve çözüme devam edilebilir.

Bu dönüşüm doğrusal (oransal) yapıya sahip olduğundan dolayı dönüşüm sonucu çıktıların göreceli büyüklüklerinin oranları sabit kalmaktadır.

Sabit ölçek dönüşümünün amacı ise en uzak elde edilebilir skoru sıfır olarak belirlemektir. Bu dönüşüm fonksiyonları ise fayda kriteri için;

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - x_j^{\min}}{x_j^* - x_j^{\min}} \quad (2.88)$$

Maliyet kriteri için ise:

$$r_{ij} = \frac{x_j^* - x_{ij}}{x_j^* - x_j^{\min}} \quad (2.89) \text{ dir.}$$

2. Adım: Elde edilen matris değerleri (p_{ij}) entropi değeri olarak tanımlanan E_j 'ye dönüştürülür.

$$E_j = -k \sum_{j=1}^n p_j \ln p_j \quad (2.90)$$

Bu ifadede \ln doğal logaritmayı, $k=1/\ln m$ 'den elde edilen ve E_j değerini $[0,1]$ aralığında kalmasını garantileyen sabittir.

3. Adım: Herhangi bir nitelik j tarafından sağlanan bilginin farklılaşma derecesi olarak ifade edilen d_j değerleri hesaplanır.

$$d_j = 1 - E_j, \forall j \quad (2.91)$$

Bu ifadede yer alan d_j değeri bir X_j niteliğinin doğasında yer alan karşılık yoğunluğunu gösterir. Bir X_j için daha çeşitli ve ayrık performans çıktıları p_j karşılığında daha büyük farklılaşma derecesine sahip olur. Bu değer büyüklüğü de bu kriterin daha fazla önemli olduğunun ifadesidir. Bu ifadenin tersi durumunda yani d_j değerinin küçük olduğu durumlarda ise bu kriterin az önemli olduğu, karar vericiye az bilgi sunduğu anlamına gelmektedir. Ayrıca bir kriterde tüm alternatiflerin performans çıktıları birbirine eşit ya da yakın ise bu kriterin az önemli olduğunu gösterir.

4. Adım: Son adım olan bu aşamada niteliğin göreceli önemi belirlenir. Daha önce de belirtildiği gibi Enteropi yönteminde nesnel ve öznel ağırlık aynı anda ifade edilebiliyordu. Eğer bir tercih söz konusu değilse nesnel ağırlık;

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j}, \forall_j \quad (2.92)$$

ifadesi kullanılır. Eğer karar verici kriter ağırlığına öznel ağırlık(λ_j) da katmak istiyorsa aşağıdaki fonksiyon kullanılır.

$$w_j^0 = \frac{\lambda_j \cdot w_j}{\sum_{j=1}^n \lambda_j \cdot w_j}, \forall_j$$

İfadeden de anlaşılacağı üzere w_j^0 değeri karar vericinin öznel ve nesnel ağırlığını aynı anda kritere yansıtmasını sağlamaktadır.

2.5.3. Öz Vektör Yöntemi

Karar vericinin bir karar verme probleminde her hangi iki kriterin göreceli önemi hakkında bir yargıya sahip olduğunu varsayarsak, n kriter içeren bir ÇKKV probleminde $n \cdot (n - 1)/2$ tane yargı değeri olur. Bu değerler ile ikili karşılaştırmalar matrisini şu şekilde oluşturabiliriz:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

Bu nxn tipinde oluşturulan matriste a_{ij} ifadesi i. kriterin j. kriterden ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. Saaty tarafından önerilen ikili karşılaştırma matrisinin öz değerleri kullanılarak kriterler aşağıdaki gibi ağırlıklandırılabilir.

$W_j, j = 1, 2, \dots, n$ ağırlık değerleri olmak üzere $a_{ij} = \frac{W_i}{W_j}$ ikili karşılaştırma matrisi olur. Böylece ikili karşılaştırma matrisi:

$$A = \begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \cdots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \cdots & \frac{w_2}{w_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \cdots & \frac{w_n}{w_n} \end{bmatrix}$$

Böylece tüm elemanları pozitif olan tersinir bir matris elde edilir. Dolayısıyla bu matris

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ij}} \quad \text{ve} \quad a_{ij} = \frac{a_{ik}}{a_{kj}}$$

özelliklerini sağlar.

$\underline{W} = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ ifadesi ağırlıklı matris olarak tanımlansın ve bu matrisin tanspozu \underline{W}^T ile ikili karşılaştırma matrisini çarparsak;

$$A. \underline{W} = \begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \frac{w_3}{w_1} & \frac{w_3}{w_2} & \dots & \frac{w_3}{w_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & \frac{w_n}{w_n} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = n. \underline{W}$$

ve bu ifadeden $(a - nI)\underline{W} = 0$ eşitliği elde edilir (Alpar, 2011).

$a_{ij} = \frac{a_{ik}}{a_{kj}}$ tutarlığından dolayı $(a - nI)\underline{W} = 0$ denkleminin çözümü tektir. Genel anlamda $\frac{w_i}{w_j}$ değeri net olarak bilinemesi de tahmin edilebilir. Başka bir ifadeyle öznel yargılar bu değeri tam olarak sağlamaz. Bu nedenle A ve \underline{W} matrisleri yerine bu ifadelerin tahmin değerleri olan A' ve \underline{W}' matrisleri kullanılarak aşağıdaki eşitlik elde edilir:

$$A' \cdot \underline{W}' = \lambda_{maks} \underline{W}'$$

Bu eşitliğin çözümünden elde edilen en büyük λ değeri A' matrisinin özdeğeri olarak kabul edilir (Alpar 2011). Bu şekilde de \underline{W}' matrisi elde edilmiş olur.

2.5.4. Ağırlıklı En Küçük Kareler Yöntemi

Ağırlıklandırma yöntemlerinde ağırlıklı En Küçük Kareler Yöntemi (Weighted Least Square Method) Chu ve diğerleri tarafından literatüre kazandırılmıştır (Chu ve diğ. 1979). Bu yöntem öz vektör kullanılarak oluşturulan ağırlıklandırma yöntemine benzer ve eşanlı lineer denklemlerinin çözümünü içerdiğinden teorik olarak anlaşılması daha kolaydır.

Daha önceki bölümde bahsedildiği üzere Saaty'nin ikili karşılaştırmalar matrisini göz önüne alındığında, ağırlıklı en küçük kareler yöntemi, önem derecesi ölçüğü a_{ij} ile

ağırlıklar oranı $\frac{w_i}{w_j}$ arasındaki farkın minimize edilerek ağırlıkların hesaplanmasını önermektedir.

Ağırlıklı en küçük kareler yöntemini aşağıdaki gibi özetleyebiliriz (Öznel, 2016);

$$a_{ij} \cong \frac{w_i}{w_j} \quad (2.93)$$

Kriterler aşağıdaki kısıtlı optimizasyon problemin çözümüyle ağırlıklandırılır:

$$\min z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (a_{ij}w_j - w_i)^2 \quad (2.94)$$

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

Bu ifadede $w_i > 0$ olmalıdır. Z değerini minimize etmek için Langrange fonksiyonu düzenlenirse;

$$L = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (a_{ij}w_j - w_i)^2 + 2\lambda \left(\sum_{j=1}^n w_j - 1 \right) \quad (2.95)$$

λ ifadesi Langrange çarpanıdır. Minimizasyon çözüm için yukarıda verilen Langrange fonksiyonu w_l değişkenlerine göre türevlenerek sıfıra eşitlenir. Bu çözümden sonra da aşağıdaki denklemler elde edilir.

$$\sum_{i=1}^n (a_{ij}w_j - w_i) (a_{il}) - \sum_{j=1}^n (a_{ij}w_j - w_i) + \lambda = 0 \text{ ve } l = 1, 2, \dots, n \quad (2.96)$$

İfadesi matris olarak

$B \cdot \underline{W} = \underline{m}$ olarak ifade edilir. Bu matris denklemi çözülerek \underline{W} kriter ağırlık matrisi elde edilir.

2.5.5. CRITIC Yöntemi

CRITIC (The Criteria Importance Through Intercriteria Correlation) yöntemi Diakoulaki ve arkadaşları tarafından önerilmiştir. Bu yöntemde kriterler arasındaki zıtlığı belirlemek için korelasyon analizi kullanılır (Diakoulaki ve diğ. 1994). Bu yöntem kısaca şu şekilde ifade edilebilir:

m adet alternatif ve n kriter içeren bir karar problemi ele alınsın. f^* ve f^- değerleri j. kriter için sırasıyla en iyi ve en kötü değerleri göstermek üzere, normalleştirilmiş değerler aşağıdaki fonksiyon ile hesaplanır;

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - f_j^-}{f_j^* - f_j^-} \quad (2.97)$$

Normalleştirilmiş karar matrisindeki kriter değerleri (sütunları) arasındaki korelasyon katsayısı l_{kj} ile gösterilsin. O zaman j. kriter ile kriterler arasındaki zıtlık;

$$\sum_{k=1}^n (1 - l_{kj}) \quad (2.98)$$

formülü ile verilir. Burada Spearman sıra korelasyon katsayısı daha genel bir ölçüm yapabilmek amacıyla kullanılır.

Karar problemlerinde karar matrisinin içerdiği bilgi, kriterler arasındaki zıtlığın yoğunluğu ile ilgilidir. Dolayısıyla, j inci kriterde yayılmış olan bilgi miktarı C_j , aşağıdaki çarpımsal bütünleştirme formülü ile ifade edilir;

$$C_j = \sigma_j \sum_{k=1}^n (1 - l_{kj}) \quad (2.99)$$

Geçmişteki analizlerden de anlaşıldığı üzere, C_j değerinin yüksek olması bilgi miktarının daha yüksek olduğunu işaret ettiğinden, ilgili kriterin göreceli önemi yani ağırlık değeri de yüksek olur. O zaman nesnel ağırlıklar aşağıdaki normalleştirme formülü ile sunulur (Diakoulaki ve diğ. 1994);

$$W_j = \frac{C_j}{\sum_{k=1}^n C_k} \quad (2.99)$$

2.5.6. Standart Sapma Yöntemi

Standart Sapma (SD) yöntemi, Entropi yöntemine benzer olarak alternatifler arasında yakın değerlere sahip kriterlere düşük ağırlık değeri atamakta, uzak değerlere sahip kriterlere ise büyük değer atamaktadır (Öznel 2016). SD yöntemi aşağıdaki eşitlikleri kullanarak kriter ağırlıklarını belirlemektedir (Jahan ve diğ., 2012).

$$W_j = \frac{\sigma_j}{\sum_{k=1}^n \sigma_k} \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2.100)$$

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^m (x_{kj} - \bar{x}_{kj})^2}{m}} \quad (2.101)$$

Standart sapma yönteminde verilerin ölçek farklılığı önemli olduğu için kriterler normalleştirilmelidir.

2.5.7. İstatistiksel Varyans Yöntemi

İstatistiksel Varyans Yöntemi, kriterleri nesnel olarak ağırlıklandırmak için kullanılan bir yöntemdir. İstatistiksel varyans ağırlıklandırma aşağıdaki gibi hesaplanır (Yıldız ve Bircan, 2010).

$$V = \frac{\sum_{k=1}^m (x_{kj} - \bar{x}_{kj})^2}{m} \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2.102)$$

$$W_j = \frac{V_j}{\sum_{k=1}^n V_k} \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2.103)$$

3. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI: OECD VERLERİ ÜZERİNE BİR UYGULAMA

3.1. Araştırmada Kullanılan ÇKKV Yöntemleri ve Normalizasyon Teknikleri

Bu çalışmada çok kriterli karar verme tekniklerinden TOPSIS, GİA, VIKOR, Copras, MOORA, MOORA Referans Nokta ve ARAS yöntemleri kullanılmıştır. Uygulamada bu yöntemlerin seçilmesinin en önemli nedeni, son yıllarda alternatiflerin sıralanması ve seçiminde en çok kullanılan yöntemler olmalarıdır. Diğer yöntemler uygulama adımlarında ikili kıyaslama yapmakta, karar vericinin tercihlerine ve sezgilerine göre fayda fonksiyonu oluşturmaktadır. Bunun yanı sıra bu çalışmada kullanılan 7 yöntem aynı veri grubuna uyum sağlamaktadır. Çalışmalarda bu yöntemler kullanım amaçları dışında kullanılmakta ve kullanım amaçları farklı olmasına rağmen birlikte kullanılıp sonuçları kıyaslanmaktadır.

Uygulamanın ilk kısmında normalizasyon teknikleri olarak vektörel (karesel toplamının kareköküne bölünmesi) tekniklerden 1, doğrusal (toplamına, maksimum minimum farkına ve maksimum değerine bölünmesi) tekniklerden 3 teknik olmak üzere 4 normalizasyon tekniği kullanılmıştır. Farklı normalizasyon teknikleri kullanılarak elde edilen sıralama sonuçları sıra korelasyonu ile test edilmiştir. Korelasyon katsayısı SPSS 22 programı ile hesaplanmıştır.

Uygulamanın üçüncü kısmında farklı ÇKKV tekniklerinden elde edilen sonuçlar Copeland yöntemi kullanılarak bütünleştirilmiş ve tek sıra haline getirilmiştir.

3.2. Araştırmada Kullanılan Alternatif ve Kriterler

OECD, demokratik yapılara ve piyasa ekonomisine sahip 34 ülkenin ekonomik, sosyal ve yönetim sorunlarını çözmek ve bu sürecin fırsatlarından faydalanmak üzere müştereken çalıştıkları bir örgüttür. 14 Aralık 1960 yılında Paris'te imzalanan "Convention on the Organisation for Economic Co-operation and Development", OECD'nin kurucu anlaşmasını teşkil etmektedir. Türkiye, OECD'nin kurucu 20

üyesinden biridir. Üye sayısı 34 olmasına karşın verilerine ulaşılan OECD üyesi 18 ülke ve “Kilit Ortaklar” modeli çerçevesinde 5 ülke (Brezilya, Çin, Endonezya, Güney Afrika ve Hindistan) çalışmada alternatif olarak kullanılmıştır.

Finansal gelişimin ölçülmesinde en önemli sorunlardan biri en uygun kriterlerin belirlenmesidir. Bu sorunun temelinde bir ülkenin ekonomik kapasitesi, yeteneği gibi finansal gelişmişliğin çok çeşitli olmasından kaynaklanmaktadır. Bu göstergelerin de etkili ve verimli şekilde ölçülüp kıyaslanması oldukça zordur. Ülkelerin finansal kapasiteleri yapısal çerçeveye, finansal piyasalar miktarına bağlı olduğu gibi uygulanması ve hesaplanması da farklılık göstermektedir. Finansal gelişme ile ilgili çalışmalarda, farklı göstergeler dikkate alınmıştır (Nik ve diğ. 2013). Bu çalışmada da en çok tercih edilen 5 kriter çalışmaya dahil edilmiştir. Kriter verileri ise Dünya Bankası veri tabanından (<https://data.worldbank.org/>) elde edilmiştir. Kriter değeri olarak 10 döneme kadar ulaşılabilen finansal verilerin ortalaması kullanılmıştır.

OECD üyesi ve kilit ortaklarla birlikte toplam 23 ülkenin sıralanmasında kullanılan kriterler şunlardır: Broad money supply as percentage of GDP (GSYİH yüzdesi olarak geniş para arzı), Stock market capitalization to GDP (Borsa büyüklüğünün GSYİH'ye oranı), Bank deposits to GDP (Banka mevduatı GSYİH'ye oranı), Liquid liabilities to GDP (Likit borçların GSYİH'ye oranı) ve Private credit by deposit money banks and other financial institutions to GDP (%).

Broad Money Supply As Percentage Of GDP: Bu oran finansal olarak uygulanan en verimli ve en eski göstergelerdendir. Bu gösterge ekonomide para kazanma derecesini ölçer (Kar ve diğ., 2011). Bu oran, ülkedeki finansal sistemin boyutunu ölçer (Nik ve diğ., 2013). Geniş para (IFS hattı 35L..ZK) bankaların dışındaki para biriminin toplamıdır. Bu kriter merkezi yönetiminkinden hariç mevduat talebini, merkezi hükümet dışındaki yerleşik sektörlerin zaman, tasarruf ve yabancı para mevduatlarını, banka ve seyahat çeklerini, ve mevduat ve ticari kağıtlar gibi diğer menkul kıymetler verilerini içerir. Bittencourt (2012), Odhaimbo (2009), Ferda (2007), Kar ve ark. (2011), Zaman ve ark. (2012), Al-Yousif (2002), Gelb (1989) ve King ve Levine (1993) finansal gelişim ölçülmesinde bu kriteri kullanmışlardır.

Stock market capitalization to GDP (%): Hisse senedi piyasasının GSYİH'ye oranı olarak ifade edilir. Bir piyasanın tarihsel ortalamaya göre düşük olup olmadığını ya da güncel değerinin düşük olup olmadığını belirlemek için kullanılan bir orandır. Bu oran, ABD pazarı gibi belirli pazarlara odaklanmak için kullanılabilir veya hesaplamada hangi değerlerin kullanıldığına bağlı olarak, küresel pazara ölçü olarak alınabilir. Bu gösterge farklı ülkelere ait borsaların özel sektöre yönelik sermaye tahsisinde önemli bir role sahiptir (Shahbaz ve diğ. 2008).

Bank deposits to GDP (%):Banka mevduatlarının GSYİH'ye oranını ifade eder. Ferda (2007), Qayyum (2007), Khan ve Demetriades ve diğ. (1996) finansal kalkınma için bu göstergeden faydalanmıştır.

Liquid liabilities to GDP (%): Likidite yükümlülüklerin GSYİH'ye oranıdır. Likit borçlar, geniş para veya M3 olarak bilinir. Bu kriter merkez bankası (M0) cinsinden para ve mevduatların toplamını, devredilebilir mevduatlar ve elektronik para birimini (M1), zaman ve tasarruf mevduatını, yabancı para transfer edilebilir mevduatlarını, mevduat belgelerini ve menkul kıymetler repo sözleşmelerini (M2), yolcu çeklerini, yabancı para vadeli mevduatlarını, ticari kağıtlarını ve yatırımcıların veya yatırım fonlarının hisselerini içerir.

Private credit by deposit money banks and other financial institutions to GDP (%): Bu oranın hesaplanmasında mevduat bankaları ve diğer özel kredi sağlayan finansal kuruluşlar ile yerel para biriminde GSYİH, dönem sonu TÜFE ve ortalama yıllık TÜFE aylık TÜFE değerleri kullanılır. Kar ve ark. (2011), Colombage (2009), Khan ve Senhadji (2003), Zaman ve ark. (2012) ve Gregorio ve Guidotti (1995) bu kriteri kullanmışlardır.

3.3. Araştırmanın Amacı ve Önemi

Çalışmaların birçoğunda birden fazla yöntem uygulanmış ve sadece elde edilen sıralama sonuçları karşılaştırılmıştır. Bunun yanı sıra farklı elde edilen sonuçların ayrıntılı analizleri irdelenmemiş, yöntemlerin birbirlerinden neden farklı sonuçlar çıkardığına dair incelemeler yüzeysel kalmıştır.

Bu çalışmalarda karşılaşılan diğer bir sorun, yöntemlerin kullanım amaçlarına dikkat edilmeden seçilmiş olmasıdır. Bu ve benzer sorunlar dikkate alınarak bu çalışmada

çok kriterli karar verme tekniklerin hesaplanmasında kullanılan normalizasyon teknikleri incelenmiş, kullanılan yöntemlerin alternatif sayısına bağlı olarak sonuçlarının nasıl değiştiği incelenmiştir. Alternatif sayısı azaltıldığında ilk üstünlük sıralamanın korunup korunmadığı test edilerek yöntemlerin kullanım amaçları belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca aynı amaca hizmet eden farklı ÇKKV yöntemlerinden elde edilen sonuçların tek bir skor olarak ifade edilmesi amacıyla bütünleştirilmesi amaçlanmıştır.

3.4. Araştırmanın Kısıtları

Bu çalışmada çok kriterli karar verme yöntemlerinden en fazla kullanılanları incelenmiştir. Çalışmalarda daha fazla yöntemin analiz edilebilir olması bu çalışmanın önemli kısıtıdır. Ayrıca daha farklı kriter ve alternatiflerle de yöntemlerin hassasiyetleri analiz edilebilir. Bundan sonraki çalışmalarda bütünleştirme yöntemi olarak farklı yöntemler kullanılabilir ve daha fazla ÇKKV yöntemi bütünleştirmeye dahil edilebilir.

3.5. Farklı Normalizasyon Tekniklerinin Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin (TOPSIS, GİA, VIKOR, Copras, MOORA, MOORA Referans Nokta, ARAS) Sonuçlarına Etkisi

Çalışmanın bu bölümünde TOPSIS, Gri İlişkisel Analiz, VIKOR, Copras, MOORA, MOORA Referans Nokta ve ARAS yöntemlerinin çözüm adımları farklı normalizasyon tekniklerine göre uygulanmış ve ardından her bir yöntemin kullanımında yer alan normalizasyon tekniğinden elde edilen sıralama ile diğer 3 normalizasyon tekniğinden elde edilen sıralama sonuçları karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmada Dünya Bankası veri tabanından elde edilen Avrupa Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilâtı (OECD) üye ülkelerine ait veriler kullanılmıştır. OECD üyesi 23 ülke Broad money (% of GDP), Stock market capitalization to GDP (%), Bank deposits to GDP (%), Liquid liabilities to GDP (%), Private credit by deposit money banks and other financial institutions to GDP (%), kriterlerine göre belirtilen yöntemler kullanılarak sıralanmıştır. Bu yöntemlerin gerçek sıralamaları ile farklı normalizasyondan elde edilen sıralamalar arasındaki Sperman sıra korelasyon katsayısı hesaplanmış ve bu katsayıya göre yorumlar yapılmıştır. Kullanılan normalizasyon teknikleri şunlardır;

I. Vektör Normalizasyon Tekniği;

$$R_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n X_{ij}^2}} \text{ (karekök) (3.1)}$$

II. Doğrusal Normalizasyon:

i. $R_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_{i=1}^n X_{ij}}$ (Toplam) (3.2)

ii. Fayda kriteri için: $R_{ij} = \frac{X_{ij}-X_{jmin}}{X_{jmaks}-X_{jmin}}$ (maks-min) (3.3)

Maliyet kriteri için: $R_{ij} = \frac{X_{jmaks}-X_{ij}}{X_{jmaks}-X_{jmin}}$ (3.4)

iii. Fayda kriteri için: $R_{ij} = \frac{X_{ij}}{X_{jmaks}}$ (maks) (3.5)

Maliyet kriteri için: $R_{ij} = 1 - \frac{X_{jmin}}{X_{ij}}$ (3.6)

Kullanılan normalizasyon teknikleri uygulama aşamasında parantez içinde verilen adlarla gösterilecektir.

