

**T.C.  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**VIKOR TABANLI YENİ BİR ÇOK KRİTERLİ  
SINIFLANDIRMA METODU: VIKORSORT**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MUHAMMET ENES AKPINAR**

**DENİZLİ, ARALIK - 2016**

**T.C.  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**VIKOR TABANLI YENİ BİR ÇOK KRİTERLİ  
SINIFLANDIRMA METODU: VIKORSORT**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MUHAMMET ENES AKPINAR**

**DENİZLİ, ARALIK - 2016**

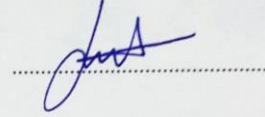
## KABUL VE ONAY SAYFASI

MUHAMMET ENES AKPINAR tarafından hazırlanan “**VIKOR TABANLI YENİ BİR ÇOK KRİTERLİ SINIFLANDIRMA METODU: VIKORSORT**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 27.12.2016 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

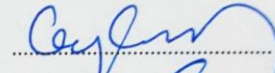
Jüri Üyeleri

İmza

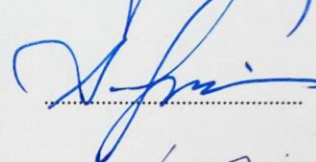
Danışman  
Yrd. Doç. Dr. Leyla DEMİR



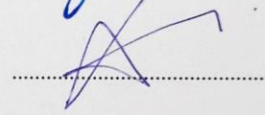
Eş Danışman  
Yrd. Doç. Dr. Ceyhan ARAZ  
Manisa Celal Bayar Üniversitesi



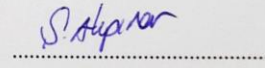
Üye  
Prof. Dr. Aşkın GÜNGÖR  
Pamukkale Üniversitesi



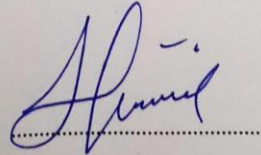
Üye  
Yrd. Doç. Dr. Mehmet Ali ILGIN  
Manisa Celal Bayar Üniversitesi



Üye  
Yrd. Doç. Dr. Şener AKPINAR  
Dokuz Eylül Üniversitesi



Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun  
11/01/2017 tarih ve 02/12 sayılı kararıyla onaylanmıştır.

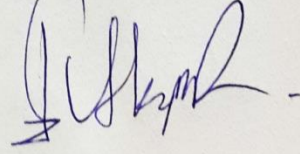


Prof. Dr. Uğur YÜCEL

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.

MUHAMMET ENES AKPINAR



## ÖZET

**VIKOR TABANLI YENİ BİR ÇOK KRİTERLİ SINIFLANDIRMA  
METODU: VIKORSORT  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MUHAMMET ENES AKPINAR  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**(TEZ DANIŞMANI: YRD. DOÇ. DR. LEYLA DEMİR)  
(İKİNCİ DANIŞMAN: YRD. DOÇ. DR. CEYHUN ARAZ)  
DENİZLİ, ARALIK - 2016**

Karar verme süreci birbiriyle etkileşim halinde olan birçok bileşenden oluşmaktadır. Fazlasıyla karmaşık olan bu sürecin, herhangi bir bileşeninde meydana gelecek değişim tüm sistemi etkileyebilmektedir. Bu durumun sonucunda da farklı karar verme problemleriyle karşı karşıya kalınmaktadır. Bu problemlerin çözümü için literatürde daha önce önerilmiş olan birçok farklı çözüm yöntemi bulunmaktadır. Bu tez çalışmasında günlük hayatımızda sıkça karşılaştığımız karar verme problemlerinden biri olan sıralı sınıflandırma problemini çözmek için, VIKOR tabanlı yeni bir sıralı sınıflandırma yöntemi önerilmiştir. Yöntem ilk defa bu çalışmada geliştirilmiş ve literatüre VIKORSORT adı ile kazandırılmıştır. Önerilen yöntem yeşil tedarikçi seçimi ve müşteri sınıflandırma problemlerine uygulanmıştır. Yeşil tedarikçi seçimi probleminde VIKOR yönteminin daha önce uygulanmamış olması da bu tez çalışmasının bir diğer özgün yanı olarak literatüre kazandırılmıştır.

**ANAHTAR KELİMELEER:** Sınıflandırma yöntemleri, VIKOR, Yeşil tedarikçi seçimi, Müşteri sınıflandırma

## **ABSTRACT**

### **A NEW MULTI CRITERIA SORTING METHODOLOGY BASED ON VIKOR: VIKORSORT**

**MSC THESIS**

**MUHAMMET ENES AKPINAR**

**PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE  
INDUSTRIAL ENGINEERING**

**(SUPERVISOR:ASSIST. PROF. DR. LEYLA DEMİR)**

**(CO-SUPERVISOR:ASSIST. PROF. DR. CEYHUN ARAZ)**

**DENİZLİ, DECEMBER 2016**

Decision making process consists of several elements interacting with each other. This process, which is extremely complex, can affect the whole system in any component. As a result of this situation, different decision making problems are encountered. There are many different solution methods that have been proposed in the literature to solve these problems. In this thesis, a new sorting methodology based on VIKOR is proposed to solve the sorting problem which is one of the decision problems that we frequently encounter in our daily life. The method is developed for the first time in this study and it is introduced as VIKORSORT. The proposed method has been employed to green supplier selection and customer sorting problems. Since the VIKOR method has not been applied for the green supplier selection problem, it forms another unique aspect of this thesis study.

**KEYWORDS:** Sorting methodologies, VIKOR, Green supplier selection, Customer sorting

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>vii</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>iv</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b> .....	<b>ix</b>
<b>SEMBOL LİSTESİ</b> .....	<b>x</b>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>viii</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME</b> .....	<b>4</b>
2.1 Analitik Hiyerarşi Süreci(AHP).....	5
2.2 Analitik Ağ Süreci(ANP).....	7
2.3 ELECTRE.....	8
2.4 PROMETHEE.....	10
2.5 TOPSIS.....	13
2.6 VIKOR Yöntemi.....	16
<b>3. ÖNERİLEN YÖNTEM: VIKOR SORTING (VIKORSORT)</b> .....	<b>21</b>
3.1 VIKORSORT.....	21
3.2 VIKORSORT Yönteminin Adımları.....	21
<b>4. YEŞİL TEDARİKÇİ DEĞERLENDİRMESİNDE VIKORSORT YÖNTEMİNİN UYGULANMASI</b> .....	<b>28</b>
4.1 Yeşil Tedarik Zinciri.....	28
4.2 Yeşil Tedarikçi Seçim Süreci.....	29
4.3 Yeşil Tedarikçi Seçim Kriterleri.....	30
4.4 Yeşil Tedarikçi Seçimi: Literatür Araştırması.....	31
4.5 Uygulama.....	35
4.5.1 Duyarlılık Analizi - 1.....	40
4.5.2 Duyarlılık Analizi - 2.....	41
<b>5. MÜŞTERİ SINIFLANDIRMA PROBLEMİNDE VIKORSORT YÖNTEMİNİN UYGULANMASI</b> .....	<b>43</b>
5.1 Duyarlılık Analizi - 1.....	49
5.2 Duyarlılık Analizi - 2.....	50
<b>6. SONUÇ VE ÖNERİLER</b> .....	<b>52</b>
<b>7. KAYNAKLAR</b> .....	<b>54</b>
<b>8. ÖZGEÇMİŞ</b> .....	<b>61</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 2.1: Ortak tercih fonksiyonlarının şematik gösterimi. ....	11
Şekil 2.2: $a$ alternatifi için hesaplanan pozitif ve negatif üstünlük.....	12
Şekil 3.1: VIKOR yöntemine göre niceliksel değerlerin hesaplanması.....	26
Şekil 3.2: VIKORSORT sınıflandırma aşamaları.....	27
Şekil 4.1: Tedarikçi seçim süreci .....	29
Şekil 4.2: Yeşil tedarçi seçim kriterleri.....	30
Şekil 4.3: Yeşil tedarçi değerlendirme .....	34
Şekil 4.4: Ataması Yapılan Tedarikçiler.....	40
Şekil 5.1: Ataması Yapılan Müşteriler.....	48



# TABLO LİSTESİ

## Sayfa

Tablo 2.1: AHP değerlendirme ölçeği .....	6
Tablo 2.2: Veri matrisi .....	10
Tablo 4.1: Kullanılan Yeşil kriterler ve Ağırlıkları .....	36
Tablo 4.2: Tedarikçilerin Kriterlere Göre Ağırlıkları .....	37
Tablo 4.3: Her Kriter İçin En İyi ( $f_i^*$ ) ve En Kötü ( $f_i^-$ ) Değerleri .....	38
Tablo 4.4: Tedarikçilerin $Q$ , $R$ ve $S$ değerlerine göre sıralaması .....	39
Tablo 4.5: Limit profil değerlerine göre duyarlılık analizi .....	40
Tablo 4.6: $v$ değerine göre duyarlılık analizi .....	42
Tablo 5.1: Kriterlerin Önem Düzeyleri .....	44
Tablo 5.2: Kullanılan Müşteri Kriterleri ve Ağırlıkları .....	45
Tablo 5.3: Müşterilerin Kriterlere Göre Ağırlıkları .....	46
Tablo 5.4: Her Kriter İçin En İyi ( $f_i^*$ ) ve En Kötü ( $f_i^-$ ) Değerleri .....	46
Tablo 5.5: Müşterilerin $Q$ , $R$ ve $S$ değerlerine göre sıralaması .....	47
Tablo 5.6: $M_4$ atama süreci .....	48
Tablo 5.7: Limit profil değerlerine göre duyarlılık analizi .....	49
Tablo 5.8: $v$ değerine göre duyarlılık analizi .....	50

## SEMBOL LİSTESİ

- SCM** : Supply Chain Management - Tedarik Zinciri Yönetimi
- GSCM** : Green Supply Chain Management – Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi
- MCDM** : Multi Criteria Decision Making - Çok Kriterli Karar Verme
- AHP** : Analytic Hierarchy Process - Analitik Hiyerarşi Süreci
- ANP** : Analytic Network Process - Analitik Ağ Süreci
- CR** : Consistency Ratio - Tutarlılık Oranı
- ANN** : Artificial Neural Networks - Yapay Sinir Ağı
- FAHP** : Fuzzy Analytic Hierarchy Process - Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci
- DEA** : Data Envelopment Analysis - Veri Zarflama Analizi

## ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimime başladığım süre itibariyle gerek ders gerekse de tez sürecinde hiçbir zaman yardımlarını esirgemeyen ve akademik gelişimime katkı sağlayan değerli danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Leyla Demir'e; tez döneminden itibaren birlikte çalışmaya başladığımız ve akademik anlamda her daim bilgi ve birikimini benimle paylaşıp aynı şekilde akademik gelişimime katkı sunan değerli ikinci danışmanım Yrd. Doç. Dr. Ceyhun Araz'a; akademik çalışmalarım kapsamında her konuda her daim yardımcı olan Yrd. Doç. Dr. Mehmet Ali Ilgın'a teşekkürü bir borç bilirim.

Son olarak, kendimi geliştirmem için beni okumaya teşvik eden, maddi ve manevi güçlerini hiçbir zaman esirgemeyen, değerli annem ve babama sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ve, tanıştığımız günden bugüne kadar, iyi ve kötü günde, yoğun çalışmalarım esnasındaki anlayışından ve gücünü her daim yanımda hissettiğim değerli eşime de teşekkürü bir borç bilirim.

# 1. GİRİŞ

Karar verme süreci birbiriyle etkileşim içerisinde olan birçok elemandan oluşur. Fazlasıyla karmaşık olan bu sürecin, herhangi bir elemanında gerçekleşecek değişim tüm sistemi etkileyebilmektedir. Bu nedenle karar verme problemleri hassas ve önemli problemlerdir. Karar verme problemlerinde alternatifler arasından karar verirken birçok kriterin dikkate alınması gerekir. Örneğin, iş seçim aşamasında, kariyer, ücret, uzaklık, çalışma saatleri, iş şartları vb. faktörler değerlendirilebilir. Buradan hareketle, mevcut alternatiflerin birden fazla kriterde değerlendirilmesi durumunda problem çok kriterli karar verme problemine dönüşür.

Çok kriterli karar verme (Multi Criteria Decision Making-MCDM) alanı, bir karar durumu ile ilgili olarak birbiriyle çatışan birden fazla kriteri karşılayan olası “en iyi/uygun” çözüme ulaşmaya çalışan yaklaşım ve yöntemleri bünyesinde barındırmaktadır. MCDM’de temel amaç en iyi alternatiflerin seçilmesi sürecidir.

Çok kriterli karar verme problemlerinde karar verme sürecinin temelini oluşturan bazı bileşenler mevcuttur. Bu bileşenler şu şekilde sıralanabilir:

**Kriter:** Alternatifleri değerlendirmede kullanılan bir ölçüdür. Problemin özelliğine göre en büyüklenmesi ya da en küçüklenmesi istenir.

**Alternatif:** Karar verme sürecinde değerlendirilecek seçeneklerdir. Alternatifler kümesi genellikle karar verici veya karar vericiler tarafından belirlenir.

**Kriter ağırlığı:** Kriterlerin önem derecesini ve önceliğini yansıtmak amacıyla kullanılan katsayılarıdır.

Gerçek hayatta karşımıza çıkan karar verme problemleri, çok kriterli karar verme teknikleri kullanılarak modellenmek istendiğinde temel olarak 3 problem çeşidi ile karşılaşılır (Roy, 1996):

- I. **Seçme problemi (*The Choice Problem*):** Alternatifler kümesi verildiğinde, en iyi alternatifi ya da iyi alternatiflerden oluşan küçük bir kümeyi belirleme problemidir.
- II. **Sıralı sınıflandırma problemi (*The Sorting Problem*):** Alternatifleri önceden belirlenmiş sıralı sınıflara atama problemidir.
- III. **Sıralama problemi (*The Ranking Problem*):** Alternatifleri tercih sırasına koyma problemidir.

Alternatifleri sınıflandırma ve sıralı sınıflandırma, MCDM konusunun aktif çalışma alanları arasındadır. Sınıflandırma yaklaşımları alternatifleri önceden belirlenmiş gruplara atarlar. Eğer gruplar sıralı olmak zorunda ise (A, B, C gibi) problem sıralı sınıflandırma problemine dönüşür. Sıralama problemi ise alternatifleri tercih sırasına koyma problemidir. Literatürde sıralı sınıflandırma problemleri ile birlikte çok kriterli karar verme yöntemlerini dikkate alarak geliştirilmiş farklı yaklaşımlar mevcuttur. Doumpos ve Zopounidis (2002) bu yaklaşımları dikkate alan kapsamlı bir literatür araştırması yapmışlardır. Araştırmada sıralı sınıflandırma yöntemleri, genellikle üstünlük ilişkileri, fayda fonksiyonları ve karar kuralları olarak kategorize edilmektedir. Üstünlük ilişkileri dikkate alınırken, bir alternatifin tercih edilebilmesi için her bir kriterle yapılan ikili kıyaslamalara bakılarak bir sıralama elde edilir. Bu yöntem karar vericinin iyimser ve kötümser olarak sınıflandırma yapmasına olanak sağlayan Electre TRI metodudur ve geliştirilmiş ilk sınıflandırma yöntemidir (Yu, 1992). Mousseau ve Slowinski (1998), Electre TRI parametrelerini atama örneklerinden analiz ederek bulan ve karar verici ile etkileşimli bir yaklaşım geliştirmişlerdir.

Sıralı sınıflandırma yöntemlerinden en çok kullanılanlardan bir diğeri ise UTA (Jacquet-Lagrèze ve Siskos, 1982) metodunun bir varyasyonu olan ve marjinal fayda fonksiyonu ile alternatiflerin her bir kriter üzerindeki faydalarını dikkate alan UTADIS yöntemidir (Doumpos ve Zopounidis, 2004a). Doumpos ve Zopounidis (2004a) UTADIS'in formülasyonunu bir istatistiksel öğrenme tekniği olan düzgünleştirme yöntemi ile geliştirmişlerdir. UTADIS'de alternatifler sınıf referansları ile ikili olarak karşılaştırılırlar ve net üstünlük değerine göre uygun sınıfa atanırlar (Doumpos ve Zopounidis, 2004b).

Bu çalışmada temel amaç, karar verme problemlerinin çözümü için kullanılan çok kriterli karar verme yöntemlerinden bir tanesi olan VIKOR yöntemine dayalı özgün bir sıralı sınıflandırma metodolojisi geliştirmektir. Çalışmada, sıralı sınıflandırma (sorting) algoritması için VIKOR yöntemi kullanılarak, klasik VIKOR yöntemindeki adımları revize edilmiş ve VIKOR yöntemini sınıflandırma problemlerinde kullanacak şekilde daha önce çalışılmamış özgün bir yöntem önerilerek literatüre yeni bir katkı yapılmıştır. Metodolojik katkının yanı sıra bu çalışmada yeşil kriterlerin dikkate alındığı bir tedarikçi değerlendirmesi yapılmıştır. Yeşil tedarikçi değerlendirmesi sürecinde daha önce VIKOR yönteminin uygulanmamış olması ve ilk defa bu çalışma ile VIKOR tabanlı bir sıralı sınıflandırma yapılması da bu tez çalışmasının bir diğer özgün yanı olarak karşımıza çıkmaktadır.

Çalışmanın ilerleyen bölümleri şu şekilde organize edilmiştir: İkinci bölümde çok kriterli karar verme yöntemleri anlatılmıştır. Çalışmanın üçüncü bölümünde önerilen VIKOR tabanlı VIKORSORT sıralı sınıflandırma algoritması adımlarıyla birlikte tanıtılmıştır. Dördüncü bölümde önerilen yöntemin yeşil tedarikçi değerlendirmesi problemine uygulanması sayısal bir örnek üzerinde anlatılmıştır. Beşinci bölümde ise VIKORSORT yöntemi gerçek veriler kullanılarak müşteri sınıflandırması problemine uygulanmıştır. Son bölümde ise tezin genel bir değerlendirmesi yapıp ileride yapılabilecek çalışmalara değinilmiştir.

## 2. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME

Çok kriterli karar verme (MCDM), tanım olarak bakıldığında bir alternatif kümesinden birden fazla ve aynı anda uygulanan kriterlere bağlı olarak en iyi tercihin seçilmesine imkan sağlayan bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır. MCDM yöntemleri ile seçme, sıralama ve sıralı sınıflandırma problemlerinde uygulama yapılabilir. Belirtilen problem çeşitlerinde karar verici farklı amaçlara sahiptir. Seçme probleminde amaç en iyi alternatifi seçmek, sıralama probleminde en iyiden en kötüye doğru alternatifleri sıralamak ve son olarak sıralı sınıflandırma problemlerinde ise karar vericinin amacı alternatifleri önceden belirli gruplara sıralı bir şekilde sınıflandırma yapması işlemidir.

MCDM yöntemleri ile literatürde yapılan sıralı sınıflandırma çalışmalarına bakıldığında PROMETHEE yöntemi üstünlük ilişkilerine göre alternatifleri en iyiden en kötüye doğru sıralayan bir yöntemdir (Brans vd. 1986). Literatürde bu yöntemi kullanarak sıralı sınıflandırma yapan az sayıda çalışma vardır. Yapılan çalışmalara örnek olarak Araz ve Özkarahan (2007) tarafından geliştirilen, üstünlük ilişkilerini ve limit/merkezi profilleri dikkate alan, PROMETHEE tabanlı PROMSORT yöntemi gösterilebilir. Bu yöntemin dışında geliştirilen yöntemlerden bir diğeri de Nemery ve Lamboray (2008) tarafından önerilen, üstünlük ilişkilerini ve limit/merkezi profillerini dikkate alan akış sıralı sınıflandırması tabanlı (FLOWSORT) yeni bir algoritmadır.

Greco vd. (2001) sıralı sınıflandırma yönteminde kaba küme teorisinin çok kriterli karar verme literatürüne katkısını incelemiştir. Bir başka çalışmalarında (Greco vd., 2002) ise karar kuralları temelli bir sıralı sınıflandırma yaklaşımı geliştirmişlerdir. Bouyssou ve Marchant (2007) telafisiz sıralı sınıflandırma modellerinin özelliklerini incelemiştir. Blaszcznski vd. (2007) ise domine etme temelli bir kaba küme yaklaşımı önermişlerdir.

MCDM yöntemlerinin referans modellerini dikkate alan ve sıralı sınıflandırma problemlerinde kullanılan yöntemlerden bir diğeri de yapay sinir ağları yaklaşımıdır. Bu yöntem fazla karmaşık yapılarda karar vericilerin sınıflandırma

yapmasını mümkün kılmaktadır (Malakooti ve Zhou, 1994). Yapay sinir ağı yapılarının sıralı sınıflandırma çalışmalarında verimli sonuçlar verdiğini Archer ve Wang (1993) çalışmalarında göstermişlerdir.

