T.C. ANKARA ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

İŞLETME ANABİLİM DALI

G20 ÜLKELERİNİN ENERJİ GÖSTERGELERİ AÇISINDAN ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME TEKNİKLERİ İLE SIRALANMASI

Yüksek Lisans Tezi

Murat GÖK

Ankara-2015

T.C. ANKARA ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

İŞLETME ANABİLİM DALI

G20 ÜLKELERİNİN ENERJİ GÖSTERGELERİ AÇISINDAN ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME TEKNİKLERİ İLE SIRALANMASI

Yüksek Lisans Tezi

Murat GÖK

Tez Danışmanı

Doç.Dr.Yetkin ÇINAR

Ankara-2015

T.C. ANKARA ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

İŞLETME ANABİLİM DALI

G20 ÜLKELERİNİN ENERJİ GÖSTERGELERİ AÇISINDAN ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME TEKNİKLERİ İLE SIRALANMASI

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Yetkin ÇINAR

Tez Jüri Üyeleri

Adı ve Soyadı	İmzası
.....	.....
.....	.....
.....	.....

Tez Sınavı Tarihi: 24.04.2015

TÜRKİYE CUMHURİYETİ

ANKARA ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Bu belge ile, bu tezdeki bütün bilgilerin akademik kurallara ve etik davranış ilkelerine uygun olarak toplanıp sunulduğunu beyan ederim. Bu kural ve ilkelerin gereği olarak, çalışmada bana ait olmayan tüm veri, düşünce ve sonuçları andığımı ve kaynağını gösterdiğimi ayrıca beyan ederim. (...../...../201...)

Tezi Hazırlayan Öğrencinin

Adı ve Soyadı

.....

İmzası

.....

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR ..... **viii**

ŞEKİLLER VE TABLOLAR DİZİNİ ..... **ix**

GİRİŞ **10**

1. BÖLÜM: KARAR VERME, ÇKKV YAPISI ve ÖZELLİKLERİ **12**

1.1. KARAR VERME **12**

1.1.1. Giriş ve Genel Tanımlama 12

1.1.2. Karar Verme Süreci 13

1.1.3. Karar Verme Adımları 15

1.1.4. Analiz Gerektiren Kararın Özellikleri 18

1.2. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME **21**

1.2.1. Giriş ve Temel Tanımlama 21

1.2.2. ÇKKV Problemlerine Yaklaşım 22

1.2.3. ÇKKV Yapısı 24

1.2.4. ÇKKV Problemlerinin Çözüm Aşamaları 25

1.2.5. ÇKKV Problemlerinin Temel Özellikleri 29

1.2.6. ÇKKV Yöntemlerinin Sınıflandırılması 30

1.2.6.1. Tercih Bilgisinin Sağlanamadığı Yöntemler 31

1.2.6.2. Niteliklere Dair Bilgiyi Kullanan Yöntemler 32

1.2.6.3. Alternatiflere Dair Bilgiyi Kullanan Yöntemler 36

1.2.7. Tasarım (ÇAKV) Problemi ve Seçim (ÇNKV) Problemi Ayrımı 37

2. BÖLÜM: UZLAŞMACI VE UZAKLIK TABANLI ÇKKV YÖNTEMLERİ, AĞIRLIK BİLGİSİ ve LİTERATÜR **39**

2.1. UZLAŞMACI ve UZAKLIK TABANLI ÇKKV YÖNTEMLERİ **39**

2.1.1. Giriş, Yöntem Tanımlamaları ve Literatür Örnekleri 39

2.1.2. TOPSIS Yaklaşımı 42

2.1.2.1. Karar (Başlangıç) Matrisinin Oluşturulması Aşaması 45

2.1.2.2. Karar Matrisinin Normalize Edilmesi Aşaması 46

2.1.2.3. Normalize Matrisin Ağırlıklandırılması Aşaması 46

2.1.2.4. Pozitif Ve Negatif İdeal Çözümlerin Belirlenmesi Aşaması 47

2.1.2.5. Ayrım Ölçütlerinin Hesaplanması Aşaması 47

2.1.2.6. İdeal Çözüme Bağlı Yakınlığın Hesaplanması Aşaması 48

2.1.2.7. Alternatiflerin Sıralanması Aşaması 48

2.1.3. Gri İlişkisel Analiz 48

2.1.3.1. Karar Matrisinin Oluşturulması 49
2.1.3.2. Karar Matrisinin Normalize Edilmesi 50
2.1.3.3. Referans Serisinin Belirlenmesi 50
2.1.3.4. Mutlak Değer Tablosunun Oluşturulması 50
2.1.3.5. Gri İlişkisel Katsayının Hesaplanması 51
2.1.3.6. Gri İlişkisel Derecenin Hesaplanması 51
2.2. NESNEL AĞIRLIK BELİRLEME YÖNTEMLERİ 51
2.2.1. Entropi Yaklaşımı 53
2.2.2. CRITIC Yaklaşımı 56
2.2.3. ROC (Rank Order Centroid) Ağırlıkları 58
3. BÖLÜM: TÜRKİYE'NİN ENERJİ GÖSTERGELERİ AÇISINDAN G-20 ÜLKELERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI 59
3.1. ENERJİ GÖSTERGELERİ ve İLGİLİ LİTERATÜR 60
3.1.1. Genel Açıklamalar 60
3.1.2. Enerji ve Büyüme İlişkisi 61
3.1.3. Dünyada ve Türkiye'de Enerji 63
3.2. ÜLKELERİN ENERJİ GÖSTERGELERİ AÇISINDAN DERECELENDİRİLMESİ 64
3.2.1. Probleme Yönelik Belirlenen Alternatifler 65
3.2.2. Probleme Yönelik Belirlenen Kriterler 65
3.2.3. Ağırlık Bilgisinin Belirlenmesi 68
3.2.3.1. Entropi Yöntemiyle Ağırlık Bilgisinin Hesaplanması 68
3.2.3.2. CRITIC Yöntemiyle Ağırlık Bilgisinin Hesaplanması 71
3.2.3.3. ROC Yöntemiyle Ağırlık Bilgisinin Hesaplanması 73
3.2.4. TOPSIS ve Gri Yöntemleri İle Gerçekleştirilen Analiz 75
3.2.4.1. TOPSIS Yöntemi İle Ülkelerin Derecelendirilmesi 75
3.2.4.2. Gri İlişkisel Analiz İle Ülkelerin Derecelendirilmesi 78
3.2.4.3. Oluşan Sıralamaların Borda Sayım Yöntemi İle Birleştirilmesi 81
3.2.5. TOPSIS ve Gri Yöntemlerine Yönelik Deneysel Uygulamalar 85
3.2.5.1. TOPSIS Yöntemine Dair Korelasyon Analizi 86
3.2.5.2. Gri Yönteme Dair Korelasyon Analizi 87
3.2.5.3. TOPSIS Yöntemine Dair Yürütülen Simülasyon 88
3.2.5.4. Gri Analiz Yöntemine Dair Yürütülen Simülasyon 90

3.2.6. Uygulamanın Değerlendirilmesi ve Yorumlamalar 91
3.2.6.1. TOPSIS Analizine Yönelik Yorumlamalar 91
3.2.6.2. Gri İlişkisel Analize Yönelik Yorumlamalar 92
3.2.6.3. Borda Sayım ve Farklı Yaklaşımlara Dair Yorumlamalar..... 94
3.2.6.4. Analiz Sonuçlarına Dair Nihai Tespit ve Öneriler..... 96
GENEL DEĞERLENDİRME ve SONUÇ..... 98
ÖZET 100
ABSTRACT..... 101
KAYNAKÇA..... 102
EKLER 110

KISALTMALAR

AHP	Analitik Hiyerarşi Prosesi
CRITIC	Criteria Importance Through Intercriteria Correlation
ÇAKV	Çok Amaçlı Karar Verme
ÇKKV	Çok Kriterli Karar Verme
ÇNKV	Çok Nitelikli Karar Verme
DM	Decision Making
ELECTRE	Elimination And Choice Translating Reality
GİA	Gri İlişkisel Analiz
KV	Karar Verici
Max	Maksimum
Min	Minimum
ROC	Rank Order Centroid
SAW	Basit Toplamsal Ağırlık
TOPSIS	Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
vb.	Ve benzeri
W	Ağırlıklar

ŞEKİLLER VE TABLOLAR DİZİNİ

Şekiller **Sayfa**

Şekil 1.1. Örnek Bir ÇKKV Problemi Çerçevesi 24

Şekil 1.2. ÇKKV Yöntemleri Sınıflandırması 31

Şekil 2.1. TOPSIS Mantığı 45

Şekil 3.1. TOPSIS ve Gri Analiz Nihai Derecelendirme 82

Şekil 3.2. TOPSIS Yönteminde Farklı Yaklaşım Sıralamaları 83

Şekil 3.3. Gri Analiz İle Farklı Yaklaşım Sıralamaları 85

Tablolar

Tablo 1.1. Veri Tipi Ve Uzaklık Yöntemleri 37

Tablo 1.2. ÇNKV ve ÇAKV Farkları 38

Tablo 3.1. Ülkemizde Yürütülen Örnek Çalışmalar 62

Tablo 3.2. Kriterler Arasındaki Korelasyon Tablosu 66

Tablo 3.3. Kullanılan Değişkenler ve Birimleri 67

Tablo 3.4. Entropi Yöntemiyle Hesaplanan Göreli Ağırlıklar 70

Tablo 3.5. CRITIC Yöntemiyle Hesaplanan Göreli Ağırlıklar 72

Tablo 3.6. Gri-İlikisel Analiz Referans Serisi 79

Tablo 3.7. Borda Sayım İle Nihai Derecelendirme 81

Tablo 3.8. TOPSIS Yöntemi İle Farklı Yaklaşımlar 83

Tablo 3.9. Gri Analiz İle Farklı Yaklaşımlar 84

Tablo 3.10. TOPSIS Yönteminde Ağırlıklar Arası Korelasyon 86

Tablo 3.11. GİA Yönteminde Ağırlıklar Arası Korelasyon 87

Tablo 3.12. TOPSIS İle Simülasyon Ortalama Sıra ve Sapmaları 88

Tablo 3.13. TOPSIS Sonucunda Oluşan Sapma ve Sıralamalar 89

Tablo 3.14. GİA İle Simülasyon Ortalama Sıra ve Sapmaları 90

GİRİŞ

Günümüz globalleşen dünyasında, karar verme kavramı kişilerin veya işletmelerin hayati mekanizmalarından biri olarak karşımıza çıkmaktadır. İyiyi kötü ile, gerçeği sahte ile, başarılıyı zayıf ile kıyaslayan bu kavram, özünde insan olmanın gereği veya ilişkilerin bir sonucu olarak hayat bulmaktadır. Geleneksel anlamda, sezgisel değerlendirmeler ve tecrübe içeren bu süreç basit kararlar yardımıyla sonuca ulaşmaktan ibarettir. Fakat günümüz koşullarında, bu basitlik daha karmaşık yapıya bürünmektedir.

Oluşan bu karmaşık modelin çözüm aşamasında, karar vericilerin öznel yargılarını da değerlendirmeye katarak bilimsel analiz ve analitik süreçler öne sürülmüştür. Bu güncel karar desteklerini uygulayan işletmeler, zorlu piyasa koşullarında rakiplerine üstünlük sağlamada işletme performansı açısından da, sürekliliği oluşturmaktadır.

Karar verme kavramını doğru bir şekilde anlamak adına, ilk olarak bir karar probleminin tanımlanması gerekmektedir. Güncel yaşamda bizleri, seçeneklerle karşı karşıya bırakan bu süreç insan olmanın bir gereğidir. Kendisi veya başkası için en doğruyu arzulayan insan, bu yaşamsal süreci de en ideal şekilde devam ettirmek isteyecektir. Basit tanımıyla karar; hareket veya fikir bekleyen bir durum karşısında verilen tepki ve fiiller bütünüdür. Karar verme ise; birden çok seçeneğe sahip, karar vericinin bilgi ve birikimleri ışığında kararı etkileyecek belli faktörleri de göz önüne alarak alternatifler arasından en doğru olanını seçme olgusudur.

Karar, niteliği gereği bir sonucu ifade etmektedir. Var olan problem, karar verildikten sonra çözüme ulaşmış sayılır. Fakat, süreç bu kadar da basit değildir. Karar probleminin doğru şekilde tanımlanması ve karara konu olan alternatiflerin etkin bir şekilde belirlenmesi önemli adımlardır. Analiz gerektiren her karar, ÇKKV çerçevesi içine girmektedir.

Çok kriterli karar verme yöntemleri, 1960'lı yıllarda karmaşık karar süreçlerine yardımcı birtakım araçlar geliştirerek ortaya çıkmışlardır. Karmaşık karar problemlerinin çözüm mekanizmasını kontrol altında tutmak ve karar verme sürecini olabildiğince hızlı tamamlamak, çok kriterli karar verme yöntemlerinin birincil

amaçları arasında yer almaktadır. Kriterlerin ve seçeneklerin bulunduğu, en uygun/ en iyi karara ulaşmanın tek amaç olduğu karar yapısı, birbiriyle çatışan birçok kriter ışığında seçenekler arasından en iyiye ulaşmayı amaçlamaktadır.

Bu çalışma kapsamında, çok kriterleri karar verme alanında ortaya konulan yöntem ve süreçler incelenmiştir. İşletmelerde ÇKKV yöntemlerinin uygulanabilir ve elverişli olduğu vurgulanmaktadır. Bu konuya yönelik yürütülen uygulama aşamasında da, birbirine rakip olabilecek ülkelerin belli krtierler altında derecelendirilmesi ele alınacaktır.

Yapılan çalışma 3 ana bölümden oluşmaktadır.

Birinci bölümde; karar verme kavramına ilişkin bilgiler verilerek çok kriterli karar verme olgusu kavramsal boyutta ele alınacaktır. Çok boyutlu problemlerin özelliklerine yer verilerek bu tür problemlerin izlediği çözüm süreçleri anlatılacaktır. Bölümün son kısmında, literatürde iki temel ayrım oluşturan çok amaçlı karar verme ve çok nitelikli karar verme kavramlarına değinilecektir. Çalışmada öncede belirlenmiş alternatif ve kriterler analiz edileceğinden, ÇNKV ile derecelendirmeye gidilecektir.

İkinci bölümde literatürde ÇKKV yöntemleri arasındaki telafi edici ve telafiye izin vermeyen yöntemler ayrımından bahsedilecektir. Bu kapsamda, çelişen nitelikler arasında ikameye izin veren ve nitekikler yardımıyla uzlaşık çözüme ulaşan telafi edici modeller açıklanacaktır. Bunun yanında, yöntemlerin ihtiyaç duyduğu ağırlık bilgisini sağlayan nesnel ve öznel yaklaşımlardan bahsedilecektir.

Çalışmanın üçüncü ve son bölümünde; önceki bölümlerde açıklanan modellere yönelik bir uygulama sunulacaktır. Literatürdeki örnek çalışmalardan hareketle işletme alanındaki uygulamalara değinilecektir. Uygulama kısmında, ülkemizin G20 ülkeleri ile enerji göstergeleri açısından karşılaştırılması yapılacaktır. Temel enerji göstergeleri probleme dair çoklu nitelikler olarak ele alınıp, problem çok nitelikli analize uygun sekilde modellenecektir. Son olarak, oluşan derecelendirmeler ve nihai sonuçlar analiz ve grafikler yardımıyla yorumlanacaktır.

1. BÖLÜM: KARAR VERME, ÇKKV YAPISI ve ÖZELLİKLERİ

1.1. KARAR VERME

1.1.1. Giriş ve Genel Tanımlama

İşletmeler yaşamsal faaliyetlerini idame ettirirken, sürekli karar verme kavramı ile karşı karşıya kalmaktadırlar. Kuruldukları ilk günden itibaren, karar süreçlerinden hareketle, fikirlerin eyleme dönüştüğü ortamlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Kurulmalarından önce bile bir karar mekanizması içinde yer alan işletmeler, yaşamsal faaliyetleri boyunca bu mekanizmalar ile iç içe olmak durumundadır.

Karar sözlükte kullanıldığı anlamıyla; verildiği andan itibaren şüphe ve tereddütlerin son bulduğu, belirsiz durumların kesinlik kazandığı, seçenekler arasından en iyi olanın belirlenmiş olmasını temsil eden simgesel nihai üründür. Karar verme ise, bu durumu bir süreç olarak ele alma temeline dayanmaktadır.

Karar verme; hareketsizlik veya kararsızlık halinden hareket veya eylem haline geçişi ifade etmektedir. Karar; alınmadan önce var olan hareketsizlik, eylemsizlik ve dalgalanma durumunun yok edilmesini amaçlayan sistemler ve yargılar bütünüdür (Sarıkaya, 2013: 4).

Bir problemin, karar problemi olarak ele alınması için birkaç şartın sağlanması gerekmektedir (Şen, 2014: 3).

- Birden çok davranış ve çözüm yolunun var olması
- Farklı davranış ve çözüm yollarının, farklı sonuçlar içermesi
- Gerçekleşmesi arzulanan amaçların var olması

Alternatiflerin ve seçim kriterlerinin çoğalması karar vericileri çıkmaza sokmaktadır. Bir kararın zor olması yalnızca seçeneklerin fazlalığından değil, o seçeneklerin çelişen/çatışan kriterler barındırmasından kaynaklanmaktadır. Birden çok faktörün probleme dahil oması, birden çok alternatif çözümü beraberinde getirir. Karar verici bu seçenekler arasından en iyi olanını seçmek zorundadır (Yıldız, 2013: 2) .

Karar verme, seçenekler arasından en çok faydayı sağlayacak olanı seçme eylemimizden ibarettir. Bu süreç, işletmenin faaliyetlerini sürdürürken karşılaştığı problemler ile başlar. Problem, işletmeyi amacına ulaşmaktan alıkoyan engellerdir. Bu bakımdan problemin çözümü karar verme ile mümkün olacaktır. Karar verme süreci ile işletmenin önündeki engel aşılmış olup, daha olumlu şartlar sağlanacaktır. Süreç, işletmenin devamlılığını sağlayan en önemli anahtar konumundadır (Subaşı, 2011: 7).

Karar verme; içerisinde amaçlar, nitelikler, alternatifler, alt kriterler barındıran bir yapıdır. Bu elemanlar arasında araçsallık ilişkisi kurarak bedensel, psikolojik ve düşünsel çıkarımlar elde etme olgusudur (a.g.e.,: 8). Karar probleminde değerlendirmeye alınan alternatifler arasından seçilen nihai tercih, karar vericinin o koşullar altında sahip olduğu bilgi, beceri ve tecrübelerine dayanıp, işletme açısından en doğru karar olarak göze çarpmaktadır. Her anlamıyla birçok seçenekten sadece biri, tüm kriterlere göre en iyisi değildir. Sahip olunan niteliklere göre bir alternatif diğerine göre üstün sayılabilir. Burada önemli olan tüm nitelikleri en iyi derecede karşılayan optimum alternatifi belirlemektir.

Karar verme, bir başlangıç noktası olan ve buradan hareketle çeşitli iş, hareket ve olguların geliştirilmesi yoluyla bir tercih veya seçime ulaşma yöntemidir. Bu bakımdan karar, anlık bir yargı olmasından ziyade; bilgi ve analiz gerektiren bir süreçtir (Koçak, 2014: 3-6).

İşletmeleri harekete geçiren ve faaliyetlerine yön veren kavram olarak karşımıza çıkan karar verme, yöneticileri birbirlerinden ayıran en önemli etken olarak karşımıza çıkmaktadır. Karar verme, bir süreçtir. Yönetici, karar verdikten sonra bile bu kararı uygulamanın derdinde olmalı ve bunu yapabilecek güce sahip olmalıdır. Karar verme süreci ile bir sonuca varan karar verici, bu çıkarımlarını işletme mekanizmalarına uygulayarak kararının etkinliğini de ölçmüş olacaktır (Sarıkaya, 2013: 6).

1.1.2. Karar Verme Süreci

Karar verme süreci; belli bir başlangıç noktası olan, aşamaların birbirini izlediği ve sonucunda bir yargıya varılan süreçler bütünüdür. Karar verme, elastik yapıya sahip bir kavramdır (Subaşı, 2011: 8). Herhangi bir durum için verilen karar,

kişiden kişiye değişkenlik gösterebilir. Bu durum; yaşamları, tecrübeleri, bilgi birikimleri, hatta kültürleri veya düşünsel yaklaşımları farklı olan insanlar için oldukça doğal bir sonuçtur. Bir karar mekanizmasının yönü değişse de, o karar mekanizmasının işleyişi ve kararı nihai karar noktasına getiren süreç değişmez.

Karar verme sürecinin esnek yapıya sahip olması gerekmektedir. Karar verici, değişen koşullara ayak uydurarak seçeneklerini düzenlemeli ve her olası gelişmeyi karar probleminin bir girdisi olarak değerlendirmelidir. Bu süreçte, daima bir belirsizlik vardır. Karar verme bu belirsizliği ortadan kaldırma çabasıdır. Herhangi bir kararın, kişileri veya işletmeleri nasıl etkileyeceği en başından bilinseydi bu süreçler gereksizleşirdi. Dolayısıyla karar verici, değişik alternatifleri ve gelişmeleri her an takip etmeli, bu koşulların alternatiflere nasıl yansıdığını analiz etmelidir.

Karar verme süreci, işletme yönetiminde önemli yere sahiptir. Bu kapsamda asıl zor olan, bir karara varma değil, o kararın uygulanması aşamasıdır. Uygulanamayan her karar; basit bir niyetten, düşünceden ve öngörüden ibarettir. Karar, geleceğe dönük bir kavramdır. Geleceğin bilinmiyor olması ile belirsizlik artmaktadır. Karar modeline dahil edilen veya edilmeyen faktörlerdeki olası değişiklikler, kararı geleceğe yönelik geçersiz kılabilir. Ek olarak, bu süreçte ulaşılmak istenen hedeflerin birden çok olması ve birbirleri ile çelişmesi karar vermeyi zorlaştırmaktadır (Atıcı, 2009: 162).

Karar verme mekanizmasını etkin bir şekilde yürütmek isteyen işletme yöneticileri, etkili kararlar vermek adına bilgi ve birikimlerinden faydalanırlar. Yerinde verilmiş her doğru kararın işletmeyi bir adım ileriye taşıdığı göz önüne alındığında bu yaşamsal mekanizmanın sağlıklı bir şekilde işletilmesi önem arz etmektedir. Böyle bir karar sisteminin taşıması gereken temel özellikler şu şekilde genellenebilir (Özmen, 2005: 183).

- Etkili her karar, rasyonel ve mantıksal olmalıdır. Analitik düşünce süzgecinden geçirilmeli ve sağlam temeller üzerine kurulmalıdır.
- Etkili bir karar; açık, anlaşılır, basit bir özellikte olmalıdır. İşletmenin içindeki her birime yayılabilmeli ve uygulayıcılar tarafından sağlıklı yorumlanmalıdır.

- Etkili bir karar zamanında alınmalıdır. Oluşabilecek şartlar önceden düşünülmeli ve hızlı bir karar alma sistemi geliştirilmelidir. Zamanında alınmış her karar gelecekteki sıkıntıları yok eden bir araçtır.
- Her etkili karar, işletmenin amaçlarına paralel bir çerçevede oluşturulmalı ve amaçtan sapmalara mahal vermemelidir.
- Etkili karar, problem çözme özelliğine sahip ya da işletmeyi daha üst konuma taşıyacak dinamik bir yapıya sahip olmalıdır.

1.1.3. Karar Verme Adımları

Karar verme anlık bir olay gibi düşünülse de, her karar bir sürecin ürünüdür. Karar verme seçimden önce veya sonra değerlendirmeler yapılmasını gerektiren bir olgudur. Dolayısıyla karar verme süreci var olan alternatifler arasından birini seçmek eyleminden daha karmaşık bir yapıya sahiptir. Alternatiflerin belirlenmesinden önce bu alternatif çözüm kümeleriyle neyin amaçlandığı ortaya konulmalıdır. İşletmeyi daha iyi bir noktaya taşıyacak olan kararın temelinde bu amaca ulaşma isteği yatmaktadır. İşletme, mevcut durumu ile gelecekte sahip olmayı arzuladığı durum arasında bir değerlendirmeye gider ve bu iki olası durum arasındaki geçişi en basit yolla sağlamak istemektedir (Sarıkaya, 2013: 24).

Faaliyetleri süresince çok çeşitli sorunlarla karşılaşan işletmeler, bu sorunlarla başa çıkabilmek için belli genel prosedürleri dikkate almaktadır. Bu prosedürler, karar verme sürecini kontrol altında tutmak ve sonuca hızlı bir şekilde ulaşmak adına önem arz etmektedir. Literatürde genel kabul gören süreç adımları şu şekilde açıklanmıştır.

- **Problemin Tanımlanması**

Bir karar verme sürecinin başlaması için ortada hedeflenen bir amaç olması gerekmektedir. Basit gibi görünse de, bu adım karar verme sürecinin belki de en önemli adımlarındandır. Problemin yanlış yorumlanması, sürecin yanlış seyir izlemesine neden olacaktır. Böylece, tüm yapı gerçeklikten uzak belki de yeni bir problem yaratacak bir hal alacaktır.

Karar verme süreci, ulaşılmak istenen bir amaç veya var olan bir sorunun çözümüne yönelik kurulan sistemsel yapıdır. Arzulanan amaç, gelecekte olmak istenen durumu temsil etmektedir. Sorun ise, var olan durumda amaçlara ulaşmak

adına işletmenin rotası üzerinde bulunan engelleri temsil etmektedir. Bu iki kavramı kesiştirmek her zaman kolay olmayabilir. Hatta var olan engeller, amaçlarda değişiklik yapılmasını bile gerektirebilir (Sarıkaya, 2013: 26).

Bu bağlamda karar probleminin doğru bir şekilde tanımlanması, söz konusu amacın açık bir şekilde yorumlanması, karar doğasının doğru kurulması karar sürecinin olması gerektiği gibi devam etmesini sağlayacaktır (Şen, 2014: 7).

- **Alternatif Seçimlerin Belirlenmesi**

İşletme yöneticileri; karşılaştıkları farklı sorunları en kısa yoldan çözmenin peşindedirler (Sarıkaya, 2013: 27). Bunu başarmak için, probleme yönelik çözüm alternatifleri derin bir şekilde irdelenmeli ve alternatiflerin sorunu çözme potansiyelleri kıyaslanmalıdır. Burada önemli olan, uygun çözüm alternatiflerinin belirlenmesidir. Yanlış belirlenen bir alternatif zaman ve para kaybına neden olabilir. Bunun önüne geçmek için, sorunun yapısına uygun, kullanılabilir seçenekler oluşturmak izlenecek en doğru yoldur. Yüksek alternatif üretme standardı oluştururken, her bir seçeneğin ortaya konması karar vermeyi kolaylaştıracaktır (Şen, 2014: 8).

- **Alternatiflerin Değerlendirilmesi**

Bu aşamada, problemin çözümüne yönelik oluşturulan alternatiflerin değerlendirmesi yapılır. Çözüme katkısı olmayacak alternatifleri süreçten çıkarmak için kıyaslamalar yapılır. Belli etkenlere göre derecelendirilip yorumlanırlar. Sonrasında, problemin çözümüne yaptıkları katkılar doğrultusunda bir sıralamaya gidilir. Herhangi bir alternatifin faydası/zararı karşılaştırma yapılarak görülür. Bu tip bir karşılaştırma, hem izlenecek metotun belirlenmesini hem de genel bir perspektif oluşturulmasını sağlamaktadır (Şen, 2014: 9).

Böylece, her bir alternatifin taşıdığı nitelik ve çözüme olan katkısı anlaşılmış olacaktır. Seçim aşamasında gerekecek herhangi bir bilgi bu adım sayesinde sağlanmış olacaktır.

- **Uygun Alternatifin Seçilmesi**

Problemin çözümüne yönelik olası alternatiflerin belirlenmesinden sonra, süreç en uygun alternatifi seçme işlemiyle devam etmektedir. Bu adım, karar verme sürecinin pratikteki son adımı gibi düşünülebilir. Alternatifler kümesinden seçilen çözüm şıkkı değerlendirmeler sonucunda varılan son karar olarak değerlendirilir.

- **Kararlaştırılan Alternatifin Uygulanması**

Alınan kararın uygulanması ile o karara varma arasında güçlü bir bağlantı vardır. Bu ilişkiden ötürü alınan kararın devamında test edilmesi ve uygulamada nasıl bir seyir izlediği takip edilmelidir. Karar verici, kararı uygulayacak kişileri özenle seçmeli ve onlara kararın uygulanması aşamasında bildirimlerde bulunmalıdır (Sarıkaya, 2013: 29). Bu etkili iletişim sayesinde karar verici tarafından benimsenen nihai karar; herhangi bir bozulmaya uğramadan işletme birimlerine uygulanmış olacaktır.

Karar işletmeye uygulandıktan sonra işletme içi değişimler gözlenmeli ve değerlendirilmelidir. Elde edilen performans çıktıları sayesinde alınan kararın doğru olup olmadığına kanaat getirilip süreç takip altında tutulmalıdır. Bu analiz, izlenen prosedürün etkinliğini ve verimliliğini artıracaktır. Sonraki kararlar bağlamında da işletmeye fayda sağlayacaktır.

- **Uygulanan Kararın Değerlendirilmesi Ve Yorumlanması**

Kararın değerlendirme aşaması bir araştırma temeline dayanmalıdır. İşletmede en başta var olan durum ile kararın uygulanması sonucu oluşan yeni durum arasındaki etkinlik farkı ölçülmelidir. Bu ölçüm; tutarlı, net, gözlemlenebilir ve güvenilir olmalıdır. Sonraki kararlara örnek teşkil edecek olan bu değerlendirme aşaması başka bir karar problemi için veri sağlama imkanını bünyesinde barındırmaktadır. Belirlenen kararla amaca ulaşma derecesi arasındaki ilişki gözlemlenmelidir. Değerlendirmenin olumlu sonuçlar içermesi, kurulan prosedürlerin etkili bir şekilde uygulandığını ve süreç başındaki amaca ulaşıldığını gösterecektir. Aksi durumda, yeni alternatifler oluşturulacak ve karar problemini optimum çözüme kavuşturacak olasılıklar hesaplanacaktır.

1.1.4. Analiz Gerektiren Kararın Özellikleri

Basit kararlar basit şüreçler ile ele alınmaktadır. Tek seçenekli veya tek nitelikli karar problemlerinde sonuca ulaşmak çok basittir. Tek bir adımda karara varılır ve alınan karar uygulamaya konulur. Zor olan, karmaşık ve çok boyutlu problemlere çözüm bulmaktır. Bu tür problemlerde, kişinin değer yargıları ve tecrübeleri yetersiz kalmakta; ek analizler ve karar alma mekanizmaları geliştirilmektedir. Bu kapsamda ele alınan kararlar da çok kriterli karar verme kavramını ortaya çıkarmıştır.

Günümüz şartlarında karar alma kavramı her geçen gün karmaşık bir hal almaktadır. Önceleri insanlar basit kararları sezgi, düşünce ve tecrübelerine dayanarak alırken, günümüzde durum karmaşık bir hal alarak karar analizini gerekli kılmaktadır. Tecrübe, yargı ve önsezi gibi kavramlar rasyonel bir karara ulaşmak için gerekli etmenler olsa da, çoklu boyuta sahip problemlerde çözüm zorlaşmakta ve analize ihtiyaç duyulmaktadır (Özdamar, 2004: 8).

Karar verme kavramının basit bir şekilde açıklanmasından sonra çalışmanın asıl konusu olan çok kriterli karar verme kavramı açıklanmalıdır. Kişilerin veya kurumların herhangi bir durum karşısında karar almasını kolaylaştıran analiz ve süreçler bütünü ÇKKV konusu içindedir. Bu tür kararlar, analiz gerektiren kararlar olarak tanımlanabilir. Analiz gerektiren kararların taşıdığı temel özelliklere aşağıda kısaca değinilmiştir.

- **Karmaşıklık**

Karar probleminde ele alınan alternatifler ve nitelikler problemin yapısına göre değişkenlik göstermektedir. Alternatif ve niteliklerin sahip olduğu nicel veya nitel özellikler o karar problemini karmaşık hale getirmektedir. Örneğin; ev kiralamak isteyen bir aile sınırlı alternatif ve değerlendirme kriterine sahip iken; cep telefonu dizayn eden bir mühendis sonsuz alternatif ve çoklu kritere sahiptir. Ayrıca, karar probleminde ele alınan kriterlerin de kendi içlerinde var olan çatışma/çelişki durumları, problemi karmaşık bir yapıya büründürmektedir.

- **Kararın Etkililiği**

Sürekli karşı karşıya kaldığımız rutin kararlar veya bir firmanın almış olduğu sıradan kararlar, etkililik anlamında düşük seviyede olabilir. Basit kararlar genellikle etki düzeyi düşük olan kararlardır. Bir kararı zor kılan faktör, o kararın verilmesi aşamasında katlanılan sıkıntı ve analiz sürecidir. Örneğin, herhangi bir devlet liderinin stratejik bir karara varmasıyla bir gencin otomobil alıp almama kararı aynı etki düzeyine sahip değildir. Bu özellikteki her karar analiz gerektirmektedir. Uzun vadede etkilediği alan bakımından geniş çaplı özellikteki kararlar, karar destek programları ve karar analizleri yardımıyla ele alınmalıdır (Özdamar, 2004: 10).

- **Belirsizlik ve Bilinmezlik**

Geleceğin en önemli özelliği belirsiz olmasıdır. Alınan her karar bu belirsizliği ortadan kaldırmayı amaçlamaktadır. Karar vericinin probleme yaklaşımı nasıl olursa olsun, süreç belirsizlik içermektedir. Karar verici, karar verdiği anda veya olası seçeneklerden birini belirlediği anda o seçeneğin gelecekte yaratacağı etkiyi öngöremez. Bu durum da riski beraberinde getirir. Bu tür risk içeren karar problemlerinde alternatiflerin ve niteliklerin dikkatli bir şekilde ele alınması gerekmektedir. Problemin yapısına uygun adımlar atılmalı, sorunun sahip olduğu risk azaltılmalıdır. Belirsizlik ve geleceğin bilinmezliği, karar vericileri analize başvurmaya zorlamaktadır (Dyer, 1992: 645-648).

- **Soyut Faktörler**

Karar vericinin içinde bulunduğu organizasyonun sahip olduğu kültür, kurum algısı, organizasyon şekli ve yönetim felsefesi gibi faktörler karar verme aşamasında etkili olabilmektedir. Bu faktörler soyut kavramlar olarak ele alınsa da, bir kararın sonucunu etkileyen önemli unsurlardır. Örneğin, bir firmada genel müdürün değişmesi ile farklı karar mercileri ortaya çıkmış olacaktır. Eski müdür, analitik ve matematiksel prosedürleri kullanırken veya birimler ile görüşme yoluyla nesnel kararlar alırken; yeni yönetici öznel değerlendirmeleri ile karara varabilir. Bu durum, kararın uygulama aşamasında zorlukları beraberinde getirecektir. Organizasyonun sahip olduğu atmosfere göre karar alınmalı ve uygulanmalıdır. Her işletmede var olan bu soyut kavramların çok iyi yorumlanıp karar alma mekanizmasına entegre edilmesi önem arz etmektedir.

- **Birden Fazla Karar Verici Olması**

İşletmelerde genellikle kararlar tek elden veriliyor gibi görünse de, aslında durum farklıdır. Çok önemli kararların alınmasında veya işletmenin birkaç birimini ilgilendiren kararlarda ortaklaşa karar verme mekanizması kullanılmaktadır. Karar alma sürecinde birden çok kişinin varlığı, o kararın alınmasını zorlaştırabilmektedir. Farklı departmanlardan farklı görüş bildiren kişiler olması dolayısıyla karar yapısı karmaşık bir hal almaktadır.