Verilerin bu 4 yöntemle normalize edilmiş halleri aşağıda sunulmuş olup uygulamada kullanılan ÇKKV tekniklerine ait diğer adımlar ayrı ayrı başlıklarda sunulmuştur. Ayrıca değerlendirilen alternatifler (A) ve kullanılan kriterler (K) simgesi kısaltılarak uygulama aşamasında aşağıdaki gibi ifade edilecektir.

Tablo 25. Kriterler ve Alternatifler Simgesi

Broad money (% of GDP)	K1
Stock market capitalization to GDP (%)	K2
Bank deposits to GDP (%)	K3
Liquid liabilities to GDP (%)	K4
Private credit by deposit money banks and other financial institutions to GDP (%)	K5
Avustralya	A1
Kanada	A2
Şili	A3
Çek Cumhuriyeti	A4
Danimarka	A5
Macaristan	A6
İzlanda	A7
İsrail	A8
Japonya	A9

Tablo 25. (Devam) Kriterler ve Alternatifler Simgesi

Kore	A10
Meksika	A11
Yeni Zelanda	A12
Norveç	A13
Polonya	A14
İsveç	A15
İsviçre	A16
Türkiye	A17
Amerika Birleşik Devletleri	A18
Brezilya	A19
Çin	A20
Endonezya	A21
Güney Afrika	A22
Hindistan	A23

Tablo 26. Alternatiflere Ait Kriter Değerlerinden Oluşan Başlangıç Matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5
A1	99,842	105,591	91,668	97,193	126,458
A2	131,503	122,730	133,540	124,477	155,797
A3	77,058	106,422	45,888	39,929	92,756
A4	70,177	23,970	61,247	70,474	45,932
A5	64,458	64,927	56,460	65,242	188,043
A6	58,460	19,942	47,189	57,458	54,404
A7	89,669	76,339	83,565	86,247	167,798
A8	80,314	79,145	77,621	83,614	78,406
A9	219,763	78,303	201,812	204,099	177,450
A10	131,995	84,844	77,661	64,044	102,310
A11	44,999	35,444	24,604	26,006	23,457
A12	88,475	35,118	83,958	85,736	134,286
A13	57,729	55,586	53,927	52,688	116,943
A14	54,976	33,599	46,491	53,494	45,858
A15	64,084	100,463	55,472	59,429	120,642
A16	157,149	209,965	141,377	154,051	159,309
A17	49,276	29,928	45,371	44,850	44,900
A18	148,380	121,466	78,199	70,358	182,795
A19	79,806	53,328	53,499	67,164	58,445
A20	173,907	54,793	45,145	164,075	117,244
A21	37,909	37,828	32,446	33,706	27,897
A22	74,944	230,310	59,566	42,168	144,780
A23	77,013	77,118	60,315	70,690	45,812
Toplam	2131,884	1837,159	1657,021	1817,192	2411,722
Maks	219,763	230,310	201,812	204,099	188,043
Min	37,909	19,942	24,604	26,006	23,457
Maks-Min	181,854	210,368	177,208	178,093	164,586
Kareler Top	244957,928	210949,902	154375,845	186480,502	316282,782

Alternatiflere ait kriter verileri hazırlandıktan sonra normalize işlemleri yapmak amacıyla başlangıç matrisi haline getirilmiş ve Tablo 26’da sunulmuştur.

Tablo 27. Karekök Normalize Edilmiş Matris

	K1	K2	K3	K4	K5
A1	0,201728	0,229899	0,233307	0,225070	0,224858
A2	0,265700	0,267215	0,339877	0,288251	0,277026
A3	0,155694	0,231708	0,116791	0,092464	0,164932
A4	0,141790	0,052189	0,155882	0,163197	0,081673
A5	0,130236	0,141363	0,143698	0,151081	0,334364
A6	0,118118	0,043419	0,120102	0,133056	0,096737
A7	0,181174	0,166209	0,212684	0,199723	0,298366
A8	0,162272	0,172319	0,197556	0,193625	0,139416
A9	0,444026	0,170486	0,513638	0,472633	0,315528
A10	0,266692	0,184727	0,197658	0,148308	0,181920
A11	0,090919	0,077171	0,062620	0,060222	0,041709
A12	0,178761	0,076461	0,213684	0,198539	0,238777
A13	0,116641	0,121025	0,137251	0,122010	0,207939
A14	0,111077	0,073154	0,118326	0,123876	0,081541
A15	0,129481	0,218734	0,141184	0,137620	0,214517
A16	0,317516	0,457148	0,359823	0,356737	0,283271
A17	0,099562	0,065161	0,115475	0,103859	0,079838
A18	0,299799	0,264463	0,199027	0,162928	0,325032
A19	0,161246	0,116109	0,136162	0,155532	0,103923
A20	0,351375	0,119299	0,114900	0,379949	0,208474
A21	0,076594	0,082361	0,082579	0,078053	0,049604
A22	0,151423	0,501445	0,151603	0,097649	0,257437
A23	0,155603	0,167906	0,153510	0,163697	0,081459

Tablo 26’da verilen veri matrisi Eşitlik 3.1 kullanılarak normalize edilmiş ve Tablo 27’de sunulmuştur.

Tablo 28. Toplam Normalize Edilmiş Matris

	K1	K2	K3	K4	K5
A1	0,046833	0,057475	0,055321	0,053485	0,052435
A2	0,061684	0,066804	0,080590	0,068499	0,064600
A3	0,036145	0,057927	0,027693	0,021973	0,038460
A4	0,032918	0,013047	0,036962	0,038782	0,019045
A5	0,030235	0,035341	0,034073	0,035903	0,077970
A6	0,027422	0,010855	0,028478	0,031619	0,022558
A7	0,042061	0,041553	0,050431	0,047462	0,069576
A8	0,037673	0,043080	0,046844	0,046013	0,032510
A9	0,103084	0,042622	0,121792	0,112316	0,073578
A10	0,061915	0,046182	0,046868	0,035244	0,042422
A11	0,021107	0,019293	0,014848	0,014311	0,009726
A12	0,041501	0,019115	0,050668	0,047180	0,055681
A13	0,027079	0,030257	0,032545	0,028994	0,048489
A14	0,025787	0,018289	0,028057	0,029438	0,019015
A15	0,030060	0,054684	0,033477	0,032704	0,050023
A16	0,073714	0,114288	0,085320	0,084774	0,066056
A17	0,023114	0,016290	0,027381	0,024681	0,018617
A18	0,069600	0,066116	0,047193	0,038718	0,075794
A19	0,037434	0,029027	0,032286	0,036960	0,024234
A20	0,081574	0,029825	0,027245	0,090290	0,048614
A21	0,017782	0,020590	0,019581	0,018548	0,011567
A22	0,035154	0,125362	0,035948	0,023205	0,060032
A23	0,036124	0,041977	0,036400	0,038901	0,018996

Tablo 26’de verilen veri matrisi Eşitlik 3.2 kullanılarak normalize edilmiş ve Tablo 28’de sunulmuştur.

Tablo 29. Maks-Min Normalize Edilmiş Matris

	K1	K2	K3	K4	K5
A1	0,659436	0,592861	0,621552	0,600282	0,374181
A2	0,485332	0,511390	0,385265	0,447083	0,195924
A3	0,784723	0,588911	0,879893	0,921822	0,578950
A4	0,822563	0,980853	0,793220	0,750310	0,863445
A5	0,854009	0,786160	0,820234	0,779688	0,000000
A6	0,886990	1,000000	0,872551	0,823396	0,811971
A7	0,715378	0,731915	0,667278	0,661744	0,123006
A8	0,766820	0,718574	0,700821	0,676529	0,666138
A9	0,000000	0,722577	0,000000	0,000000	0,064361
A10	0,482630	0,691483	0,700595	0,786413	0,520901
A11	0,961016	0,926310	1,000000	1,000000	1,000000
A12	0,721944	0,927860	0,665060	0,664613	0,326620
A13	0,891009	0,830564	0,834528	0,850179	0,431993
A14	0,906153	0,935080	0,876490	0,845654	0,863895
A15	0,856065	0,617238	0,825809	0,812328	0,409518
A16	0,344310	0,096711	0,341040	0,281022	0,174584
A17	0,937492	0,952531	0,882810	0,894190	0,869716
A18	0,392529	0,517398	0,697559	0,750962	0,031886
A19	0,769614	0,841297	0,836943	0,768896	0,787418
A20	0,252159	0,834333	0,884085	0,224737	0,430164
A21	1,000000	0,914978	0,955747	0,956764	0,973023
A22	0,796348	0,000000	0,802706	0,909250	0,262860
A23	0,784972	0,728210	0,798480	0,749097	0,864174

Tablo 26’de verilen veri matrisi Eşitlik 3.3. kullanılarak normalize edilmiş ve Tablo 29’da sunulmuştur.

Tablo 30. Maks Normalize Edilmiş Matris

	K1	K2	K3	K4	K5
A1	0,454316	0,458473	0,454225	0,476205	0,672495
A2	0,598387	0,532890	0,661705	0,609884	0,828516
A3	0,350642	0,462082	0,227380	0,195635	0,493270
A4	0,319329	0,104077	0,303485	0,345293	0,244263
A5	0,293307	0,281912	0,279765	0,319659	1,000000
A6	0,266015	0,086588	0,233827	0,281520	0,289317
A7	0,408025	0,331460	0,414073	0,422574	0,892338
A8	0,365457	0,343646	0,384620	0,409674	0,416958
A9	1,000000	0,339990	1,000000	1,000000	0,943667
A10	0,600623	0,368390	0,384819	0,313790	0,544078
A11	0,204759	0,153897	0,121915	0,127419	0,124743
A12	0,402591	0,152481	0,416021	0,420071	0,714124
A13	0,262690	0,241353	0,267214	0,258149	0,621895
A14	0,250158	0,145886	0,230368	0,262098	0,243870
A15	0,291606	0,436207	0,274870	0,291177	0,641566
A16	0,715083	0,911663	0,700538	0,754786	0,847195
A17	0,224225	0,129947	0,224818	0,219746	0,238775
A18	0,675182	0,527402	0,387484	0,344725	0,972091
A19	0,363144	0,231549	0,265093	0,329076	0,310807
A20	0,791339	0,237910	0,223698	0,803899	0,623496
A21	0,172500	0,164248	0,160773	0,165145	0,148354
A22	0,341022	1,000000	0,295156	0,206606	0,769930
A23	0,350435	0,334844	0,298867	0,346352	0,243625

Tablo 26’da verilen veri matrisi Eşitlik 3.5. kullanılarak normalize edilmiş ve Tablo 30’da sunulmuştur.

Tablo 27, 28, 29 ve 30’da sunulan normalize matrisler uygulanan yöntemlerde tekrar hesaplanmadan kullanılmıştır.

3.5.1. Farklı Normalizasyon Tekniklerinin TOPSIS Yöntemi Sonuçlarına Etkisi

Çalışmada yer alan OECD üyesi 23 ülke TOPSIS yönteminde farklı normalizasyon yöntemleri kullanılarak sıralanmıştır. Yöntemin uygulama aşamasında TOPSIS adımları 4 normalizasyon tekniğinde de uygulanmıştır. Başka bir ifadeyle yöntemin uygulama adımlarında tek değişiklik normalizasyon adımı olmuştur. Başlangıç matrisi (adım 1) ve normalize adımları (adım 2) Tablo 26 ve Tablo 27’de sunulmuştur.

3. Adım: Normalleştirilmiş matriste en iyi performans değerinden pozitif ideal çözüm, en kötü değerden ise negatif ideal çözüm elde edilmiştir.

Tablo 31. TOPSIS Yöntemi Pozitif ve Negatif İdeal Değerleri

	K1	K2	K3	K4	K5
Pozitif ideal	0,444026	0,501445	0,513638	0,472633	0,334364
Negatif ideal	0,076594	0,043419	0,062620	0,060222	0,041709

Normalize edilmiş matrisden elde edilen verilerin Eşitlik 2.11 kullanılarak pozitif ve negatif ideal değerleri hesaplanmış ve Tablo 31’de sunulmuştur.

4. Adım: Her alternatifin ideal çözüme olan uzaklığı,

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_1^*)^2},$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_1^-)^2}$$

Eşitlikleri kullanılarak hesaplanmıştır. Pozitif değere olan uzaklığına pozitif ideal ayırım, negatif değere olan uzaklığına negatif ideal ayırım denir.

Tablo 32. TOPSIS Yöntemi Pozitif İdeal Ayırım Değerleri

	K1	K2	K3	K4	K5
A1	5,870824	7,373708	7,858549	6,128733	1,199152
A2	3,180036	5,486353	3,019297	3,399667	0,328765
A3	8,313547	7,275773	15,748768	14,452872	2,870726
A4	9,134649	20,183084	12,798971	9,575071	6,385278
A5	9,846429	12,965870	13,685563	10,339562	0,000000
A6	10,621636	20,978770	15,487055	11,531277	5,646650
A7	6,909145	11,238309	9,057345	7,448014	0,129587
A8	7,938530	10,832362	9,990815	7,784532	3,800482
A9	0,000000	10,953372	0,000000	0,000000	0,035478
A10	3,144728	10,030987	9,984380	10,518699	2,323916
A11	12,468507	18,000842	20,341703	17,008275	8,564662
A12	7,036570	18,061121	8,997240	7,512742	0,913681

Tablo 32. (Devam) TOPSIS Yöntemi Pozitif İdeal Ayrım Değerleri

A13	10,718110	14,471908	14,166707	12,293666	1,598320
A14	11,085530	18,343321	15,627194	12,163130	6,391930
A15	9,893886	7,992552	13,872245	11,223377	1,436340
A16	1,600492	0,196217	2,365907	1,343198	0,261046
A17	11,865566	19,034352	15,853378	13,599408	6,478354
A18	2,080163	5,616033	9,898034	9,591703	0,008708
A19	7,996497	14,848373	14,248826	10,055311	5,310324
A20	0,858424	14,603570	15,899216	0,859028	1,584815
A21	13,500615	17,563090	18,581172	15,569335	8,108801
A22	8,561696	0,000000	13,106924	14,061335	0,591776
A23	8,318827	11,124816	12,969258	9,544141	6,396067

Tablo 33. TOPSIS Yöntemi Negatif İdeal Ayrım Değerleri

	K1	K2	K3	K4	K5
A1	1,565852	3,477485	2,913396	2,717490	3,354342
A2	3,576081	5,008475	7,687117	5,199724	5,537382
A3	0,625675	3,545292	0,293445	0,103952	1,518373
A4	0,425052	0,007691	0,869767	1,060381	0,159707
A5	0,287742	0,959310	0,657360	0,825536	8,564662
A6	0,172419	0,000000	0,330416	0,530473	0,302804
A7	1,093683	1,507739	2,251906	1,946036	6,587246
A8	0,734069	1,661530	1,820753	1,779640	0,954650
A9	13,500615	1,614604	20,341703	17,008275	7,497672
A10	3,613726	1,996810	1,823501	0,775905	1,965898
A11	0,020518	0,113919	0,000000	0,000000	0,000000
A12	1,043799	0,109178	2,282026	1,913161	3,883571
A13	0,160373	0,602273	0,556977	0,381771	2,763234
A14	0,118904	0,088416	0,310308	0,405185	0,158657
A15	0,279697	3,073530	0,617217	0,599042	2,986228
A16	5,804306	17,117211	8,832945	8,792084	5,835210
A17	0,052751	0,047272	0,279363	0,190420	0,145377
A18	4,982009	4,886052	1,860669	1,054856	8,027183
A19	0,716580	0,528384	0,540837	0,908396	0,387046
A20	7,550441	0,575773	0,273315	10,222543	2,781056
A21	0,000000	0,151652	0,039836	0,031794	0,006233
A22	0,559924	20,978770	0,791796	0,140074	4,653832
A23	0,624227	1,549702	0,826085	1,070707	0,158006

5. Adım: Karar noktalarının ideal çözüme göreli yakınlığı hesaplanmıştır.

Tablo 34. Karar Noktalarının İdeal Çözüme Göreli Yakınlığı

	s*	s-	c*	Sıra Değeri
A1	5,332070	3,745473	0,412609	7
A2	3,926082	5,196997	0,569654	3
A3	6,975793	2,467131	0,261268	14
A4	7,620830	1,588269	0,172467	18
A5	6,843787	3,360745	0,329338	10
A6	8,016570	1,155903	0,126019	19
A7	5,897660	3,658772	0,382860	8
A8	6,351907	2,636407	0,293315	12
A9	3,314944	7,743569	0,700236	2
A10	6,000226	3,189959	0,347105	9
A11	8,739793	0,366656	0,040263	23
A12	6,520840	3,038377	0,317848	11
A13	7,297171	2,112967	0,224542	16
A14	7,975657	1,039937	0,115349	20
A15	6,664713	2,748766	0,292003	13
A16	2,401429	6,810415	0,739311	1
A17	8,175026	0,845684	0,093749	21
A18	5,214848	4,561882	0,466606	4
A19	7,242881	1,755347	0,195077	17
A20	5,814211	4,626351	0,443113	6
A21	8,562886	0,479077	0,052984	22
A22	6,026751	5,208109	0,463567	5
A23	6,953640	2,056387	0,228233	15

Eşitlik 2.15 kullanılarak karar noktalarının göreli yakınlığı hesaplanarak Tablo 34’de sunulmuştur.

Diğer normalizasyon adımlarına da aynı işlemler uygulanmış ve elde edilen değerler aşağıda sunulmuştur.

Tablo 35. TOPSIS Yöntemi Farklı Normalizsyon Yöntemlerine Ait Sıralamalar

Ülkeler	Karekök*	Toplam	Maks-Min	Maks
Avustralya	7	7	16	8
Kanada	3	3	21	3
Şili	14	14	10	14
Çek Cumhuriyeti	18	18	6	18
Danimarka	10	10	15	9
Macaristan	19	19	5	19
İzlanda	8	8	17	7
İsrail	12	13	11	13
Japonya	2	2	22	2
Kore	9	9	14	10
Meksika	23	23	1	23
Yeni Zelanda	11	11	13	11
Norveç	16	16	9	15
Polonya	20	20	4	20
İsveç	13	12	12	12
İsviçre	1	1	23	1
Türkiye	21	21	3	21
ABD	4	5	20	4
Brezilya	17	17	7	17
Çin	6	6	19	6
Endonezya	22	22	2	22
Güney Afrika	5	4	18	5
Hindistan	15	15	8	16

***TOPSIS yönteminde kullanılan normalizsyon yöntemi**

Vektörel (Karekök) normalizasyon tekniği TOPSIS yönteminde kullanılan normalizasyon tekniğidir. Bu yöntemden elde edilen sıralama sonuçları diğer normalizasyon teknikleriyle kıyaslandığında maks-min yöntemi dışındaki yöntemlerle sonuçların benzer olduğu görülmektedir.

Hesaplama da kullanılan normalizasyon işlemlerinden elde edilen sıralamaların sıra korelasyon katsayısı hesaplanmıştır.

Tablo 36. TOPSIS Yöntemi Normalizasyon Tekniklerinden Elde Edilen Sıralama Sonuçları Arasındaki Korelasyon

	Karekök*	Toplam	Maks-Min	Maks
Karekök*	1,00	,998	-,995	,996
Toplam	,998	1,00	-,994	,996
Maks-Min	-,995	-,994	1,00	-,999
Maks	,996	,996	-,999	1,00

*TOPSIS yönteminde kullanılan normalizasyon yöntemi

Aynı şekilde Tablo 36 'ya göre, yüksek korelasyon katsayısı, maks- min yöntemi dışında normalizasyon teknikleri arasında kuvvetli derecede benzerlik olduğunu göstermektedir. Elde edilen sonuçlara göre TOPSIS yöntemi normalizasyon tekniği olan karekök normalizasyon tekniği, maks- min ile tamamen ters korelasyona sahiptir. Toplamsal ve maksimum tekniği ile de çok yakın sonuçlar elde edilmiştir. TOPSIS yönteminden elde edilen sonuçların toplamsal ve maks-min normalizasyon tekniklerine yakın olmasının temelinde, başlangıç verilerinin karekök, toplam, maksimum değerlerine bölüldüğünde, başlangıç değerleri arasındaki orantının normalize edilmiş matriste de korunmuş olmasıdır. Bu ifade matematiksel olarak şu şekilde gösterilebilir;

Başlangıç matrisinde

$$\frac{X_{ij}}{X_{i-1j}}=k \text{ olsun.}$$

TOPSIS yönteminde kullanılan normalizasyon tekniği gereği;

$$R_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n X_{ij}^2}}$$

buradan X_{ij} ve X_{i-1j} değerlerinin normalize edilmiş halleri oranlanırsa;

$$\frac{\frac{X_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n X_{ij}^2}}}{\frac{X_{i-1j}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n X_{ij}^2}}} \text{ ve}$$

$$\frac{X_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n X_{ij}^2}} \cdot \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n X_{ij}^2}}{X_{i-1j}} \text{ buradan da,}$$

$$\frac{X_{ij}}{X_{i-1j}}$$

olduğu görülmektedir. Görüldüğü üzere TOPSIS yönteminde kullanılan ve benzer çıkan normalizasyon tekniklerinde başlangıçtaki orantının korunuyor olması yakın sonuçlar hesaplanmasının en önemli nedenidir.

