

**ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİNDEN KEMIRA-M  
VE COPRAS YÖNTEMLERİNİN MERMER İŞLETMESİNDE  
MAKİNE SEÇİM SÜRECİNE UYGULANMASI**

**Gizem SARIÇALI**

**Kasım 2018  
DENİZLİ**

**ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİNDEN KEMIRA-M  
VE COPRAS YÖNTEMLERİNİN MERMER İŞLETMESİNDE  
MAKİNE SEÇİM SÜRECİNE UYGULANMASI**

**Pamukkale Üniversitesi  
Sosyal Bilimler Enstitüsü  
Yüksek Lisans Tezi  
İşletme Ana Bilim Dalı  
Sayısal Yöntemler Programı**

---


**Gizem SARIÇALI**


**Danışman: Doç. Dr. Nilfen KUNDAKCI**

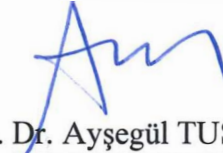
**Kasım 2018  
DENİZLİ**

## YÜKSEK LİSANS TEZİ ONAY FORMU

İşletme Ana Bilim Dalı, Sayısal Yöntemler Bilim Dalı öğrencisi Gizem SARIÇALI tarafından Doç. Dr. Nilfen KUNDAKCI yönetiminde hazırlanan “Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden KEMIRA-M ve COPRAS Yöntemlerinin Mermer İşletmesinde Makine Seçim Sürecine Uygulanması” başlıklı tez aşağıdaki jüri üyeleri tarafından 26/11/2018 tarihinde yapılan tez savunma sınavında başarılı bulunmuş ve Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

  
Prof. Dr. Ali ÖZDEMİR  
**Jüri Başkanı**

  
Doç. Dr. Nilfen KUNDAKCI  
**Jüri Üyesi (Danışman)**

  
Doç. Dr. Ayşegül TUŞ  
**Jüri Üyesi**

Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 26/12/2018 tarih ve ..54/5... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Mehmet Vefa NALBANT  
Müdür  


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 atıfta bulunulduğunu beyan ederim.

İmza:



Öğrenci Adı Soyadı: Gizem SARIÇALI

## ÖN SÖZ

“KEMIRA-M ve COPRAS yöntemlerinin mermer işletmesinde makine seçim sürecine uygulanması esas alınmıştır” bu çalışma, Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Ana Bilim Dalı’nda “Yüksek Lisans Tezi Sunumu” olarak hazırlanmıştır.

Akademik hayatıma başladığım ilk günden beri bana her daim yol gösteren, yüksek lisans döneminde yapmış olduğum çalışmalarında beni destekleyip fikirleri ile yolumu aydınlatan ve bu tez çalışmasının ortaya çıkmasında yardımlarını ve desteğini benden esirgemeyen, çalışmamın her aşamasında bana fikirleri ile ışık tutan ve üzerimde sonsuz emeği olan değerli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Nilfen KUNDAKCI’ya en içten teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca bana her türlü konuda destek olan, sevgilerini her daim üzerimde hissettiğim sevgili aileme de çok teşekkür ederim.

Gizem SARIÇALI

**ÖZET**  
**ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİNDEN KEMIRA-M VE**  
**COPRAS YÖNTEMLERİNİN MERMER İŞLETMESİNDE MAKİNE SEÇİM**  
**SÜRECİNE UYGULANMASI**

Sarıçalı, Gizem  
 Yüksek Lisans Tezi  
 İşletme ABD  
 Sayısal Yöntemler Yüksek Lisans Programı  
 Tez Yöneticisi: Doç. Dr. Nilsen KUNDAKCI

Kasım 2018, IX+79 Sayfa

İşletmeler üretim faaliyetlerini gerçekleştirebilmek için çeşitli makine türlerine ihtiyaç duymaktadır. İşletmeciler günümüz artan rekabet ortamında varlıklarını devam ettirebilmek için, işletmelerine uygun olan en iyi kalitedeki makineyi seçmek durumundadır. Son yıllarda mermer kullanımının giderek artmasıyla, mermer işletmeciliği günümüz piyasalarında önemli alanlardan biri haline gelmiştir. Mermer işletmeleri üretim faaliyetlerini gerçekleştirmek amacıyla çeşitli makine türlerine ihtiyaç duyar. Mermer ocaklarında üretilen bloklar, mermer işleme tesislerinde istenilen boyutlarda kesilerek ham veya parlatılmış olarak piyasaya sunulana kadar birçok evreden geçmektedir. Fabrikalarda blokların kesilmesinde, değişik tip ve boyutlarda mermer plaka kesme makineleri olan ST, Yarma ve Katrak gibi mermer kesme makineleri kullanılmaktadır. Bu tez çalışmasında, mermer kesme makinelerinden katrak makinesinin seçim süreci üzerinde durulmuştur. İşletmelerde karar vericiler, işletmeleri açısından doğru makine seçimini belirlemek için birbirleriyle çelişen kriterler altında çeşitli alternatifler arasından seçim yapmak durumunda kalır. İşletme açısından en uygun makinenin seçim kararı ise çok sayıda kriteri bir arada değerlendirmeyi gerektirmektedir. Çok sayıda kriterin birlikte incelenerek karar verilmesi sürecinde Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri kullanılmaktadır.

ÇKKV, karar vericiye ve karar verme durumuna bağlı olarak en iyi kararı verme işlemi olup birçok yöntemden oluşmaktadır. Bu tez çalışmasında ÇKKV yöntemlerinden olan KEMIRA-M ve COPRAS yöntemleri kullanılmıştır. Bu yöntemlerden yararlanılarak, bir mermer işletmesinde kullanılmak üzere mermer işletmesi için en uygun katrak makinesinin seçimi sağlanmıştır.

Üç bölümden oluşan bu tez çalışmasının uygulama bölümünde, mermer fabrikasından katrak makinesi hakkında bilgiler elde edildikten sonra, ÇKKV yöntemlerinden KEMIRA-M ile kriter ağırlıkları elde edilmiş ve COPRAS ile mermer işletmesi için alınacak olan mermer kesme makinesinin seçim kararında 8 alternatif arasından en uygun olanının tercihi yapılmaya çalışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Çok Kriterli Karar Verme, KEMIRA-M, COPRAS, katrak makinesi seçimi

## ABSTRACT

### APPLICATION OF KEMIRA-M AND COPRAS MULTI-CRITERIA DECISION MAKING METHODS IN MARBLE COMPANY TO MACHINE SELECTION PROCESS

Sarıçalı, Gizem

Master Thesis

Department of Business Administration

Quantitative Methods Programme

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Nilsen KUNDAKCI

November 2018, IX+79 Pages

Businesses need a variety of machine types to perform their production activities. Operators have to choose the best and most appropriate machine for their business in order to be able to sustain their presence in today's increasingly competitive environment. With the increasing use of marble in recent years, marble business has become one of the important areas in today's markets. Marble enterprises need a variety of machine types in order to realize their production activities. The blocks produced in marble quarries pass through many processes like cutting to desired sizes in marble processing plants until presented to the market as raw or polished. In factories for cutting the blocks, marble cutting machines in different types and sizes such as ST, Splitting and Gangsaw are used. In this thesis, the process of selection of gangsaw which is a marble cutting machine is emphasized. In businesses, decision makers have to choose from a variety of alternatives under the conflicting criteria to determine the right machine for their company. The choice of the most suitable machine for the business requires a number of criteria to be considered together. Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods are used in the process of decision making by examining a large number of criteria together.

MCDM is the process of making the best decision depending on the decision maker and the decision making situation and it is composed of many methods. In this thesis, KEMIRA-M and COPRAS methods which are MCDM methods are used. By using these methods, it is possible to select the most suitable gangsaw machine for the marble company.

This thesis consists three parts and in the application section, after obtaining information about the gangsaw machine from the marble factory, the criteria weights were obtained with KEMIRA-M method and it was tried to select the most suitable one among the 8 marble cutting machine alternatives to be taken for marble company with COPRAS method.

**Keywords:** Multi-Criteria Decision Making, KEMIRA-M, COPRAS, Marble Cutting Machine Selection.

## İÇİNDEKİLER

ÖN SÖZ .....	ii
ÖZET .....	ii
ABSTRACT .....	iii
İÇİNDEKİLER .....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
TABLolar DİZİNİ .....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	viii
GİRİŞ .....	1

## BİRİNCİ BÖLÜM

### KARAR TEORİSİ VE ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME

1.1. KARAR TEORİSİ .....	3
1.1.1. Karar Verme.....	4
1.1.2. Karar Verme Süreci.....	7
1.1.3. Karar Probleminin Unsurları.....	9
1.1.4. Karar Modelleri.....	10
1.1.4.1. Belirlilik Altında Karar Verme .....	10
1.1.4.2. Belirsizlik Altında Karar Verme .....	10
1.1.4.3. Risk Altında Karar Verme .....	13
1.2. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME .....	13
1.2.1. Çok Kriterli Karar Verme Sürecinde Kullanılan Kavramlar .....	14
1.2.2. Çok Kriterli Karar Verme Problemleri .....	16
1.2.2.1. Seçim Problemleri.....	16
1.2.2.2. Sınıflama Problemleri .....	16
1.2.2.3. Sıralama Problemleri.....	17
1.2.3. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri .....	17
1.2.4. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Özellikleri.....	17
1.2.5. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Avantajları ve Dezavantajları.....	18
1.2.6. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Uygulama Alanları ve Amacı.....	19
1.2.7. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Sınıflandırılması .....	20
1.2.8. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri .....	22



## İKİNCİ BÖLÜM

### KEMIRA-M VE COPRAS YÖNTEMLERİ

2.1. KEMIRA-M YÖNTEMİ.....	24
2.1.1. KEMIRA-M Yönteminin Avantajları ve Dezavantajları.....	26
2.1.2. KEMIRA-M Yönteminin Adımları .....	26
2.1.3. KEMIRA-M Yöntemi için Literatür Taraması .....	31
2.2. COPRAS YÖNTEMİ.....	32
2.2.1. COPRAS Yönteminin Avantajları ve Dezavantajları .....	34
2.2.2. COPRAS Yönteminin Adımları.....	34
2.2.3. COPRAS Yöntemi için Literatür Taraması .....	36