- **Birden Fazla Amacın ve Kriterin Olması**

Bir karar probleminin analiz gerektirmesi, o problemin birden fazla amaç ve karar kriterine sahip olmasına bağlıdır. Çok kriterli karar verme problemleri, çoklu amaçlar ve çoklu kriterler barındırmaları sebebiyle basit kararlardan farklıdır. Bu bağlamda, ele alınan problemin birden çok amaca sahip olması problemi karmaşık hale getirmektedir.

Tek bir kritere bağlı olarak karar vermek basittir. Zor olan, çoklu boyuta sahip kriterler ışığında karar vermektir. Bir karar verici, birden çok niteliğe sahip problemleri düşünsel süreçler ile çözemez. Dolayısıyla, karar analizine ihtiyaç duyulmaktadır.

- **Çevresel Faktörler**

Çevresel faktörler, karar vericinin kontrolü dışında gelişen veya çok az kontrol edebildiği faktörler olarak tanımlanabilir. Karar sisteminin çevresinde var olan birçok faktörün uyuşmazlığından ortaya çıkan bu olumsuzluk; ekonomik şartlar, rakip politikaları, hükümet uygulamaları, doğal koşullar gibi faktörleri kapsamaktadır. Bu olumsuzlukların nedenlerinin belirlenmesi gerçekleşme olasılıklarının bilinmesini sağlayacaktır. Böylece, karar verici riskini minimum düzeyde tutacaktır. Böyle bir durumun gerçekleşme olasılığının belirlenmesi, karar problemini daha rasyonel bir boyuta getirecektir.

- **Riske Karşı Tutum**

Karar problemlerinde karar vericilerin riske karşı tutumları önem arz etmektedir. Bir karar verici, yüksek gelir elde etmek amacıyla yüksek riski göze alırken; bir diğeri sabit getiri ile yetinip riskini minimize edebilir. Karar vericinin

sahip olduğu özellik (riski seven/riskten kaçınan) bu noktada önemlidir. Riski seven bir yatırımcı ile riskten kaçınan yatırımcı arasındaki fark, farklı alternatif seçimleri tercih edecek olmalarıdır. Karar vericilerin bu tarz tutumları da, karar analizine dahil edilmelidir.

1.2. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME

1.2.1. Giriş ve Temel Tanımlama

Karar verme, hedefe ulaşmak ve amacı gerçekleştirmek adına belli kriterler ve kısıtlar ışığında, seçim alternatifleri arasından en doğruyu saptama eylemidir. Gerçek hayatta insanlar veya yöneticiler, hayatın her safhasında karar verme ile iç içe bir süreci yaşamaktadırlar.

Çok boyutlu ve çok seçenekli kararlar genellikle iki temel aşamada ele alınırlar. Bunlardan ilki, her alternatifin sahip olduğu kritere atanan puanlama; diğeri ise, belli bir telafi eşiğinde alternatiflerin sıralanması işlemidir. Bu tarz problemlere çözüm önerisi sunan çok kriterli karar verme yöntemleridir. Bahsedilen ÇKKV yöntemleri temelde 4 farklı boyutta sınıflandırılır. Bunlar; üst derecelendirme, değer ve fayda teorisi yaklaşımı, etkileşimli hedef programlama, grup kararı veya uzlaşmaya dayanan yöntemlerdir (Valls, 2000: 160).

İki tür karar vardır. Sezgisel kararlar ve analitik kararlar. Sezgisel kararlar, normal bir süreç içinde oluşabilirler. Derin analizlere ve kıyaslamalara gerek duymadan anlık gelişen keyfi kararlardır. Sıradan bir durum için bu yaklaşım başarı gösterebilir. Bu başarının yanında zaman tasarrufu da sağlayabilir. Fakat, bilgi gerektiren karar verme durumları için bu durum geçerli değildir. Böyle bir durumda sezgisel bir karar sonucunda, başlangıç aşamasında düşünülen koşullar ile karşılaşılan sonuç kesişmeyebilir. Bu da, "yanlış karar verme" durumunu ortaya çıkarmaktadır. Böylece karar vericiler, yanlış verilen bu kararın kendi değer yargılarından önemli sapmalar gösterdiğini anlayacaklardır. Aksi durumda, "doğru karar verme " kavramı ortaya çıkmaktadır. Bu kavrama, sezgisel biçimde ulaşan karar verici de, "başarılı" olarak yorumlanabilir.

Analitik kararlar ise, karar vericinin daha karar aşamasının ilk adımından itibaren analitik süreçler ile düşünmeye başlaması, var olan bilgiyi analiz etmesi,

sınıflaması, yorumlaması; ardından kararı etkileyen kriterler ve seçenekler arasından, tüm nitelikleri tatmin edecek en doğru karara ulaşması ile açıklanabilmektedir.

Rasyonel karar verme insana özgü bir davranıştır. Düşünen ve bilince sahip olan bir varlık olarak insan, en doğru karara ulaşma arzusu ile yaşamaktadır. Çok kriterli karar verme yöntemleri, karmaşık karar problemlerinin bilimsel ve analitik yaklaşımlar ışığında ele alınması ile karar vericiye en doğru kararı almasında yardım eden süreçler bütünü olarak ele alınabilir (Dolores, 2014: 62). Yalnız buradaki doğru kavramı, çok öznel bir tanımlamadır. "Kim için doğru?", "Kimin doğrusu?" ,"Bu doğruluk zamana veya kişiye göre değişebilir mi?" gibi sorular sorulabilir. Doğru kavramı, nesnel bir kavram olmadığından kesin bir gerçekliği yoktur. Karar vericiler doğru kavramını, her bir faktörün tatmin edilmesinden sonra "doğru" bir karara ulaşmanın yüksek olasılıkla gerçekleşeceğini savunmaktadırlar. Süreç doğruysa, karar verici de doğru bir karara ulaşabilmektedir.

Son olarak, ÇKKV yöntemleri uzun yıllardır kullanılmaktadır. Son yıllarda yaşanan bilgi teknolojilerindeki gelişmeler bu yöntemlere olan ilgiyi artırmıştır. Bilgiye ulaşma kolaylığı sağlanmasının yanında, günümüz bilişim şartları ile daha fazla bilgi üretilmektedir. Bu durum, ÇKKV problemlerinin analitik çözümlerini kolaylaştırmış ve uygun altyapı yardımıyla iş hayatında daha çok yer bulmasını sağlamıştır (Stewart, 1992: 569-571).

1.2.2. ÇKKV Problemlerine Yaklaşım

Gündelik yaşamda insanlar karar verme ile iç içe yaşamaktadırlar. En doğru karara ulaşmayı amaçlayan birey, seçeneklerini sahip olduğu karar kriterleri açısından ele almaktadır. Birbiriyle çelişen karar verme durumlarında öznel bir yaklaşım sergileyerek en optimal kararı hedeflemektedir. Bu bakımdan çok kriterli karar verme problemleri en başta insani olmak üzere çok farklı boyutlarda gerçekleşebilmektedir. Karar vermenin aslında hayatımız boyunca ne kadar içimizde olduğunu görmek adına bu boyutları anlamak ve açıklamak faydalı olacaktır.

Kişisel anlamda, karar verme hayatımızın her adımındadır. İş seçiminden, yer seçimi, araba seçimi, bütçe belirleme hatta eş seçimimize kadar, bu gerçek net bir şekilde cereyan etmektedir. Örneğin, kendisine en doğru eşi arayan birey, kafasında birlikte yaşayacağı insana dair kriterler oluşturmaktadır. Bu kriterler; yaş, eğitim

seviyesi, meslek, ahlak, aile durumu, kültür, fiziksel özellikler gibi birçok faktörü içerebilmektedir. Bu kriterlerin hepsini sağlayan birisi, bu insan için en doğru kişi olacaktır. Yalnız bu durum, teoride mümkün olsa da gerçek hayatta mümkün olmayacaktır. Yaşı uygun olan birinin mesleği, ailesi uygun olan birinin kültürü, fiziksel özelliği uygun olan birinin ahlakı uygun olmayabilir. Bu sebeple, kriterler esnetilerek belki bazılarından vazgeçilerek en doğru kişiyle bir hayat kurmak mümkün olacaktır. En doğru karara ulaşmak adına çelişen veya paralel kriterlerin hepsini maksimize etmek mümkün olmayacaktır.

Çok kriterli karar verme kavramı, 1960'lı yıllarda karar verme süreçlerine yardımcı olacak analitik çözümlemeler geliştirmesiyle ortaya çıkmıştır. Karar probleminde ulaşılmak istenen amacı çeşitli parametrelere göre optimize eden bu yaklaşım, çeşitli karar alternatifleri arasından en uygun olanını seçme işlemi temeline dayanmaktadır. ÇKKV' deki amaç; karara konu olan alternatiflerin ve bu alternatiflerin sahip olduğu değerlendirme kriterlerinin karmaşık doğasını yok etmek, karar verme sürecini kontrol altında tutmak ve en uygun çözüme en kısa yoldan kavuşmaktır (Subaşı, 2011: 19).

Çok kriterli karar verme probleminde, paralel yönlü hareket eden nitelikler var olduğu gibi çelişen nitelikler de var olabilmektedir (Çınar, 2004: 17). Karar verici için karar mekanizmasını en ideal biçimde işletmeyi amaçlayan yaklaşım, çelişen kriterleri de optimize etmek adına önemlidir. ÇKKV karar vericiye, bilgiyi analiz etme, sınıflandırma, sentezleme, yorumlama gibi faktörlerde yardımcı olup; karar sürecini daha güvenli ve daha kolay kılmayı sağlamayı amaçlamaktadır. Bu şartlar altında karar verici, sonuca daha kolay ulaşacak ve problemi en az maliyetle/çabayla ortadan kaldırmış olacaktır. Sonuç itibariyle çok kriterli karar verme ile yöneticiler daha optimal ve gerçekçi kararlar verebilirler. Çelişen kriterlerin düzenlenmesi ile alternatiflerin en iyi olanı seçilerek karar süreci tamamlanmış olacaktır.

ÇKKV yöntemlerinde, kriter ve karar noktalarına karşılık gelen değerler rakamsal olarak ele alınırlar. Fakat, gerçek hayatta karşılaştığımız yorumlamakta güçlük çektiğimiz, tecrübelerimizin ışık tutamadığı bazı problemler için bu zor ve karmaşık bir sürecin başlangıcıdır.

Çok kriterli karar verme, birden fazla alternatif içeren ve birden çok karar niteliğine sahip olan, alternatifleri nitelikler ışığında değerlendiren, puanlayan ve sıralayan analitik bir yöntemdir. En mükemmel çözüme ulaştırmasa da optimum/ uzlaşık çözüme ulaşma garantisi sunmaktadır (Pomerol, 2000: 7-9).

1.2.3. ÇKKV Yapısı

Çok kriterli karar verme metodolojisi, içinde birçok elemanı içeren çok dallı bir yapıdır. Amaçlar, kriterler, nitelikler, öncelikler, ağırlık bilgisi bunların başlıcalarıdır. Çok kriterli karar vermenin çıktısı bir karardır. Bu süreç, alternatifler arasından en iyi/en faydalı olanı seçme işlemiyle tamamlanır. Sürecin girdisi ise, o kararın alınmasını gerektirecek işletme içindeki bir problem veya işletmenin ulaşmak istediği hedef olabilir. Genel çerçeve itibariyle ÇKKV yapısı şu ana sınırlar içinde yer almaktadır (Çınar, 2004: 28).



Şekil 1.1. Örnek Bir ÇKKV Problemi Çerçevesi

ÇKKV problemlerinin yapısını daha iyi anlayabilmek adına, her bir analiz organını ele almak hayati önem taşımaktadır. Bu organları kısa kısa ele almak gerekirse;

- **Amaç**; problemin başlangıcını temsil etmektedir. Amaç, bir problemin yok edilmesi veya problemsiz bir ortamda geleceği tahmin etmek üzere kurulabilir. İşletmenin olmak istediği yere veya üstesinden gelmek istediği probleme yönelik olarak düzenlenen işletmenin arzularını yansıtan değerler bütünüdür.
- **Hedef;** amaçların somutlaştırılıp daha elle tutulur yapıya kavuşturulmuş halidir. Amacı gerçekleştirmeye yönelik izlenen yolların tümü, bir hedeftir. Ve hedefler, tek bir amaç uğruna ortaya konmaktadır.

- **Karar verici;** karar verme sürecini kontrol eden kişidir. Karar noktalarının oluşturulması, niteliklerin saptanması, ağırlık bilgisinin oluşturulması, uygun alternatifin seçilmesi ve seçilen alternatifin nasıl uygulanacağının belirlenmesine yönelik eylem yapan kişidir. Birey olacağı gibi, bir gruptan da oluşabilir. ÇKKV yaklaşımının çoklu kriter yapısını çözümlemesi ile kararlarını daha rahat ve güvenli bir şekilde alan operasyonel ve fikirsel kişidir.
- **Alternatif;** bir karar probleminde var olan tercih seçenekleridir. Problemin yapısına göre bir veya birden çok alternatif var olabilir. Alternatiflerin sıralanması ve seçilen alternatifin uygulanması, yüksek önem arz etmektedir. ÇKKV yapısında, değerlendirmeye tutulan gruplar bütünüdür. Niteliklere göre analiz edilip içlerinden en iyi olanı ideal çözüm olarak ele alınmaktadır.
- **Nitelik/kriter;** bir karar problemindeki alternatifleri değerlendirme ölçütüdür. Nitelikler, fayda yönlü veya maliyet yönlü ortaya çıkmaktadır. Fayda yönlü nitelikler, maksimize; maliyet yönlü nitelikler, minimize edilerek en uygun çözüme ulaşmak hedeflenmektedir. Nitelikler, karar vericinin değer yargılarına, tecrübelerine, bilgi ve birikimine göre ölçümlenip; alternatifler arası seçim yapma işlemi için bir adımı temsil etmektedir. Nitelikler de, kendi içlerinde ayrım içerebilir. Bir temel nitelik altında birden çok öznitelik yer bulabilir. Bu özniteliklerin de etkili analiz edilmesi karar vericiye fikir verme açısından değerlidir.
- **Karar matrisi;** ÇKKV problemlerinde çelişen nitelikler ışığında alternatifler arasından birini seçmek için kullanılan analiz yönteminin ilk adımıdır **(Subaşı, 2011: 26). Alternatiflerin** kriterlere karşılık gelen değerleri bir matris formunda gösterilir. Buna "karar matrisi" adı verilir. Bu matrisin satırındaki değerler, sıralanmak istenen karar noktalarını; sütunundaki değerler ise, bu işlem için gerekli olan karar niteliklerini göstermektedir. Bir alternatifin bir niteliğe göre performans puanını yansıtan bu yapı, işlevsel olmasının yanında, sürecin akışını göstermesi açısından önem arz etmektedir.

1.2.4. ÇKKV Problemlerinin Çözüm Aşamaları

Tek boyutlu karar problemlerinde olduğu gibi, çok kriterli karar vermede de çeşitli problem çözüm aşamaları mevcuttur. Başlangıç karar matrisinin taşıdığı

niteliğe ve problemin sahip olduğu yapıya paralel olarak bu süreçler değişkenlik göstermektedir. Karar vericinin ağırlık bilgisine karşı tutumu, problemin sonucu değiştirmektedir. Bu kapsamda, genel itibariyle bir ÇKKV probleminin çözüm adımları şu şekilde oluşmaktadır.

- **Problemin Tanımlanması**

Her karar verme süreci, bir problemin tespiti ve tanımlanması ile başlamaktadır. Karar problemi, bir sistemde karar verici tarafından algılanan, arzulanan konum ile mevcut konum arasındaki fark olarak tanımlanabilir (Malczewski, 1999: 96). Bu adım, karar verme sürecinin mantıksal noktasıdır. Karar çevresinin tespiti, fırsatlara ve problemlere dair ipuçlarının saptanması, ham bilginin elde edilip işlenmesi bu adımın genel elemanlarıdır.

- **Kriter ve Alternatiflerin Belirlenmesi**

Bu adımda, karar probleminin içinde var olan tüm kaygı ve tereddütleri yok edecek amaçlardan yola çıkılır. Bu amaçları en iyi açıklayan faktörler, karar kriterleri olarak belirlenir. Hangi amacın hangi nitelik tarafından tatmin edildiği kapsamlı bir şekilde belirlenmelidir.

Alternatiflerin belirlenmesi aşamasında, her alternatifin belirlenen kriterler ile ilişkili olması ve her alternatife yönelik bir karar değişkeni tayin edilmesi gerekmektedir. Kriterler ışığında alternatifler derecelenip, sistemin içindeki karar boşluğu doldurulur (a.g.e.,: 97).

- **Ağırlıklandırma**

Bu adımda, değerlendirme niteliklerine yönelik karar vericinin değer yargıları karar modeline dahil edilir. Ağırlıklar genel olarak, kriterlere yönelik göreli önem derecelerini gösteren birimler olarak ifade edilir. Kriterlere ağırlık atanmasındaki amaç, bir kriterin diğerini göre önemini ortaya koymaktır. Alternatif, kriter ve ağırlık bilgisinin belirlenmesi ile girdiler karar matrisi formunda ele alınır (a.g.e.,: 98).

Bu adım karar analizinin önemli adımlarındandır. Kriterlere dair ağırlık bilgisi karar vericiden elde edileceği gibi, karar vericinin bilgi sunamadığı durumlarda nesnel prosedürlerden yararlanılır. Nesnel yöntemler, karar matrisinde

bulunan girdi bilgisinden ağırlık bilgisine ulaşmaktadır. Ağırlık bilgisini elde etmeye yönelik temel yaklaşımlar şöyledir.

- **Sıralama:** Kriterlere dair ağırlık bilgisinin hesaplanmasında en basit yöntem sıralama yöntemidir. Bu yöntemde, karar vericinin ortaya koyduğu sıralama değerleri kullanılır. Örneğin KV, en önemli kriteri 1. sıraya koyarken bir sonraki kriteri 2. sıraya koyacaktır. Alternatiflerin sıra değerleri kullanılarak ağırlık bilgisine ulaşılır. Bu yöntemin tersi de kullanım açısından uygundur. KV, en öenmsiz kriteri birinci sıraya en önemli kriteri son sıraya koyarak ters sıralama sunabilir. Bu yaklaşıma sahip temel yöntemler arasında ROC (Rank Order Centroid), RS (Rank Sum), Atama gibi yöntemler sayılabilir. Sıralama ile ağırlık belirleme yöntemleri basit olmalarıyla öne çıkarken, fazla kritere sahip karar problemlerinde teorik eksiklikleri nedeniyle yetersiz kalmaktadır.
- **Puanlama:** Bu tür ağırlıklandırma, sıralama yöntemine göre daha duyarlıdır. Herhangi bir ordinal sıra değerine bağımlı olmadan, KV'nin önceden belirlemiş olduğu aralıklı ölçek yardımıyla ağırlık ataması yapılmaktadır. KV 100 puan üzerinden her bir kritere atama yapar ve en yüksek puana sahip kriter en yüksek ağırlığı alır. Kriterler arasında dengeli bir kıyaslama oluştursa da, farklı birimlere sahip kriterlerin ayrıştırılmaması yöntemi yetersiz kılmaktadır.
- **İkili Karşılaştırma:** Bu yöntem, AHP metodunun temelini oluşturmaktadır. Problemin sahip olduğu her bir kriter diğer kriterler ile ikili karşılaştırılır. Örneğin, birinci kriter ikinci kritere göre 3 kat daha önemlidir veya üçüncü kriter birinci kritere göre 5 kat daha önemlidir gibi yargılar kullanılır. Önceden belirlenmiş ölçek yardımıyla kriterlerin karşılaştırıldığı ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur. Son olarak, matris sütun değerleri ortalaması alınarak, her bir kriter için göreli ağırlık hesaplanmış olacaktır. Yöntemin avantajı, probleme karar vericinin yargılarını dahil etmesi ve kriterleri kendi içlerinde bir bütün olarak ele almasıdır. Fakat, çoklu sayıdaki kritere sahip problemlerde ikili karşılaştırma yapmak zorlaşmaktadır.

Bahsi geçen yöntem ve yaklaşımlara ek olarak, ağırlık belirleme aşamasında iki temel ayrım söz konusudur. Öznel ağırlıklandırma, karar vericinin değer yargılarına dayanırken, nesnel ağırlıklandırma karar vericiden sınırlı bilgi edinildiği veya edinilemediği durumlarda kullanılır. Öznel ağırlıklar, KV yargılarına dayandığından nesnellikten uzaktır. Ayrıca, karar probleminin yapısına göre KV'nin tercih bilgisi sunamadığı durumlarda gelişebilir. Bu noktada devreye nesnel süreçler girer. Ağırlık belirlemeye yönelik temel nesnel yaklaşımlar arasında; Entropi, CRITIC, Standart Sapma, Ortalama gibi yöntemler sayılabilir.

Çalışmada öznel temele dayanan ROC ağırlık yöntemi ve nesnel temelli Entropi ile CRITIC yöntemleri kullanılacaktır. Yöntemlere dair detaylı açıklama sonraki bölümde yapılacaktır.

- **Duyarlılık Analizi**

Alternatiflerin sıralanması üzerine duyarlılık analizi yapılarak karar modelinin sağlamlığı saptanmaya çalışılır. Duyarlılık analizi en basit tanımıyla, bir modelde değişkenlerde meydana gelecek olası değişimin modelin sonuçlarını ne derece etkilediğini ölçen matematiksel süreçtir. Çok kriterli karar vermede genellikle, ağırlıkların değişmesi sonucunda alternatiflerin sıra değerlerindeki değişim ele alınmaktadır. Ağırlıklarda meydana gelen değişim, sıralamada önemli bir farklılık oluşturmuyorsa, modelin doğruluğu ortaya konur. Bu durumda bahsi geçen ağırlık, modele çok da etkisi olmayan ağırlıktır. Duyarlılık analizi, karar vericinin ağırlıklara yönelik tolerans düzeyini hesaplayarak sonuçlardaki değişimi ölçmektedir. Bunun yanında, modeli en çok etkileyen kriterin belirlenmesinde de etkili rol oynamaktadır (Malczewski, 1999: 99).

- **Nihai Derecelendirme ve Karar**

Bahsi geçen adımlardan sonra karar verici, nihai bir karar vermek durumundadır. Matematiksel hesaplamalar sonucunda sunulan alternatif sıralamalarını analiz ederek, işletme için en doğru kararı hedeflemektedir. Tüm bu adımlar, etkili ve verimli bir karar mekanizması sunmaktadır (a.g.e.,: 89-91).

Çalışmada nihai derecelendirme borda sayım yöntemi ile yapılacaktır. Tüm bu sıralamalardan tek bir sıralama elde etmek amaçlı alternatiflerin sıra değerleri puanlanmıştır. En yüksek toplam puana sahip olan alternatif ilk sırayı almıştır.

1.2.5. ÇKKV Problemlerinin Temel Özellikleri

Çok kriterli karar verme yöntemlerinin en temel özelliklerinden birisi, çoklu seçeneklere ve çoklu niteliklere sahip olmalarıdır (Çınar, 2004: 23). Bu bakımdan, birden çok çatışan kritere sahip ve en az iki seçenekli bir karar problemi çok kriterli olarak değerlendirilmektedir. Problem, yapısı gereği birden çok karar noktasına ve bu karar noktalarına karşılık gelen değerleme kriterlerine sahiptir. Karar verici, her bir kriter için oluşturduğu alternatifleri değerlendirmeli ve amacına yönelik olarak uygun olanını seçmelidir. Problemin içine birden çok niteliğin dahil edilmesiyle karar problemi karmaşık ve katı bir yapıya sahip olsa da; bu durum gerçek hayata olan yakınlığı ve sağladığı nesnellik bakımından doğal bir sonuçtur.

Diğer temel özellik, karar kriterleri arasında çatışma/çelişme görülmesi gerekliliğidir. Bir karar problemi, çoklu niteliklere sahip olsa da; bu niteliklerin aynı yönde hareket etmeleri o problemi tek yönlü hale sokmaktadır. Bir kriterin tam olarak tatmin edilmesi ile diğer kriterin tatmin edilebilme olasılığı azalıyorsa; o problemde çelişen/ çatışan nitelikler var demektir (Özdamar, 2004: 15-17). Örneğin, ev almak isteyen bir çift; hem şehir merkezine yakınlık hem de ekonomiklik kriterine sahiplerse, bu iki nitelik çatışacaktır. Çünkü, şehir merkezine yakın olan evler daha pahalı olacaktır. Bu da ekonomiklik kriterini tatmin etmeyi zorlaştıracaktır. Tam tersini düşünürsek, şehir merkezine uzak olan bir yerdeki ev ekonomik olsa da, yakınlık kriterini zayıflatacaktır. Bu bakımdan düşünüldüğünde, böyle çelişen kriterlere sahip problemler karmaşıklaştıkça nesnelliğe ve realiteye yaklaşmaktadır.

ÇKKV yöntemlerinin diğer bir temel özelliği ise, aynı ölçü birimiyle ölçülemeyen değerler içermeleridir. Her amaç ve nitelik, farklı ölçü birimlerine sahiptir. Örneğin, çocuğuna spor bir araba almak isteyen bir babanın belirlediği özellikler; fiyat, konfor, yakıt tüketimi, dizayn, boyut gibi faktörler olabilir. Bu örnek durum için; arabanın fiyatı (tl, euro vb.) cinsinden, yakıt tüketimi (100 km/ lt) cinsinden, arabanın boyutları (metre, hacim) cinsinden ele alınmaktadır. Dolayısıyla, karar problemi ölçülemeyen birimlerle ifade edilmiş olacaktır.

Son olarak ÇKKV problemleri, güçlü bir ayrımla ya bir dizayn ya da seçim problemi olmaları ile ilgilidir. Bir çok kriterli karar verme problemi; ya önceden kestirilemeyen sonsuz sayıda alternatiften oluşarak, dizayn problemine; ya da oluşturulan birçok alternatif arasından en uygununu seçen, seçim problemine dönüşebilir. Örneğin; cep telefonu tercihinde sıkıntı yaşayan bir birey, piyasada var olan birçok seçenek arasından, kendi öznel değerlemelerine dayanarak bir modeli tercih edebilir. Bu durum en basit haliyle, bir seçim problemidir. Fakat, tercih edilen o telefonun fikir aşamasından itibaren tasarlanması, bir seçenek probleminden ziyade, dizayn problemidir. Çünkü, tasarım aşamasında ürün ortada yoktur, böylece sıralanacak alternatif de yoktur. Sonsuz alternatif kümesinden, en başarılı alternatif yaratılarak bir dizayn problemi ele alınmıştır.

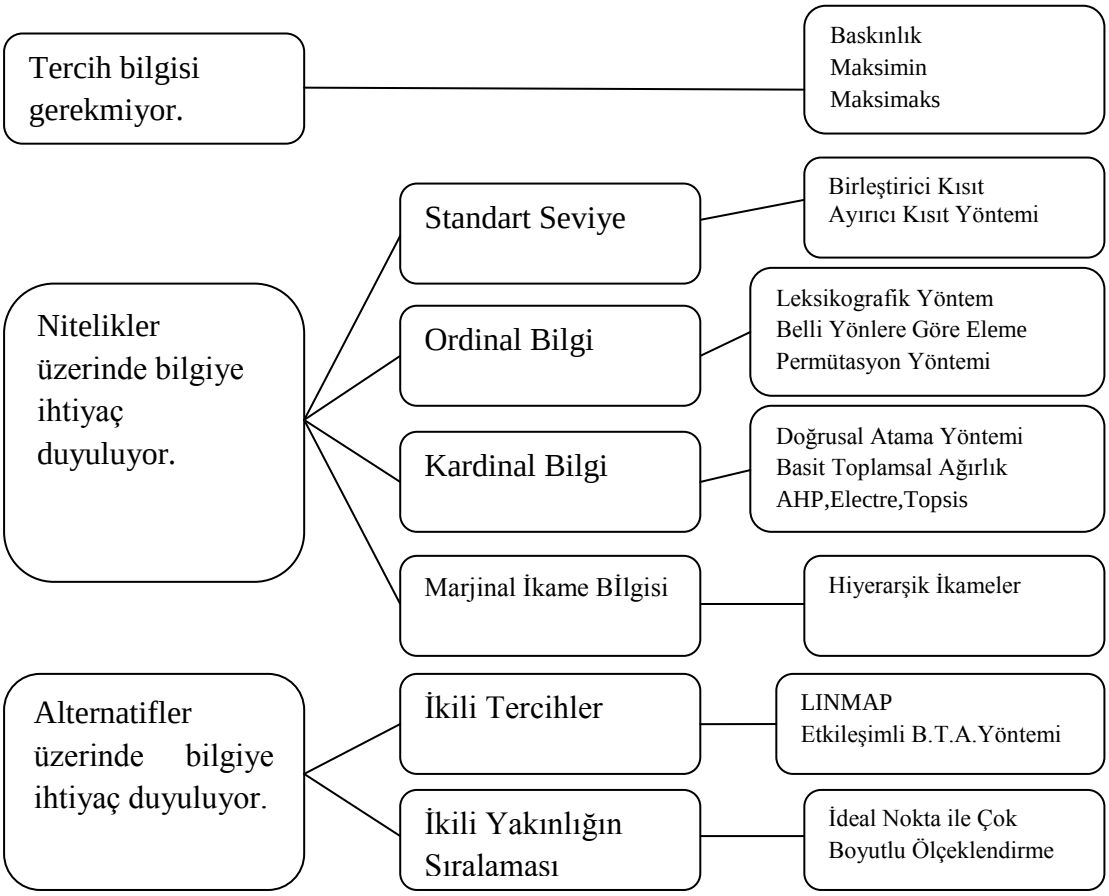
1.2.6. ÇKKV Yöntemlerinin Sınıflandırılması

Literatürde, çok kriterli karar verme problemlerine yönelik birçok yöntem geliştirilmiştir. Fakat, bu yöntemler arasında kesin bir derecelendirmeye gitmek mümkün değildir. Tüm bu yöntemlerin sağladığı en önemli avantaj, niteliklere dair sözel ve sayısal bilgileri bir arada kullanmalarıdır.

Karar vericiler, tercihlerini farklı yapılarda verebilirler. Bir karar verici, tercihlerini nitelikler ve alternatifler kümesinden yararlanarak belirtirken, bir diğeri herhangi bir tercih bilgisine ihtiyaç duymayabilir. Bu bağlamda, ÇKKV yöntemlerinin bir sınıflandırmasına gitmemiz gerekirse, bu süreç şu şekilde ilerleyecektir (Çınar, 2004: 70).

- Yöntemin uygulanması için elde olması gereken bilginin türüne göre bir ayrıma gidilebilir. Nitelikler veya alternatifler üzerinden bilginin gerekli olması veya ikisi içinde bilgiye gerek duyulmaması durumlarına göre yöntemler farklılaşmaktadır.
- Bilginin türlerine göre yapılan ayrımdan sonra, o türdeki bir bilginin en dikkate değer özelliğine göre bir ayrıma gidilir. Elde edilen bilginin, farklı özellikleri olacağından, süreci detaylandırmak adına bu adım önemlidir.
- Son adımda, oluşturulan bu ayrımlara uygun düşen yöntemler gösterilmiştir. Her dal ayrımı için, en önemli yöntem ayrıştırılmıştır.

Bahsedilen bu sınıflandırmayı daha iyi anlamak adına, konuyu görsel olarak şemalandırmak gerekirse (Subaşı, 2011: 26);



Şekil 1.2. ÇKKV Yöntemleri Sınıflandırması

1.2.6.1. Tercih Bilgisinin Sağlanamadığı Yöntemler

Bu tür yöntemler, problemin çözümü için gerekli olan tercih bilgisinin karar vericiden elde edilemediği durumlarda uygulanan yöntemlerdir. Kısacası, tercih bilgisi gerektirmeyen bu yöntemler; baskınlık, maksimin ve maksimaks yöntemleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Yöntemlere dair kısa açıklamalar şu şekildedir:

- **Baskınlık:** Telafi edici olmayan yöntemler arasındadır. Birden çok kritere sahip bir karar probleminde x ve y gibi iki adet alternatif düşünelim. Baskınlık yöntemine göre, x alternatifinin y alternatifine göre baskın kabul edilmesinin iki temel şartı vardır. Birincisi, x alternatifinin herhangi bir

kritere göre aldığı performans çıktı değerinin, y alternatifinin sahip olduğu performans değerinden iyi olması gerekmektedir.

İkinci adımda, diğer kriterler için de x'in y'den daha kötü değere sahip olmaması gerekmektedir. Yöntemin temeli, üstünü olan alternatifin elenmesi ilkesine dayanmaktadır. Karar vericinin tercih bilgisine ihtiyaç duymaması, basit adımlar içermesi ve karar matrisine gerek duymaması gibi faktörler, yöntemi avantajlı kılmaktadır (Özdamar, 2004: 21).

- **Maksimin:** Telafi edici olmayan bu yöntemin ilk adımında, her alternatifin en düşük nitelik değeri (minimum) bulunur. Ardından, belirlenen en zayıf nitelik değerlerine karşılık gelen en yüksek nitelik değerli (maksimum) alternatif seçilir. Yöntem, nitelik değerlerinin karşılaştırılabilir olduğu yani; aynı birimle ölçülebilen veya ortak bir baza indirgenebilen problemlerde kullanılabilir.
- **Maksimaks:** Maksimin yönteminin aksine, her alternatifin en yüksek nitelik değeri bulunur. Ardından, bu değerler arasından en büyük nitelik değerine sahip alternatif seçilir. Kısaca, en iyi normalize performans değeri diğerlerine göre en yüksek olanı seçilir. Karşılaştırılabilir nitelikler, yöntemin temel şartıdır.

1.2.6.2. Niteliklere Dair Bilgiyi Kullanan Yöntemler

Bu tür yöntemler, karar vericinin niteliklere yönelik ortaya koyduğu tercih bilgisini kullanan yöntemlerdir. Sağlanan bilgi, basitten karmaşığa doğru ele alınmaktadır.

- **Birleştirici Kısıt Yöntemi:** Karar vericinin ortaya koyduğu ve her kriter için karşılanmasını istediği eşik değerlerin tümünü sağlayan alternatiflerin "kabul edilebilir", sağlamayanların ise "kabul edilemez" olarak ele alındığı telafi edici olmayan yöntemdir. Belirlenen eşik değeri sağlayamayan alternatifler elenir. Yöntem herhangi bir alternatifi seçmekten ziyade, alternatif sayısını azaltmaya yönelik ele alınabilir. Burada en önemli konu, karar vericiden niteliklere dair eşik değerlerin elde edilme aşamasıdır.
- **Ayırıcı Kısıt Yöntemi:** Yaklaşım olarak birleştirici yöntemle benzerdir. Karar vericinin ortaya koyduğu ve her kriter için karşılanmasını istediği eşik değerlerin en az birini sağlayan alternatiflerin "kabul edilebilir",

sağlayamayanların ise "kabul edilemez" olarak ele alındığı telafi edici olmayan yöntemdir.

- **Leksikografik Yöntem:** Yöntem, karar verici tarafından belirlenen en önemli kritere göre değerlendirme yapmaktadır. Sahip olunan diğer kriterleri göz ardı etmektedir. Eğer, karar vericinin belirlemiş olduğu kritere göre performans değerleri eşit olan alternatifler mevcut ise, KV tarafından ikinci bir öncelikli kriter belirlenir (Stanimirovic, 2012: 55-58).
- **Özelliklerine Göre Eleme Yöntemi:** Kriterlere yönelik karar vericinin beklenti düzeyleri belirlenerek performans değerleri bu değerlerden düşük olan seçenekler elenir. Tüm kriterler ele alınana veya tek bir seçenek kalıncaya dek süreç devam eder. Niteliklerin sahip olduğu özelliklere göre KV yargıları kullanılır.
- **Basit Toplamsal Ağırlık:** SAW (Basit Toplamsal Ağırlık) yöntemi, basit uygulama adımlarıyla çok kriterli karar verme problemlerinde sıklıkla kullanılan telafi edici yöntemler arasındadır. Kriterlerin önem derecelerini göreli ağırlıklarla açıklayıp, toplamsal karar çıktılarına dönüştürme varsayımı temeline dayanmaktadır (Shakouri, 2014: 642-643).