3.5.2 Farklı Normalizasyon Tekniklerinin Gri İlişkisel Analiz (GİA) Yöntemi Sonuçlarına Etkisi

Çalışmada yer alan OECD üyesi 23 ülke, Gri İlişkisel Yöntemi ile farklı normalizasyon yöntemleri kullanılarak sıralanmıştır. Yöntemin uygulama aşamasında gri ilişkisel yöntemin adımları, 4 normalizasyon tekniğinde de uygulanmıştır. Başka bir ifadeyle yöntemin uygulama adımlarındaki tek değişiklik normalizasyon adımı olmuştur. Yöntemin adımlarından olan başlangıç matrisi ve normalize edilmesi bu bölümün giriş kısmında verilmiştir. Ayrıca normalize adımında kullanılan referans değerleri, maksimum olarak seçilmiştir.

Tablo 37. GİA Referans Matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5
Referans	0,444026	0,501445	0,513638	0,472633	0,334364

3. Aşama: Fark değer matrisi x_0^* ile x_i^* arasındaki farkın mutlak değeri $\Delta_{0i} = |x_0^*(j) - x_i^*(j)|$ kullanılarak alınmış ve aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

Tablo 38. GİA Fark Değer Matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5
A1	0,659436	0,592861	0,621552	0,600282	0,374181
A2	0,485332	0,511390	0,385265	0,447083	0,195924
A3	0,784723	0,588911	0,879893	0,921822	0,578950
A4	0,822563	0,980853	0,793220	0,750310	0,863445
A5	0,854009	0,786160	0,820234	0,779688	0,000000
A6	0,886990	1,000000	0,872551	0,823396	0,811971
A7	0,715378	0,731915	0,667278	0,661744	0,123006
A8	0,766820	0,718574	0,700821	0,676529	0,666138
A9	0,000000	0,722577	0,000000	0,000000	0,064361
A10	0,482630	0,691483	0,700595	0,786413	0,520901
A11	0,961016	0,926310	1,000000	1,000000	1,000000
A12	0,721944	0,927860	0,665060	0,664613	0,326620
A13	0,891009	0,830564	0,834528	0,850179	0,431993
A14	0,906153	0,935080	0,876490	0,845654	0,863895
A15	0,856065	0,617238	0,825809	0,812328	0,409518
A16	0,344310	0,096711	0,341040	0,281022	0,174584
A17	0,937492	0,952531	0,882810	0,894190	0,869716
A18	0,392529	0,517398	0,697559	0,750962	0,031886
A19	0,769614	0,841297	0,836943	0,768896	0,787418

Tablo 38. (Devam) GİA Fark Değer Matrisi

A20	0,252159	0,834333	0,884085	0,224737	0,430164
A21	1,000000	0,914978	0,955747	0,956764	0,973023
A22	0,796348	0,000000	0,802706	0,909250	0,262860
A23	0,784972	0,728210	0,798480	0,749097	0,864174

4. Aşama: Gri ilişkisel katsayı matrisi aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

Tablo 39. Gri İlişkisel Katsayı Matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5
A1	0,431244	0,457514691	0,445811	0,454429	0,571964
A2	0,507443	0,494369348	0,564803	0,527937	0,718469
A3	0,389189	0,459174408	0,362347	0,351662	0,463414
A4	0,378054	0,337643328	0,386632	0,399901	0,366718
A5	0,369274	0,388754192	0,378721	0,39072	1
A6	0,360493	0,333333333	0,364285	0,377816	0,381106
A7	0,411395	0,405872262	0,428347	0,430387	0,802561
A8	0,394689	0,410315624	0,416382	0,424979	0,428766
A9	1	0,40897232	1	1	0,885957
A10	0,508838	0,419644923	0,41646	0,388678	0,489763
A11	0,342228	0,350554908	0,333333	0,333333	0,333333
A12	0,409184	0,350174448	0,429162	0,429327	0,604873
A13	0,359451	0,375780614	0,374664	0,370321	0,536485
A14	0,35558	0,348412528	0,363243	0,371567	0,366597
A15	0,368714	0,447532181	0,377128	0,381002	0,549741
A16	0,592199	0,837925898	0,594502	0,640187	0,741198
A17	0,347828	0,344226779	0,361583	0,358631	0,365039
A18	0,560206	0,491449717	0,417516	0,399693	0,940051
A19	0,39382	0,372773474	0,373988	0,394043	0,388374
A20	0,664753	0,374719007	0,361249	0,689906	0,53754
A21	0,333333	0,353362494	0,343466	0,343226	0,339438
A22	0,385699	1	0,383816	0,354799	0,655429
A23	0,389113	0,407096634	0,385066	0,400289	0,366522

Eşitlik 2.25 kullanılarak elde edilen gri ilişki katsayıları Tablo 39’da sunulmuştur.

5. Aşama: Gri ilişkisel dereceler hesaplanır ve gri ilişkisel dereceler ideal değere benzerliklerine göre büyükten küçüğe doğru sıralanır. En yüksek ilişkisel değere sahip olan alternatif, en iyi alternatif, en küçük değere sahip olan alternatif ise en kötü alternatif olarak belirlenir.

Tablo 40. Gri İlişkisel Dereceler

	τ_{0j}	Sıra değeri
A1	0,472192	9
A2	0,562604	3
A3	0,405157	14
A4	0,37379	18
A5	0,505494	7
A6	0,363407	19
A7	0,495712	8
A8	0,415026	13
A9	0,858986	1
A10	0,444677	10
A11	0,338557	23
A12	0,444544	11
A13	0,40334	15
A14	0,36108	20
A15	0,424824	12
A16	0,681203	2
A17	0,355462	21
A18	0,561783	4
A19	0,3846	17
A20	0,525633	6
A21	0,342565	22
A22	0,555948	5
A23	0,389617	16

Alternatifle Eşitlik 2.28'e göre hesaplanan ilişki katsayılarına göre sıralanmış ve Tablo 40'da sunulmuştur.

Farklı normalizasyonlara da aynı adımlar uygulanmış elde edilen sıralama sonuçları ve sonuçlarına ait korelasyon katsayı matrisi aşağıda vermiştir.

Tablo 41. Gri İlişkisel Yöntemi Farklı Normalizasyon Yöntemlerine Ait Sıralamalar

Ülkeler	Karekök	Top	Maks-Min*	Maks
A1	9	9	9	9
A2	3	3	3	3
A3	14	14	14	14
A4	18	18	18	18
A5	8	8	7	7
A6	19	19	19	19
A7	7	7	8	8
A8	13	13	13	13
A9	1	1	1	1
A10	10	10	10	10
A11	23	23	23	23
A12	11	11	11	11
A13	15	15	15	15
A14	20	20	20	20
A15	12	12	12	12
A16	2	2	2	2
A17	21	21	21	21
A18	5	5	4	4
A19	17	17	17	17
A20	6	6	6	6
A21	22	22	22	22
A22	4	4	5	5
A23	16	16	16	16

***Gri İlişkisel Analiz Yönteminde Kullanılan Normalizasyon Yöntemi**

Doğrusal normalizasyon tekniklerden olan maks-min, gri ilişkisel analiz yönteminde kullanılan normalizasyon tekniğidir. Bu yöntemden elde edilen sıralama sonuçları diğer normalizasyon teknikleriyle kıyaslandığında bütün tekniklerle sonuçların benzer olduğu görülmektedir.

Tablo 42. GİA Yöntemi Normalizasyon tekniklerinden Elde Edilen Sıralama Sonuçları Arasındaki Korelasyon

	Karekök	Toplam	Maks-Min*	Maks
Karekök	1,000	1,000	,998	,998
Toplam	1,000	1,000	,998	,998
Maks-Min*	,998	,998	1,000	1,000
Maks	,998	,998	1,000	1,000

***Gri İlişkisel Analiz Yönteminde Kullanılan Normalizasyon Yöntemi**

Aynı şekilde Tablo 42'ye göre korelasyon katsayı normalizasyon teknikleri arasında kuvvetli derecede benzerlik olduğunu ifade etmektedir. GİA yönteminde dikkat

çeken sonuç, bu yöntemde kullanılan normalizasyon tekniği diğer yöntemlerde zıt korelasyona sahip iken GİA adımları uygulandığında bu normalizasyon tekniğinden elde edilen sıralama sonuçlarının diğer tekniklere yakın çıkmasıdır. Dolayısıyla GİA yöntemi adımlarının normalizasyon tekniği ile uyumlu olduğu söylenebilir.

Başlangıç matrisindeki orantı GİA yönteminde kullanılan normalizasyon tekniğinde korunmamasına rağmen, bu orantıyı koruyan normalizasyon tekniklerine çok yakın sonuçlar bulunmuştur. GİA yönteminde orantının korunmadığı matematiksel olarak ifade edilirse;

Başlangıç matrisinde

$$\frac{X_{ij}}{X_{i-1j}}=k \text{ olsun.}$$

GİA yönteminde kullanılan normalizasyon tekniği gereği;

$$R_{ij} = \frac{X_{ij}-X_{jmin}}{X_{jmaks}-X_{jmin}} \text{ buradan}$$

X_{ij} ve X_{i-1j} değerlerinin normalize edilmiş halleri oranlanırsa;

$$\frac{\frac{X_{ij}-X_{jmin}}{X_{jmaks}-X_{jmin}}}{\frac{X_{i-1j}-X_{jmin}}{X_{jmaks}-X_{jmin}}} \text{ ve}$$

$$\frac{X_{ij}-X_{jmin}}{X_{jmaks}-X_{jmin}} \cdot \frac{X_{jmaks}-X_{jmin}}{X_{i-1j}-X_{jmin}} \text{ buradan da,}$$

$$\frac{X_{ij}-X_{jmin}}{X_{i-1j}-X_{jmin}}$$

ve bu orantının başlangıçtaki k değerine eşit olmadığı görülmektedir. Buna rağmen normalizasyon tekniklerinde gri ilişkisel analiz yönteminin benzer sonuçlar vermesi ve özellikle TOPSIS yönteminde gri ilişkisel analiz yönteminde kullanılan normalizasyon tekniğinin negatif korelasyonla diğer sonuçlardan ayrılması, gri ilişkisel yöntemde mutlak değer matrisinin hesaplanmasına ve gri katsayının hesaplanma şekline bağlıdır. Bundan sonraki bölümde de inceleneceği üzere TOPSIS ve GİA yöntemleri ile sıralamada benzer sonuçlar elde edilmiştir.

3.5.3. VIKOR Yönteminde Farklı Normalizasyon Tekniklerinin Etkisi

Çalışmada yer alan OECD üyesi 23 ülke VIKOR yönteminde farklı normalizasyon yöntemleri ile sıralanmıştır. Yöntemin uygulama aşamasında VIKOR adımları 4 normalizasyon tekniğinde de uygulanmıştır. Yöntemin uygulama adımlarında tek değişiklik normalizasyon adımı olmuştur. Yöntemin adımlarından olan başlangıç matrisi ve normalize edilmesi giriş kısmında verilmiştir. Ayrıca normalize ederken seçilen en iyi ve en kötü değerleri, maksimum ve minimum değerler olarak seçilmiştir.

Tablo 43. VIKOR En İyi Ve En Kötü Değerleri

	K1	K2	K3	K4	K5
En İyi Değer	0,444026	0,501445	0,513638	0,472633	0,334364
En Kötü Değer	0,076594	0,043419	0,062620	0,060222	0,041709

Adım 3: Si ve Ri değerlerinin hesaplanması; Si ve Ri değerleri Eşitlik 2.23 ve 2.24 kullanılarak hesaplanmış ve Tablo 44’de sunulmuştur. Si i. alternatif için ortalama skoru, Ri ise en kötü skoru göstermektedir.

Tablo 44. Si ve Ri Değerleri

	Si	Ri
A1	2,848312	0,659436
A2	2,024993	0,511390
A3	3,754298	0,921822
A4	4,210391	0,980853
A5	3,240091	0,854009
A6	4,394908	1,000000
A7	2,899320	0,731915
A8	3,528881	0,766820
A9	0,786938	0,722577
A10	3,182023	0,786413
A11	4,887326	1,000000
A12	3,306097	0,927860
A13	3,838273	0,891009
A14	4,427272	0,935080
A15	3,520959	0,856065
A16	1,237667	0,344310
A17	4,536738	0,952531
A18	2,390334	0,750962
A19	4,004169	0,841297
A20	2,625478	0,884085
A21	4,800512	1,000000
A22	2,771164	0,909250
A23	3,924933	0,864174

Adım 4: Bu adımda daha önce hesaplanan S_i ve R_i değerleri kullanılarak $S^*=\min S_i$, $S^-=\max S_i$, $R^*=\min R_i$, $R^-=\max R_i$ değerleri hesaplanmıştır. Bu değerler sonucu Q_i değerleri Eşitlik 2.36 ile hesaplanmış ve alternatifler sıralanmıştır. Elde edilen değerler Tablo 45’te sunulmuştur.

Tablo 45. $S^*=\min S_i$, $S^-=\max S_i$, $R^*=\min R_i$, $R^-=\max R_i$ değerleri

s^* min	0,786938
s^- maks	4,887326
r^* min	0,344310
r^- maks	1,000000

Tablo 46. “q” Değerlerine Göre Q_i Skorları

	$q=0,1$	$q=0,5$	$q=1$
A1	0,482815	0,491664	0,502727
A2	0,259527	0,278375	0,301936
A3	0,86506	0,802224	0,723678
A4	0,957209	0,902854	0,83491
A5	0,75944	0,687811	0,598273
A6	0,987991	0,939955	0,879909
A7	0,583543	0,553153	0,515166
A8	0,646807	0,656539	0,668703
A9	0,519209	0,288449	0
A10	0,665242	0,629184	0,584112
A11	1	1	1
A12	0,862417	0,752175	0,614371
A13	0,824815	0,788968	0,744158
A14	0,899672	0,894396	0,887802
A15	0,769112	0,723627	0,666771
A16	0,010992	0,054962	0,109923
A17	0,926294	0,921052	0,914499
A18	0,597273	0,505612	0,391035
A19	0,760626	0,771288	0,784616
A20	0,785734	0,6358	0,448382
A21	0,997883	0,989414	0,978828
A22	0,823827	0,672754	0,483912
A23	0,790095	0,779072	0,765292
DQ	0,248534	0,22341	0,109923
Kabul edilebilir DQ	1/22=0,045		

Kabul değerleri Eşitlik 2.38 kullanılarak hesaplanmış ve VIKOR yöntemi sonuçlarına göre her bir q değeri de kabul sınırlarında olup $q=1$ ’e ait skorlar sıralamada kullanılmıştır. Aynı işlemler diğer normalizasyon sonuçlarına da uygulanmıştır. Farklı

normalizasyonlardan elde edilen sıralama sonuçları ve sonuçlarına ait korelasyon katsayı matrisi Tablo 47’de verilmiştir.

Tablo 47. VIKOR Yöntemi Farklı Normalizsyon Yöntemlerine Ait Sıralamalar

Ülkeler	Karekök	Toplam	Maks-Min*	Maks
A1	17	17	7	17
A2	21	21	3	21
A3	10	10	14	10
A4	6	6	18	6
A5	13	13	10	14
A6	5	5	19	5
A7	16	16	8	16
A8	12	12	13	11
A9	23	23	1	23
A10	15	15	9	15
A11	1	1	23	1
A12	14	14	11	13
A13	8	8	15	9
A14	4	4	20	4
A15	11	11	12	12
A16	22	22	2	22
A17	3	3	21	3
A18	20	20	4	20
A19	7	7	17	7
A20	19	18	5	19
A21	2	2	22	2
A22	18	19	6	18
A23	9	9	16	8

***VIKOR Yönteminde Kullanılan Normalizasyon tekniği**

Doğrusal normalizasyon tekniklerinden maks-min yöntemi VIKOR yönteminde kullanılan normalizasyon tekniğidir. Tablo 47’de görüldüğü üzere sıralamalar diğer yöntemlerle ters ilişkilidir. VIKOR yönteminde dikkat çeken diğer husus, aynı normalizasyon tekniği uygulanan GİA’da normalizasyon tekniklerinden elde edilen sıralamalar birbirine yakın ve pozitif yönlü iken VIKOR yöntemimde bu ilişki ters yönlüdür. Bu durum VIKOR yönteminde Qi değerinin hesaplanması adımından kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla VIKOR yönteminde başka normalizasyon tekniği kullanmanın yanlış olacağı söylenebilir.

Tablo 48. VIKOR Yöntemi Normalizasyon tekniklerinden Elde Edilen Sıralama Sonuçları Arasındaki Korelasyon

	Karekök	Toplam	Maks-Min*	Maks
Karekök	1,000	,999	-,997	,997
Toplam	,999	1,000	-,996	,996
Maks-Min*	-,997	-,996	1,000	-1,000
Maks	,997	,996	-1,000	1,000

Aynı şekilde Tablo 48'e göre normalizasyon teknikleri arasındaki korelasyon katsayısı, maks- min yöntemi dışında diğer yöntemlerde kuvvetli derecede benzerlik olduğunu göstermektedir. VIKOR yönteminden elde edilen sonuçların farklı normalizasyon tekniklerinden uzak olmasının temelinde, VIKOR yönteminde elde edilen skorlamada sıralama yapılırken küçükten büyüğe doğru yapılmasıdır. Başka bir ifadeyle küçük skor değeri en iyi alternatifi gösterirken, büyük skor değeri en kötü alternatifi göstermektedir. Ayrıca VIKOR yönteminde verilerin başlangıç orantısı korunmamakla birlikte, Q_i değerlerinin hesaplanması adımı yer alan "q" değerine göre Q_i skoru değişmektedir. Buna bağlı olarak hesaplamada kullanılan "q" değerine göre alternatifler farklı sıralamalarda yer almaktadır.

3.5.4. COPRAS Yönteminde Farklı Normalizasyon Tekniklerinin Etkisi

Çalışmada yer alan OECD üyesi 23 ülke COPRAS yönteminde farklı normalizasyon yöntemleri kullanılarak sıralanmış, yöntemin uygulama aşamasında COPRAS adımları 4 normalizasyon tekniğinde de kullanılmıştır. Başka bir ifadeyle yöntemin uygulama adımlarında tek değişiklik normalizasyon adımı olmuştur. Yöntemin adımlarından olan başlangıç matrisi ve normalize edilmesi giriş kısmında verilmiştir.

3. ve 4. Adım: Faydalı kriterler için ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisindeki değerlerin toplamı olan S_{i+} , faydasız kriterler için ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisindeki değerlerin toplamı olan S_{i-} değerleri Eşitlik 2.71 ve 2.72 kullanılarak hesaplanmıştır. Ayrıca her alternatif için Q_i olarak simgelenen göreceli önem değerleri Eşitlik 2.73 ile hesaplanmıştır. Kriterler arasında maliyet olmadığı için S_{i+} değerleri Q_i değerlerine eşit çıkmıştır.

5. Adım: Her bir alternatif için P_i olarak simgelenen performans indeksi Eşitlik 2.75 kullanılarak hesaplanmıştır. P_i olarak simgelenen performans indeksi 100 olan

alternatif en iyi alternatiftir. Alternatiflerin tercih sıralaması performans indeks değerlerinin büyükten küçüğe doğru sıralanmış halidir. 3. 4. ve 5. adım sonuçları Tablo 49'da sunulmuştur.

Tablo 49. Copras Yöntemi Q_i , P_i ve sıralama değerleri

	Q_i	P_i	Sıra Değeri
A1	0,265549	0,585694	7
A2	0,342178	0,754708	3
A3	0,182199	0,401859	14
A4	0,140754	0,310447	18
A5	0,213523	0,470945	11
A6	0,120932	0,266728	19
A7	0,251082	0,553786	8
A8	0,206120	0,454617	12
A9	0,453391	1	1
A10	0,232630	0,513089	9
A11	0,079286	0,174873	23
A12	0,214145	0,472318	10
A13	0,167364	0,369137	16
A14	0,120585	0,265963	20
A15	0,200948	0,44321	13
A16	0,424152	0,935509	2
A17	0,110084	0,242801	21
A18	0,297422	0,655993	4
A19	0,159942	0,352768	17
A20	0,277548	0,612161	6
A21	0,088069	0,194245	22
A22	0,279700	0,616907	5
A23	0,172397	0,380239	15

Farklı normalizasyonlardan elde edilen ait sıralama sonuçları ve sonuçlarına ait korelasyon katsayı matrisi Tablo 50'de verilmiştir.

Tablo 50. COPRAS Yöntemi Farklı Normalizasyon Yöntemlerine Ait Sıralamalar

Ülkeler	Karekök	Toplam*	Maks-Min	Maks
A1	7	7	17	7
A2	3	3	21	3
A3	14	14	10	14
A4	18	18	6	18
A5	11	11	14	10
A6	19	19	5	19
A7	8	8	16	8
A8	12	12	11	13
A9	1	1	23	1
A10	9	9	15	9
A11	23	23	1	23
A12	10	10	13	11
A13	16	16	9	15
A14	20	20	4	20
A15	13	13	12	12
A16	2	2	22	2
A17	21	21	3	21
A18	4	4	20	4
A19	17	17	7	17
A20	5	6	19	5
A21	22	22	2	22
A22	6	5	18	6
A23	15	15	8	16

***COPRAS Yönteminde Kullanılan Normalizasyon Yöntemi**

Doğrusal (toplam) normalizasyon tekniği COPRAS yönteminde kullanılan normalizasyon tekniğidir. Bu yöntemden elde edilen sıralama sonuçları diğer normalizasyon teknikleriyle kıyaslandığında maks-min yöntemi dışındaki yöntemlerle sonuçların benzer olduğu görülmektedir.

COPRAS Yöntemi normalizasyon tekniklerinden elde edilen sıralama sonuçları arasındaki korelasyon tablosu aşağıda verilmiştir.