Bu yöntemlerin dışında çok kriterli karar vermede kullanılan sıralı sınıflandırma yöntemleri Massaglia ve Ostanelloi (1991) tarafından geliştirilen N-TOMIC, Doumpos ve Zopounidis (2002) tarafından geliştirilen M.H. DIS ve Köksalan ve Ulu (2003) tarafından önerilen karma tamsayı programlama modelidir. Genel hatlarıyla çok kriterli karar vermede kullanılan sınıflandırma ve sıralı sınıflandırma yöntemleri ile ilgili daha fazla bilgi için Doumpos ve Zopounidis'in (2002) çalışmasına başvurulabilir. Çalışmanın bu bölümünde sıklıkla kullanılan karar verme yöntemlerinden AHP, ANP, ELECTRE, PROMETHEE, TOPSIS ve VIKOR yöntemlerinden bahsedilecektir.

## 2.1 Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP)

Günümüzde karar verme problemlerinin çözümünde en çok kullanılan yöntemlerden biri olan Analitik Hiyerarşi Süreci (Analytic Hierachy Process-AHP) 1980 yılında Saaty tarafından geliştirilmiştir. Çok kriterli karar verme tekniklerinden biri olan AHP, karar vericilerin önceliklerini göz önünde bulundurarak nicel ve nitel değişkenlerin bir arada değerlendirilebilmesini sağlamaktadır. AHP yönteminde 5 adet temel adım bulunmaktadır. Bu adımlar sırası ile problemin yapısının oluşturulması, ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması, öncelik vektörlerinin bulunması, karşılaştırma matrislerindeki yargıların tutarlılığının kontrol edilmesi ve alternatiflerin sıralamasının hesaplanmasıdır. Bu temel adımlar aşağıda kısaca özetlenmektedir (Saaty, 1980).

**Adım 1:** AHP yönteminin ilk adımı çözülecek olan problem kapsamında incelenecek olan kriterler ve bu kriterlere ait olan alt kriterlerin belirlenmesidir. Kriterler ve alt kriterlerin belirlenmesinden sonra karar hiyerarşisi oluşturulur. Etkili bir hiyerarşi tüm karar vericilerin kriter seçiminde rol oynaması ile oluşturulabilir. AHP yöntemi için oluşturulan bu hiyerarşi sayesinde karar vericiler çözülecek olan problemi görsel olarak görebilmektedirler. Hiyerarşi, problemin amacı, kriterler ve alternatifler olmak



üzere üç temel seviyeden oluşmaktadır. Problemin yapısına göre hiyerarşiye gerektiği kadar seviye eklenebilmektedir.

**Adım 2:** Karar hiyerarşisi oluşturulduktan sonra kriterlerin birbirlerine göre önem derecelerinin hesaplanabilmesi için ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur. İkili karşılaştırmalar Saaty'nin geliştirdiği dokuz noktalı değerlendirme ölçeğine göre karar vericiler tarafından yapılır. Tablo 2.1'de bu ölçek ve sözel karşılıkları bulunmaktadır.

**Adım 3:** İkili karşılaştırma matrisleri karar vericiler tarafından doldurulduktan sonra öncelik vektörleri oluşturulur. Bunun için karşılaştırma matrislerindeki her bir eleman bulunduğu kolonun toplamına bölünür, sonrasında her bir satırın aritmetik ortalaması hesaplanır. Elde edilen bu değerler her bir kriterin önem ağırlığını göstermektedir. Bu ağırlıklar ile öncelik vektörü oluşturulur.

Tablo 2.1: AHP değerlendirme ölçeği

Önem Derecesi	Tanımı	Açıklaması
1	Eşit önemli	Öğeler amaca eşit önemde katkı sağlıyor.
3	Orta önemli	Tecrübe ve değerlendirmeler sonucunda bir kriter diğerine göre biraz daha tercih edilir.
5	Güçlü önemde	Tecrübe ve değerlendirmeler sonucunda bir kriter diğerine göre çok daha fazla tercih edilir.
7	Çok güçlü önemli	Bir kriter diğerine göre çok güçlü şekilde tercih edilir.
9	Son derece önemli	Bir kriter diğerine göre mümkün olan en yüksek derecede tercih edilir.
2-4-6-8	Ara değerler	Değerlendirmeyi yapmakta sözler yetersiz kalıyorsa sayısal değerlerin ortasındaki değer verilir.

**Adım 4:** Öncelik vektörünün hesaplanmasından sonra doldurulan her bir karşılaştırma matrisinin tutarlılığı incelenir. Karar vericilerin karşılaştırma matrislerini doldururken tutarlı davranıp davranmadığını ölçmek için, hazırlanan tüm karşılaştırma matrislerinde Tutarlılık Oranının (Consistency Ratio - CR) hesaplanması gerekmektedir. Matrislerin tutarlı olduğunun söylenebilmesi için CR değerinin 0,1 değerinden küçük olması gerekmektedir. Eğer CR değeri herhangi bir

matriste 0,1 değerinden büyük ise o karşılaştırma matrisi tutarsızdır ve tekrardan düzenlenmesi gerekmektedir.

**Adım 5:** Kriterlerin birbirlerine göre ve alternatiflerin her bir kritere göre önem ağırlıkları ilk 3 adımda bulunup, tutarlılık oranı da 0,1 den küçük çıktıktan sonra alternatiflerin her bir kritere göre önem ağırlıklarının gösterildiği matris oluşturulur. Satırlar alternatiflerden, sütunlar ise kriterlerden oluşmaktadır. Bu matris ile kriterlerin önem ağırlıklarının bulunduğu matris çarpılarak, alternatiflerin sıralaması elde edilir. En yüksek değere sahip alternatiften başlanarak sıralama yapılır.

## 2.2 Analitik Ağ Süreci (ANP)

Analitik Ağ Süreci (Analytic Network Process - ANP), kişisel yargılardan elde edilen mutlak değerlerden, göreceli öncelikler ölçeği oluşturmak için sıkça kullanılan çok kriterli bir analiz yöntemidir. Bu bireysel yargılar, bir kontrol kriteri bazında kıyaslanan iki elemanın, sistemde bulunan üçüncü eleman üzerindeki göreceli etkisini ifade eder (Saaty, 1999).

Analitik Ağ Sürecinde, Analitik Hiyerarşı Sürecinde olduğu gibi, etki göreceli olarak sistemin temel yapısını oluşturur. ANP yöntemi, AHP yöntemin temel ölçeğinden bir yargı oluşturabilmesi için, üstünlüğün kuvvet bazında derecesini kapsayan iki farklı soruya cevap aranmalıdır:

- Kullanılan bir kriter bazında, karşılaştırılması yapılan elemanlardan hangisi daha fazla öneme sahiptir?
- Aynı şekilde kullanılan kritere göre, bu iki eleman bazında hangisi üçüncü elemanı daha fazla etkiler?

Bu değerlendirmenin analizinin yapılabilmesi için benzer kriterin kullanılması büyük öneme sahiptir ve bu kritere de “kontrol kriteri” adı verilmektedir (Saaty, 1999).

Analitik Ağ Sürecinde uygulama adımları şu şekilde sıralanabilir:

**Adım 1:** Öncelikle bu aşamada karar verilecek problemin tanımlaması yapılarak, amacın ne olduğu, kullanılacak ana kriterler ile birlikte alt kriterler ve son olarak alternatifler net bir şekilde ifade edilmelidir.

**Adım 2:** Kullanılacak kriterler arasında etkileşimleri belirleyerek, iç ve dış bağımlılıklar ile birlikte mevcutsa kriterler arasında bulunan geri bildirimler ilişkilendirilir.

**Adım 3:** Öncelik vektörünün belirlenmesi için kriterler arasında ikili kıyaslamalar yapılır.

**Adım 4:** Kıyaslamalar ile oluşacak matriselerin tutarlılıkları hesaplanır. Her matris için tutarlılık oranı hesaplanıp bu değer 0,10'a eşit veya düşük ise ikili karşılaştırmaların tutarlı olduğu, değilse karşılaştırmaların tekrar gözden geçirilmesi gerekmektedir.

**Adım 5:** Bu aşamada süper matris oluşturma işlemi yapılır. Süper matris parçalı matris yapısıdır. Süper matriste bulunan her bölüm, bir yapı içerisindeki iki faktör arasında bulunan ilişkiyi belirtir. Kriterlerin birbiri üzerinde olan uzun zamanlı etkileri süper matris kuvvetini  $(2n+1)$  almak kaydıyla belirlenir.

**Adım 6:** Geline son aşamadak kriterler ve alternatifler bazında ağırlıklar belirlenir. Seçim problemlerinde ağırlıklardan en yükseğine sahip olan alternatif için en iyi alternatif, ağırlıklandırma problemlerine bakıldığında ise en yüksek ağırlığa sahip olan kriter yüksek öneme sahip kriter olarak belirlenir (Timor, 2011).

### 2.3 ELECTRE

Çok kriterli karar verme tekniklerinden bir diğeri olan ELECTRE (Elimination and Choice Translating Reality) yöntemi 1969 yılında Bernard Roy ve SEMA danışmanlık şirketindeki iş arkadaşları tarafından geliştirilmiştir. ELECTRE metodu problem kapsamına seçim yapılacak olan alternatifler arasında üstünlük ilişkisinin kurulması ile çözüm sağlamaktadır. ELECTRE yönteminin ELECTRE I, II, III, IV, TRI ve IS olmak üzere altı farklı versiyonu bulunmaktadır. Bu

versiyonların arasındaki fark kullanılan kriter türlerinin farklı olmasına dayanmaktadır (Roy, 1969).

Bu yöntemde kriterler gerçek kriter ve sahte kriter olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Gerçek kriterler eşik değerinin bulunmadığı geleneksel tercih modellerinde kullanılmakta iken sahte kriterler ise iki kademeli sınır değeri yaklaşımı içermektedir. Geleneksel tercih modellerinde alternatifler arasında iki tür ilişki bulunmaktadır: eğer A alternatifinin performansı B alternatifinin performansından daha iyi ise A alternatifi B alternatifine göre üstündür; A alternatifi ile B alternatifinin performansı birbirine eşit ise A ile B alternatifleri birbirlerinden farksızdır. Bu yöntem kullanılarak tüm alternatifler en iyiden en kötüye doğru sıralanabilmektedir. ELECTRE I ve ELECTRE II yöntemlerinde gerçek kriterler kullanılmaktadır.

Gerçekte alternatifler arasında seçim yapılırken kesin sınırların bulunmadığı bir ara bölge vardır. Bu durumda iki kademeli sınır değeri yaklaşımı kullanılarak sorunun üstesinden gelinir. İki kademeli sınır değeri yaklaşımında alternatiflerin birbirlerine göre durumunu gösterecek olan sınırlar ( üstünlük ve farksızlık sınırları) belirlidir. Bu sınırların arasında kalan alana zayıf üstünlük alanı denmektedir. İki kademeli sınır yaklaşımı aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- ✓  $q < g(a) - g(b) \leq p$  ise A alternatifinin B alternatifine göre zayıf üstünlüğü vardır.
- ✓  $|g(a) - g(b)| \leq q$  ise A alternatifi ile B alternatifi farksızdır.
- ✓  $g(a) > g(b) + p$  ise A alternatifi B alternatifine göre üstündür.

$p$  tercih sınırını,  $q$  farksızlık sınırını,  $g(a)$  A alternatifinin performansını,  $g(b)$  ise B alternatifinin performansını temsil etmektedir. Bu çalışmada üstünlük ve farksızlık sınır değerlerine ek olarak veto eşik değerinde ( $v$ ) kullanılacaktır. Veto eşik değeri alternatiflerden birinin diğerine göre oldukça üstün olduğu fark değerini göstermektedir (Zimmerman, 1993).

$$✓ \quad g(a) \geq g(b) + v$$

Veto eşik değeri alternatifler arasındaki uyumsuzluklar hesaplanırken kullanılmaktadır. Örneğin A alternatifi B alternatifine göre bir çok kritere göre

üstünken birkaç kritere göre B alternatifi ile A alternatifi değerleri arasındaki fark B alternatifi lehine olacak şekilde veto değerinden fazla veya veto değerine eşit ise A alternatifi B alternatifinden kesinlikle daha üstün denilemez.

Eşik değerleri arasındaki sıralama  $q < p < v$  şeklinde olmaktadır.

Geriye kalan ELECTRE yöntemlerinde (ELECTRE III, ELECTRE IV, ELECTRE IS ve ELECTRE TRI) sahte kriterler kullanılmaktadır. Bu yöntemler arasındaki ayırım alternatifler arasındaki üstünlüğün nasıl tanımlanacağı ve son sıralama yapılırken ilişkilerin nasıl uygulandığı bakılarak belirlenmektedir. ELECTRE I yöntemi seçim problemlerinde, ELECTRE TRI atama problemlerinde, ELECTRE II, III, IV sıralama problemlerinde kullanılmaktadır (Marzouk, 2010).

## 2.4 PROMETHEE

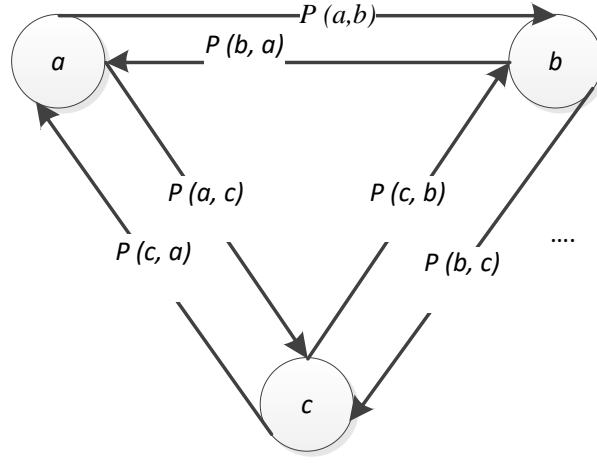
1985 yılında Brans ve Vincke tarafından geliştirilmiş olan PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations) yöntemi çok ölçülü bir öncelik belirleme yöntemidir. Bu yöntem, literatürde yer alan mevcut önceliklendime yöntemlerinin uygulama aşamasındaki zorluklarından yola çıkılarak geliştirilmiştir. Bu güne kadar bir çok tedarik zinciri yönetimi probleminde PROMETHEE yönteminden faydalanılmıştır. PROMETHEE yöntemi 7 adımdan oluşmaktadır. Bu adımlar aşağıda özetlenmiştir (Brans ve Vincke, 1985).

**Adım 1:** Alternatiflerin ( $A=(a,b,c, \dots)$ ) kriterlere  $c=(f_1, f_2, \dots, f_k)$  göre değerlendirildiği veri matrisi kriterlerin ağırlıkları ( $w=(w_1, w_2, \dots, w_k)$ ) ile Tablo 2.2’de gösterilen şekilde doldurulur.

Tablo 2.2: Veri Matrisi

Kriterler	$a$	$b$	$c$	...	$W$
$f_1$	$f_1(a)$	$f_1(b)$	$f_1(c)$	...	$w_1$
$f_2$	$f_2(a)$	$f_2(b)$	$f_2(c)$	...	$w_2$
...	...	...	...	...	$w_3$
$f_k$	$f_k(a)$	$f_k(b)$	$f_k(c)$	...	$w_4$

**Adım 2:** Her bir kriter için tercih fonksiyonları tanımlanır.



Şekil 2.1: Ortak tercih fonksiyonlarının şematik gösterimi

**Adım 3:** Bir önceki adımda gösterilmiş olan tercih fonksiyonları temel alınarak alternatif çiftleri için ortak tercih fonksiyonları belirlenir. Şekil 2.1 'de Alternatifler için belirlenen ortak tercih fonksiyonları şematik gösterilmiştir.  $a$  ve  $b$  alternatifleri için ortak tercih fonksiyonu (2.1) ile belirlenir.

$$P(a, b) = \begin{cases} 0, & f(a) \leq f(b) \\ p[f(a) - f(b)], & f(a) > f(b) \end{cases} \quad (2.1)$$

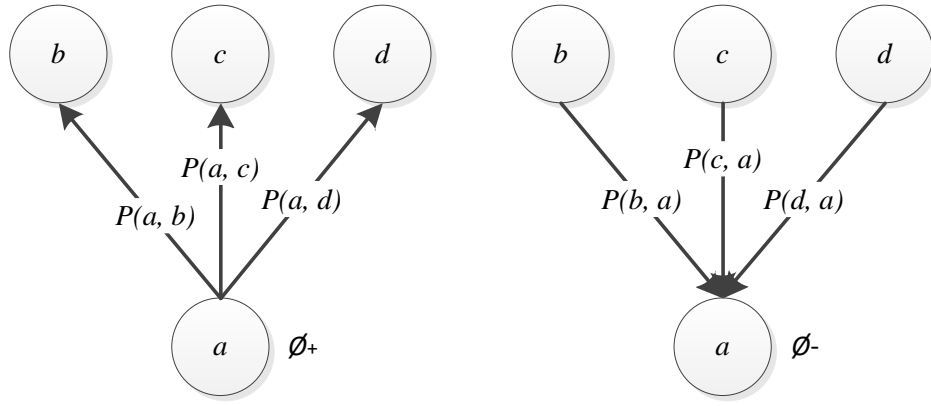
**Adım 4:** Ortak tercih fonksiyonları oluşturulduktan sonra her bir alternatif çifti için tercih indeksleri belirlenir.  $w_i$  ( $i=1,2,\dots,k$ ) ağırlıklarına sahip olan  $k$  kriter tarafından değerlendirilen  $a$  ve  $b$  alternatiflerinin tercih indeksi  $\pi(a,b)$  (2.2) ile hesaplanır.

$$\pi(a, b) = \frac{\sum_{i=1}^k w_i x P_i(a, b)}{\sum_{i=1}^k w_i} \quad (2.2)$$

**Adım 5:** Alternatiflerin pozitif ( $\Phi^+$ ) ve negatif ( $\Phi^-$ ) üstünlükleri sırası ile (2.3) ve (2.4) kullanılarak hesaplanır.  $a$  alternatifi için pozitif ve negatif üstünlük şematik olarak Şekil 2.2'de gösterilmiştir.

$$\emptyset^+(a) = \sum \pi(a, x) \quad x = (b, c, d, \dots) \quad (2.3)$$

$$\emptyset^-(a) = \sum \pi(a, x) \quad x = (b, c, d, \dots) \quad (2.4)$$



Şekil 2.2:  $a$  alternatifi için hesaplanan pozitif ve negatif üstünlük.

**Adım 6:** Alternatiflerin birbirlerine göre pozitif ve negatif üstünlükleri hesaplandıktan sonra PROMETHEE I yöntemi ile kısmi öncelikler belirlenir. Kısmi öncelikler ile alternatiflerin birbirlerine göre tercih edilme durumları, birbirleriyle karşılaştırılmayacak olan alternatifler ve birbirinden farksız olan alternatifler belirlenir.

$a$  ve  $b$  gibi iki alternatif için aşağıdaki koşullardan ((2.5), (2.6) ve (2.7)) herhangi biri sağlanıyorsa,  $a$  alternatifi  $b$  alternatifine tercih edilir.

$$\emptyset^+(a) > \emptyset^+(b) \text{ ve } \emptyset^-(a) < \emptyset^-(b) \quad (2.5)$$

$$\emptyset^+(a) = \emptyset^+(b) \text{ ve } \emptyset^-(a) < \emptyset^-(b) \quad (2.6)$$

$$\emptyset^+(a) > \emptyset^+(b) \text{ ve } \emptyset^-(a) = \emptyset^-(b) \quad (2.7)$$

Formül (2.8) 'de verilen koşul sağlanıyorsa ise  $a$  alternatifi ile  $b$  alternatifi farksızdır.

$$\emptyset^+(a) = \emptyset^+(b) \text{ ve } \emptyset^-(a) = \emptyset^-(b) \quad (2.8)$$

Formül (2.9) ve (2.10) koşullarından herhangi biri sağlanıyorsa ise,  $a$  alternatifi  $b$  alternatifi ile karşılaştırılmaz.

$$\emptyset^+(a) > \emptyset^+(b) \text{ ve } \emptyset^-(a) > \emptyset^-(b) \quad (2.9)$$

$$\emptyset^+(a) < \emptyset^+(b) \text{ ve } \emptyset^-(a) < \emptyset^-(b) \quad (2.10)$$

**Adım 7:** PROMETHEE II yöntemi ile alternatifler için tam öncelikler (2.11) kullanılarak hesaplanır. Hesaplanan tam öncelik değerleri ile bütün alternatifler aynı düzlemde değerlendirerek tam sıralama belirlenir.

$$\emptyset(a) < \emptyset^+(a) - \emptyset^-(a) \quad (2.11)$$

$a$  ve  $b$  gibi iki alternatif için hesaplanan tam öncelik değerine bağlı olarak aşağıda verilen kararlar alınır.