  Yöntem, bir alternatifin tüm kriterlere göre değerini basit matematiksel uygulamalar yardımıyla hesaplamaktadır. Tüm bu değerler numerik ve ölçülebilirdir. SAW yöntemi, kriterlere toplamları "1" olacak şekilde göreli ağırlıklar vermekte ve bu ağırlıkları alternatif değerleri ile çarpıp toplayarak her alternatif için bir son değer bulmaktadır (Göktolga, 2012: 73-74).

  Her bir alternatifin toplam tercih edilme değerleri, aşağıdaki formülasyon yardımıyla hesaplanmaktadır.

  $V_i=\sum_{j=1}^{n} w_j \, r_{ij} \qquad i=1,2.....m$

  Burada "w_j" simgesi, j kriterine verilen önem ağırlığını göstermektedir. En yüksek "V_i" değerine sahip olan alternatif en iyi alternatif olurken, en düşük değere sahip olan alternatif en kötü tercih olarak nitelendirilir. Karar alternatiflerinin toplam ağırlıklarının belirlenmesi ile karar alınır ve alternatif kararlar sıralanır (Nadali, 2012: 403).
- **Analitik Hiyerarşi Süreci (Analytic Hierarchy Process) :** AHP, fazla sayıda alternatif grubundan seçim veya sıralama yaparken, birden çok karar vericinin bulunduğu, belirlilik ve belirsizlik durumunda karar vermeye

yardım edici telafi edici türde bir metottur (Subaşı, 2011: 30-32). Kişisel değerlendirmeleri, hiyerarşinin her seviyesinde ve bir üst seviyeye göre ikili karşılaştıran AHP metodu; amaçlar, nitelikler, kriterler ve alternatiflerden oluşan hiyerarşik bir düzendir (Donegan, 1992: 295-296).

AHP' de, öncelikle karar vericinin ulaşmak istediği amaç belirlenir. Daha sonra bu amaca yönelik faktörler ortaya konur. Ardından her bir faktör için, bir alternatif ortaya konur. Böylece, karar problemi hiyerarşik bir yapıya kavuşmuş olacaktır. AHP' nin genel çözüm adımları, aşağıda gösterilmiştir:

- Problemin/amacın tanımlanması
- İkili karşılaştırmalar ve karar matrisleri oluşturulması
- Kriterlerin göreli önem derecelerinin hesaplanması
- Modelin tutarlılık oranının hesaplanması
- Alternatiflerin sıralanması

- **ELECTRE Yöntemi:** ELECTRE (Elimination And Choice Translating Reality) yöntemi, ilk olarak 1966 yılında Bernard Roy tarafından var olan karar verme yöntemlerinin eksikliklerine cevap verebilmek adına geliştirilmiştir. Her bir karar niteliği için alternatifler arasında ikili karşılaştırmalar yapmaktadır (Çelik, 2014: 143). Literatürde telafi edici yöntemler arasında yer alan ve birden çok versiyonu bulunan yöntem (ELECTRE I, II, III, IV, TRI) uygulamadaki farklılıkları ile öne çıkmaktadır (Almeida, 2005: 116).

  ELECTRE yöntemi; karar problemindeki her alternatifin birbirlerine göre üstünlüklerini ölçmek için uyum endeksleri, zayıflıklarını ölçmek adına uyumsuzluk endeksleri hesaplamaktadır (Ertuğrul, 2010: 27-30).

  ELECTRE yaklaşımı iki temel konuyu içinde barındırmaktadır. Bunlar eşik ve üst derecelendirme kavramlarıdır. Bu iki kavramı anlayabilmek adına, "A" gibi bir kriter ve "x, y" alternatifleri düşünelim. Bu kritere göre kıyaslamaları ELECTRE şu şekilde gerçekleştirecektir. Burada "q" değeri, farksızlık eşiğini simgelemektedir (Huang, 2005: 2239).

  - xTy (x alternatifi, y alternatifine tercih edilir.) $A(x)>A(y)+q$
  - xFy (x alternatifi, y alternatifinden farksızdır.) $[A(x)-A(y)] \leq q$
  - xKy (x alternatifi, y alternatifi ile karşılaştırılamaz.)

Farksızlık eşiği her zaman, karar verici tarafından belirlenir. Bu değer, alternatifleri kıyaslarken gösterilecek tolerans düzeyi olarak da ele alınabilir. ELECTRE yöntemi, bu eşik değerleri kullanarak üst- derecelendirme yapısı oluşturmayı hedeflemektedir (Buchanan, 1999: 4).

- **PROMETHEE Yöntemi:** 1982 yılında Jean-Pierre Brans tarafından geliştirilmiştir. PROMETHEE yönteminde en önemli adım, kriterlerin belirlenmesi aşamasıdır. PROMETHEE I yöntemi ile belirlenen kriterler altında alternatiflerin kısmi derecelendirmesi yapılır. PROMETHEE II yöntemi ile de alternatiflerin net öncelikleri belirlenir (Çelik, 2014: 146-148). Yöntem 7 temel adımdan oluşmaktadır:
    - Veri Matrisinin Oluşturulması
    - Tercih fonksiyonlarının tanımlanması
    - Ortak tercih fonksiyonlarının belirlenmesi
    - Tercih indeksleri aşaması
    - Üstünlüklerin saptanması
    - Kısmi önceliklerin belirlenmesi
    - Nihai önceliklerin belirlenmesi
- **TOPSIS Yöntemi:** 1981 yılında, ilk olarak Hwang ve Yoon tarafından ortaya atılan "İdeal Çözüm Benzerliğine Dayanan Sıralama Tekniği", klasik çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olarak karşımıza çıkmaktadır (Mandic, 2014: 32). Yöntem, ortaya atıldığı ilk günden itibaren çeşitli modifikasyonlara uğramıştır. Çok kriterli karar verme problemleri için geliştirilen yöntem, zamanla çok amaçlı karar verme ve çok amaçlı dinamik programlama modellerine de uygulanmıştır (Baky, 2014: 1418-1420). Literatürde telafi edici olan modeller arasında yer almaktadır. Uygulama adımları, ileriki bölümlerde detaylı bir şekilde ele alınacaktır.
    - Karar (Başlangıç) Matrisinin Oluşturulması Aşaması
    - Karar Matrisinin Normalize Edilmesi Aşaması
    - Normalize Matrisin Ağırlıklandırılması Aşaması
    - Pozitif Ve Negatif İdeal Çözümlerin Belirlenmesi Aşaması
    - Ayrım Ölçütlerinin Hesaplanması Aşaması
    - İdeal Çözüme Bağlı Yakınlığın Hesaplanması Aşaması
    - Alternatiflerin Sıralanması Aşaması

- **Gri İlişkisel Analiz:** Gri ilişkisel analiz, çok kriterli karar verme literatüründe adından sıkça bahsedilen bir karar verme ve analiz yöntemidir. Adından da anlaşılacağı üzere iki farklı değişken arasındaki negatif veya pozitif ilişkiden yola çıkmaktadır. Siyah, bir sistem içindeki bilgide belirsizliğin var olduğunu gösterirken; beyaz, bilginin ulaşılabilir ve net olduğunu göstermektedir. Gri ilişkisel analiz, bir sistemdeki belirsiz bilgiyle kesin bilgi arasındaki ilişkiyi ölçme temeline dayanmaktadır (Yılmaz, 2010: 2-3). Telafi edici yöntemler arasında yer alan yaklaşım, basit prosedürler içermesi sebebiyle tercih edilmektedir. Yönteme dair detaylı açıklamalar ve uygulama adımları ileriki bölümlerde anlatılacaktır.

    - Veri setinin hazırlanması
    - Referans serisinin oluşturulması
    - Veri matrisinin normalize edilmesi
    - Gri ilişkisel katsayısının hesaplanması
    - Gri ilişkisel derecesinin belirlenmesi

1.2.6.3. Alternatiflere Dair Bilgiyi Kullanan Yöntemler

Bu tür yöntemler, karar verici tarafından alternatiflere dair saptanan bilgiler ışığında ele alınmaktadır. Alternatifler üzerinden elde edilen bilgi kullanılarak, yöntem süreçleri ele alınmaktadır.

- **LINMAP Yöntemi:** Çok Boyutlu Tercih Analizine Yönelik Doğrusal Programlama Tekniği (LINMAP), Srinivasan ve Schocker tarafından 1973 yılında ortaya konulmuştur. Alternatifler kümesinden "w" gibi bir ağırlık vektörü ve pozitif ideal çözüm vektörü ortaya koyarak bir tercih sıralaması öngören çok kriterli karar verme yöntemidir (Hajiagha, 2012: 638). Fakat, LINMAP uygulamaları genelde doğrusal/kesin çevrelerde ele alınmaktadır. Yöntem, yıllar boyu farklı düzenlemelere konu olmuştur. Bulanık LINMAP, dilsel değişkenli LINMAP, sezgisel bulanık LINMAP ve Gri Sayılarla LINMAP yöntemin çeşitli varyasyonlarıdır.
- **Çok Boyutlu Ölçekleme Analizi**

  Çok boyutlu ölçekleme analizi, "n" nesne ya da birim arasındaki "p" değişkene göre belirlenen uzaklıklara dayalı olarak nesnelerin "k" boyutlu bir

uzayda gösterilmesini amaçlayan, böylece nesneler arasındaki ilişkiyi açıklamaya çalışan bir yöntemdir. İlişki düzeyini açıklarken birimlerin benzerlik ve farklılıklarını kullanmaktadır. Böyle bir analizde temel amaç, birimlerin ilişki yapısını en az boyutla anlamlandırmaktır. Çok boyutlu ölçekleme analizinde, uzaklıklar matrisi kullanılarak çözüme ulaşılması nedeniyle veri tipine uygun uzaklık matrislerinin oluşturulması gerekmektedir. İlgili veri tipi ve önerilen yöntemler şu şekildedir (Bülbül, 2010: 83-85).

Veri Tipi Ölçeği	Uzaklık Elde Etme Yöntemleri
Aralık ve Orantılı Ölçek	Öklid Uzaklığı,Karesel Öklid,Chebychef,Blok,Minkowski
İkili (Binary) Ölçek	Öklid Uzaklığı,Karesel Öklid,Size Difference,Varyans Uzaklığı
Sayım Değerleri (Count)	Ki-Kare,Fi-Kare Ölçüsü

Tablo 1.1. Veri Tipi Ve Uzaklık Yöntemleri

1.2.7. Tasarım (ÇAKV) Problemi ve Seçim (ÇNKV) Problemi Ayrımı

Çok kriterli karar verme kapsamında ele alınan farklı yaklaşımlar, bu teoriyi iki ana başlık altında ele almaktadır. Yöntemlere yönelik sunulan sınıflandırmada bunu görmek mümkündür. Çok kriterli ve çok boyutlu karar problemleri "Çok nitelikli" ve "Çok Amaçlı" olarak iki farklı yönden ele alınmaktadır. Çok amaçlı problemler sonsuz sayıdaki alternatif dizininden seçim işlemi yaparken; çok nitelikli karar problemleri sonlu sayıdaki alternatifleri ele almaktadır. Problemin düzenlenmesine yönelik amaç, iki türde farklılık göstermektedir.

Kullanılan her bir yöntem içindeki kavramların farklılaşması böyle bir ayrıma gidilmesini gerektirmiştir. Çok nitelikli karar modeli, seçim/sıralama problemlerine uygulanırken; çok amaçlı karar modeli dizayn/tasarım problemlerine uygulanmaktadır. Çok amaçlı ve çok nitelikli karar modellerinin arasındaki belirgin farklar şu şekildedir (Çınar, 2004: 46).

	ÇNKV	ÇAKV
Kriterlerin Tanımı	Nitelikler ile	Amaçlar ile
Amaçların Tanımı	Kapalı	Belirgin
Niteliklerin Tanımı	Açık/Belirgin	Kapalı
Kısıtlar	Niteliklere Dahil	Bağımsız
Alternatifler	Sonlu Sayılı	Sonsuz Sayıda
KV İle Etkileşim	Kısmi	Yoğun
Problem Amacı	Seçim/Derecelendirme	Tasarım/Dizayn

Tablo 1.2. ÇNKV ve ÇAKV Farkları

Çok amaçlı karar problemleri, sonsuz sayıda alternatif arasından en uygun olanı seçme sürecidir. Problemin amacı veya sonucu bir tasarım olarak ortaya çıkmaktadır. Alternatif seçimi amaçlar yardımıyla yapılır. Belirlenen amaçlar ve kısıtlılık altında, sonsuz seçimden biri hayata geçirilir. Örneğin, bir otomotiv firmasında yeni bir modelin piyasa sunulması öncesinde bir tasarım problemi ele alınır. Sonsuz şekilde ve özellikteki otomobil alternatiflerinden, o firmada çalışan mühendisler seçim yapmak durumundadırlar. Dizayn edilen her bir araba, sonsuz seçeneklerin bir parçasıdır. Tasarım problemine dahil olan mühendis için seçebileceği hazır bir alternatif mevcut değildir. Bu tür problemleri ele alan yöntemler, ÇAKV modeli altında ele alınmaktadır.

Bunun yanında, o firmanın ürettiği farklı nitelikte veya fiyattaki birçok otomobilden, yalnızca birini satın almak isteyen bir müşterinin karşılaştığı problem bir seçim problemidir. Kişi, satın alacağı otomobili kendi karar kriterlerine göre değerlendirip var olan seçenekler arasından birini seçecektir. Bu tür problemler de, seçim/sıralama (ÇNKV) problemi olarak ele alınmaktadır.

Bu çalışmada, yukarıda bahsedilen farklı yöntem ve kavramlar ışığında çok nitelikli karar verme modeline odaklanılacaktır. Çalışmanın uygulama bölümünde bir sıralama/seçim problemi ele alınacağından, ÇAKV model ve yöntemleri kapsam dışı bırakılmıştır.

2. BÖLÜM: UZLAŞMACI VE UZAKLIK TABANLI ÇKKV YÖNTEMLERİ, AĞIRLIK BİLGİSİ ve LİTERATÜR

2.1. UZLAŞMACI ve UZAKLIK TABANLI ÇKKV YÖNTEMLERİ

2.1.1. Giriş, Yöntem Tanımlamaları ve Literatür Örnekleri

Çok kriterli karar verme yöntemleri, nitelik içi veya nitelikler arası dengeleme temeline dayanan bir nevi optimizasyon sürecidir. ÇKKV teknikleri içerisinde nitelik bilgisinin ele alınması yaklaşımı iki temel yapıtaşı üzerine kurulmuştur. Bu ayrım literatürde, telafi edici modeller ve telafi edici olmayan modeller olmak üzere iki grupta yapılır.

Telafi edici olmayan modeller, probleme konu olan karar kriterleri arasında sağlama veya optimizasyon işlemine izin vermezler. Başka bir deyişle, bir nitelikte sahip olunan negatif etki, başka bir niteliğin sahip olduğu pozitif puanlarla kapatılamaz. Bu modellerde her bir karar kriteri kendi başına değerlendirildiğinden, niteliklere göre derecelendirmeye gitmek ve en uygun çözüme gitmek telafi edici modellere kıyasla zorlaşmaktadır. Niteliklerin kolayca elimine edildiği basit yapıdaki problemlerde çözüm üretilse de, karmaşık yapıdaki problemlerde bu modeller açmaza girmektedir.

Telafi edici modellerde ise; bir niteliğin sahip olduğu pozitif / negatif değer, bir diğer nitelikteki pozitif / negatif değer ile dengelenmektedir. Bu durum, farklı kriterlere sahip karar problemini değerlendiren karar verici için kolaylık anlamına gelmektedir. Bunun yanında bu modeller, niteliklerin göreli önem ağırlıklarını kullanarak puanlama yöntemiyle sonuç derecelendirmeye giderler.

Bu çalışmada telafi edici olmayan modeller kapsam dışı bırakılmıştır. Literatürde sıklıkla kullanılan telafi edici modellerden TOPSIS ve GİA detaylıca açıklanacaktır. Yöntemlerin kullanıldığı çalışmalar literatürden örneklendirilecektir. Bu modeller, sundukları basit adımlar ile sonuca ulaşmaları yanında tutarlı ve anlamlı sonuçlar barındırmaları sebebiyle tercih sebebi olmaktadır.

Çalışmanın uygulama aşaması bir sıralama/derecelendirme problemi olarak ele alındığından literatürde telafi edici modeller arasında yer alan TOPSIS ve GİA seçilmiştir. Ayrıca karar probleminin içerdiği bilgi, sayısal verilere dayanan

başlangıç karar matrisi olduğundan ve matristen ağırlık bilgisi elde eden yöntemler test edileceğinden bu yöntemler tercih sebebi olmuşlardır. Bu bakımdan yöntemler, sıralama/derecelendirme sorunumuza çözüm teşkil edecektir.

Bahsi geçen yöntemler, basit prosedürler sunmalarının yanında etkili ve anlamlı sonuçlar vermeleri sebebiyle çoğu çalışmada kullanılmaktadır. Literatürde bu yöntemleri kullanan birkaç çalışma kronolojik olarak özetlenecektir.

Hsu, 2008 yılında yaptığı çalışmada; temel klinikleri ve medikal bilgi sistemleri sağlayıcılarını ele almıştır. Çalışmada, Delphi tekniği ile elde edilen uzman görüşleri ve Entropi yöntemi kullanmışlardır. En uygun bilgi sağlayıcısını seçmek amaçlı TOPSIS yaklaşımı ele alınmıştır. Sağlayıcı tecrübesi, ekonomik faktörler, sağlayıcı ve ürün kalitesi, sağlayıcının tedarik yeteneği, teknoloji ve eşleşme becerileri gibi ana kriterler ışığında 3 adet alternatif sağlayıcı arasından seçim problemini ele almışlardır. Çalışma sonucunda Entropi yöntemiyle TOPSIS yaklaşımının uyumlu çalıştığı gözlenmiştir (Hsu, 2008).

Huang, 2008 yılında yaptığı çalışmada, bir üniversite için bilişim sistemleri seçimi problemini ele almıştır. Karar probleminde, 7 adet alternatif yönetim bilişim sistemi ve bunları derecelendirilmek için belirlenen 5 temel kriter bulunmaktadır. Toplam maliyet, geçiş süresi, sistemin performansı, geliştirme kapasitesi ve servis imkanı, sektörel ün karar kriterleri olarak belirlenmiştir. TOPSIS ve Entropi yöntemlerinin konu edildiği bu ampirik çalışmanın sonucunda; kullanılan yöntemlerin anlaşılır, basit ve rasyonel çözümlemeler içerdiği vurgulanmıştır (Huang, 2008).

Lı ve arkadaşları, 2011 yılında yaptıkları çalışmada; kömür madenlerindeki güvenlik seviyesini ölçmeyi hedeflemişlerdir. Değerlendirme aşamasında; TOPSIS ve entropi yöntemleri kullanılmıştır. Çalışma farklı yöntemi kullanan çalışmalarla kıyaslanmıştır. Madenlerdeki güvenlik seviyesini belirlemede kullanılacak 10 adet kriter, uzman görüşler ve anketler yardımıyla elde edilmiştir. Değerlendirmeye alınan 4 adet kömür madeni kriterler ışığında sıralanmıştır. Çalışma sonucunda, entropi ağırlıklandırma ile TOPSIS yönteminin diğer yöntemlerle (Yapay sinir ağları, Bulanık yöntemler) paralel sonuçları verdiği görülmüştür (Li, 2011).

Uygurtürk ve arkadaşı, 2012 yılında yaptıkları çalışmada; İMKB'de işlem gören 13 adet metal firmasının 5 dönemlik finansal performanslarını TOPSIS yöntemiyle ölçmeyi hedeflemişlerdir. Cari oran, likidite oranı, stok devir hızı, sabit aktif devir hızı, toplam aktif devir hızı, borcun toplam aktiflere oranı, net kar marjı ve öz sermaye karlılığı problem kriterlerini göstermektedir. Kriter ağırlıklandırma aşaması, kriterlerin sütun toplamının toplam kriter puanına oranlanmasıyla hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda, TOPSIS yönteminin yıllar bazında sunduğu sıra değerleri, korelasyon testine tabi tutulmuş ve yıllara göre farklılık seviyeleri irdelenmiştir (Uygurtürk, 2012).

Elitaş ve arkadaşları 2012 yılındaki çalışmalarında, sigorta şirketlerinin mali performanslarını GİA yöntemi ile ölçmüşlerdir. Bu kapsamda 10 adet performans göstergesi kullanılarak sigorta şirketleri sıralanmıştır. Çalışma sonucunda, likidite oranları sigorta şirketlerinde en önemli değişken olarak tespit edilmiştir (Elitaş, 2012).

Çakır ve arkadaşı, 2013 yılında yaptıkları çalışmalarında; lojistik firmalarının performanslarını ölçmeyi hedeflemişlerdir. Çalışmanın kriter ağırlıklarının hesaplanması aşamasında, nesnel yaklaşıma sahip CRITIC yöntemi; değerlendirme aşamasında TOPSIS, SAW ve VIKOR yöntemleri, son sıralamayı yapmak adına da Borda sayım yöntemini kullanmışlardır. Çalışma sonucunda uygulanan hibrit modelin firma performans ölçüm konularına uygulanabilir olduğu ve basit matematiksel işlemlerle zaman tasarrufu sağladığı tespit edilmiştir. Ayrıca, nesnel ağırlık bilgisini kullanmanın çalışmayı objektifliğe yaklaştırdığı ve kullanılan her bir yöntemin etkili bir şekilde kıyaslanıp objektif bir derecelendirmeye varıldığı vurgulanmıştır (Çakır, 2013).

Urfalıoğlu ve arkadaşı, 2013 yılında yaptıkları çalışmalarında; Türkiye'nin ekonomik performansını AB'ye üye olan ülkeler ile kıyaslamayı hedeflemişlerdir. Bu probleme yönelik olarak; TOPSIS, ELECTRE ve PROMETHEE yöntemlerini kullanmışlardır. Karar kriterlerine eşit ağırlıklar atanmıştır. Kişi başına düşen gayri safi yurtiçi hasıla, büyüme hızı, ihracat, ithalat, istihdam oranı ve enflasyon karar kriterleri olarak belirlenmiştir. Çalışma sonucunda; özellikle ELECTRE ve PROMETHEE yöntem sonuçlarının birbirine yakın çıktığı gözlense de, tüm

yöntemlerden alınan sonucun paralel seyir izlediği yargısına ulaşılmıştır (Urfalıoğlu, 2013).

Ahmadi ve arkadaşları, 2014 yılında yaptıkları çalışmalarında, İran ekonomisine yer alan sektörleri 20 kısma ayırmış ve çevre kirliliğine yol açan 5 faktörün emisyon etkilerini hesaplamak istemişlerdir. Çalışmada TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, her sektörün ekolojik çevrede yol açtığı kirlenme dereceleri, sektörler bazında hesaplanmıştır. Çalışmaya göre en fazla kirliliğe yol açan sektörler; hoteller, emlakçılık, metal ürünler sektörü, tekstil, odun ve ağaç üretimi sektörü olarak belirlenmiştir (Ahmadi, 2014).

Ecer ve arkadaşı 2014 yılında yaptıkları çalışmalarında, BİST'de işlem gören turizm şirketlerinin finansal performanslarını ölçmeyi hedeflemişlerdir. Çalışmada, gri ilişkisel analiz yöntemi kullanılmıştır. 17 adet finansal gösterge, karar kriterleri olarak ele alınmıştır. Çalışma sonucunda yapılan derecelendirme yardımıyla, sektördeki firmalara yeni bir bakış açısı kazandırıldığı ve kullanılan yöntemin veri sağlanamadığı durumlarda etkili sonuçlar sunduğu vurgulanmıştır (Ecer, 2014).

2.1.2. TOPSIS Yaklaşımı

Gündelik yaşamın her anında insanlar; en doğru, en faydalı olacağına inandıkları alternatifleri tercih ederler. Zamanla bireyler, sağlam kararlara ulaşmak adına teknikler ve yöntemler geliştirir. Rasyonel olan her birey, bir gerçekliğe ulaşmak adına çeşitli metotlar ve yollar denemektedir. En doğru karara ulaşmak her zaman kolay olmayabilir. Bazı isteklerden feragat etmek veya negatif nitelikleri tolere etmek gibi gereklilikler doğabilir. En doğru karara ulaşmak isteyen insan, bu kararına tüm taleplerini tatmin ederek ulaşamaz. Örneğin, spor bir otomobile sahip olmak isteyen bir genç, yakıt tüketimi veya vergi avantajı gibi faktörleri düşünemez. Çünkü, böyle bir karar almak isteyen kişi daha uygun otomobili de tercih edebilir. Nitelikler her zaman paralel bir seyir izlemez. Bir karar süreci çelişen niteliklere sahip olabilir.

Karşılaştığımız çoklu karar verme problemlerinde, değerlendirme kriterlerimiz çelişki veya çatışma içerebilir. Böyle bir durumda, sahip olduğumuz koşulları optimum düzeyde tutmak birincil amaçtır. Düşünce mekanizmamız, bize

fayda sağlayacak olan her bir kriterin en fazla faydayı, bize maliyet veya zarar oluşturacak her kriterin de, en az zararı göstermesi isteği üzerine kurulacaktır.

Gerçek hayatta olduğu gibi bilimsel yaklaşımlarda da süreç farklı değildir. Bir karar süreci; gerçekleştirilmek istenen amaç/hedef, nitelikler, kıstaslar ve alternatiflerden oluşmaktadır. En basit manada, karar verme en az iki seçenekli bir problemde bir seçeneği diğerine tercih etme sürecidir. Çelişen niteliklerin tolere edilmesi veya yüksek arzuya sahip niteliklerin önem derecesini belirlemek bir karar probleminde önemli bir süreçtir. En doğru karar, zihnimizdeki değerlemede en fazla öneme sahip olan seçenek iken; en yanlış karar, zihnimizdeki değerlendirmeden en düşük puanı alan seçenektir.

Rutin yaşamdakinden hareketle, çok kriterli karar verme yaklaşımında da; doğru ve yanlış karar vardır. Doğru karar, bir problemde alternatifler arasından en yüksek değerlendirme puanına sahip olan iken; yanlış karar; alternatifler arasından en düşük değerlendirme puanına sahip olandır. TOPSIS yaklaşımının temeli de, bu mantıkla oluşmaktadır. Bir karar probleminde, alternatiflerin niteliklere göre sıralanması mantığını gütmektedir. En mükemmel veya en kötü çözüm yoktur, uzlaşık/uzlaşmacı çözüm vardır.

1981 yılında, ilk olarak Hwang ve Yoon tarafından ortaya atılan TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemi, klasik çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Farklı seçenekler barındıran sıralama veya karşılaştırma problemlerinde uygun yöntemler arasındadır (Ahmadi, 2014: 1365). Farklı alternatifleri sıralayıp içlerinden en iyi olanını seçme temeline dayanmaktadır. İdeal çözüme en yakın değerin belirlenmesi ve anti-ideal çözüme en uzak değerin belirlenmesi, olabilecek en az maliyetle maksimum kar düzeyine ulaşmak anlamında algılanabilir (Vega, 2014: 311-312).

TOPSIS yöntemi; karar problemi alternatiflerini pozitif ideal çözüme ve negatif ideal çözüme olan uzaklıklarını ele alarak derecelendirmektedir. Pozitif ideal çözüm, fayda kriterini maksimize ederken, maliyet kriterini minimize; negatif ideal çözüm ise, fayda kriterini minimize ederken, maliyet kriterini maksimize etmektedir (Behzadian, 2012: 13052). Böylece yapılan derecelendirme, alternatiflerin pozitif ideal çözümden en kısa geometrik mesafesi ve negatif ideal çözümden en uzak

geometrik mesafesi ele alınarak elde edilmektedir (Jayakumar, 2014: 378). Yöntem, bu uzaklıkları Öklid bağıntılarına uygun olarak hesaplamaktadır.

TOPSIS yöntemi, yüksek düzeyde nitelik bilgisi kullanması, alternatiflerin kardinal sıralamalarını sağlaması ve nitelik tercihlerinden bağımsız hareket etmesi sebebiyle etkili bir yöntemdir. Bu metodun uygulanması için; nitelik değerlerinin rakamsal olmaları, aşağı veya yukarı yönlü (fayda veya maliyet özellikli) hareket etmeleri ve aynı standartlarda ölçülebilir olması gerekmektedir (Behzadian, 2012: 13053).

TOPSIS yöntemi, değerlendirilen her niteliğe yönelik bir sınıflandırma bilgisinden ziyade, her biri için spesifik bir skor üretmektedir. Her türlü değerlendirme ve sıralama çalışmasına konu olan yöntem, bir dizi alternatif arasından uzlaşık çözüme ulaşmayı hedeflemektedir (Zhu, 2014: 100).

TOPSIS yöntemi, bir sıralama yaklaşımı olarak ele alınmaktadır. Bu bakımdan, bu yöntemi sınıflandırma problemlerine yönelik düzenlemek güçtür. Buna engel olan 3 temel etken vardır (Zhu, 2013: 259).

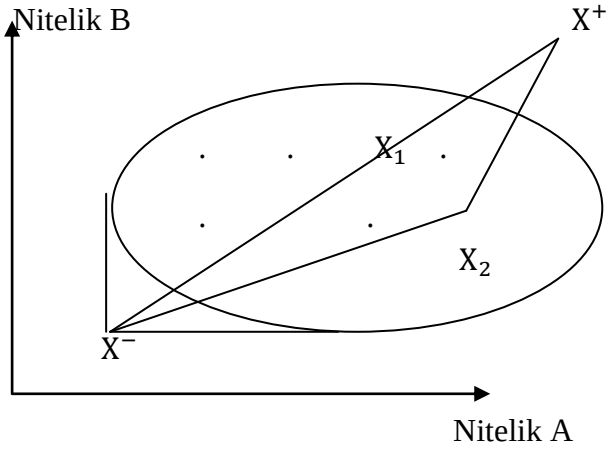
- TOPSIS yönteminin kriterleri sezgisel olarak ayrıştırılmaktadır.
- Kriter ağırlıkları, uzmanlar tarafından öznel biçimde belirlenmektedir.
- TOPSIS yöntemi, yapısı gereği bir sınıflandırma metodu değil, sıralama metodu olarak oluşturulmuştur.

Bunun yanında yöntem, sıralama problemleri için 3 büyük avantaja sahiptir.

- Literatürde, yöntemin değerlendirme sonuçları güvenilir kabul edilmektedir.
- Lineer ölçümler içermesinin yanında basit hesaplama prosedürleri ile zaman tasarrufu sağlamaktadır.
- Yöntemin sunduğu analiz sonuçları, kolay anlaşılır ve yorumlanabilir niteliktedir.

En uygun çözümün ideal çözüme en yakın ve anti-ideal çözüme en uzak mesafede olduğu temeline dayanan TOPSIS yöntemi, iki kriterin de fayda olduğu varsayımı ile iki nitelikli bir uzayda şu şekilde gösterilmektedir.

Aşağıdaki gösterimde ideal (X^+), anti-ideal (X^-) çözümler ve alternatifler kümesi (X_1, X_2) yer almaktadır. X_1 alternatifi X_2alternatifine göre, ideal çözüme daha yakın olmasının yanında; anti-ideal çözüme de daha yakındır. Bu sebeple, anti-ideal çözümden daha uzak olan alternatif (X_2) uzlaşık çözümdür (Çınar, 2004: 133).



Şekil 2.1. TOPSIS Mantığı

TOPSIS yöntemi; m tane karar alternatifi ($A_1, A_2, A_3 \ldots . A_m$), n tane değerlendirme kriterine ($C_1, C_2 C_3 \ldots . C_n$) sahip olan bir çok kriterli karar problemini matris düzeni içinde ele almaktadır. Her m alternatifi her n kriteri açısından değerlendirmeye alınmaktadır. Her bir alternatif ve kritere karşılık gelen değerlendirme puanları $m \times n$ boyutlu bir karar matrisi ($D[X_{ij}]$) oluşturmaktadır. Burada, X_{ij}, A_i alternatifinin C_j kriterine karşılık gelen değerini göstermektedir (Oztaysi, 2014: 46-47). Yöntem, 7 temel aşamadan oluşmaktadır.

2.1.2.1. Karar (Başlangıç) Matrisinin Oluşturulması Aşaması

Karar matrisinin satırlarında, değerlendirme kriterlerine göre sıralanmak istenen karar alternatifleri, sütunlarında ise değerlendirmede kullanılacak nitelikler yer almaktadır. X_{ij} matrisi, problemin başlangıcını oluşturan karar matrisidir (Dymova, 2013: 4842).

$$D[X_{ij}] = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \ldots . & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \ldots . & X_{2n} \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & \ldots . & \cdot \\ X_{m1} & X_{m2} & & X_{mn} \end{bmatrix}$$

Yukarıdaki matriste, “m” karar noktası sayısını, “n” karar kriteri sayısını göstermektedir.

2.1.2.2. Karar Matrisinin Normalize Edilmesi Aşaması

Bu adımdaki normalizasyon işleminin amacı, farklı boyutlardaki nitelikleri boyutsuz birimlere dönüştürerek kıyaslamaya imkan sağlamaktır. Bunun için başlangıç karar matrisindeki çıktı değerleri (X_{ij}) yerine normalize değerler (r_{ij}) hesaplanarak, normalize edilmiş yeni karar matrisi elde edilir. Karar matrisinde yer alan her satır vektörünü, o vektörün normuna bölerek r_{ij} değerleri elde edilir. Normalizayon için uygulanan formül ve oluşan yeni matris şu şekildedir:

$$r_{ij}=\frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^{m} x_{ij}^{2}}} \qquad i=1,2,\ldots\ldots m;\ j=1,2,\ldots.n \text{ (fayda kriteri)}$$

$$r_{ij}= 1-\frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^{m} x_{ij}^{2}}} \qquad i=1,2,\ldots\ldots m;\ j=1,2,\ldots.n \text{ (maliyet kriteri)}$$

$$R_{ij}=\begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \ldots. & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \ldots. & r_{2n} \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & \ldots. & \cdot \\ r_{m1} & r_{m2} & & r_{mn} \end{bmatrix}$$

Normalizasyon sayesinde, matris kriterleri aynı boyutta değerlendirmeye hazır duruma gelmektedir. Böylece nitelikler arası ortak bir değerlendirmeye gidilebilir. Yalnız bu işlemin kötü tarafı, niteliklerin ölçüm skalalarını eşit uzunlukta ele almamasıdır. Her kriter için, ölçeğin en yüksek ve en düşük değerleri aynı değildir. Bu nedenle yapılan karşılaştırma orantısız bir şekil almaktadır (Çınar, 2004: 135).