Tablo 51. COPRAS Yöntemi Normalizasyon Tekniklerinden Elde Edilen Sıralama Sonuçları Arasındaki Korelasyon

	Karekök	Toplam*	Maks-Min	Maks
Karekök	1,000	,999	-,997	,997
Toplam*	,999	1,000	-,996	,996
Maks-Min	-,997	-,996	1,000	-1,00
Maks	,997	,996	-1,000	1,000

***COPRAS Yönteminde Kullanılan Normalizasyon Yöntemi**

Aynı şekilde Tablo 51'e göre normalizasyon teknikleri arasında maksimum yöntemi dışında korelasyon katsayı kuvvetli derecede benzerlik olduğunu göstermektedir. COPRAS yönteminden elde edilen sonuçların farklı normalizasyon tekniklerinde yakın olmasının temelinde, başlangıç verilerinin karekök, toplam, maksimum değerlerine bölüldüğünde, başlangıç değerleri arasındaki orantının normalize edilmiş matriste de korunmuş olmasıdır. Bu ifade matematiksel olarak şu şekilde gösterilebilmektedir;

Başlangıç matrisinde

$$\frac{X_{ij}}{X_{i-1j}}=k \text{ olsun.}$$

COPRAS yönteminde kullanılan normalizasyon tekniği gereği;

$$R_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_{i=1}^n X_{ij}} \text{ buradan}$$

X_{ij} ve X_{i-1j} değerlerinin normalize edilmiş halleri oranlanırsa;

$$\frac{\frac{X_{ij}}{\sum_{i=1}^n X_{ij}}}{\frac{X_{i-1j}}{\sum_{i=1}^n X_{ij}}} \text{ ve}$$

$$\frac{X_{ij}}{\sum_{i=1}^n X_{ij}} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n X_{ij}}{X_{i-1j}} \text{ buradan da,}$$

$$\frac{X_{ij}}{X_{i-1j}}$$

olduğu görülmektedir. Görüldüğü üzere COPRAS yönteminde kullanılan ve benzer çıkan normalizasyon tekniklerinde başlangıçtaki orantının korunuyor olması yakın sonuçlar hesaplanmasının en önemli nedenidir.

3.5.5. MOORA Yönteminde Farklı Normalizasyon Tekniklerinin Etkisi

Çalışmada yer alan OECD üyesi 23 ülke MOORA yönteminde farklı normalizasyon yöntemleri kullanılarak sıralanmıştır. Yöntemin uygulama aşamasında MOORA adımları 4 normalizasyon tekniğinde de uygulanmıştır. Başka bir ifadeyle yöntemin uygulama adımlarında tek değişiklik normalizasyon adımı olmuştur. Yönteme

ait başlangıç matrisi ve normalizasyon adımları bu bölüm girişinde verildiğinden diğer adımlardan bahsedilmiştir.

3. Adım: Bu adımda optimizasyon değerleri hesaplanır. Elde edilen skora göre büyükten küçüğe doğru alternatifler sıralanır. En büyük skora sahip alternatif en iyi, en küçük değere sahip alternatifte en kötü alternatif olarak değerlendirilir.

Tablo 52. MOORA Yöntemi Skorları Ve Sıralaması

	y_i^*	Sıra Değeri
A1	1,114863	7
A2	1,438069	3
A3	0,761589	14
A4	0,594731	18
A5	0,900743	11
A6	0,511432	19
A7	1,058155	8
A8	0,865188	12
A9	1,916312	1
A10	0,979305	9
A11	0,332641	23
A12	0,906223	10
A13	0,704867	16
A14	0,507974	20
A15	0,841535	13
A16	1,774495	2
A17	0,463895	21
A18	1,251249	4
A19	0,672971	17
A20	1,173998	5
A21	0,369193	22
A22	1,159556	6
A23	0,722175	15

Elde edilen normalize matriste Eşitlik 2.53 kullanılarak alternatiflere ait skorlar hesaplanmıştır. bu değerler Tablo 52’de verilmiştir.

Farklı normalizasyonlardan elde edilen sıralama sonuçları ve sonuçlarına ait korelasyon katsayı matrisi Tablo 53’te verilmiştir.

Tablo 53. MOORA Yöntemi farklı normalizasyon yöntemlerine ait sıralamalar

Ülkeler	Karekök*	Toplam	Maks-Min	Maks
A1	7	7	17	7
A2	3	3	21	3
A3	14	14	10	14
A4	18	18	6	18
A5	11	11	14	10
A6	19	19	5	19
A7	8	8	16	8
A8	12	12	11	13
A9	1	1	23	1
A10	9	9	15	9
A11	23	23	1	23
A12	10	10	13	11
A13	16	16	9	15
A14	20	20	4	20
A15	13	13	12	12
A16	2	2	22	2
A17	21	21	3	21
A18	4	4	20	4
A19	17	17	7	17
A20	5	6	19	5
A21	22	22	2	22
A22	6	5	18	6
A23	15	15	8	16

***MOORA Yönteminde Kullanılan Normalizasyon tekniği**

Doğrusal (karekök) normalizasyon tekniği MOORA yönteminde kullanılan normalizasyon tekniğidir. Bu yöntemden elde edilen sıralama sonuçları diğer normalizasyon teknikleriyle kıyaslandığında maks-min yöntemi dışındaki yöntemlerle sonuçların benzer olduğu görülmektedir.

MOORA Yöntemi normalizasyon tekniklerinden elde edilen sıralama sonuçları arasındaki korelasyon tablosu aşağıda verilmiştir.

Tablo 54. MOORA Yöntemi Normalizasyon teknikleri Arasındaki Korelasyon Tablosu

	Karekök*	Toplam	Maks-Min	Maks
Karekök*	1,000	,999	-,997	,997
Toplam	,999	1,000	-,996	,996
Maks-Min	-,997	-,996	1,000	-1,000
Maks	,997	,996	-1,000	1,000

***MOORA Yönteminde Kullanılan Normalizasyon Yöntemi**

Aynı şekilde Tablo 54'e göre normalizasyon teknikleri arasında maksimum yöntemi dışında korelasyon katsayısı kuvvetli derecede benzerlik olduğunu göstermektedir. MOORA yönteminden elde edilen sonuçların farklı normalizasyon tekniklerinde yakın olmasının temelinde, başlangıç verilerinin karekök, toplam, maksimum değerlerine bölüldüğünde, başlangıç değerleri arasındaki orantının normalize edilmiş matriste de korunmuş olmasıdır. Bu ifade matematiksel olarak şu şekilde gösterilebilmektedir;

Başlangıç matrisinde $\frac{X_{ij}}{X_{i-1j}}=k$ olsun.

MOORA yönteminde kullanılan normalizasyon tekniği gereği;

$R_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n X_{ij}^2}}$ buradan X_{ij} ve X_{i-1j} değerlerinin normalize edilmiş halleri

oranlanırsa;

$$\frac{\frac{X_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n X_{ij}^2}}}{\frac{X_{i-1j}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n X_{ij}^2}}} \text{ ve}$$

$$\frac{X_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n X_{ij}^2}} \cdot \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n X_{ij}^2}}{X_{i-1j}} \text{ buradan da,}$$

$$\frac{X_{ij}}{X_{i-1j}}$$

olduğu görülmektedir. Görüldüğü üzere MOORA yönteminde kullanılan ve benzer çıkan normalizasyon tekniklerinde başlangıçtaki orantının korunuyor olması yakın sonuçlar hesaplanmasının en önemli nedenidir.

3.5.6. MOORA Referans Nokta Yönteminde Farklı Normalizasyon Tekniklerinin Etkisi

Çalışmada yer alan OECD üyesi 23 ülke MOORA yönteminde olduğu gibi MOORA referans nokta yönteminde de farklı normalizasyon yöntemleri kullanılarak sıralanmıştır. Yöntemin uygulama aşamasında yöntem adımları 4 normalizasyon

teknikinde de uygulanmıştır. Yönteme ait başlangıç matrisi ve normalizasyon adımları bu bölüm girişinde verildiğinden diğer adımlardan bahsedilmiştir.

3. Adım: Elde edilen x_{ij}^* 'lerden amaca göre maksimizasyon değerleri referans noktası olarak seçilmiştir. Seçilen bu noktaların her bir x_{ijmaks}^* değerine uzaklıkları Eşitlik 2.54 yardımıyla hesaplanmıştır.

Tablo 55. Alternatiflerin x_{ijmaks}^* değerine uzaklıkları

	K1	K2	K3	K4	K5
Maksimum	0,444	0,501	0,514	0,473	0,334
A1	0,242	0,272	0,280	0,248	0,110
A2	0,178	0,234	0,174	0,184	0,057
A3	0,288	0,270	0,397	0,380	0,169
A4	0,302	0,449	0,358	0,309	0,253
A5	0,314	0,360	0,370	0,322	0,000
A6	0,326	0,458	0,394	0,340	0,238
A7	0,263	0,335	0,301	0,273	0,036
A8	0,282	0,329	0,316	0,279	0,195
A9	0,000	0,331	0,000	0,000	0,019
A10	0,177	0,317	0,316	0,324	0,152
A11	0,353	0,424	0,451	0,412	0,293
A12	0,265	0,425	0,300	0,274	0,096
A13	0,327	0,380	0,376	0,351	0,126
A14	0,333	0,428	0,395	0,349	0,253
A15	0,315	0,283	0,372	0,335	0,120
A16	0,127	0,044	0,154	0,116	0,051
A17	0,344	0,436	0,398	0,369	0,255
A18	0,144	0,237	0,315	0,310	0,009
A19	0,283	0,385	0,377	0,317	0,230
A20	0,093	0,382	0,399	0,093	0,126
A21	0,367	0,419	0,431	0,395	0,285
A22	0,293	0,000	0,362	0,375	0,077
A23	0,288	0,334	0,360	0,309	0,253

Hesaplama neticesinde elde edilen uzaklık değerleri Tablo 55'te sunulmuştur.

4. Adım: Alternatiflerin optimum noktaya uzaklıklarının metrik hesabı Eşitlik 2.55 ile yapılmış ve bu değerler küçükten büyüğe sıralanmıştır. En küçük değer referans noktasına en yakın, yani en iyi alternatif olarak kabul edilir.

Tablo 56. MOORA Referans Nokta Yöntemi Skorları Ve Sıralaması

	y_i^*	Sıra Değeri
A1	0,280331028	3
A2	0,234229654	2
A3	0,396847175	15
A4	0,449255872	21
A5	0,369940038	10
A6	0,458025877	23
A7	0,335235865	8
A8	0,32912554	6
A9	0,330958793	7
A10	0,324325441	5
A11	0,451017766	22
A12	0,424983776	17
A13	0,380419613	13
A14	0,428291034	18
A15	0,372454629	11
A16	0,153815057	1
A17	0,436283756	20
A18	0,314611412	4
A19	0,385335867	14
A20	0,398738208	16
A21	0,43105884	19
A22	0,374984471	12
A23	0,360128554	9

Farklı normalizasyonlardan elde edilen sıralama sonuçları ve sonuçlarına ait korelasyon katsayı matrisi aşağıda verilmiştir.

Tablo 57. MOORA Referans Nokta Yöntemi Farklı Normalizasyon Yöntemlerine Ait Sıralamalar

Ülkeler	Karekök*	Toplam	Maks-Min	Maks
A1	7	3	14	3
A2	3	2	17	2
A3	14	13	10	16
A4	18	22	7	22
A5	11	12	21	9
A6	19	23	5	23
A7	8	8	18	7
A8	12	6	9	5
A9	1	7	21	6
A10	9	5	11	8
A11	23	19	1	21
A12	10	18	15	17
A13	16	14	12	12
A14	20	20	4	19
A15	13	10	13	10
A16	2	1	19	1
A17	21	21	3	20
A18	4	4	20	4
A19	17	16	6	13
A20	5	15	16	14
A21	22	17	2	18
A22	6	11	21	15
A23	15	9	8	11

***MOORA Referans Nokta Yönteminde Kullanılan Normalizasyon tekniği**

Doğrusal (karekök) normalizasyon tekniği MOORA Referans Nokta yönteminde de kullanılan normalizasyon tekniğidir. Bu yöntemden elde edilen sıralama sonuçları diğer normalizasyon teknikleriyle kıyaslandığında sonuçların oldukça farklı olduğu görülmektedir. MOORA referans nokta yaklaşımının normalizasyon teknikleri arasında MOORA yöntemine göre farklılığın çok olmasının temelinde referans noktası olarak maksimum ya da minimum değerler alınmasıdır. Bu durum bundan sonraki bölümde bahsedilecektir.

MOORA Referans Nokta Yöntemi normalizasyon tekniklerinden elde edilen sıralama sonuçları arasındaki korelasyon tablosu aşağıda verilmiştir.

Tablo 58. MOORA Referans Nokta Yöntemi Normalizasyon teknikleri Arasındaki Korelasyon Tablosu

	Karekök*	Toplam	Maks-Min	Maks
Karekök*	1,000	,792	-,904	,791
Toplam	,792	1,000	-,646	,964
Maks-Min	-,904	-,646	1,000	-,670
Maks	,791	,964	-,670	1,000

Aynı şekilde Tablo 58'e göre normalizasyon teknikleri arasındaki korelasyon katsayısı maks- min yöntemi dışında normal düzeyde olduğunu göstermektedir. Başlangıç verileri karekök, toplam, maksimum değerlerine bölüldüğünde, başlangıç değerleri arasındaki orantının normalize edilmiş matriste de korunmuştur. Ancak MOORA Referans Nokta yönteminden elde edilen sonuçların farklı normalizasyon tekniklerinde farklı olmasının temelinde normal MOORA yönteminden farklı olarak referans noktası seçilmesi ve sıralama yapılırken değerlerin bu noktaya göre mutlak değer uzaklıklarının alınmasıdır.

3.5.7. ARAS Yönteminde Farklı Normalizasyon Tekniklerinin Etkisi

OECD üyesi 23 ülke, ARAS yönteminde farklı normalizasyon yöntemleri kullanılarak sıralanmıştır. Yöntemin uygulama aşamasında ARAS adımları 4 normalizasyon tekniğinde de uygulanmıştır. Başka bir ifadeyle yöntemin uygulama adımlarında tek değişiklik normalizasyon adımı olmuştur. Başlangıç matrisi ve normalize işlemleri bölüm girişinde verildiğinden 3. Adım ve sonrası aşağıdaki gibidir:

3. Adım: Karar probleminde kriterlere ait optimal değer yer almadığından kriterin fayda (daha yüksek daha iyi) özelliği göstermesi nedeniyle maksimum değerler optimal değer olarak alınmıştır. Başlangıç matrisine karar verici tarafından eklenebilen bu değerler, başlangıç matrisine dahil edilerek normalize edilir.

Tablo 59. ARAS En İyi Optimal Satır Normalize Değerleri (X_{0j})

	K1	K2	K3	K4	K5
En İyi Değer(X_{0j})	0,444026	0,501445	0,513638	0,472633	0,334364

4. Adım: S_i i. alternatifin optimallik fonksiyon değerini göstermek üzere alternatiflere ait skorlar Eşitlik 2.61 kullanılarak hesaplanmış ve Tablo 60'da verilmiştir..

5. Adım: Hesaplanan S_i değerlerinden büyük değerler alternatifin etkin olduğu anlamına gelmektedir. Alternatiflere ait S_i değerlerinin S_0 optimal fonksiyon değerine oranı K_i fayda derecelerini vermekte ve alternatifler bu skora göre sıralanmaktadır.

Tablo 60. ARAS Yöntemi S_i , K_i Ve Sıralama Değerleri

	S_i	K_i	Sıra Değeri
Optimal	0,486722	1	
A1	0,23957	0,492211	7
A2	0,308633	0,634105	3
A3	0,164361	0,337691	14
A4	0,126918	0,260761	18
A5	0,193796	0,398165	11
A6	0,109244	0,224449	19
A7	0,227222	0,466842	8
A8	0,185717	0,381566	12
A9	0,409124	0,840571	1
A10	0,209984	0,431425	9
A11	0,071404	0,146703	23
A12	0,193845	0,398266	10
A13	0,151494	0,311254	16
A14	0,108744	0,223421	20
A15	0,181492	0,372886	13
A16	0,381931	0,7847	2
A17	0,099298	0,204013	21
A18	0,269037	0,552752	4
A19	0,14422	0,296309	17
A20	0,251012	0,515718	6
A21	0,079278	0,162882	22
A22	0,251862	0,517466	5
A23	0,155091	0,318644	15

Alternatiflere ait S_i değerleri Eşitlik 2.62 kullanılarak K_i değerlerine dönüştürülmüş ve Tablo 60'da sunulmuştur.

ARAS yönteminde farklı normalizasyonlardan elde edilen sıralama sonuçları ve sonuçlarına ait korelasyon katsayı matrisi aşağıda verilmiştir.

Tablo 61. ARAS Yöntemi Farklı Normalizasyon tekniklerine Ait Sıralamalar

Ülkeler	Karekök	Toplam*	Maks-Min	Maks
A1	7	7	7	7
A2	3	3	3	3
A3	14	14	14	14
A4	18	18	18	18
A5	11	11	10	10
A6	19	19	19	19
A7	8	8	8	8
A8	12	12	13	13
A9	1	1	1	1
A10	9	9	9	9
A11	23	23	23	23
A12	10	10	11	11
A13	16	16	15	15
A14	20	20	20	20
A15	13	13	12	12
A16	2	2	2	2
A17	21	21	21	21
A18	4	4	4	4
A19	17	17	17	17
A20	5	6	5	5
A21	22	22	22	22
A22	6	5	6	6
A23	15	15	16	16

***ARAS Yönteminde Kullanılan Normalizasyon tekniği**

Doğrusal (Toplam) normalizasyon tekniği ARAS yönteminde kullanılan normalizasyon tekniğidir. Tablo 60 incelendiğinde bu yöntemden elde edilen sıralama sonuçları diğer normalizasyon teknikleriyle kıyaslandığında maks-min yöntemi dışındaki yöntemlerle sonuçların benzer olduğu görülmektedir.

ARAS yöntemi normalizasyon tekniklerinden elde edilen sıralama sonuçları arasındaki korelasyon tablosu Tablo 62’de verilmiştir.

Tablo 62. ARAS Yöntemi Normalizasyon tekniklerinden Elde Edilen Sıralama Sonuçları Arasındaki Korelasyon

	Karekök	Toplam*	Maks-Min	Maks
Karekök	1,000	,999	,997	,997
Toplam*	,999	1,000	,996	,996
Maks-Min	,997	,996	1,000	1,000
Maks	,997	,996	1,000	1,000

***ARAS Yönteminde Kullanılan Normalizasyon tekniği**

Aynı şekilde Tablo 62'ye göre normalizasyon teknikleri arasındaki korelasyon katsayısı, maks-min yöntemi dışında, kuvvetli derecede benzerlik olduğunu göstermektedir. ARAS yönteminden elde edilen sonuçların birbirine farklı normalizasyon tekniklerinde yakın olmasının temelinde, başlangıç verilerinin karekök, toplam, maksimum değerlerine bölüldüğünde, başlangıç değerleri arasındaki orantının normalize edilmiş matriste de korunmuş olmasıdır. Bu ifade matematiksel olarak şu şekilde gösterilebilmektedir;

Başlangıç matrisinde

$$\frac{X_{ij}}{X_{i-1j}}=k \text{ olsun.}$$

ARAS yönteminde kullanılan normalizasyon tekniği gereği;

$$R_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_{i=1}^n X_{ij}} \text{ buradan } X_{ij} \text{ ve } X_{i-1j} \text{ değerlerinin normalize edilmiş halleri}$$

oranlanırsa;

$$\frac{X_{ij}}{\sum_{i=1}^n X_{ij}} \text{ ve}$$

$$\frac{X_{ij}}{\sum_{i=1}^n X_{ij}} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n X_{ij}}{X_{i-1j}} \text{ buradan da,}$$

$$\frac{X_{ij}}{X_{i-1j}}$$

olduğu görülmektedir. Görüldüğü üzere ARAS yönteminde kullanılan ve benzer çıkan normalizasyon tekniklerinde başlangıçtaki orantının korunuyor olması yakın sonuçlar hesaplanmasının en önemli nedenidir.

3.6. Çok Kriterli Karar Verme Tekniklerinde (Topsis, Gia, Vikor, Copras, Moora, Moora Referans Nokta ve ARAS) Alternatif Sayısının Sıralama Sonuçlarına Etkisi

Çalışmanın bu aşamasında, ilk olarak TOPSIS, GİA, VIKOR, COPRAS, MOORA, MOORA Referans Nokta ve ARAS yöntemleri kullanılarak OECD üyesi 23 ülkenin sıralanmıştır. İkinci aşamada bu 23 ülke arasından rastgele seçilen OECD üyesi 12 ülke aynı yöntemlerle sıralanmıştır. Daha sonra ilk 23 alternatif arasından ve aynı kriterlere göre seçilen 12 alternatifin sıralamada ilk üstünlüğünü koruyup koruyamadığı incelenmiştir. Aynı şekilde, karşılaştırmada Dünya Bankası veri tabanından elde edilen Avrupa Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilâtı (OECD) üye ülkelerine ait veriler kullanılmıştır. Broad money (% of GDP), Stock market capitalization to GDP (%), Bank deposits to GDP (%), Liquid liabilities to GDP (%), Private credit by deposit money banks and other financial institutions to GDP (%), kriterlerine göre belirtilen yöntemler hem 23 alternatife göre hem de 12 alternatife göre hesaplanmış, aynı kriter doğrultusunda alternatiflerin ilk ve sonraki üstünlük durumları karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma yapılırken Sperman sıra korelasyon katsayısı kullanılmıştır. Karşılaştırılan ülke ve kriter simgeleri aşağıdaki gibi alınacaktır.

Tablo 63. Karşılaştırılan Ülke ve Kriter Simgeleri

Broad money (% of GDP)	K1
Stock market capitalization to GDP (%)	K2
Bank deposits to GDP (%)	K3
Liquid liabilities to GDP (%)	K4
Private credit by deposit money banks and other financial institutions to GDP (%)	K5
Brezilya	A1
Şili	A2
Çek Cumhuriyeti	A3
Macaristan	A4
Hindistan	A5
Endonezya	A6
İsrail	A7
Meksika	A8
Norveç	A9
Polonya	A10
İsveç	A11
Türkiye	A12

Yöntemlerde uygulanan adımlar ve işlemleri bundan önceki bölümde 23 alternatife göre hesaplanıp ayrıntılı şekilde sunulduğundan bu bölümde sadece sonuç tabloları verilmiştir.