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### KEMIRA-M VE COPRAS YÖNTEMLERİNİN MERMER İŞLETMESİNDE MAKİNA SEÇİM SÜRECİNE UYGULANMASI

3.1. KEMIRA-M UYGULAMA.....	48
3.1.1. Kemeny Medyan Yöntemi ile Kriter Önceliklerinin Belirlenmesi .....	53
3.1.2. X Kriteri için Medyan Belirleme.....	53
3.1.3. Y Kriteri için Medyan Belirleme .....	57
3.1.4. Modifiye Edilmiş Sıralama Uygunluk Göstergesi (Indicator Rank Accordance) Yöntemi ile Ağırlıkların Hesaplanması ve Alternatiflerin Sıralaması.....	58
3.2. COPRAS UYGULAMA .....	62
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	68
KAYNAKLAR .....	71
ÖZGEÇMİŞ .....	79

**ŞEKİLLER DİZİNİ**

Sayfa

Şekil 1.1. ÇKKV problemlerinin sınıflandırılması .....	16
Şekil 1.2. ÇKKV yöntemlerinin sınıflandırılması.....	21
Şekil 3.1. X kriteri öncelik sıralamasını gösteren basit yönlü diyagram .....	54

## TABLOLAR DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 1.1. ÇNKV ile ÇAKV yöntemlerinin karşılaştırılması.....	22
Tablo 3.1. Alternatif değerlendirme kriterleri.....	49
Tablo 3.2. Beş uzman grup tarafından belirlenen kriterlerin öncelik sıralaması	50
Tablo 3.3. Başlangıç karar matrisi.....	51
Tablo 3.4. Kriterlerin maksimizasyon ve minimizasyon durumuna göre düzenlenmiş veriler .....	52
Tablo 3.5. Normalize Edilmiş Karar Matrisi.....	52
Tablo 3.6. $w_{x_2} \geq w_{x_1} \geq w_{x_3} \geq w_{x_4} \geq 0$ koşulunu sağlayan $w_{x_j}$ ağırlıklarının olası durumları.....	59
Tablo 3.7. $w_{y_2} \geq w_{y_3} \geq w_{y_1} \geq 0$ koşulunu sağlayan $w_{y_j}$ ağırlıklarının olası durumları .....	59
Tablo 3.8. Tüm olası ağırlıklar için F(X,Y) fonksiyonun değerleri.....	61
Tablo 3.9. Değerlendirme kriterleri ve ölçüm birimleri.....	63
Tablo 3.10. Karar matrisi .....	63
Tablo 3.11. Normalize edilmiş karar matrisi.....	64
Tablo 3.12. Ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi.....	65
Tablo 3.13. Her alternatif için Si+ ve Si- değerleri.....	65
Tablo 3.14. Her alternatif için Qi değerleri .....	66
Tablo 3.15. Her alternatif için Pi değerleri.....	66
Tablo 3.16. Alternatiflerin tercih sırası .....	67

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

$a_{ij}$	$i$ . Alternatifin $j$ . Kriter Bazında Performans Değeri
$Y$	Dış Kriter
$y_j^{(i)*}$	Dış Kriter İçin Normalize Edilmiş Karar Matrisi
$Q_{maks}$	En Yüksek Göreceli Öncelik Değeri
$S_{i+}$	Faydalı Kriterler
$S_{i-}$	Faydasız Kriterler
$Q_i$	Göreceli Önem Değeri
$A_i$	$i$ . Alternatif
$y_j^{(i)}$	$i$ . Alternatifin $j'$ Dış Kriter İçin Aldığı Değer
$x_j^{(i)}$	$i$ . Alternatifin $j$ . İç Kriter İçin Aldığı Değer
$X$	İç Kriter
$x_j^{(i)*}$	İç Kriter İçin Normalize Edilmiş Karar Matrisi
$K_j$	$j$ . Değerlendirme Kriter
$w_j$	$j$ . Değerlendirme Kriterinin Ağırlığı
$A^{(M)}$	Medyan Matrisi
$x_{ij}^*$	Normalize Edilmiş Karar Matrisi
$P_i$	Performans İndeksi
$S$	Uzman Sayısı
$w_x$	X Kriter Değeri Ağırlığı
$X_{w_x}$	X Kriter Değeri İçin Ağırlıklı Ortalama
$w_y$	Y Kriter Değeri Ağırlığı
$Y_{w_y}$	Y Kriter Değeri İçin Ağırlıklı Ortalama
$D'$	Ağırlıklı Normalize Edilmiş Karar Matrisi
$D$	Karar Matrisi

**Kısaltmalar**

AHP	Analitik Hiyerarşi Prosesi
ANP	Analitik Ağ Süreci
ARAS	Additive Ratio Assessment
COPRAS	Complex Proportional Assessment
COPRAS-G	Complex Proportional Assessment of Alternatives to Grey relations
CP	Compromise Programming
ÇAKV	Çok Amaçlı Karar Verme
ÇKKV	Çok Kriterli Karar Verme
ÇNKV	Çok Nitelikli Karar Verme
EDAS	Evaluation Based on Distance from Average Solution
ELECTRE III	Elimination Et Choix Traduisant la Réalité III
ELECTRE	Elimination Et Choix Traduisant la Réalité
EXPROM-II	The Extended PROMETHEE II
GRA	Grey Relational Analysis
KEMIRA	Kemeny Median Indicator Rank Accordance
KEMIRA-M	Kemeny Median Indicator Rank Accordance- Modified
MACBETH	Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique
MAUT	Multi Attribute Utility Theory
MOORA	Multi-Objective Optimization on Basis of Ratio Analysis
OCRA	Operational Competitiveness Rating
ORESTE	Organization, Rangement Et Synthèse De Données Relationnelles
PROMETHEE	Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations
SAW	Ağırlıklandırılmış Toplam Yaklaşımı
SWARA	Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis
TOPSIS	Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
VIKOR	Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje
WASPAS	Weighted Aggregated Sum Product Assessment

## GİRİŞ

İşletmeciler günümüz piyasasına daha kolay adapte olmak amacıyla günlük yaşamlarında karar verme durumuyla çoğu kez karşı karşıya kalır. Karar verme sürecinde işletme açısından daha iyi kararlar verebilmek için birden fazla seçeneği karşılaştırmaya yarayacak kriterleri göz önünde bulundurur. Karar verme işlemi karar verme problemlerinde, bir tek kriter değerlendirmesine göre yapılmaz, birden fazla kriter karar verme işleminde ele alınarak değerlendirme yapılır. Birden fazla kriterin karar vermeyi etkilediği bu tip problemlere Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) problemleri denilir.

İşletmeciler ÇKKV problemleri ile günlük iş hayatlarında sıklıkla karşı karşıya kalmaktadır. Bu durum özellikle satın alma bölümünde çalışan yöneticiler açısından bakıldığında, işletmeye makine, hammadde, araç-gereç ve ekipman satın alımında sıklıkla karşılaştıkları bir problem durumudur. Yüksek teknoloji içeren makinelerin satın alım süreci önemli bir karar verme problemini oluşturmaktadır. İşletmeler açısından bakıldığında böyle ileri teknoloji içeren makinelerin satın alınma süreci önemli bir maliyet unsurunu oluşturur. Ayrıca, satın alınan makineden memnun kalmayıp değiştirilmesinin işletmeyi maddi açıdan zora sokacağı da açıktır. Bütün bu durumları yaşamamak için makinenin satın alma işleminden önce makine ile ilgili özellikler, kriterler iyi bir şekilde belirlenmeli, incelenmeli ve makine alternatifleri bu belirlenen kriterlere göre ÇKKV yöntemleri ile değerlendirilmelidir.

Mermercilik sektörü içerisinde çok çeşitli makineler yer almaktadır. Bu makineler arasında blok mermerlerini dilimleme işlemi için yaygın olarak kullanılan makine katrak mermer kesme makinesidir. Mermer kesme işlemi sürecinde en önemli maliyetlerden birini elektrik enerjisi masrafı oluşturmaktadır. Katrak mermer kesme makinelerinde elektrik enerjisi tüketimini doğrudan etkileyen testere dönüş hızı, ilerleme hızı, kesme derinliği, testere özellikleri, kesme işleminde kullanılan su miktarı,

kesilen kayacın fiziko-mekanik yapısı gibi çok sayıda kriter vardır. Bu kriterler dikkate alınarak mermer fabrikasında kullanılmak üzere makine alternatifleri ÇKKV yöntemleri ile değerlendirilebilir.

Bu tez çalışmasında, mermer fabrikası için makine seçim süreci ÇKKV yöntemlerinden olan KEMIRA-M ve COPRAS yöntemleri ile değerlendirilmiştir. Makinenin seçim süreci sırasında alanında uzman kişiler tarafından kriterler kendi içinde ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Tez çalışmasının *birinci bölümünde*, karar teorisi ve ÇKKV ele alınmıştır. Bu bölümde ilk olarak karar verme kavramı tanımlanmış ve karar verme süreci açıklanmıştır. Ayrıca karar modellerinden kısaca bahsedilmiştir. Daha sonra ÇKKV kavramı üzerinde durulmuş ve ÇKKV yöntemlerinden bahsedilmiştir. *İkinci bölümünde*, ÇKKV yöntemlerinden KEMIRA-M ve COPRAS yöntemleri ayrıntılı bir şekilde açıklanarak yöntemlere ilişkin literatür taramasına yer verilmiştir. *Üçüncü bölümde ise* mermer fabrikasında kullanılmak üzere mermer kesme makinesi olan katra makinesinin seçim problemi ele alınmıştır. Problemin çözümünde, ÇKKV yöntemlerinden olan KEMIRA-M yöntemi ile kriter ağırlıkları belirlenmiş, COPRAS yöntemi ile alternatifler sıralanmıştır. *Sonuç ve öneriler* bölümünde ise çalışma sonunda elde edilen sonuçlar değerlendirilmiş ve gelecekte yapılabilecek olan çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.