2.1.2.3. Normalize Matrisin Ağırlıklandırılması Aşaması

Bu adımda, karar kriterlerinin önem derecelerini gösteren göreli ağırlıklar W= ($w_1, w_2, w_3 \ldots. w_n$); $\sum w_j = 1$, normalize edilmiş matrise dahil edilir. Kriter ağırlıkları, tüm satır vektörleriyle çarpılarak ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi elde edilir.

$$V_{ij}=w_j \times r_{ij} \quad i=1,2,\ldots\ldots m;\ j=1,2,\ldots.n$$

$$V_{ij}=\begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots. & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \dots. & w_n r_{2n} \\ . & . & & . \\ . & . & \dots. & . \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & & w_n r_{mn} \end{bmatrix}$$

2.1.2.4. Pozitif Ve Negatif İdeal Çözümlerin Belirlenmesi Aşaması

Bu adımda iki hipotetik alternatif A^+ ve A^- tanımlanır. A^+, her kriter sütununda en yüksek değeri alan (pozitif ideal çözüm) alternatiftir. A^- ise, her kriter sütununda en düşük değeri alan (negatif ideal çözüm) alternatiftir. Hesaplanan pozitif ideal ve negatif ideal çözümler, ağırlıklandırılmış normalize en iyi ve en kötü değerlerdir.

i=1,2,……m; j=1,2,….n olmak üzere

$A^+=\{v_j^+, j = 1,2, \dots. n\}$

Burada;

- Eğer j fayda kriteri ise, $v_j^+=\max\{v_{ij}\}$
- Aksine j maliyet kriteri ise, $v_j^+=\min\{v_{ij}\}$

$A^-=\{v_j^-, j = 1,2, \dots. n\}$

Burada;

- Eğer j fayda kriteri ise, $v_j^-=\min\{v_{ij}\}$
- Aksine j maliyet kriteri ise, $v_j^-=\max\{v_{ij}\}$ olarak oluşturulmaktadır.

Burada, A^+ en çok tercih edilen seçenek iken; A^-, en az tercih edilen/anti-ideal seçenektir.

2.1.2.5. Ayrım Ölçütlerinin Hesaplanması Aşaması

Problem alternatiflerinin pozitif ideal ve negatif ideal çözüme olan uzaklıklarının hesaplanması için her alternatife yönelik n boyutlu Öklid uzaklığı (S_i^+ ve S_i^-) hesaplanır. Hesaplamalar aşağıdaki gibi yapılmaktadır (Dymova, 2013: 4843).

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (v_{ij} - v_j^+)^2}$$, i=1,2,……m

Yukarıdaki formül, her alternatifin pozitif ideal çözüm noktasına olan uzaklığını göstermektedir.

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (v_{ij} - v_j^-)^2}$$, i=1,2,……m

Yukarıdaki formül, her alternatifin negatif ideal çözüm noktasına olan uzaklığını göstermektedir.

2.1.2.6. İdeal Çözüme Bağlı Yakınlığın Hesaplanması Aşaması

Burada hesaplanan değerin büyük olması, alternatifin o kadar fazla tercih edilmesi gerekliliğini gösterir. A_i alternatifi pozitif ideal çözüme yaklaştıkça "1" değerine, negatif ideal çözüme yaklaştıkça "0" değerine doğru yönelmektedir.. Bir A_i alternatifinin, A^+ değerine olan göreli yakınlığı aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmaktadır.

$RC_i = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^+}$ i=1,2,……m; $0 \leq RC_i \leq 1$.

2.1.2.7. Alternatiflerin Sıralanması Aşaması

Bu aşamada, yukarıdaki adımda hesaplanan RC_i değerleri büyükten küçüğe sıralanarak tercih bilgisinin derecelendirilmesi yapılmaktadır. En yüksek RC_i değeri; en ideal alternatifi simgelerken, en düşük RC_i değeri en kötü alternatifi simgelemektedir. Sonuç itibariyle, TOPSIS çözümlemesi son bulmuş olup geriye bu seçilen alternatifin işletme birimlerine uygulanması kalmaktadır.

2.1.3. Gri İlişkisel Analiz

Çok kriterli karar verme yöntemleri, birden çok kritere sahip karar problemlerinde en uygun karara ulaşmayı hedefleyen etkili yollar sunmaktadır. Çok faktörlü problemlere ışık tutması açısından ilk defa 1982 yılında Julong Deng tarafından ortaya atılan "gri teori" kavramı; belirsizlik içeren, yeterli veri içermemesinden dolayı modellenemeyen problemlerde karar vericiye en doğru yolu

seçmesinde yardımcı olan etkili bir karar verme mekanizmasıdır (Şişman, 2013: 413-414).

Gri ilişkisel analiz, çok kriterli karar verme literatüründe adından sıkça bahsedilen bir karar verme ve analiz yöntemidir. Yöntem, iki farklı değişken arasındaki negatif veya pozitif ilişkiden yola çıkmaktadır. Siyah, bir sistem içindeki bilgide belirsizliğin var olduğunu gösterirken; beyaz, bilginin ulaşılabilir ve net olduğunu göstermektedir. Gri ilişkisel analiz, bir sistemdeki belirsiz bilgiyle kesin bilgi arasındaki ilişkiyi ölçme temeline dayanmaktadır (Yılmaz, 2010: 3).

Gri ilişkisel analiz, ağırlıklı olarak Asya kıtasında kullanılmaktadır. GİA, ilişkinin seviyesine dayanarak sistem içindeki iki serinin benzerlik ve farklılaşma derecelerini belirleyen etki değerlemesi modelidir. İki faktör arasındaki bilgi değerlemesini iki nokta arasındaki uzaklığın hesaplanması gibi küçük çapta değil, bilgi kümelerinin geniş çaplı ele alınmasıyla gerçekleştirmektedir. Analiz, alternatifler arasında geniş çaplı kıyaslamayı dört aşamada ele almaktadır (Chan, 2007: 1541).

- Faktör uyumluluğunun oluşturulması
- Referans serilerinin yapılandırılması
- Gri ilişkisel katsayının hesaplanması
- Gri ilişkisel skorun saptanması

2.1.3.1. Karar Matrisinin Oluşturulması

Alternatif sayısı "m", kriter sayısı "n" adet olan bir çok kriterli karar verme probleminde öncelikle alternatiflerin kriterlere göre değerlerini gösteren başlangıç karar matrisi oluşturulur. Modelin ilk adımında karar verici tarafından belirlenen veya nesnel yaklaşımlarla hesaplanan kriter ağırlıkları ve tercih endeksleri incelenmelidir. Eğer niteliğin yüksek puana sahip olması karar alternatifinin skorunu büyütüyorsa, niteliğin tercih endeksi fayda; tersi durumda ise maliyet olarak ele alınmaktadır. Böylece başlangıç karar matrisi (D_{ij}) şu şekilde oluşacaktır:

$$D_{ij}=\begin{bmatrix} X_1(1) & X_1(2) \dots\dots\dots & X_1(n) \\ X_2(1) & X_2(2) \dots\dots\dots & X_2(n) \\ X_m(1) & X_m(2) \dots\dots\dots & X_m(n) \end{bmatrix} \quad i= 1,2,3,.....m \qquad j=1,2,3,....n$$

D_{ij} matrisindeki $X_i(j)$ değeri, i. alternatifin j. kritere göre değerini göstermektedir.

2.1.3.2. Karar Matrisinin Normalize Edilmesi

Gri ilişkisel analizin bu adımında, farklı kaynaklardan gelen farklı boyutlardaki veri setleri boyutsuz birimlere çevrilmektedir. Ayrıca karar matrisinde geniş aralıklı değerlerin olması analizi zor kılacağından, faktörler arasında daha dar aralıklar oluşturulmalıdır. Bu adım, "gri ilişkisel oluşum" adıyla tanımlanmaktadır (Özdemir, 2009: 148).

Bu adımda kriterlerin sahip olduğu tercih endekslerine göre normalizasyon işlemi yapılmaktadır. Eğer niteliğin yüksek olması arzulanıyor ise nitelik fayda yönlü, düşük olması arzulanıyor ise nitelik maliyet yönlü bir seyir izleyecektir. Normalizasyon aşamasından sonra, fayda yönlü kriterlerin içerisindeki en iyi değer "1" değerine yaklaşırken, maliyet yönlü kriter için bu en iyi değer "0" değerine yaklaşacaktır.

$$D_{ij}' = \begin{bmatrix} X_1(1)' & X_1(2)' \dots\dots\dots & X_1(n)' \\ X_2(1)' & X_2(2)' \dots\dots\dots & X_2(n)' \\ X_m(1)' & X_m(2)' \dots\dots\dots & X_m(n)' \end{bmatrix}$$

i= 1,2,3,.....m j=1,2,3,....n

Eğer kriter fayda kriteri ise;

$$X_i(j)' = \frac{[X_i(j) - \min X_i(j)]}{[\max X_i(j) - \min X_i(j)]}$$

i= 1,2,3,.....m j=1,2,3,....n şeklinde,

Eğer kriter, maliyet yönlü ise;

$$X_i(j)' = \frac{[\max X_i(j) - X_i(j)]}{[\max X_i(j) - \min X_i(j)]}$$ i= 1,2,3,.....m j=1,2,3,....n şeklinde ele alınmaktadır.

2.1.3.3. Referans Serisinin Belirlenmesi

Bu işlem, problemin taşıdığı niteliğe göre değişmektedir. Amaç, alternatifler arasından oluşturulan bu seriye en yakın olanı belirlemektir. Eğer nitelik fayda yönlü ise, bulunduğu sütundaki en büyük değer; maliyet yönlü ise, bulunduğu sütundaki en küçük değer hesaplamaya katılır. Normalizasyon sonrasında serideki referans birimler "1" değerini almaktadırlar. "n" uzunluğundaki referans serisi şu şekilde oluşturulur:

$$X_0 = [x_0(1), x_0(2), x_0(3) \dots\dots x_0(n)]$$

2.1.3.4. Mutlak Değer Tablosunun Oluşturulması

Bu adımda, kriter değerleri ile referans serisi arasındaki farklar hesaplanır. ΔXi katsayı farkı, klasik mutlak değer işlemi ile belirlenir.

$\Delta X_i k = |x_0(1) - x_1(1)|, |x_0(2) - x_1(2)| \ldots |x_0(n) - x_1(n)|$

2.1.3.5. Gri İlişkisel Katsayının Hesaplanması

Gri ilişkisel katsayı ölçüsü, her bir alternatife ait değerlerin referans seriye olan uzaklıklarını ele almaktadır. Bu adımda, seri içindeki maksimum ve minimum mutlak değerli elemanlar kullanılarak matris elemanlarının referans seriye olan uzaklığı saptanır. Gri ilişkisel katsayının hesaplanması şu şekildedir:

$\Delta_{ij} = |x_0(j) - x_i(j)|$ notasyonu gri ilişkisel boşluk miktarı iken,

$\Delta_{min} = \min |x_0(j) - x_i(j)|$ i= 1,2,3,.....m j=1,2,3,....n

$\Delta_{max} = \max |x_0(j) - x_i(j)|$ i= 1,2,3,.....m j=1,2,3,....n

"δ" notasyonu, literatürde "ayrıştırıcı katsayı" olarak karşımıza çıkmaktadır. Denklemin "zıtlık kontrolünü" temsil etmektedir. Notasyon için kabul edilen değer "0,5" 'tir. Serideki en büyük değeri küçüklemek amacıyla kullanılan bu birim problemin genel sıralamasını etkilememektedir.

$\gamma(x_{0j}, x_{ij}) = \frac{\Delta_{min} + \delta\Delta_{max}}{\Delta_{ij} + \delta\Delta_{max}}$ i= 1,2,3,.....m j=1,2,3,....n

2.1.3.6. Gri İlişkisel Derecenin Hesaplanması

Gri ilişkisel derece, bir problemdeki referans serisi ile karşılaştırılabilir seri arasındaki ilişkiyi verir. Bu değerin büyük olması, aradaki ilişkinin kuvvetli olduğu gerçeğini yansıtmaktadır. Tüm birimler için hesaplanan gri ilişkisel katsayıların ortalaması ile hesaplanmaktadır.

$\gamma(x_0, x_i) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^{n} \gamma(x_{0j}, x_{ij})$ i= 1,2,3,.....m j=1,2,3,....n

Eğer problem kriterlerine yönelik farklı ağırlık bilgisi mevcutsa;

$\gamma(x_0, x_i) = \sum_{j=1}^{n} w_j . \gamma(x_{0j}, x_{ij})$ w_j= j. kriterin göreli ağırlığı

i= 1,2,3,.....m j=1,2,3,....n şeklindedir.

2.2. NESNEL AĞIRLIK BELİRLEME YÖNTEMLERİ

Çok kriterli karar verme problemlerinde, genelde alternatif seçimine etki edecek değerlendirme kriterlerinin göreli ağırlıklarının hesaplanması oldukça

karmaşık bir süreçtir. Bu süreç, içerdiği ağırlık bilgisi türüyle iki ana kol üzerinde ele alınmaktadır.

Bunlardan birincisi, karara etki edecek kriterlerin öznel bir yargılama sonucu ağırlıklandırılmasıdır. Bu tür bir ağırlıklandırma yönteminde, karar vericinin karar kriterleri hakkındaki bilgi, birikim, tecrübe ve yaklaşımından yararlanılır. Böyle bir sürecin, karar vericinin tercihlerine yönelik en doğru/en kesin bilgiyi taşıdığı öne sürülmektedir. Ama bir niteliğin gerçek ağırlığını saptayabilmek oldukça güç bir süreçtir (Hamalainen, 1997: 340-342). Bir nitelik ne derece öznel yargılara maruz kalırsa, o derece gerçek ağırlığından sapmalar barındırmaktadır.

Bir karar problemine yönelik belirlenecek olan ağırlık bilgisi elde etme sürecine kişiler, yargılar veya değerler dahil olduğunda süreç öznel bir yapıya bürünmektedir. Bu kapsamda öznel ağırlık belirleme yöntemlerini; görüşme, mülakat, anket, Delphi Yöntemi, Oran Yöntemi, İkili Kıyaslama Yöntemi, Merkezi Ağırlıklar, AHP, ROC vb. gibi örneklendirebiliriz. Çalışmamızda yalnızca ROC ağırlıkları kullanılacağından, diğer yöntemler kapsam dışı bırakılmıştır.

Bu konuda çalışmalarda bulunan araştırmacılar, nitelin sahip olduğu ağırlık bilgisinin tam olarak hesaplanamayacağını, karar verici tarafından belirlenen gerçek ağırlıkların sapmalara sahip olduğunu öne sürerek, şu gerekçeleri sıralamışlardır (Çınar, 2004: 97):

- Gerçekçi nitelik bilgisinden sapmalar, amaçlara ulaşmak ve alternatifleri sıralamak için kurulan niteliklerin uyuşmazlığından ve uygunsuzluğundan kaynaklanmaktadır.
- Probleme konu alan nitelik aralıklarının doğru ve kesin bir şekilde belirlenememesi, ağırlık bilgisinde sapmalara yol açmaktadır.
- Problem çözümüne yönelik kurulan hiyerarşik yapının temelsizliği ve uyumsuzluğu da, ağırlıklandırma aşamasını saptırmaktadır.

Bunun yanında, bir niteliğin ağırlık bilgisini saptayabilmek adına karar vericiye yöneltilen soruların gerçekteki cevapları tam olarak algılanamaz veya ağırlık bilgisine yansıtılamaz. Bu durum, izlenen ağırlıklandırma prosedüründe sapmalar oluşabileceği gerçeğini göstermektedir.

Sonuç itibariyle, tüm bu ağırlık belirleme aşamasındaki aksaklıklar sebebiyle literatürde kesin ağırlık bilgisine ulaştıran net bir yöntem yoktur. Kurulan tüm yöntemler, ağırlığı kendi kuruluş yapısına göre ele almakta ve saptamaktadır. Herhangi ağırlık belirleme yönteminin gerçek ağırlığı yansıtması olası değilken, hesaplanan tüm ağırlıklar gerçek ağırlık bilgisine yakınsak "temsili ağırlıklar" olarak algılanmaktadır.

Genellikle karar vericinin öznel yargılarına dayanan nitelik ağırlıklandırma süreci, karar vericinin bilgi ve tecrübesini içinde barındırdığı kadar; niteliklerin özlerinde saklı olan bilgi miktarını da dikkate almaktadır. Öznel ağırlık belirleme yöntemlerine alternatif bir öneri olarak, nesnel ağırlık belirleme yöntemleri ileri sürülmüştür. Bu iddia, nitelik öneminin niteliğe has özelliklerde saklı olduğu temeline dayanmaktadır.

Buradan yola çıkarak; bir karar probleminde önemli faktör olarak karşımıza çıkan değerlendirme kriterleri/nitelikleri, bilgi işleme, taşıma, aktarma ve yansıtma aşamasında problemin çözümüne katkı sunmaktadır. Bir karar niteliğinin gerçek önem ağırlığı, o niteliğin sahip olduğu öznel ve nesnel ağırlık bilgisinin toplamına eşittir. Dolayısıyla, öznel ağırlıklandırmanın mümkün olmadığı durumlarda nesnel yöntemlere başvurulabilir.

Nesnel ağırlık bilgisine ulaşmayı hedefleyen yöntemler olarak; Entropi yöntemi, CRITIC yöntemi, Eşit Ağırlıklar Yöntemi, Standart Sapma Yöntemleri vb. sıralanabilir. Çalışmada kullanılan yöntemler Entropi ve CRITIC yöntemidir.

Alt bölümde, uygulama aşamasında kullanılacak öznel ağırlık belirleme metotlarından ROC ağırlıkları ve nesnel ağırlık belirleme yöntemleri olan Entropi ve CRITIC detaylıca açıklanacak olup literatürde sıklıkla kullanılan bu yöntemlerin problemi ele alma adımları ve matematiksel prosedürleri işlenecektir.

2.2.1. Entropi Yaklaşımı

Termodinamiğin birinci yasası, evrendeki enerjinin korunumu ilkesi olup, evrende var olan enerjinin miktar olarak azalma göstermeksizin herhangi bir etkileşim ortamında değişime uğrayabileceği gerçeğini öne sürer. Buradan hareketle, fizik yazınında önemli bir yeri olan termodinamiğin ikinci yasası olarak karşımıza çıkan kavram ise, "entropi" dir.

Entropi kavramı, tek kelime ile düzensizliği ifade etmektedir. Birinci yasanın bir devamı olarak kabul gören bu kavram, evrendeki enerjinin niceliğinin önemli olduğu kadar niteliğinin de önem arz ettiği temeline oturmaktadır. Başka bir deyişle, evrendeki enerjinin niceliksel olarak sabit kaldığını fakat niteliksel olarak daima azaldığını öne sürmektedir (Koyuncu,2013: 34).

İlk olarak termodinamik literatüründe karşımıza çıkan entropi kavramı, termodinamik sistemdeki enerji miktarının ölçüsüdür. Kavram bilgi kuramına, Shannon tarafından uyarlanmıştır. Shannon, entropi kavramını iletişim kuramı alanındaki problemler için bir ölçü olarak tanımlamasına karşın bu ölçü matematik, fizik, biyoloji, mühendislik ve sosyal bilimler gibi pek çok bilim dalında geniş uygulama alanları bulmaya devam etmiştir. Entropinin bu dikkat çekici başarısının nedeni, olasılık sistemlerindeki belirsizliği ölçebilmesine dayanır (Değirmenci, 2011: 5-10).

Entropi, sahip olunan bilginin bir ölçüsü olarak karşımıza çıkmaktadır. Bir sistem içindeki belirsizliği ifade eden kavram, olasılık belirsizliği olarak da ele alınmaktadır. Bir olay hakkında bilgi edinmek, olayın sahip olduğu belirsizliği anlamaktan geçmektedir. Bu bağlamda; gerçekleşme ihtimali yüksek olan olaylar bilinebilir oldukları için fazla bilgi içermemekte, aksine gerçekleşme olasılığı düşük olan olaylar daha fazla bilgi içermektedir. Bu bağlamda entropi kavramı, bir olayın farklı gerçekleşme olasılıklarının beklenen değerinin matematiksel bir ifadesi olarak ele alınmıştır (Çiçek, 2013: 1-6).

Kriter ağırlıklandırma süreci, genelde uzman kişiler tarafından ele alınmaktadır. Yalnız sürecin böyle olması bu durumu nesnellikten uzaklaştırmaktadır. Bu algıyı kırmak adına, niteliklerin taşıdığı bilgi üzerinden ağırlıkları elde etmek daha objektif bir süreç olarak karşımıza çıkmaktadır. Bir sistemde entropi oranı ne kadar fazla ise, o sistemin taşıdığı bilgi miktarı da o kadar çoktur (Rao, 2007: 32). Bu bağlamda, bir karar probleminde Entropi ağırlıklarının hesaplanması şu adımları izlemektedir.

- **Ölçüm Matrisinin Oluşturulması:** Öncelikle, bir karar problemine ait girdi bilgisine ulaşılmalıdır. Sonrasında ulaşılan bilgiler bir karar matrisi üzerinde gösterilmektedir. Her bir alternatifin her bir değerlendirme

kriteri altındaki değerleri hesaplanır. Entropi yöntemi, m tane karar alternatifi ($A_1, A_2, A_3 \ldots . A_m$), n tane değerlendirme kriterine ($C_1, C_2\, C_3 \ldots . C_n$) sahip olan bir çok kriterli karar problemini matris düzeni içinde ele almaktadır (Li, 2014: 83).

$$X_{m\times n}=\begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \ldots . & X_{1j} \\ X_{21} & X_{22} & \ldots . & X_{2j} \\ . & . & & . \\ . & . & \ldots . & . \\ X_{i1} & X_{i2} & & X_{ij} \end{bmatrix}$$

- **Matrisin Normalize Edilmesi:** Bu adımda, yukarıda oluşturulan başlangıç karar matrisi normalize edilmektedir.

  Eğer j niteliği fayda yönlü ise;

  $$P_{ij}=\frac{x_{ij}-x_j^{min}}{x_j^{max}-x_j^{min}}$$

  Eğer j niteliği maliyet yönlü ise;

  $$P_{ij}=\frac{x_j^{max}-x_{ij}}{x_j^{max}-x_j^{min}}$$

  Bu hesaplamaların avantajı, ölçüm skalasındaki her kriter aralığının 0-1 arasında değişmesini sağlamasıdır. Herhangi bir kriter için en kötü değer 0 iken, en iyi değer 1 olmaktadır. Bu adımın kötü yanı ise, normal süreç izleyen işlemler gibi çıktılar arasında oran sağlamamasıdır.
- **Entropi Değerinin Hesaplanması:** Hesaplanan her p_{ij} değerinin içerdiği karar bilgisi toplamı, ilgili niteliğin entropi değerini vermektedir. Entropi değeri " H_j" ile gösterilmektedir. Hesaplama şu şekildedir.

  $$H_j= -\lambda \sum_{i=1}^{m} p_{ij} \ln(p_{ij})$$

  Burada" λ" (λ = 1/In m) değişkeni, Boltzman sabitini göstermektedir. Bu sabit hesaplanan entropi değerlerinin 0-1 aralığında değişmesini sağlamaktadır.
- **Farklılaşma Derecesinin Hesaplanması**: Her niteliğin sahip olduğu entropi değerinin farklılaşma derecesi ($\overline{H}$) hesaplanmaktadır. Hesaplanan değer, bir niteliğin içinde var olan karşıtlık yoğunluğunu simgelemektedir (Wang, 2014: 5).

Farklı performans çıktılarına sahip olan nitelik, o derece yüksek farklılaşma derecesine sahip olmakla birlikte problemin çözümüne yönelik yüksek ağırlık taşıdığını göstermektedir. Birbirine yakın performans çıktıları sergileyen nitelikler ise, düşük ağırlığa sahip olarak nitelendirilmektedir. Sonuç olarak birbirinden farklı performans çıktılarına sahip nitelikler problemde yüksek öneme sahipken; birbirine yakın performans değerlerine sahip nitelikler göz ardı edilebilir. Çünkü, çözüme yönelik bir ağırlık bilgisi oluşturmamaktadırlar.

$\overline{H_j} = 1 - H_j$

- **Entropi Ağırlığının Hesaplanması**: Karar vericinin bir niteliği diğerine tercih etmek için mantıklı bir nedeni yoksa, nesnel ağırlık şu şekilde tanımlanmaktadır.

$w_j = \frac{\overline{H_j}}{\sum_{j=1}^{n} \overline{H_j}}$ $W=(w_1, w_1, w_2, \ldots w_j)$ $\sum_{j=1}^{n} w_j = 1$

Eğer karar vericinin hesaplanan nesnel ağırlık yanında, öznel yargılarından oluşturulan bir ağırlık bilgisi daha varsa toplam ağırlık;

$w_j' = \frac{\lambda_i . w_j}{\sum_{j=1}^{n} \lambda_i . w_j}$ formülü ile gösterilir. Bu ağrılık tanımlaması, içerisinde hem nesnel ağırlık bilgisini hem de öznel ağırlık bilgisini barındırmaktadır. Problemin yapısına göre, iki ağırlık formülünden biri kullanılabilir.

2.2.2. CRITIC Yaklaşımı

Çok kriterli karar verme problemlerinde, niteliklerin göreli ağırlıklarının hesaplanması aşaması önem arz eden bir adımdır. Karar vericinin öznel yargılarından oluşan subjektif ağırlıklandırma yöntemleri olduğu gibi matematiksel çözümlemeler yardımıyla nitelik ağırlıklarını hesaplamak da mümkündür. Bu bağlamda literatürde ele alınan bir yöntem de, CRITIC yaklaşımıdır (Deng, 2000: 967).

CRITIC yaklaşımı, 1995 yılında Diakoulaki ve arkadaşları tarafından literatüre kazandırılmıştır. 8 adet Yunan eczacılık firmasının finansal performanslarını ölçtükleri çalışmalarında, karara etki eden nitelikleri CRITIC (Criteria Importance Through Intercriteria Correlation) yöntemiyle

ağırlıklandırmışlardır. Bu yöntemde kriter ağırlıkları, karar probleminin doğasında bulunan karşıtlığın yoğunluğu (contrast intensity) ve çelişki/çatışma durumundan elde edilmektedir. Yöntem, değerlendirme kriterlerine ait tüm bilgiyi performans puanları matrisi üzerinde uyguladığı matematiksel hesaplamalar yardımıyla elde etmektedir (Diakoulaki, 1995: 764-766).

CRITIC (Kriterler Arası Korelasyon Yardımıyla Nitelik Ağırlıklandırma) yöntemi; ağırlıkların belirlenmesi aşamasında karar problemindeki her bir kriterin standart sapmasını ele almasının yanında, kriterler arası korelasyonu da dikkate almaktadır (Wang, 2010: 8-9). Yöntemin izlediği adımlar kısaca şöyledir:

- **Karar Matrisinin Normalize Edilmesi Adımı:** Bu adımda, m adet alternatif ve n adet değerlendirme kriterinden oluşan bir karar problemi başlangıç matrisi aşağıdaki formüller yardımıyla normalize edilmektedir.

  $r_{ij}=\frac{x_{ij}-x_j^{min}}{x_j^{max}-x_j^{min}}$ i=1,2,……m; j=1,2,….n (kriter fayda yönlü ise)

  $r_{ij}=\frac{x_j^{max}-x_{ij}}{x_j^{max}-x_j^{min}}$ i=1,2,…m; j=1,2,….n (kriter maliyet yönlü ise)

  x_j^{min}, j. Kritere göre en düşük değere sahip olan alternatif,

  x_j^{max}, j. Kritere göre en yüksek değere sahip olan alternatiftir.

- **Korelasyon Katsayı Matrisinin Oluşturulması Adımı:** Bu adımda, problemdeki değerlendirme kriterlerinin arasındaki ilişkiyi görmek amacıyla, x_j ve x_k vektörleri arasındaki doğrusal korelasyon katsayılarından (p_{jk}) oluşan, n× n boyutlu simetrik bir korelasyon matrisi oluşturulur. Kriterin var olan alternatiflere karşılık gelen değerleri arasında ne kadar yüksek uyumsuzluk varsa, "p_{jk}" değerleri de o derece düşük oluşacaktır. Bu nedenle, alternatif sayısının yeterli olmadığı durumlarda parametrik olmayan Spearman korelasyon katsayıları oluşturulabilir (Çakır, 2013: 451).

  $P_{jk}=\frac{\sum_{i=1}^{m}(r_{ij}-\overline{r_{ij}})-(r_{ik}-\overline{r_{ik}})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m}(r_{ij}-\overline{r_{ij}})^2-\sum_{i=1}^{m}(r_{ik}-\overline{r_{ik}})^2}}$ j,k=1,2,3,…n

- **C_j Değerinin Hesaplanması Adımı:** CRITIC yöntemi, çok kriterli karar verme problemlerindeki bilgi miktarını değerlendirme kriterlerinin doğasında bulunan zıtlığın yoğunluğu (contrast intensity) ve

çelişkilerden/çatışmalardan elde etmektedir. Bu iki etmenin içinde barındırdığı bilgi miktarından yola çıkarak, j. kriterdeki toplam bilgi miktarı $\mathbf{C_j}$ sembolü ile gösterilmektedir. İki etmeni birleştiren formül şu şekildedir:

$C_j = \sigma_j \sum_{k=1}^{n} (1-P_{jk})$ j=1,2……n

σ_j değişkeni, j. değerlendirme kriterinin standart sapmasını göstermektedir.

- **Kriter Ağırlıklarının Hesaplanması Adımı:** Değerlendirme kriterlerinin ağırlıkları aşağıdaki basit normalizasyon formülü ile hesaplanmaktadır.

  $w_j = C_j / \sum_{j=1}^{n} C_j$ j=1,2,……n

2.2.3. ROC (Rank Order Centroid) Ağırlıkları

Bu yöntem, önem derecelerine göre önceliklendirilmiş elemanlara ağırlık atamak için kullanılan basit bir prosedürdür. Karar verici, problem niteliklerine ağırlık vermeye çalışmaktan ziyade kolaylıkla nitelikleri sıralayabilir. ROC yöntemi, KV tarafından belirlenen sıra değerlerini girdi olarak kullanarak niteliklere dair ağırlıklara ulaşmaktadır (Ghavamifar, 2009: 169). Hesaplama adımları çok basit olan yöntemin formülasyonu şu şekildedir.

$W_i = (1/M) \sum_{n=i}^{M} \frac{1}{n}$

Burada "M", ele alınan nitelik sayısı iken; W_i, i. niteliğin ağırlığıdır. Örneğin, 5 adet niteliğe sahip bir karar probleminde; ikinci ve üçüncü elemanın ağırlık bilgisi şu şekilde hesaplanmaktadır.

İkinci elemanın ağırlığı (1/2+1/3+1/4+1/5)/5 = 0,2567

Üçüncü elemanın ağırlığı (1/3+1/4+1/5)/5 = 0,1567

3. BÖLÜM: TÜRKİYE'NİN ENERJİ GÖSTERGELERİ AÇISINDAN G-20 ÜLKELERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI

Karar verme, birden çok kritere ve alternatife sahip olunan durumlarda, karar vericiyi en verimli sonuca götürecek olan olgu olarak karşımıza çıkmaktadır. En doğru kararı vermek isteyen yöneticiler,çok nitelikli karar problemlerinde her bir senaryoyu çok iyi irdelemek ve değerlendirmek durumundadırlar.

Çalışmanın bu bölümüne kadar; karar verme kavramı, çok kriterli karar verme, çok kriterli karar verme literatüründe göze çarpan yöntemler ve bu yöntemlere temel oluşturan ağırlık bilgisinin hesaplanma prosedürleri, uygulama alanları ve matematiksel süreçleri açıklanmıştır.

Bu bölümde, açıklanan çok kriterli karar verme yöntemlerinin kullanıldığı bir uygulama sunulacaktır. Uygulamaya konu olan alanın seçiminde, günümüz global ve ekonomik çevresi, ülkeler arası işbirliği, ekonominin yön değiştirmesi ve küresel ekonomik çevrede ülkemizin önemini anlamak ilham kaynağı olmuştur. Buna yönelik olarak uygulama aşamasında, dünyanın en güçlü ekonomilerine ev sahipliği yapan G-20 zirvesi ele alınacaktır.

Uygulamaya yönelik, aralarında Türkiye'nin de bulunduğu G-20 ekonomik platformuna üye olan 19 ülke ele alınacaktır. Çalışmada AB Komisyonu üyeleri kapsam dışı bırakılmıştır. Belirlenen bu ülkeler, analizde karar alternatifleri olarak ele alınacaktır. Buna ek olarak, literatürden elde edilen temel enerji göstergeleri kullanılarak ülkelerin enerji göstergeleri açısından nasıl bir sıralama oluşturduğu ve ülkemizin bu sıralamadaki yerinin tespiti amaçlanmıştır.

Ülkelerin değerlendirilmesi aşamasında; ÇKKV tekniklerinden TOPSIS ve Gri-İlişkisel Analiz tekniği kullanılmıştır. Kriterlere yönelik ağırlık bilgisinin hesaplanmasında Entropi, CRITIC ve ROC ağırlıkları kullanılacaktır. Analiz sonucunda, yöntemlerin oluşturduğu ülke sıralamaları kıyaslanıp hangi yöntemin daha elverişli olduğu vurgulanacaktır. Çalışma sonucunda, uygulamanın sunduğu sonuçlar değerlendirilip hangi kriterlerin ülkelerin enerji puanlarını daha çok etkilediği, ne gibi farklılıklar olduğu, ülke sıralamalarının en çok hangi kritere karşı duyarlı olduğu gibi faktörler açıklanmaya çalışılacaktır.

Uygulamaya dair ikincil veriler; Uluslararası Enerji Ajansı (IEA), Uluslararası Para Fonu (IMF), Dünya Ekonomik Forumu (WEF) ve Dünya Bankası veritabanlarından elde edilmiştir. Burada dikkat çekilecek husus, bahsi geçen platformlarda enerji kriterlerine dair kısıtlı bilgidir. Son yıllara yönelik sergilenen enerji performans verilerine ulaşmak bir hayli güçtür. Bu sebeple, 2011 yılına ait enerji göstergeleri kullanılmıştır. Uygulamada, Microsoft Excel adlı yanında Apogee ve Sanna gibi paket programlardan yararlanılmıştır.

Sonuç itibariyle bu bölüm altında; uygulamaya konu olan ülkeler (karar noktaları), ölçüme yönelik belirlenen kriterler (değerlendirme kriterleri), ÇKKV teknikleri ile yapılan analiz ve nesnel ölçütlerin sunduğu ülke sıralamaları ele alınacaktır.

3.1. ENERJİ GÖSTERGELERİ ve İLGİLİ LİTERATÜR

3.1.1. Genel Açıklamalar

Enerji kavramı, ekonomik gelişmişlik düzeyini ve büyümeyi etkileyen önemli faktörlerdendir. Yaklaşık son 20 yıldır yapılan ampirik çalışmalar bu yargıyı destelemektedir. Ülkelerde üretim, genellikle sanayi çevrelerinde yapılmaktadır. Dolayısıyla sanayinin en önemli girdisi olarak karşımıza çıkan enerji kavramı, üretim faktörleri içinde stratejik bir konuma sahiptir. Sınırlı enerji kaynaklarının kullanımı ve uygulanacak enerji politikaları bu kapsamda dikkat çekmektedir.

Günümüz dünyasında, gelişmiş ekonomiler enerji üretimi ve enerji tüketimi kalemlerinde yüksek üretim ve kullanım hacimlerine sahiplerdir. Yıllar boyu süregelen araştırmalar ışığında enerji göstergeleri ile ülkelerin gelişmişlik düzeyleri arasındaki ilişki ölçülmeye çalışılmıştır. Yapılan onlarca çalışma sonucunda, enerji göstergeleri ile ülkelerin büyüme ve gelişmişlik potansiyeli arasında tek veya çift yönlü ilişkiler saptanmıştır (Tezcan, 2014: 120).

Literatürde göze çarpan birçok çalışma, enerji kavramının ülkelerin gelecekleri için önemli bir yapıtaşı olduğunu desteklemektedir. Sınırlı kaynakların kullanımı, enerji ithalat ve ihracat oranları ülkeleri yabancılara karşı bağımlı hale getirmektedir. Doğal zenginliklere sahip olmayan veya enerji üretiminde zayıf olan ekonomiler dışa bağımlı bir politika izlemektedir. Bu yönden, enerji kavramı bölgesel ele alınmaktan ziyade küresel bir mesele olarak masaya yatırılmalıdır.