- ✓  $\emptyset(a) > \emptyset(b)$  ise,  $a$  alternatifi daha üstündür,
- ✓  $\emptyset(a) = \emptyset(b)$  ise,  $a$  ve  $b$  alternatifleri farksızdır.

## 2.5 TOPSIS

ELECTRE yönteminin temel yaklaşımlarını kullanmakta olan TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemi Hwang ve Yoon tarafından 1981 yılında geliştirilmiştir. Yöntem karar noktalarının ideal çözüme yakınlığı ana prensibine dayanmaktadır ve çözüm süreci ELECTRE yöntemine göre daha kısadır. TOPSIS yöntemi 6 temel adımdan oluşmaktadır ve bu adımlar aşağıda özetlenmiştir (Hwang ve Yoon, 1981).

### Adım 1: Karar Matrisinin ( $A$ ) Oluşturulması

Karar matrisinin satırlarında üstünlükleri sıralanmak istenen alternatifler, sütunlarında ise karar vermede kullanılacak değerlendirme kriterleri yer alır. Karar matrisi (2.12)'deki gibi gösterilir:

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdot & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (2.12)$$

$A_{ij}$  matrisinde  $m$  alternatif sayısını,  $n$  değerlendirme kriteri sayısını verir.



### Adım 2: Standart Karar Matrisinin (R) Oluşturulması

A matrisinin elemanları aşağıdaki formül (2.13) kullanılarak normalize edilir hesaplanır. Bu normalizasyon işlemi ile hesaplanan sonuçlarla Standart Karar Matrisi (R) oluşturulur.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}} \quad (2.13)$$

R matrisi formül (2.14)'deki gibi elde edilir:

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdot & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (2.14)$$

### Adım 3 : Ağırlıklı Standart Karar Matrisinin (V) Oluşturulması

Öncelikle değerlendirme kriterlerine ilişkin ağırlık değerleri ( $w_i$ ) belirlenir. AHP yöntemi ile hesaplanmış olan ağırlık değerleri burada da kullanılacaktır.

Daha sonra R matrisinin her bir sütunundaki elemanlar ilgili  $w_i$  değeri ile çarpılarak V matrisi oluşturulur (Supçiller ve Çapraz, 2011). V matrisi formül (2.15)'de gösterilmiştir:

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \dots & w_n r_{2n} \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \dots & w_n r_{mn} \end{bmatrix} \quad (2.15)$$

### Adım 4: İdeal ( $A^+$ ) ve Negatif İdeal ( $A^-$ ) Çözümlerin Oluşturulması

TOPSIS yöntemine göre her bir değerlendirme kriterinin monoton artan veya azalan bir eğilimi bulunmaktadır. İdeal çözüm setinin oluşturulması için, V matrisinin sütün

değerlerinin eğer ilgili değerlendirme kriteri maximizasyon yönlü ise en büyüğü, minimizasyon yönlü ise en küçüğü seçilir. Daha sonra da verilmiş olan formül (2.16) ile ideal çözüm seti bulunur.

$$A^+ = \{(\max v_{ij} | j \in I), (\min v_{ij} | j \in J)\} \quad (2.16)$$

Bu formülden (5.16) hesaplanan ideal set  $A^+ = \{v_1^*, v_2^*, v_3^*, \dots \dots \dots, v_n^*\}$  şeklinde gösterilebilir.

Negatif ideal çözüm setinin oluşturulması ise,  $V$  matrisindeki ağırlıklandırılmış değerlendirme kriterlerinin yani sütun değerlerinin en küçükleri (ilgili değerlendirme kriteri maksimizasyon yönlü ise en büyüğü) seçilerek bulunur. Negatif ideal çözüm setinin bulunması aşağıdaki formül (2.17)'de gösterilmiştir.

$$A^- = \{(\min v_{ij} | j \in I), (\max v_{ij} | j \in J)\} \quad (2.17)$$

Formül (2.17)'den hesaplanacak olan set  $A^- = \{v_1^-, v_2^-, v_3^-, \dots \dots \dots, v_n^-\}$  şeklinde gösterilebilir.

Her iki formülde de  $I$  fayda (maksimizasyon) değerini,  $J$  ise kayıp (minimizasyon) değerini göstermektedir (Monjezi vd., 2010). Hem ideal hem de negatif ideal çözüm seti, değerlendirme kriteri sayısı yani  $m$  elemandan oluşmaktadır.

#### **Adım 5:** Ayırım Ölçülerinin Hesaplanması

Alternatiflerin birbirlerine göre ayrımları (mesafeleri) Euclidian Uzaklık Yaklaşımından faydalanılarak hesaplanır. Bu hesaplamadan elde edilen alternatiflere ait sapma değerleri İdeal Ayırım ( $S^+$ ) ve Negatif İdeal Ayırım ( $S^-$ ) ölçüsü olarak adlandırılır. İdeal ve Negatif Ayırım Ölçüsünün hesaplanması aşağıda verilmiş olan formül (2.18) ve formül (2.19) yardımı ile yapılmaktadır.

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2} \quad (2.18)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (2.19)$$

Burada hesaplanacak  $S_i^+$  ve  $S_i^-$  sayısı doğal olarak alternatif sayısı kadar olacaktır.

#### **Adım 6:** İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması

Alternatiflerin ideal çözüme göreli yakınlığının ( $C_i^+$ ) hesaplanmasında ideal ve negatif ideal ayırım ölçülerinden yararlanılır. İdeal çözüme göreli yakınlık değerinin hesaplanması formül (2.20)'de gösterilmiştir.

$$C_i^+ = \frac{S_i^-}{S_i^+} \quad (2.20)$$

Burada  $C_i^+$  değeri  $0 \leq C_i^+ \leq 1$  aralığında değer alır ve  $C_i^+=1$  ilgili alternatifin ideal çözüme,  $C_i^+=0$  ise ilgili alternatifin negatif ideal çözüme mutlak yakınlığını gösterir. Alternatiflerin sıralaması en büyük  $C_i^+$  değerinden başlayarak yapılır.

## **2.6 VIKOR Yöntemi**

VIKOR (ViseKriterijumsa Optimizacija I Kompromisno Resenje) yöntemi, 2004 yılında Opricovic ve Tzeng tarafından geliştirilmiştir. Yöntemdeki amaç, sıralama ve seçim için uzlaştırıcı çözümü bulabilmektir. İlk defa Yu (1992) tarafından önerilen uzlaştırıcı çözüm tanımı, ideal çözüme yakınlık derecesinin ölçümüne dayanmaktadır. VIKOR yöntemi de aynı prensibe dayanan çok kriterli bir sıralama indeksi kullanmaktadır (Opricovic ve Tzeng, 2004).

Uygulamalarda çoğu kez ölçülemeyen ve birbirinden farklı birimlere sahip kriterlerle karşılaşılır. Aynı zamanda, uygulama için belirlenen çözümün tüm kriterleri aynı anda tatmin edememesi de karşılaşılan bir durumdur. Bu gibi durumlarda VIKOR yöntemi karar vericiye son kararı almasında yardımcı olacak uzlaşık çözümü sunar. Buradaki "uzlaşık" tabiri, bir alternatif üzerinde ortak bir kabul ile anlaşmaya varıldığı anlamındadır.

Bu yöntem birbirleri ile çelişen kriterler olduğunda seçenekler arasından seçim ve sıralama yapmaya odaklanmıştır. Temeli "ideal çözüme yakınlık" ölçümüne dayanan çok kriterli karar sıralama indeksi olarak da tanıtılır. Birbirleri ile çelişen kriterlerin olduğu problemlerde uzlaşık çözüm, karar vericilerin son

kararlarına ulaşmalarına yardım edebilir. VIKOR yöntemi, alternatifler kümesinde bulunanlardan birinin seçilmesi veya alternatiflerin sıralanması konusunu dikkate alır. Bütün alternatiflerin her bir kriterin dikkate alınarak değerlendirildiği varsayımı altında, ideal alternatife yakınlık değerleri karşılaştırılarak uzlaşık sıralamaya ulaşılır.

VIKOR yönteminin hangi durumlarda kullanılabileceği ile ilgili aşağıdaki bilgiler fikir vermektedir (Opricovic ve Tzeng, 2004):

- ✓ Zıt görüşlerin bulunduğu karar verme ortamında uzlaşma kabul edilebilir olmalıdır.
- ✓ Karar verici ideale en yakın alternatifini çözüm olarak kabul edebilmelidir.
- ✓ Her kriter ile karar vericinin faydası arasında doğrusal bir ilişki bulunmalıdır.
- ✓ Kriterler çelişkili, ölçeklendirilemeyen veya farklı birimlerde olabilir.
- ✓ Alternatifler, belirlenen tüm kriterlere göre değerlendirilebilir olmalıdır.
- ✓ Karar vericinin ağırlık vermesi ile sisteme dahil olması sağlanır.
- ✓ VIKOR yöntemi, karar verici müdahil olmadan başlatılabilir. Fakat yöntem sonuçlarının onaylanmasında yetkiyi ele almalıdır.

VIKOR yöntemi, "ideale yakınlık" temel alınarak "çok kriterli sıralama puanlaması" (multi-criteria ranking index) yapılması ile uzlaşık sıralı liste ve uzlaşık çözüm saptaması yapar. VIKOR yönteminin adımları şu şekilde özetlenebilir:

**1.Adım:** Her bir kriter için en iyi ( $f_i^*$ ) ve en kötü ( $f_i^-$ ) değerler belirlenir. Eğer  $i$  kriteri oluşturulan model açısından " fayda " anlamında bir değerlendirme kriteri ise,  $i= 1, 2, \dots, n$  için;

$$f_i^* = \max f_{ij} \quad f_i^- = \min f_{ij} \quad (2.21)$$

Eğer  $i$  kriteri oluşturulan model açısından " maliyet " anlamında bir değerlendirme kriteri ise,  $i= 1, 2, \dots, n$  için;

$$f_i^* = \min f_{ij} \quad f_i^- = \max f_{ij} \quad (2.22)$$

**2. Adım:** Her bir alternatif için  $S_j$  ve  $R_j$  değerleri hesaplanır,  $j= 1, 2, \dots, m$ .  $W_i$ , kriter ağırlıklarını ifade etmektedir.

$$S_j = \sum_{i=1}^n W_i(f_i^* - f_{ij}) / (f_i^* - f_i^-) \quad (2.23)$$

$$R_j = \max \left[ \frac{W_i(f_i^* - f_{ij})}{f_i^* - f_i^-} \right] \quad (2.24)$$

**3. Adım:** Her bir alternatif veya değerlendirme birimi için  $Q_j$  değerleri hesaplanır.

$$Q_j = \frac{v(S_j - S^*)}{S^- - S^*} + (1 - v) \left( \frac{R_j - R^*}{R^- - R^*} \right) \quad (2.25)$$

Yukarıdaki denklemde,  $S^* = \min_j S_j$ ;  $S^- = \max_j S_j$ ;  $R^* = \min_j R_j$ ;  $R^- = \max_j R_j$  değerlerini ifade etmektedir.  $v$  değeri, maksimum grup faydasını sağlayan strateji için ağırlığı ifade ederken,  $(1-v)$  değeri karşıt görüştekilerin minimum pişmanlığının ağırlığını ifade etmektedir. Genellikle  $v=0,5$  kullanılır (Opricovic, 2011).

**4. Adım:** Elde edilen  $Q_j$ ,  $S_j$ ,  $R_j$  değerleri sıralanır. En küçük  $Q_j$  değerine sahip alternatif ya da değerlendirme birimi, alternatifler grubu içerisindeki en iyi seçenek olarak ifade edilir.

**5. Adım:** Elde edilen sonucun geçerli olması için iki koşul sağlanmalıdır. Ancak bu şekilde, minimum  $Q$  değerine sahip alternatif, en iyi olarak nitelendirilebilir. Bu koşullar, şu şekilde ifade edilebilir.

**Koşul 1 (C1) - Kabul edilebilir avantaj:** En iyi ve en iyiye en yakın seçenek arasında belirgin bir fark olduğunun kanıtlanmasını içeren koşuldur.

$$Q(P_2) - Q(P_1) \geq D(Q) \quad (2.26)$$

(2.26) numaralı eşitsizlikte  $P_1$ , en az  $Q$  değerine sahip olan birinci en iyi alternatif,  $P_2$  ise ikinci en iyi alternatiftir.

$D(Q)$  değeri (2.27) numaralı eşitlikte ifade edilmiştir.  $j$ , alternatif sayısını göstermektedir.

$$D(Q) = \frac{1}{j-1} \quad (2.27)$$

**Koşul 2 (C2) - Kabul edilebilir istikrar:** Elde edilen uzlaşık çözümün istikrarlı olduğunun kanıtlanması açısından şu koşulun sağlanması gerekir: En iyi  $Q$  değerine sahip  $P_1$  alternatifi,  $S$  ve  $R$  değerlerinin de en az bir tanesinde en iyi skoru elde etmiş olmalıdır.

Belirtilen iki koşuldan bir tanesi sağlanamazsa uzlaşık çözüm kümesi şu şekilde önerilir:

- ✓ Eğer Koşul 2 sağlanmıyorsa  $P_1$  ve  $P_2$  alternatifleri,
- ✓ Eğer Koşul 1 sağlanmıyorsa  $P_1, P_2, \dots, P_M$  alternatifleri dikkate alınarak eşitsizlik şu şekilde ifade edilir:

$$Q(P_M) - Q(P_1) < D(Q) \quad (2.28)$$

Uzlaşık çözüm kümesi dahilinde  $Q$  değerlerine göre sıralama yapılır. En iyi alternatif, minimum  $Q$  değerine sahip alternatiflerden biridir.

Genel olarak VIKOR yönteminin kullanıldığı alanlara bakıldığında literatürde VIKOR yönteminin daha çok sınıflandırma problemleri için kullanıldığı görülmüştür. Opricovic ve Tzeng (2007) genişletilmiş VIKOR metodunu, PROMETHEE, ELECTRE ve TOPSIS ile karşılaştırmışlar ve bunun sonucunda VIKOR ile PROMETHEE yönteminin benzer sonuçlar verdiğini gözlemlemişlerdir. Buna ek olarak VIKOR yönteminin daha gerçekçi sonuçlar sunduğunu ve stratejik seçimler açısından daha kolay uygulanabileceğini belirtmişlerdir. Yine Opricovic'in 2009 yılında yapmış olduğu çalışmada, VIKOR yöntemi su kaynaklarının planlanması için kullanılmıştır.

Yang ve Wang (2006) tarafından yapılan çalışmada ürün hayat döngüsü alanında VIKOR ve AHP yöntemleri kullanılmıştır. Wua vd. (2009) ise AHP ve VIKOR yöntemlerini kullanarak üç bankanın performanslarını ölçmek için 23 kriteri göz önüne almışlar ve elde ettikleri verileri bulanık ortamda analiz etmişlerdir. Guo ve Zhang (2008) VIKOR yöntemini kaba küme teorisi ile bütünleşik olarak kullanarak beş kriteri dikkate alan bir tedarikçi seçimi gerçekleştirmişlerdir. Sanayei vd. (2010) ise çalışmalarında bulanık ortamdaki tedarikçileri seçmek için VIKOR yöntemini kullanmışlardır. Wu vd. (2010) yapmış oldukları çalışmada üniversite bütçelerine göre VIKOR yöntemi kullanarak üniversitelerin durumunu analiz etmişlerdir. Liou ve Chuang (2010) dış kaynak kullanımı için farklı alternatifler doğrultusunda inceleme yaparak, çalışmalarında VIKOR ve ANP yöntemlerini birlikte kullanmışlardır. VIKOR ve ANP'nin birlikte kullanıldığı bir başka çalışma ise, Lixin vd. (2008) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada dört kriter ve dört lojistik servis sağlayıcısı arasından en iyisi seçilmiştir.

Cristobal (2011) İspanya hükümeti tarafından başlatılan yenilenebilir enerji planı kapsamında VIKOR yöntemi ile yenilenebilir enerji seçim problemini ele almıştır. Liou vd. (2011) ise ülkelerinde bulunan havalimanında hizmet kalitesinin artması için VIKOR yöntemini kullanmışlardır. Devi (2011) bu yöntemi robot seçiminde, Liu vd. (2012) ise anestezi sürecindeki riskleri değerlendirmek için kullanmıştır.

Bu çalışmalara ek olarak VIKOR metodolojisi;

- Sağlık sektörü uygulamalarında (Zeng vd. 2013),
- Havayolu endüstrisinde (Wu vd. 2012), (Tsai vd. 2011),
- Malzeme seçiminde (Jahan, 2011), (Athawale ve Chakraborty, 2012),
- Turizm politikalarının geliştirilmesinde (Liu vd. 2012),
- Demiryolu rotalama problemlerinde (Kosijer vd. 2012),
- Tedarikçi seçiminde (Panjeh ve Sasani, 2013), kullanılmıştır.

Yapılan literatür çalışmasının sonuçlarına bakıldığında VIKOR yönteminin daha çok sınıflandırma için kullanıldığı ancak sıralı sınıflandırma problemleri için kullanılmadığı görülmüştür. Literatürde tespit edilmiş olan bu boşluğu doldurmak amacıyla VIKOR tabanlı bir sıralı sınıflandırma metodolojisi önerilmiştir. Bir sonraki bölümde önerilen bu yöntem detaylı bir biçimde anlatılmıştır.

### 3. ÖNERİLEN YÖNTEM: VIKORSORT

Bu bölümde çok kriterli karar verme yöntemlerinden bir olan VIKOR metodunu temel alarak alternatiflerin sıralı sınıflandırılması (sorting) için önerilen VIKORSORT metodolojisi tanıtılacaktır. İlerleyen alt bölümlerde ilk olarak yöntemin genel bir tanımı yapılacak daha sonra yöntemin adımları detaylı bir biçimde anlatılacaktır.

#### 3.1 VIKORSORT

VIKORSORT yöntemi, belirli kriterleri dikkate alarak oluşturulan alternatifleri, önceden belirlenmiş olan gruplara atamak için geliştirilmiş özgün bir yöntemdir. Bu yöntemde atama işlemini yaparken karar vericinin belirlediği limit profiller dikkate alınarak üstünlük ilişkilerine göre ataması yapılacak alternatifler ile limit profilleri ikili olarak kıyaslanırlar. Bu üstünlük ilişkisine göre hangi alternatifin hangi gruba atanacağına karar verilir. Bununla birlikte, atama işlemleri tüm alternatifler ilgili gruplara atanana kadar ikili kıyaslama şeklinde devam eder. Bir sonraki bölümde önerilen VIKORSORT yönteminin sıralı sınıflandırma adımlarından bahsedilecek, akış diyagramlarıyla da anlatılan bilgiler desteklenecektir.

#### 3.2 VIKORSORT Yönteminin Adımları

**1.Adım:**  $m$  alternatiften oluşan  $a_1, a_2, \dots, a_m$  ve  $n$  farklı kriterin  $k_1, k_2, \dots, k_n$  değerlendirilmesinde kullanılacak kriterler ve alternatiflerin değerleri belirlenir.  $f_{ij}$ ,  $i$ . alternatif için,  $j$ . kriter değerini gösterir.

**2.Adım:** Belirlenen  $m$  alternatifin  $n$  kritere göre niceliksel puanlaması yapılarak  $h$  tane grup belirlenir  $g_1, g_2, \dots, g_{h-1}, g_h$ . Belirlenen grupları ayırmak için  $h-1$  tane limit profil ( $l$ ) değeri tanımlanır ( $l_1, l_2, \dots, l_{h-1}$ ).



**3.Adım:** Her bir  $k$  kriteri için “fayda” dikkate alınacak ise  $f_i^* = \max f_{ij}$  ve  $f_i^- = \min f_{ij}$  eşitsizlikleri, “maliyet” dikkate alınacak ise  $f_i^* = \min f_{ij}$  ve  $f_i^- = \max f_{ij}$  eşitsizlikleri kullanılır.

**4.Adım:** Belirlenen limit profilleri de dahil ederek,  $S_j = \sum_{i=1}^n W_i (f_i^* - f_{ij}) / (f_i^* - f_i^-)$  formülasyonu kullanılarak her bir alternatif için  $S$  değeri hesaplanır. Aynı şekilde,  $R_j = \max \left[ \frac{W_i (f_i^* - f_{ij})}{f_i^* - f_i^-} \right]$  formülasyonu kullanılarak da alternatiflerin  $R$  değerleri hesaplanır. Son olarak alternatiflerin  $Q$  değerlerini hesaplamak için  $Q_j = \frac{v(S_j - S^*)}{S^- - S^*} + (1 - v) \left( \frac{R_j - R^*}{R^- - R^*} \right)$  formülasyonu kullanılır.