## **BİRİNCİ BÖLÜM**

### **KARAR TEORİSİ VE ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME**

#### **1.1. KARAR TEORİSİ**

İnsanlar özel yaşantılarında ne zaman kalkacağı, ne yiyeceği, ne giyeceği, ne zaman uyuyacağı gibi birçok konu üzerine karar verme durumu ile karşı karşıya kalır (Aktaş vd., 2015: 3). Karar teorisi, karar verme sürecini analitik ve sistematik bir yaklaşım içerisinde ele alıp incelemektedir. İşletme yöneticilerine karar verme sürecinde karar teorisinde kullanılan matematiksel modeller, en iyi ve işletmeleri açısından en uygun kararı vermelerinde yardımcı olmaktadır (Tekin, 2008: 18). Bir matematiksel yaklaşım olan karar teorisi aynı zamanda belirli teknikleri içine alan bir yığından oluşur. Karar teorisi birtakım bilgi ve tekniklerden faydalanılarak geleceğe yönelik belirsizlikler ve bilinmezlikler altında en sağlıklı optimal kararlar vermeyi sağlar. Böylece karar vericilere risk ve belirsizlikler dünyasında yol gösterir (Aktaş vd., 2015: 19).

Karar teorisi, problemin yapısını ortaya koymayı, belirsizlikler ve olası sonuçların değerlendirilmesini ve en ideal olan stratejiyi içerir. Böylece, alternatifler içinden "en iyi olanı" ortaya çıkarır. Buna karşın seçilecek en iyi karar biçiminin, uygulamada hemen beklenen ve istenilen sonuçları vereceğine dair kesin bir garanti yoktur fakat bu, o kararın uzun süreçte en iyi olma özelliğini değiştirmez (Esin, 2003: 314).

Karar teorisine göre kötü bir karar mantıksal süreçlere dayanmayan, mevcut hali hazırdaki bilgileri kullanmayan, tüm alternatifleri değerlendirmeyen ve sayısal yöntemlere gerek duyulmadan alınan karardır (Tekin, 2008: 18). Eğer karar verici açısından kötü olduğu düşünülen bir karar alınmasına rağmen şans kriterinin işin içine



girmesiyle iyi olduğu düşünölen bir sonuca ulaşıldı ise, bu o kişinin kötü bir karar verdiği gerçeğini değiştirmez (Karakaşoğlu, 2008: 6). İşletme yöneticileri, işletme faaliyetleri ile ilgili birçok konuda kararlar alır. Karar teorisine uygun olarak aldıkları kararlar kısa dönemde kötü sonuçlar verse bile, uzun dönemde başarılı sonuçlar sağlayabilir (Tekin, 2008: 18).

### 1.1.1. Karar Verme

Günlük hayatta veya iş hayatında bilerek ya da bilmeyerek, tutarlı veya tutarsız, doğru veya yanlış birçok karar verilir. Karar verme; bir bireyin, yöneticinin, kurumun ve karar verici bir kişinin birbirine alternatif olabilecek birden çok alternatif içinden birini seçmesi olarak ifade edilebilir (Aytaç ve Gürsakal, 2015: 2). “Karar verme” ve “karar” kavramları birbirleriyle anlamsal olarak karıştırılmasına rağmen ikisinin aralarında kesin olan bir fark vardır. Bu fark literatürde belirgin bir şekilde ortaya konulmuştur. Karar, bir iş ya da sorun üzerinde düşünölerek verilen kesin yargıyı ifade eder. Karar verme ise, karar vericinin kendi amaçlarına ve kendisi tarafından daha önceden belirlenmiş olan kriterlere göre birbirinden farklı birden çok alternatif içinden kendisi için en uygun alternatifi seçebilmesi şeklinde ifade edilmektedir (Karakaşoğlu, 2008: 4). Kısacası, “karar verme” kavramı bir süreci ifade eder iken, “karar” kavramı ise bir sonucu ifade etmektedir (Nas, 2006: 60).

Karar verme, genel anlamda, bir amaca ulaşmada karar vericinin mevcut alternatifler arasından belirli kriterlere göre kendisi için en uygun olanı seçmesi olarak tanımlanmaktadır (Tekin, 2008: 19). Karar vermeden bahsedebilmesi için karar verme kavramında da belirtildiği gibi birden fazla alternatifin olması ve bunlar arasından bir seçim yapılması gerekmektedir. Eğer seçilecek tek bir alternatif varsa seçim olmadığı için karar vermeden de bahsedilemez ve çözüm tek olup uygulamaya konulacaktır (Karakaşoğlu, 2008: 5).

Karar verme davranışının oluşabilmesi için aşağıdaki koşulların yerine gelmesi gerekmektedir:

- Karar verme durumunu oluşturacak bir zorluğun meydana gelmesi ve bu zorluğun karar verici tarafından hissedilmesi,

- Zorluk durumunu ortadan kaldıracabilecek birden fazla olası alternatifin mevcut olması,
- Bireyin alternatiflerden herhangi birine kendi özgür isteği doğrultusunda yönelmesi (Deveci, 2011: 10-11).

Karar verme işlemi işletmeler açısından da büyük bir öneme sahiptir. Karar verme sürecinde işletmelerin başarısı büyük oranda işletme yöneticilerinin alacakları kararlar ve bu kararların isabet derecesiyle orantılı olacaktır. İşletme açısından eldeki mevcut olası kaynakların en uygun şekilde kullanılması, işletme yöneticilerinin farklı birçok alternatif çözüm yolları arasından en uygunun seçimi ölçüsünde alacak olduğu kararlarla sağlanır. Alınan kararların işletmenin başarı derecesi ölçütü olması nedeniyle, günümüz işletmeciliğinde “karar verme” önemli bir işletme fonksiyonu olarak kabul edilir (Tosun, 1992: 308-343).

İşletmeler açısından rekabet koşulları göz önüne alındığında karar verme süreci çok daha önemli bir hal almıştır. Bilim ve teknolojide meydana gelen gelişmeler sonucunda, karar verme problemlerinin çözümlerinde bilimsel yöntemlere başvurulmuştur (Kaya vd., 2007: 8). Yöneticiler karar verirken doğru ve güvenilir tahminlere ihtiyaç duymaktadır. Karar verme sürecinin karmaşıklığı göz önünde bulundurulduğunda, yöneticilerin bilimsel ölçütleri dikkate almaları daha sağlam kararlar vermeleri için önemli bir unsur oluşturur. Çünkü karar verme süreci birbiriyle etkileşim içinde bulunan birçok kriterden meydana gelir ve bu kriterlerin birinde ya da bir kaçında meydana gelecek herhangi bir değişim tüm süreci olumlu ya da olumsuz yönde etkileyebilir (Özyörük ve Özcan, 2005: 625).

Karar verme sürecinde işletmelere destek sağlayan matematiksel modellerin kullanılması asıl kararın verilmesi aşamasında bir takım zorluklara neden olabilir. Böyle olmasının birinci nedeni, modele dâhil olmayan ve dâhil olan kriterlerde meydana gelecek beklenmedik bir değişiklik modeli geçersiz sayabilir. İkinci nedeni ise karar verme süreci sırasında ulaşılmaya çalışılan ve birbiri ile çelişen birden fazla hedefin olmasıdır (Ulucan, 2004: 305).

Karar verme sırasında aşağıda belirtilen becerilerin kullanıldığı görülür;

- Bilgiyi kullanma,
- Olasılıkları doğru değerlendirme,

- Kararın yararlı veya yararsız yönlerini değerlendirme,
- Alternatifleri değerlendirme (Aytaç ve Gürsakal, 2015: 3).

Karar verme konusunda beceriye sahip olanların kararlarında becerilerini kullanmalarının yanı sıra aynı zamanda tüm bilgiyi ve gerçekleri düşünerek subjektif de olsa karar verme sürecini kullandıkları söylenebilir. Karar verme konusunda zorluk çekenlerin veya karar verme becerisi zayıf olanların ise, karar verme sırasında bir alternatiften diğerine geçtikleri ya da olayın tamamına odaklanamadıkları söylenebilir. Bu durumda kişinin karar verme becerisini geliştirebilmesi için kendisini veya karar vereceği konuya ilişkin ortamı tüm özellikleri ile daha iyi tanıması ve hedeflerini belirlemiş olması gerekir (Aytaç ve Gürsakal, 2015: 3).

Karar verme süreci sırasında birtakım istenmedik sorunlar, belirsizlikler ortaya çıkabilmektedir. Bu ortaya çıkan sorunlar karar verici açısından oldukça basit bir hal alırken tam tersi durumla da karşılaşmak mümkündür yani karmaşık ve işin içinden çıkılmaz bir durum da oluşturabilir. Karar verici tarafından aralarında seçim ve tercih yapılacak olan alternatiflerin, göz önüne alınan amaçlar doğrultusunda değerlendirilmesi sonucunda en uygun seçeneğe ulaşılır. Çözüm ise amaçların kesişim noktası olan seçeneğin belirlenmesidir (Karakaya, 2003: 8). Oluşan bu belirsizliğin etkisini azaltmak ve bilimsel yollara başvuruyla daha iyi sonuçlar sağlamak için karar verme esnasında nasıl davranılması gerektiği, hangi yöntemin kullanılmasının etkili olacağı, iyi bir kararın nasıl olması gerektiği gibi birçok konu bilim dallarının çalışması içerisinde yer almıştır. Psikologların bir kısmı “iyi” kavramının, gerçek ve elle tutulur somut değerlere sahip olduğunu savunurlarken, bir kısmı da gerçek olmadığını ve somut olarak elle tutulamayacağı konusunda karar kılmışlardır.