Yanlış enerji kullanımı, karbondioksit emisyonu, ekolojik dengeye verilen zararlar, çevre kirliliği gibi faktörler; enerji kavramının temel bileşenleridir. Bu olumsuz faktörler ve kısıtlı kaynaklar, ülkeleri alternatif enerji kaynaklarına (yenilenebilir) yöneltmekte ve işbirlikçi politikalar izlemek yoluna itmektedir. Bu konuda yapılan uluslararası antlaşmalar, enerji zirveleri, ekonomik toplantıların genel amacı, küresel düzeyde istikrarı sağlamak ve optimum düzeyde enerji kullanımı ile geleceği garanti altına almaktır.

İleriki başlıklarda; enerji kavramı, enerji alanında yapılan çalışmalar, temel enerji göstergeleri ve teknik bilgilere yer verilecektir.

3.1.2. Enerji ve Büyüme İlişkisi

Ülkelerin enerji göstergeleri ve büyüme potansiyelleri arasındaki ilişkiyi ölçmek amacıyla birçok çalışma yapılmıştır. Genelde ülkelerin enerji tüketimi ve enerji üretimi veya emisyon değerleri kullanılmıştır. Bu tip analizler, bir ülkenin gelişmişlik düzeyi ile sahip olduğu enerji puanları arasındaki doğrusal ilişkiyi kanıtlar niteliktedir. Enerji alanında yapılan bu temel çalışmalara aşağıda değinilmiştir.

Asafu-Adyaje 2000 yılında yaptığı çalışmasında; enerji tüketimi, gelir ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi Granger nedensellik testi ile ölçmüştür. Örneklem olarak, gelişmekte olan Asya ülkelerinden Hindistan, Endonezya, Filipinler ve Tayland'ı seçmiştir. Hindistan ve Endonezya için, gelirden enerjiye doğru tek yönlü ilişki bulmuşken; Tayland ve Filipinler için çift yönlü bir ilişki saptanmıştır. Tayland ve Filipinler için; enerji, gelir ve fiyatlar arasında ortak bir nedensellik tespit edilmiştir. Fakat enerji fiyatları, bu ilişkide en az etkiye sahip eleman olarak belirlenmiştir (Asafu-Adyaje, 2000).

Belke ve arkadaşları, 2010 yılında yaptıkları çalışmalarında; enerji tüketimi ile GSYİH arasındaki uzun dönemli ilişkiyi ölçmeyi amaçlamışlardır. 25 OECD ülkesine yönelik yürütülen çalışma sonucunda, enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi saptanmıştır. Enerji tüketimindeki artışın ekonomik büyümeye yol açacağını kanıtlamışlardır (Belke, 2010).

Korkmaz ve Develi 2012 yılında yaptıkları çalışmada; Türkiye'nin enerji üretimi ve tüketimi faktörleri ile GSYİH değerleri arasındaki ilişkiyi 49 yıllık dönem

için incelemişlerdir. Johansen eş-bütünleşme ve Granger nedensellik testleri sonucunda, enerji tüketimi ile GSYİH arasında çift yönlü ilişki tespit edilmiştir (Korkmaz, 2012).

Mozumder ve Marathe 2007 yılında yaptıkları çalışmada, kişi başına düşen elektrik tüketimi ile kişi başına düşen milli gelir arasındaki nedensellik ilişkisini ölçmüşlerdir. Çalışma sonucunda, kişi başına düşen milli gelirden elektrik tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik saptanmıştır. Tersi ilişki tespit edilmemiştir (Mozumder, 2007).

Enerji göstergeleri ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi ölçen birçok çalışma mevcuttur. Yukarıda anlatılan çalışmalara ek olarak, ülkemizde yapılan örnek çalışmalar şu şekildedir.

Araştırmacılar	Çalışma Yılı	Yöntem	Uygulanan Ülkeler	Sonuç
Burcu GÜVENEK Volkan ALPTEKİN	2010	*Panel Veri Analizi	25 OECD Ülkesi	Büyüme>Enerji
Erdal KARAGÖL Erman ERBAYKAL	2007	*Sınır Testi Yaklaşımı	Türkiye (1974-2004)	Enerji>Büyüme
Mehmet MUCUK Doğan UYSAL	2009	*Eş-Bütünleşme *Granger Nedensellik	Türkiye (1960-2006)	Enerji>Büyüme
Deniz AYTAÇ	2010	*Granger Nedensellik *VAR Yöntemi	Türkiye (1975-2006)	Enerji Tük.>İş gücü Büyüme>Sermaye
Rüstem YANAR Güldem KERİMOĞLU	2011	*Johansen Eş-Bütünleşme *Vektör Hata Düzeltme Modeli	Türkiye (1975-2009)	Büyüme>Enerji Enerji Tük.>Cari Açık
Nuray Tezcan	2014	Çok Boyutlu Ölçekleme Analizi	OECD ve BRIC	ABD, İşveç, Norveç ve Çin anlamlı derecede

Tablo 3.1. Ülkemizde Yürütülen Örnek Çalışmalar

Literatürdeki birçok çalışmada, enerji göstergeleri ile ekonomik büyüme arasında farklı yönlerde ilişki bulunmasına rağmen, enerji gücünün büyümeyi etkilediği aşikardır. İlişkinin yönünden ziyade, bir ülkenin sahip olduğu enerji gücünün o ülkenin ekonomik büyümesini hızlandırdığını söyleyebiliriz. Uygulama

kısmında temel enerji göstergelerine göre ülkeler sıralanacak olduğundan bu temel göstergelerin kavramsal çerçevesi literatürce desteklenmiştir. Enerji tüketimi, enerji üretimi, emisyon değerleri gibi temel değişkenler ışığında ülkeleri derecelendirmek mümkün olacaktır. Ülkelerin enerji göstergelerine göre sıralanmasını ele alan çalışmada, literatürde sıklıkla kullanılan temel göstergeler birer karar kriteri olarak ele alınacaktır.

3.1.3. Dünyada ve Türkiye'de Enerji

Ekonomik büyümenin var olması için, üretim kapasitesinin artması gerekmektedir. Bir ülkede ekonomik istikrarın sağlanması o ülkedeki üretim hacminin devamlılığı ile mümkündür. Üretim hacmini büyütmek, üretim faktörlerine olan ihtiyacı beraberinde getirir. Üretim yapılmasını sağlayan en önemli girdi sermaye ve emeğin yanında, "enerji" kavramıdır. Ülkemiz, enerji konusunda maalesef %70 oranında dışa bağımlıdır. Dışa bağımlı olarak sağlanan enerji, üretimde maliyeti artırmakta ve cari açığı meydana getirmektedir.

1995 yılında, UNDESA, (United Nations Department of Economic and Social Affairs) sürdürülebilir büyüme göstergeleri üzerine çalışmada bulunmuştur. Çalışma sonucunda, 58 temel büyüme göstergesi belirlenirken bunlardan sadece üç tanesi enerji ile ilgilidir. Kişi başına düşen yıllık enerji tüketimi, enerji kullanımı yoğunluğu ve yenilenebilir enerji kaynakları tüketimi gibi göstergeler belirlenmiştir (Pak, 2011: 5).

Global düzeyde birincil enerji tüketimi, 2012 yılına nazaran 2013'de %2,3 artış göstermiştir. Dünya geneline baktığımızda, toplam üretim ve tüketim değerleri, nükleer enerji hariç tüm enerji türlerinde artış göstermiştir. Bunun yanında karbondioksit emisyon değerleri de, tüketim rakamlarına paralel olarak artış göstermiştir. Global enerji tüketiminin yaklaşık %32.9'u ham petrolden sağlanmıştır (Bp, 2014: 2-5).

Gelişen ekonomiler 2013 yılı için, enerji tüketimindeki yükselişin %80'ini kapsamaktadır. Ham petrol tüketimi global düzeyde, günlük 1.4 milyon varil olarak gerçekleşmiştir. Ülkemizde 2012 yılına göre % 5.7 artışla günlük 714 bin varil tüketim gerçekleşmiştir. Ek olarak ülkemizin rafineri çalışma kapasitesi günlük 613 bin varilde kalarak gelişme göstermemiştir.

2012 yılına kıyasla 2013 yılında toplam enerji tüketimi, ülkemizde yaklaşık %1.1 artarak 45.6 milyar metreküp değerine ulaşmıştır. 2013 yılında 38,2 milyar m3 ile toplam enerji ithali yapılmıştır. Bunun 6.1 milyar m3 kadarı sıvılaştırılmış doğalgaz olarak ithal edilmiştir. 2013 yılında yalnızca 0.6 milyar m3 petrol ihraç edilmiştir. Ülkemizin doğalgaz ve petrol konusunda dışa bağımlı olması, bu değerlerden anlaşılmaktadır. Türkiye gibi doğal zenginlik yönünden şanslı olmayan ülkelerde enerji bakımından dışa bağımlılık kaçınılmazdır.

2013 yılı itibariyle Türkiye'nin, 8702 milyon ton net kömür reservi olduğu hesaplanmıştır. Bu miktar dünyanın %1'ine eşittir. Ayrıca, Amerika 187.9 milyon ton petrol eşdeğeri nükleer tüketime sahip iken, ülkemizde nükleer kurulu yapı yönünden eksiklikler olması dikkat çekmektedir. Ülkemizde hidro elektrik kullanımı 2012 yılına kıyasla %2,7 artış göstermiştir. Dikkat çekilmesi gereken diğer bir konuda, yenilenebilir enerji olgusudur. Bu değişkenle ilgili olarak ülkemizin yenilenebilir enerji kullanımı 2012 yılına kıyasla %30,2 artış göstermiştir. Bu tip enerji kaynaklarına yönelmek, hem dışa bağımlılığı azaltacak hem de kolay ulaşılabilirlik açısından maliyetlerde azalma meydana getirecektir.

3.2. ÜLKELERİN ENERJİ GÖSTERGELERİ AÇISINDAN DERECELENDİRİLMESİ

İlk olarak, karar problemine konu olan alternatiflerin ve kriterlerin belirlenmesi önem arz etmektedir. Probleme dair değerlendirme kriterleri, literatürden temellendirilip kısaca açıklanmıştır. Ülkeleri enerji göstergeleri açısından ele alan çok boyutlu problem, çok kriterli karar verme tekniklerinden TOPSIS ve Gri İlişkisel Analiz yardımıyla çözülmüştür. Yapılan analizden sonra, kriter ağırlıkları üzerinden farklı senaryo analizleri yürütülmüştür.

Her iki yöntemin sunduğu farklı sıralamalar tek bir sıralama altında toplanarak, nihai bir ülke sıralaması hedeflenmiştir. Ayrıca, kriter ağırlıklarında meydana gelebilecek olası değişimler varsayımıyla Monte Carlo simülasyonu yapılmış ve sonuç sıralamaları yorumlanmıştır.

Ülkelerin derecelendirilmesine yönelik izlenen kavramsal ve matematiksel süreç, alt başlıklarda sunulmuştur. Deneysel analizler sonucunda, nihai sıralamalar oluşturulup yöntemlere dair farklılıklar yorumlanmıştır.

3.2.1. Probleme Yönelik Belirlenen Alternatifler

Bir karar probleminde, birden çok alternatif ve karar kriteri bulunmaktadır. Çok kriterli karar vermenin doğasını oluşturan bu faktörler, farklı alternatifler arasından yapılacak seçimi zorlaştırmaktadır. Karar kriterlerinin çokluğu, problemin karmaşık bir yapıya bürünmesine neden olmaktadır.

Ülkelerin enerji göstergeleri bakımından sıralanmasını amaçlayan çalışmanın bu bölümünde, probleme konu olan karar noktaları açıklanacaktır. Ülkemizin enerji bakımından sergilediği performansın G-20 küresel platformunu oluşturan ülkeler arasındaki yerini görebilmek adına çalışma önem teşkil etmektedir.

G-20 ekonomik platformu, dünyanın en güçlü ekonomileri arasında bulunan 19 ülkeden ve Avrupa Birliği komisyonundan oluşmaktadır. Uygulamada, AB komisyonu dikkate alınmamış olup küresel 19 büyük ekonomi analize dahil edilmiştir. Üye ülkelerin her birinin milli geliri, dünya genel sıralamasının üstlerinde yer almaktadır. İşviçre, Norveç gibi ülkeler, G-20'ye üye ülkelerden daha güçlü olmalarına karşın bu platformda yer almamaktadırlar.

G-20 ekonomik platformunun toplanma amacı; küresel ekonomi alanında istikrarın sağlanması, ekonomik işbirliği, uluslararası finansal ilişkilerin arttırılması gibi temel konulara ilişkin görüşme ve çalışmaların ortak bir çatı altında gerçekleştirilmesidir.

Çalışmanın uygulama bölümünde ele alınan G-20 ekonomik platformuna üye olan 19 ülke; Türkiye, İngiltere, Japonya, Kanada, Almanya, Fransa, İtalya, Rusya, Avustralya, Brezilya, Arjantin, Hindistan, Çin, Endonezya, Meksika, Suudi Arabistan, Güney Afrika, Güney Kore ve ABD' den oluşmaktadır.

Karar problemine yönelik oluşturulan yapıda, G-20'ye üye olan 19 ülke karar alternatifleri olarak belirlenmiştir. Yukarıda sayılan 19 adet ülkenin enerji göstergeleri 2011 yılına ait olmak üzere ele alınacaktır.

3.2.2. Probleme Yönelik Belirlenen Kriterler

Bir karar probleminde değerlendirme kriterlerinin belirlenmesi önemli bir adımdır. Alternatiflerin belirlenen bu kriterler ışığında ele alınması süreci değerli

kılmaktadır. Çoklu kritere sahip problemlerde, her bir kriterin açık bir şekilde tanımlanması gerekmektedir.

Enerji göstergeleri açısından ülkelerin sıralamalarına ulaşmayı amaçlayan bu çalışmada, değerlendirme kriterleri literatürden elde edilen bilgiler ışığında belirlenmiştir. Bu bağlamda, Tezcan'ın 2014 yılında yaptığı çalışma ilham kaynağı olmuştur. Tezcan, 2014 yılında yaptığı çalışmada, yedi adet temel enerji göstergesi açısından OECD ve BRIC ülkelerini çok boyutlu ölçekleme analizi ile karşılaştırmıştır. Çalışma sonucunda Çin, ABD, İsveç ve Norveç gibi ülkelerin diğer ülkelerden farklı oldukları ve enerji piyasasında önemli rol oynadıkları vurgulanmıştır (Tezcan, 2014).

Bunun yanında, literatürde ekonomik büyüme ile temel enerji göstergeleri arasındaki ilişkiyi ölçmek amaçlı yürütülen çalışmalar da bir temel teşkil etmektedir. Bu gibi çalışmalardan hareketle, belirlenen temel göstergeler açısından ülkeler sıralanmıştır.

Çalışmanın ilk aşamasında, 7 adet temel enerji göstergesi saptanmıştır. Enerji ithalatı, kişi başına düşen emiyon miktarı, elektrik üretimi, elektrik tüketimi, enerji kullanımı, alternatif ve nükleer enerji kullanımı ve enerji üretimi temel göstergelerdir. Saptanan bu göstergelere karşılık gelen değerler analiz edilip benzer değerler içeren kriterler elenmiştir. Bu amaçla yürütülen korelasyon testinde, elektrik üretimi, elektrik tüketimi ve enerji kullanımı kriterleri altında ülkelerin diğer kriterler ile benzer performans sergiledikleri görülmüş ve bahsi geçen kriterler analiz dışı bırakılmıştır. Nihai karar kriterleri arasındaki korelasyon tablosu şöyledir.

	Kriter 1	**Kriter 2**	**Kriter 3**	**Kriter 4**
Kriter 1	1			
Kriter 2	-0,422	1		
Kriter 3	0,289	-0,041	1	
Kriter 4	-0,197	0,239	-0,163	1

Tablo 3.2. Kriterler Arasındaki Korelasyon Tablosu

Çalışmanın çok kriterli bir problem olarak ele alınması, kriterlerin ters yönlü ve değişken değerler içermesine bağlıdır. Çelişen/çatışan kriterlerin varlığı problemi

çok boyutlu hale getirmektedir. Sonuç itibariyle, probleme ait kriterler ve ifade edildiği birimler şöyledir.

Değişkenler	Açıklama/Birim
Enerji İthalatı	Kullanılan Toplam Enerjinin %'si
Emisyon Değeri	Kişi Başına Düşen Emisyon (Metrik Ton)
Alternatif ve Nükleer Enerji	Kullanılan Toplam Enerjinin %'si
Enerji Üretimi	Kilo Ton Petrol Eşdeğeri

Tablo 3.3. Kullanılan Değişkenler ve Birimleri

- **Enerji İthalatı**: Kriter, enerji üretiminin karşılayamadığı enerji kullanım miktarını tanımlamaktadır. Petrol eşdeğeri birimi ile değerlendirmeye alınmıştır. Kriterde negatif değerlere sahip ülkeler, ihracatçı konumundadır. Enerji kullanımı, dönüşümden önceki birincil kullanımı ifade etmektedir. Toplam enerji kullanımı, yerli üretime ithalat ve stok değişimleri eklenip ihracat ve uluslararası taşımacılıkta kullanılan gemi ve uçaklara sağlanan yakıt değerlerinin çıkarılması ile hesaplanmaktadır. İthalat ülkeler açısından dışa bağımlılık anlamına geldiğinden kriter, maliyet yönlüdür.
- **Emisyon Değeri**: Karbondioksit emisyonu, fosil yakıtlardan ve çimento üretiminden açığa çıkan gazlar olarak tanımlanmıştır. Sıvı, katı ve gaz yakıtların tüketimi ve tutuşturulması esnasında ortaya çıkan karbondioksit salınımı değerlerini içerir. Metrik ton (1000 kg) cinsinden ele alınmıştır. Nüfus, analiz yılında sayımı gerçekleştirilen kişi sayısıdır. Değerin düşük olması arzulanacağından, kriter maliyet yönlüdür.
- **Alternatif ve Nükleer Enerji:** Üretiminde karbondioksit salınımı açığa çıkarmayan temiz enerji kaynakları olarak tanımlanır. Hidro enerji, jeotermal enerji, güneş enerjisi, rüzgar enerjisi ve nükleer enerji vb. gibi kaynaklar örneklendirilebilir. Çalışmada kriter, fayda yönlü ele alınmıştır.
- **Enerji Üretimi:** Enerji üretimi, birincil enerji türlerine karşılık gelmektedir. Ham petrol, sıvı doğalgaz, dönüşümü olmayan

kaynaklardan elde edilen petrol, doğalgaz, katı yakıtlar (kömür, linyit ve türevleri) ve yenilenebilir yanıcı maddeler bu kapsam içinde değerlendirişlmiştir. Ek olarak, birincil elektrik üretimleri de bu değerin içindedir. Bahsi geçen tüm değerler, kilo ton bazında petrol eşdeğeri birimine dönüştürülmüştür. Enerji üretiminin yüksek olması genel enerji skorunu yükselteceğinden kriter, fayda yönlü ele alınmıştır.

3.2.3. Ağırlık Bilgisinin Belirlenmesi

Ülkelerin 2011 yılına dair enerji göstergeleri açısından sergiledikleri performansı belirleyebilmek adına ÇKKV tekniklerinin ihtiyaç duyduğu göreli ağırlık bilgisinin hesaplanması önemli bir adım olarak karşımıza çıkmaktadır. Şimdiye kadar anlatılmış olan ağırlık belirleme yöntemlerinden; Entropi, CRITIC ve ROC teknikleri uygulamanın grift noktalarını yansıtmaktadırlar.

Bu çalışmadaki değerlendirme kriterleri öznellikten kaçınmak adına nesnel ağırlık belirleme teknikleri ile analize dahil edilmiştir. Bu kapsamda, literatürde sıklıkla kullanılan Entropi ve CRITIC tekniklerine yer verilecektir. Niteliğin içinde var olan zıtlığın yoğunluğundan yola çıkan bu yöntemler, niteliğin doğasında taşıdığı bilgiye matematiksel prosedürler yardımıyla ulaşılabileceği felsefesine dayanmaktadır.

Karar vericiden ağırlığa yönelik bilgi sağlanamadığı durumlarda nesnel yöntemler çözüm önerisi sunmaktadır. Eğer KV, niteliklere yönelik direkt bir ağırlık vermiyor da, bir sıralama sunuyorsa; bu sıralamayı ağırlık bilgisine çeviren yöntemler (ROC, RS, vb.) kullanılır. Çalışmada, bu tarz bilginin elde edilemediği varsayımı ile KV'nin farklı sıralamalar sunduğu senaryo edilmiştir. Bu bağlamda, nesnel ağırlıklar ve ROC ağırlıkları kullanılarak farklı derecelendirmeler yapılacaktır.

3.2.3.1. Entropi Yöntemiyle Ağırlık Bilgisinin Hesaplanması

Karar noktalarımız olan 19 ülkenin ve bu ülkeleri enerji göstergeleri açısından derecelendirmek adına belirlenen 4 adet değerlendirme kriterinin ışığında entropi ağırlıklarının belirlenmesi süreçleri önem arz etmektedir. Entropi yöntemi, niteliklerin doğasında bulunan karşıtlık yoğunluğunun varlığından hareket etmektedir. Sistemde var olan elemanların, o sisteme ait bilgiyi kendi içlerinde

sakladıkları temeline dayanmaktadır. Bu bağlamda, niteliklerin karar vericiye ileteceği bilginin miktarını ölçen entropi tekniği şu matematiksel prosedürleri izlemektedir.

- İlk olarak, 19 karar alternatifinden ve 4 adet değerlendirme kriterinden oluşan karar problemi matris formunda düzenlenmiştir. Matrisin satır elemanları probleme ait alternatifleri gösterirken, sütun elemanları değerlendirme kriterlerini göstermektedir. Her bir alternatifin her bir kritere göre aldıkları değerler **Ek 1.1.** tablosunda başlangıç karar matrisi formunda gösterilmiştir. Buradaki matris elemanları kullanılarak her bir niteliğin taşıdığı ortalama bilgiyi temsil eden "P_{ij}" değerlerine ulaşılmıştır. Bunun için, farklı birimlerden oluşan nitelik grupları boyutsuz birimlere dönüştürülerek tablodaki negatif değerler de dikkate alınmak suretiyle ölçüm skalasının 0-1 arasında değerler alması sağlanmıştır. İşlem; "x_j^{max}" sütundaki en büyük değer, "x_j^{min}" sütundaki en küçük değer olmak üzere;

  Fayda kriterleri için,

  $r_{ij} = \frac{x_{ij} - x_j^{min}}{x_j^{max} - x_j^{min}}$

  Maliyet kriterleri için ise,

  $r_{ij} = \frac{x_j^{max} - x_{ij}}{x_j^{max} - x_j^{min}}$ şeklinde ilerlemektedir.

  Örneğin, başlangıç karar matrisinin ilk alternatifi olan Almanya için satır değerleri şu şekilde hesaplanmıştır. Bu işlem 19 adet karar alternatifi için tekrarlanmıştır. Normalizasyon sonucunda oluşan matris **Ek 1.2** tablosunda sunulmuşur.

  Maliyet kriterleri için,

  r_{11}= (88,8-60,16) / (88,8-(-221,66))= 0,092

  r_{12}= (17,6-8,86) / (17,6-1,49)= 0,542

  Fayda kriterleri için,

  r_{13}= (11,76-0) / (47,69-0)= 0,247

  r_{14}= (124194,14-31556,25) / (2432504,85-31556,25)= 0,039

  Daha sonra r_{ij} değerlerinin oluşturduğu 19× 4 boyutlu matris, basit normalizayon işlemiyle ($r_{ij} / \sum_{i=1}^{m} r_{ij}$) oransal ifadelere çevrilerek "P_{ij}"

değerlerine ulaşılmıştır. "P_{ij}" değerlerinin oluşturduğu tablo, **Ek 1.3.**' de sunulmuştur.

- İkinci adımda, hesaplanan "P_{ij}" değerleri kullanılarak, her bir niteliğe ait entropi değeri aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır.

  $H_j = -\lambda \sum_{i=1}^{m} p_{ij} \ln(p_{ij})$

  Burada "H_j" değeri, niteliğin entropi değerini; "$-\lambda$" notasyonu ise, hesaplanan entropi değerinin 0-1 arasında değişmesini sağlayan Boltzman sabitini göstermektedir.
- Son olarak niteliklere ait entropi değerinin farklılaşma derecesi hesaplanmaktadır.

  $\overline{H_j} = 1 - H_j$

  Hesaplanan bu değer, her nitelik için hesaplandıktan sonra her bir niteliğin sahip olduğu nesnel ağırlık şöyle hesaplanmış olmaktadır.

  $w_j = \frac{\overline{H_j}}{\sum_{j=1}^{n} \overline{H_j}}$ $W=(w_1, w_1, w_2, \dots w_j)$ $\sum_{j=1}^{n} w_j = 1$

Yukarıda anlatılan adımlar uygulanarak elde edilen, kriterlerin nesnel ağırlıkları aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

	Enerji İthalatı	Emisyon Miktarı	Alternatif ve Nükleer Enerji	Enerji Üretimi
Entropi Ağırlıkları	0,1949	0,0891	0,2354	0,4806

Tablo 3.4. Entropi Yöntemiyle Hesaplanan Göreli Ağırlıklar

Tablodan da görüleceği üzere, hesaplanan entropi değerlerinin yorumlanması önem arz etmektedir. Yüksek önem ağırlığına sahip kriter enerji performanslarını daha çok etkileyeceğinden hesaplanan değerler uygulamanın temel yapıtaşları olmaktadır.

Hesaplanan entropi ağırlık değerlerine göre; en yüksek ağırlığa sahip olan kriter 0,4806 ile "Enerji Üretimi" kriteri iken, en düşük ağırlığa sahip olan kriter 0,0891 ile "Emisyon Miktarı" olarak karşımıza çıkmıştır. Kriterlerin sahip olduğu önem dereceleri, ülke sıralamalarını doğrudan etkileyeceğinden bu aşama etkili bir şekilde yorumlanmalıdır. İleriye dönük çalışmalarda, kriter veya alternatif sayılarında değişime gitmek problemin göreli ağırlıkların hesaplanması aşamasını

değiştirecektir. Çünkü tüm bu ağırlıklar 19 adet alternatif ve 4 adet değerlendirme kriteri için hesaplanmıştır. Alternatifler arasından birinin çıkarılması ağırlık değerlerini değiştirecektir.

Entropi yönteminin sunduğu sonuçlara göre, kriterlerin önem derece sıralamaları, Enerji Üretimi > Alternatif ve Nükleer Enerji > Enerji İthalatı > Emisyon Miktarı şeklinde oluşmuştur.

Entropi ağırlıklarının belirlenmesine yönelik izlenen tüm hesaplama prosedürleri **Ek 1.1., Ek 1.2., Ek 1.3.** tablolarında sunulmuştur.

3.2.3.2.CRITIC Yöntemiyle Ağırlık Bilgisinin Hesaplanması

Nesnel ağırlık belirleme yöntemleri arasında adından sıklıkla bahsedilen ve çoğu uygulamaya konu olan bir diğer yöntem de, CRITIC yöntemidir. CRITIC yöntemi, kriterlerin doğasında var olan çatışma/çelişki olgusundan ve karşıtlığın yoğunluğu (contrast intensity) felsefesinden yola çıkmaktadır. Hesaplama prosedürleri basit matematiksel süreçler içeren yöntem, değerlendirme kriterleri arasındaki korelasyon ve standart sapmalardan yola çıkmaktadır.

Analiz süresince kullanılan tüm ÇKKV teknik ve ağırlık belirleme yöntemleri, başlangıç karar matrisi **Ek 1.1.** ile hesaplamalara başlamaktadır. CRITIC yönteminin sunduğu ağırlık bilgisinin hesaplanması şu adımlardan oluşmaktadır.

- Öncelikle, farklı kaynaklardan gelen ve farklı boyutlardaki matris değerleri normalizasyon işlemiyle boyutsuz birimlere dönüştürülür. Bu amaca yönelik olarak, fayda kriterleri için;

  $r_{ij} = \frac{x_{ij} - x_j^{min}}{x_j^{max} - x_j^{min}}$

  Maliyet kriterleri için ise,

  $r_{ij} = \frac{x_j^{max} - x_{ij}}{x_j^{max} - x_j^{min}}$ formülasyonu kullanılmıştır. Örnek hesaplamalar yukarıda anlatılan entropi adımları ile aynıdır.
- Sonraki adımda, her bir kriterin alternatifler karşısında aldıkları değerler arasındaki korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. 4 adet değerlendirme kriterine yönelik olarak kriterlerin birbirlerine göre ilişkilerini analiz eden 4×4 boyutlu korelasyon matrisi oluşturulmuştur. Matrisin köşegeni

üzerindeki değerler kriterlerin kendileriyle kıyaslandığından dolayı "1" değerini almaktadır. Yöntemin temeli, oluşturulan bu matrise dayanmaktadır. Kriterler arasındaki ilişkiyi gösteren doğrusal korelasyon katsayıları "P_{jk}", **Ek 2.1.** tablosunda sunulmuştur. İlgili hesaplama formülasyonu şu şekildedir.

$$P_{jk}= \frac{\sum_{i=1}^{m}(r_{ij}-\overline{r_{ij}})-(r_{ik}-\overline{r_{ik}})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m}(r_{ij}-\overline{r_{ij}})^{2}-\sum_{i=1}^{m}(r_{ik}-\overline{r_{ik}})^{2}}} \quad j,k=1,2,3,\ldots n$$

Örneğin, birinci sütun için hesaplanan P_{jk} değerleri;

$p_{11}= 1$

$p_{21}= -0,422$

$p_{31}= -0,289$

$p_{41}= 0,197$ şeklindedir.

- Ardından, hesaplanan P_{jk} değerleri her bir kriterin doğasında bulunan zıtlığın yoğunluğu ve çelişkilerin gözlemlenmesi için j. kriterin taşıdığı toplam bilgi miktarı (C_j), aşağıdaki formülasyon yardımıyla hesaplanmıştır.

  $C_j= \sigma_j \sum_{k=1}^{n}(1-P_{jk})$ j=1,2……n

  Hesaplanan C_j değerleri her bir kriterin önem derecesine yaptığı katkıyı göstermektedir. C_j değeri ne kadar yüksek ise kriterin alacağı önem ağırlığı da o kadar yüksek olacaktır. Ardından kriterlere ait göreli ağırlıklar,

  $w_j=C_j/\sum_{j=1}^{n} C_j$ j=1,2,……n formülasyonu ile hesaplanmaktadır.

Yukarıda anlatılan adımlar uygulanarak elde edilen kriterlerin nesnel ağırlıkları aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

	Enerji İthalatı	Emisyon Miktarı	Alternatif ve Nükleer Enerji	Enerji Üretimi
CRITIC Ağırlıkları	0,2483	0,3149	0,2025	0,2343

Tablo 3.5. CRITIC Yöntemiyle Hesaplanan Göreli Ağırlıklar

CRITIC yöntemiyle hesaplanan göreli ağırlık değerlerine baktığımızda en yüksek ağırlığa sahip kriter 0,3149 değeriyle "Emisyon Miktarı" kriteri iken; en düşük ağırlığa sahip olan kriter 0,2025 değeriyle "Alternatif ve Nükleer Enerji"

kriteri olmuştur. Entropi hesaplamalarında en düşük göreli ağırlığa sahip olan "Emisyon Miktarı" kriteri iken, CRITIC yönteminde bu kriter en yüksek ağırlığa sahiptir. Bu durum, kullanılan farklı ağırlık belirleme yaklaşımlarının farklı sonuçlar vereceğine en büyük örnektir.

CRITIC yönteminin sunduğu sonuçlara göre kriterlerin önem derece sıralamaları, Emisyon Miktarı > Enerji İthalatı > Enerji Üretimi > Alternatif ve Nükleer Enerji Kullanımı şeklinde oluşmuştur.

3.2.3.3.ROC Yöntemiyle Ağırlık Bilgisinin Hesaplanması

ROC yöntemi, karar vericinin ağırlık bilgisi sunamadığı durumlarda kullanılan basit oransal yöntemdir. Kriterlere dair ağırlık sunamayan KV, bir sıralama öngörmektedir. ROC yöntemi de, KV'nin sunduğu bu sıralama üzerinden kriter ağırlıklarını belirleme temeline dayanmaktadır.

Çalışmada ele alınan 4 değerlendirme kriteri olduğundan, kriterlere dair ağırlık bilgisi şu şekilde elde edilmektedir.

- İlk olarak, karar vericiden kriterleri kendi içlerinde sıralaması istenir. Ardından kriterlere ait sıra değerleri kullanılarak, her bir kriterin aldığı sıra, orantılı olarak ağırlık bilgisine çevrilir.
- ROC yöntemi kapsamında belirlenen göreli ağırlıklar, 4 adet kriter için şu şekilde belirlenmiştir.
  Birinci kriter için,
  $[1 + (1/2) + (1/3) + (1/4)] / 4 = 0{,}5208$
  İkinci kriter için,
  $[(1/2) + (1/3) + (1/4)] / 4 = 0{,}2708$
  Üçüncü kriter için,
  $[(1/3) + (1/4)] / 4 = 0{,}1458$
  Dördüncü kriter için,
  $[(1/4)] / 4 = 0{,}0625$ şeklinde hesaplanmıştır.

Ele alınan çalışmada, kriter ağırlıkları içlerinde farklı bakış açıları barındırabilir. Bu bağlamda, kriter sıralamaları 4 adet kriter için 24 farklı kombinasyonda ele alınmıştır. Kriterlere atanan farklı ağırlık değerleri ile sonuçlardaki değişim gözlemlenmiştir.

Bu amaca yönelik olarak 4 farklı yaklaşım ele alınabilir.

- **Sağlıkçı Yaklaşıma Sahip Karar Vericiler**: Bu tür karar vericiler için sağlık ön planda olduğundan, kriterler arasında "Emisyon Miktarı" kriteri öncelikli olacaktır. Böyle bir seçimin analizi için, "Emisyon Miktarı" kriterine yüksek ağırlık atayan 6 farklı ağırlık bilgisi (ROC9, ROC11, ROC17, ROC18, ROC19 ve ROC20) senaryo edilmiştir.
- **Çevreci Yaklaşıma Sahip Karar Vericiler**: Sağlıkçı bir yaklaşım kadar, çevreci bir tutum da önemlidir. Farklı enerji kaynaklarından elde edilen ikincil dönüşümler doğaya zarar vermektedir. Bu bağlamda, "Alternatif ve Nükleer Enerji Kullanımı" kriterine yüksek ağırlık atayan 6 farklı ağırlık bilgisi (ROC10, ROC12, ROC13, ROC16, ROC21 ve ROC23) senaryo edilmiştir.
- **Hükümet Odaklı Karar Vericiler**: İhracat ve ithalat rakamları her ülke için önem taşımaktadır. Ülkeler, ihracat rakamlarını yükseltirken, ithalat rakamlarını düşürmek amacındadır. "Enerji İthalatı" kriterine yüksek ağırlık atayan 6 farklı ağırlık bilgisi (ROC1, ROC2, ROC3, ROC4, ROC5 ve ROC6) böyle bir yaklaşıma sahip karar vericilere yönelik oluşturulmuştur.
- **Üretim Odaklı Karar Vericiler**: İthalat, dışa bağlılık anlamına gelmektedir. Yüksek üretim hacimleri bu bağlılığı ortadan kaldırmaktadır. Bir ülkenin büyüklüğü o ülkenin üretim hacmiyle doğru orantılıdır. Üretim odaklı yaklaşıma sahip karar vericiler ROC7, ROC8, ROC14, ROC15, ROC22 ve ROC24 ağırlıkları ile temsil edilmiştir.

Sonuç olarak, TOPSIS ve Gri yöntemlerinin kullanılacağı bu çalışmada, eşit ağırlıklar, nesnel ağırlıklar ve ROC ağırlıkları kullanılmıştır. Toplam 27 adet farklı ağırlıklandırma altında, her bir yöntemin sunduğu sonuçlar değerlendirilmiştir. Farklı metotlar kullanılarak belirlenen 27 adet ağırlık bilgisi **Ek 3.** tablosunda sunulmuştur.