Tablo 64. Yöntemlerin 23 Alternatife ve 12 Alternatife Göre Sıralama Sonuçları ile Sıra Korelasyon Katsayıları

Yöntem		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	R Sıra Korelasyon
TOPSIS	12 Alternatif Arasındaki Sırası	11	4	8	9	1	6	3	12	5	10	2	7	0,692308
	23 Alternatif Arasındaki Üstünlük Sıralaması	6	3	7	8	4	12	1	11	5	9	2	10	
GİA	12 Alternatif Arasındaki Sırası	5	3	7	8	4	11	1	12	6	9	2	10	0,972028
	23 Alternatif Arasındaki Üstünlük Sıralaması	6	3	7	8	5	11	2	12	4	9	1	10	
VIKOR	12 Alternatif Arasındaki Sırası	5	3	7	8	4	11	1	12	6	9	2	10	0,972028
	23 Alternatif Arasındaki Üstünlük Sıralaması	6	3	7	8	5	11	2	12	4	9	1	10	
COPRAS	12 Alternatif Arasındaki Sırası	6	3	7	8	4	11	1	12	5	9	2	10	1,000000
	23 Alternatif Arasındaki Üstünlük Sıralaması	6	3	7	8	4	11	1	12	5	9	2	10	
MOORA	12 Alternatif Arasındaki Sırası	6	3	7	8	4	11	1	12	5	9	2	10	1,000
	23 Alternatif Arasındaki Üstünlük Sıralaması	6	3	7	8	4	11	1	12	5	9	2	10	
MOORA Referans Nokta Yaklaşımı	12 Alternatif Arasındaki Sırası	5	6	10	12	2	8	1	11	4	7	3	9	0,888112
	23 Alternatif Arasındaki Üstünlük Sıralaması	6	3	7	8	4	11	1	12	5	9	2	10	
ARAS	12 Alternatif Arasındaki Sırası	6	3	7	8	4	11	1	12	5	9	2	10	1,000000
	23 Alternatif Arasındaki Üstünlük Sıralaması	6	3	7	8	4	11	1	12	5	9	2	10	

23 alternatif arasından rastgele seçilen 12 alternatifin aynı yöntemlerle elde edilmiş sıralamaları ve bu 12 alternatifin ilk 23 alternatife göre beklenen üstünlük sıralamaları Tablo 64'te sunulmuştur.

3.6.1. TOPSIS Yönteminde Alternatif Sayısının Sıralama Sonuçlarına Etkisi

Tablo 64 incelendiğinde TOPSIS yönteminde sıralamanın oldukça değiştiği gözlemlenmektedir. Bu değişkenliğin nedenleri incelendiğinde normalizasyon tekniğinde kaynaklanmadığı belirtilebilir. Çünkü daha önceki bölümde ifade edildiği gibi TOPSIS yönteminde kullanılan vektörel (karesel, Eşitlik (3.1)) normalizasyon başlangıç matrisindeki verilerin orantısını bozmamaktaydı. Ancak TOPSIS çözümünde yer alan “pozitif ideal çözüme” ve “negatif ideal çözüme” yakınlık adımından kaynaklı sıralama ilk üstünlükle kıyaslandığında bozulmuştur.

Pozitif ideal çözüm,

$$A^* = \{(\max v_{ij} \mid j \in J), (\min v_{ij} \mid j \in J')\}$$

$$A^* = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*\}$$

Negatif ideal çözüm

$$A^- = \{(\min v_{ij} \mid j \in J), (\max v_{ij} \mid j \in J')\} \text{ ve } A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\}$$

Ayrım Ölçülerinin hesaplanması:

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_1^*)^2}$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_1^-)^2}$$

İdeal çözüme ilişkin fonksiyon incelendiğinde sıralamaya dahil edilen alternatiflerin kriterlerine ilişkin değerlerin maksimum ya da minimum olması durumunda TOPSIS yönteminde eşik değer olarak alınan ideal çözüm noktaları değişmektedir. Her bir alternatif için hesaplanan pozitif ve negatif ideal noktadan uzaklık değeri de Tablo 65'deki gibi değişmektedir.

Tablo 65. TOPSIS Yöntemi Pozitif Ve Negatif İdeal Değerleri

Kriterler	23 alternatife göre		12 alternatife göre	
	Pozitif İdeal	Negatif İdeal	Pozitif İdeal	Negatif İdeal
K1	0,444026	0,076594	0,361413	0,170591
K2	0,501445	0,043419	0,500305	0,09375
K3	0,513638	0,06262	0,430749	0,136537
K4	0,472633	0,060222	0,421482	0,131091
K5	0,334364	0,041709	0,361413	0,170591

Tablo 65'ten görüldüğü üzere alternatif ülkeler ve kriterler her iki çalışmada da aynı olmasına rağmen TOPSIS yönteminde pozitif ve negatif ideal değerleri değişmiş, bu durumdan kaynaklı sıralama bozulmuştur. Dolayısıyla TOPSIS yöntemi alternatiflerin sıralanması amacıyla değil, alternatiflerin belirli maksimum ya da minimum değere göre uzaklık sıralamasında kullanılmalıdır. Ayrıca iki sıralamaya ilişkin sonuçlar incelendiğinde en iyi alternatifin seçiminde de TOPSIS yöntemi sıralaması uygun düşmemektedir. Çünkü ilk 23 alternatif sıralamasında 12 alternatife göre ilk sıralamada yer alması gereken alternatif, sonraki 12 alternatifli sıralamada 3. sıra da yer almıştır.

3.6.2. GİA Yönteminde Alternatif Sayısının Sıralama Sonuçlarına Etkisi

Tablo 64'te de yer alan GİA yönteminin sıra korelesyon katsayısı incelendiğinde 0,97 olduğu, dolayısıyla sıralamanın tutarlı olduğu görülmektedir. Yine de GİA yönteminde ilk sıralamada hesaplanan üstünlük sıralamasının bozulduğu söylenebilir. Bu bozulmanın nedenlerinden biri normalizasyon tekniğinden kaynaklıdır. Çünkü bundan önceki bölümde hesaplandığı üzere GİA yönteminde diğer normalizasyon tekniklerinden elde edilen sonuçlar tutarlı olmasına rağmen, kriterlerin başlangıç orantısı bozulmaktaydı. Başka bir ifadeyle GİA yönteminde kullanılan,

$$x_i^* = \frac{x_i(j) - \min x_i(j)}{\max(j) - \min x_i(j)}$$

Maliyet durumunda normalizasyon işlemi;

$$x_i^* = \frac{\max x_i(j) - x_i(j)}{\max(j) - \min x_i(j)}$$

Optimal durumda ise normalizasyon işlemi;

$$x_i^* = \frac{|x_i(j) - x_0(j)|}{\max(j) - x_{0b}(j)}$$

normalizasyon teknikleri, alternatiflerin içerdği kriterlerin maksimum ya da minimum değerlerine göre değişmektedir.

Tablo 66. GİA Yöntemi Maksimum ve Minimum Değerleri

Kriterler	23 Alternatife Göre		12 Alternatife Göre	
	Maksimum	Minimum	Maksimum	Minimum
K1	219,7629272	37,90906753	80,31379789	37,90906753
K2	230,31	19,942	106,422	19,942
K3	201,812	24,604	77,621	24,604
K4	204,099	26,006	83,614	26,006
K5	188,043	23,457	120,642	23,457

Tablo 66 incelendiğinde normalizasyon adımında kullanılan maksimum ve minimum değerler değişmiştir.

Fark değer matrisinin oluşturulması adımında ise x_0^* ile x_i^* arasındaki farkın mutlak değeri aşağıdaki eşitlik kullanılarak alınmakta ve mutlak değer tablosu oluşturulmaktadır.

$$\Delta_{0i} = |x_0^*(j) - x_i^*(j)| \quad i=1, \dots, m \quad j=1, \dots, n$$

Bu adımda kullanılan $x_0^*(j)$ değerinin seçimi referans olarak alınan alternatifin kriter değerlerine göre değişmekte, hatta bazı işlemlerde bu değer maliyet ya da fayda durumuna göre maksimum ya da minimum olarak alınmaktadır.

Tablo 67. GİA Yöntemi Referans Değerleri

Kriterler	23 Alternatife Göre Referans	12 Alternatife Göre Referans
K1	0,444026286	0,361413177
K2	0,5014448	0,500305382
K3	0,513638196	0,430748957
K4	0,472633131	0,421481582
K5	0,334363911	0,496621072

Sonuç olarak GİA yöntemi, mutlak değer tablosu oluşturmada referans seri kullanılacak, yani alternatifler referans olarak alınan bir alternatife uzaklıklarına göre kıyaslanacaksa kullanılmalıdır. Yine sıralamanın bozulmasında başka bir etmen gri ilişki katsayı matrisinin oluşturulmasında kullanılan aşağıdaki eşitliktir.

$$\gamma_{0i}(j) = \frac{\Delta_{min} + \delta \Delta_{max}}{\Delta_{0i} + \delta \Delta_{max}}$$

$$\Delta_{min} = \min_i \min_j \Delta_{0i}(j)$$

$$\Delta_{max} = \max_i \max_j \Delta_{0i}(j)$$

GİA yönteminde alternatifler verilen ölçütün ortalamasına göre sıralanmaktadır. Bu eşitlikte yer alan ve $[0,1]$ aralığında değer alan δ parametresinin sıralamayı değiştirmedeği çalışmalarda ortaya konulmuştur (Özdemir ve Deste, 2009: 149; Hsu ve Wen, 2000; Uçkun ve Gieginer, 2011: 54). Dolayısıyla hesaplama da kullanılan $\gamma_{0i}(j)$ değeri kıyaslanan alternatif kriterlerinin maksimum ve minimum değerlerine göre değişmekte, doğal olarak sıralamayı etkilemektedir. Bu sıralama ise TOPSIS yöntemi kadar etkilenmemektedir. Ancak GİA yöntemindeki adımlar ve sıralamadaki değişkenlikler dikkate alındığında TOPSIS yöntemindeki gibi alternatifleri referans olarak alınan alternatife uzaklıklarına göre sıralamak daha doğru olmaktadır. GİA yönteminde sapma miktarının az olmasının temelinde ise, TOPSIS yönteminde referans değerine uzaklık hesaplanırken öklit uzaklığı kullanılmasıdır. Bu uzaklık GİA yönteminde mutlak değer olarak alınmakta ve daha sağlıklı sonuçlar elde edilmektedir.

3.6.3. VIKOR Yönteminde Alternatif Sayısının Sıralama Sonuçlarına Etkisi

Tablo 64'te yer alan VIKOR yönteminin sıra korelesyon katsayısı incelendiğinde GİA yönteminde olduğu gibi 0,97 olduğu, dolayısıyla sıralamanın tutarlı olduğu görülmektedir. Aynı şekilde 23 alternatife göre sıralamada ve 12 alternatife göre sıralamada elde edilen sonuçlar GİA yönteminde elde edilen sonuçlar ile eşittir. Buna ek olarak alternatiflerin sıralama değişkenliği de aynı şekilde değişmemiştir. İki yöntemin benzer sonuçları vermesinin temelinde normalizasyon tekniklerinin aynı olmasıdır. VIKOR yönteminde de bundan önceki bölümde hesaplandığı üzere diğer normalizasyon tekniklerinden elde edilen sonuçlar ters ilişkiliydi. VIKOR yönteminde GİA yönteminde olduğu gibi normalizasyon hesaplanması, alternatiflerin içerdiği kriterlerin maksimum ya da minimum değerlerine göre değişmektedir.

Normalizasyon adımında kullanılan en iyi f_j^* ve en kötü f_j^- değerleri referans olarak alınan alternatifin kriter değerlerine göre değişmekte, hatta bazı işlemlerde bu değer maliyet ya da fayda durumuna göre maksimum ya da minimum olarak alınmaktadır.

Tablo 68. VIKOR Yöntemi En İyi Ve En Kötü Değerler

Kriterler	23 Alternatife Göre		12 Alternatife Göre	
	En İyi f_j^* (Maks)	En Kötü f_j^- (Min)	En İyi f_j^* (Maks)	En Kötü f_j^- (Min)
K1	219,7629272	37,90906753	80,31379789	37,90906753
K2	230,31	19,942	106,422	19,942
K3	201,812	24,604	77,621	24,604
K4	204,099	26,006	83,614	26,006
K5	188,043	23,457	120,642	23,457

Tablo 68 incelendiğinde VIKOR yönteminde normalizasyon adımında kullanılan maksimum ve minimum değerler değişmiştir.

Sonuç olarak VIKOR yöntemi de, referans seri kullanılacak, yani alternatifler referans olarak alınan bir alternatife uzaklıklarına göre kıyaslanacaksa kullanılmalıdır. Yine sıralamanın bozulmasında başka bir etmen S_i ve R_i değerlerinin hesaplanması adımıdır. Bu değerler kullanılarak hesaplanan Q_i değerleri de yine maksimum ve minimum değerlerden etkilenmektedir. Çünkü Q_i değeri hesaplanmasında $S^* = \min S_i$, $S = \max S_i$, $R^* = \min R_i$, $R = \max R_i$ değerleri kullanılır. Q_i değerinin hesabı;

$$Q_i = \frac{q \cdot (S_i - S^*)}{(S_i - S^*)} + \frac{(1-q) \cdot (R_i - R^*)}{(R_i - R^*)}$$

fonksiyonu ile hesaplanır.

Tablo 69. VIKOR Yöntemi S_i ve R_i Değerleri

	23 Alternatife Göre	12 Alternatife Göre
s* min	0,786938	0,750008
s- maks	4,887326	4,653559
r* min	0,344310	0,419820
r- maks	1,000000	1,000000

Tablo 69'da görüldüğü üzere S_i ve R_i değerleri iki hesaplamada farklı alınmıştır. Dolayısıyla hesaplamada kullanılan Q_i değeri, kıyaslanan alternatif kriterlerinin maksimum ve minimum değerlerine göre değişmekte, doğal olarak sıralamayı etkilemektedir. Bu sıralama ise VIKOR yönteminde TOPSIS yöntemi kadar

etkilenmemektedir. Ancak VIKOR yöntemindeki adımlar ve sıralamadaki değişkenlikler dikkate alındığında, TOPSIS yöntemindeki gibi alternatifleri referans olarak alınan alternatife uzaklıklarına göre sıralamak daha doğru olmaktadır. TOPSIS yönteminde referans değerine uzaklık hesaplanırken öklit uzaklığı kullanılması, sıralama sonuçlarında VIKOR yönteminden daha fazla farklılığa neden olmuştur. Bu uzaklık VIKOR ve GİA yöntemlerinde mutlak değer olarak alınmakta ve bu iki yöntemin sonuçları TOPSIS yönteminden daha sağlıklı olmaktadır.

3.6.4. COPRAS Yönteminde Alternatif Sayısının Sıralama Sonuçlarına Etkisi

COPRAS yönteminden elde edilen sonuçların Tablo 64 incelendiğinde tamamen tutarlı olduğu görülmektedir. 23 alternatif ve bu alternatiflerden rastgele elde edilen 12 alternatif bu yönteme göre sıralandığında, ilk üstünlük sıralamanın korunduğu açıktır. Bu tutarlılığın en önemli nedeni normalizasyon tekniğidir. Bundan önceki bölümde de ifade edildiği gibi COPRAS yönteminde başlangıç orantısı korunmaktaydı. Ayrıca COPRAS yöntemi adımlarında indeksler hesaplanırken sadece minimum ya da maksimum değerler değil, kriterlere ait tüm değerlerin ortalaması alınmaktadır. Bu durumda da COPRAS yönteminin sonuçları eklenen alternatiflerden ya da çıkarılan alternatiflerden etkilenmemektedir. Bu sonuçlara dayanılarak alternatif sıralamasında COPRAS yönteminin kullanılabilir en güvenilir yöntem olduğu söylenebilir.

3.6.5. MOORA ve MOORA Referans Nokta Yöntemlerinde Alternatif Sayısının Sıralama Sonuçlarına Etkisi

Tablo 64'te yer alan MOORA yönteminin sıra korelesyon katsayısı incelendiğinde 1,00 olduğu, dolayısıyla sıralamanın tutarlı olduğu görülmektedir. Bundan önceki bölümde hesaplandığı üzere MOORA yönteminde, diğer normalizasyon tekniklerinden elde edilen sonuçlar da tutarlıdır. MOORA yönteminde kullanılan vektörel (karesel) normalizasyon başlangıç matrisindeki verilerin orantısını bozmamaktaydı. Ayrıca MOORA yöntemi adımlarında da indeksler hesaplanırken, COPRAS yönteminde olduğu gibi, sadece minimum ya da maksimum değerler değil, kriterlere ait tüm değerlerin ortalaması alınmaktadır. Bu durumda da MOORA yöntemi sonuçları eklenen alternatiflerden ya da çıkarılan alternatiflerden etkilenmemektedir. Bu sonuçlara

dayanılarak MOORA yönteminin de alternatif sıralamasında kullanılabilir en güvenilir yöntem olduğu söylenebilir.

MOORA yönteminin referans nokta metodu tutarlılığına bakıldığında ise ilk sıralamayla alternatiflerin eksilttiğimizde elde edilen sıralama arasında değişiklik olduğu görülmektedir. Bunun nedeni normalizasyon tekniğinden değil, referans noktasına uzaklık hesabında kullanılan d_{ij} 'den kaynaklanmaktadır.

Tablo 70. MOORA Referans Nokta Yaklaşımında alınan Referans Değerleri

Kriterler	23 Alternatife Göre Referans	12 Alternatife Göre Referans
K1	0,444026286	0,361413177
K2	0,5014448	0,500305382
K3	0,513638196	0,430748957
K4	0,472633131	0,421481582
K5	0,334363911	0,496621072

Ayrıca sıralama aşamasında da elde edilen fark değerleri toplam olarak değil, maksimum (maliyet durumunda minimum) olarak alınmaktadır. Bu nedenle referans nokta yaklaşımında alternatif eklendiği ya da çıkarıldığı zaman üstünlük sıralaması Tablo 70'de görüldüğü üzere değişmektedir. Sonuç olarak MOORA yöntemi alternatiflerin sıralamasında, MOORA oran yöntemi ise belirli alternatife uzaklığa göre alternatiflerin sıralamasında kullanılmalıdır.

3.6.6. ARAS Yönteminde Alternatif Sayısının Sıralama Sonuçlarına Etkisi

Tablo 64'te yer alan ARAS yönteminin sıra korelasyon katsayısı incelendiğinde 1,00 olduğu, dolayısıyla sıralamanın bu yöntemde de tutarlı olduğu görülmektedir. Bundan önceki bölümde hesaplandığı üzere ARAS yönteminde, diğer normalizasyon tekniklerinden elde edilen sonuçlar da tutarlıdır. ARAS yönteminde kullanılan doğrusal (toplam) normalizasyon başlangıç matrisindeki verilerin orantısını bozmamaktaydı. Bu adım COPRAS yönteminde de aynıdır. Ayrıca ARAS yöntemi adımlarında da indeksler hesaplanırken, COPRAS ve MOORA yöntemlerinde olduğu gibi, sadece minimum ya da maksimum değerler değil, kriterlere ait tüm değerlerin ortalaması alınmaktadır. Bu durumda da ARAS yönteminde alternatiflerin üstünlük sıralamalar eklenen ya da

çıkarılan alternatiflerden etkilenmemektedir. Bu sonuçlara dayanılarak ARAS yönteminin alternatif sıralamasında kullanılabilir en güvenilir yöntem olduğu söylenebilir.

3.7. Farklı Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden (Topsis, GİA, VIKOR, Copras, MOORA, ARAS) Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırılması Ve Bütünleştirilmesi

Çok kriterli karar verme tekniklerinin değerlendirme şekillerine bağlı olarak elde ettiği sonuçlar farklılık gösterebilmektedir. Bu farklılık karar vericileri çıkmaza sürüklemekte; yöntem tercihinde ve uygun alternatifte karar vermede kararsız bırakabilmektedir. Bu olumsuz durumu giderebilmek amacıyla, çok kriterli karar verme yöntemleri ile elde edilen alternatif sıralamalarını bütünleştirici bir yöntemle ifade etmek, karar vericilerin daha rahat karar verebilmelerini sağlayacaktır. Bu amaçla Copeland yöntemi bütünleştirici yöntem olarak uygulanmıştır.

Bütünleştirici yöntem olarak Copeland tekniğinin seçilmesinin nedeni ise bu yöntemin üstünlük karşılaştırılması temeline dayanmasıdır (Saari ve Merlin, 1996). Bu yöntemde normalizasyon işlemi gerekmeden alternatifler, kıyaslanmak istenen kriterlere göre karşılaştırılmakta ve buna göre üstünlük puanı atanmaktadır. Ancak bütünleştirilmek istenen yöntemler de seçilirken dikkat edilmelidir. Seçilen yöntemlerin uygulanma amaçları aynı olmalıdır. Aynı amaca uygun ama hesaplama şekillerinde farklı sonuçlar elde edilen yöntemler bütünleştirilmeye dahil edilmelidir. Çünkü farklı amaca göre uygulanan teknikleri bütünleştirmek doğru olmayacaktır. Bu bölümde 7 farklı çok kriterli karar verme tekniklerinden elde edilen sonuçlar olmasına rağmen 4 tanesi bütünleştirme işlemine dâhil edilmiştir. Daha önceki bölümlerde açıklandığı üzere belirli bir referans noktasına göre alternatifleri sıralama amacı taşıyan TOPSIS, GİA, VIKOR ve MOORA Referans nokta yaklaşımı yöntemlerinden, hesaplama tekniklerinden kaynaklı, farklı sıralama sonuçları elde edilmiştir. Bu yöntemlere ait sıralama sonuçları Copeland yöntemiyle bütünleştirilmiştir. Her dört yöntemden elde edilen sıralamalar, Copeland yöntemi ile sağlanan bütünleşik sıra ile de karşılaştırılarak nihai sonuca en yakın yöntem tespit edilmiştir. Böylece, birden fazla sayıda çok kriterli karar verme yönteminin tek bir

sıralama olacak şekilde bütünleştirilmesi ile en iyi alternatifin belirlenmesi amacına ulaşılmıştır.