Karar vericiler açısından ise iyi bir kararın ölçütleri aşağıda belirtilmiştir:

- Karar bireyin kendi yargıları doğrultusunda iyi olmalıdır ve temel amacına ulaşmalıdır,
- Karar bir üst kişi ya da kurum tarafından iyi olarak değerlendirilebilir olmalıdır,
- Kararın etkinliği olabildiğince fazla kabul görmelidir,
- Karar vericinin çevresindeki diğer kişiler de bu kararı iyi olarak kabul etmelidirler (Kenger, 2017: 41).

Karar verme kavramı, farklı açılardan ele alınmış olmasına rağmen üzerinde bu kavram ile ilgili genel bir tanıma gidilememiştir. Karar verme ile ilgili tanımların ortak özellikleri şu şekilde belirtilmiştir;

- Olası olabilecek davranışın seçimidir.
- Davranışı etkileyen her türlü yargıları oluşturur.
- Karar verme sürecidir.
- Ulaşılması hedeflenen amaç doğrultusunda, birbirinden farklı alternatifler arasından uygun olanın seçimi işlemidir.
- Problem çözme sürecidir.
- Herhangi bir durumla ilgili bilgileri açıklama, değerlendirme ve karşılaştırma yaparak yargıya varma işlemidir (Koçel, 2001: 5-24).

### **1.1.2. Karar Verme Süreci**

Karar verme, karar vericinin farklı birden fazla alternatif içinden kendi hedeflerine uygun olabilecek alternatifi tercih etme işlemidir. Karar verme sürecini etkileyen birçok kriter mevcuttur. Bu kriterler, doğa şartları, karar verici, ulaşılması amaçlanan hedefler, alternatifler, alternatiflerin sonuçları ve bu alternatifler arasından en uygun olanın seçilmesidir (Tekin, 2008: 20).

Karar verme eylemi, belli bir zamanda ya da belli bir anda gerçekleşen durağan bir özellik göstermez. Karar verme eylemi, dinamik bir süreç oluşturmaktadır ve bu süreçte birey etkin rol oynamaktadır (Kural, 2003: 51). İnsanoğlu, hayatının her evresinde karar verme eylemini gerçekleştirmektedir. Bu yüzden karar verme süreci yaşamın her aşamasında olduğu için karmaşık bir süreç olarak gelmeyebilir. Hâlbuki karar verme, kişinin birçok yönünün güçlü-zayıf gibi iç içe girdiği bir süreci oluşturur. Bu süreçte bireylerin daha sağlıklı kararlar alıp karar verme süreçlerine yardımcı olmak için karar vermenin ne ile ilgili olduğunun anlaşılması gerekir. Karar verme sürecini anlama, sürecin öğelerini açıklama, pratikteki yararları açısından önemlidir. Karar verme şekilleri süreçte meydana gelen bireysel farklılıkların oluşmasında önemli

etkenlerden biridir. Karar verme çalışmalarında bireylerin kararını verme sürecinde, neleri temel almaları ve bunun sonucunda nasıl kararlar vermeleri gerektiği öncelikli olmuştur (Yılmaz, 2011: 8).

Karar verme sürecinin ilk adımını karar verme ortamının belirlenmesi ve bu ortamda hangi hedeflere ulaşılması istendiği oluşturmaktadır. Bu adımın gerçekleşmediği durumda problemi tam olarak tanımlamak oldukça zorlaşacaktır ve bu da yanlış problemler üzerinde çalışarak yanlış kararlar verilmesine sebep olacaktır (Ünal, 2015: 6-7).

Karar verme süreci nicel ve nitel bilgilerin bir arada ele alınıp değerlendirildiği bir süreci oluşturur. Bu süreç, karar verme probleminin hissedilmesi ve farkına varılmasından başlayarak belirli bir amaç doğrultusunda farklı alternatif olası çözümlerin belirlenmesi ve kontrol aşamalarını kapsamaktadır. Herhangi bir karar verme sürecindeki aşamalar aşağıda belirtilmiştir:

- İlk olarak karar verme probleminin farkına varılması ve problemin tanımlanması,
- Probleme yönelik karar unsurlarının belirlenmesi,
- Karara yönelik amaç ve kısıtların belirlenmesi,
- Oluşan modelin formüle edilmesi,
- Farklı birden fazla alternatifin belirlenmesi (Kenger, 2017: 42).
- Belirlenen amaç doğrultusunda, mevcut kısıtlar ve kriterler altında alternatifler arasından en iyi olanın seçilmesi

Karar verme sürecinde problemin çözümü için en öncelikli aşama problemin çok iyi tanımlanmasıdır çünkü problemin yapısına, özelliklerine ve karar verme ortamına göre problemin çözümü için oluşturulacak olan modeller değişiklik gösterecektir (Öztürk, 2009: 13).

Karar verme çeşitli özelliklere sahip bir işlemdir. Bu özellikler şu şekilde özetlenebilir:

- Karar verme teknik bir konudur. Yani bilgileri doğru bir şekilde toplamayı, onları yararlı bir hale getirmeyi ve yorumlamayı gerektirir. Bu yüzden de, daha sağlıklı bir tercih yapabilmek için bu konuda işin uzmanı olmak gerekebilir.
- Karar verme, zaman alıcı ve maliyetli bir süreçtir.

- Karar verme işlemi maddesel ve psikolojik birtakım güçlükler oluşturan bir süreçtir.
- Karar verme süreci rasyoneldir yani amaçlara olabildiğince az harcama ve olabildiğince fazla fedakârlıkla ulaşmanın ön planda tutulması demektir.
- Karar verme süreci bir sorun çözme sürecidir. Yani amaca giden yol üzerindeki engelleri yok etmek, durumun getirdiği olumsuzlukları kaldırmak ve yerine olumlu olanlarını bulma konusunda önlemler almaktır.
- Karar verme gelecek için bir tahmindir ve planlama yapmayı gerektirir. Bundan dolayı kararın verilmesinde ve uygulanmasında koşulların en uygun olduğu zaman dilimi belirlenir. Zaman dilimi belirlendikten sonra sürecin ne zaman başlayacağı ve bilginin toplanıp değerlendirilmesinin ne kadar sürede olacağı konusunda tahmin yürütülür.
- Karar verme, amaçlara ulaşmak için neyi ne zaman nasıl yapılacağını planlı bir şekilde ortaya koymaktır (Cengiz, 2012: 7; Tosun, 1992: 311-322).
- Karar verme bir değerlendirmenin sonucu iken yeni bir olayın başlangıcıdır.
- Karar verme bireysel ya da grup ile birlikte yapılan bir işlemdir (Çetin, 2008:52).

### 1.1.3. Karar Probleminin Unsurları

Bir karar problemi çeşitli unsurlardan oluşmaktadır. Bu unsurlar aşağıda belirtilmiştir: (Aladağ, 2011: 2).

Karar Verici: Çözüm alternatifler arasından birini seçen bir kişi ya da grubu ifade eder.

Amaç: Karar veren kişi ya da grubun sağlayacağı fayda ya da değerdir.

Karar Kriterleri: Seçim süreci sırasındaki göz önüne alınan değerler ve ölçülerdir.

Alternatifler: Birden fazla karar vericinin tercih edeceği eylem biçimleridir.

Olaylar: Karara etki eden ve karar verme sürecini içine alan ortamdan oluşur.

Sonuçlar: Karar veren bir kişinin ya da grubun seçtiği bir eylemin ortaya çıkardığı durumu ifade eder.

#### **1.1.4. Karar Modelleri**

Karar verme farklı birtakım durumlarda gerçekleştirilebilir. Bu durumda, karar verme modelleri şu şekilde sınıflandırılır (Karakaşoğlu, 2008: 9) :

- Belirlilik altında karar verme,
- Belirsizlik altında karar verme,
- Risk altında karar verme.

##### **1.1.4.1. Belirlilik Altında Karar Verme**

Belirlilik altında karar vermede, karar verici karar seçimi veya sonucu hakkında tam ve net bir bilgiye sahiptir. Meydana gelmesi beklenen olayın olasılığının beklenen değeri 1'dir. En basit karar verme modellerinden birisi de belirlilik altında karar vermedir. Çünkü karar sorununun hiçbir ögesi şansa bırakılmamıştır (Karakaşoğlu, 2008: 10). Kısacası belirlilik altında karar verme bütün gerçeklerin ve ortaya çıkabilecek olayların kesin olarak bilindiği durumdur (Cengiz, 2012: 7).

##### **1.1.4.2. Belirsizlik Altında Karar Verme**

Belirsizlik altında karar verme, karar problemlerinde beklenen olası olayların gerçekleşme ihtimallerinin bilinmediği durumu belirtir. Karar verme modellerinden en zor ve en yaygın olanı belirsizlik altında karar vermedir. Belirsizlik durumu genellikle yeni bir ürün, üretim ya da başka bir doğa koşulu durumunda ortaya çıkmaktadır (Tekin, 2008: 23). Belirsizlik altında karar verme kendi içinde şu şekilde sınıflandırılır:

- Eşit olasılık (Laplace) kriteri
- Kötümserlik (Maksimin) kriteri
- İyimserlik (Maksimaks) kriteri
- Pişmanlık (Minimaks) kriteri
- Gerçekçilik (Hurwicz) kriteri

### **Eşit olasılık (Laplace) kriteri**

Eşit olasılık kriteri, Laplace tarafından ortaya atılan bir kriterdir. Laplace, gerçekleşmesi mümkün bütün olayların eşit olasılıklar dâhilinde meydana geldiğini savunur. Bu durumun sonucunda olası karar verme problemi, risk halinde karar verme problemine dönüştürülerek çözümü yapılır. Eşit olasılıklı kriterde, karar verici için olayların olma durumları ihtimallerinin birbirinden farklı olabileceği konusunda hiçbir kesin ve net bilgi olmadığı için olayların olma durumlarının eşit şansa sahip olduğu kabul edilerek, her olay durumuna eşit olasılık verilmektedir. Son olarak da herbir strateji için beklenen değer hesaplanır. Beklenen değeri en büyük değere sahip olan strateji seçilir (Karakaşoğlu, 2008: 26).