3.2.4. TOPSIS ve Gri Yöntemleri İle Gerçekleştirilen Analiz

Karar problemine ait kriterlerin göreli ağırlıklarının hesaplanmasında nesnel ve öznel ölçütler kullanılabilmektedir. Bu çalışmada, karar vericilerin öznel yargılarından kaçınmak amacıyla analiz nesnel ölçütler ile gerçekleştirilmiştir. Öznel yaklaşımları örneklendirmek adına da sadece ROC ağırlıkları kullanılmıştır.

Değerlendirme kriterlerinin ağırlıklandırılması aşamasında karar vericinin bilgi birikimi ve tecrübelerine başvurulabilir. Fakat ülkelerin belli finansal veya sayısal göstergelere göre sıralanması konusunu ele alan bu çalışmada subjektif yargılardan oluşan karar verici bildirimleri ROC ağırlıkları ile ele alınmıştır. Analiz süresince kullanılan nesnel süreçler, öznel prosedürlerle yapılacak olan çalışmalara da temel oluşturmaktadır.

Bu kapsamda, karar probleminin çözümü tüm ağırlıklar ışığında, TOPSIS ve Gri yöntem ile ele alınacaktır. Daha sonra, oluşan farklı sıralamalar senaryo analizine tabi tutularak, benzer sonuçlar kıyaslanacaktır. Sürece ilişkin yöntemlerin izlediği prosedür alt bölümlerde detaylıca açıklanmıştır.

3.2.4.1. TOPSIS Yöntemi İle Ülkelerin Derecelendirilmesi

Bu başlık altında; Entropi, CRITIC ve ROC yöntemleriyle hesaplanan ağırlık bilgileri ve eşit ağırlıklar kullanılarak TOPSIS yaklaşımı ele alınıp, 19 adet karar alternatifi derecelendirilecektir. Yöntemin uygulama adımları aşağıda detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

- **Başlangıç Karar Matrisinin Oluşturulması:** TOPSIS yöntemi, satır değerlerinde alternatifler, sütun değerlerinde karara etki eden kriterlerin yer aldığı bir veri matrisinden yola çıkmaktadır. Çalışmada 19 adet alternatif ülke ve bu ülkeleri derecelendirmek için kullanılan 4 adet değerlendirme kriteri bulunmaktadır. Her bir alternatifin her bir kritere göre aldığı değerler "x_{ij}" notasyonu ile gösterilmiştir. Böylece 19×4 boyutlu başlangıç karar matrisi (X_{ij}) **Ek 1.1.** tablosunda sunulmuştur.
- **Karar Matrisinin Normalize Edilmesi:** Bu adımda, farklı kaynaklardan elde edilen farklı boyutlardaki matris verileri normalizasyon işlemiyle boyutsuz birimlere dönüştürülmüştür.

Kriterler arasında bir ölçüme gitmek için bu adım önem teşkil etmektedir. Matris değerlerinin normalize edilme aşamasında literatürde sıklıkla kullanılan negatif verileri de hesaplamaya katan vektör normalizasyon formülü kullanılmıştır. "x_{ij}" değerleri normalize edilerek "r_{ij}" değerleri elde edilmiştir. İlgili formül aşağıda gösterilmiştir.

$$r_{ij}=\frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} x_{ij}^{\,2}}} \qquad i=1,2,\ldots\ldots m;\ j=1,2,\ldots.n$$

Örneğin, başlangıç karar matrisinin 1.satırının normalize edilme adımları şu hesaplamalar ile gerçekleşmiştir.

$$r_{11}=\frac{x_{11}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{19} x_{i1}^{\,2}}} = 60,16 / [(60,16)^{2} + (18,55)^{2} + (3,59)^{2} + (-141,46)^{2} + (7,71)^{2} + (10,82)^{2} + (-88,78)^{2} + (46,18)^{2} + (-15)^{2} + (81,96)^{2} + (27,82)^{2} + (31,12)^{2} + (81,15)^{2} + (88,8)^{2} + (-62,41)^{2} + (-22,58)^{2} + (-79,88)^{2} + (-221,66)^{2} + (71,49)^{2}]^{1/2} = 60,16 / 349,8 = 0,172$$

r_{12}= 8,86 / 41,91 = 0,211

r_{13} = 11,76 / 63,776 = 0,184

r_{14} = 124194,14 / 3478694,66 = 0,035

Aynı işlemler tüm alternatif değerleri için tekrarlanmış olup, işlem sonucunda "R_{ij}" normalize karar matrisi elde edilmiştir. Normalize matris **Ek 4.1.** tablosunda sunulmuştur.

- **Normalize Matrisin Ağırlıklandırılması:** Bir önceki adımda normalize edilen değerler (r_{ij}), belirlenen ağırlıklar ile çarpılarak ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi (V_{ij}) elde edilmektedir. Her bir alternatifin her bir kritere göre aldığı normalize değerler göreli ağırlık değerleri ile çarpılmıştır. Örnek hesaplama entropi için **Ek 4.2.** ' de sunulmuştur.

  Örneğin, normalize matrisin 1.satır elemanlarının Entropi ağırlıkları kullanılarak hesaplanması şu şekilde gerçekleşmiştir.

  v_{11}= 0,172 * 0,1949 = 0,0335

  v_{12}= 0,211 * 0,0891 = 0,0188

  v_{13}= 0,184 * 0,2354 = 0,0434

v_{14}= 0,035 * 0,4806 = 0,0172

- **Pozitif / Negatif İdeal Alternatifler ve Ayrım Ölçütlerinin Hesaplanması:** Bu adımda, bir önceki adımda ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi elemanları kullanılmaktadır. Pozitif ideal çözüm alternatifinin belirlenmesinde; eğer nitelik fayda endeksli ise, sütundaki en büyük değer; eğer nitelik maliyet endeksli ise, sütundaki en küçük değer seçilmelidir. Negatif ideal çözüm alternatifinin belirlenmesinde ise; eğer nitelik fayda endeksli ise, sütundaki en düşük değer; eğer nitelik maliyet endeksli ise, sütundaki en büyük değer seçilmelidir.

  Örneğin, ağırlıklandırılmış karar matrisinde ilk 2 sütun maliyet, son 2 sütun fayda yönlüdür. Bu bakımdan, pozitif ideal çözüm değerleri (v_j^+) 4 sütun için sırasıyla; (-0,1235), (0,0032), (0,1760), (0,3361) olarak hesaplanmıştır. Negatif ideal çözüm değerleri (v_j^-) ise sırasıyla; (0,0495), (0,0374), (0), (0,0044) olarak hesaplanmıştır.

  Her bir alternatifin, pozitif ve negatif ideal çözümlere olan uzaklıkları basit uzaklık formülasyonu ile hesaplanmıştır. Birinci satır alternatifi için örnek hesaplama şu şekildedir.

  1.alternatifin pozitif ideal çözüme olan uzaklığı,

  $S_1^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{4}(v_{1j} - v_j^+)} = [(0{,}0335 - (-0{,}1235))^2 + (0{,}0188 - 0{,}0032)^2 + (0{,}0434 - 0{,}1760)^2 + (0{,}0172 - 0{,}3361)^2]^{1/2} =$ 0,3797 şeklinde hesaplanmaktadır.

  1.alternatifin negatif ideal çözüme olan uzaklığı ise,

  $S_1^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{4}(v_{1j} - v_j^-)} = [(0{,}0335 - (0{,}0495))^2 + (0{,}0188 - 0{,}0374)^2 + (0{,}0434 - 0)^2 + (0{,}0172 - 0{,}0044)^2]^{1/2} = 0{,}0514$ şeklinde hesaplanmaktadır. Entropi için hesaplanan örnek tablo **Ek 4.3**.'de sunulmuştur.

- **Alternatiflerin Sıralanması:** S_i^+ ve S_i^- değerleri hesaplandıktan sonra, her bir alternatifin ideal çözüme göreli yakınlığı hesaplanmaktadır. Hesaplanan bu değerler büyükten küçüğe sıralanarak alternatifler derecelendirilmektedir. En yüksek değere

sahip alternatif, en ideal olan alternatif iken; en düşük değere sahip alternatif, en kötü alternatif anlamını taşımaktadır. Alternatiflerin elde ettiği son değer,

$V_i = S_i^- / (S_i^- + S_i^+)$ formülü ile hesaplanmaktadır. Örneğin, birinci alternatifin göreli yakınlık değeri;

$V_1 = 0,0514 / (0,0514 + 0,3797) = 0,1193$ olarak hesaplanmıştır.

Alternatiflerin her bir ağırlık belirleme yöntemine göre derecelendirmesini içeren tablo **Ek 4.4.**' te sunulmuştur.

3.2.4.2. Gri İlişkisel Analiz İle Ülkelerin Derecelendirilmesi

Karar probleminin TOPSIS ve göreli ağırlıklar yardımıyla çözümlenmesi aşamasından sonra aynı problemin Gri İlişkisel Analiz yöntemi ile analizi yapılmıştır. Bir sistemdeki bilgiyi, sistemin içerdiği referans bilgisine dayandırarak ölçmeye çalışan GİA yöntemi, basit hesaplama prosedürleri içermesi açısından önemlidir. Farklı yöntemlerin ülkelerin derecelendirilmesini nasıl etkilediğini görmek adına da önem teşkil etmektedir.

GİA yöntemi, alternatiflerin her bir kritere göre aldıkları değeri gösteren başlangıç karar matrisinden yola çıkmaktadır. Yöntemin izlediği adımlar ve hesaplama adımları şu şekildedir.

- **Karar Matrisinin Oluşturulması**: İlk adım olarak; her bir alternatifin her bir değerlendirme kriterine göre aldıkları puanların gösterildiği **EK 1.1.** tablosu kullanılmıştır. Yöntemin içerdiği, referans serisini hesaplanması bu aşamada gerçekleşir.
- **Referans Serinin Belirlenmesi**: Fayda endeksli sütun değerlerindeki en büyük eleman ve maliyet endeksli sütun değerlerindeki en küçük eleman, analiz için kullanılacak olan referans serisi elemanlarıdır. Yöntemin amacı, referans seriye en yakın olan alternatifi hesaplamaktır. Başlangıç karar matrisi kullanılarak oluşturulan referans ideal seri şu şekildedir. Normalizasyon işleminden sonra serideki tüm elemanlar "1" değerini almaktadır.

	Enerji İthalatı	Emisyon Miktarı	Alternatif ve Nükleer Enerji	Enerji Üretimi
Referans Serisi	-221,66	1,49	47,69	2432504,85

Tablo 3.6. Gri-İlikisel Analiz Referans Serisi

Burada, referans serinin ilk 2 elemanı analizde maliyet kriteri olduğundan karar matrisinde bulundukları sütunların en küçük değerleridir. Bunun aksine, serideki son 2 eleman; analizde fayda kriteri olarak ele alındığından karar matrisinde bulundukları sütunların en büyük değerleridir.

- **Matrisin Normalize Edilmesi ve Mutlak Değer:** Başlangıç karar matrisinde farklı kaynaklardan gelen farklı boyutlardaki birimler normalize edilerek boyutsuz birimlere dönüştürülür. Bunun için literatürde sıklıkla kullanılan basit normalizasyon formülleri önerilir. Normalizasyon işlemi sonucunda, en iyi değerler "1" değerine yaklaşırken, en kötü değerler "0" değerine yaklaşmaktadır.

  Eğer kriterin endeksi fayda yönlü ise,

  $r_{ij}= \frac{x_{ij}-x_j^{min}}{x_j^{max}-x_j^{min}}$ i=1,2,……m; j=1,2,….n

  Eğer kriterin endeksi maliyet yönlü ise,

  $r_{ij}= \frac{x_j^{max}-x_{ij}}{x_j^{max}-x_j^{min}}$ i=1,2,……m; j=1,2,….n formülasyonları kullanılır.

  Örneğin ilk alternatif ülke için normalize değerler şu şekilde hesaplanacaktır:

  r_{11}= (88,8 - 60,16) / (88,8 - (-221,66)) = 0,0922

  r_{12}= (17,6 - 8,86) / (17,6 - 1,49) = 0,5425

  r_{13} = (11,76 – 0) / (47,69 – 0) = 0,2465

  r_{14} = (124194,14 – 31556,25) / (2432504,85 – 31556,25) = 0,0386

  Normalizasyon işlemi sonucunda oluşan matris **Ek 5.1.'** de sunulmuştur.

  Sonraki adımda, referans serisi değerleri ile alternatiflerin her bir kriter ışığında aldıkları değerler birbirinden çıkarılarak alternatif değerlerinin referans seriye olan uzaklıkları hesaplanmıştır. Alternatif

değerleri ve referans serisi arasındaki uzaklıklardan oluşan matris **Ek 5.2.** tablosunda sunulmuştur.

- **Gri İlişkisel Katsayıların Hesaplanması:** Uzaklıkların hesaplanmasını takiben her bir alternatif için gri-ilişkisel katsayıların gösterildiği matris oluşturulur. Bu adımda, birinci satır için yapılan örnek hesaplama ve kullanılan formülasyon şu şekildedir.

$\gamma(x_{0j}, x_{ij}) = \frac{\Delta_{min} + \delta\Delta_{max}}{\Delta_{ij} + \delta\Delta_{max}}$ i= 1,2,3,.....m j=1,2,3,....n

$\gamma(x_{01}, x_{11}) = \frac{\Delta_{min} + \delta\Delta_{max}}{\Delta_{11} + \delta\Delta_{max}}$ = (0 + 0,5*1) / (0,9078 + 0,5) = 0,3552

$\gamma(x_{02}, x_{12}) = \frac{\Delta_{min} + \delta\Delta_{max}}{\Delta_{12} + \delta\Delta_{max}}$ = (0,5) / (0,4575 + 0,5) = 0,5222

$\gamma(x_{03}, x_{13}) = \frac{\Delta_{min} + \delta\Delta_{max}}{\Delta_{13} + \delta\Delta_{max}}$ = (0,5) / (0,7535 + 0,5) = 0,3989

$\gamma(x_{04}, x_{14}) = \frac{\Delta_{min} + \delta\Delta_{max}}{\Delta_{13} + \delta\Delta_{max}}$ = (0,5) / (0,9614 + 0,5) = 0,3421

Her alternatifin her bir kritere göre aldığı performans puanları bu formül yardımıyla hesaplanmıştır. Gri-ilişkisel katsayılardan oluşan 19× 4 boyutlu matris **Ek 5.3.** tablosunda sunulmuştur.

- **Gri İlişkisel Derecenin Hesaplanması:** Gri- ilişkisel katsayıların hesaplanmasının ardından kriterlere ait göreli önem ağırlıkları analize dahil edilmiştir. Her bir kriter ağırlığının matris elemanları ile çarpılması sonucunda ağırlıklandırılmış katsayı matrisi oluşturulmuştur.

  Örneğin, birinci alternatif için Entropi ile ağırlıklandırılmış gri ilişkisel derece şu yolla hesaplanacaktır.

  V_1= (0,3552* 0,1949) + (0,5222 * 0,0891) + (0,3989 * 0,2354) + (0,3421 * 0,4806) = 0,3741

  Alternatiflerin Sıralanması: Her bir karar noktasına ait toplam gri ilişkisel derece o alternatifin skorunu göstermektedir. En yüksek ilişkisel dereceye sahip olan alternatif en iyi alternatif olarak seçilir. Alternatiflerin her bir ağırlık belirleme yöntemine göre derecelendirmesini içeren tablo **Ek 5.4.**' te sunulmuştur.

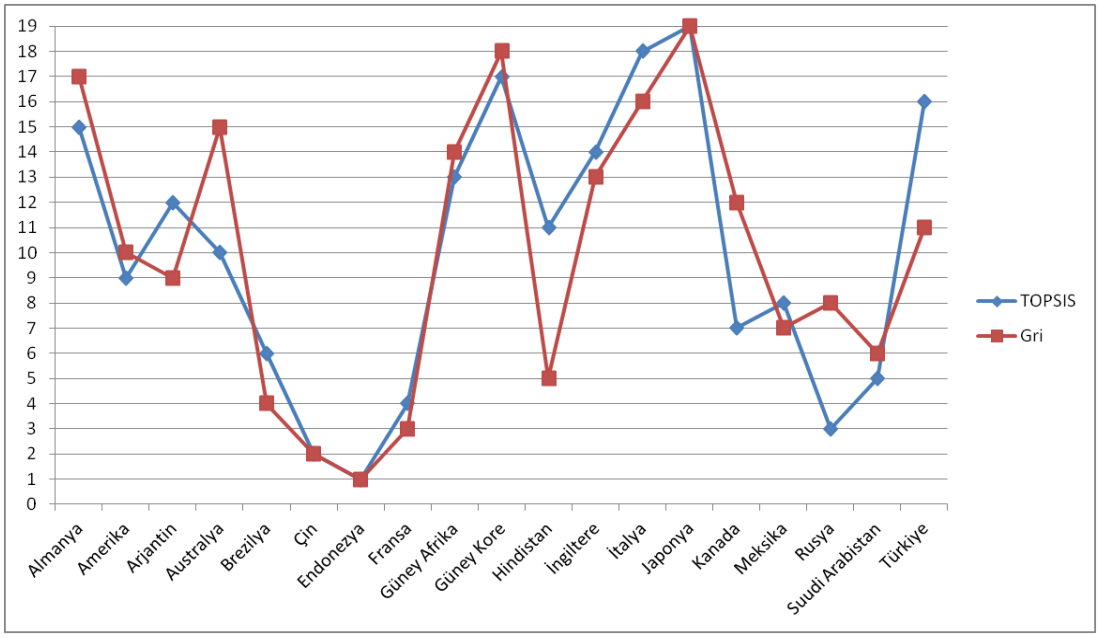
3.2.4.3. Oluşan Sıralamaların Borda Sayım Yöntemi İle Birleştirilmesi

TOPSIS ve Gri ilişkisel analiz yöntemleri kullanılarak elde edilen farklı sıralamalar nihai bir sıralama sunmak amacıyla birleştirilmiştir. Bu birleştirme işlemi, basit bir puanlama tekniği olan Borda Sayım ile gerçekleştirilmiştir.

Borda Sayım tekniği, n adet alternatiften oluşan bir sıralama olduğu varsayımıyla; son sıradaki alternatife "0" puan ve ilk sırayı alan alternatife (n-1) puan atayarak değerlendirmeye gitmektedir. İlk aşamada, TOPSIS ve GİA çözümlerinin her biri için 27 adet farklı sıralama oluşmuştur. Oluşan bu sıralamaları bir sıralama altında toplamak amacıyla Borda yöntemi kullanımı elverişli olmuştur. Yöntem sonucunda oluşan sıralama tablosu ve grafiksel gösterim TOPSIS ve GİA için şu şekildedir.

	TOPSIS		**Gri**	
	Puan	**Sıralama**	**Puan**	**Sıralama**
Almanya	138	15	106	17
Amerika	288	9	226	10
Arjantin	201	12	238	9
Australya	253	10	168	15
Brezilya	326	6	370	4
Çin	368	2	417	2
Endonezya	387	1	427	1
Fransa	354	4	416	3
Güney Afrika	182	13	173	14
Güney Kore	120	17	47	18
Hindistan	250	11	362	5
İngiltere	181	14	175	13
İtalya	68	18	116	16
Japonya	52	19	40	19
Kanada	315	7	208	12
Meksika	290	8	307	7
Rusya	358	3	284	8
Suudi Arabistan	349	5	321	6
Türkiye	137	16	216	11

Tablo 3.7. Borda Sayım İle Nihai Derecelendirme



Şekil 3.1. TOPSIS ve Gri Analiz Nihai Derecelendirme

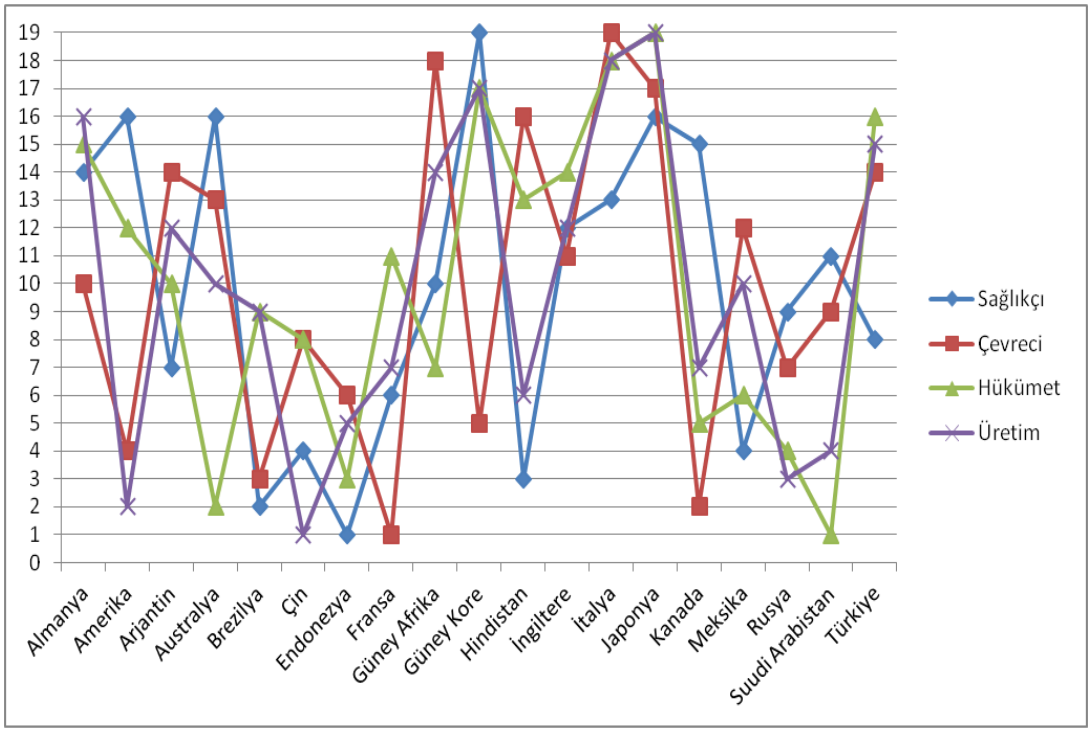
27 farklı ağırlık altında yürütülen TOPSIS yöntemi sonucunda; Endonezya birinci, Çin ikinci ve Rusya üçüncü sırayı almıştır. Uygulanan GİA yöntem sonuçlarında; Endonezya birinci, Çin ikinci ve Fransa üçüncü konumdadır. Bu şekilde bir sıranın oluşması, alternatiflerin aldığı yüksek puanlara bağlı olduğu kadar aldıkları tutarlı sıra değerlerine de bağlıdır. Bunun yanında iki yöntemin sunduğu farklı sıralamaların benzerliğini ölçmek amacıyla sıra korelasyon testi uygulanmış ve yöntemler arasındaki korelasyon 0,856 olarak bulunmuştur. Buradan, yöntemlerin sunduğu sıralamanın önemli düzeyde benzer olduğu yorumu yapılabilir.

Nihai derecelendirmeden sonra dikkat edilmesi gereken diğer nokta, farklı yaklaşımlar altında yöntemlerin sunduğu sonuçların incelenmesidir. Bu bağlamda, problemin başında tanımlanan 4 farklı yaklaşıma göre sonuçlar irdelenmiştir. Bu inceleme, farklı kritere önem verecek olan karar vericilerin varlığında ülkelerin nasıl sıralanacağını göstermesi açısından önemlidir.

Bu amaçla, her iki yöntem ile yürütülen analizler yardımıyla her yaklaşımın sunduğu sonuç sıralamaları Borda ile birleştirilip 4 farklı sıralamaya ulaşılmıştır. Sonuç sıralama tabloları ve grafiksel gösterimler aşağıda sunulmuştur.

	TOPSIS			
Yaklaşımlar	**Sağlıkçı**	**Çevreci**	**Hükümet**	**Üretim**
Almanya	14	10	15	16
Amerika	16	4	12	2
Arjantin	7	14	10	12
Australya	16	13	2	10
Brezilya	2	3	9	9
Çin	4	8	8	1
Endonezya	1	6	3	5
Fransa	6	1	11	7
Güney Afrika	10	18	7	14
Güney Kore	19	5	17	17
Hindistan	3	16	13	6
İngiltere	12	11	14	12
İtalya	13	19	18	18
Japonya	16	17	19	19
Kanada	15	2	5	7
Meksika	4	12	6	10
Rusya	9	7	4	3
Suudi Arabistan	11	9	1	4
Türkiye	8	14	16	15

Tablo 3.8. TOPSIS Yöntemi İle Farklı Yaklaşımlar



Şekil 3.2. TOPSIS Yönteminde Farklı Yaklaşım Sıralamaları

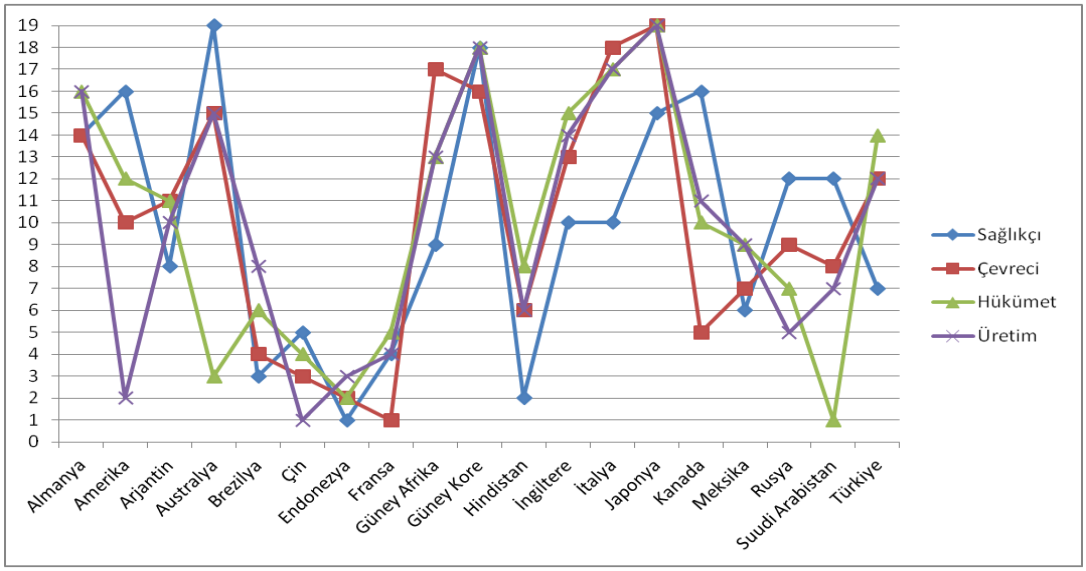
TOPSIS yöntemi sonucunda oluşan yukarıdaki sıralama tablosu incelendiğinde,

- Sağlıkçı yaklaşıma sahip karar vericilerin varlığında ilk 4 sırayı sırasıyla; Endonezya, Brezilya, Hindistan ve Çin almaktadır.
- Çevreci yaklaşımda ilk 4 sırayı sırasıyla; Fransa, Kanada, Brezilya ve Amerika almaktadır.
- Hükümet yanlı bir yaklaşımda ilk 4 sırasıyla; Suudi Arabistan, Avustralya, Endonezya ve Rusya olarak oluşmuştur.
- Üretimci yaklaşıma sahip karar vericilerin varlığında ilk 4 ülke sırasıyla; Çin, Amerika, Rusya ve Suudi Arabistan olmaktadır.

Gri İlişkisel Analiz ile ele alınan farklı yaklaşım sıralamaları ise şu şekilde oluşmuştur.

	Gri Analiz			
Yaklaşımlar	**Sağlıkçı**	**Çevreci**	**Hükümet**	**Üretim**
Almanya	14	14	16	16
Amerika	16	10	12	2
Arjantin	8	11	11	10
Australya	19	15	3	15
Brezilya	3	4	6	8
Çin	5	3	4	1
Endonezya	1	2	2	3
Fransa	4	1	5	4
Güney Afrika	9	17	13	13
Güney Kore	18	16	18	18
Hindistan	2	6	8	6
İngiltere	10	13	15	14
İtalya	10	18	17	17
Japonya	15	19	19	19
Kanada	16	5	10	11
Meksika	6	7	9	9
Rusya	12	9	7	5
Suudi Arabistan	12	8	1	7
Türkiye	7	12	14	12

Tablo 3.9. Gri Analiz Yöntemi İle Farklı Yaklaşımlar



Şekil 3.3. Gri Analiz İle Farklı Yaklaşım Sıralamaları

GİA yöntemi sonucunda oluşan sıralama tablosu incelendiğinde,

- Sağlıkçı yaklaşıma sahip karar vericilerin varlığında ilk 4 sırayı sırasıyla; Endonezya, Hindistan, Brezilya ve Fransa almaktadır.
- Çevreci yaklaşımda ilk 4 sırayı sırasıyla; Fransa, Endonezya, Çin ve Brezilya almaktadır.
- Hükümet yanlı bir yaklaşımda ilk 4 sırasıyla; Suudi Arabistan, Endonezya, Avustralya ve Çin olarak derecelenmiştir.
- Üretimci yaklaşıma sahip karar vericilerin varlığında ilk 4 ülke sırasıyla; Çin, Amerika, Endonezya ve Fransa olmaktadır.

Yukarıdaki değerlendirmeler gösteriyor ki, KV'nin sunduğu farklı değerlendirmeler sonuç derecelendirmesini etkilemektedir. Her bir karar verici karar problemine aynı perspektiften yaklaşmayacaktır. Bir kısım ithalata yüksek önem atarken, çevreci bir kitle emisyon değerini önemseyebilir. Yaklaşımlardaki bu ayrımın sonuçlar üzerindeki etkisini görebilmek nihai hedef olarak belirlenmiştir.

3.2.5. TOPSIS ve Gri Yöntemlerine Yönelik Deneysel Uygulamalar

Değerlendirme kriterlerine yönelik sunulan 27 farklı ağırlık bilgisi altında TOPSIS ve Gri yöntem sonuçları irdelenmiştir. Bu bağlamda, her iki yöntem farklı ağırlıklar altında çözülmüş ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Senaryo analizine tabi tutulan yöntem sonuçları korelasyon yardımıyla yorumlanacaktır.

Farklı kriter ağırlıkları altında ele alınan çalışma, değişik bakış açılarını içinde barındırmaktadır. Yapılan senaryo analizleri ve grafiksel gösterimler yardımıyla ağırlık belirleme adımının önemi ortaya konmuştur.

Ayrıca, oluşan sıralamaların kriter ağırlıklarındaki değişime ne derece duyarlı olduklarını ölçebilmek adına, TOPSIS ve Gri yöntemlerine dair Monte Carlo simülasyonu yapılmıştır. Her iki yöntemde de eşit ağırlıklar üzerinden bir deneye gidilmiştir. Bunun amacı, bir kriterin ağırlığını değiştirirken diğer kriter ağırlıklarının sabit kalmasının istenmesidir.

Duyarlılığı ölçmek amacıyla yürütülen simülasyonda, kriter ağırlıklarının %10 oranında artışı ve azalışı ile sonuç sıralamalarının ne derece değiştiği gözlemlenmiştir. Yapılan bu deneysel analiz ile uygulama modelimiz daha organik bir yapıya kavuşmuştur. Gerçek hayatta, kriterlere atanan ağırlıkların değişebileceği varsayımı altında, bu adım önem arz etmektedir.

3.2.5.1.TOPSIS Yöntemine Dair Korelasyon Analizi

Korelasyon analizinin temel amacı, kriterlere atanan farklı ağırlıkların ne derece benzer sonuçlar doğurduğunun tespit edilmesidir. Bu bağlamda, oluşan 27 farklı ülke sıralaması sıra korelasyon testine tabi tutularak aralarındaki benzerlik ölçülmüştür. Arasındaki korelasyon değeri 0.95 ve üzeri olan sıralamalar benzer kabul edilmiştir.

	Ağırlık Türleri	Korelasyon
1	Eşit-CRITIC	0,981
2	Entropi - ROC 14	0,975
3	Entropi - ROC 24	0,968
4	ROC 1- ROC 2	0,984
5	ROC 1- ROC 3	0,958
6	ROC 2- ROC 4	0,970
7	ROC 2- ROC 6	0,953
8	ROC 3- ROC 5	0,988
9	ROC 4- ROC 6	0,982
10	ROC 11- ROC 20	0,961
11	ROC 13- ROC 16	0,951
12	ROC 14 - ROC 15	0,960
13	ROC 15 - ROC 22	0,954
14	ROC 17 - ROC 18	0,956

Tablo 3.10. TOPSIS Yönteminde Ağırlıklar Arası Korelasyon

Tablodan görüleceği üzere, oluşan sıralamalardaki en büyük benzerlik 0,988 korelasyon değeriyle ROC 3 ve ROC 5 ağırlıkları arasında görülmektedir. Bu benzerlik ROC 3'e göre ikinci ve dördüncü kriterler ağırlıklarının değişmesi ile sağlanmıştır. Bir diğer deyişle, bu iki ağırlık türü için ikinci ve dördüncü kriterin ağırlıklarındaki değişim sıralama sonucunu çok da etkilememiştir.

Ek olarak, eşit ağırlıklar ve CRITIC yöntemi arasında 0,981 değerinde yüksek benzerlik saptanmıştır. Bu durum, ele alınan problem için CRITIC ağırlıklarının birbirine yakın değerler sunmasından kaynaklanmıştır. Dikkat çeken diğer nokta, entropi ağırlıkları ile ROC14 ve ROC 24 benzerliğidir. İki ağırlık türü de entropiye benzer olarak, ikinci kritere en düşük ve dördüncü kritere en yüksek ağırlığı atamışlardır. Bunun sonucunda sıralamalar benzeşmiştir.

3.2.5.2. Gri Yönteme Dair Korelasyon Analizi

Yürütülen analiz sonrasında oluşan farklı sıralamaların değerlendirilmesi önem arz etmektedir. Bu amaca yönelik olarak, oluşan sıralamalar korelasyon testine tabi tutulmuştur. Farklı ağırlık bilgilerinin sunduğu benzer sonuçları görmek analizi şeffaf kılacaktır. TOPSIS yönteminde olduğu gibi Gri analizde de, korelasyon düzeyi 0.95 ve üzerinde olan sıralamalar benzer kabul edilmiştir. Bu kapsamda benzerlik gösteren sıralamalar şu şekildedir.

	Ağırlık Türleri	Korelasyon
1	Eşit-CRITIC	0,972
2	Entropi - ROC 14	0,970
3	Entropi - ROC 24	0,989
4	ROC 1- ROC 2	0,953
5	ROC 5- ROC 6	0,968
6	ROC 6- ROC 14	0,958
7	ROC 8- ROC 22	0,953
8	ROC 9- ROC 11	0,951
9	ROC 9- ROC 19	0,984
10	ROC 14- ROC 24	0,968
11	ROC 17- ROC 18	0,979
12	ROC 17- ROC 19	0,958
13	ROC 18- ROC 20	0,967

Tablo 3.11. GİA Yönteminde Ağırlıklar Arası Korelasyon

Tablodan da görüleceği üzere, en yüksek korelasyon değerine sahip ağırlık yaklaşımları 0,989 ile Entropi ve ROC24 ağırlıkları olmuştur. Bunun nedeni, entropi ağırlıklarının ROC24 ağırlıklarına benzer olmasıdır. Entropi ile diğer ağırlıkların benzeşmesi TOPSIS yöntem sonuçlarında da aynıdır. Bu durum, üretim odaklı karar vericilerin varlığında oluşacak ağırlıklar ile Entropi ağırlıklarının benzeştiği anlamına gelmektedir. Yalnız bu problem için geçerli olmak üzere, karar vericiye ulaşılamayan durumlar varsayıldığında, üretim odaklı yaklaşımları simule etmek amaçlı Entropi ağırlıkları çözüm önerisi sunabilir.