Formülasyonları kullanılarak hesaplanan  $Q$ ,  $R$  ve  $S$  değerleri için limit profilleri de dahil edilerek, tüm alternatifler ile belirlenen limit profiller küçükten büyüğe doğru sıralanır.

#### **5. Adım:** VIKORSORT Başlangıç Ataması

- VIKORSORT ile başlangıç sınıflandırma aşaması için ataması yapılacak alternatif  $a$ , VIKOR yönteminde bulunan;
  - ✓ Kabul edilebilir avantaj koşulu ( $C_1$ ):  
 $Q(P_2) - Q(P_1) \geq D(Q)$ , formülünden esinlenerek alternatifler ve limit profil( $l$ ) değerlerini üstünlük ilişkilerini dikkate alınarak atama yapmak için aşağıdaki şekilde uygulanmıştır;  
 $Q(l) - Q(a) \geq D(Q)$ ,  $D(Q) = 1/(m - 1)$ ,  $m$  alternatif sayısını göstermektedir,
  - ✓ Kabul edilebilir istikrar koşulu ( $C_2$ ):  
 Karşılaştırılan alternatife ait  $S$  ve/veya  $R$  değerlerinden birinin değeri, karşılaştırılan limit profile ait  $S$  ve/veya  $R$  değerinden sıralamada küçük olması koşulu aranır.
- Atama durumunda önceden belirlen gruplar ve limit profilleri oluşturulduktan sonra, karar vericinin belirleyeceği limit profilin  $Q$  değeri ile ataması

yapılacak alternatifin  $Q$  değeri üstünlük ilişkisine göre  $C_1$  ve  $C_2$  koşulları dikkate alınarak kontrol edilir ve aşağıdaki 3 durum oluşur.

$(g_1 > g_2 > \dots > g_{h-1} > g_h$  ve  $l_1 > l_2 > \dots > l_{h-1}$  kabul edilsin)

- $C_1$  ve  $C_2$  koşulları sağlanırsa;
  - ✓ Belirlenen limit profillerden en iyisi ( $l_1$ ) ile herhangi bir alternatif kıyaslandığında (iyimser durumda), karşılaştırılan limit profil değerinden iyidir şeklinde yorumlanıp iyi gruba ( $g_1$ ) ataması yapılır. Bu durum tüm alternatifler ilgili gruplara atanana kadar devam eder.
  - ✓ Belirlenen limit profillerden en kötüsü ( $l_{h-1}$ ) ile kıyaslandığında (kötümser durumda) alternatif, karşılaştırılan limit profil değerinden iyidir şeklinde yorumlanıp doğrudan  $g_{h-1}$  grubuna ataması gerçekleştirilmez. Koşulların sağlandığı üst limit profil değerleriyle de kıyaslanarak son karşılaştırıldığı limit profilin kestiği iki gruptan iyi olana atanır.
- $C_1$  ve  $C_2$  koşulları sağlanmazsa;
  - ✓ Belirlenen limit profillerden en iyisi ( $l_1$ ) ile kıyaslandığında (iyimser durumda) alternatif, karşılaştırılan limit profil değerinden iyi değildir şeklinde yorumlanıp, doğrudan bir sonraki gruba ( $g_2$ ) atanmaz. Koşulların sağlandığı düşük limit profil değerleriyle de kıyaslanarak son karşılaştırıldığı limit profil değerinin kestiği gruplardan kötü olana atanır.
  - ✓ Belirlenen limit profillerden en kötüsü ile ( $l_{h-1}$ ) kıyaslandığında (kötümser durumda) alternatif, karşılaştırılan limit profil değerinden kötüdür şeklinde yorumlanıp doğrudan  $g_h$  grubuna ataması gerçekleştirilir.

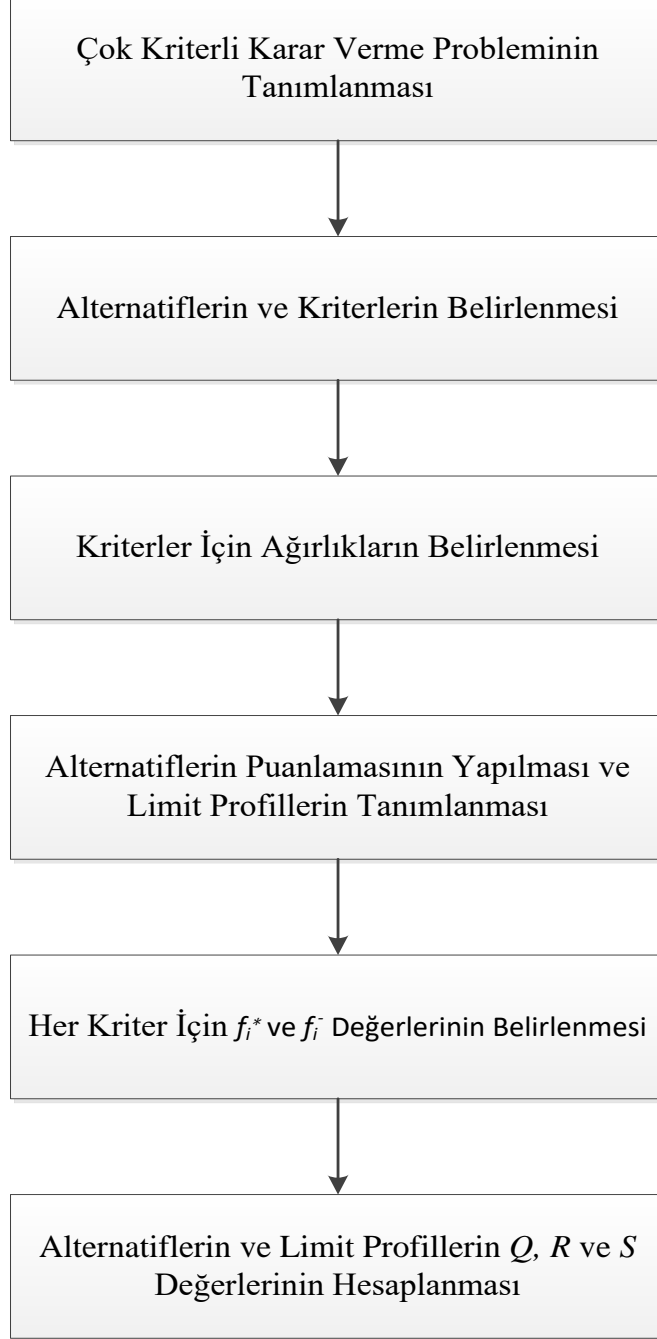
- $C_1$  veya  $C_2$  koşulları sağlanmazsa;
  - ✓ Bu durumda (iyimser ve kötümser durum) alternatif için karşılaştırılan limit profil değerinden iyidir veya kötüdür şeklinde yorum yapılamaz.
  - ✓ Karşılaştırılan limit profil değerinin kestiği iki gruptan birine ataması yapılmak üzere “Atanamayan Alternatifler Grubuna” atanır ve 6. adıma göre ataması gerçekleştirilir.
- VIKORSORT atama işlemlerinin akış diyagramları Şekil 3.1 ve Şekil 3.2’de gösterilmiştir.

#### **6. Adım:** VIKORSORT Final Ataması

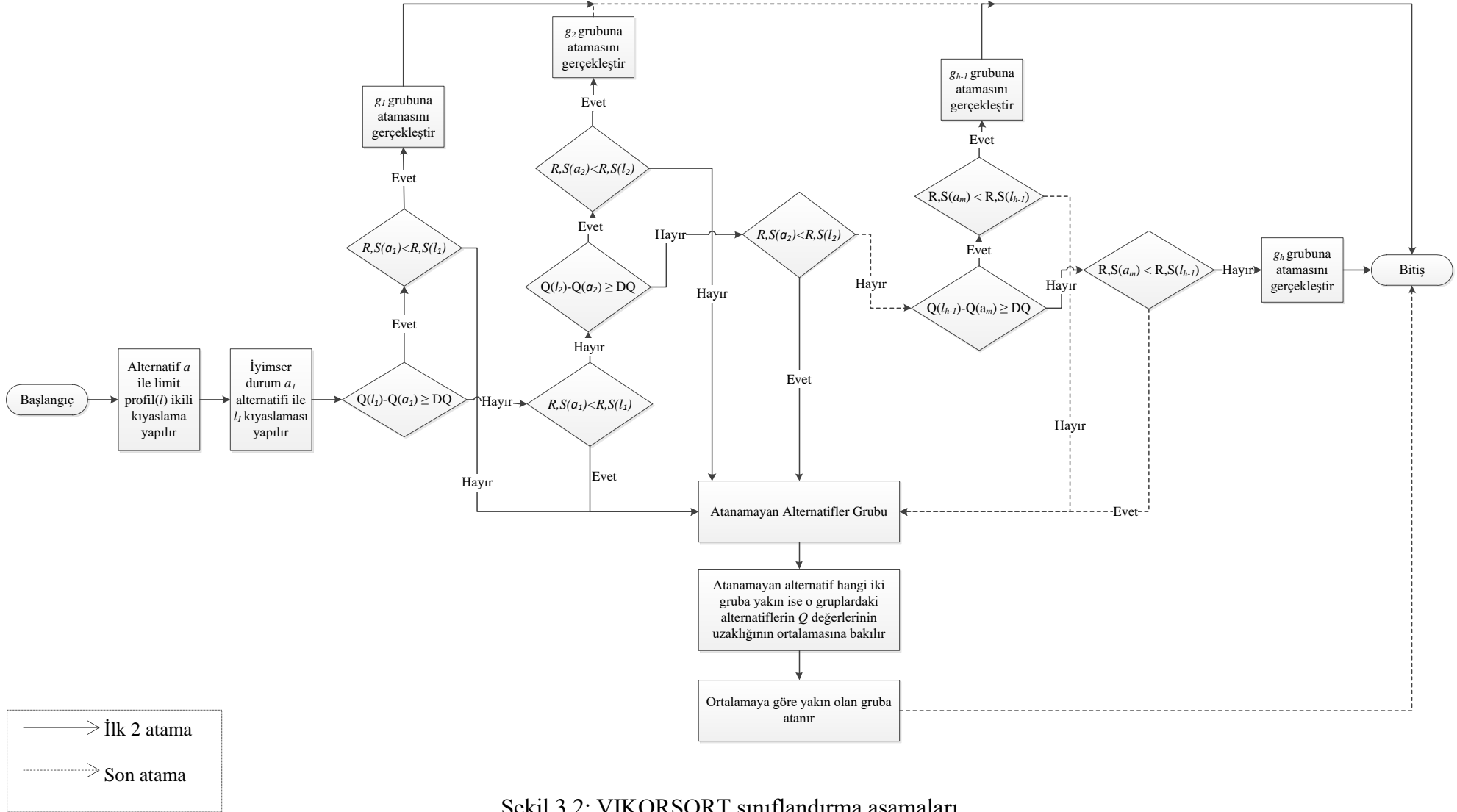
- VIKORSORT ile önceden belirli gruplara atama yaparken aşağıdaki durumda bazı alternatiflerin ataması gerçekleşmeyebilir;
  - Alternatif  $a$  için,
    - ✓  $Q(a) = Q(l)$  ve  $S(a) = S(l)$  veya  
 $Q(a) = Q(l)$  ve  $R(a) = R(l)$
    - ✓  $Q(l) - Q(a) \geq D(Q)$  ve  $R, S(a) > R, S(l)$  veya  
 $Q(l) - Q(a) \leq D(Q)$  ve  $R, S(a) < R, S(l)$
- Bu durumda ataması yapılamayan alternatif  $a$  için,
  - ✓ Yukarıdaki şekilde limit profil ile kıyaslama yapılamayan ve en yakın iki grup arasında, o gruplara atanan alternatiflerin  $Q$  değerleri ile farkını alarak ortalamasını göre uzaklığına bakılır.
  - ✓ Belirlenen mesafe ve ortalamalar ile atanamayan alternatif daha sonra hangi ortalama ya yakınsa o gruba ataması yapılır.

Önerilen VIKORSORT algoritması klasik VIKOR yöntemine limit profili kavramını ekleyerek karar vericinin alternatifleri sıralarken iyi ya da kötü alternatif şeklinde tanımlama yapmasında esneklik sağlamaktadır. Yöntemin anlaşılması

kolaydır ve tüm sıralı sınıflandırma problemlerine rahatlıkla uygulanabilmektedir. İlerleyen bölümlerde önerilen yöntemin iki alandaki uygulanmasına değinilecektir. Bunlardan ilki yeşil tedarikçilerin değerlendirilmesi konusu diğeri ise müşterilerin sınıflandırılması konusudur. Yapılan her iki uygulama da yöntemin etkinliğini ve gerçek yaşamda karşılaşılabilecek çok kriterli karar verme problemlerine uygulanabilirdiğini göstermektedir.



Şekil 3.1:VIKOR yöntemine göre niceliksel değerlerin hesaplanması



Şekil 3.2: VIKORSORT sınıflandırma aşamaları

## **4. YEŞİL TEDARİKÇİ DEĞERLENDİRMESİNDE VIKORSORT YÖNTEMİNİN UYGULANMASI**

Önceki bölümde de belirtildiği gibi önerilen VIKORSORT yönteminin etkinliğini göstermek amacıyla yöntemin iki alanda uygulaması gerçekleştirilmiştir. Yöntem ilk olarak yeşil tedarikçi değerlendirme sürecinde uygulanmıştır. Bu nedenle bu bölümde ilk olarak yeşil tedarik zinciri kavramı tanıtarak, yeşil tedarikçi seçim kriterleri ve yeşil tedarikçilerin değerlendirme süreci ile ilgili literatürden bahsedilecektir. Daha sonra VIKORSORT yönteminin yeşil tedarikçi seçimi problemine uygulanması üzerinde durulacaktır. Bu bölümde ayrıca gerçek hayatta verilen kararların kesin olmaması ve küçük değişikliklerde verilen bu kararların değişimi nasıl etkileyeceğini görmek amacıyla duyarlılık analizleri gerçekleştirilecektir.

### **4.1 Yeşil Tedarik Zinciri**

Zaman içerisinde ortaya çıkan çevre sorunları ve doğal kaynakların tükenmeye başlaması nedeniyle işletmeler daha güvenli, sağlıklı ve çevreye minimum düzeyde zarar veren ürünler üretmek gibi unsurlara dikkat etmek durumunda kalmaktadırlar. Bu noktadan hareketle işletmeler daha az kirleten üretim sistemleri tasarlamak, atıklarını azaltmak, çevresel riskleri yönetmek ve sosyal sorumluluk bilinciyle hareket etmek amacıyla tedarik zincirlerini çevreye daha duyarlı bir yapıya dönüştürmekte ve yeşil tedarik zinciri yönetimini benimsemektedirler.

Kurumsal çevrecilik veya yeşil yönetim, stratejik bir konu olarak 1990'larda ortaya çıkmış ve 2000'lerde uluslararası anlamda popüler bir slogan haline gelmiştir. Son on yıl boyunca birçok ülkede yeşil tedarik zinciri, çevresel ve tedarik zinciri stratejilerinin önemli bir parçası haline gelmiştir.

Kavramsal açıdan bakıldığında da yeşil tedarik zinciri yönetiminin tanımlarının birbirleriyle benzerlik gösterdiği görülmektedir. Yeşil tedarik zinciri

yönetiminin tanımının temelini tedarik zinciri yönetiminde bulmak olasıdır. “Yeşil” bileşenleri tedarik zinciri yönetimine eklemek, tedarik zinciri yönetiminin tesirini ve bağlantısını doğal çevreye yöneltmeyi içeren bir kavramdır. Bir tanıma göre yeşil tedarik zinciri yönetimi, firmaların kâr ve pazar payı hedeflerine çevresel risklerini ve etkilerini azaltarak ve ekolojik verimliliklerini artırarak ulaşabilmelerini sağlayacak “kazan-kazan” stratejileri geliştirmelerine yardımcı olan yeni geniş tabanlı bir inovasyondur. Bir başka tanıma göre ise yeşil tedarik zinciri yönetimi, yeşil satın alma, yeşil üretim/malzeme yönetimi, yeşil dağıtım/pazarlama ve tersine lojistik süreçlerinin bir bütünü olarak tanımlanabilir. Yeşil tedarik zinciri, çevresel kriterlerin veya kaygıların organizasyonel satın alma kararlarına ve tedarikçilerle kurulan uzun süreli ilişkilere dahil edilmesi sürecidir. Yeşil tedarik zinciri yönetimi; çevresel kaygıların tedarik zinciri içerisine entegre edilmesi şeklinde tanımlanabilir.

#### 4.2 Yeşil Tedarikçi Seçim Süreci

Tedarikçi seçimi ihtiyaçların ortaya konması ile başlar. İhtiyaç genellikle üreticilerin ARGE departmanları tarafından belirlenir. Bu aşamadan sonra satın almacılara düşen görev potansiyel tedarik kaynaklarını belirlemek ve onlarla iletişime geçmektir. Aranılan malzeme için gerekli koşulları sağlayabilen tedarikçi adayları arasından yapılacak seçimde pazarlık ya da ihale gibi yöntemler kullanılabilir. Sürece ait akış Şekil 4.1’de gösterilmiştir.



Şekil 4.1: Tedarikçi Seçim Süreci

Yeşil tedarikçi seçiminde de süreç benzer şekilde işler fakat en önemli değişiklik seçim kriterlerinin belirlenmesi ve performans değerlendirmesi basamaklarında görülür.



### 4.3 Yeşil Tedarikçi Seçim Kriterleri

Yeşil tedarikçi seçimi ve geleneksel tedarikçi seçim kriterleri arasında çevresel açıdan bazı farklar mevcuttur. Geleneksel tedarikçi seçim kriterleri aşağıdaki gibi listelenebilir:

- ✓ Birim fiyat
- ✓ Talepleri zamanında karşılayabilme
- ✓ Kalite beklentisini karşılama
- ✓ Dürüst iletişim
- ✓ Endüstriyel bilgi ve tecrübe
- ✓ Esneklik, ani taleplere cevap verme hızı
- ✓ Finansal durum
- ✓ Etik standartlara uyum
- ✓ Referanslar
- ✓ Tedarikçinin büyüklüğü
- ✓ Üretici ile tedarikçi arasındaki kültür uyumu

Geleneksel tedarikçi seçimi kriterlerine çevre ile ilgili birçok yeni kriter eklenmiş ve yeşil satın alma/yeşil tedarikçi seçimi konuları birçok araştırmacı ve bilim adamı tarafından incelenmiştir. Bütün bu araştırmaların belki de temelini oluşturan ilk kriterler Şekil 4.2'deki gibidir.



Şekil 4.2: Yeşil Tedarikçi Seçim Kriterleri (Türkay, 2015)

2000’li yılların başlarındaki bir diğer makalede (Handfield vd. 2002), yeşil tedarikçi değerlendirme sürecinde önemli olabileceğini düşündükleri tüm kriterleri bir listede toplamışlardır. Daha sonra bu liste Fortune 500 sıralamasında yer alan bazı şirketlerin tedarik zinciri yöneticilerinden oluşan bir gruba sunulmuş ve bu kriterler arasından en önemlilerini seçmek üzere konsensüse varana kadar tartışmaları istenmiştir. Bu çalışmanın sonucunda en önemli ölçülebilir kriterler aşağıdaki gibi sıralanmıştır:

1. ISO 14000 sertifikasyonu
2. Ozon tabakasına zarar verici maddelerin bulup bulunmaması
3. Geri dönüşüm
4. Uçucu organik bileşiklerin bulup bulunmaması
5. EPA listesinde yer alan 17 maddenin bulup bulunmaması
6. Yeniden üretim/kullanım imkanı
7. Ambalaj malzemelerinin yeniden kullanım imkanı
8. Tersine lojistik faaliyetleri
9. EPA programlarında gönüllü olarak yer alma
10. Çevre ile ilgili kayıtların halka açık olması

#### **4.4 Yeşil Tedarikçi Seçimi: Literatür Araştırması**

Yeşil tedarik zinciri kavramının gelişimiyle beraber yeşil tedarikçi seçimi bu alanda çalışılan önemli problemlerden biri haline gelmiştir. Bu bölümde konu ile ilgili yapılmış belli başlı çalışmalar özetlenerek VIKORSORT yönteminin neden bu alana uygulandığı açıklanacaktır.

Yeşil tedarikçi seçimi ile ilgili yapılmış çalışmalara baktığımızda, bu alanda yayın yapan ilk araştırmacılardan biri olan Noci (1997), otomotiv endüstrisinde faaliyet gösteren bir firmaya AHP yöntemi uygulayarak tedarikçilerinin çevresel verimlilik düzeylerini değerlendirmiştir. Handfield vd. (2002) ise çalışmalarında çevresel ölçümlerde meydana gelebilecek değişimleri AHP ile değerlendirmişlerdir. Ayrıca, AHP yönteminin çevresel faktörlerle birlikte özellikle tedarikçi performansı üzerindeki özelliklerini dikkate alarak nasıl kullanıldığını belirtmişlerdir.