### **Kötümserlik (Maksimin) kriteri**

Kötümserlik (Maksimin) kriterinde, olabilecek en kötü sonuçlar üzerinden bir seçim yapılır. Karar matrisinde her bir alternatif için en kötü sonuç seçilir, daha sonra bu değerlerin arasından en büyüğü seçilerek minimum faydanın maksimuma ulaştırılması amacının olduğu gösterilir. Maksimin kriterinin karar verme sürecindeki en önemli özelliği, gerçekleşmesi olası olan en büyük kazancı net bir şekilde kesin olarak bulmasıdır. Maksimin kriterin karar verme süreci sırasındaki olumsuz özelliği ise, kriter meydana gelecek olan mevcut olası olayların ortaya çıkma olasılıklarını göz ardı ettiğinden farklı bir alternatifin tercihinde elde edilebilecek daha büyük kazancın kaybedilmesine sebep olmasıdır (Yıldırım ve Önder, 2015: 7-8).

### **İyimserlik (Maksimaks) kriteri**

İyimserlik kriteri, meydana gelecek olan en iyi sonuçların gerçekleşeceği varsayımına dayanarak karar verme sürecini etkileyen bir yaklaşımdır. Bu kriter, hangi karar verilirse verilsin verilen karar doğrultusunda en iyi sonucun ortaya çıkacağı varsayımına dayanır.

İyimserlik altında karar verme kriterine göre:

- Bütün olası karar alternatifinin maksimum getirisi bulunur.
- Bu maksimum getireye sahip karar alternatifleri arasından en fazla getiriye sahip olan karar alternatifi, karar olarak seçilir (Ulucan, 2004: 309).



İyimserlik kriterinin bir diğer adı da *maksimaktır*. İyimserlik kriterine göre karar verici doğa olaylarının şansını desteklediği düşüncesiyle seçmiş olduğu stratejinin olabildiğince fazla kazanç sağlayacağını varsayar (Halaç, 1991: 58). Eğer karar durumları maliyet şeklinde oluşmuş ise iyimserlik kriteri maliyeti, en düşük yapan kriterdir. (Tekin, 2004: 25)

### **Pişmanlık (Minimaks) kriteri**

Pişmanlık kriteri, doğa durumlarının hangisinin ortaya çıkacağını bilmesi ile gerçek ödeme durumu sonucunda ortaya çıkacak ödeme arasındaki farktan oluşan kriterdir. Pişmanlık kriterine göre, ödemeler matrisinin daha sonraki süreç içinde pişmanlık matrisine dönüşümü sağlanır. Bu dönüşüm şu şekilde elde edilmektedir; ödemeler matrisindeki her bir değer ile her sırada yer alan en büyük değer arasındaki fark alınarak bulunur. İlk sırada yer alan en büyük değer, “sıfır” pişmanlık yani pişman olmama durumunu gösterir (Tütek vd., 2012: 71).

İstatistikçi Savage’e göre, karar vericinin verdiği karardan pişman olabileceğini ve elinde farklı alternatiflerin olması gerektiğini isteyeceğini belirterek, karar vericinin verdiği karar sonrasında oluşabilecek en büyük pişmanlığını minimize etmesi gerektiğini savunmuştur. Minimax pişmanlık kriteri, en düşük pişmanlık sağlamayı garanti etmektedir. Ancak maximin kriterinde olduğu gibi olayların gerçekleşme şanslarını göz ardı etmektedir. Böylece karar vericinin olay hakkındaki kişisel görüşünü, bilgi birikimini, tecrübesini ve uzmanlığını karar vermede kullanmasını engellemektedir (Yıldırım ve Önder, 2015: 9).

### **Gerçekçilik (Hurwicz) kriteri**

Gerçeklik kriterinin öncülerinden biri olan Hurwicz’e göre, birey kendini iyimser veya şanslı hissettiği ölçüde gerçekçi olabilecektir. Gerçekçilik kriterine göre, karar vericinin karar matrisinde en büyük veya en küçük değerler olarak iyimserlik katsayısını görmesini ve bu en büyük veya en küçük değerlere ağırlık kriteri ile önem sırası vermesi gerektiğini belirtir. Buradan da görüldüğü üzere en büyük ve en küçük sonuç elemanlarına olasılıklar verilmektedir. Verilen bu en büyük ve en küçük elemanların olasılık toplamı 1’e eşit olmalıdır. (Kenger, 2017: 46).

### 1.1.4.3. Risk Altında Karar Verme

Karar verme işlemi, belirli birtakım ihtimaller ışığında gerçekleştirilir ki buna da risk altında karar verme denir. Risk altında karar verme sürecinde alınacak olan kararlara yönelik birçok koşul mevcuttur. Risk altında karar vermeye göre, karar verici elindeki bilgiler ışığında herbir seçim için sonuçların gerçekleşebilme olasılığını hesaplayabilmektedir. Bu durumda risk altındaki bir süreçte eldeki olası alternatiflerin ne gibi sonuçlar ortaya çıkaracağı tam olarak bilinmez (Karakaşoğlu, 2008: 29).

Risk altında karar vermede, karar verme sürecinde amaçların belli olmasına rağmen iki veya daha fazla gerçekleşme ihtimali olan olaylarda hangi olayın ne zaman gerçekleşeceği net ve kesin olarak bilinmez. Risk altında karar verme, belirlilik altında karar verme ve belirsizlik altında karar vermenin uç noktalarını oluşturur (Cengiz, 2012: 7-8).

## 1.2. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME

1960'lı yıllarda Çok Kriterli Karar Verme yöntemleri, karar verme sürecine yardımcı olması amacıyla geliştirilmeye başlanmıştır (Kılıç, 2005: 340). ÇKKV, karar teorisinin en yaygın olarak kullanılan, birden fazla karar kriterinin değerlendirilmesi ve alternatifler arasından en uygun olanının seçilmesini, alternatiflerin kendi arasında gruplandırılmasını ya da sıralanmasını sağlayan bir dalını oluşturmaktadır (Çiftçi, 2014: 20).

Karar verme sürecinde ulaşılmak istenen durumu birçok kriter belirlemektedir ve seçim için değerlendirilecek olan alternatiflerin her birinin kendine has olumlu ya da olumsuz özelliklerinin bulunması durumunda karar verme oldukça zorlaşacaktır. Örneğin; bir fabrikanın, forklift seçiminde değerlendirmesi gereken birçok kriter ve alternatif söz konusudur. Forkliftin dış dönüş yarıçapı, asansör yüksekliği, servis ağı bunlardan birkaçını oluşturmaktadır. Kriter ve alternatif sayısının artmasına bağlı olarak fabrika karar verme sürecinde zorlanacaktır. Bu durumda kişiler ya da kurumlar hayatlarını sürdürebilmek ve ayakta kalabilmek için verdikleri kararın sağlıklı olup olmadığına bakmadan veya doğru ve güvenilir olmayan analizler sonucunda bir karara varacaklardır. ÇKKV yöntemlerinin kullanılmasının temel nedeni; alternatif ve kriter sayısının birden fazla olduğu durumlarda karar verme sürecini kontrol altında tutabilmek ve daha sağlıklı sonuçlara ulaşmaktır (Herişçakar, 1999: 240). Bundan

dolayı, karar verme süreçlerine bilimsel tekniklerin dâhil edilmesi sonuçların daha güvenilir ve sağlıklı olmasını sağlayarak kişilerin veya işletmelerin daha etkili ve güvenilir kararlara ulaşmasını sağlar.

ÇKKV, belirlenen kriterlere göre en uygun çözüme ulaşılması hedeflenen bir süreçtir. Kriterlerin birbiriyle çelişmesi durumunda tüm mevcut kriterleri aynı anda karşılayan bir çözüme sahip değildir. Bu durumda çözüm, karar vericinin tercihlerine bağlı olarak değişkenlik gösterir. Çözüm ya bir çözümler kümesi ya da uzlaşık bir çözüm olur (Kaya vd., 2011: 81). Bazı ÇKKV yöntemlerinde, problemlerin kriterlerinin önem dereceleri de karar vericiye göre değişiklik göstermektedir. ÇKKV problemlerinde kriter ağırlıklarının belirlenmesindeki amaç, her bir kriterin diğerlerine göre önemini belirlemektir. ÇKKV yöntemlerinin sonunda belirlenen alternatifler içerisinde en uygun alternatif seçilir (Öztürk ve Batuk, 2007: 86-87). ÇKKV'nin temelini, birden fazla kritere bağlı olarak alternatiflerin değerlendirilmesi, sıralanması ve seçilmesi oluşturmaktadır.

ÇKKV, çeşitli kriterlere göre birbirinden farklı alternatifleri değerlendirerek, en iyi alternatifin seçimi için kendine has özelliği sayesinde karmaşık problemleri çözüp analiz etmeye yarar (Ağaç ve Baki, 2016: 344). Bunların yanında, karar sonrası oluşacak olan pişmanlığı en aza indirmek amacıyla karar vericilerin verdikleri karar ile ilgili kendilerini daha rahat hissetmelerini sağlamak için bilgiyi organize ve sentez ederek tüm kriterlerin doyurulmasını amaçlar (Çiftçi, 2014: 21).

### **1.2.1. Çok Kriterli Karar Verme Sürecinde Kullanılan Kavramlar**

ÇKKV sürecinde sıkça kullanılan kavramlar kısaca şu şekilde açıklanabilir: (Menteş, 2000:3)

Alternatif: Karar verme problemlerindeki tercih seçeneklerini ifade eder. Alternatif sayısı yerine göre değişkenlik gösterebilir. Bazen birkaç, bazen de daha fazla sayıda alternatif seçeneği sunulabilir. Bu sunulan birden fazla alternatif arasından ulaşılmak istenilen hedefe en uygun ve en ideal olanı seçilir.

ÇKKV sürecinde alternatifler (Majumder, 2015: 36):

- Ulaşılabilir,
- Karşılaştırılabilir,
- İdeal değil gerçek,
- Kullanışlı/uygun olmalıdır.