COPRAS, MOORA, ARAS yöntemlerinden elde edilen sonuçlar eşit olduğundan bütünleştirme işlemine gerek kalmamıştır.

Karşılaştırmada Dünya Bankası veri tabanından elde edilen Avrupa Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilâtı (OECD) üye ülkelerine ait veriler kullanılmıştır. OECD üyesi 23 ülke Broad money (% of GDP), Stock market capitalization to GDP (%), Bank deposits to GDP (%), Liquid liabilities to GDP (%), Private credit by deposit money banks and other financial institutions to GDP (%), kriterlerine göre belirtilen yöntemler kullanılarak sıralanmıştır. Karşılaştırma yapılırken Sperman sıra korelasyon katsayısı kullanılmıştır. Karşılaştırılan ülke ve kriter simgeleri Tablo 71’de ifade edildiği gibi alınacaktır.

Tablo 71. Karşılaştırılan Ülke ve Kriter Simgeleri

Broad money (% of GDP)	K1
Stock market capitalization to GDP (%)	K2
Bank deposits to GDP (%)	K3
Liquid liabilities to GDP (%)	K4
Private credit by deposit money banks and other financial institutions to GDP (%)	K5
Avustralya	A1
Brezilya	A2
Kanada	A3
Şili	A4
Çin	A5
Çek Cumhuriyeti	A6
Danimarka	A7
Macaristan	A8
İzlanda	A9
Hindistan	A10
Endonezya	A11
İsrail	A12
Japonya	A13
Kore	A14
Meksika	A15
Yeni Zelanda	A16
Norveç	A17
Polonya	A18
Güney Afrika	A19
İsveç	A20
İsviçre	A21
Türkiye	A22
ABD	A23

Bu bölümün ikinci aşamasında ise TOPSIS, VIKOR, GİA ve MOORA referans, MOORA COPRAS, ARAS yöntemlerinden elde edilen sıralama sonuçları karşılaştırılmış ve yorumlanmıştır.

Bundan önceki bölümde ifade edildiği üzere COPRAS, MOORA ve ARAS yöntemleri, alternatifleri kriter değerlerine göre sıralamakta, TOPSIS, GİA, VIKOR ve MOORA referans nokta yaklaşımı ise alternatifleri belirli kriter değerine uzaklığa göre sıralamaktaydı. Bu nedenle bütünleştirme işlemi aynı amaca sahip TOPSIS, GİA, VIKOR ve MOORA referans nokta yaklaşımı yöntemlerine uygulanmıştır.

Tablo 72. TOPSIS, GİA, VIKOR Ve MOORA Referans Nokta Yaklaşımı Sıralama Sonuçları

	TOPSIS	GİA	VIKOR	MOORA Referans
A1	7	9	7	3
A2	17	17	17	14
A3	3	3	3	2
A4	14	14	14	15
A5	6	6	5	16
A6	18	18	18	21
A7	10	7	10	10
A8	19	19	19	23
A9	8	8	8	8
A10	15	16	16	9
A11	22	22	22	19
A12	12	13	13	6
A13	2	1	1	7
A14	9	10	9	5
A15	23	23	23	22
A16	11	11	11	17
A17	16	15	15	13
A18	20	20	20	18
A19	5	5	6	12
A20	13	12	12	11
A21	1	2	2	1
A22	21	21	21	20
A23	4	4	4	4

TOPSIS, GİA, VIKOR ve MOORA referans nokta yaklaşımına ilişkin 23 alternatifin sıralama sonuçları Tablo 72’de sunulmuştur.

Copeland yönteminin ilk adımı olan ve ikili karşılaştırma sonucu elde edilen Copeland puanları verilen eşitlik kullanılarak hesaplanmış ve sonuçları Tablo 73’te

verilmiştir. Bu tablonun hazırlanmasında her bir alternatif ikili olarak değerlendirilmiş ve her bir yönteme göre karşılaştırılmış, üstün olduğu sıralama skoruna “1”, düşük olduğu sıralama skoruna “0” puan verilmiştir. Örneğin A2 alternatifi A1 alternatifine bütün yöntemlerde üstün iken, A9 alternatifine sadece MOORA referans nokta yaklaşımında üstündür.

İkili karşılaştırma sonucu elde edilen Copeland Puanı sonuçları Tablo 80’de hesaplanmış ve Ek-1’de sunulmuştur.

Ek-1’den elde edilen 4 yönteme ait değerler toplanarak her bir alternatifin toplam puanı hesaplanmıştır. Bu puan matrisi Tablo 73’te sunulmuştur. Örneğin A5 alternatifinin A1’e göre üstünlük toplamı yani 4 yönteme göre toplam üstünlük derecesi 1, A3’e göre ise 4’tür.

Tablo 73. Alternatiflerin Toplam Puanı

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23
A1	0	1	4	4	3	4	3	4	1	4	4	4	4	4	4	0	4	1	4	1	4	1	0
A2	4	0	0	4	4	4	4	4	1	4	4	4	4	4	4	1	4	4	4	4	4	4	4
A3	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	4	1	3	4	0	0	4	0	3	0	0	0	0
A4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4	0	0	3	0	0	3	0	0	0	3	0	0
A5	1	0	4	4	0	4	1	3	0	2	4	4	4	4	4	0	4	0	4	1	4	0	3
A6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3	0	0	3	0	0	0	4	0	0
A7	1	0	4	4	3	4	0	3	0	3	4	4	4	4	4	0	4	0	4	1	4	1	4
A8	0	0	4	4	1	4	1	0	1	0	4	1	4	4	2	0	4	0	4	1	4	1	4
A9	3	3	4	4	4	4	4	3	0	3	4	4	4	4	4	2	4	3	4	4	4	4	4
A10	0	0	4	4	3	4	1	4	1	0	4	4	4	4	4	0	4	0	4	1	4	1	4
A11	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A12	0	0	3	4	1	4	0	3	0	0	4	0	3	4	3	0	4	0	3	0	4	0	3
A13	0	0	0	4	0	4	0	0	0	0	4	1	0	4	0	0	4	0	4	1	4	0	2
A14	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	4	0	0
A15	0	0	4	4	0	4	0	1	0	0	4	1	4	4	0	0	4	0	4	1	4	1	3
A16	4	4	4	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4	4	4	0	4	4	4	4	4	4	4
A17	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
A18	3	0	4	4	4	4	4	4	1	4	4	4	4	4	4	0	4	0	4	4	4	4	4
A19	0	0	1	4	0	4	0	0	0	0	4	1	0	4	0	0	4	0	0	1	4	0	0
A20	3	0	3	4	3	4	3	0	0	3	4	4	4	4	3	0	4	0	3	0	4	0	3
A21	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A22	3	0	4	4	4	4	3	4	0	3	4	3	4	4	3	0	4	0	4	3	4	0	3
A23	0	0	0	4	0	4	0	0	0	0	4	0	2	4	0	0	4	0	4	1	4	1	0

Elde edilen $S(i, j)$ yardımıyla alternatifler arasındaki karşılaştırmada galipler bulunacaktır.

Bunun için;

$$fk(i,j)=\begin{cases} 1 & S(i,j) > (M - S(i,j)) \text{ ve } i \neq j \\ 0 & S(i,j) = (M - S(i,j)) \text{ ve } i \neq j \\ -1 & S(i,j) < (M - S(i,j)) \text{ ve } i \neq j \end{cases}$$

eşitliğinden yararlanılacaktır. Eşitliğe bakıldığında galip gelen taraf “1” puan, yenilen taraf “-1” puan almaktadır. Eşitlik durumunda ise “0” puan verilmektedir. Galibiyet – Yenilgi ve beraberlik matrisi Tablo 74’te verilmiştir.

Tablo 74. Galibiyet – Yenilgi Ve Beraberlik Matrisi

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23	
A1	0	-1	1	1	1	1	1	1	-1	1	1	1	1	1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	0	
A2	1	0	0	1	1	1	1	1	-1	1	1	1	1	1	1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1
A3	-1	0	0	1	-1	0	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	0	-1	0	
A4	-1	-1	-1	0	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	
A5	-1	-1	1	1	0	1	-1	1	-1	-1	1	1	1	1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	
A6	-1	-1	0	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	
A7	-1	-1	1	1	1	1	0	1	-1	1	1	1	1	1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	
A8	-1	-1	1	1	-1	1	-1	0	-1	-1	1	-1	1	1	1	-1	1	-1	1	1	1	1	-1	1
A9	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
A10	-1	-1	1	1	1	1	-1	1	-1	0	1	1	1	1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	1
A11	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
A12	-1	-1	1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	1	0	1	1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	1
A13	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	0	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	0
A14	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	0	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1
A15	-1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	1	0	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	1
A16	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
A17	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1
A18	1	-1	1	1	1	1	1	1	-1	1	1	1	1	1	1	-1	1	0	1	1	1	1	1	1
A19	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	0	-1	1	-1	-1	-1
A20	1	-1	1	1	1	1	1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	-1	1	-1	1	0	1	-1	1	1
A21	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	-1
A22	1	-1	1	1	1	1	1	1	-1	1	1	1	1	1	1	-1	1	-1	1	1	1	1	0	1
A23	0	-1	0	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	0	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	0

Elde edilen tabloda galibiyet puanı (G_{Pi}), beraberlik puanı ve yenilgi puanları (Y_{Pi}) değerleri alternatifler bazında toplanarak, Copeland Puanına (C_{Pi}) ulaşılır. Tablo 75 ($C_{Pi} = G_{Pi} + Y_{Pi} + 0$) alternatiflerin C_{Pi} değerlerini göstermektedir.

Tablo 75. (Galibiyet+ Yenilgi) Copeland Puanları

A1	9
A2	17
A3	-6
A4	-12
A5	4
A6	-13
A7	8
A8	2
A9	21
A10	6
A11	-22
A12	2
A13	-7
A14	-16
A15	-2
A16	21
A17	-18
A18	16
A19	-10
A20	10
A21	-19
A22	14
A23	-5

Alternatifler, hesaplanan Copeland puanlarına göre büyükten küçüğe doğru sıralanmış ve diğer yöntem sıralamalarıyla birlikte Tablo 76'da sunulmuştur.

Tablo 76. Alternatiflerin Copeland Puanlarına Göre ve Uygulanan Yöntemlere Göre Sıralanması

	Topsis Yöntemine Göre Sıralanması	GİA Yöntemine Göre Sıralanması	VIKOR Yöntemine Göre Sıralanması	MOORA Referans Puanlarına Göre Sıralanması	Copeland Bütünleşik Sıralama
A1	7	9	7	3	7
A2	17	17	17	14	17
A3	3	3	3	2	3
A4	14	14	14	15	15
A5	6	6	5	16	6
A6	18	18	18	21	18
A7	10	7	10	10	10
A8	19	19	19	23	19
A9	8	8	8	8	8
A10	15	16	16	9	14
A11	22	22	22	19	22
A12	12	13	13	6	11
A13	2	1	1	7	1
A14	9	10	9	5	9
A15	23	23	23	22	23
A16	11	11	11	17	12
A17	16	15	15	13	16
A18	20	20	20	18	20
A19	5	5	6	12	5
A20	13	12	12	11	13
A21	1	2	2	1	2
A22	21	21	21	20	21
A23	4	4	4	4	4

Tablo 76’da aynı amaca hizmet eden TOPSIS, GİA, VIKOR ve MOORA referans nokta yöntemlerine ait 23 alternatifin sıralama sonuçları ve bu sonuçların bütünleştirilmiş halleri verilmiştir.

Tablo 77. Copeland yöntemi, TOPSIS, GİA, VIKOR ve MOORA referans nokta yöntemleri Arasındaki sıra korelasyon ilişkisi

	TOPSIS	GİA	VIKOR	MOORA REFENANS NOKTA YAKLAŞIMI	COPELAND BÜTÜNLEŞİK SIRALAMA
TOPSIS	1,000	,990	,996	,813	,997
GİA	,990	1,000	,992	,780	,987
VIKOR	,996	,992	1,000	,794	,993
MOORA REF.	,813	,780	,794	1,000	,824
COPELAND	,997	,987	,993	,824	1,000

Tablo 77’de görüldüğü gibi bütünleşik sıralamaya en yakın sonuç TOPSIS yönteminden elde edilmiştir. MOORA referans nokta yaklaşımı hem VIKOR, TIOPSIS ve GİA yöntemleriyle, hem de bütünleşik sıralamayla en düşük korelasyon katsayısına sahiptir. VIKOR ve GİA yöntemlerinin de bütünleşik sıralamaya yakın sonuçlara sahip olduğu söylenebilir. Sonuç olarak aralarında yüksek korelasyon bulunan yöntem sonuçları bütünleştirildiğinde, sonucun bütünleştirilen yöntemlere daha yakın olacağı söylenebilir. Uygulanan bu yöntemlerin sonuçlarının farklı olma nedenleri daha önceki bölümlerde ifade edildiğinden bu kısımda bahsedilmemiştir.

Tablo 76’daki yöntemlerden amaç olarak farklı olan COPRAS, MOORA, ARAS yöntemlerine ait sıralama sonuçları Tablo 78’de verilmiştir.

Tablo 78. COPRAS, MOORA, ARAS Yöntemleri ve Bütünleşik Sıralama Sonuçları

	COPRAS	MOORA	ARAS	BÜTÜNLEŞİK SİRALAMA (TOPSIS, VIKOR, GİA, MOORA REF)
A1	7	7	7	7
A2	17	17	17	17
A3	3	3	3	3
A4	14	14	14	15
A5	6	5	6	6
A6	18	18	18	18
A7	11	11	11	10
A8	19	19	19	19
A9	8	8	8	8
A10	15	15	15	14
A11	22	22	22	22
A12	12	12	12	11
A13	1	1	1	1
A14	9	9	9	9
A15	23	23	23	23
A16	10	10	10	12
A17	16	16	16	16
A18	20	20	20	20
A19	5	6	5	5
A20	13	13	13	13
A21	2	2	2	2
A22	21	21	21	21
A23	4	4	4	4

COPRAS, MOORA, ARAS yöntemlerine ait sıralama sonuçları ile VIKOR, TOPSIS, GİA ve GİA referans nokta yaklaşımlarının bütünleşik sıralamaları karşılaştırıldığında sonuçların oldukça yakın olduğu Tablo 78’de görülmektedir. Dolayısıyla bütünleştirme işlemiyle alternatif sıralamasının daha güvenilir hale getirildiği söylenebilir.

Tablo 79.COPRAS, MOORA, ARAS Ve Bütünleşik Sıralama Arasındaki Korelasyon

	COPRAS	MOORA	ARAS	COPELAND BÜTÜNLEŞİK SIRALAMA
COPRAS	1,000	,999	1,000	,996
MOORA	,999	1,000	,999	,995
ARAS	1,000	,999	1,000	,996
COPELAND BÜTÜNLEŞİK SIRALAMA	,996	,995	,996	1,000

Tablo 79’deki korelasyon sonuçlarında da anlaşılacağı üzere aynı sonuçları veren COPRAS, MOORA ve ARAS yöntemleriyle bütünleşik sıralama sonuçları yüksek korelasyona sahiptir. Dolayısıyla bütünleştirme işleminin belirli referans değerine göre sıralama yapan yöntemleri, belirli referans değerinden etkilenmeyerek sıralama yapan yöntemlere yaklaştırdığı söylenebilir.



4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çok kriterli karar verme yöntemleri, birçok alanda karar verme problemlerinin çözümünde, belirli ölçütler doğrultusunda alternatiflerin sıralanmasında, en iyi alternatifin seçilmesinde vb. problemlerde kullanılmaktadır. Aynı seçim ya da sıralama probleminde birden fazla ÇKKV yöntemi kullanılabilir. Kullanılan bu yöntemlerinin önerdiği sıralama sonuçları uygulanan yönteme göre farklılıklar göstermektedir. Problemin yapısına, uygulanan yönteme göre elde edilen sonuçlardaki farklılıklar az veya çok olabilmektedir. Bazı yöntemler alternatifleri belirli referans noktasına uzaklıklarına göre, bazı yöntemler ise alternatifleri kriterlerin üstünlüklerine göre sıralamaktadır.

Birçok çalışmada amacı farklı olan yöntemler aynı amaç için kullanılmaktadır. Böyle bir durumda hangi ÇKKV yönteminin uygulanmasının doğru olacağı ve belirli bir amaca göre birden fazla teknik uygulandığında sonuçlarının bütünleştirilmesi çözülmesi gereken bir sorundur. Ayrıca kullanılan yöntemlerin alternatif sayısına ve farklı normalizasyon tekniklerine duyarlılığı yöntem seçiminde önemli bir kriterdir.

Uygulamanın birinci kısmında kullanılan yöntemlerin farklı normalizasyon tekniklerine duyarlılığı; ikinci kısmında alternatif eksiltildiğinde alternatifler arası üstünlüğün korunup korunmadığı test edilmiş; üçüncü kısmında ise farklı çok kriterli karar verme tekniklerinden elde edilen sonuçların bütünleştirilmesi yapılmıştır.

OECD üyesi 23 ülke verilerine 4 farklı normalizasyon tekniği uygulanmıştır. Kullanılan normalizasyon teknikleri çok kriterli karar verme yöntemlerinde en çok kullanılan normalizasyon teknikleridir. TOPSIS, Gri İlişkisel Analiz, VIKOR, Copras, MOORA ve ARAS yöntemlerinin çözüm adımları hesaplanan farklı normalizasyon tekniklerine uygulamış ve ardından yöntemin kullanımında yer alan normalizasyon tekniğinden elde edilen sıralama ile diğer 3 normalizasyon tekniğinden elde edilen sıralama sonuçları karşılaştırılmıştır. Maks-min normalizasyon tekniği, TOPSIS, Copras, MOORA ve ARAS yöntemlerinde sıralamayı oldukça değiştirmiştir. Kullanıldığı VIKOR, GİA yöntemlerinde gerçeğe yakın değerler vermiştir. Karekök

normalizasyon tekniği, maksimum ve toplamsal normalizasyon teknikleri arasında benzer sıralama sonuçları elde edilmiştir.

TOPSIS yönteminde kullanılan karekök normalizasyon tekniği, maks-min tekniği ile tamamen ters korelasyona sahiptir ($r=-0,995$). Toplamsal ve maksimum tekniği ile de çok yakın sonuçlar elde edilmiştir ($r=0,99$). Dolayısıyla TOPSIS yöntemi sonuçlarının başlangıç orantısını değiştiren (maks-min) normalizasyon tekniklerine duyarlı olduğu, bu oranı değiştirmeyen normalizasyon tekniklerinden (taoplam, karekök, maks) ise fazla etkilenmediği sonucuna ulaşılmıştır.

GİA yönteminde, normalizasyon tekniklerinden elde edilen sıralama sonuçları yakın çıkmıştır (Tablo 42; $r=0,98$). Dolayısıyla GİA yöntemi adımlarının normalizasyon teknikleri ile uyumlu olduğu ve sonuçların normalizasyon tekniklerinden fazla etkilenmediği söylenebilir.

VIKOR yönteminde ise maks-min tekniği, diğer normalizasyon teknikleriyle tamamen zıt korelasyona sahiptir (Tablo 48; $r=-0,99$). Maks-min tekniğinin GİA yönteminde benzer sonuçlar vermesine rağmen VIKOR yönteminde ters ilişki elde edilmesi, VIKOR yönteminin normalizasyon tekniklerine daha duyarlı olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla uygulanan teknikler içinde normalizasyona en duyarlı yöntem VIKOR olarak belirlenmiştir. sonuç olarak VIKOR yönteminde sadece maks-min yöntemi kullanılmalıdır.

COPRAS ve MOORA yöntemlerinden elde edilen sıralama sonuçları karekök, toplam ve maks normalizasyon tekniklerinden fazla etkilenmemiştir. Ancak bu iki yöntemden elde edilen sıralama sonuçları maks-min tekniği ile ters ilişkilidir (Tablo 51 ve 54; $r=-0,99$). Dolayısıyla bu iki yöntemin sonuçlarının başlangıç orantısını değiştiren normalizasyon tekniklerine duyarlı olduğu, bu oranı değiştirmeyen normalizasyon tekniklerinden ise fazla etkilenmediği sonucuna ulaşılmıştır.

Diğer tekniklere kıyasla MOORA referans nokta yaklaşımı sonuçlarının normamalizasyon tekniklerine daha duyarlı olduğu görülmüştür (Tablo 58; $r=0,79$). Özellikle bu yöntem sonuçlarının fark alma işlemi olan mak-min normalizasyon tekniğiyle zıt korelasyona sahiptir (Tablo 58; $r=-0,904$)

ARAS yöntemi sonuçları normalizasyon tekniklerinden en az etkilenmiştir. Dolayısıyla bu yöntemde kullanılan normalizasyon tekniği ihtiyaca göre istenildiği gibi seçilebilir sonucuna ulaşmıştır.

Fark alma işlemi yapılmadan normalize işlemi yapılan (karekök, toplam, maks) TOPSIS, COPRAS, MOORA yöntemleri her birinde kullanılan normalizasyon teknikleriyle uyumlu sonuçlar vermiştir. Bu üç yöntemin GİA ve VIKOR yöntemlerinin normalizasyon tekniği olan maksimum-minimum teknikleriyle ters ilişkili olduğu gözlemlenmiştir. GİA ve ARAS yöntemlerinden elde edilen sonuçlar ise 4 normalizasyon tekniğinden elde edilen sıralama sonuçlarına uyumludur. Dolayısıyla GİA ve ARAS normalizasyon tekniklerinden en az etkilenen yöntemlerdir.