Humphreys vd. (2006), yeşil tedarikçi seçimi için çevresel faktörlerin niteliksel ve niceliksel olarak değerlendirilebilmesi için bulanık mantığa dayalı bir öneri getirmişlerdir. Vachon ve Klassen (2006)'in çalışması bu alanda farklı bir çalışma olarak karşımıza çıkmaktadır. Yazarlar tedarik zincirinde tedarikçilerin yeşil düzeyinin performansını analiz etmek için anket çalışması ile veri toplayarak Ki-Kare testi uygulamışlardır.

Lu vd. (2007) tedarikçi seçiminde önemli olan kriterlerin üretim süreçleri ile birlikte değerlendirilmesi gerektiğini ifade etmişler ve bu durumu çok kriterli karar verme problemi haline getirerek AHP ile yeşil tedarikçi seçimi yapmışlardır. Oluşturdukları seçim modelinde kriterlerin ikili karşılaştırmaları bir anket yardımıyla yapılmış ve %35 ağırlıkla en önemli kriter “malzeme” olarak bulunmuştur. Ayrıca sürece göre kriterlerin ağırlıklandırılması da yapılmış ve tedarikçi seçimi için en önemli kriterin “üretimde kullanılan malzeme” olduğuna karar verilmiştir.

Özellikle 1 Haziran 2007 yılında yürürlüğe giren REACH düzenlemesi sonrasında üreticilerin çevresel etki sorgulamaları daha sıkı hale gelmiştir. Hsu ve Hu (2009), tedarikçi seçimi yapılırken zararlı maddelerin yönetilmesi üzerine yaptıkları çalışmada daha özel bir alanı incelemişlerdir. Araştırmacılar bu yapıda yer alan tüm kriterler için ikili karşılaştırmalar yaparak kriterlerin ağırlıkları belirlenmiştir. Yapılan çalışmada alt kriterler arasındaki karşılaştırmada en önemli kriter “Tedarik yönetimi” olarak belirlenmiştir. Daha sonra da üç alternatif tedarikçi arasında değerlendirme yapılarak en uygun tedarikçinin seçimi sağlanmıştır. Yine 2009 yılında Lee vd. (2009) bulanık analitik hiyerarşi metodu (Fuzzy Analytic Hierarchy Process - FAHP) ve delphi metodunu kullanarak 11 ana kriter ve 41 alt kriterden oluşan yeşil tedarikçi seçimi problemini ele almışlardır. Yan (2009)'ın çalışmasında ise yeşil tedarikçi seçimi ve değerlendirilmesi için genetik algoritma ve AHP tabanlı bir yöntem önerilmiştir.

Güngör vd. (2010) çalışmalarında tekstil sektöründe faaliyet gösteren bir perakendeci için üç aşamalı bir tedarikçi seçim modelini değerlendirmişlerdir. Tedarikçi seçimi, tedarikçilerin değerlendirilmesi ve tedarikçilerin yeniden değerlendirilmesi aşamalarında farklı kriterleri dikkate alarak, modelde AHP ve ANP çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılmıştır. Çalışmada tedarikçi

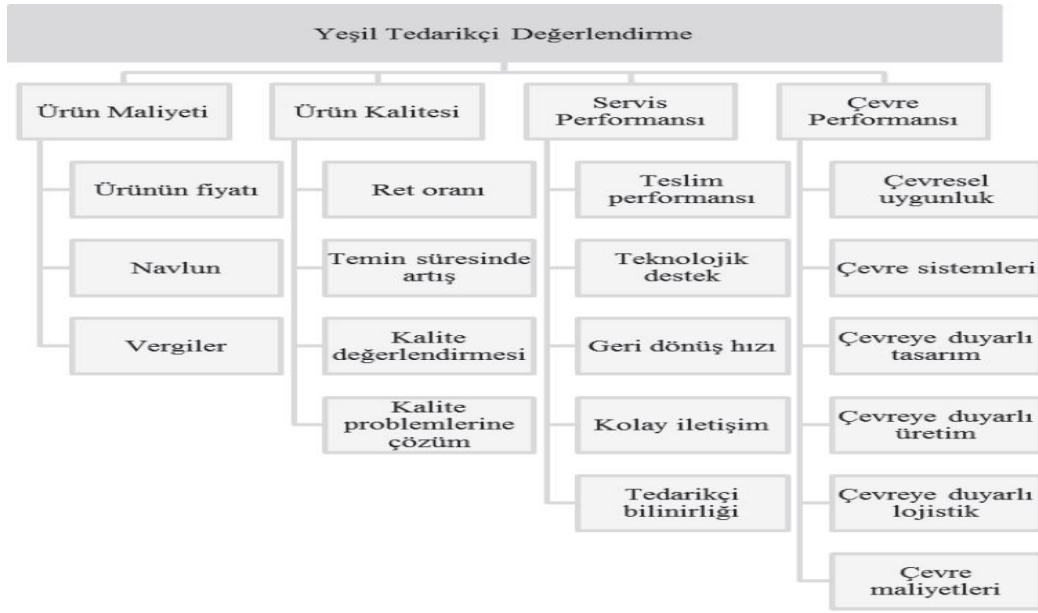
değerlendirmede özellikle dikkat edilmesi gereken bileşenler, dokuma veya örgü kalitesi ile birlikte ürün tasarımı ve desen kalitesi olarak belirlenmiştir.

2010 yılında yapılmış ve yine AHP kullanılan bir diğer çalışma da Thongchattu ve Siripokapirom (2010) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada da ayrıca nihai karar için Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Networks-ANN) da kullanılmıştır. Wen ve Chi (2010)'nin çalışmasında ise AHP yöntemine entegre olarak Veri Zarflama Analizi (Data Envelopment Analysis - DEA) önermişlerdir.

Hong-jun ve Bin (2010) ise yeşil tedarikçi seçiminde her bir faktör için ağırlık indislerini dikkate alarak temel faktörleri tanımlayan faktör analizi uygulamışlardır. Awasthi vd. (2010) yaptıkları çalışmada kriterlerin tanımlanması, uzman görüşleri ve bu görüşmelerin puanlaması şeklinde üç aşamalı olarak ve bulanık TOPSIS yöntemi kullanarak tedarikçilerin çevresel performansını incelemişlerdir.

Yeşil tedarikçi seçiminde kullanılan yöntemlerden bir diğeri ise, Feyzioğlu ve Büyüközkan (2010) tarafında tedarikçi performansını analiz etmek için kriterlerin bağımlılıklarını dikkate almak koşuluyla Choquet integralini kullanan çok kriterli karar verme yöntemidir.

Geliştirilen birçok yeşil tedarikçi seçimi modelinin geleneksel tedarikçi seçiminden uzaklaştığını düşünen Büyüközkan (2011), geleneksel tedarikçi seçimi kriterleri ile yeşil tedarikçi seçimi kriterlerini bir arada değerlendirdiği Şekil 4.3'te gösterilen modeli önermiştir. Büyüközkan (2011) ortaya koyduğu bu modeli ve AHP yöntemini kullanarak, Türk otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir üretici için tedarikçi seçimi çalışması yapmıştır. Yapılan değerlendirmede ana kriterlerden en önemlisi "Çevre Performansı" olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.3: Yeşil tedarikçi değerlendirme (Büyüközkan, 2011)

Yen ve Chuang (2011), farklı dört amaç altında yeşil tedarikçilerin değerlendirilmesi için matematiksel bir model geliştirerek genetik algoritma tabanlı bir uygulama yapmışlardır. Shaik ve Abdul-Kader (2011) de yeşil tedarikçi seçimi için oldukça detaylı hiyerarşik bir model önermiştir. Kuo ve Lin (2011) ise yeşil tedarikçilerin değerlendirilmesi için ANP ve DEA yöntemlerini dikkate alan yeni bir yöntem önermişlerdir.

Yeşil tedarikçi seçim kriterlerinin zaman zaman birbirlerini etkilediğini fark eden Lin vd. (2012) yeşil tedarikçi seçimi için ANP kullanarak bir model önermiştir. Önerdikleri model ile dizüstü bilgisayar üreticisi bir firmanın potansiyel tedarikçileri arasında seçim yapabilmek için kırk kişilik uzman ekibe anket uygulanmış ve kriterlerin ağırlıklarını belirlemek üzere çalışmışlardır. Yapılan çalışma sonucunda en önemli kriterler “Çevreyle dost ürün” ve “Sosyal sorumluluk” olarak belirlenmiştir. Kriterler arası ilişkileri göz önüne alan bir diğer çalışma ise Zhou vd. (2012) tarafından yürütülmüştür. Bu çalışmada araştırmacılar hem geleneksel tedarikçi seçim kriterlerini hem de yeşil tedarikçi seçimi kriterlerini bir arada kullanarak bir model önermişlerdir. Bu çalışmada kimyasal üreticisi bir firma için vaka analizi yapan araştırmacılar belirledikleri kriterler için ANP yöntemi ile ikili karşılaştırmalar yapmış ve kriterler arasından en önemli olanı belirlemeye çalışmışlardır. En önemli kriteri “Ürün kalitesi” olarak belirlemişlerdir.

Tsui ve Wen (2012) ise daha önce yayınlanmış çalışmalardan derledikleri ve geliştirdikleri modeller ile önceki çalışmalara kıyasla daha fazla kriteri göz önüne alarak AHP ve PROMETHEE kullanmışlardır.

Hashemi vd. (2014) yine kriterler arası etkileşimi göz önüne alan bir model önermektedir. Araştırmacılar otomotiv endüstrisinde faaliyet gösteren bir üreticinin tedarikçi seçimi için önerdikleri model için kriterler arasında yaptıkları ikili karşılaştırmalar sonucunda en önemli kriteri “Kaynak tüketimi” olarak belirlemişlerdir. Yeşil tedarikçi seçiminde çok kriterli karar verme yöntemlerinin kullanımını konusunda daha fazla çalışma için Ilgın vd. (2015) tarafından yapılan literatür çalışmasına bakılabilir.

Literatür araştırması sonuçları analiz edildiğinde yeşil tedarikçi seçimi konusunda VIKOR yönteminin daha önce kullanılmamış olduğu görülmektedir. Bu nedenle VIKORSORT yöntemi yeşil tedarikçi değerlendirilmesinde uygulanarak sonuçları analiz edilmiştir. Önerilen VIKOR tabanlı sıralı sınıflandırma algoritmasının karar vericilerin kendi önceliklerini dikkate alarak tedarikçilerini “iyi”, “orta” veya kötü” olarak sınıflandırmasında yardımcı olacağı, ayrıca karar verici açısından bir esneklik kazandıracığı düşünülmektedir. Bu yönüyle VIKORSORT yönteminin yeşil tedarikçi seçiminde uygulanması bu alanda bir ilk olacaktır. Dolayısıyla bu tez çalışmasının bu bağlamda da literatüre bir katkı sağlaması beklenmektedir.

## 4.5 Uygulama

Bu bölümde yeşil tedarikçi seçiminde VIKORSORT yönteminin nasıl uygulanacağı sayısal bir örnek üzerinden anlatılmıştır. İlk olarak iki farklı limit profili ( $l_1$ ,  $l_2$ ) tanımlanmış ve VIKORSORT ile sıralı sınıflandırma işlemi yapılarak tedarikçiler, iyi, orta ve kötü düzeydeki gruplara atanmıştır. Daha sonra limit profil değerleri %10 ve %20 oranında arttırılıp azaltılarak duyarlılık analizleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca VIKOR adımlarında bulunan “ $v$ ” değeri 0,1 ile 0,9 arasında değiştirilerek ikinci bir duyarlılık analizi daha yapılmıştır. Duyarlılık analizinin yapılmasındaki temel amaç karar vericinin bazı durumlarda değerleri net

verememesinden dolayı ortaya çıkabilecek küçük değişimlerde tedarikçilerin değişimlere verdiği tepkiyi ölçmektir.

İzleyen bölümlerde VIKORSORT yönteminin yeşil tedarikçi seçimine nasıl uygulandığı adım adım açıklanmıştır.

**1.Adım:** Tedarikçiler için yeşil kriterler ve ağırlıkları yeşil tedarik zinciri literatüründeki çalışmalar referans alınarak Tablo 4.1'deki gibi belirlenmiştir.

Tablo 4.1: Kullanılan Yeşil kriterler ve Ağırlıkları

Kriterler	Referanslar	Ağırlıklar
K <sub>1</sub> : Geri dönüşüm programı	(Humhreys vd. 2006)	0,10
K <sub>2</sub> : Çevreye dost malzemeler	(Awasthi vd. 2010)	0,10
K <sub>3</sub> : Atıkların güvenli imhası	(Humhreys vd. 2006)	0,15
K <sub>4</sub> : Enerji yönetimi	(Yang ve Wu, 2008)	0,10
K <sub>5</sub> : Atıkların değerlendirilmesi	(Hong-jun ve Bin, 2010)	0,10
K <sub>6</sub> : Sosyal sorumluluk projeleri	(Büyüközkan ve Çifci, 2010)	0,05
K <sub>7</sub> : Çevreye duyarlı ürün dağıtımı	(Lu vd. 2007)	0,10
K <sub>8</sub> : Emisyon ölçümleri	(Large ve Thomsen, 2011)	0,10
K <sub>9</sub> : Çevreye duyarlı üretim	(Chen vd. 2010)	0,15
K <sub>10</sub> : Çevreye duyarlılık eğitimleri	(Hong-jun ve Bin, 2010)	0,05

**2. Adım:** Tedarikçilerin her bir kritere göre puanlaması yapılarak  $l_1$  ve  $l_2$  limit profilleri tanımlanmıştır. Limit profil değerlerinin puanlamaları karar verici tarafından yapılmıştır. Ağırlık değerleri Tablo 4.2'de görülmektedir.

Tablo 4.2: Tedarikçilerin Kriterlere Göre Ağırlıkları

Tedarikçiler	Kriterler									
	<b>K<sub>1</sub></b>	<b>K<sub>2</sub></b>	<b>K<sub>3</sub></b>	<b>K<sub>4</sub></b>	<b>K<sub>5</sub></b>	<b>K<sub>6</sub></b>	<b>K<sub>7</sub></b>	<b>K<sub>8</sub></b>	<b>K<sub>9</sub></b>	<b>K<sub>10</sub></b>
<b>T<sub>1</sub></b>	67	70	75	70	72	30	62	12	75	50
<b>T<sub>2</sub></b>	40	31	22	13	31	28	16	7	24	33
<b>T<sub>3</sub></b>	58	62	71	70	69	66	58	7	51	59
<b>T<sub>4</sub></b>	63	70	66	51	49	58	71	20	55	62
<b>T<sub>5</sub></b>	21	19	32	18	25	34	47	8	30	32
<b>T<sub>6</sub></b>	50	59	66	72	58	36	49	30	60	53
<b>T<sub>7</sub></b>	47	54	63	57	48	55	63	15	57	42
<b>T<sub>8</sub></b>	27	41	33	21	18	25	30	10	30	40
<b>T<sub>9</sub></b>	99	62	79	73	51	6	68	30	79	90
<b>T<sub>10</sub></b>	58	69	58	80	99	51	66	25	90	70
<b>T<sub>11</sub></b>	61	55	65	48	30	52	53	30	53	63
<b>T<sub>12</sub></b>	13	45	39	13	33	29	26	8	45	30
<b>T<sub>13</sub></b>	58	61	49	63	49	74	62	27	57	63
<b>T<sub>14</sub></b>	59	63	70	69	40	65	59	8	52	58
<b>T<sub>15</sub></b>	22	36	34	41	17	14	9	8	25	20
<b>T<sub>16</sub></b>	46	58	61	56	53	66	71	8	54	42
<b>T<sub>17</sub></b>	83	76	88	79	72	86	81	24	63	81
<b>T<sub>18</sub></b>	19	30	21	30	23	26	19	10	24	23
<b>T<sub>19</sub></b>	79	83	86	84	74	78	65	7	67	60
<b>T<sub>20</sub></b>	55	63	62	60	54	51	66	30	63	48
<b>l<sub>1</sub></b>	30	35	40	50	40	50	30	25	25	30
<b>l<sub>2</sub></b>	65	70	80	90	70	80	70	7	65	60

**3.Adım:** Her kriter için en iyi  $f_i^*$  ve en kötü  $f_i^-$  değerleri Tablo 4.3'teki gibi belirlenmiştir.



Tablo 4.3: Her Kriter İçin En İyi ( $f_i^*$ ) ve En Kötü ( $f_i^-$ ) Değerleri

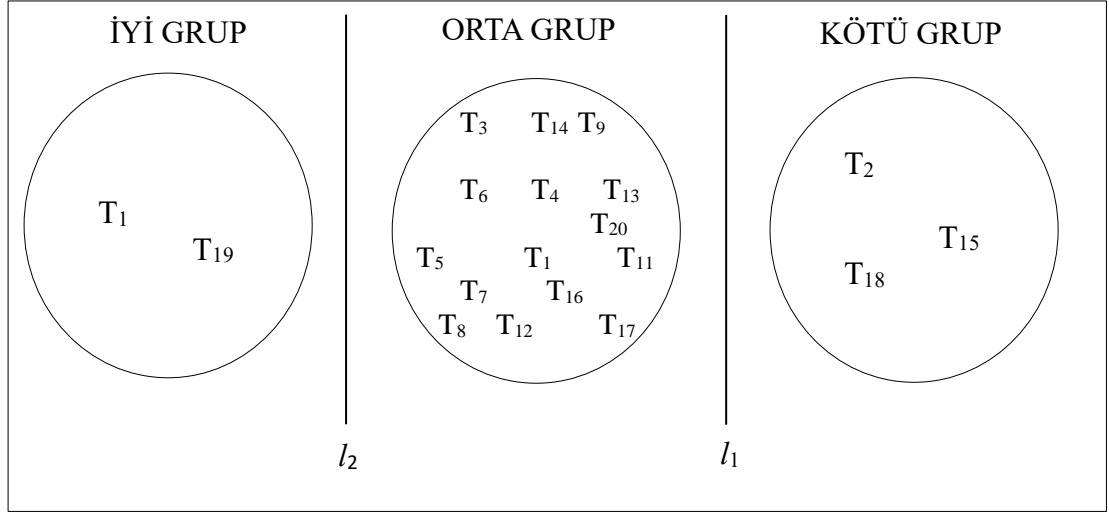
Kriterler	$f_i^*$	$f_i^-$
K <sub>1</sub> : Geri dönüşüm programı	99	13
K <sub>2</sub> : Çevreye dost malzemeler	83	19
K <sub>3</sub> : Atıkların güvenli imhası	88	21
K <sub>4</sub> : Enerji yönetimi	90	13
K <sub>5</sub> : Atıkların değerlendirilmesi	99	17
K <sub>6</sub> : Sosyal sorumluluk projeleri	86	6
K <sub>7</sub> : Çevreye duyarlı ürün dağıtımı	81	9
K <sub>8</sub> : Emisyon ölçümleri	7	30
K <sub>9</sub> : Çevreye duyarlı üretim	90	24
K <sub>10</sub> : Çevreye duyarlılık eğitimleri	90	20

**4.Adım:** Sayısal örneğimizde sıralı sınıflandırma yapılacak grup sayısı üç (iyi, orta, kötü) olduğu için öncelikle limit profillerini de dikkate alarak  $Q$ ,  $R$  ve  $S$  değerleri VIKOR formulasyonuna göre hesaplanır. Hesaplama sonrasında bu değerler küçükten büyüğe doğru sıralanır. Hesaplanan veriler ve sıralama sonrasındaki son durum Tablo 4.4'de gösterilmiştir.