Kriter: Kriterler, alternatiflerin temel özelliklerini ifade etmekte olup karar veren kişi veya grubun değer yargılarına göre tanımlanıp ölçümlenirler.

ÇKKV sürecinde seçilen kriterler (Majumder, 2015: 36):

- Kararla uyumlu,
- Birbirinden bağımsız,
- Aynı ölçüğe uygun,
- Ölçülebilir,
- Alternatiflerle ilişki içerisinde olmalıdır.

Amaç: Karar veren kişi ya da grubun istekleri doğrultusunda belirlenmiş olan kriterlerin yönlendirilmiş halidir.

Hedef: Amaçların somut hale getirilerek belirli değerlere dönüşmüş şeklidir.

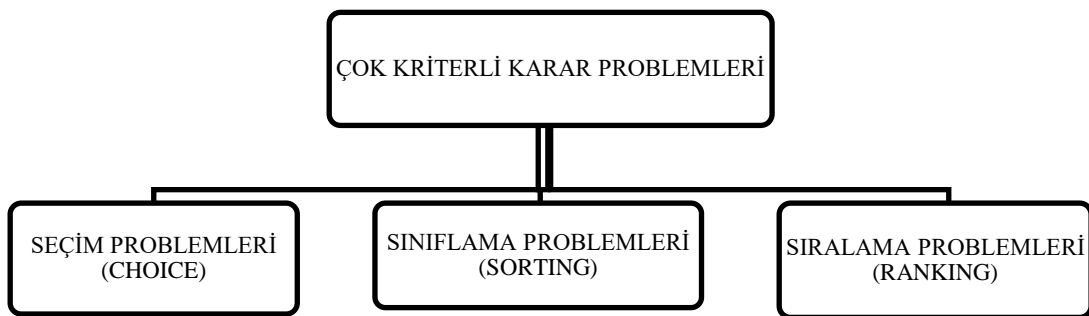
Kısıt: Sorunlar sisteminin tanımlanmış amaçlarını etkileyen varsayımlar ile içsel ve çevresel kaynaklar veya değişkenler üzerindeki sınırlamadır.

Karar matrisi: ÇKKV problemlerinde alternatifler, olaylar ve bunların sonuçları bir matris biçiminde ifade edilir. ÇKKV'de birden fazla ve çoğunlukla birbiri ile çelişen kriterler olması halinde alternatifler arasından en uygun olanı seçmeyi gerektirir ve karar problemi matris biçiminde ifade edilir:

$$D = \begin{matrix} & K_1 & K_2 & \dots & K_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

## 1.2.2. Çok Kriterli Karar Verme Problemleri

Günlük yaşamlarında insanlar birçok karar verme problemiyle karşılaşır ve bu problemlerin çoğunda birbiriyle çelişen kriterlerle karşı karşıya gelebilir. ÇKKV problemlerinden bahsedilebilmesi için karar verme probleminde birden fazla kriterin bulunması gerekir (Koçak ve Coğurcu, 2015: 6). ÇKKV problemleri; seçim, sınıflama ve sıralama problemleri olmak üzere üç temel başlık altında incelenebilir (Vassilev vd.,2005: 4).



Şekil 1.1. ÇKKV problemlerinin sınıflandırılması

### 1.2.2.1. Seçim Problemleri

Seçim problemlerinde temel amaç, birbirinden farklı iki veya daha fazla alternatifin bulunduğu ve bunların birbirleri ile kıyaslanması güç bir küme içerisinde iyi bir seçimin yapılmasıdır.

Örneğin, bir yöneticinin spesifik bir proje için çalışanını seçmesi. Buradaki asıl amaç, problem için alternatif kümesi içerisinde doğru alternatifin seçilmesidir.

### 1.2.2.2. Sınıflama Problemleri

Sınıflama probleminin temel amacı, aynı özelliklere sahip birden fazla alternatifin bir araya getirilmesidir. Burada alternatifler, belirli kriter veya tercihler doğrultusunda sınıflanır.

Örneğin, bir iş yerinde çalışanların performans değerlerini zayıf, orta ve güçlü olarak ifade edip, bu doğrultuda çalışanların performanslarının değerlendirilmesi.

### **1.2.2.3. Sıralama Problemleri**

Sıralama problemlerindeki temel amaç, alternatiflerin en iyiden en kötüye doğru sıralandığı sıralama yapısının oluşturulmasıdır. Bu tür problemlerde alternatifler, belirli kriterlere göre sıralanır.

Örneğin, bir iş yerinde çalışanların performanslarının değerlendirilerek en yüksekte en düşüğe doğru sıralanması.

### **1.2.3. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri**

ÇKKV yöntemleri, amaç, kriterler ve bu değişkenlere bağlı olarak sıralama yapılacak olan birbirinden farklı alternatiflerden oluşmaktadır. Bazen de birbiriyle çelişkili durumlar oluşturan maliyet ve fayda kriterlerinden oluşabilir. Bu durumda, kullanılacak olan ÇKKV yöntemi maliyet kriteri için en küçük değeri elde etmeyi yani minimizasyonu, fayda kriteri için de en büyük değeri elde etmeyi yani maksimizasyonu sağlayacak şekilde olmalıdır. Uygun bir ÇKKV yönteminin seçiminde, ÇKKV problemlerinde karar elemanları arasında hiyerarşik bir yapı veya karar elemanları arasında bağımlılığın bulunduğu bir ağ yapısı gibi durumlar etkili olacaktır.

ÇKKV yöntemleri kararı etkileyen kriterlerin seçilmesi ve bunların amacına bağlı olarak ağırlıklandırılması, alternatiflerin ise seçilmiş olan kriterlere bağlı olarak sıralanması, önceliklendirilmesi ve alternatifler arasında seçim yapılması amacıyla oluşmaktadır (Aktaş vd.,2015: 191).

### **1.2.4. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Özellikleri**

ÇKKV; sadece araçlar, teknikler veya algoritmalar ile yürütülemeyen aynı zamanda insana özgü yönetimsel durumları da içeren yöntemlerdir. Bu yöntemlerde, birden fazla alternatif arasından sınırlı sayıda alternatif seçilir ve problemle ilgili

kriterler belirlenir. Kriterler arasında farklı ölçüm birimine sahip olanlar var ise bu ölçüm farklılıklarının giderilmesi amaçlanır. Örneğin, nitel ve nicel kriterlerin ölçüm birimi farklı olmasına rağmen AHP yönteminde bu farklılık 1-9 ölçeğiyle ortadan kaldırılmıştır. ÇKKV problemlerinde kriterlerin önem ağırlıkları karar verici tarafından belirlenebileceği gibi aynı zamanda çeşitli yöntemler kullanılarak da bulunabilir. ÇKKV problemleri, karar matrisi adı verilen matrisle ifade edilebilir. Bu matrisin satırlarında alternatifler, sütunlarında ise kriterler bulunmaktadır (Cengiz, 2012: 11).

### **1.2.5. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Avantajları ve Dezavantajları**

ÇKKV yöntemlerinin bir takım avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Bunlar şu şekilde özetlenebilir:

#### **Avantajları**

- Birbiriyle çelişen birden fazla kriterler olduğu zaman karar verme süreci için ortak bir nokta oluşmasını sağlar.
- Nicel ve nitel kriterleri birlikte değerlendirebilir.
- Çok büyük miktardaki veri setlerini değerlendirebilir.
- Karmaşık ve tamamıyla algılanmada zorluk yaratan konuları analiz eder ve anlaşılmasını kolaylaştırır.
- Karar sürecinin sistemli bir şekilde ilerlemesini sağlar.
- Karar veren kişi veya grubun birden fazla olduğu ortamlarda ortak bir sonuca ulaşılmasını sağlar ve böylece kolay iletişim sağlanmış olur.
- En iyi tercihin seçilmesini sağlar.

#### **Dezavantajları**

- Karar verme süreci sırasında birbirinden farklı alternatifler arasından bir alternatif bir kritere göre diğer seçenektan üstünken başka bir kritere göre ise bu durum tam tersi olabilir. Bu nedenle karar verme süreci sırasında bir alternatif diğer bir alternatif ile kıyaslanamaz.

- Karar verme sırasında elde edilen bilgiler karar vericinin kendi isteği ve tercihleri doğrultusunda olduğu için bu tercihleri yansıtan başka bir modellemeye ihtiyaç duyulabilir.
- Çoğu karar probleminde bir alternatife tüm kriterlere göre diğer alternatiflerden üstün olduğu bir durum söz konusu olamaz. Bu durumda sorunlar matematiksel olarak çok net bir şekilde tanımlanamaz ve bunun neticesinde sadece uzlaşık çözümler elde edilebilir. Elde edilecek olan bu uzlaşık çözümler ise öznel, yani karar vericiye bağlı olarak değişiklik gösterir (Cengiz, 2012: 12).
- Öznel değerlendirme farklı zamanlarda farklı sonuçlar verebilir. (Kocamustafaoğulları, 2017: 24).

### 1.2.6. Çok Kriterli Karar Verme Uygulama Alanları ve Amacı

1970'lerde ÇKKV yöntemleri ilk yöneylem araştırması ve karar teorisi alanlarında ve daha sonraki zamanlarda iktisadi ve mali alanlarda uygulanmıştır (Kılıç, 2006;127). ÇKKV'nin uygulama alanları, kişilerin kendi verdikleri bireysel kararlardan, işletmelerin verdikleri stratejik ve kritik kararlara kadar birçok farklı alanda çeşitlilik göstermektedir. ÇKKV yöntemleri; personel seçimi, satın alma, tedarikçi seçimi ve yer seçimi gibi problemlerin çözümünde kullanılır. Bunlar dışında ÇKKV yöntemlerinin uygulandığı birçok farklı alan bulunmaktadır. Bu uygulama alanları; tarım, finans, eğitim, tıp ve sağlık, nükleer silahlar, askeri faaliyetler, üretim, iletişim, spor, çevre, ulaştırma ve lojistik, işletme, ekonomi, güvenlik, bilişim sistemleri, ilaç ve eczacılık, gıda, personel atama, tedarik zinciri yönetimi gibi alanlardır (Korkmazer, 2014: 31- 33). Bunların yanında; ÇKKV yöntemleri, matematik, yönetim, sosyal bilimler, mühendislik, ekonomi gibi karar vermenin olduğu birçok bilim alanında uygulanmaktadır (Karaoğlan, 2016: 12). Ayrıca, ÇKKV yöntemlerinin; yatırım kararları, gayrimenkul alımı, kariyer planlaması, aile bütçesinin planlaması, üretim planlaması, işletme kararları, kamu ve kar amacı gütmeyen kuruluşlarda grup kararları, holdinglerde yatırım kararları, stratejik öncelik belirlenmesi, şirket evlilikleri gibi birçok alanda örnekleri verilebilir (Çiftçi, 2014: 22).