Çalışmanın ikinci kısmında, TOPSIS, GİA, VIKOR, COPRAS, MOORA, MOORA Referans Nokta ve ARAS yöntemleri kullanılarak OECD üyesi 23 ülkenin sıralamasından elde edilen sonuçlar ile aynı 23 ülke arasından rastgele seçilen OECD üyesi 12 ülkenin sıralamaları karşılaştırılmıştır. İlk 23 alternatif arasından ve aynı kriterlere sahip 12 alternatifin sıralamada üstünlüğünü koruyup koruyamadığı incelenmiştir. ARAS, MOORA, COPRAS yöntemlerinden elde edilen sonuçlar üstünlüğün tamamen korunduğunu göstermiştir (Tablo 64; $r=1,00$). Dolayısıyla bu üç yöntemin alternatif sayısına göre değil kriter üstünlüğüne göre sıralama yaptığı söylenebilir. Bunun nedeni olarak da bu yöntemlerde kullanılan normalizasyon teknikleri gösterilebilir. Bu ifade ve sonuçlara dayanarak da COPRAS, MOORA, ARAS yöntemlerinin alternatifleri sıralamada rahatlıkla kullanılabilceği sonucuna ulaşılabilir.

GİA, VIKOR, MOORA Referans Nokta yöntemlerinde ilk sıralamaya göre üstünlüğün kısmen bozulduğu görülmüştür. İlk sıralama ile ikinci sıralama arasındaki korelasyon katsayısı GİA ve VIKOR yönteminde 0,97, MOORA referans nokta yönteminde ise 0,89 olarak hesaplanmıştır. Bu bozulmanın nedeni olarak da bu yöntemlerin adımında yer alan fark işlemidir. Dolayısıyla bu yöntemlerin alternatiflerin sıralanmasından ziyade belirli bir referans noktasına uzaklıklarına göre sıralanması amacıyla kullanılması gerektiği söylenebilir.

Alternatif sayısına en duyarlı yöntemin TOPSIS olduğu, ikinci sıralamada sıralamanın oldukça değiştiği görülmüştür (Tablo 64; $r=0,69$). GİA, VIKOR, MOORA yöntemlerine kıyasla TOPSIS yönteminin alternatif sayısına daha duyarlı olduğu, dolayısıyla TOPSIS yönteminin alternatif sıralamasında kullanılmaması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Uygulamanın üçüncü kısmında ise aynı amaca hizmet eden TOPSIS, GİA, VIKOR ve MOORA referans nokta yöntemlerinden elde edilen sıralama sonuçları Copeland yöntemiyle bütünleştirilip ortak sıralama elde edilmiştir. Bu dört yöntemin bütünleştirilmesiyle elde edilen sıralama sonuçları, bütünleştirilen TOPSIS, GİA, VIKOR ve MOORA Referans sonuçlarıyla ve bütünleştirilmeye dahil edilmeyen COPRAS, MOORA ve ARAS yöntemlerinin sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Bütünleştirilen yöntemlerden TOPSIS, GİA ve VIKOR yöntemlerinden elde edilen sonuçlar bütünleşik sonuçlarla oldukça uyumlu olurken yine bütünleştirmeye dahil edilen MOORA Referans nokta yaklaşımı sonuçlarının nihai sonuçla daha az uyumlu olduğu görülmüştür (Tablo 77; $r=0,82$). Dolayısıyla kendi aralarında yüksek korelasyona sahip yöntemlerin sonuçları, bütünleştirilmiş sonuçlarla aynı derecede yüksek korelasyona sahiptir. Yöntemler arasında düşük uyum sağlayan bir yöntem de bütünleşik sıralama sonuçlarıyla düşük uyuma sahiptir. Bütünleştirmeye dahil edilmeyen COPRAS, MOORA ve ARAS yöntemlerinin sonuçlarının elde edilen bütünleşik sıralamayla yüksek derecede uyumlu olduğu görülmüştür. Dolayısıyla bütünleştirme işleminin belirli referans değerine göre sıralama yapan yöntemleri, belirli referans değerinden etkilenmeyerek sıralama yapan yöntemlere yaklaştırdığı söylenebilir.

Bundan sonraki çalışmalar için;

- İkili kıyaslama yapan ve karar vericinin öznel değerlendirmelerine yer veren yöntemlerin normalizasyon tekniklerine duyarlılığı araştırılabilir,
- Aynı şekilde bu yöntemlerin alternatif ve kriter sayısına duyarlılığı test edilebilir,
- Yöntemlerden elde edilen değerler farklı yöntemlerle bütünleştirilebilir.

KAYNAKÇA

- AKDEMİR Bayram, *Tahmin Uygulamalarında Performans Geliştirmek İçin Kullanılan Normalizasyon Metotlarına Yeni Bir Yaklaşım*, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Konya, 2009.
- AKSOY Esra, ÖMÜRBEK Nuri, KARAATLI Meltem, “Ahp Temelli Multimoora Ve Copras Yöntemi İle Türkiye Kömür İşletmeleri'nin Performans Değerlendirmesi”, *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Cilt 33, Sayı 4, (2015), s. (1-28).
- AKTAŞ Ramazan ve diğ., *Sayısal Karar Verme Yöntemleri*, Beta yayıncılık, 1. Baskı İstanbul, 2015.
- AKTEPE Adnan, ERSÖZ Süleyman, “Ahp-Vikor Ve Moora Yöntemlerinin Depo Yeri Seçim Probleminde Uygulanması”, *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, Cilt: 25 Sayı: 1-2, (2012), s. (2-15).
- KHALİFA Al- Yousif, “Financial Development And Economic Growth Another Look At The Evidence From Developing Countries”, *Review of Financial Economics*, c;11, (2002). S. (131-150).
- ALPAR Reha, *Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemler*, Üçüncü Baskı, Detay Yayıncılık, Ankara 2011.
- BALALİ Vahid, ZAHRAİE Banafsheh and ROOZBAHANİ Abbas, “A Comparasion Of AHP And Promethee Family Decision Making Methods For Selection Of Bulding Structural System”, *American Journal Of Çivil Engineering And Architecture*. 2(5): (2014), s. (149-159).
- BANA E Coste, C A, De Corte, JEAN Marie and VANSNİCK J C, “MACBETH Working Paper LSOR” *London School Of Economics*, 03.56 (2010), s. (12-45)
- BANA E Coste, C A, De Corte, JEAN Marie and VANSNİCK J C, “MACBETH”, *International Journal Of Information Technology & Decision Making*, 11, 2: (2012), s. (359-387).
- BAŞ Metin ve ÇAKMAK Zeki, “Gri İlişkisel Analiz Ve Lojistik Regresyon Analizi İle İşletmelerde Finansal Başarısızlığın Belirlenmesi Ve Bir Uygulama”,

Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, Cilt: 12 Sayı 3: (2010), s. (63-82).

BEKTAŞ GENÇ Tuna, “GAIA Grafik Gösteriminin Notasyonu”, *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, EYİ 2013 Özel Sayısı.

BEKTAŞ, H. ve Tuna, K., “Borsa İstanbul Gelişen İşletmeler Piyasası’nda İşlem Gören Firmaların Gri İlişkisel Analiz İle Performans Ölçümü”, *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Cilt 3, Sayı 2: (2010), s. (185-198).

BELTON, V. and Stewart, T.J., *Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach*, Dordrecht Kluwer 2002.

BEULA, M. N., Prasad, G. E., “Multiple Criteria Decision Making With Compromise Programming”, *International Journal of Engineering Science and Technology (IJEST)*, Vol. 4 No.09 September (2012).

BİTTENCOURT, M., “Financial Development And Economic Growth İn Latin America: Is Schumpeter right?”, *Journal of Policy Modeling*, 34, (2012), s. (341-355).

BLASCO, F., et al. “On The Monotonicity Of The Compromise Set İn Multicriteria Problems”, *Journal Of Optimization Theory And Applications*, 102(1): (1999), s. (69-82).

BRANS, J.P., at. Al., *Multiple Criteria Decision Analysis, State of the Art Survey*, Springer Science, New York 2005.

BRANS, J.P., Vincke, P. Ve Mareschal, B., "How To Select And How To Rank Projects: The Promethee Method", *European Journal of Operational Research*, Vol.24: (1986), s. (228-238).

BRANS, J.P., Vincke, P., "A Preference Ranking Organization Method: The PROMETHEE Method for MCDM", *Management Science*, Vol.31, No.6: (1985), s. (647-656).

- BRAUERES, W. K. M. and Zavaskas, E. K., “The MOORA Method And Its Application To Privatization In A Transition Economy. Control And Cybernetics”, Vol. 35 No. 2: (2006), s. (445-469).
- BRAUERES, W. K. M. and Zavaskas, E. K. “Project Management By Multimoora As An Instrument For Transition Economies”, *Technological And Economic Development Of Economy*, (1), (2010), s. (5-24).
- BURGAZOĞLU Hüseyin, “MACBETH”, (Bahadır Fatih YILDIRIM ve Emrah ÖNDER), *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri*, Dora Yayıncılık 2015, s. (259-278).
- CELEMEN Robert, *Making Hard Decision California*, Duxbury Press 1990.
- CHAKRABOTY, S., “Applications Of The MOORA Method For Decision Making In Manufacturing Enviroment”, *The International Journal Of Advenced Manufacturing Technology*, 54(9), (2011). s. (1155- 1166).
- CHATTERJEE, P. ve Chakraborty, S., “Investigating the Effect of Normalization Norms in Flexible Manufacturing Sytem Selection Using Multi-Criteria Decision-Making Methods”, *Journal of Engineering Science and Technology Review*, 7: (3), (2014), s. (141 – 150)
- CHU, A., Kalaba, R. and Spingarn, K., “A Comparison Of Two Methods For Determining The Weights Of Belonging To Fuzzy Sets”, *Journal Of Optimization Theory And Applications*, 27(4): (1979), s. (531-538).
<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F00933438.pdf>,
(11.05.2018)
- COLOMBAGE, S.R.N., “Financial Markets And Economic Performance: Empirical Evidence From Five Industrialized Economies”, *Research in International Business and Finance*, 23, (2009). S. (339-348).
- COSTA, C.B., Corte, J.M. Ve Vansnick J.C., “On The Mathematical Foundations Of MACBETH”, *Working Paper LSEOR The London School of Economics and Political Science*, 04.6, (2004), s. (1-38).

- CRİSTOBAL San J. R., “Multi-Criteria Decision-Making İn The Selection Of A Renewable Energy Project İn Spain: The Vikor Method”, *Renewable Energy*, 36, (2011), s. (498-502).
- DAĞ Sündüs ve YILDIRIM Fatih Bahadır, “PROMETHEE”, (Bahadır Fatih YILDIRIM ve Emrah ÖNDER), *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri*, Dora Yayıncılık 2015, s. (177-199).
- JOSE Figueira, SALVATORE Greco ve MATTHIAS Ehrgott, “Multiple Criteria Decision Analysis”, *State Of The Art Survey New York*, Springer Science, (2005), s. (409-444).
- COSTA, C.B., Oliveira, C. S. Ve Vieira V. “Prioritization Of Bridges And Tunnels İn Earthquake Risk Mitigation Using Multi Criteria Decision Analysis: Application To Lisbon”, *Omega*, 36, (2008), s. (442-450).
- ÇAĞIL Gülcan, “2008 Küresel Kriz Sürecinde Türk Bankacılık Sektörünün Finansal Performansının ELECTRE Yönetimi İle Analizi” *Marmara Üniversitesi Bankacılık ve Sigortacılık Enstitüsü*, 25(93), (2011), s. (59–86).
- ÇAKMAK, Z. Ve diğ., “Gri İlişkisel Analiz Ve Uyum Analizi İle Bir İşletmede Karşılaşılan Üretim Hatalarının İncelenmesi”, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, C.17, S.1: (2012), s. (123-142).
- ÇARIKÇI Barış, “Türkiye'nin Zeytinyağı İhracatı Hedef Pazarlarının Çok Kriterli Karar Verme Teknikleriyle Belirlenmesi”, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, , İstanbul 2015.
- ÇINAR Yetkin, “Çok Nitelikli Karar Verme Ve 'Bankaların Mali Performanslarının Değerlendirilmesi' Örneği”, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara (2004).
- DAŞDEMİR, İ. ve Güngör, E. “Çok Boyutlu Karar Verme Metotları ve Ormancılıkta Uygulama Alanları”, *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 4(4): (2002), s. (1-19).
- Decision Making Methods: A Comparative Study. 5-21.

- DEMETRIADES, P., ve Hussein, K., “Does financial development cause economic growth? Time series evidence from 16 countries”, *Journal of Development Economics*, 51, (1996), s. (387-411).
- DENG Julong, “Introduction To Grey System Theory”, *The Journal Of Grey System*, Vol.1, No. 1: (1989), s. (1–24).
- DİAKOULAKİ, D., Mavrotas, G. And Papayannakis, L., “Determining Objective Weights İn Multiple Criteria Problems: The CRITIC Method”, *Computers Ops Res.* Vol. 22. No. 7: (1995), s. (763-770).
- DİNÇER, H. ve Görener, A., “Analitik Hiyerarşi Süreci ve VIKOR Tekniği İle Dinamik Performans Analizi: Bankacılık Sektöründe Bir Uygulama”, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Yıl:10 Sayı:19 (Bahar 2011), s. (109-127).
- ELEREN, A. ve Karagül, M., “1986-2006 Türkiye Ekonomisinin Performans Değerlendirmesi”, *Celal Bayar Üniversitesi İİBF Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 15(1): (2008), s. (1-14).
- EREN Özge, *Avrupa Birliği'ne Üye Ve Aday Ülkelerin Sosyo- Ekonomik Göstergelerinin Sayısal Yöntemlerle Analizi*, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı, Doktora Tezi, , İstanbul 2012.
- EROL, I., Sencer, S. and Sari, R., “A New Fuzzy Multi-Criteria Framework For Measuring Sustainability Performance Of A Supply Chain”, *Ecological Economics*, 70(6): (2011), s. (1088-1100).
- ERTUĞRUL, İ. ve Karakaşoğlu, N., “ELECTRE ve Bulanık AHP Yöntemleri İle Bir İşletme İçin Bilgisayar Seçimi”, *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakülte Dergisi*, 25(2), (2011) s. (23–41).
- ERTUĞRUL, İ. ve Özçil, A. “Çok Kriterli Karar Vermede TOPSIS ve VIKOR Yöntemleriyle Klima Seçimi”, *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, , Cilt 4, Sayı 1: (2014), s. (267-282).
- ERTUĞRUL, İ., ve Öztaş G. “Performance Analysis Of Online Bookstores By Using MACBETH And PROMETHEE Methods”, *İnternet Uygulamaları Ve Yönetimi Dergisi*, 2016/7(2).

- FERDA Halıcioğlu, “The financial development and economic growth nexus for Turkey”, *Online at <http://mpra.ub.uni-munchen.de/3566/MPRA>*, Paper No. 3566, posted 07. November 2007/ 03:18.
- FÍGUEİRA, J., ELECTRE METHODS, Chapter 1, http://www.lamsade.dauphine.fr/dea103/ens/bouyssou/Outranking_Mousseau.pdf. Erişim: 27.02.2018.
- FİGUERİA, J., Greco, S., “Ehrgott, M., Multiple Criteria Decision Analysis”, *State Of Art Surveys*, Springer: (2005), s. (297-335).
- FİGUERİA, j., Mousseau, V., Roy, B., “Electre Methods Chapter 5”, (2005). Pp.(134-165). https://www.researchgate.net/publication/225857300_Electre_Methods. Erişim tarihi: 26.02.2018
- FLOUDAS, C.A., Pardlos, P.M., “Encnlopedia Of Optimization”, *Springer*, 2nd. Ed., USA: (2009) s. (3032).
- GELB, A.H. “Financial Policies, Growth, And Efficiency, Policy Planning, And Research Working Papers”, *World Bank*, No. 202 (1989).
- GELDERMANN, J., Lerche, N.,.. “Leitfaden Zur Anwendung Von Methoden Der Multikriteriellen Entscheidungsunterstützung”, *Georg-Agust Universitaet Göttingen, Lehrstuhl Für Produktion Und Logistik*, s. (2014) s. (1-68).
- GENÇ, T., ve Diğ., “Bireysel Emeklilik Sistemi Seçimi Problemine İlişkin Macbeth Yaklaşımı”, *İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Ekonometri Ve İstatistik Dergisi*, Sayı:22 (2015), s. (47-65).
- GENÇ Tolga., “PROMETHEE Yöntemi ve GAIA Düzlemi”, *Afyon Kocatepe Üniversitesi İİBF Dergisi*, 15, (1): (2013), s. (121-142).
- GÖK Murat, *G20 Ülkelerinin Enerji Göstergeleri Açısından Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri İle Sıralanması*, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara 2015.

- GRECO, S., Mousseau, V., Slowinski, R., “Ordinal Regression Revisited: Multiple Criteria Ranking Using A Set Of Additive Value Functions”, *European Journal Of Operational Research*, Vol.191: (2008), s. (416-436).
- GREGORIO, J.D, and Guidotti, P.E. “Financial development and economic growth”, *World Development*, 23(3), (1995). s. (433-448).
- GUÏTOUNI, A., Martel, J. M. “Tentative Guidelines To Help Choosing An Appropriate MCDA Method”, *European Journal Of Operational Research*, 109(2), (1998), s. (501-521).
- HSU, C. I., Wen, Y. H. “Application Of Grey Theory And Multiobjective Programming Towards Airline Network Design”, *European Journal Of Operational Research*, 127(1), (2000). s. (44-68).
- [https://ac.els-cdn.com/030505489400059H/1-s2.0-030505489400059H-main.pdf?_tid=e29a5433-4441-4b22-aec8-ddc249d59440&acdnat=1520944279_08a27cc4f2368fb586ca07704c14978b, \(10.01.2018\)](https://ac.els-cdn.com/030505489400059H/1-s2.0-030505489400059H-main.pdf?_tid=e29a5433-4441-4b22-aec8-ddc249d59440&acdnat=1520944279_08a27cc4f2368fb586ca07704c14978b, (10.01.2018))
- HUANG, W-C., Chen, C-H., “Using the ELECTRE II Method to Apply and Analyze the Differentiation Theory”, *The Eastern Asia Society for Transportation*, vol. 5, (2005), s. (2249-2005).
- HWANG, C.L., and K. Yoon. “Multiple attribute decision making, methods and applications”, *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*, vol.186. (1981), Now York: Springer-Verlag.
- ISHIZAKA, A., Nemery, P. “Multi Criteria Decision Analysis Methods And Software”, *Wiley*, 2013, s. (281-300).
- ISHIZAKA, A., Nemery, P., “Multi Criteria Decision Analysis Methods And Software”, *John Wiley Wnd Sons*, (2013), s. (180-211).
- J.P. Brans and B. Mareschal, “The PROMETHEE GAIA Decision Support System for Multicriteria Investigations”, *Journal of Investigation Operative*, 4 (2): s. (1994), s. (107-117).

- JACQUET-Lagrezze, E., Siskos, Y., “Assesing A Set Of Additive Utility Functions For Multicriteria Decision Making: The Uta Method”, *European Journal Of Operation Research*, vol. 10: (1982), s. (151-164).
- JAHAN, A., et al. “A Framework For Weighting Of Criteria İn Ranking Stage Of Material Selection Process”, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 58(1-4): (2012), s. (411-420).
- KAKLAUSKAS Arturas, EDMUNDAS Kazimieras Zavadskas ve V. Trınkunas; “A multiple criteria decision support on-line system for construction”, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 20 (2), (2007), pp. (163–175).
- KAKLAUSKAS Arturas, Edmundas Kazimieras ZAVADSKAS, Jurga NAIMAVICIENE, Mindaugas KRUTINIS, Vytautas PLAKYS ve Donatas VENSUS; “Model for a Complex Analysis of Intelligent Built Environment”, *Automation in Construction*, 19 (3), (2010). pp. (326–340).
- KAR, M., Nazlioglu, S., ve Agir, H., “Financial Development And Economic Growth Nexus İn The MENA Countries: Bootstrap Panel Granger Causality Analysis”, *Economic Modelling*, 28, (2011), s. (685-693).
- KARAKAŞOĞLU Nilsen, *Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri Ve Uygulama*, Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, , Denizli 2008.
- KARAKAYA Kadir, *İstanbul Boğazi’ndan Geçen Gemilerin Emniyetli Geçişinin Analitik Hiyerarşi Prosesi Kullanarak Analizi*, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, , Kocaeli 2003.
- KARANDE, P., And Chakraborty, S., “Using MACBETH Method for Supplier Selection in Manufacturing Environment”, *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 4, s. 5: (2013), s. (259-272).
- KHAN, M.A., and Qayyum, A., “Trade, Financial And Growth İn Pakistan: Economic Analysis”, *Working Papers*, 6(14), (2007), s. (1-25).
- KHAN, M.S., and Senhadji, A.S., “Financial Development And Economic Growth: A Review And New Evidence”, *Journal of African Economics*, 12(2), (2003), s. (89-110).