Tablo 4.4: Tedarikçilerin  $Q$ ,  $R$  ve  $S$  değerlerine göre sıralaması

Tedarikçiler	$S_j$	$R_j$	$Q_j$	Tedarikçiler	$S_j$ değerine göre sıralama	Tedarikçiler	$R_j$ değerine göre sıralama	Tedarikçiler	$Q_j$ değerine göre sıralama
T <sub>1</sub>	0,291	0,037	0,069	T <sub>1</sub>	4	T <sub>1</sub>	1	T <sub>1</sub>	2
T <sub>2</sub>	0,793	0,150	0,973	T <sub>2</sub>	21	T <sub>2</sub>	21	T <sub>2</sub>	21
T <sub>3</sub>	0,365	0,089	0,357	T <sub>3</sub>	7	T <sub>3</sub>	11	T <sub>3</sub>	6
T <sub>4</sub>	0,430	0,080	0,369	T <sub>4</sub>	9	T <sub>4</sub>	7	T <sub>4</sub>	8
T <sub>5</sub>	0,761	0,136	0,887	T <sub>5</sub>	18	T <sub>5</sub>	17	T <sub>5</sub>	18
T <sub>6</sub>	0,497	0,100	0,513	T <sub>6</sub>	13	T <sub>6</sub>	12	T <sub>6</sub>	14
T <sub>7</sub>	0,474	0,075	0,384	T <sub>7</sub>	11	T <sub>7</sub>	5	T <sub>7</sub>	11
T <sub>8</sub>	0,748	0,136	0,877	T <sub>8</sub>	17	T <sub>8</sub>	17	T <sub>8</sub>	17
T <sub>9</sub>	0,317	0,100	0,368	T <sub>9</sub>	6	T <sub>9</sub>	12	T <sub>9</sub>	7
T <sub>10</sub>	0,307	0,078	0,264	T <sub>10</sub>	5	T <sub>10</sub>	6	T <sub>10</sub>	5
T <sub>11</sub>	0,534	0,100	0,543	T <sub>11</sub>	15	T <sub>11</sub>	12	T <sub>11</sub>	15
T <sub>12</sub>	0,707	0,110	0,725	T <sub>12</sub>	16	T <sub>12</sub>	16	T <sub>12</sub>	16
T <sub>13</sub>	0,512	0,087	0,469	T <sub>13</sub>	14	T <sub>13</sub>	10	T <sub>13</sub>	12
T <sub>14</sub>	0,401	0,086	0,375	T <sub>14</sub>	8	T <sub>14</sub>	9	T <sub>14</sub>	9
T <sub>15</sub>	0,784	0,148	0,956	T <sub>15</sub>	20	T <sub>15</sub>	19	T <sub>15</sub>	20
T <sub>16</sub>	0,434	0,082	0,382	T <sub>16</sub>	10	T <sub>16</sub>	8	T <sub>16</sub>	10
T <sub>17</sub>	0,261	0,074	0,208	T <sub>17</sub>	3	T <sub>17</sub>	4	T <sub>17</sub>	4
T <sub>18</sub>	0,826	0,150	1,000	T <sub>18</sub>	22	T <sub>18</sub>	21	T <sub>18</sub>	22
T <sub>19</sub>	0,205	0,052	0,067	T <sub>19</sub>	1	T <sub>19</sub>	2	T <sub>19</sub>	1
T <sub>20</sub>	0,485	0,100	0,504	T <sub>20</sub>	12	T <sub>20</sub>	12	T <sub>20</sub>	13
$l_1$	0,763	0,148	0,939	$l_1$	<b>19</b>	$l_1$	<b>19</b>	$l_1$	19
$l_2$	0,250	0,057	0,123	$l_2$	<b>2</b>	$l_2$	<b>3</b>	$l_2$	3

**5. Adım:**  $C_1$  ve  $C_2$  koşullarını dikkate alarak 20 tedarikçi önce  $l_2$  ile kıyaslanmış iyi ise “İyi” grubuna, kötü ise  $l_1$  ile kıyaslanarak,  $l_1$ ’den iyi ise “Orta” grubuna kötü ise “Kötü” grubuna atanmıştır (Şekil 4.4). Karşılaştırılması yapılan 20 tedarikçiden atanamayan olmadığı için, VIKORSORT süreci burada tamamlanmıştır.



Şekil 4.4: Ataması Yapılan Tedarikçiler

#### 4.5.1 Duyarlılık Analizi-1

Sayısal örnek üzerinden yola çıkarak bu bölümde limit profil ( $l_1$  ve  $l_2$ ) değerleri sırasıyla %10 ve %20 oranında artırılıp azaltılarak ataması yapılan tedarikçilerin, karar vericinin belirlediği limit profillerin değişmesinden etkilenip etkilenmediğinin analizi yapılmıştır (Tablo 4.5).

Tablo 4.5: Limit profil değerlerine göre duyarlılık analizi

Yüzde	İyi Grup	Orta Grup	Kötü Grup
Normal ( $L$ ) Değerleri	T <sub>1</sub> , T <sub>19</sub>	T <sub>3</sub> , T <sub>14</sub> , T <sub>6</sub> , T <sub>4</sub> , T <sub>16</sub> , T <sub>12</sub> T <sub>8</sub> , T <sub>5</sub> T <sub>13</sub> , T <sub>20</sub> , T <sub>10</sub> , T <sub>7</sub> , T <sub>11</sub> , T <sub>9</sub> , T <sub>17</sub>	T <sub>2</sub> , T <sub>18</sub> , T <sub>15</sub>
+20		T <sub>3</sub> , T <sub>14</sub> , T <sub>6</sub> , T <sub>4</sub> , T <sub>16</sub> , T <sub>12</sub> , T <sub>19</sub> T <sub>13</sub> , T <sub>20</sub> , T <sub>10</sub> , T <sub>7</sub> , T <sub>11</sub> T <sub>9</sub> , T <sub>1</sub> , T <sub>17</sub>	T <sub>2</sub> , T <sub>8</sub> , T <sub>18</sub> T <sub>5</sub> , T <sub>15</sub>
+10		T <sub>3</sub> , T <sub>14</sub> , T <sub>6</sub> , T <sub>4</sub> , T <sub>16</sub> , T <sub>12</sub> T <sub>8</sub> , T <sub>5</sub> , T <sub>19</sub> T <sub>13</sub> , T <sub>20</sub> , T <sub>10</sub> , T <sub>7</sub> , T <sub>11</sub> , T <sub>9</sub> , T <sub>17</sub> T <sub>19</sub>	T <sub>2</sub> , T <sub>18</sub> , T <sub>15</sub>
-10	T <sub>1</sub> , T <sub>19</sub>	T <sub>3</sub> , T <sub>14</sub> , T <sub>6</sub> , T <sub>4</sub> , T <sub>16</sub> , T <sub>12</sub> T <sub>8</sub> , T <sub>5</sub> T <sub>15</sub> , T <sub>13</sub> , T <sub>20</sub> , T <sub>10</sub> , T <sub>7</sub> , T <sub>11</sub> , T <sub>9</sub> , T <sub>17</sub>	T <sub>2</sub> , T <sub>18</sub>
-20	T <sub>10</sub> , T <sub>1</sub> , T <sub>19</sub> , T <sub>17</sub>	T <sub>3</sub> , T <sub>14</sub> , T <sub>6</sub> , T <sub>4</sub> , T <sub>16</sub> , T <sub>12</sub> T <sub>8</sub> , T <sub>5</sub> , T <sub>2</sub> , T <sub>18</sub> T <sub>15</sub> , T <sub>13</sub> , T <sub>20</sub> , T <sub>7</sub> , T <sub>11</sub> , T <sub>9</sub>	

Yapılan duyarlılık analizi neticesinde limit profil değerlerinin %10 ve %20 arttırıldığı durumlarda iyi grupta herhangi bir tedarikçi bulunmazken, limit profil değerlerinin azaltılmasıyla farklı bir durum ortaya çıkmaktadır. Bu koşullarda öncelikle 1. ve 19. tedarikçi iyi gruba atanırken, son durumda 10. ve 17. tedarikçi de bu gruba dahil olmuştur. Buna ek olarak orta grupta, 3, 14, 6, 4, 16, 12, 13, 20, 10, 7, 11 ve 9. tedarikçilerin sabit olduğu sonucuna varılmıştır. Kötü grupta ise limit profil değerlerinin %20 azaltılması durumu hariç, 2. ve 18. tedarikçilerin konumunu koruduğu gözlenmiştir.

#### **4.5.2 Duyarlılık Analizi-2**

Bu bölümde VIKOR yönteminin üçüncü adımında bulunan “ $v$ ” değeri 0,5 olarak hesaplanan normal değer 0,1 ile 0,9 arasında değiştirilerek sonuçlar tekrar yorumlanmıştır (Tablo 4.6).

Yapılan duyarlılık analizi sonucunda birinci duyarlılık analizinde olduğu gibi 1. ve 9. tedarikçiler  $v$  değerinin 0,5 olarak alındığı durumda iyi gruptaki yerlerini korumaktadırlar.  $v$  değerinin daha küçük alındığı durumlarda ise iyi grupta herhangi bir tedarikçinin yer almadığı görülmüştür.

Orta grup için hesaplanan tüm  $v$  değerlerinde 8, 10, 3, 14, 6, 4, 16, 12, 5, 9, 17, 13, 20, 7 ve 11. tedarikçilerin bu grupta olduğu tespit edilmiştir.  $v$  değerinin 0,5 alınana kadar 1. ve 19. tedarikçiler de orta grupta yer almıştır ancak  $v$  değerinin arttırılmasıyla bu tedarikçiler iyi gruba atanmışlardır. Kötü grupta yer alan 2. 15. ve 18. tedarikçilerin tüm  $v$  değerlerinde bu grupta yer aldığı sonucuna varılmıştır.

Tablo 4.6:  $\nu$  değerine göre duyarlılık analizi

$\nu$ değerleri	İyi	Orta	Kötü
0,1		T <sub>8</sub> , T <sub>1</sub> , T <sub>10</sub> , T <sub>3</sub> , T <sub>14</sub> , T <sub>6</sub> , T <sub>4</sub> , T <sub>16</sub> , T <sub>12</sub> , T <sub>5</sub> , T <sub>9</sub> , T <sub>17</sub> , T <sub>13</sub> , T <sub>20</sub> , T <sub>19</sub> , T <sub>7</sub> , T <sub>11</sub>	T <sub>2</sub> , T <sub>18</sub> , T <sub>15</sub>
0,2		T <sub>8</sub> , T <sub>1</sub> , T <sub>10</sub> , T <sub>3</sub> , T <sub>14</sub> , T <sub>6</sub> , T <sub>4</sub> , T <sub>16</sub> , T <sub>12</sub> T <sub>5</sub> , T <sub>9</sub> , T <sub>17</sub> , T <sub>13</sub> , T <sub>20</sub> , T <sub>19</sub> , T <sub>7</sub> , T <sub>11</sub>	T <sub>2</sub> , T <sub>18</sub> , T <sub>15</sub>
0,3		T <sub>8</sub> , T <sub>1</sub> , T <sub>10</sub> , T <sub>3</sub> , T <sub>14</sub> , T <sub>6</sub> , T <sub>4</sub> , T <sub>16</sub> , T <sub>12</sub> T <sub>5</sub> , T <sub>9</sub> , T <sub>17</sub> , T <sub>13</sub> , T <sub>20</sub> , T <sub>19</sub> , T <sub>7</sub> , T <sub>11</sub>	T <sub>2</sub> , T <sub>18</sub> , T <sub>15</sub>
0,4		T <sub>8</sub> , T <sub>1</sub> , T <sub>10</sub> , T <sub>3</sub> , T <sub>14</sub> , T <sub>6</sub> , T <sub>4</sub> , T <sub>16</sub> , T <sub>12</sub> T <sub>5</sub> , T <sub>9</sub> , T <sub>17</sub> , T <sub>13</sub> , T <sub>20</sub> , T <sub>19</sub> , T <sub>7</sub> , T <sub>11</sub>	T <sub>2</sub> , T <sub>18</sub> , T <sub>15</sub>
0,5 (normal)	T <sub>1</sub> , T <sub>19</sub>	T <sub>8</sub> , T <sub>10</sub> , T <sub>3</sub> , T <sub>14</sub> , T <sub>6</sub> , T <sub>4</sub> , T <sub>16</sub> , T <sub>12</sub> T <sub>5</sub> , T <sub>9</sub> , T <sub>17</sub> , T <sub>13</sub> , T <sub>20</sub> , T <sub>7</sub> , T <sub>11</sub>	T <sub>2</sub> , T <sub>18</sub> , T <sub>15</sub>
0,6	T <sub>1</sub> , T <sub>19</sub>	T <sub>8</sub> , T <sub>10</sub> , T <sub>3</sub> , T <sub>14</sub> , T <sub>6</sub> , T <sub>4</sub> , T <sub>16</sub> , T <sub>12</sub> T <sub>5</sub> , T <sub>9</sub> , T <sub>17</sub> , T <sub>13</sub> , T <sub>20</sub> , T <sub>7</sub> , T <sub>11</sub>	T <sub>2</sub> , T <sub>18</sub> , T <sub>15</sub>
0,7	T <sub>1</sub> , T <sub>19</sub>	T <sub>8</sub> , T <sub>10</sub> , T <sub>3</sub> , T <sub>14</sub> , T <sub>6</sub> , T <sub>4</sub> , T <sub>16</sub> , T <sub>12</sub> T <sub>5</sub> , T <sub>9</sub> , T <sub>17</sub> , T <sub>13</sub> , T <sub>20</sub> , T <sub>7</sub> , T <sub>11</sub>	T <sub>2</sub> , T <sub>18</sub> , T <sub>15</sub>
0,8	T <sub>1</sub> , T <sub>19</sub>	T <sub>8</sub> , T <sub>10</sub> , T <sub>3</sub> , T <sub>14</sub> , T <sub>6</sub> , T <sub>4</sub> , T <sub>16</sub> , T <sub>12</sub> T <sub>5</sub> , T <sub>9</sub> , T <sub>17</sub> , T <sub>13</sub> , T <sub>20</sub> , T <sub>7</sub> , T <sub>11</sub>	T <sub>2</sub> , T <sub>18</sub> , T <sub>15</sub>
0,9	T <sub>1</sub> , T <sub>19</sub>	T <sub>8</sub> , T <sub>10</sub> , T <sub>3</sub> , T <sub>14</sub> , T <sub>6</sub> , T <sub>4</sub> , T <sub>16</sub> , T <sub>12</sub> T <sub>5</sub> , T <sub>9</sub> , T <sub>17</sub> , T <sub>13</sub> , T <sub>20</sub> , T <sub>7</sub> , T <sub>11</sub>	T <sub>2</sub> , T <sub>18</sub> , T <sub>15</sub>

## 5. MÜŞTERİ SINIFLANDIRMA PROBLEMİNDE VIKORSORT YÖNTEMİNİN UYGULANMASI

Önerilen VIKORSORT algoritması daha önce de belirtildiği gibi sıralı sınıflandırma problemlerinin hemen hepsinde uygulanabilir niteliktedir. Yöntemin etkinliğini göstermek amacıyla bu bölümde gerçek verilerle bir uygulama çalışması yapılmıştır. Uygulamanın amacı sanayide faaliyet gösteren bir firmanın müşterilerini “stratejik”, “orta” ve “düşük” düzeyde işbiliği yapılabilecek müşteriler olarak nasıl sınıflandırabileceğinin belirlemektir. Bunun için İzmir ili Kemalpaşa ilçesinde bulunan FE-CR Sert Krom Kaplama firması çalışmanın yapılacağı şirket olarak belirlenmiştir.

FE-CR Sert Krom Kaplama firması 1981 yılında kurulmuş, makine ve otomotiv sektöründe yan sanayi ve yedek parça ürünler üzerine sert krom kaplama ve talaşlı işleme hizmeti veren bir şirkettir. Uygulama kapsamında FE-CR Sert Krom Kaplama firması köklü bir firma olması sebebiyle müşterilerinin sınıflandırılması konusunda belirli kriterler ve önem düzeylerini dikkate alarak sınıflandırma işlemi yapılmıştır. İlgili firmaların sınıflandırma işlemleri yapılırken üç farklı gruba atama işlemleri yapılması planlanmıştır. Bu gruplar:

- ✓ Stratejik düzeyde iş birliği,
- ✓ Orta düzeyde iş birliği
- ✓ Düşük düzeyde iş birliği

yapılacak müşteriler olarak belirlenmiştir. Amaç firma yöneticisinin müşteri ile olan ilişkilerini kontrol etmeye ve performanslarını analiz etmeye yönelik bir çalışma yürütmektir. Bu çalışma ile yönetici ya da karar verici müşterileri ile olan ilişkilerini kontrol etme imkânına sahip olacak ve kalite-performans düzeylerini arttırmada önemli bir imkan elde etmiş olacaktır. Bununla birlikte müşterileri ile olan iş hacmi konusunda da bilgi sahibi olacak ve işlerini büyütme konusunda ona göre aksiyon alabilecektir.

Çalışma kapsamında kriterler belirlenirken güncel literatürde bulunan kriterler ile firma yöneticisi tarafından özellikle belirlenen on farklı kriter dikkate alınmıştır. Firma yöneticisinin uzun süreli tecrübesi de dikkate alındığında çalışmanın gerçekçi sonuçlar vermesi için ihtiyaç duyulan kriterler şu şekilde belirlenmiştir:

- ✓ Yıllık iş hacmi
- ✓ Firma ile iletişimi ve problem çözme şekli
- ✓ Zamanında ödeme yapması
- ✓ Güvenilirlik – Sadakat
- ✓ Teslim zamanı
- ✓ Nakliye Hizmeti
- ✓ Müşterinin Lokasyonu
- ✓ Ekonomik krizlere karşı direnci
- ✓ Firma/Tesis kapasitesi
- ✓ Kurumsallık

Müşteri sınıflandırması için kriter belirleme yöntemi ile aynı şekilde önem düzeylerinin ve limit profillerinin belirlenmesi için de firma yöneticisinin kararı doğrultusunda ağırlıklar verilmiştir.

Tablo 5.1: Kriterlerin Önem Düzeyleri

Kriterler	Önem Düzeyi
Yıllık iş hacmi	0,20
Firma ile iletişimi ve problem çözme şekli	0,10
Zamanında ödeme yapması	0,20
Güvenilirlik – Sadakat	0,10
Teslim zamanı	0,05
Nakliye Hizmeti	0,05
Müşterinin Lokasyonu	0,05
Ekonomik krizlere karşı direnci	0,05
Firma/Tesis kapasitesi	0,05
Kurumsallık	0,15

Alternatifleri belirlerken firma yöneticisi, bünyesinde barındırdığı ve sektörde de tanınmış yirmi müşterisinin durumunu analiz etmek için sınıflandırma işlemi yapmayı planlamaktadır. Bu bağlamda ilgili müşterilerin gizliliği kapsamında firma

isimleri verilmeden ancak gerçek verilerle yirmi farklı müşteri dikkate alınarak bu müşterilerin sınıflandırılması işlemi yapılmıştır.

Karar verici ile birlikte her bir müşteri ve müşterilerin kriterler bazındaki ağırlıkları geliştirilen yöntemle ikili kıyaslama yapılarak müşterilerin stratejik, orta ve düşük düzeyde işbirliği yapacağı müşteri olmak üzere üç farklı gruba atama işlemi gerçekleştirilmiştir. Dolayısıyla iki farklı limit profil ( $l_1$ ,  $l_2$ ) tanımlanmıştır. Atama işlemi yapılırken bir önceki bölümde olduğu gibi süreç, adım adım anlatılarak niceliksel işlemler anlatılmıştır.

**1. Adım:** Müşteriler için ağırlıklar ve kriterlerin belirlenmesi aşaması Tablo 5.2'deki gibi gerçekleştirilmiştir.

Tablo 5.2: Kullanılan Müşteri Sınıflandırma Kriterleri ve Ağırlıkları

Kriterler		Ağırlıklar
K <sub>1</sub> :	Yıllık iş hacmi	0,20
K <sub>2</sub> :	Firma ile iletişimi ve problem çözme şekli	0,10
K <sub>3</sub> :	Zamanında ödeme yapması	0,20
K <sub>4</sub> :	Güvenilirlik – Sadakat	0,10
K <sub>5</sub> :	Teslim zamanı	0,05
K <sub>6</sub> :	Nakliye Hizmeti	0,05
K <sub>7</sub> :	Müşterinin Lokasyonu	0,05
K <sub>8</sub> :	Ekonomik krizlere karşı direnci	0,05
K <sub>9</sub> :	Firma/Tesis kapasitesi	0,05
K <sub>10</sub> :	Kurumsallık	0,15

**2. Adım:** Müşterilerin her bir kritere göre puanlaması yapılarak  $l_1$  ve  $l_2$  limit profilleri tanımlanmıştır (Tablo 5.3).