ÇKKV'nin amaçları şu şekilde özetlenebilir (Kocamustafaoğulları, 2007: 22-23):

- Karmaşık ve bütünüyle ele alındığında algılamada zorluk yaratacak olan konuların analiz edilerek karar verme sürecinde karar vericiye yardımcı olması
- Karar verme süreçlerinin sistematik bir şekilde ilerletilmesi
- Birden fazla karar veren kişi ya da grubun olduğu zamanlarda ortak bir zemin çerçevesinde iletişimin daha kolay ilerlemesini sağlamak
- Hem ilgili alanda uzman kişilerin görüşlerini hem de karar veren kişi ya da grubun kendi bağımsız olarak yaptıkları değerlendirmeleri bir araya getirerek herkesin probleme dâhil olmasını sağlamak ve en iyi uzlaşmacı sonuca varmaktır.

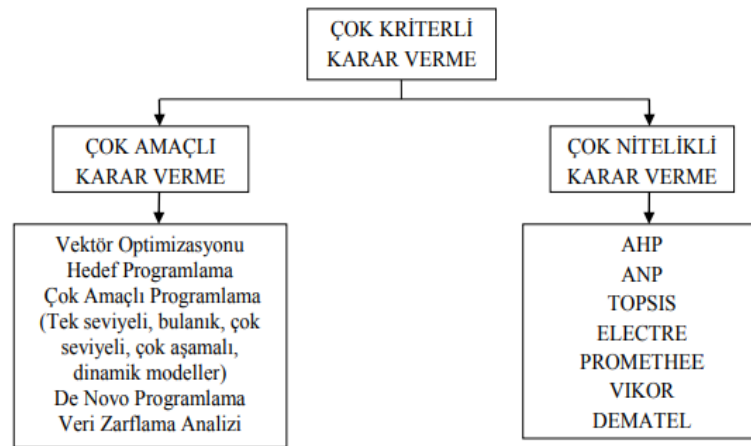
### 1.2.7. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Sınıflandırılması

ÇKKV teknikleri birçok farklı açıdan sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırma karmaşıklık içermeyen daha basit ve temel bir düzeyde Hwang ve Yoon (1981) tarafından yapılmıştır.

Hwang ve Yoon (1981) ÇKKV alanlarında araştırmaların kolaylık kazanmasını sağlamak amacıyla, ÇKKV problemlerini, birbirlerinden farklı amaç ve farklı veri çeşidine dayanan Çok Amaçlı Karar Verme (ÇAKV) ve Çok Nitelikli Karar Verme (ÇNKV) yöntemleri olarak iki ana sınıfta incelemişlerdir (Çakın, 2013: 14).

ÇAKV yöntemleri, çok amaçlı matematiksel programlama modelleri niteliğinde olup bu matematiksel modeller içinde, birbiriyle çatışan ve çelişen amaçlar optimize edilir. Buradaki temel amaç, alternatiflerin sayısı önceden belirlenemediği için tüm alternatifler arasından en iyi olanı seçmektir (Çiftçi, 2014: 23-24). Tasarım problemlerinin çözümü için uygun yöntemler sunan ÇAKV, bir imalat firmasının karşılaşılabileceği ürün bileşimi tasarlanması probleminde, "hangi" üründen "ne kadar" kullanılacağına karar verilmemesine yardımcı olur. Bu ÇAKV probleminde sadece iki kriter olmakla birlikte alternatiflerin sayısı, firmanın kaynak kısıtları altında, özellikle de bu bir yığın üretimse sonsuz olarak düşünülebilir (Çınar, 2004: 46).

ÇNKV yöntemleri birden çok kriterle belirlenen tüm alternatifleri değerlendirmede ve öncelik sırasına koymada tercih kararları vermeye dayanan bir süreçtir. Alternatiflerin sayısı ÇNKV yöntemlerinde en başta belirlenmiştir. Her bir alternatif için ulaşılabilecek başarı düzeyleri belirlenmiştir (Çiftçi, 2014: 23-24). ÇNKV seçim problemlerinin çözümüne uygun problemler sunmaktadır. Örneğin, bir imalat firmasının karşılaşılabilecek belirli alternatifler arasından en iyi üretim sistemini seçmesi bir ÇNKV problemi olabilir. Burada karlılık, işgücü yaratma, yerli materyalleri kullanma gibi birçok seçim kriterinden bahsedilebilir (Çınar, 2004: 46). Örnekler çoğaltılırsa, beş alternatif makine markasından birinin seçilmesi, yapılan yüksek lisans başvuruları arasından seçim yapılması, bir fabrika için uygun koşulları sağlayacak depo seçimi ÇNKV problemlerini oluşturur. ÇNKV problemlerinde sınırlı sayıda alternatif mevcuttur ve bu alternatiflerin değerlendirilmesi sürecinde birden fazla kriterin dikkate alınması gerekir (Ersöz ve Kabak, 2010: 109).



**Şekil 1.2.** ÇKKV yöntemlerinin sınıflandırılması

ÇNKV problemlerinde kararlar, her bir alternatif için mevcut olan niteliklerin kıyaslanması şeklinde verilirken ÇAKV problemlerinde ise kararlar, alternatif sayısı önceden belli olmadığı için mevcut tüm alternatifler arasından “en iyi” alternatifi belirleyerek verilir (Çiftçi, 2014: 24).

ÇAKV ile ÇNKV yöntemleri arasındaki farkı, değerlendirilen alternatif sayıları oluşturmaktadır. ÇAKV’de, sınırsız sayıdaki sürekli alternatifler değerlendirilirken, ÇNKV’de sınırlı sayıdaki kesikli alternatifler değerlendirilmektedir (Çakın, 2013: 14). Tablo 1.1.’de ÇNKV ile ÇAKV arasındaki temel farklar gösterilmektedir (Mendoza ve Martins, 2006: 2).

**Tablo 1.1.** ÇNKV ile ÇAKV yöntemlerinin karşılaştırılması

Özellikler	ÇAKV	ÇNKV
Kriterler	Amaçlar	Nitelikler
Amaçların Tanımı	Açık	Kapalı
Niteliklerin Tanımı	Kapalı	Açık
Kısıtların Tanımı	Açık	Kapalı
Alternatiflerin Tanımı	Kapalı	Açık
Alternatiflerin Sayısı	Sonsuz	Sonlu
Karar Vericinin Kontrolü	Önemli	Sınırlı
Karar Modeli Paradigması	Süreç Odaklı	Sonuç Odaklı
İlgilendiği Alan	Tasarım/Araştırma	Değerlendirme/Seçme

### 1.2.8. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri

ÇKKV yöntemleri ile ilgili literatür incelemesi yapıldığında ÇKKV problemlerinin çözümü için kullanılan farklı birçok yöntemin mevcut olduğu görülmektedir. ÇKKV yöntemlerinden hiç birisinin birbirleri üzerinde bir üstünlük sağladığı görülmemiştir. Bu yöntemler nicel ve nitel kriterlerin bir arada ele alınıp değerlendirilmesini sağlamada faydalı olmuşlardır (Karakaşoğlu, 2008: 17). Literatürde birçok ÇKKV yöntemi mevcut olup bu yöntemlerin her biri kendine ait özelliklere sahiptir (Çiftçi, 2014: 23). Uygulamalarda kullanılan ÇKKV yöntemlerini aşağıdaki gibi sıralayabiliriz (Kenger, 2017:47).

- SAW (Ağırlıklandırılmış Toplam Yaklaşımı),
- AHP (Analitik Hiyerarşi Prosesi),
- ANP (Analitik Ağ Süreci)
- TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution),
- PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations),
- ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant la Réalité),
- Entropi,
- GRA (Gri İlişkisel Analiz),
- MAUT (Multi Attribute Utility Theory),

- MOORA (Multi-Objective Optimization on Basis of Ratio Analysis),
- VIKOR (Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje),
- COPRAS (Complex Proportional Assesment),
- KEMIRA (KEmeny Median Indicator Rank Accordance),
- KEMIRA-M (KEmeny Median Indicator Rank Accordance-Modified).
- ARAS (Additive Ratio Assesment)
- WASPAS (Weighted Aggregated Sum Product Assesment)
- EDAS (Evaluation Based on Distance from Average Solution)

Bu tez çalışmasında uygulama bölümünde ÇKKV yöntemlerinden olan COPRAS ve KEMIRA-M yöntemleri kullanıldığı için bu iki yöntem bir sonraki bölümde detaylı olarak anlatılmıştır.

## İKİNCİ BÖLÜM

### KEMIRA-M VE COPRAS YÖNTEMLERİ

#### 2.1. KEMIRA-M YÖNTEMİ

2014 yılında, Vilnius Gemidiminas Teknik Üniversitesi araştırmacılarından Zavadskas, Kosareva ve Dadelo KEMIRA-M (Kemeny Median Indicator Rank Accordance-Modified) çok kriterli karar verme yöntemini geliştirmişlerdir. KEMIRA-M yöntemi mevcut olası seçenekler arasından en iyi alternatifi belirlemede kullanılan yeni bir ÇKKV yöntemidir. Yöntemin öncelikli amacı kriter önceliklerini ve ağırlıklarını belirlemektir. KEMIRA-M yöntemi diğer ÇKKV yöntemlerine göre çok fazla başlangıç bilgisi gerektirmediği için kriter ağırlıklarını belirlemede ve en uygun alternatifi seçmede kullanılabilir. Ayrıca KEMIRA-M yöntemi optimizasyon problemlerinin çözümünü bulmada da yardımcı olmaktadır (Sarıçalı ve Kundakçı, 2017: 37).