3.2.5.3.TOPSIS Yöntemine Dair Yürütülen Simülasyon

Bu başlık altında, ilk olarak eşit ağırlıklar kullanılarak TOPSIS yöntemi uygulanmıştır. Ardından Apogee isimli paket program yardımıyla, kriter ve sonuç skorları tanımlanmıştır. Ardından Monte Carlo simülasyonu 500 iterasyon dahilinde yürütülmüştür. Bir ağırlık değeri değiştirilip diğerleri sabit tutularak, sıralamaların ne derece değişkenlik gösterdiği saptanmıştır.

İlk olarak birinci kriterin ağırlığının aşağı veya yukarı yönlü olmak üzere %10 oranında bir değişim gösterdiği varsayılmıştır. Bu senaryo altında oluşan 500 farklı sıralama üzerinden alternatiflerin sapma dereceleri ve ortalama sıraları belirlenmiştir. Standart sapma değerleri alternatiflerin sıra değerleri üzerinden elde edilmiştir. Örneğin; ilk kriterdeki değişimin sunduğu sonuç sapmaları ve ortalamalar şöyledir.

	Ortalama	St.sapma
Almanya	16	0
Amerika	7,784	0,412
Arjantin	12,182	0,386
Australya	6,772	0,781
Brezilya	9	0
Çin	2,258	0,438
Endonezya	5	0
Fransa	2,874	0,706
Güney Afrika	12,818	0,386
Güney Kore	17	0
Hindistan	11	0
İngiltere	14	0
İtalya	18	0
Japonya	19	0
Kanada	6,444	0,497
Meksika	10	0
Rusya	3,816	0,454
Suudi Arabistan	1,052	0,278
Türkiye	15	0

Tablo 3.12. TOPSIS İle Simülasyon Ortalama Sıra ve Sapmaları

Tablodan görüleceği üzere, birinci kriterin ağırlığındaki oynama, ilk sırada yer alan Suudi Arabistan'ın derecesini değiştirmiştir. Liderlik Suudi Arabistan ve Çin arasında değişmektedir. Tüm kriterlerdeki oynamaya bakıldığında, birinci olan Suudi Arabistan'ın sıra değeri sadece "Enerji İthalatı" kriterinde değişme göstermiştir. Buradan hareketle, eşit ağırlıklar ile ele alınan TOPSIS analizine göre, en önemli kriter "Enerji İthalatı" kriteri olarak saptanmıştır. Bu deney sonucunda elde edilen standart sapma ve ortalama değerleri **Ek 6**.'da sunulmuştur.

Son olarak eşit ağırlıklar kullanılarak yürütülen simülasyonda alternatiflerin sahip olduğu bağıl standart sapmalar hesaplanmıştır. Bağıl standart sapma, bir serideki değerlerin çeşitlilik oranını göstermektedir. Bu bakımdan, yüksek bağıl standart sapma, sonucun farklı değerler aldığını göstermektedir. Aşağıdaki tablodan da görüleceği üzere eşit ağırlıklar kullanılarak yürütülen TOPSIS analizi sonucunda, en düşük sapmaya sahip ülke Rusya iken, sonuçları en çok değişen ülke İtalya olmuştur.

	Bağıl St. Sapma	Sapma Sıralaması
Almanya	1,56	14
Amerika	1,33	7
Arjantin	1,35	8
Australya	1,66	15
Brezilya	1,06	3
Çin	1,44	9
Endonezya	1,31	5
Fransa	1,55	13
Güney Afrika	1,49	11
Güney Kore	1,86	17
Hindistan	1,52	12
İngiltere	1,16	4
İtalya	2,03	19
Japonya	1,82	16
Kanada	0,90	2
Meksika	1,32	6
Rusya	0,87	1
Suudi Arabistan	1,44	10
Türkiye	2,00	18

Tablo 3.13. TOPSIS Sonucunda Oluşan Sapma ve Sıralamalar

3.2.5.4. Gri Analiz Yöntemine Dair Yürütülen Simülasyon

İlk olarak eşit ağırlıklar kullanılarak probleme GİA yöntemi uygulanmıştır. Ardından Apogee isimli paket program yardımıyla kriter ve sonuç skorları tanımlanmıştır. Daha sonra Monte Carlo simülasyonu 500 iterasyon dahilinde yürütülmüştür. Bir ağırlık değeri değiştirilip diğerleri sabit tutularak sıralamaların ne derece değişkenlik gösterdiği saptanmıştır.

İlk adımda, birinci kriterin ağırlığının aşağı veya yukarı yönlü olmak üzere %10 oranında bir değişim gösterdiği varsayılmıştır. Bu senaryo altında oluşan 500 farklı sıralama üzerinden alternatiflerin sapma dereceleri ve ortalama sıraları belirlenmiştir. Standart sapma değerleri alternatiflerin sıra değerleri üzerinden elde edilmiştir. Örneğin birinci kriterdeki değişimin sunduğu sonuç sapmaları ve ortalamalar şöyledir.

	Ortalama	St.sapma
Almanya	17	0
Amerika	11	0
Arjantin	9	0
Australya	14,772	0,420
Brezilya	4,280	0,449
Çin	2	0
Endonezya	3	0
Fransa	1	0
Güney Afrika	12,448	0,498
Güney Kore	19	0
Hindistan	5,312	0,464
İngiltere	14,228	0,420
İtalya	16	0
Japonya	18	0
Kanada	12,552	0,498
Meksika	7	0
Rusya	8	0
Suudi Arabistan	5,408	0,896
Türkiye	10	0

Tablo 3.14. GİA İle Simülasyon Ortalama Sıra ve Sapmaları

Tablodan görüleceği üzere, birinci kriterin ağırlığındaki oynama, ilk sırada yer alan Fransa'nın derecesini değiştirmemiştir. İlk 3 sıradaki ülke, ilk kriterde meydana gelen oynamaya duyarsız kalmıştır. Tüm kriterlerdeki oynamaya

bakıldığında, birinci olan Fransa'nın sıra değeri "Alternatif ve Nükleer Enerji Kullanımı" ile "Enerji Üretimi" kriterlerinde değişme göstermiştir. Buradan hareketle, eşit ağırlıklar ile ele alınan Gri analize göre, en önemli kriter "Enerji Üretimi" kriteri olarak saptanmıştır. Çünkü bu kriterde meydana gelen değişim, ilk sıradaki ülkede daha yüksek bir sapma (0,4980) ile sonuçlanmaktadır. Bu deney sonucunda elde edilen tüm standart sapma ve ortalama değerleri **Ek 7**' de gösterilmiştir.

3.2.6. Uygulamanın Değerlendirilmesi ve Yorumlamalar

Analiz edilen karar problemi sonucunda, farklı senaryolar altında farklı sonuçlar ortaya çıkmıştır. Belirlenen karar kriterleri altında ülkeler enerji göstergeleri açısından sıralanmıştır. Kullanılan farklı yöntemlerin sıralamaları ne derece değiştirdiği kanıtlanmıştır. Ayrıca, çok kriterli karar verme yöntemlerinde ağırlık bilgisi belirleme adımının önemi vurgulanmıştır.

Alt başlıklarda yöntemlerin sunduğu sonuçların değerlendirilmesi ve yorumlanması ayrı ayrı ele alınacaktır. Bu amaçla; TOPSIS ve GİA sonuçları, korelasyon değerleri, farklı yaklaşımların sunduğu sıralamalar ve nihai derecelendirmeler yorumlanacaktır.

3.2.6.1. TOPSIS Analizine Yönelik Yorumlamalar

TOPSIS yöntemi ile yürütülen analiz sonucunda aşağıdaki temel sonuç ve yorumlamalara ulaşılmıştır.

- Eşit ağırlıklar ile ele alınan yöntem sonuçlarında; Suudi Arabistan birinci, Çin ikinci ve Fransa üçüncü sırayı almıştır. Bunun sebebini, Suudi Arabistan'ın enerji piyasasında ihracatçı konumunda olmasıyla açıklayabiliriz.
- Entropi ağırlıklarında ise, ilk üç sırasıyla; Çin, Amerika ve Rusya olmuştur. Entropi ağırlıkları analiz gereği enerji üretimi kriterine yüksek ağırlık atamıştır. Dolayısıyla, bu kriterde en iyi değere sahip olan ülke Çin'dir. Oluşan sıralamada bu durum etkili olmuştur.
- 27 farklı ağırlık bilgisi üzerinden yürütülen TOPSIS analizinde, Çin 9 kez, Suudi Arabistan ve Fransa 8 kez, Endonezya 2 kez birinci sırayı

almıştır. Ayrıca, Güney Kore 9 kez, İtalya ve Japonya 5 kez, Avustralya 4 kez, Güney Africa ve Amerika 2 kez sonuncu sırayı paylaşmışlardır. Amerika enerji üretimi kriteri altında yüksek puana sahiptir. Bu kriter ağırlığının düşük belirlenmesi bu ülkeyi aşağıya çekmiştir.

- Monte Carlo simülasyonu sonucunda, Suudi Arabistan ve Çin birinciliği aralarında paylaşmıştır. Birinci kriterde meydana gelen %10'luk değişim sonrasında, birinci sıradaki Suudi Arabistan'ın sırası değişmiştir. Bu durum, "Enerji İthalatı" kriterinin TOPSIS yönteminde en kritik kriter olduğunu kanıtlamaktadır. Ülkelerin bu kritere öncelik vermeleri, genel enerji derecelendirmelerini yükseltecektir.
- Ortalama bağıl standart sapma oranları incelendiğinde; birinci kriterdeki değişim için %1,53; ikinci kriterdeki değişim için %1,70; üçüncü kriterdeki değişim için %1,22 ; dördüncü kriterdeki değişim için %1,37 oranında bir sapma gerçekleştiği görülmüştür. Simulasyon sonucunda, ikinci kriterdeki değişim sonuç değerlerinde diğerlerine nazaran daha çok farklılık yaratmıştır.
- Son olarak, yürütülen analiz sonrasında sonuç değerleri en az farklılaşan alternatif Rusya olurken, en yüksek değer çeşitliliğine İtalya sahip olmuştur. Buradan, Rusya'nın derecelendirmede daha stabil olduğu, İtalya'nın ise farklı sıralarda yer alabileceği sonucuna ulaşılabilir.

3.2.6.2. Gri İlişkisel Analize Yönelik Yorumlamalar

GİA yöntemi ile yürütülen analiz sonucunda aşağıdaki temel sonuç ve yorumlamalara ulaşılmıştır.

- Eşit ağırlıklar ile ele alınan yöntem sonuçlarında; Fransa birinci, Çin ikinci ve Endonezya üçüncü sırayı almıştır. Türkiye ise 10.sıradadır. Entropi ağırlıklarında; Çin birinci, Fransa ikinci ve Amerika üçüncü olmuştur. CRITIC ağırlıklarında ise; Çin birinci, Endonezya ikinci ve Fransa üçüncü olmuştur. Eşit ve CRITIC ağırlıklandırmada ilk beşe giren ülkeler değişmemiştir.

- Fransa, alternatif ve nükleer enerji kullanımında en yüksek orana sahiptir. Çin, enerji piyasasında en yüksek enerji üretim hacmine sahip olan ülkedir. Endonezya, Hindistan'dan sonra en düşük emisyon salınımına sahip ülkedir. Tüm bu faktörler altında yüksek puanlara sahip olmaları sebebiyle, bu ülkeler üst sıralarda yer almıştır.
- Entropi ağırlıkları analiz gereği enerji üretimi kriterine yüksek ağırlık atamıştır. Dolayısıyla, bu kriterde en iyi değere sahip olan ülke Çin'dir. Kriterin yüksek öneme sahip olması, Amerika'yı da üst sıralalara taşımıştır.
- 27 farklı ağırlık bilgisi üzerinden yürütülen Gri analizde, Çin ve Fransa 8 kez, Suudi Arabistan 6 kez, Endonezya 4 kez ve Hindistan 1 kez birinci sırayı almıştır. Ayrıca, Japonya 9 kez, Avustralya ve Güney Kore 8 kez, Amerika 2 kez sonuncu sırayı paylaşmışlardır. Amerika enerji üretimi kriteri altında yüksek puana sahiptir.
- Japonya, enerji ithalatı kriterinde; Avustralya, emisyon salınımı miktarında diğer ülkelere kıyasla en kötü skorlara sahip ülkelerdir. Oluşan derecelendirmede son sıralarda yer almalarının temel sebebi bu durumdur.
- Monte Carlo simülasyonu sonucunda, Fransa ve Çin birinciliği aralarında paylaşmıştır. Üçüncü ve dördüncü kriterde meydana gelen %10'luk değişim sonrasında, birinci sıradaki Fransa'nın sırası değişmiştir. Bu durum, "Alternatif ve Nükleer Enerji Kullanımı" ve "Enerji Üretimi" kriterlerinin TOPSIS yönteminde en kritik kriterler olduğunu kanıtlamaktadır. Ülkelerin bu kriterlere yoğunlaşmaları genel enerji derecelendirmelerini yükseltecektir.
- Ortalama bağıl standart sapma oranları incelendiğinde; birinci kriterdeki değişim için %1,38; ikinci kriterdeki değişim için %1,87; üçüncü kriterdeki değişim için %1,27 ; dördüncü kriterdeki değişim için %1,26 oranında bir sapma gerçekleştiği görülmüştür. Simulasyon sonucunda, ikinci kriterdeki değişim sonuç değerlerinde diğerlerine nazaran daha çok farklılık yaratmıştır. Bu durum TOPSIS yönteminde de aynıdır.

Sağlanan ağırlık bilgisi %10 oranında değişkenlik gösterdiğinde, TOPSIS ve GİA yöntemlerinin sunduğu sonuçların ortalama bağıl standart sapma değerleri sırasıyla %1,46 ve %1,44 olarak hesaplanmıştır. Analiz sonuçları, TOPSIS yönteminin gri analize kıyasla ağırlıklardaki değişime daha duyarlı olduğunu kanıtlamaktadır.

3.2.6.3. Borda Sayım ve Farklı Yaklaşımlara Dair Yorumlamalar

Farklı ağırlık bilgisi dahilinde ele alınan yöntem sonuçları Borda Sayım metodu ile birleştirilmiştir. Çalışma sonucunda, TOPSIS ve GİA ile iki adet nihai derecelendirme elde edilmiştir.

- TOPSIS sonucunda oluşan nihai tablo incelendiğinde; Endonezya birinci, Çin ikinci ve Rusya üçüncü sırayı almıştır. Endonezya'nın ilk sırayı alması; enerji piyasasında ihracatçı konumda olması ve diğer ülkelere kıyasla düşük emisyon salınımına sahip olmasıyla açıklanabilir. Bunun yanında Çin, en yüksek üretim hacmine sahip iken Rusya da hem tedarikçi özelliği hem de üretim kapasitesi ile öne çıkmaktadır. Son olarak, Amerika 9.sırada yer almaktadır. Bunun nedeni, seçilen dört kriter altında bu ülkenin yüksek skorlara sahip olmamasıdır. İkinci yüksek üretim hacmine sahip olması Amerika'yı bazı yaklaşımlarda yukarı taşısa da, özellikle emisyon miktarı kriterinde yüksek değerler barındırması ülkeyi aşağıya itmektedir.
- Yapılan derecelendirmede, Türkiye 16.sırayı almıştır. Enerji üretimi konusunda yeterli altyapının olmaması, ülkemizi enerjide dışa bağımlı konumuna getirmektedir. Üretim hacminin yükselmesi ile bağımlılık azalacağından, bu faktörlere odaklanmak ülkemizi daha üst sıralara taşıyabilir.
- GİA sonucunda oluşan nihai tablo incelendiğinde; Endonezya birinci, Çin ikinci ve Fransa üçüncü sırayı almıştır. TOPSIS yöntem sıralamasında dördüncü olan Fransa gri yöntemde 3.sıraya yükselmiştir. Bu durum, Fransa'nın alternatif ve nükleer enerjide etkili bir performans göstermesinden kaynaklanmaktadır. Analizde, Amerika 10.sırada yer almaktadır. Bunun nedeni, belirlenen kriterlerde yüksek skorlara sahip olmamasından ileri gelmektedir.

Problem farklı kriterler ile ele alındığında, nihai derecelendirmeler de değişecektir. Yapılan derecelendirmede, Türkiye TOPSIS sıralamasına göre 5 puan yükselerek 11.sırayı almıştır.

- Oluşan farklı iki sıralama arasındaki ilişkiyi ölçmek adına, sıra korelasyon testi uygulanmıştır. Test sonucunda TOPSIS ve GİA yöntemlerinin sunduğu sıralamalar arasındaki korelasyon 0,856 olarak hesaplanmıştır. Bu değer, sıralamaların önemli düzeyde benzerlik gösterdiğini kanıtlar niteliktedir.

Uygulama aşamasında, karar vericilerin farklı yaklaşımlara sahip olacağı varsayımı altında 24 farklı ağırlık bilgisi sunan ROC ağırlıkları kullanılmıştır. Farklı yaklaşımlar sonucunda oluşan sıralamalar şöyle yorumlanmaktadır. TOPSIS ile yürütülen farklı yaklaşımlara dair analiz sonuçları söyledir.

- Sağlıkçı yaklaşımda; Endonezya birinci, Brezilya ikinci ve Hindistan üçüncü sırayı almıştır. Bu ülkeler, düşük emisyon salınımına sahip ülkelerdir. Salınım, sağlık, doğa, ekoloji vb. odaklı düşünen karar vericilerin varlığında, bu ülkeler üst sıralarda yer alacaktır.
- Çevreci yaklaşımda; Fransa birinci, Kanada ikinci ve Brezilya üçüncü sırayı almıştır. Bu ülkeler, alternatif ve nükleer enerji kullanımına önem veren ülkelerdir. Emisyona sebebp olmayan kaynakların kullanımını destekleyen yaklaşımın varlığında bahsi geçen ülkeler üst sıralarda yer alacaktır.
- Hükümet odaklı yaklaşımda; Suudi Arabistan birinci, Avustralya ikinci ve Endonezya üçüncü sırayı almıştır. Bu ülkeler, enerji piyasasında ihracatçı konumda olan lider ülkelerdir. Karar verici için en önemli kriter ithalat kriteri olduğunda derecelendirme bu şekilde olacaktır.
- Üretimci yaklaşımda; Çin birinci, Amerika ikinci ve Rusya üçüncü sırayı almıştır. Bu ülkeler, global enerji üretiminde lider konumdadırlar. Karar verici tarafından yapılan değerlendirmede, üretim kriterine yüksek ağırlık atanırsa ilk üç sıra bu ülkelere arasında paylaşılacaktır.

GİA ile yürütülen analize dair sonuç ve değerlenidirmeler şu yöndedir.

- Sağlıkçı yaklaşımda; Endonezya birinci, Hindistan ikinci ve Brezilya üçüncü sırayı almıştır. TOPSIS yönteminde 3.sırada olan Hindistan, bu yöntemde 2.sıraya yükselmiştir.
- Çevreci yaklaşımda; Fransa birinci, Endonezya ikinci ve Çin üçüncü sırayı almıştır. TOPSIS'e kıyasla ilk 3 sıralama önemli derecede farklılık göstermektedir.
- Hükümet odaklı yaklaşımda; Suudi Arabistan birinci, Endonezya ikinci ve Avustralya üçüncü sırayı almıştır. TOPSIS yönteminde 2.sırada yer alan Avustralya 3.sıraya gerilemiştir.
- Üretimci yaklaşımda; Çin birinci, Amerika ikinci ve Endonezya üçüncü sırayı almıştır. TOPSIS yönteminde 3.sırayı alan Rusya yerine, Endonezya 3.sırayı almıştır.

Her bir yöntem sonucunda sunulan farklı sıralamalar sıra korelasyon testine tabi tutulmuştur. Sonuç olarak, TOPSIS ve GİA yöntemlerinin sunduğu sıralamalar için korelasyon; sağlıkçı yaklaşım derecelendirmesinde 0,955, çevreci yaklaşım için 0,663, hükümet odaklı değerlendirme için 0,846 ve üretimci yaklaşım için 0,922 olarak hesaplanmıştır. Buradan, sağlık ve üretim odaklı yaklaşımlarda TOPSIS ve GİA derecelendirmelerinin önemli düzeyde benzerlik gösterdiği sonucuna ulaşılabilir.

3.2.6.4. Analiz Sonuçlarına Dair Nihai Tespit ve Öneriler

TOPSIS ve Gri ilişkisel Analiz yöntemleri ile yürütülen bu çalışmada ülkeler, farklı derecelendirmelere tabi olmuştur. Oluşan derecelendirmelerin sebeplerinin araştırılması önem arz etmektedir. Bu kapsamda, ele alınan kriterler ışığında ülkelerin enerji göstergeleri açısından derecelendirilmesine dair temel tespit ve öneriler şu şekildedir.

Öncelikle, Borda Sayım yöntemi ile elde edilen nihai derecelendirmelere baktığımızda, enerji piyasasına hakim olan ülkelerin üst sıralarda olduğu görülmektedir. Farklı olarak, Fransa alternatif ve nükleer enerji kullanımı sayesinde üst sıralarda yer almıştır. Bir diğer enerji devi Amerika ise, 9.sırayı almıştır.

Amerika'nın beklenenin aksine orta sıralarda yer almasının nedeni, enerji üretimi yüksek olmasından kaynaklı yoğun karbondioksit salınımına sahip olmasıdır. Bu durum, enerji üretiminde üst sıralarda yer alan ülkeyi alt sıralara çekmiştir. Seçilen kriterlerden bir tanesinde iyi bir performans sergilemek, sıralamada ilklerde yer almak için yeterli değildir. Bunun aksine, farklı yaklaşımlar ile ele alınan analizde, üretim odaklı KV tercihlerinde Amerika'nın 2.sırayı aldığı görülmektedir. Ülkenin, emisyon değerlerini azaltması ve alternatif kaynak kullanımı oranını yükseltmesi genel sıralamasını iyileştirecektir.

Her iki yöntemin sunduğu sıralamada, 1.ülke Endonezya olmuştur. Bu durum, Endonezya'nın neredeyse her kriterde orta-üstü bir performans sergilemesiyle mümkün olmuştur. Ülkemizin sıralamasına baktığımızda, iki yöntemde de orta ve alt sıralarda görünmektedir. Düşük enerji üretim potansiyeli, enerji alanında dışa bağımlılığı beraberinde getirmiştir. Etkili enerji politikaları ile üretime odaklanıp, alternatif kaynak kullanımına yönelmek bizleri üst sıralara taşıyacaktır.

Emisyon miktarı kriteri çalışmada o ülkenin nüfusuna oranlanarak ele alınmıştır. Çin, Amerika, Rusya ve Hindistan gibi temel enerji üretimci ülkelerin üretime paralel olarak salınım değerleri de yüksektir. Bunun aksine dikkat çekici bir nokta, Hindistan'ın toplam salınım kriterinde 3.sırada olmasına rağmen, bu değer nüfusa oranlandığında kişi başına düşen emisyon miktarında en düşük (en iyi) değere sahip olmasıdır. Bunda, Hindistan nüfusunun 1 milyar 300 bin civarlarında olmasının payı büyüktür.

Sonuç olarak eşit ağırlıklar varsayımı altında yürütülen TOPSIS yöntemi sonuçlarına göre, ülkelerin "Enerji İthalatı" kriterine odaklanması sıra değerlerini iyileştirecektir. Bu durum Gri analiz için ise, "Enerji Üretimi" kriterine yoğunlaşmak ülkelerin derecelendirmesini yükseltecektir.

GENEL DEĞERLENDİRME ve SONUÇ

Kişiler ve kurumlar gündelik hayatın her aşamasında, karar verme olgusu ile karşı karşıya kalmaktadır. Tek seçenekli veya tek kritere bağlı kararlardan ziyade, çelişen/çatışan kriterlere sahip olmak süreci zorlaştırmaktadır. Oluşan bu zorluğu elimine edebilmek adına, karar vericilere etkili ve pratik çözüm önerileri sunan çok kriterli karar verme yaklaşım ve yöntemleri sunulmuştur.

Herhangi bir problem çözümünün ilk adımı, çözüm sonunda ulaşılmak istenen amacın belirlenmesidir. Doğru belirlenmiş bir amaç doğru bir işleyiş demektir. Bu kapsamda, çok boyutlu problemin her bir elemanı açık bir şekilde tanımlanmalı ve analiz edilmelidir.

Hayatımızda karşılaştığımız her problem bir çok kriterli problem olmayabilir veya analiz gerektirmeyebilir. Çoklu ve çatışan niteliklere sahip olmak, farklı birimler ile tanımlanmak ve birden çok seçim şansının olduğu problemler; ÇKKV çemberi içinde yer alırlar.

Karar verme çoğu problemde öznel değerlendirmeler içermektedir. Karar vericiden sağlanan bilgi, problemin önemli yapıtaşlarındandır. Bu bağlamda, karar vericinin ve belirlenen hedeflerin tatmin edilmesi problemin çözümlenmiş olmasını gösterecektir. Karar vericinin probleme dair herhangi bir bilgi sunamadığı veya kısıtlı bilgi sunduğu durumlarda, nesnel yöntemler devreye girmektedir. En azından, önceliklerine dair bir sıralama sunan KV varlığında, yöntem ve süreçler farklılıklar gösterecektir.

Karar vericiden niteliklere dair elde edilen bilgiyi kullanan telafi edici modeller, çalışmada açıklanmıştır. Ele alınan tüm modeller, ağırlık bilgisini hesaplama ve alternatiflere dair nihai bir skor üretme işlevlerinde elverişli yöntemlerdir. Bu bakımdan, ÇKKV metodolojisinin sunduğu her bir yöntem karmaşık işletme problemlerinde karar vericiye pratik çözümler sunmaktadır.

Globalleşen dünyamızda, işletmeler sürekli karar verrme durumundadırlar. Karmaşık kararlar, hızlı ve gelişen dünyada işletmeleri zora sokmaktadır. Bu güçlüğün üstesinden gelmek, düşünsel yargılardan ziyade analitik algoritmalara bağlıdır. Gün geçtikçe her problem, daha da karmaşık hale gelmektedir.

Ülkelerin enerji göstergeleri açısından karşılaştırıldığı bu çalışma, belirlenen kriterler ve alternatifler altında farklı sonuçlar sunmuştur. Bu çalışma ile; bu konudaki problemlerin çözümünde ÇKKV yöntemlerinin elverişli sonuçlar sunduğu, nesnel veya öznel ağırlıklar kullanılarak ülkeler arasında bir derecelendirme yapılabileceği görülmüştür. Yapılan deneysel uygulamalar, enerji açısından ülkelerin hangi kritere daha fazla önem göstermesi gerektiğini ve oluşabilecek olası değişimlerde ülke sıralamalarının nasıl değişeceğini sunması açısından önemlidir.

Ekonominin kilit faktörlerinden olan enerji kavramını ele alan çalışmada, ülkemizin diğer G-20 ülkeleri arasındaki enerji sıralaması ölçülmek istenmiş ve bu sürecin ÇKKV yöntemleri yanında nesnel ölçütler yardımıyla daha etkili bir şekilde modellenebileceği görülmüştür. Ayrıca, nesnel ölçütler yardımıyla gerçekleştirilen bu çalışma karar vericinin öznel yargılar edinmesine de yardımcı olacaktır. Bu bakımdan uygulama gelecek çalışmalara temel teşkil etmektedir.

ÖZET

Karar verme, bir problemin çözümüne yönelik geliştirilen düşünsel stratejilerden oluşmaktadır. Gündelik yaşamın her anında bireyler veya işletmeler, çeşitli karar durumları ile karşılaşmaktadır. Bu durum bireyleri ve işletmeleri, çoklu alternatifler arasından seçim yapmaya sevk etmektedir. Her karar, bir süreç gerektirmektedir. Basit karar problemleri düşünsel çözümlemelerle sonuca ulaşsa da, karmaşık problemler analitik veya sistematik prosedürler gerektirmektedir.

Çalışmanın sözel kısmında; karar verme kavramı tanımlanıp, çok kriterli karar vermenin teorik çerçevesi çizilmiştir. Ardından, TOPSIS ve Gri İlişkisel Analiz gibi literatürde sıklıkla kullanılan telafi edici modeller açıklanmıştır.

Çalışmanın uygulama kısmında; G20 ülkeleri, çok nitelikli karar analizi ile temel enerji göstergeleri açısından derecelendirilmiştir. Bu amaçla, temel enerji göstergeleri belirlenmiş ve ülkeler çoklu alternatifler olarak ele alınmıştır.

Sonuç olarak; bu tür problemlerde ÇKKV tekniklerinin etkili ve anlaşılır sonuçlar sunduğu ve kriterlere dair kullanılan nesnel ölçütlerin tarafsız çıktılar oluşturduğu gözlenmiştir. Gerçekleştirilen analiz, bu alandaki çok boyutlu problemlerin ÇKKV yöntemleri ile kolayca çözümlenebileceğine kanıt teşkil etmektedir.

Anahtar Kelimeler: TOPSIS, ÇKKV, Entropi, Nesnel, Karar Verme

ABSTRACT

Decision making is constructed with ideational strategies that develops for the solution a problem. At any time of daily life, both people and firms come across with various decision situations. This case drives people or firms to make a choice between multiple alternatives. Every single decision making requires a process. Even if, simple decision making problems get solutions by using easy intellectual analysis; complicated DM problems needs to analytical and sistematical procedures.

In verbal part of the study; decision making concept is identified and theoretical frame of multiple criteria decision making is drew. Later, compensative MCDM methods like TOPSIS and Grey Relation Analysis which is usually applied in literature are clarified.

In practise part of the study; G20 countries were ranked through main energy indicators with using multiple qualitative decision analysis. For that purpose, main energy indicators is determined and countries were handled as multiple alternatives.

As a result, in this kind of problems, it is clearly observed that both MCDM methods present efficient and comprehensible results and also objective standards relative with criterias create neutral outputs. Analysis to be performed is intense evidence because it emphasizes that multiple dimensional decisions problems in this area can be solved easily with the help of MCDM methods.

Keywords: TOPSIS, MCDM, Entropy, Objective, Decision Making

KAYNAKÇA

Ahmadi, Z., vd., (2014), "*Pollution Levels In Iranian Economy Sectors Using Input-Output Analysis And TOPSIS Technique: An Approach To Sustainable Development*", Procedia - Social And Behavioral Sciences, C.141, ss. 1363-1368.

Almeida, A. T., (2005), "*Multıcriteria Modelling Of Repair Contract Based On Utility And ELECTRE I Method With Dependability And Service Quality Criteria*", Annals Of Operations Research, C.138., ss. 113-126.

Asafu-Adjaye, J., (2000), "*The Relationship Between Energy Consumption, Energy Prices And Economic Growth: Time Series Evidence From Asian Developing Countries",* Energy Economics, C. 22, ss. 615-625.

Atıcı, K. B. & Ulucan, A., (2009), "*Enerji Projelerinin Değerlendirilmesi Sürecinde Çok Kriterli Karar Verme Yaklaşımları ve Türkiye Uygulamaları*", H. Ü. İİBF Dergisi, C. 27, S. 1, ss. 161-186.

Aytaç, D., (2010), "*Enerji ve Ekonomik Büyüme İlişkisinin Çok Değişkenli VAR Yaklaşımı ile Tahmini*", Maliye Dergisi, S. 158, ss. 482-495.

Baky, I. A., (2014), "*Interactive TOPSIS Algorithms For Solving Multi-Level Non-Linear Multi-Objective Decision-Making Problems*", Applied Mathematical Modelling, C.38, ss. 1417-1433.

Behzadian, M., Vd., (2012), "*A State-Of The-Art Survey Of TOPSIS Applications*", Expert Systems With Applications, C.39, ss. 13051-13069.

Belke, A., Dreger, C. & Haan, F. D., (2010), "*Energy Consumption and Economic Growth – New Insights into the Cointegration Relationship",* RUHR Economic Papers, C. 190, ss. 4-22.

Buchanan, J. & Sheppard, P., (1999), "*Ranking Projects Using The ELECTRE Method*", http :// ww. esc. auckland. ac. nz/ organizations/ orsnz/ conf33/ papers/ p58.pdf, ss. 9.

Bülbül, S. & Köse, A., (2010), "*Türkiye'de Bölgelerarası İç Göç Hareketlerinin Çok Boyutlu Ölçekleme Yöntemi İle İncelenmesi",* İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi, C. 39, S. 1, ss. 75-94.

Chan, J. W. K. & Tong, T. K. L., (2007), "*Multi-Criteria Material Selections And End-Of-Life Product Strategy: Grey Relational Analysis Approach*", Materials And Design, C.28, ss. 1539-1546.

Çakır, S. & Perçin, S., (2013), "*Çok Kriterli Karar Verme Teknikleriyle Lojistik Firmalarında Performans Ölçümü*", Ege Akademik Bakış, C.13., S.4., ss. 449-459.

Çelik, P. & Ustasüleyman, T., (2014), "*ELECTRE I ve PROMETHEE Yöntemleri İle GSM Operatörlerinin Hizmet Kalitesinin Değerlendirilmesi*", International Journal Of Economic And Administrative Studies, Yıl.6., Sayı.12., ss. 137-160.

Çınar, Y., (2004), " *Çok Nitelikli Karar Verme ve Bankaların Mali Performanslarının Değerlendirilmesi Örneği*", Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, ss. 204.

Çiçek, H., (2013), "*Maksimum Entropi Yöntemi İle Türkiye'deki Coğrafi Bölgelerin Yıllık Hava Sıcaklık Değerinin İncelenmesi*", Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Afyon, ss. 63.

Değirmenci, İ., (2011), "*Entropi Ölçüleri ve Maksimum Entropi İlkesi*", Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, ss. 91.

Deng, H., Yeh, C-H. & Willis, R., (2000), *"Inter-Company Comparison Using Modified TOPSIS With Objective Weights"*, Computers & Operations Research, C. 27., ss. 963-973.

Diakoulaki, D., Mavrotas G. & Papayannakis L., (1995), *"Determining Objective Weights In Multiple Criteria Problems: The CRITIC Method"*, Computers Ops. Res., C. 22., No.7, ss. 763-770.

Dolores, M., vd., (2014), "*Are Multi-Criteria Decision Making Techniques Useful for Solving Corporate Finance Problems? A Bibliometric Analysis*", ss. 60-79.

Donegan, H. A., Dodd, F.J. & Mcmaster, T.B.M., (1992), "*A New Approach To AHP Decision-Making*", Journal Of The Royal Statistical Society, C.41, S.3, ss. 295-302.

Dymova, L., Sevastjanov, P. & Tikhonenko, A., (2013), "*A Direct Interval Extension Of TOPSIS Method*", Expert Systems With Applications, C.40, ss. 4841-4847.

Ecer, F. & Günay, F., (2014), "*Borsa İstanbul'da İşlem Gören Turizm Şirketlerinin Finansal Performanslarının Gri İlişkisel Analiz Yöntemiyle Ölçülmesi",* Anatolia Turizm Araştırmaları Dergisi, C. 25, S. 1, ss. 35-48.

Elitaş, C., vd., (2012), "*Gri İlişkisel Analiz İle Sigorta Şirketlerinin Performanslarının Belirlenmesi*", 16. Finans Sempozyumu, Erzurum, ss. 521-530.

Ertuğrul, İ. & Karakaşoğlu, N., (2010), "*ELECTRE ve Bulanık AHP Yöntemleri İle Bir İşletme İçin Bilgisayar Seçimi*", Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, C.25, S.2, ss. 23-41.

Ghavamifar, K., (2009), "*A Decision Support System For Project Delivery Method Selection İn The Transit İndustry*", Civil Engineering Dissertations, C. 7, ss. 288

Göktolga, Z. G. & Gökalp, B., (2012), " *İş Seçimini Etkileyen Kriterlerin ve Alternatiflerin AHP Metodu İle Belirlenmesi*", Cumhuriyet Üniversitesi, İktisadi Ve İdari Bilimler Dergisi, C.13, S.2, ss. 71-86.