**3. Adım:** Her kriter için en iyi  $f_i^*$  ve  $f_i^-$  değerleri Tablo 5.4'teki gibi belirlenmiştir.



Tablo 5.3: Müşterilerin Kriterlere Göre Ağırlıkları

Müşteriler	Kriterler									
	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	K <sub>6</sub>	K <sub>7</sub>	K <sub>8</sub>	K <sub>9</sub>	K <sub>10</sub>
M <sub>1</sub>	100	50	80	100	27	100	50	100	100	100
M <sub>2</sub>	100	90	90	100	11	50	100	90	90	60
M <sub>3</sub>	100	70	80	100	15	50	100	90	80	70
M <sub>4</sub>	100	70	50	50	13	50	100	90	80	20
M <sub>5</sub>	70	90	100	100	14	100	80	100	90	100
M <sub>6</sub>	50	90	80	100	15	100	80	80	80	80
M <sub>7</sub>	50	80	90	70	19	50	100	90	90	70
M <sub>8</sub>	45	85	100	65	2	55	100	80	85	60
M <sub>9</sub>	80	80	90	100	15	100	100	90	90	70
M <sub>10</sub>	80	80	90	100	16	50	80	90	100	80
M <sub>11</sub>	20	80	50	70	30	100	100	90	90	80
M <sub>12</sub>	50	50	40	50	3	50	100	50	60	20
M <sub>13</sub>	50	80	80	80	5	100	50	80	80	80
M <sub>14</sub>	20	70	40	50	4	30	50	80	80	50
M <sub>15</sub>	50	40	60	55	1	30	40	50	55	60
M <sub>16</sub>	30	55	45	50	2	50	55	60	55	50
M <sub>17</sub>	40	80	50	80	30	70	100	80	80	50
M <sub>18</sub>	55	40	55	30	5	60	50	55	60	50
M <sub>19</sub>	50	80	50	100	29	50	100	80	80	50
M <sub>20</sub>	70	40	50	30	4	45	60	70	55	45
I <sub>1</sub>	50	40	50	40	25	40	60	60	60	50
I <sub>2</sub>	80	70	80	70	5	80	90	80	90	80

Tablo 5.4: Her Kriter İçin En İyi ( $f_i^*$ ) ve En Kötü ( $f_i$ ) Değerleri

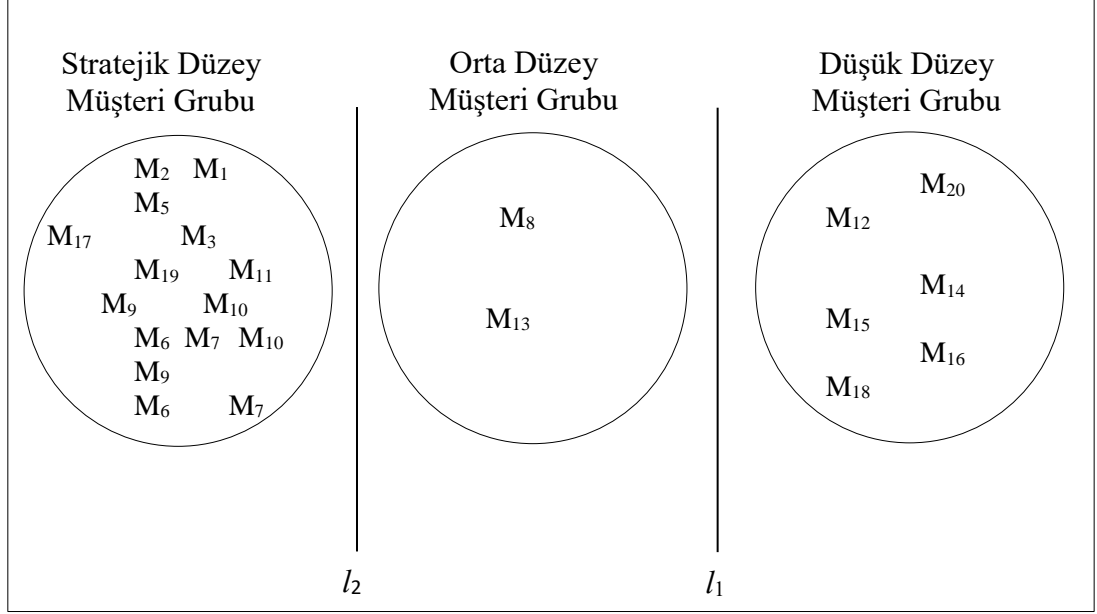
Kriterler		$f_i^*$	$f_i$
K <sub>1</sub> :	Yıllık iş hacmi	100	20
K <sub>2</sub> :	Firma ile iletişimi ve problem çözme şekli	90	40
K <sub>3</sub> :	Zamanında ödeme yapması	100	40
K <sub>4</sub> :	Güvenilirlik – Sadakat	100	30
K <sub>5</sub> :	Teslim zamanı	1	30
K <sub>6</sub> :	Nakliye Hizmeti	100	30
K <sub>7</sub> :	Müşterinin Lokasyonu	100	40
K <sub>8</sub> :	Ekonomik krizlere karşı direnci	100	50
K <sub>9</sub> :	Firma/Tesis kapasitesi	100	55
K <sub>10</sub> :	Kurumsallık	100	20

**4.Adım:** Bu adımda  $Q$ ,  $R$  ve  $S$  değerleri atama işlemlerini yapabilmek ve müşterileri analiz etmek için küçükten büyüğe doğru sıralanır. Analiz doğrultusunda hesaplanan veriler ve sıralama sonrasındaki son durum Tablo 5.5'te gösterilmiştir.

Tablo 5.5: Müşterilerin  $Q$ ,  $R$  ve  $S$  değerlerine göre sıralaması

Müşteriler	$S_j$	$R_j$	$Q_j$	Müşteriler	$S_j$ değerine göre sıralama	Müşteriler	$R_j$ değerine göre sıralama	Müşteriler	$Q_j$ değerine göre sıralama
$M_1$	0,233	0,080	0,000	$M_1$	1	$M_1$	1	$M_1$	1
$M_2$	0,352	0,223	0,501	$M_2$	3	$M_2$	13	$M_2$	5
$M_3$	0,408	0,213	0,506	$M_3$	6	$M_3$	8	$M_3$	6
$M_4$	0,731	0,218	0,727	$M_4$	15	$M_4$	12	$M_4$	15
$M_5$	0,318	0,215	0,457	$M_5$	2	$M_5$	11	$M_5$	2
$M_6$	0,501	0,213	0,566	$M_6$	7	$M_6$	8	$M_6$	9
$M_7$	0,533	0,203	0,556	$M_7$	8	$M_7$	6	$M_7$	8
$M_8$	0,592	0,245	0,720	$M_8$	10	$M_8$	20	$M_8$	14
$M_9$	0,393	0,213	0,497	$M_9$	5	$M_9$	8	$M_9$	4
$M_{10}$	0,378	0,210	0,480	$M_{10}$	4	$M_{10}$	7	$M_{10}$	3
$M_{11}$	0,595	0,200	0,588	$M_{11}$	11	$M_{11}$	5	$M_{11}$	11
$M_{12}$	1,017	0,243	0,983	$M_{12}$	21	$M_{12}$	19	$M_{12}$	21
$M_{13}$	0,621	0,238	0,716	$M_{13}$	12	$M_{13}$	14	$M_{13}$	13
$M_{14}$	0,983	0,240	0,954	$M_{14}$	19	$M_{14}$	17	$M_{14}$	19
$M_{15}$	0,943	0,248	0,952	$M_{15}$	17	$M_{15}$	22	$M_{15}$	18
$M_{16}$	1,020	0,245	0,993	$M_{16}$	22	$M_{16}$	20	$M_{16}$	22
$M_{17}$	0,698	0,175	0,579	$M_{17}$	14	$M_{17}$	2	$M_{17}$	10
$M_{18}$	1,000	0,238	0,958	$M_{18}$	20	$M_{18}$	14	$M_{18}$	20
$M_{19}$	0,625	0,178	0,540	$M_{19}$	13	$M_{19}$	3	$M_{19}$	7
$M_{20}$	0,973	0,240	0,948	$M_{20}$	18	$M_{20}$	17	$M_{20}$	17
$l_1$	0,941	0,188	0,771	$l_1$	16	$l_1$	4	$l_1$	16
$l_2$	0,546	0,238	0,669	$l_2$	9	$l_2$	14	$l_2$	12

**5. Adım:** Son adımda Tablo 5.5'teki veriler dikkate alınarak,  $C_1$  ve  $C_2$  koşullarına göre gruplara atama işlemi yapılmıştır. Atama işlemi sonucunda müşterilerin hangi gruplarda bulunduğu ile ilgili son durum Şekil 5.1'de gösterilmiştir.



Şekil 5.1: Ataması Yapılan Müşteriler

Atama işlemleri sonucunda 4. müşteri hariç tüm müşteriler, önceden belirlenmiş olan stratejik, orta ve düşük düzey müşteri gruplarından birine atanmıştır.

**6. Adım:** Koşulları sağlayamadığı için herhangi bir gruba atanamayan 4. müşterinin ataması Tablo 5.6'daki gibi gerçekleştirilmiştir. Önerilen yöntemin adımlarında belirtilen işlemler yapıldıktan sonra 4. müşteri orta düzey müşteri grubuna atanmıştır.

Tablo 5.6:  $M_4$  atama süreci

$M_4$ Q Değeri	$M_4$ ile Stratejik Düzey Grubu Q Değerleri Farkı	$M_4$ ile Orta Düzey Grubu Q Değerleri Farkı
0,727	0,727	0,007
	0,226	0,011
	0,221	
	0,270	
	0,162	
	0,171	
	0,230	
	0,247	
	0,139	
	0,148	
	0,187	
Ortalamalar	0,248	0,01

## 5.1 Duyarlılık Analizi-1

Uygulama kapsamında firma için önerilen yöntem ile oluşturulmuş müşteri grupları üzerinde bir duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir. Bunun için limit profil ( $l_1$  ve  $l_2$ ) değerleri sırasıyla %10 ve %20 oranında arttırılıp azaltılarak ataması yapılan müşterilerin değişim karşısındaki etkileri analiz edilip yorumlanmıştır (Tablo 5.7).

Tablo 5.7: Limit profil değerlerine göre duyarlılık analizi

Yüzde	Stratejik Düzey Müşteri Grubu	Orta Düzey Müşteri Grubu	Düşük Düzey Müşteri Grubu
Normal(L) Değerleri	M <sub>11</sub> , M <sub>2</sub> , M <sub>5</sub> , M <sub>9</sub> , M <sub>10</sub> M <sub>1</sub> , M <sub>3</sub> , M <sub>6</sub> , M <sub>7</sub> , M <sub>17</sub> , M <sub>19</sub>	M <sub>4</sub> , M <sub>8</sub> , M <sub>13</sub>	M <sub>16</sub> , M <sub>15</sub> , M <sub>14</sub> , M <sub>12</sub> , M <sub>20</sub> , M <sub>18</sub>
+20	M <sub>5</sub> , M <sub>1</sub>	M <sub>11</sub> , M <sub>2</sub> , M <sub>9</sub> , M <sub>10</sub> , M <sub>4</sub> , M <sub>8</sub> , M <sub>13</sub> , M <sub>3</sub> , M <sub>6</sub> , M <sub>7</sub> , M <sub>17</sub> , M <sub>19</sub>	M <sub>16</sub> , M <sub>15</sub> , M <sub>14</sub> , M <sub>12</sub> , M <sub>20</sub> , M <sub>18</sub>
+10	M <sub>3</sub> , M <sub>2</sub> , M <sub>9</sub> , M <sub>10</sub> , M <sub>5</sub> , M <sub>1</sub> , M <sub>19</sub>	M <sub>11</sub> , M <sub>4</sub> , M <sub>8</sub> , M <sub>13</sub> , M <sub>6</sub> , M <sub>7</sub> , M <sub>17</sub>	M <sub>16</sub> , M <sub>15</sub> , M <sub>14</sub> , M <sub>12</sub> , M <sub>20</sub> , M <sub>18</sub>
-10	M <sub>3</sub> , M <sub>2</sub> , M <sub>9</sub> , M <sub>10</sub> , M <sub>5</sub> , M <sub>11</sub> , M <sub>1</sub> , M <sub>19</sub> , M <sub>17</sub>	M <sub>20</sub> , M <sub>4</sub> , M <sub>8</sub> , M <sub>13</sub> , M <sub>6</sub> , M <sub>7</sub>	M <sub>16</sub> , M <sub>15</sub> , M <sub>14</sub> , M <sub>12</sub> , M <sub>18</sub>
-20	M <sub>3</sub> , M <sub>2</sub> , M <sub>9</sub> , M <sub>10</sub> , M <sub>5</sub> , M <sub>11</sub> , M <sub>1</sub> , M <sub>19</sub> , M <sub>17</sub> M <sub>4</sub> , M <sub>8</sub> , M <sub>13</sub> , M <sub>6</sub> , M <sub>7</sub>	M <sub>18</sub> , M <sub>20</sub> M <sub>16</sub> , M <sub>15</sub> , M <sub>14</sub> , M <sub>12</sub>	

Yapılan duyarlılık analizine göre limit profil değerlerinin %20 arttırıldığı durumda stratejik düzey müşteri grubunda yalnızca 1. ve 5. müşterilerin yer aldığı görülmüştür. Orta düzey müşteri grubunda normal limit profil değerlerine kıyasla 11, 2, 9, 10, 3, 6, 7, 17 ve 19. müşteriler de bu gruba dahil olmuştur. Düşük düzey müşteri grubu üyelerinin ise normal limit profil değerleri ile aynı olduğu sonucuna varılmıştır. Limit profil değerlerinin %10 arttırıldığı durumda ise stratejik düzey müşteri grubuna 3, 2, 9, 10. ve 19. müşteriler de dahil olurken bu müşterilerin orta düzey müşteri grubundan atandığı gözlenmiştir. Limit profil değerlerinin %10 azaltılmasıyla birlikte 11. ve 19. müşteriler de stratejik düzey müşteri grubuna dahil olurken, düşük düzey müşteri grubunda bulunan 20. müşteri de bu koşulda orta düzey müşteri grubuna atanmıştır. Son olarak limit profil değerlerinin %20 azaltılmasıyla birlikte düşük düzeyde müşteri grubunda üye olmadığı sonucuna varılmıştır. Burada karar vericinin belirlediği değerlerin, müşterilerinin

sınıflandırmak için doğru olduğu sonucuna varılabilir. Zira, küçük değişikliklerde müşterilerin mevcut atamadaki yerlerini korumaları bunun bir sonucu olduğunu göstermektedir.

## 5.2 Duyarlılık Analizi-2

Bu bölümde 1. duyarlılık analizinden farklı olarak VIKOR yönteminin üçüncü adımında bulunan “ $\nu$ ” değeri 0,1 ile 0,9 arasında değiştirilerek elde edilen sonuçlar tekrar yorumlanmıştır.

Tablo 5.8:  $\nu$  değerine göre duyarlılık analizi

$\nu$ değerleri	Stratejik Düzey Müşteri Grubu	Orta Düzey Müşteri Grubu	Düşük Düzey Müşteri Grubu
0,1	M <sub>5</sub> , M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub> , M <sub>11</sub> , M <sub>4</sub> , M <sub>8</sub> , M <sub>13</sub> , M <sub>3</sub> , M <sub>19</sub> M <sub>7</sub> , M <sub>15</sub> , M <sub>6</sub> , M <sub>17</sub> , M <sub>9</sub> , M <sub>10</sub>	M <sub>16</sub> , M <sub>14</sub> , M <sub>12</sub> , M <sub>20</sub> , M <sub>18</sub>
0,2	M <sub>2</sub> , M <sub>5</sub> , M <sub>9</sub> , M <sub>10</sub> M <sub>1</sub> , M <sub>3</sub> , M <sub>19</sub>	M <sub>11</sub> , M <sub>4</sub> , M <sub>8</sub> , M <sub>13</sub> M <sub>6</sub> , M <sub>7</sub> , M <sub>17</sub> ,	M <sub>16</sub> , M <sub>15</sub> , M <sub>14</sub> , M <sub>12</sub> , M <sub>20</sub> , M <sub>18</sub>
0,3	M <sub>11</sub> , M <sub>2</sub> , M <sub>5</sub> , M <sub>9</sub> , M <sub>10</sub> M <sub>1</sub> , M <sub>3</sub> , M <sub>6</sub> , M <sub>7</sub> , M <sub>17</sub> , M <sub>19</sub>	M <sub>4</sub> , M <sub>8</sub> , M <sub>13</sub>	M <sub>16</sub> , M <sub>15</sub> , M <sub>14</sub> , M <sub>12</sub> , M <sub>20</sub> , M <sub>18</sub>
0,4	M <sub>11</sub> , M <sub>2</sub> , M <sub>5</sub> , M <sub>9</sub> , M <sub>10</sub> M <sub>1</sub> , M <sub>3</sub> , M <sub>6</sub> , M <sub>7</sub> , M <sub>17</sub> , M <sub>19</sub>	M <sub>4</sub> , M <sub>8</sub> , M <sub>13</sub>	M <sub>16</sub> , M <sub>15</sub> , M <sub>14</sub> , M <sub>12</sub> , M <sub>20</sub> , M <sub>18</sub>
0,5 (normal)	M <sub>11</sub> , M <sub>2</sub> , M <sub>5</sub> , M <sub>9</sub> , M <sub>10</sub> M <sub>1</sub> , M <sub>3</sub> , M <sub>6</sub> , M <sub>7</sub> , M <sub>17</sub> , M <sub>19</sub>	M <sub>4</sub> , M <sub>8</sub> , M <sub>13</sub>	M <sub>16</sub> , M <sub>15</sub> , M <sub>14</sub> , M <sub>12</sub> , M <sub>20</sub> , M <sub>18</sub>
0,6	M <sub>11</sub> , M <sub>2</sub> , M <sub>5</sub> , M <sub>9</sub> , M <sub>10</sub> M <sub>1</sub> , M <sub>3</sub> , M <sub>6</sub> , M <sub>7</sub> , M <sub>17</sub> , M <sub>19</sub>	M <sub>4</sub> , M <sub>8</sub> , M <sub>13</sub>	M <sub>16</sub> , M <sub>15</sub> , M <sub>14</sub> , M <sub>12</sub> , M <sub>20</sub> , M <sub>18</sub>
0,7	M <sub>11</sub> , M <sub>2</sub> , M <sub>5</sub> , M <sub>9</sub> , M <sub>10</sub> M <sub>1</sub> , M <sub>3</sub> , M <sub>6</sub> , M <sub>7</sub> , M <sub>17</sub> , M <sub>19</sub>	M <sub>4</sub> , M <sub>8</sub> , M <sub>13</sub>	M <sub>16</sub> , M <sub>15</sub> , M <sub>14</sub> , M <sub>12</sub> , M <sub>20</sub> , M <sub>18</sub>
0,8	M <sub>11</sub> , M <sub>2</sub> , M <sub>5</sub> , M <sub>9</sub> , M <sub>10</sub> M <sub>1</sub> , M <sub>3</sub> , M <sub>6</sub> , M <sub>7</sub> , M <sub>17</sub> , M <sub>19</sub>	M <sub>4</sub> , M <sub>8</sub> , M <sub>13</sub>	M <sub>16</sub> , M <sub>15</sub> , M <sub>14</sub> , M <sub>12</sub> , M <sub>20</sub> , M <sub>18</sub>
0,9	M <sub>11</sub> , M <sub>2</sub> , M <sub>5</sub> , M <sub>9</sub> , M <sub>10</sub> M <sub>1</sub> , M <sub>3</sub> , M <sub>6</sub> , M <sub>7</sub> , M <sub>17</sub> , M <sub>19</sub>	M <sub>4</sub> , M <sub>8</sub> , M <sub>13</sub>	M <sub>16</sub> , M <sub>15</sub> , M <sub>14</sub> , M <sub>12</sub> , M <sub>20</sub> , M <sub>18</sub>

Yapılan duyarlılık analizi sonucunda  $\nu$  değerinin 0,1 olarak hesaplanmasıyla birlikte stratejik düzeyde müşteri grubunda yalnızca 1. ve 5. müşterinin olduğu sonucuna varılmıştır.  $\nu$  değerinin 0,2 olarak hesaplanmasıyla birlikte bu gruba 2, 9, 10, 3. ve 19. müşterilerin de dahil olduğu görülmüştür. Bu aşamadan sonra  $\nu$  değerinin 0,3 olarak hesaplanması durumunda bu gruba 11, 6, 7. ve 19. müşterilerin de katıldığı görülmüştür.

Orta düzey müşteri grubunda ise,  $\nu$  değerinin 0,1 olarak alındığı koşulda 2, 11, 4, 8, 13, 3, 19, 7, 15, 6, 17, 9. ve 10. müşterilerin bu grupta oldukları görülmüştür. Sonrasında  $\nu$  değeri 0,2 olarak alındığında ise bu müşterilerden yalnızca 11, 4, 8, 13, 6, 7. ve 17. müşterilerin bu grupta oldukları görülmüştür.  $\nu$  değerinin 0,3 olarak alındığı durumda ise müşterilerden yalnızca 4, 8. ve 13. müşterilerin orta düzey müşteri grubunda yer aldığı görülmüştür.

Düşük düzey müşteri grubuna bakılırsa bu grupta  $\nu$  değerinin 0,1 olarak hesaplanmasıyla 16, 14, 12, 20. ve 18. müşterilerin bu gruba dahil olduğu görülmüştür. Diğer yandan bu müşterilerin tüm  $\nu$  değerlerinde düşük düzeyde iş birliği konumunda buldukları söylenebilir. Ayrıca  $\nu$  değerinin 0,2 olarak alındığı durumda bu gruba 20. müşterinin de dahil olduğu gözlenmiştir.