- KIM, K. S. and Song, O., “A MAUT Approach For Selecting a Dismantling Scenario for The Thermal Column in KRR-1”, *Annals of Nuclear Energy*, 36: (2009), s. (145-150).
- KIM, S. K., Park, H. S., Lee, K. W., Jung, C. H., “MAUT Approach for Selecting a Proper Decommissioning Scenario”, *WM’07 Conference*, (2007), February 25-March 1, Tucson.
- KING, R.G., & Levine, R., “Finance and Growth”, *Quarterly Journal of Monetary Economics*, 108(3), (1993), s. (717-737).
- KONUŞKAN Özlem, UYGUN Özer, “Çok Nitelikli Karar Verme (MAUT) Yöntemi ve Bir Uygulaması”, *ISITES (2014)*, s. (1403-1412).
- KUNDAKÇI Nilsen, “Combined Multi-Criteria Decision Making Approach Based On Macbeth And Multi-Moora Methods”, *The Journal of Operations Research, Statistics, Econometrics and Management Information Systems*, Volume 4, Issue 1, (2016), s. (17-26).
- KUZU Sultan, “VIKOR Yöntemi”, (Fatih Yıldırım, Emrah ÖNDER), *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri*, Dora Basım Yayın Dağıtım Ltd. Şti. 1. Baskı, Bursa 2014, S. (117-125).
- KUO, Y., ve diğ., “The Use Of Grey Relational Analysis In Solving Multiple Attribute Decision-Making Problems”, *Computers & Industrial Engineering*, 55, (2008), s. (80–93).
- LOOTSMA, F., “The French And The American School In Multi-Criteria Decision Analysis, Revue Française D'automatique, D'informatique Et De Recherche Opérationnelle”, *Recherche Opérationnelle*, 24(3): (1990), s. (263-285).
- MANİSALI Ekrem, *Yatırım Projelerinin Değerlendirilmesinde Çok Ölçütlü Model Yaklaşımı*, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İ.T.Ü. İstanbul 1981.
- MARESCHAL, B., Brans, J.P., “Geometrical Representations for MCDA”, *European Journal of Operational Research*, 34, (1988), s. (69-77).
- MARTIN, C., Legret, M., “La Méthode Multicritère ELECTRE III Définitions, Principe Et Exemple D’application À La Gestion Des Eaux Pluviales En Milieu

- Urbain”, *Bulletin Des Laboratoires Des Ponts Et Chaussées* - 258-259
Octobre-Novembr Décembre (2005) - RÉF. 4568 - PP. (29-46).
- MENTEŞ A., Helvacıoğlu, İ., “Çok Noktadan Bağlı Tanker-Şamandıra Bağlama Sistemi Seçiminde Bulanık Çok Ölçütlü Karar Verme”, *İtüdergisi/D Mühendislik*, Cilt:10, Sayı:1, (2011), s. (68-80).
- M-MACBETH Kullanma Kılavuzu, [Http://M-Macbeth.Com/Wp.../10/M-MACBETH-Users-Guide.Pdf](http://M-Macbeth.Com/Wp.../10/M-MACBETH-Users-Guide.Pdf) Erişim Tarihi: 18 Şubat 2018.
- NİK, H. A., ve diğ., “The Relationship Between Financial Development İndicators And Human Capital İn Iran”, *Management Science Letters*, 3 (2013), s. (1261–1272).
- ODHAİMBO, N.M., “Finance-Growth-Poverty Nexus İn South Africa: A Dynamic Causality Linkage” *Journal Of Socio-Economics*, 38 (2), (2009). S. (320-325).
- ONERA, J.D., Tacnet, J-M.i “Soft electre tri outranking method based on belief functions”, *Published Fusion 2012-15th International Conferance On Information Fusion*, Singapore. https://www.academia.edu/29991443/Soft_ELECTRE_TRI_outranking_method_based_on_belief_functions?auto=download (08/05/2018)
- OPRİCOVİC, S., Tzeng, Gwo-H., “The Compromise Solution By MDCM Methads: A Camoarative Analysis of VIKOR and TOPSIS”, *European Journal Of Operational Research*, Vol. 178: (2004), s. (445-455).
- ÖMÜRBEK, N. ve Aksoy, E., “Bir Petrol Şirketinin Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri İle Performans Değerlendirmesi”, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, , C.21, S.3, (2016), s.(723-756).
- ÖMÜRBEK, N., Karaatlı, M., Balcı, F., “Entropi Temelli MAUT ve SAW Yöntemleri İle Otomotiv Firmalarının Performans Değerlemesi”, *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Cilt:31, Sayı:1: (2016), s. (227-255).
- ÖNAY, O. ve Çetin, E.,” Turistlik Yerlerin Popülaritesinin Belirlenmesi: İstanbul Örneği”, *İ. Ü. İşletme Fakültesi İktisadi Enstitüsü Yönetim Dergisi*, yıl:23, sayı:72, (Haziran 2012), s. (90-109).

- ÖNAY Onur “MOORA”, (Bahadır Fatih YILDIRIM ve Emrah ÖNDER), *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri*, Dora Yayıncılık 2015, s. (245-255).
- ÖNDER Güler ve ÖNDER Emrah, “Analitik Hiyerarşi Süreci”, (Bahadır Fatih YILDIRIM ve Emrah ÖNDER), *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri*, Dora Yayıncılık 2015, s. (21-65).
- ÖZ Ahmet, *Yük Helikopteri Seçiminde Bulanık Çok Amaçlı Karar Verme Modeli*, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, , İstanbul 2007.
- ÖZBEK Aşır, *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri Ve Excel İle Problem Çözümü*, Seçkin Yayıncılık, Ankara 2017.
- ÖZDAĞOĞLU Aşkın, “İmalat İşletmeleri İçin Eksantrik Pres Alternatiflerinin COPRAS Yöntemi İle Karşılaştırılması”, *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Elektronik Dergisi*, 4(8): (2013a) s. (1-22).
- ÖZDEMİR, A. İ. ve Deste, M., “Gri İlişkisel Analiz İle Çok Kriterli Tedarikçi Seçimi: Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama”, *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 38(2), (2009), s. (147-156).
- ÖZDEMİR Muhlis, “TOPSIS”, (Bahadır Fatih YILDIRIM ve Emrah ÖNDER), *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri*, Dora Yayıncılık 2015, s. (133-153).
- ÖZTEL Ahmet, *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi Seçiminde Yeni Bir Yaklaşım*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara 2016.
- PANG J., ZHANG G., CHEN, G., “Electre I Decision Model Of Reliability Design Scheme Of Computer Numerical Control Machine”, *Journal Of Software*, vol. 6, no:5, (May-2011), s. (894-900).
- PENA, R. R., Rebollo, L. P., Oliveras, K. G., Mateu, A., “Use and Evulation of ELECTRE III/IV”, DEIM-RT-07-003, Juliol 2007.
- PODVEZKO, V. “The Comparative Analysis of MCDA Methods SAW and COPRAS”, *Inzinerine Ekonomika-Engineering Economics*, 22(2), (2011), s. (134-146).
- PO-LUNG, Y. *Multiple-Criteria Decision Making*. Plenum Press 1985.

- PONPENG, J., Liston, J., “A Multi Criteria Model’s Survey: State Of Art And Some Necessary Capabilities Of Future Models”, *Consruction Management End Economics*, Vol 21: (2003), s. (665-670).
- PÖYHÖNEN, M., Hamalainen, R. P., “Theory And Methodology On The Convergence Of Multiattribute Weighting Methods”, *European Journal of Operational Research*, 129: (2001), s. (569-585).
- ROSZKOWSKA, E., “Rank Ordering Criteria Weighting Methods A Comparative Overview”, *Optimum Studia Ekonomiczne*, NR : 5 (65) (2013).
- ROY, B. and Bertier, P., “La Méthode ELECTRE II(Une application au média-planning)”, (1973).
- ROY, B. And Skalka, M.J., “Electre Is: Aspects Méthodologiques Et Guide D'utilisation Lamsade”, *Unité Associée Au Cnrs Université De Paris Dauphine*, (1987), s. 825.
- ROY Bertier, “The Outranking Approach And The Foundations Of Electre Methods”, *Theory And Decision*, vol. 31, (1991), pp. (49-73).
- SAARİ, G. D. and Merlin, V. R., “The Copeland Method”, *Economic Theory*, 8, (1996), s. (51-76)
- SAATY, T.L. “Axiomatic Foundations Of The Analytic Hierarchy Process”, *Management Science*, 32(7), (1986), s. (841-855).
- SARIÇALI, G. ve Kundakçı N., “AHP Ve Copras Yöntemleri İle Otel Alternatiflerinin Değerlendirilmesi”, *İnternational Rewiew Of Economics And Management*, Volum 4, N. 1, (2016), s. (45-46).
- SHAHBAZ, M., Ahmed, N., & ALİ, L., “Stock Market Development And Economic Growth: ARDL Causality İn Pakistan”, *International Research Journal of Finance and Economics*, 14, (2008), s. (182-195).
- SHANNON, C.A., “Mathematical Theory Of Communication, Reprinted With Corrections From The Bell System”, *Technical Journal*, Vol. 27, (1948), s. (379–423, 623–656), July, October, <http://worrydream.com/oatmeal/shannon.pdf> (10.04.2018).

- SHARİATİ, S., Yazdani-Chamzini, A., Salsani, A., Tamosaitiene, J., Propasing, “A New Model For Waste Dump Site Selection: Case Study Of Ayerma Phosphate Mine”, *Inzinerine Ekonomika Engineering Economics*, 25(4), (2014). S. (410-419).
- SIĞINDI Taner, *Tutum, Öznel Norm Ve Algulanan Davranışsal Kontrol Değişkenlerinin Tüketicilerin Satın Alma Niyetlerine Olan Etkisinin Copeland'ın Ürün Sınıflandırması İçin Araştırılması*, Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara 2010.
- SİSKOS, Y., Jacquet-Lagrece, E., “Preference Disaggregation: 20 Years Of MCDA Experience”, *European Journal Of Operational Research*, vol. 130, (2001), s.(233-245).
- SLİOGERİENE, J., Turskis, Z., & Streimikiene, D., “Analysis And Choice Of Energy Generation Technologies: The Multiple Criteria Assessment On The Case Study Of Lithuania”, *Energy Procedia*, 32, (2013), s. (11-20).
- SLİOGERİENE, J., Turskis, Z., & Streimikiene, D., “Analysis And Choice Of Energy Generation Technologies: The Multiple Criteria Assessment On The Case Study Of Lithuania”, *Energy Procedia*, 32, 11-20, (2013), s. (125-172).
- SUBAŞI Habibe, *Çok Kriterli Karar Vermede Kullanılan TOPSIS Ve AHP Yöntemlerinin Karşılaştırılması Ve Bir Uygulama*, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul 2011.
- SUPÇİLLER, A., Çarpraz, E., “AHP-TOPSIS Yöntemine Dayalı Tedarikçi Seçimi Uygulaması”, *Ekonometri ve İstatistik*, Sayı:13 (12. Uluslararası Ekonometri, Yöneylem Araştırması, İstatistik Sempozyumu Özel Sayısı) (2011), s. (1–22).
- ŞAHİN Serap, (2015), “Çok Kriterli Karar Verme”, (Bahadır Fatih YILDIRIM ve Emrah ÖNDER), *ELECTRE*, Dora Yayıncılık, Bursa 2015. S. (155-175).
- ŞİMŞEK, A., Çatır, O., Ömürbek, N., “Topsis Ve Moora Yöntemleri İle Tedarikçi Seçimi: Turizm Sektöründe Bir Uygulama” *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Cilt: 18 - Sayı: 33, Haziran 2015.

- TAYYAR Nezh. Ve Ark. “BİST’e Kayıtlı Bilişim ve Teknoloji Alanında Faaliyet Gösteren İşletmelerin Finansal Performanslarının Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve Gri İlişkisel Analiz (GİA) Yöntemiyle Değerlendirilmesi”, *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, 61-Ocak, (2014).
- TEKEŞ Mehmet, *Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri ve Türk Silahlı Kuvvetleri’nde Kullanılan Tabancaların Bulanık Uygunluk Endeksli Analitik Hiyerarşi Prosesi ile Karşılaştırılması*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul 2002.
- TEKİN Mahmut, *Sayısal Yöntemler*, Nobel Kitap, Ankara 2008.
- TENG, J.Y., And G.H. TZENG., “Multicriteria Evaluation For Strategies Of Improving And Controlling Air Quality In The Super City: A Case Study Of Taipie City”, *Journal of Environmental Management*, 40 (3): (1994). S. (213–29).
- TERVONEN, T., et al. “A Stochastic Method For Robustness Analysis In Sorting Problems”, *European Journal of Operational Research*, 192(1): (2009), s. (236-242).
- TSAUR, S.H., and G.H. TZENG., “Multiattribute Decision Making Analysis For Customer Preference Of Tourist Hotels” *Journal of Travel and Tourism Marketing*, 4 (4): (1996), s. (55–69).
- TURAN Gökhan, (2015), “Çok Kriterli Karar Verme”, , (Bahadır Fatih YILDIRIM ve Emrah ÖNDER), *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri*, Dora Yayıncılık, Bursa 2015. S. (15-21).
- TURSKİS, Z., and Zavadskas, E. K., “A new additive ratio assessment (ARAS) method in multicriteria decision-making”, *Technological and Economic Development of Economy*, (2), (2010). S. (159-172).
- TZENG, G.H. and Huang, J.J., *Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications*, United States Of America: CRC Press Taylor & Francis Group, LLC, 2011, s. (69-71).
- U.S.A. Army Logistics Management College, “Multiple Criteria Decision Making” ALM-64-3497-h2. 1990.

- UÇKUN, N., ve Girginer, N., “Türkiye’deki Kamu Ve Özel Bankaların Performanslarının Gri İlişkisel Analizi İle İncelenmesi”, *Akdeniz Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 11(21), (2011), s. (47-66).
- WANG, J.-J., et al. “Review on multi-criteria decision analysis aid in sustainable energy decision-making”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(9): (2009), s.(2263-2278).
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032109001166>)
Erişim; 13.03.2018
- WEI Jianli, “TOPSIS Method for Multiple Attribute Decision Making with Incomplete Weight Information in Linguistic Setting”, *Journal of Convergence Information Technology*, 5(10), (2010), s. (181-187).
- WU, J., Sun, J., Liang, L. and Zha, Y., “Determination Of Weights For Ultimate Cross Efficiency Using Shannon ENTROPY”, *Expert Systems With Applications*, 38 (5), (2011). S. (5162-5165).
(<http://isiarticles.com/bundles/Article/pre/pdf/4367.pdf>)
- VAF AEI, N., Riberio, R., Matos, L., “Normalization Techniques for Multi-Criteria Decision Making: Analytical Hierarchy Process Case Study”, *Conference Paper*, (2016), April.
- YARALIOĞLU Kaan. *Karar Verme Yöntemleri*, Detay Yayınları, Ankara 2010.
- YILDIRIM Fatih Bahadır, “Gri İlişkisel Analiz”, (Fatih Bahadır YILDIRIM ve Emrah ÖNDER), *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri*, Dora Yayıncılık 2014, s. (227-242).
- YILDIZ Necati ve BİRCAN Hüdaverdi, *Uygulamalı İstatistik*, Sage yayıncılık, Ankara 2012, (4. Baskı).
- YOON, K.P. and HWANG, C. “Multiple Attribute Decision Making: An Introduction”, *Sage University Paper Series on Quantitative Applications in The Social Science*,. Thousand Oaks.CA:Sage. (1995). S. (07-104)
- YU Po.-Long, “A Class Of Solutions For Group Decision Problems”, *Management Science*, 19(8), (1973), s. (936-946).

- YU Po-Lung, *Multiple-Criteria Decision Making Concepts, Techniques And Extensions*, Springer 1985.
- YÜREKLİ, H. *Taarruz Helikopterleri Seçiminde ELECTRE Yönteminin Kullanılması*, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı Sayısal Yöntemler Bilim Dalı, Doktora Tezi, İstanbul 2008.
- ZAMAN, K., Izhar, Z., Mushtag Khan, M. and Ahmad, M., “The Relationship Between Financial Indicators And Human Development In Pakistan”, *Economic Modeling*, 29, (2012). s. (1515-1523).
- ZARDARI, N.H., et al., “Weighting Methods and Their Effects on Multi-Criteria Decision Making Model Outcomes in Water Resources Management”, (2014: Springer).
- ZAVADKAS, E. K., Turskis, Z., Vilutiene, T., “Multiple Criteria Analysis Of Foundation Instalment Alternatives By Applying Additive Ratio Assessment (ARAS) Method. *Archives Of Civil And Mechanical Engineering*, No:3i (2010).
- ZAVADSKAS, E. K., Turskis, Z., “A New Logarithmic Normalization Method in Games Theory”, *INFORMATICA*, Vol. 19, No. 2, (2008), s. (303–314).
- ZAVADSKAS, E. K., Turskis, Z., and Vilutiene, T. “Multiple Criteria Analysis Of Foundation Instalment Alternatives By Applying Additive Ratio Assessment (ARAS) Method”, *Archives Of Civil And Mechanical Engineering*, 10(3), (2010), s. (123-141).
- ZAVADSKAS, E.K., Kaklauskas A., Turskis Z., Tamosaitiene, J. “Contractor Selection Multi-Attribute Model Applynig COPRAS Method With Grey Interval Numbers”, *International Conference 20th EURO Mini Conference Continuous Optimization and Knowledge-Based Technologies*, 20-23 May 2008, Neringa, Lithuania, s. (241-247).
- ZELENY, M. *Compromise Programming, Multiple Criteria Decision Making*, (1973), 286.

ZIETSMAN, J., Rilett, L.R. and Kim, S.J. “*Transportation Corridor Decisionmaking With Multi-Attribute Utility Theory*”, *International Journal Of Management And Decision Making*, 7(2-3): (2006), s. (254-266).

ZOPOUNIDIS, C. and Pardalos, P., *Handbook Of Multicriteria Analysis*, Springer Science and Business Media 2010.



Ek-1. İkili Karşılaştırma Sonucu Elde Edilen Copeland Puanı Sonuçları

(Tablo 80)

		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23
A1	TOPSIS		1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0
	GİA		1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0
	VIKOR		1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0
	MOORA referans		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A2	TOPSIS	0		0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	GİA	0		0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	VIKOR	0		0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	MOORA referans	1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A3	TOPSIS	1	0		0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0
	GİA	1	0		0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0
	VIKOR	1	0		0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0
	MOORA referans	1	0		0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0
A4	TOPSIS	1	1	1		1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1
	GİA	1	1	1		1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1
	VIKOR	1	1	1		1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1
	MOORA referans	1	1	1		1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
A5	TOPSIS	1	1	0	0		0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0
	GİA	0	1	0	0		0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0
	VIKOR	1	1	0	0		0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0
	MOORA referans	1	1	0	0		0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0

Tablo 80. (Devam) İkili Karşılaştırma Sonucu Elde Edilen Copeland Puanı Sonuçları

A6	TOPSIS	1	1	0	1	1		1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1
	GİA	1	1	0	1	1		1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1
	VIKOR	1	1	0	1	1		1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1
	MOORA referans	1	1	0	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
A7	TOPSIS	1	1	0	0	0	0		0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	
	GİA	0	1	0	0	1	0		0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	
	VIKOR	1	1	0	0	0	0		0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	
	MOORA referans	1	1	0	0	0	0		1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	
A8	TOPSIS	1	1	0	0	1	0	1		1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0
	GİA	1	1	0	0	1	0	1		1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0
	VIKOR	1	1	0	0	1	0	1		1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0
	MOORA referans	1	1	0	0	0	0	0		0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0
A9	TOPSIS	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	GİA	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VIKOR	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	MOORA referans	1	1	0	0	0	0	0	1		1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
A10	TOPSIS	1	1	0	0	1	0	1	0	1		0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0
	GİA	1	1	0	0	1	0	1	0	1		0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0
	VIKOR	1	1	0	0	0	0	1	0	1		0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0
	MOORA referans	1	1	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
A11	TOPSIS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	GİA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	VIKOR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	MOORA referans	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tablo 80. (Devam) İkili Karşılaştırma Sonucu Elde Edilen Copeland Puanı Sonuçları

A12	TOPSIS	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0		0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0
	GİA	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0		0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0
	VIKOR	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0		0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0
	MOORA referans	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0		1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0
A13	TOPSIS	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1		0	1	1	0	1	0	1	0	1	1
	GİA	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1		0	1	1	0	1	0	1	0	1	0
	VIKOR	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1		0	1	1	0	1	0	1	0	1	0
	MOORA referans	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0		0	1	1	0	1	0	1	0	1	1
A14	TOPSIS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1		1	1	0	1	1	1	0	1	1
	GİA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1		1	1	0	1	1	1	0	1	1
	VIKOR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1		1	1	0	1	1	1	0	1	1
	MOORA referans	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1		1	1	0	1	1	1	0	1	1
A15	TOPSIS	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0		1	0	1	0	1	0	1	0
	GİA	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0		1	0	1	0	1	0	1	0
	VIKOR	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0		1	0	1	0	1	0	1	0
	MOORA referans	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0		1	0	1	0	0	0	0	0
A16	TOPSIS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0
	GİA	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0
	VIKOR	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0
	MOORA referans	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0
A17	TOPSIS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1		1	1	1	0	1	1
	GİA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1		1	1	1	0	1	1
	VIKOR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1		1	1	1	0	1	1
	MOORA referans	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1

Tablo 80. (Devam) İkili Karşılaştırma Sonucu Elde Edilen Copeland Puanı Sonuçları

A18	TOPSIS	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0		0	0	0	0	0
	GİA	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0		0	0	0	0	0
	VIKOR	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0		0	0	0	0	0
	MOORA referans	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0		0	0	0	0	0
A19	TOPSIS	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1		1	0	1	1
	GİA	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1		1	0	1	1
	VIKOR	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1		1	0	1	1
	MOORA referans	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1		0	0	1	1
A20	TOPSIS	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0		0	1	0
	GİA	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0		0	1	0
	VIKOR	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0		0	0	0
	MOORA referans	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1		0	1	1
A21	TOPSIS	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1
	GİA	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1
	VIKOR	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1
	MOORA referans	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1		1	1	1
A22	TOPSIS	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0		0
	GİA	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0		0
	VIKOR	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0		0
	MOORA referans	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0		1
A23	TOPSIS	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	
	GİA	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	
	VIKOR	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	
	MOORA referans	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	



ÖZ GEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : **Rahim ARSLAN**
Uyruğu : **TC**
Doğum Tarihi ve Yeri : **13.10.1985 KONYA/Karapınar**
e-posta : **rahimarslan@cumhuriyet.edu.tr**

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Yılı
Lisans	Cumhuriyet Üniversitesi	2009
Yüksek Lisans	Cumhuriyet Üniversitesi	2014

İŞ TECRÜBESİ

Tarih	Kurum	Görev
2011-2014	Şarkışla-Mehmet Emin Tuna Ortaokulu	Öğretmen
Devam Ediyor	Cumhuriyet Üniversitesi İİBF İşletme Bölümü	Araştırma Görevlisi

YABANCI DİL BİLGİSİ

Yabancı Dilin Adı : **YDS (EŞD:70) EILTS (5)**