Güvenek, B. & Alptekin, V., (2010), "*Enerji Tüketimi ve Büyüme İlişkisi: OECD Ülkelerine İlişkin Bir Panel Veri Analizi*", Enerji, Piyasa ve Düzenleme, C. 1, S. 2, ss. 172-193.

Hajiagha. S. H. R., Hashemi, S. S. & Zavadskas, E. K. , (2012), "*Extensions of LINMAP Model for Multicriteria Decision Making With Grey Numabers*", Technological and Economic Development of Economy, C. 18, ss. 636-650.

Hamalainen, R., P. & Salo, A.,A., (1997), "*The Issue Is Understanding The Weights*", Journal Of Multı-Crıterıa Decısıon Analysıs, C.6, ss. 340-343.

Hsu, P. F. & Hsu, M. G., (2008), "*Optimizing The Information Outsourcing Practices Of Primary Care Medical Organizations Using Entropy And TOPSIS*", Quality & Quantity, C.42, ss. 181-201.

Huang, J., (2008), "*Combining Entropy Weight And TOPSIS Method For Information System Selection*", Information Network Center, Guangxi University, ss. 1281-1284.

Huang, W. & Chen C., (2005), "*Using The ELECTRE II Method To Apply And Analyze The Differentiation Theory*", Proceedings Of The Eastern Asia Society For Transportation Studies, C.5., ss. 2237-2249.

James S. Dyer; Peter C. Fishburn; Ralph E. Steuer; Jyrki Wallenius; Stanley Zionts, (1992), "*Management Science*, Vol. 38, No. 5., pp. 645-654.

Jayakumar, D. N. & Vankatesh, P., (2014), "*Glowworm Swarm Optimization Algorithm With TOPSIS For Solving Multiple Objective Environmental Economic Dispatch Problem*", Applied Soft Computing, C.23, ss. 375- 386.

Karagöl, E., Erbaykal, E. & Ertuğrul, H. M., (2007), "*Türkiye'de Ekonomik Büyüme İle Elektrik Tüketimi İlişkisi: Sınır Testi Yaklaşımı"*, Doğuş Üniversitesi Dergisi, C. 8, ss. 72-80.

Koçak, D., (2014), "*Mobilya Sektöründe En Uygun Tedarikçi Seçimi İçin Çok Kriterli Karar Verme Tekniğinin Uygulaması*", Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, ss. 109.

Korkmaz, Ö. & Develi, A., (2012), "*Türkiye'de Birincil Enerji Kullanımı, Üretimi ve Gayri Safi Yurt İçi Hasıla (GSYİH) Arasındaki İlişki*", DEÜ İİBF Dergisi, C. 27, S. 2, ss. 1-25.

Koyuncu, F., (2013), "*Entropi İle Ağırlıklandırılmış Sezgisel Bulanık Mantık - Gri İlişki Analiz Tabanlı Tedarikçi Seçim Modeli*", İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, ss. 67.

Li, L., Liu, F. & Li, C., (2014), "*Customer Satisfaction Evaluation Method For Customized Product Development Using Entropy Weight And Analytic Hierarchy Process*", Computers & Industrial Engineering, C.77, ss. 80-87.

Li, X. Vd., (2011), "*Application Of The Entropy Weight And TOPSIS Method İn Safety Evaluation Of Coal Mines*", Procedia Engineering, C.26, ss. 2085-2091.

Mandic, K., Vd., (2014), " *Analysis Of The Financial Parameters Of Serbian Banks Through The Application Of The Fuzzy AHP And TOPSIS Methods* ", Economic Modelling, S.43, ss. 30-37.

Mozumder, P. & Marathe, A., (2007), "*Causality relationship between electricity consumption and GDP in Bangladesh*", Energy Policy 35, ss. 395-402.

Mucuk, M. & Uysal, D., (2009), "*Türkiye Ekonomisinde Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme"*, Maliye Dergisi, S. 157, ss. 105-115.

Nadali, A., Pourdarab, S. & Nosratabadi, H. E., (2012), "*Class Labeling Of Bank Credit's Customers Using AHP And SAW For Credit Scoring With Data Mining Algorithms"*, International Journal Of Computer Theory And Engineering, C.4, S.3, ss. 401-404.

Oztaysi, B., (2014), "*A Decision Model For Information Technology Selection Using AHP İntegrated TOPSIS-Grey: The Case Of Content Management Systems*", Knowledge-Based Systems, C.70, ss. 44-54.

Özdamar, D. Y., (2004), *"Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi: Bir Satınalma İhalesinde Uygulanması",* Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, ss. 95.

Özdemir, A. İ. & Deste, M., (2009), " *Gri İlişkisel Analiz İle Çok Kriterli Tedarikçi Seçimi: Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama*", İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi, C.38, S.2, ss. 147-156.

Özmen, F. & Yörük, S., (2005), "*İnsan Kaynakları Yönetimi Çerçevesinde, Okul Yöneticilerinin Karar Verme Sürecindeki Etkiliklerine İlişkin Ölçek Geliştirilmesi*", Fırat Üniversitesi, Sosyal Bilimler Dergisi, C.15, S.2, ss. 179-198.

Pak, B. K., (2011), "*Multi-Criteria Decision Making For Sustainable Energy Planning In Turkey",* Marmara Üniversitesi, Felsefe Doktora Tezi, İstanbul, ss. 160.

Pomerol, J. C. & Romero, S., (2000), "*Multicriterion Decision in Management Principles and Practice*", Kluwer's International Series.

Rao, R. V., (2007), "*Decision Making in The Environment Using Graph Theory and Fuzzy Multiple Attribute Decision Making*", Springer.

Sarıkaya, M., (2013), "*Karar Verme Süreçleri ve Örgütsel Sessizlik*", Pamukkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Denizli, ss. 145.

Shakouri, H., Nabaee, M. & Aliakbarisani, S., (2014), "*A Quantitative Discussion On The Assessment Of Power Supply Technologies: DEA (Data Envelopment Analysis) And SAW (Simple Additive Weighting) As Complementary Methods For The Grammar",* Energy, C.64, ss. 640-647.

Stanimirovic, I. P., (2012), "*Compendious Lexicographic Method For Multi-Objective Optimization*", Ser. Math. Inform., C. 27, ss. 55-66.

Stewart, T. J., (1992), "*A Critical Survey on the Status of Multiple Criteria Decision Making Theory and Practice*", Omega C. 20 ss. 569-586.

Subaşı, H., (2011), "*Çok Kriterli Karar Vermede Kullanılan TOPSIS ve AHP Yöntemlerinin Karşılaştırılması ve Bir Uygulama*", Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, ss. 118.

Şen, S., (2014), "*Farklı Ağırlıklandırma Tekniklerinin Denendiği Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri İle Türkiye'deki Mevduat Bankalarının Mali Performans Değerlendirmesi",* Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, ss. 180.

Şisman, B. & Eleren, A., (2013), "*En Uygun Otomobilin Gri İlişkisel Analiz ve ELECTRE Yöntemleri İle Seçimi*", Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, C.18, S.3, ss. 411-429.

Tezcan, N., (2014), "*OECD ve BRIC Ülkelerinin Enerji Göstergeleri Açısından Çok Boyutlu Ölçekleme Analizi İle Karşılaştırılması",* İ.Ü. İşletme İktisadi Enstitüsü Yönetim Dergisi, S. 77, ss. 119-135.

Urfalıoğlu, F. & Genç, T., (2013), "*Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri İle Türkiye'nin Ekonomik Performansının Avrupa Birliği Üye Ülkeleri İle Karşılaştırılması*", Marmara Üniversitesi, İ. İ. B. Dergisi, C.35, S.2, ss. 329-360.

Uygurtürk, H. & Korkmaz, T., (2012), "*Finansal Performansın TOPSIS Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi İle Belirlenmesi: Ana Metal Sanayi İşletmeleri Üzerine Bir Uygulama*", Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, İibf Dergisi, C.7, S.2, ss. 95-115.

Valls, A. & Torra, V., (2000), "*Using Classification As An Aggregation Tool In MCDM*", Fuzzy Sets And Systems, C. 115, ss. 159-168.

Vega, A., Vd., (2014), " *Notes On Dependent Attributes In TOPSIS*", Procedia Computer Science, C.31, ss. 308-317.

Wang, Q., Wu, C. & Sun, Y., (2014), "*Evaluating Corporate Social Responsibility Of Airlines Using Entropy Weight And Grey Relation Analysis*", Journal Of Air Transport Management, ss. 1-8.

Wang, Y. & Luo, Y., (2010), "*Integration Of Correlations With Standart Deviations For Determining Attribute Weights In Multiple Attribute Decision Making*", Mathematical And Computer Modelling", C.51., ss. 1-12.

Yanar, R. & Kerimoğlu, G., (2011), "*Türkiye'de Enerji Tüketimi, Ekonomik Büyüme ve Cari Açık İlişkisi",* Ekonomi Bilimleri Dergisi, C. 3, S. 2, ss. 191-201.

Yıldız, A., (2013), "*Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri İle Tedarikçi Seçimi ve Ekonomik Sipariş Miktarının Tespiti: Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama"*, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul, ss. 232.

Yılmaz, E. & Güngör, F., (2010), " *Gri İlişkisel Analiz Yöntemine Göre Farklı Sertliklerde Optimum Takım Tutucusunun Belirlenmesi*", 2. Ulusal Tasarım İmalat Ve Analiz Kongresi, Balıkesir, ss. 1-9.

Zhu, X., Vd., (2013), "*Balancing Accuracy, Complexity And Interpretability In Consumer Credit Decision Making: A C-TOPSIS Classification Approach*", Knowledge-Based Systems, C.52, ss. 258-267.

Zhu, X., Vd., (2014), "*TOPSIS Method For Quality Credit Evaluation: A Case Of Air-Conditioning Market In China*", Journal Of Computational Science, C.5, ss. 99-105.

Yararlanılan İnternet Kaynakları

Uluslararasın Enerji Ajansı Web Sitesi:

http://www.iea.org/

Dünya Ekonomi Forumu Web Sitesi:

http://www.weforum.org/

Uluslararası Para Fonu Web Sitesi:

http://www.imf.org/

Dünya Enerji Kurulu Web Sitesi:

http://www.worldenergy.org/

Dünya Bankası Web Sitesi:

http://www.worldbank.org/

EKLER

G20 ÜLKELERİNİN ENERJİ GÖSTERGELERİ AÇISINDAN DERECELENDİRİLMESİ

1. Entropi Ağırlık Belirleme Yönteminin İzlediği Aşamalar

1.1.Başlangıç Karar Matrisi (X_{ij})

Endeks Yönü	Maliyet	Maliyet	Fayda	Fayda
Alternatifler/Kriterler	Enerji İthalatı	Emisyon Miktarı	Alternatif ve Nükleer Enerji	Enerji Üretimi
Almanya	60,16	8,86	11,76	124194,14
Amerika	18,55	16,92	11,99	1784773,27
Arjantin	3,59	4,44	5,46	77239,08
Australya	-141,46	17,60	1,85	296725,86
Brezilya	7,71	2,00	15,39	249200,77
Çin	10,82	5,80	3,80	2432504,85
Endonezya	-88,78	1,65	8,22	394572,88
Fransa	46,18	4,94	47,69	136074,29
Güney Afrika	-15,00	6,84	2,67	162576,86
Güney Kore	81,96	11,88	15,73	46988,31
Hindistan	27,82	1,49	2,98	540938,56
İngiltere	31,12	6,96	10,60	129537,62
İtalya	81,15	6,49	6,49	31556,25
Japonya	88,80	8,93	8,10	51670,36
Kanada	-62,41	15,48	22,87	409028,89
Meksika	-22,58	3,61	6,24	228206,82
Rusya	-79,88	11,54	8,23	1314875,33
Suudi Arabistan	-221,66	15,37	0,00	601724,45
Türkiye	71,49	3,93	6,75	32064,18

1.2.Normalize Edilmiş Karar Matrisi (R_{ij})

Endeks Yönü	Maliyet	Maliyet	Fayda	Fayda
Alternatifler/Kriterler	Enerji İthalatı	Emisyon Miktarı	Alternatif ve Nükleer Enerji	Enerji Üretimi
Almanya	0,092	0,542	0,247	0,039
Amerika	0,226	0,042	0,251	0,730
Arjantin	0,274	0,817	0,115	0,019
Australya	0,742	0,000	0,039	0,110
Brezilya	0,261	0,968	0,323	0,091
Çin	0,251	0,732	0,080	1,000
Endonezya	0,572	0,990	0,172	0,151
Fransa	0,137	0,786	1,000	0,044
Güney Afrika	0,334	0,668	0,056	0,055
Güney Kore	0,022	0,355	0,330	0,006
Hindistan	0,196	1,000	0,062	0,212
İngiltere	0,186	0,660	0,222	0,041
İtalya	0,025	0,689	0,136	0,000
Japonya	0,000	0,538	0,170	0,008
Kanada	0,487	0,132	0,480	0,157
Meksika	0,359	0,868	0,131	0,082
Rusya	0,543	0,376	0,173	0,535
Suudi Arabistan	1,000	0,138	0,000	0,237
Türkiye	0,056	0,848	0,142	0,000

1.3.Performans Çıktı Değerleri (P_{ij})

Endeks Yönü	Maliyet	Maliyet	Fayda	Fayda
Alternatifler/Kriterler	Enerji İthalatı	Emisyon Miktarı	Alternatif ve Nükleer Enerji	Enerji Üretimi
Almanya	0,016	0,049	0,060	0,011
Amerika	0,039	0,004	0,061	0,208
Arjantin	0,048	0,073	0,028	0,005
Australya	0,129	0,000	0,009	0,031
Brezilya	0,045	0,087	0,078	0,026
Çin	0,044	0,066	0,019	0,284
Endonezya	0,099	0,089	0,042	0,043
Fransa	0,024	0,070	0,242	0,012
Güney Afrika	0,058	0,060	0,014	0,016
Güney Kore	0,004	0,032	0,080	0,002
Hindistan	0,034	0,090	0,015	0,060
İngiltere	0,032	0,059	0,054	0,012
İtalya	0,004	0,062	0,033	0,000
Japonya	0,000	0,048	0,041	0,002
Kanada	0,084	0,012	0,116	0,045
Meksika	0,062	0,078	0,032	0,023
Rusya	0,094	0,034	0,042	0,152
Suudi Arabistan	0,173	0,012	0,000	0,068
Türkiye	0,010	0,076	0,034	0,000

2. CRITIC Ağırlık Belirleme Yönteminin İzlediği Aşamalar

2.1. Doğrusal Korelasyon Katsayıları (P_{jk})

Kriterler	Enerji İthalatı	Emisyon Miktarı	Alternatif ve Nükleer Enerji	Enerji Üretimi
Enerji İthalatı	1,000	-0,422	-0,289	0,197
Emisyon Miktarı	-0,422	1,000	0,041	-0,239
Alternatif ve Nükleer Enerji	-0,289	0,041	1,000	-0,163
Enerji Üretimi	0,197	-0,239	-0,163	1,000

3. ROC, Entropi ve CRITIC Ağırlıkları Tablosu

Kriterler	Enerji İthalatı	Emisyon Miktarı	Alternatif ve Nükleer Enerji	Enerji Üretimi
EŞİT	0,25	0,25	0,25	0,25
ENTROPİ	0,1949	0,0891	0,2354	0,4806
CRITIC	0,2483	0,3149	0,2025	0,2343
ROC1	0,5208	0,2708	0,1458	0,0625
ROC2	0,5208	0,2708	0,0625	0,1458
ROC3	0,5208	0,1458	0,2708	0,0625
ROC4	0,5208	0,1458	0,0625	0,2708
ROC5	0,5208	0,0625	0,2708	0,1458
ROC6	0,5208	0,0625	0,1458	0,2708
ROC7	0,0625	0,1458	0,2708	0,5208
ROC8	0,0625	0,2708	0,1458	0,5208
ROC9	0,0625	0,5208	0,1458	0,2708
ROC10	0,0625	0,1458	0,5208	0,2708
ROC11	0,0625	0,5208	0,2708	0,1458
ROC12	0,0625	0,2708	0,5208	0,1458
ROC13	0,2708	0,0625	0,5208	0,1458
ROC14	0,2708	0,0625	0,1458	0,5208
ROC15	0,2708	0,1458	0,0625	0,5208
ROC16	0,2708	0,1458	0,5208	0,0625
ROC17	0,2708	0,5208	0,0625	0,1458
ROC18	0,2708	0,5208	0,1458	0,0625
ROC19	0,1458	0,5208	0,0625	0,2708
ROC20	0,1458	0,5208	0,2708	0,0625
ROC21	0,1458	0,2708	0,5208	0,0625
ROC22	0,1458	0,2708	0,0625	0,5208
ROC23	0,1458	0,0625	0,5208	0,2708
ROC24	0,1458	0,0625	0,2708	0,5208

4. TOPSIS İle Gerçekleştirilen Analiz

4.1. Normalize Başlangıç Karar Matrisi

Endeks Yönü	Maliyet	Maliyet	Fayda	Fayda
Alternatifler/Kriterler	Enerji İthalatı	Emisyon Miktarı	Alternatif ve Nükleer Enerji	Enerji Üretimi
Almanya	0,1720	0,2113	0,1843	0,0357
Amerika	0,0530	0,4038	0,1880	0,5131
Arjantin	0,0103	0,1059	0,0857	0,0222
Australya	-0,4044	0,4198	0,0291	0,0853
Brezilya	0,0220	0,0478	0,2414	0,0716
Çin	0,0309	0,1384	0,0596	0,6993
Endonezya	-0,2538	0,0394	0,1289	0,1134
Fransa	0,1320	0,1178	0,7477	0,0391
Güney Afrika	-0,0429	0,1631	0,0419	0,0467
Güney Kore	0,2343	0,2834	0,2467	0,0135
Hindistan	0,0795	0,0355	0,0467	0,1555
İngiltere	0,0890	0,1660	0,1662	0,0372
İtalya	0,2320	0,1549	0,1018	0,0091
Japonya	0,2539	0,2131	0,1271	0,0149
Kanada	-0,1784	0,3692	0,3586	0,1176
Meksika	-0,0645	0,0862	0,0979	0,0656
Rusya	-0,2284	0,2754	0,1290	0,3780
Suudi Arabistan	-0,6337	0,3668	0,0000	0,1730
Türkiye	0,2044	0,0938	0,1059	0,0092

4.2. Entropi İle Ağırlıklandırılmış Normalize Matris Örneği

Endeks Yönü	Maliyet	Maliyet	Fayda	Fayda
Alternatifler/Kriterler	Enerji İthalatı	Emisyon Miktarı	Alternatif ve Nükleer Enerji	Enerji Üretimi
Almanya	0,0335	0,0188	0,0434	0,0172
Amerika	0,0103	0,0360	0,0443	0,2466
Arjantin	0,0020	0,0094	0,0202	0,0107
Australya	-0,0788	0,0374	0,0068	0,0410
Brezilya	0,0043	0,0043	0,0568	0,0344
Çin	0,0060	0,0123	0,0140	0,3361
Endonezya	-0,0495	0,0035	0,0303	0,0545
Fransa	0,0257	0,0105	0,1760	0,0188
Güney Afrika	-0,0084	0,0145	0,0099	0,0225
Güney Kore	0,0457	0,0252	0,0581	0,0065
Hindistan	0,0155	0,0032	0,0110	0,0747
İngiltere	0,0173	0,0148	0,0391	0,0179
İtalya	0,0452	0,0138	0,0240	0,0044
Japonya	0,0495	0,0190	0,0299	0,0071
Kanada	-0,0348	0,0329	0,0844	0,0565
Meksika	-0,0126	0,0077	0,0231	0,0315
Rusya	-0,0445	0,0245	0,0304	0,1817
Suudi Arabistan	-0,1235	0,0327	0,0000	0,0831
Türkiye	0,0398	0,0084	0,0249	0,0044

4.3. Pozitif/Negatif İdeal Çözümler ve Ayrım Ölçütleri

Endeks Yönü	Maliyet	Maliyet	Fayda	Fayda		
Alternatifler/Kriterler	Enerji İthalatı	Emisyon Miktarı	Alternatif ve Nükleer Enerji	Enerji Üretimi	S+	S-
Almanya	0,0335	0,0188	0,0434	0,0172	0,3797	0,0514
Amerika	0,0103	0,0360	0,0443	0,2466	0,2106	0,2493
Arjantin	0,0020	0,0094	0,0202	0,0107	0,3820	0,0590
Australya	-0,0788	0,0374	0,0068	0,0410	0,3448	0,1336
Brezilya	0,0043	0,0043	0,0568	0,0344	0,3486	0,0853
Çin	0,0060	0,0123	0,0140	0,3361	0,2076	0,3358
Endonezya	-0,0495	0,0035	0,0303	0,0545	0,3255	0,1199
Fransa	0,0257	0,0105	0,1760	0,0188	0,3507	0,1802
Güney Afrika	-0,0084	0,0145	0,0099	0,0225	0,3733	0,0655
Güney Kore	0,0457	0,0252	0,0581	0,0065	0,3894	0,0595
Hindistan	0,0155	0,0032	0,0110	0,0747	0,3389	0,0860
İngiltere	0,0173	0,0148	0,0391	0,0179	0,3741	0,0571
İtalya	0,0452	0,0138	0,0240	0,0044	0,4021	0,0339
Japonya	0,0495	0,0190	0,0299	0,0071	0,3996	0,0352
Kanada	-0,0348	0,0329	0,0844	0,0565	0,3087	0,1302
Meksika	-0,0126	0,0077	0,0231	0,0315	0,3584	0,0775
Rusya	-0,0445	0,0245	0,0304	0,1817	0,2275	0,2034
Suudi Arabistan	-0,1235	0,0327	0,0000	0,0831	0,3096	0,1901
Türkiye	0,0398	0,0084	0,0249	0,0044	0,3994	0,0395
Max	-0,1235	0,0032	0,1760	0,3361		
Min	0,0495	0,0374	0,0000	0,0044		

4.4.TOPSIS İle Farklı Ağırlıkların Oluşturduğu Sıralamalar

	Eşit	Entropi	Critic	Roc1	Roc2	Roc3	Roc4	Roc5	Roc6	Roc7	Roc8	Roc9	Roc10	Roc11	Roc12	Roc13	Roc14	Roc15	Roc16	Roc17	Roc18	Roc19	Roc20	Roc21	Roc22	Roc23	Roc24
Almanya	16	16	17	16	16	15	15	15	15	13	16	14	8	12	8	13	15	16	12	16	16	15	12	7	17	10	14
Amerika	8	2	9	13	12	12	8	11	8	2	2	10	3	17	5	8	2	2	9	18	19	11	19	8	2	3	2
Arjantin	12	13	12	9	10	10	10	12	11	16	12	8	17	8	14	15	13	12	13	8	7	7	6	14	12	15	16
Avustralya	7	7	6	2	2	2	2	2	2	14	17	19	19	19	19	4	5	5	6	10	11	17	18	16	9	12	8
Brezilya	9	10	8	8	9	9	11	10	10	9	8	4	5	2	3	7	11	10	5	4	3	4	2	3	7	6	10
Çin	2	1	2	10	8	11	6	9	6	1	1	1	4	5	7	10	1	1	15	5	9	1	8	15	1	4	1
Endonezya	5	8	3	3	3	3	4	3	4	8	6	3	9	3	6	6	6	6	4	1	1	2	3	5	5	9	7
Fransa	3	5	5	11	14	6	14	6	12	4	5	5	1	1	1	1	8	13	1	11	6	8	1	1	11	1	4
Güney Afrika	13	12	13	7	7	8	9	8	9	17	14	12	18	11	17	14	12	11	14	9	10	10	10	19	13	19	15
Güney Kore	17	14	19	19	19	16	19	16	16	10	19	16	6	16	4	9	16	19	8	19	18	19	17	4	19	7	12
Hindistan	11	9	11	12	11	13	12	14	13	7	4	2	14	4	13	17	9	8	16	6	5	3	4	13	6	17	9
İngiltere	14	15	14	14	13	14	13	13	14	12	13	11	10	9	9	12	14	14	11	13	13	13	9	6	15	11	13
İtalya	18	19	16	17	17	18	17	19	18	18	15	13	16	10	16	19	18	17	19	15	15	14	11	17	16	18	19
Japonya	19	18	18	18	18	19	18	18	19	19	18	15	12	13	15	16	19	18	18	17	17	16	16	18	18	14	17
Kanada	6	6	7	5	5	5	5	5	5	5	10	18	2	15	2	2	7	7	2	14	14	18	13	2	10	2	6
Meksika	10	11	10	6	6	7	7	7	7	11	9	6	11	6	10	11	10	9	10	3	4	5	5	10	8	13	11
Rusya	4	3	4	4	4	4	3	4	3	3	3	9	7	14	11	5	3	3	7	7	8	6	14	11	3	5	3
Suudi Arabistan	1	4	1	1	1	1	1	1	1	6	7	17	15	18	18	3	4	4	3	2	2	12	15	9	4	8	5
Türkiye	15	17	15	15	15	17	16	17	17	15	11	7	13	7	12	18	17	15	17	12	12	9	7	12	14	16	18

5. GİA İle Gerçekleştirilen Analiz

5.1.Normalize Edilmiş Karar Matrisi

Endeks Yönü	Maliyet	Maliyet	Fayda	Fayda
Alternatifler/Kriterler	Enerji İthalatı	Emisyon Miktarı	Alternatif ve Nükleer Enerji	Enerji Üretimi
Referans Seri	**1,0000**	**1,0000**	**1,0000**	**1,0000**
Almanya	0,0922	0,5425	0,2465	0,0386
Amerika	0,2263	0,0418	0,2515	0,7302
Arjantin	0,2745	0,8168	0,1146	0,0190
Australya	0,7417	0,0000	0,0389	0,1104
Brezilya	0,2612	0,9678	0,3228	0,0906
Çin	0,2512	0,7323	0,0798	1,0000
Endonezya	0,5720	0,9897	0,1724	0,1512
Fransa	0,1373	0,7858	1,0000	0,0435
Güney Afrika	0,3344	0,6680	0,0560	0,0546
Güney Kore	0,0220	0,3550	0,3299	0,0064
Hindistan	0,1964	1,0000	0,0625	0,2122
İngiltere	0,1858	0,6604	0,2222	0,0408
İtalya	0,0246	0,6892	0,1362	0,0000
Japonya	0,0000	0,5380	0,1700	0,0084
Kanada	0,4871	0,1317	0,4796	0,1572
Meksika	0,3588	0,8681	0,1310	0,0819
Rusya	0,5433	0,3757	0,1726	0,5345
Suudi Arabistan	1,0000	0,1380	0,0000	0,2375
Türkiye	0,0558	0,8482	0,1417	0,0002

5.2.Uzaklıklar Matrisi

Endeks Yönü	Maliyet	Maliyet	Fayda	Fayda
Alternatifler/Kriterler	Enerji İthalatı	Emisyon Miktarı	Alternatif ve Nükleer Enerji	Enerji Üretimi
Almanya	0,9078	0,4575	0,7535	0,9614
Amerika	0,7737	0,9582	0,7485	0,2698
Arjantin	0,7255	0,1832	0,8854	0,9810
Australya	0,2583	1,0000	0,9611	0,8896
Brezilya	0,7388	0,0322	0,6772	0,9094
Çin	0,7488	0,2677	0,9202	0,0000
Endonezya	0,4280	0,0103	0,8276	0,8488
Fransa	0,8627	0,2142	0,0000	0,9565
Güney Afrika	0,6656	0,3320	0,9440	0,9454
Güney Kore	0,9780	0,6450	0,6701	0,9936
Hindistan	0,8036	0,0000	0,9375	0,7878
İngiltere	0,8142	0,3396	0,7778	0,9592
İtalya	0,9754	0,3108	0,8638	1,0000
Japonya	1,0000	0,4620	0,8300	0,9916
Kanada	0,5129	0,8683	0,5204	0,8428
Meksika	0,6412	0,1319	0,8690	0,9181
Rusya	0,4567	0,6243	0,8274	0,4655
Suudi Arabistan	0,0000	0,8620	1,0000	0,7625
Türkiye	0,9442	0,1518	0,8583	0,9998

5.3. Gri İlişkisel Katsayı Matrisi

Endeks Yönü	Maliyet	Maliyet	Fayda	Fayda
Alternatifler/Kriterler	Enerji İthalatı	Emisyon Miktarı	Alternatif ve Nükleer Enerji	Enerji Üretimi
Almanya	0,3552	0,5222	0,3989	0,3421
Amerika	0,3926	0,3429	0,4005	0,6495
Arjantin	0,4080	0,7318	0,3609	0,3376
Australya	0,6594	0,3333	0,3422	0,3598
Brezilya	0,4036	0,9396	0,4247	0,3548
Çin	0,4004	0,6513	0,3521	1,0000
Endonezya	0,5388	0,9798	0,3766	0,3707
Fransa	0,3669	0,7001	1,0000	0,3433
Güney Afrika	0,4289	0,6010	0,3463	0,3459
Güney Kore	0,3383	0,4367	0,4273	0,3348
Hindistan	0,3836	1,0000	0,3478	0,3882
İngiltere	0,3805	0,5955	0,3913	0,3427
İtalya	0,3389	0,6166	0,3666	0,3333
Japonya	0,3333	0,5197	0,3759	0,3352
Kanada	0,4936	0,3654	0,4900	0,3724
Meksika	0,4381	0,7913	0,3652	0,3526
Rusya	0,5226	0,4447	0,3767	0,5179
Suudi Arabistan	1,0000	0,3671	0,3333	0,3960
Türkiye	0,3462	0,7671	0,3681	0,3334

5.4. GİA İle Farklı Ağırlıkların Oluşturduğu Sıralamalar

	Eşit	Entropi	Critic	Roc1	Roc2	Roc3	Roc4	Roc5	Roc6	Roc7	Roc8	Roc9	Roc10	Roc11	Roc12	Roc13	Roc14	Roc15	Roc16	Roc17	Roc18	Roc19	Roc20	Roc21	Roc22	Roc23	Roc24
Almanya	17	16	17	16	17	16	17	16	16	15	15	13	13	12	13	15	16	17	16	14	14	14	12	15	15	14	16
Amerika	11	3	13	17	15	15	9	9	7	3	6	14	5	17	14	8	3	3	15	18	19	15	19	18	5	3	3
Arjantin	9	12	8	9	10	11	12	12	13	12	10	8	11	8	8	13	12	11	11	8	7	8	7	8	10	15	12
Avustralya	15	10	16	7	7	4	4	3	3	19	19	19	19	19	19	9	7	10	10	16	16	19	18	19	17	11	10
Brezilya	4	7	5	3	5	5	7	8	9	7	5	4	3	4	2	7	10	7	4	3	3	4	4	3	4	8	8
Çin	2	1	1	8	3	10	2	5	2	1	1	3	2	5	5	3	1	1	7	4	8	3	8	6	1	2	1
Endonezya	3	6	2	2	2	3	3	4	4	4	3	2	4	2	3	5	6	4	3	1	1	1	1	2	2	7	6
Fransa	1	2	3	4	8	2	10	2	6	2	4	5	1	1	1	1	5	8	1	6	4	6	2	1	8	1	2
Güney Afrika	12	13	11	12	12	12	13	13	12	14	12	10	17	11	15	16	13	13	14	10	10	9	10	13	12	17	14
Güney Kore	19	18	19	19	19	18	19	17	18	17	18	17	14	15	16	14	18	19	17	19	18	17	17	16	19	12	17
Hindistan	5	8	4	5	4	9	6	11	11	6	2	1	6	3	4	11	9	6	6	2	2	2	3	4	3	9	9
İngiltere	14	14	12	14	14	14	15	14	14	13	11	11	12	10	10	12	14	15	13	11	11	11	9	11	13	13	13
İtalya	16	17	14	15	16	17	16	18	17	16	14	9	16	9	11	18	17	16	18	12	12	10	11	12	14	18	18
Japonya	18	19	18	18	18	19	18	19	19	18	17	15	18	13	17	19	19	18	19	15	15	16	15	17	18	19	19
Kanada	13	9	15	13	13	7	11	7	8	10	16	18	7	16	9	4	8	12	5	17	17	18	16	9	16	4	7
Meksika	7	11	7	6	6	8	8	10	10	8	7	6	9	6	6	10	11	9	8	5	5	5	5	5	7	10	11
Rusya	8	5	10	10	9	6	5	6	5	5	8	12	8	14	12	6	4	5	9	13	13	12	14	14	6	6	4
Suudi Arabistan	6	4	6	1	1	1	1	1	1	9	13	16	15	18	18	2	2	2	2	9	9	13	13	10	9	5	5
Türkiye	10	15	9	11	11	13	14	15	15	11	9	7	10	7	7	17	15	14	12	7	6	7	6	7	11	16	15

6. TOPSIS İle Gerçekleştirilen Simülasyon Sonuçları

	Kriter 1		Kriter 2		Kriter 3		Kriter 4	
	Ortalama	St.sapma	Ortalama	St.sapma	Ortalama	St.sapma	Ortalama	St.sapma
Almanya	16	0	16	0	16	0	16	0
Amerika	7,784	0,412	8	0	8	0	7,740	0,661
Arjantin	12,182	0,386	12,104	0,306	12	0	12	0
Australya	6,772	0,781	7	0	6,552	0,498	7,138	0,345
Brezilya	9	0	9	0	9	0	9	0
Çin	2,258	0,438	2	0	2,470	0,500	2,466	0,499
Endonezya	5	0	5	0	5	0	5	0
Fransa	2,874	0,706	3	0	2,806	0,842	2,542	0,515
Güney Afrika	12,818	0,386	12,896	0,306	13	0	13	0
Güney Kore	17	0	17,262	0,440	17,29	0,454	17	0
Hindistan	11	0	11	0	11	0	11	0
İngiltere	14	0	14	0	14	0	14	0
İtalya	18	0	17,738	0,440	17,71	0,454	18	0
Japonya	19	0	19	0	19	0	19	0
Kanada	6,444	0,497	6	0	6,448	0,498	6,122	0,328
Meksika	10	0	10	0	10	0	10	0
Rusya	3,816	0,454	4	0	3,724	0,447	3,992	0,089
Suudi Arabistan	1,052	0,278	1	0	1	0	1	0
Türkiye	15	0	15	0	15	0	15	0

7. GİA İle Gerçekleştirilen Simülasyon Sonuçları

	Kriter 1		Kriter 2		Kriter 3		Kriter 4	
	Ortalama	St.sapma	Ortalama	St.sapma	Ortalama	St.sapma	Ortalama	St.sapma
Almanya	17	0	17	0	17	0	17	0
Amerika	11	0	10,846	0,361	11	0	10,964	0,186
Arjantin	9	0	8,912	0,284	9	0	9	0
Australya	14,772	0,420	14,792	0,406	15	0	15	0
Brezilya	4,280	0,449	4,514	0,500	4,298	0,458	4,038	0,191
Çin	2	0	2	0	1,552	0,498	1,550	0,498
Endonezya	3	0	3	0	3	0	3	0
Fransa	1	0	1	0	1,448	0,4978	1,450	0,4980
Güney Afrika	12,448	0,498	12,486	0,500	12,476	0,500	12,372	0,484
Güney Kore	19	0	19	0	19	0	19	0
Hindistan	5,312	0,464	5,072	0,746	4,702	0,458	4,962	0,191
İngiltere	14,228	0,420	13,956	0,677	14	0	14	0
İtalya	16	0	16	0	16	0	16	0
Japonya	18	0	18	0	18	0	18	0
Kanada	12,552	0,498	12,766	0,827	12,524	0,500	12,628	0,484
Meksika	7	0	7	0	7	0	7	0
Rusya	8	0	8,088	0,284	8	0	8	0
Suudi Arabistan	5,408	0,896	5,414	0,886	6	0	6	0
Türkiye	10	0	10,154	0,361	10	0	10,036	0,186