Sonuç olarak bakıldığında karar vericinin belirlediği limit profil ve  $\nu$  değerine göre yapılan duyarlılık analizinde, karar vericinin müşterilerini sınıflandırmak için belirlediği limit profil ve  $\nu$  değerlerinin son derece yerinde olduğu sonucuna varılabilir. Bunun nedeni tüm değişimlere rağmen neredeyse her bir müşterinin başlangıçtaki sınıfında yer alıyor olmasıdır.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

İnsanlar ve organizasyonlar gerçek hayatta çok sayıda, aynı ölçüye sahip olmayan ve birbiriyle çelişen kriterlerle karakterize edilebilecek problemlerle karşılaşmaktadırlar. Bu problem tipi literatürde Çok Kriterli Karar Verme (MCDM) problemi olarak karşımıza çıkmaktadır. MCDM aşamalarında farklı problem tipleriyle karşılaşılmaktadır. Bu problemler literatürde sıralı sınıflandırma, seçme ve sıralama problemleri olarak tanımlanmıştır. Tanımlanan bu problem tiplerini çözmek içinse farklı yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden bazıları; AHP, ANP, TOPSIS, ELECTRE, PROMETHEE ve VIKOR yöntemleridir. Yapılan çalışmalar sonucunda önerilen bu yöntemlerde özellikle PROMETHEE ve ELECTRE yönteminin sıralı sınıflandırma problemlerinde daha fazla kullanıldığı gözlenmiştir. Ancak bu yöntemlerin dezavantajı, karar vericiden çok sayıda ve kompleks parametrenin algoritmanın başında istenmesidir. Bu çalışmada da özellikle bu dezavantaj sebebiyle daha az bilgiye ihtiyaç duyan yeni bir yöntem önerilmiştir.

Sıralı sınıflandırma problemleri MCDM problemleri içerisinde karşılaşılan bir problem biçimidir. Bu problem, alternatifleri önceden belirlenmiş iki veya daha fazla gruba sıralı bir şekilde atama yapılması işlemidir. Sıralı sınıflandırma problemlerinin çözümü için geliştirilen yöntemlere bakıldığında literatürde VIKOR tabanlı bir yöntem olmadığı görülmüştür. Literatürdeki bu boşluğu gidermek amacıyla ilk kez bu çalışmada VIKOR tabanlı özgün bir sıralı sınıflandırma yöntemi olan VIKORSORT yöntemi önerilmiştir. Bu yöntem daha önce önerilen yöntemlere göre karar vericiden daha az bilgiye ihtiyaç duymakta olup, yöntemin temeli klasik VIKOR yöntemindeki adımları kullanarak, VIKOR seçim aşamasında bulunan iki koşulun sıralı sınıflandırma için revize edilmesiyle oluşturulmuştur. İlk defa ve özgün olarak bu çalışmada önerilen önerilen VIKORSORT yöntemiyle birlikte daha az veriyle daha etkin sonuçlar elde edilebileceği sonucuna varılmıştır.

Çalışma kapsamında iki farklı uygulama yapılmıştır. Dördüncü bölümde değinilen ilk uygulamada işletmelerin yeşil tedarikçi seçimi kapsamında 20 farklı tedarikçi ve 10 farklı kriterden oluşan bir yapıda, tedarikçilerin “İyi”, “Orta” ve

“Kötü” düzeydeki gruplara ataması işlemi gerçekleştirilmiştir. Beşinci bölümde değinilen ikinci uygulamada ise VIKORSORT yöntemi bir gerçek hayat problemine uygulanmıştır. Uygulama yapılan firmanın 20 müşterisi 10 farklı kriter göz önüne alınarak, “Stratejik”, “Orta” ve “Düşük” düzeyde iş birliği yapılacak üç gruba atanmıştır. Önerilen bu yöntem ile işletmelerin tedarikçi ve müşteri değerlendirmelerini stratejik bir şekilde yapmalarına imkan sağlanmıştır.

Gelecekte yapılabilecek çalışmalara bakılığında, VIKOR yöntemine dayalı olarak geliştirilen VIKORSORT yöntemi için bir yazılım geliştirilerek atama sürecinin kolaylaştırılması ve daha hızlı sonuçlar elde edilmesini sağlanabilir. İkinci olarak, bu çalışmada tek karar vericinin olduğu bir örnek üzerinde durulmuştur. Birden fazla karar vericinin ve farklı amaçların olduğu bir yapı düşünüldüğünde daha da karmaşıklaşan bir yapının VIKORSORT ile çözülmesi de gelecekte yapılabilecek çalışmalardan bir diğeridir. Son olarak, bu çalışmada tedarikçi ve müşteri sınıflandırması problemlerine uygulanmış olan VIKORSORT yöntemi yatırım kararı problemlerine ya da insan kaynakları yönetiminde karşılaşılan karar verme problemlerine uygulanabileceği düşünülmektedir.



## 7. KAYNAKLAR

Araz, C. ve Özkarahan, İ., “Supplier evaluation and management system for strategic sourcing based on a new multicriteria sorting procedure”, *International Journal of Production Economics*, 106, 585–606, (2007).

Arhcer, N.P. ve Wang, S., “Application of the back propagation neural networks algorithm with monotonicity constraints for twogroup classification problems”, *Decision Sciences*, 24, 60–75, (1993).

Athawale, V. M. ve Chakraborty, S., “Material selection using multi-criteria decision-making methods: a comparative study,” in *Proc. the Institution of Mechanical Engineers, Part L: Journal of Materials Design and Applications*, no. 226-266, (2012).

Awasthi, A., Chauhan, S.S. ve Goyal, S.K., “A fuzzy multicriteria approach for evaluating environmental performance of suppliers”, *International Journal of Production Economics*, 126, 370-378, (2010).

Blaszczynski, J., Greco, S. ve Slowinski, R., “Multi-criteria classification – A new scheme for application of dominance-based decision rules”. *European Journal of Operational Research*, 181, 1030-1044, (2007).

Bouyssou, D. ve Marchant, T., “An axiomatic approach to non-compensatory sorting methods in MCDM, II: More than two categories”. *European Journal of Operational Research*, 178(1), 246-276, (2007).

Brans, J. P., ve Vincke, P. H., “A preference ranking organisation method: The PROMETHEE method for MCDM”. *Management Science*, 31(6), 647-656, (1985).

Brans, J. P., Vincke, P.H., ve Mareschal, B., “How to select and how to rank projects: The PROMETHEE method”. *European Journal of Operational Research*, 24, 228-238, (1986).

Büyüközkan, G. ve Çifçi, G., “Evaluation of the green supply chain management practices: a fuzzy ANP approach”, *Production Planning & Control*, iFirst, 1-14, (2010).

Büyüközkan G., “An integrated fuzzy multi-criteria group decision-making approach for green supplier evaluation”, *International Journal of Production Research*, 50, 2892-2909, (2011).

Chen, C. C., Tseng, M.L., Lin, Y.H. ve Lin, Z.S., “Implementation of green supply chain management in uncertainty”, In: *International Conference on IEEM*, IEEE 7-10 Aralık, no. 260-264, (2010).

Cristobal, S. J. R., "Multi-criteria decision-making in the selection of a renewable energy project in Spain: The Vikor method", *Renewable Energy*, sayı. 36, 498-502, (2011).

Devi, K., "Extension of VIKOR method in intuitionistic fuzzy environment for robot selection", *Expert Systems with Applications*, 38, 14163 – 14168, (2011).

Doumpos, M. ve Zopounidis, C., "Multicriteria classification and sorting methods: A literature review". *European Journal of Operational Research*, 138, 229-246, (2002).

Doumpos, M. ve Zopounidis, C., "Developing sorting models using preference disaggregation analysis: An experimental investigation". *European Journal of Operational Research*, 154: 585-598, (2004a).

Doumpos, M. ve Zopounidis, C., "A multicriteria classification approach based on pairwise comparisons", *European Journal of Operational Research*, 158: 378-389, (2004b).

Feyzioğlu, O. ve Büyüközkan, G., "Evaluation of green suppliers considering decision criteria dependencies", In: *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems 1*, 634, *Multiple Criteria Decision Making for Sustainable Energy and Transportation Systems*, 145-154, (2010).

Güngör A., Coşkun S., Durur G. ve Güner Gören H., "A Supplier Selection, Evaluation and Re-Evaluation Model for Textile Retail Organizations", *Journal of Textile and Apparel*, 20, 3, (2010).

Greco, S., Matarazzo, B. ve Slowinski, R., "Rough sets theory for multicriteria decision analysis", *European Journal of Operational Research*, 129: 1-47, (2001).

Greco, S., Matarazzo, B. ve Slowinski, R., "Rough sets methodology for sorting problems in presence of multiple attributes and criteria", *European Journal of Operational Research*, 138, 247-259, (2002).

Guo, J. ve Zhang, W., "Selection of Suppliers Based on Rough Set Theory and VIKOR Algorithm", *Proceedings of the 2008 International Symposium on Intelligent Information Technology Application Workshops*, 49-52, (2008).

Handfield, R., Walton, S.V., Sroufe R. ve Melnyk, S.A., "Applying environmental criteria to supplier assessment: A study in the application of the Analytical Hierarchy Process", *European Journal of Operational Research*, 141, 70-87, (2002).

Hashemi, S.H., Karimi, A. ve Tavana, M., "An integrated green supplier selection approach with analytic network process and improved Grey relational analysis", *Int. J. Production Economics*, 159, 178-191, (2014).

Hong-Jun, L. ve Bin, L., "A research on supplier assessment indices system of green purchasing", In: *International Conference on ICEE*, IEEE 13-14 Mart, no. 314-317, (2010).

- Hsu, C. ve Hu, A.H., “Applying hazardous substance management to supplier selection using analytic network process”, *Journal of Cleaner Production*, 17, 255-264, (2009).
- Humphreys, P., McCloskey, A., McIvor, R., Maguire, L. ve Glackin, C., “Employing dynamic fuzzy membership functions to assess environmental performance in the supplier selection process”, *International Journal of Production Research* 44 (12), 2379-2419, (2006).
- Hwang, C. L. ve Yoon, K., “Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications - A State-of-the-Art Survey”, *Springer-Verlag*, Berlin, (1981).
- Ilgin, M. A, Gupta, S. M ve Battaia, O., “Use of MCDM techniques in environmentally conscious manufacturing and product recovery: state of the art”. *J Manuf. Syst*; 37, 746–58, (2015).
- Jahan, A., Mustapha, F., İsmail, M. Y. ve Sapuan, S. M., “A comprehensive VIKOR method for material selection,” *Materials and Design*, 1215-1221, (2011).
- Jacquet-Lagrèze, E. ve Siskos, Y., “Assessing a set of utility functions for multicriteria decision making: The UTA method”. *European Journal of Operational Research*, 10: 151-164, (1982).
- Kosijer, M., Ivic, M. ve Markovic, M., “Multicriteria decision-making in railway route planning and design”, *Gradevinar*, 195-205, (2012).
- Köksalan, M. ve Ulu, C. “An interactive approach for placing alternatives in preference classes”, *European Journal of Operation Research*, 144, 429-439, (2003).
- Kuo, R.J. ve Lin, Y.J., “Supplier selection using analytic network process and data envelopment analysis”, *International Journal of Production Research*, 1-12, (2011).
- Lee, A., Kang, H. ve Hsu, C., “A green supplier selection model for high-tech industry”, *Expert Systems with Application*, 36, 7917-7927, (2009).
- Lin, C., Chen, C. ve Ting, Y., “A Green Purchasing Model by Using ANP and LP Methods”, *Journal of Testing and Evaluation*, 40, 203-210, (2012).
- Liu, C. H., Tzeng, G. H. ve Lee, M. H., “Improving tourism policy implementation - The use of hybrid MCDM models,” *Tourism Management*, 413 – 426, (2012).
- Liu, H. C., Liu, L., Liu, N. ve Mao, L. X., “Risk evaluation in failure mode and effects analysis with extended VIKOR method under fuzzy environment”, 12926 – 12934, (2012).
- Liou, J.J.H. ve Chuang, Y.T., “Developing A Hybrid Multi-Criteria Model For Selection of Outsourcing Provider”, *Expert Systems with Applications*, 3755-3761, (2010).

- Lixin, D., Ying, L. ve Zhiguang , Z., “Selection Of Logistics Service Provider Based On Analytic Network Process And VIKOR Algorithm”, Networking, Sensing and Control, ICNSC 2008. *IEEE International Conference Proceedings*, 1207- 1210, (2008).
- Large, R. O. ve Thomsen, C.G., “Drivers of green supply management performance: evidence from Germany”, *Journal of Purchasing and Supply Management*, 17 (3), 176-184, (2011).
- Liou, J. H., Tsai, C. Y., Lin, R. H. ve Tzeng, G. H., “A modified VIKOR multiple-criteria decision method for improving domestic airlines service quality,” *Journal of Air Transport Management*, 57-61, (2011).
- Lu, L. L. Y., Wu, C.H. ve Kuo, T.C., “Environmental principles applicable to green supplier evaluation by using multi-objective decision analysis”, *International Journal of Production Research*, 45, 4317-4331, (2007).
- Marzouk, M. M., “ELECTRE III Model for Value Engineering Applications”, *Automation in Construction*, 596-600, (2010).
- Malakooti, B. ve Zhou, Y. Q., “Feedforward artificial neural networks for solving discrete multiple criteria decision making problems”, *Management Science*, 40 (11), 1542–1561, (1994).
- Massaglia, M. ve Ostanello, A., “N-TOMIC: A decision support for multicriteria segmentation problems”. In: Korhonen, P. (Ed.), *International Workshop on Multicriteria Decision Support, Lecture Notes in Economics and Mathematics Systems*, Springer, Berlin, 167–174, (1991).
- Monjezi, M., Dehghani, H., Singh, T. N., Sayadi, A.R. ve Gholinejad, A., “Application of TOPSIS method for selecting the most appropriate blast design,” *Arabian Journal of Geosciences*, 95-101, (2010).
- Mousseau, V. ve Slowinski, R., “Inferring an Electre TRI model from assignment examples”, *Journal of Global Optimization*, 12 (2), 157-174, (1998).
- Nemery, P. ve Lamboray, C., “FlowSort: a flow-based sorting method with limiting or central profiles”, *TOP 2008*, 16(1), 90-113, (2008).
- Noci, G., “Designing 'green' vendor rating systems for the assessment of a supplier's environmental performance”. *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 3, 103-114, (1997).
- Opricovic, S. ve Tzeng, G. H., “Compromise Solution by MCDM Methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS,” *European Journal of Operational Research*, 445-455, (2004).
- Opricovic, S. ve Tzeng, G. H., “Extended VIKOR method in comparison with outranking methods,” *European Journal of Operational Research*, 514–529, (2007).

Opricovic, S., “Compromise in cooperative game and the VIKOR method,” *The Yugoslav Journal of Operations Research*, ISSN: 0354-0243 EISSN: 2334-6043, sayı. 19, (2009).

Opricovic, S., “Fuzzy VIKOR with an Application to Water Resources Planning,” *Expert Systems with Applications*, 38, 12983–12990, (2011).

Panjeh, S. A. ve Sasani, A., “Applying Logarithmic Fuzzy Preference Programming and VIKOR Methods for Supplier Selection: A Case Study,” *Journal of American Science*, (2013).

Roy, B., “Algèbre Moderne et Théorie des Graphes Orientées vers les Sciences Economiques et Sociales”, Dunod, Paris, (1969).

Roy, B., “Multicriteria Methodology for Decision Aiding. Nonconvex Optimization and its Applications. Dordrecht”, *Kluwer Academic Publishers*, (1996).

Saaty, T. L., “The Analytic Hierarchy Process”, *McGraw Hill*, New York, (1980).

Saaty, T. L., “Fundamentals of the Analytic Network Process”. *ISAHP*, Japan, 12–14, (1999).

Sanayei, A., Mousavi, S. F. ve Yazdankhah, A., “Group Decision Making Process For Supplier Selection With VIKOR Under Fuzzy Environment” , *Expert Systems with Applications*, 37, 24-30, (2010).

Shaik, M. ve Abdul-Kader, W., “Green supplier selection generic framework: a multiattribute utility theory approach”, *International Journal of Sustainable Engineering*, 4, 37-56, (2011).

Timor, M., “Analitik Hiyerarşi Prosesi”, *Türkmen Kitabevi*, İstanbul, (2011).

Thongchattu, C. ve Siripokapirom, S., “Green supplier selection consensus by neural network” *In: International Conference on ICMEE*, IEEE 1-3 Aug, 313-316, (2010).

Tsai, W. H., Chou, W. C. ve Leu, J. D., “An effectiveness evaluation model for the web-based marketing of the airline industry,” *Expert Systems with Applications*, 38, 15499–15516, (2011).

Tsui, C. ve Wen, U., “Developing the Green Supplier Selection Procedure Based on Analytical Hierarchy Process and Outranking Methods”, *Proceedings of the 2012 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, İstanbul, Türkiye*, 3-6 Temmuz, (2012).

Türkay, A. B., “Yeşil Satınalma ve Yeşil Tedarikçi Seçimi”, İstanbul Teknik Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek Lisans Tezi, (2015).

Vachon, S. ve Klassen, R. D., “Green project partnership in the supply chain: the case of the package printing industry”, *Journal of Cleaner Production* 14, 661-671, (2006).

- Wen, U.P. ve Chi, J. M., “Developing green supplier selection procedure: a DEA Approach”, *In: International Conference on IE&EM*, IEEE 29e31 Oct, 79-74, (2010).
- Wu, H. Y., Chen, J. K. ve Chen, I. S., “Innovation Capital Indicator Assessment of Taiwanese Universities: A Hybrid Fuzzy Model Application”, *Expert Systems with Applications*, 1635-1642, (2010).
- Wu, H. Y., Chen, J. K. ve Chen, I. S., “Performance evaluation of aircraft maintenance staff using a fuzzy MCDM approach”, *International Journal Of Innovative Computing Information and Control*, 3919-3937, Haziran (2012).
- Wua, H.Y., Tzeng, G.H., Chen, Y.H., “A Fuzzy Mcdm Approach For Evaluating Banking Performance Based On Balanced Scorecard”, *Expert Systems with Applications*, 10135-10147, (2009).
- Yan, G., “Research on green suppliers’ evaluation based on AHP & genetic algorithm”, *In: International Conference on SPS*, IEEE 15-17 May, 615-619, (2009).
- Yang, C. ve Wang, T., “VIKOR Method Analysis of Interactive Trade in Policy-Making”, *The Business Review*, 77-85, (2006).
- Yang, Y. ve Wu, L., “Extension method for green supplier selection”, *In: International Conference on WiCom*, IEEE 12-14, Oct, (2008).
- Yen, W.C. ve Chuang, M.C., “Using multi-objective genetic algorithm for partner selection in green supply chain problems”, *Expert Systems with Applications*, 38, 4244-4253, (2011).
- Yu, W., “Aide Multicritère A La Décision Dans Le Cadre De La Problématique Du Tri: Concepts, Méthodes et Applications”. LAMSADE, Université Paris-Dauphine, Thèse de Doctorat, Paris, France, (1992).
- Zeng, Q. L., Li, D. D. ve Yang, Y. B., “VIKOR Method with Enhanced Accuracy for Multiple Criteria Decision Making in Healthcare Management,” *Journal of Medical Systems*, (2013).
- Zhou, R., Ma, X., Li, S. ve Li, J., “The Green Supplier Selection Method For Chemical Industry with Analytic Network Process and Radial Basis Function Neural Network”, *Advances in information Sciences and Service Sciences(AISS)*, 4, 147-158, (2012).
- Zimmerman, H.J., “Fuzzy Sets, Decision Making, and Expert Systems, Kluwer Academic Publisher”, Fourth Edition, Boston, (1993).

## 8. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : MUHAMMET ENES AKPINAR

Doğum Yeri ve Tarihi : İZMİR – 22.07.1990

Lisans Üniversite : Gediz Üniversitesi

Elektronik posta : enes.akpinar@cbu.edu.tr

İletişim Adresi : Manisa Celal Bayar Üniversitesi,  
Şehit Prof. Dr. İlhan VARANK Yerleşkesi,  
Mühendislik Fakültesi B – Blok / MANİSA

### Yayın Listesi

- Akpınar, M.E., Demir, L., Ilgın, M.A. ve Araz, C., “Çevresel Faktörleri Dikkate Alan Vikor Tabanlı Bir Tedarikçi Sınıflandırma Yöntemi”, Yöneylem Araştırması Endüstri Mühendisliği 36. Ulusal Kongresi, İzmir, (2016).
- Araz, C., Akpınar, M.E., Demir, L. ve Ilgın, M.A., “A Sustainability evaluation system based on a new multicriteria sorting method: VikorSort”, Proceedings of the 20th Conference of the Environmental and Sustainability Management Accounting Network (EMAN), Lüneburg, (2016).