KEMIRA yöntemi de KEMIRA-M gibi mevcut olası seçenekler arasından en iyi alternatifi belirlemede kullanılan yeni ÇKKV yöntemlerinden biridir. Bu iki yöntemin amaçları aynı olup kriter ağırlıklarını belirlemede ve en uygun alternatifin seçiminde kullanılmaktadır. KEMIRA-M yönteminin açılımında da gördüğümüz gibi ‘M harfi’ ‘Modified’ yani modifiye edilmiş, bir başka ifadeyle belirli yerlerinde değişiklik yapılmış anlamına gelmektedir. Bu durumda KEMIRA-M yöntemi KEMIRA yönteminin modifiye edilmiş halini oluşturmaktadır. Yani KEMIRA-M yönteminde, KEMIRA yöntemine göre bazı farklılıklar görülmektedir. Bu farklılıklar yöntemin aşamaları sırasında daha detaylı belirtilecektir.

KEMIRA-M yönteminde, ÇKKV problemlerinin çözüm aşamasına geçilmeden önce kriterler kendi içinde iki veya daha fazla gruba (iç kriterler, dış kriterler) ayrılırlar.

Bu ayrımın sebebi kriter sayısının birden fazla olduğu durumlarda işlem kolaylığı sağlamaktır. KEMIRA-M yönteminde bu ayrım yapılmadığı takdirde yöntemde yapılan hesaplamalarda kullanılan ikili kıyaslamalar ve matris işlemleri daha karmaşık bir hale gelecek ve problemin çözümü oldukça zaman alacak ve zorlaşacaktır. Yöntemin çözümünü karmaşık halden kurtarıp çözüm kolaylığı sağlaması sebebiyle yöntemi öneren araştırmacılar kriterler arasında bir ayrıma gitmişlerdir. Bu nedenle yöntem, kriterlerin iç ve dış kriterler olarak iki veya daha fazla gruba ayrılabilirdiği ve her gruptaki kriter sayısının fazla olmadığı durumlarda daha uygundur.

KEMIRA-M yönteminin bir sonraki aşamasında, ilgili konulardaki alanında uzman kişilerin görüşlerine başvurulur. İlgili alandaki bu uzman kişilerin değerlendirmeleri sonucunda kriterlerin (iç ve dış) kendi içerisindeki öncelik sıralarının belirlenmesi amaçlanır. Kriter öncelik sıralamasını belirlemede Kemeny Medyan (Kemeny Median) yöntemi kullanılır (Kosareva vd., 2016: 53). Bu aşamada yalnızca uzmanlarca belirlenen kriterlerin öncelik sıralamasından faydalanılmaktadır.

KEMIRA-M yönteminin ikinci aşamasında, kriterlerin (iç ve dış) kendi içindeki ağırlıkları sırasıyla belirlenir. Kriterlerin ağırlıklarını belirlemede Sıralama Uygunluk Göstergesi (Indicator Rank Accordance) yöntemi kullanılır (Kosareva vd., 2016: 51). Bu yöntem tamamen hesaplamalara dayanır ve uzman görüşüne gerek duyulmaz.

KEMIRA-M yönteminin üçüncü aşamasında, her alternatif için amaç fonksiyon değerleri hesaplanır ve alternatifler bu belirlenen amaç fonksiyon değerlerine göre sıralanır.

KEMIRA-M yöntemi oldukça uzun ve karmaşık hesaplamalar içerdiği için problemlerin çözümü de zaman alıcı olmaktadır. Bu da yöntemin işletmelerde günlük hayatta kullanımını zorlaştırmaktadır. Bu durumu ortadan kaldırmak için bir yazılım geliştirilebilir. Böylece problemin uygulama aşamasında kolaylık sağlanarak işletmeler açısından daha kolay kullanılabilmesi sağlanabilir (Sarıçalı ve Kundakçı, 2017: 53).

### 2.1.1. KEMIRA-M Yönteminin Avantajları ve Dezavantajları

KEMIRA-M yönteminin avantajları şu şekilde özetlenebilir:

- Yöntem kriter sayısının birden fazla olduğu durumlarda kriterleri kendi içinde iç ve dış kriterler, teknik kriterler ve çevresel kriterler gibi iki gruba ayırarak işlem kolaylığı sağlar.
- KEMIRA-M yöntemi KEMIRA yöntemine göre fazla karmaşık olmayan daha kolay hesaplamalar içerir.
- AHP ve MACBETH gibi kriter ağırlıklarının belirlemede kullanılan diğer ÇKKV yöntemlerine göre çok fazla başlangıç bilgisine ihtiyaç duymaz.
- Kriter ağırlıklarının belirlemede kolaylık sağlar.

Ayrıca yöntem aşağıda belirtilen dezavantaja sahiptir:

- Yöntem uzun ve karmaşık işlemler içermektedir. Bu durum da problemin çözümünde zaman kaybına yol açmaktadır.

### 2.1.2. KEMIRA-M Yönteminin Adımları

KEMIRA-M yöntemi üç aşamadan oluşan bir yöntemdir. Yöntemin ilk aşamasında kriterler kendi içinde gruplara ayrılır. Gruplara ayrılmış bu kriterler alanında uzman kişiler tarafından öncelik sırasına göre sıralanır. Kriterlerin öncelik sırasını belirlemek için Kemeny Medyan (Kemeny Median) yöntemi kullanılır (Kosareva vd, 2016: 53).

İkinci aşamada, kriterlerin (iç ve dış) kendi içindeki ağırlıkları sırasıyla belirlenir. Bunun için Sıralama Uygunluk Göstergesi (Indicator Rank Accordance) yöntemi kullanılır (Kosareva vd, 2016: 51).

Üçüncü aşamada ise, her alternatif için amaç fonksiyon değerleri hesaplanır ve bu amaç fonksiyon değerlerine göre alternatiflerin sıralaması yapılır.

KEMIRA-M yönteminde izlenecek olan adımlar aşağıda belirtilmiştir (Sarıçalı ve Kundakçı, 2017: 38-40):

**1. Adım:** Eşitlik (2.1) 'de görüldüğü gibi karar matrisi oluşturulur

$$D = \begin{pmatrix} x_{11} & \dots & x_{1j} & \dots & x_{1k} & y_{11} & \dots & y_{1j'} & \dots & y_{1n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{i1} & \dots & x_{ij} & \dots & x_{ik} & y_{i1} & \dots & y_{ij'} & \dots & y_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & \dots & x_{mj} & \dots & x_{mk} & y_{m1} & \dots & y_{mj'} & \dots & y_{mn} \end{pmatrix} \quad (2.1)$$

Bu karar matrisinde,  $i$  alternatifleri ( $i=1, \dots, m$ ) ve  $x_{ij}$   $i$ . alternatifin  $j$ . ( $j=1, \dots, k$ ) iç kriter için aldığı değeri,  $y_{ij'}$  ise  $i$ . alternatifin  $j'$  ( $j' = 1, 2, \dots, n$ ) dış kriter için aldığı değeri göstermektedir (Kosareva vd., 2016: 54).

**2. Adım:** Alanında uzman kişiler tarafından belirlenen kriter öncelik tercihleri tablosu oluşturulur.

Uzman	$x_1$	$\dots$	$x_l$	$\dots$	$x_k$	$y_1$	$\dots$	$y_p$	$\dots$	$y_n$
1	$j_{11}$	$\dots$	$j_{1l}$	$\dots$	$j_{1k}$	$j'_{11}$	$\dots$	$j'_{1p}$	$\dots$	$j'_{1n}$
$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$
r	$j_{r1}$	$\dots$	$j_{rl}$	$\dots$	$j_{rk}$	$j'_{r1}$	$\dots$	$j'_{rp}$	$\dots$	$j'_{rn}$
$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$
s	$j_{s1}$	$\dots$	$j_{sl}$	$\dots$	$j_{sk}$	$j'_{s1}$	$\dots$	$j'_{sp}$	$\dots$	$j'_{sn}$

Eşitlik (2.2)'de görüldüğü üzere  $S = 1, 2, \dots, r, \dots, s$  alanında uzman olan kişi sayısını ifade etmektedir (Kosareva vd., 2016: 54).

**3. Adım:** Eşitlik (2.1)'deki karar matrisinde eğer  $x_{ij}$  veya  $y_{ij'}$  kriterleri minimize edilmesi gereken yani değerinin yüksek olması istenmeyen kriterlerden oluşuyor ise, bu kriterlere ait alternatif değerleri  $\frac{1}{x_{ij}}$  veya  $\frac{1}{y_{ij'}}$  şeklinde yazılarak, yeni bir karar matrisi elde edilir (Krylovas vd., 2016: 54; Jahan vd., 2016: 87).

**4. Adım:** Adım 3'te elde edilen yeni karar matrisindeki değerler kullanılarak Eşitlik (2.3) yardımıyla normalize edilmiş karar matrisi oluşturulur.



$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij} - \min(x_j)}{\max(x_j) - \min(x_j)}, \quad y_{ij}^* = \frac{y_{ij} - \min(y_j)}{\max(y_j) - \min(y_j)} \quad (2.3)$$

**5. Adım:** Kemeny Medyan Yöntemi ile kriterlerin öncelik sırası belirlenir. Alanında uzman kişiler ( $S$ ) tarafından belirlenen  $X = (x_1, x_2, \dots, x_k)$  ve  $Y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$  kriterleri öncelik sırasına göre büyükten küçüğe doğru sıralanır. Bunun için Kemeny Medyan yöntemi kullanılır. Kemeny Medyan yöntemiyle alanında uzman kişiler tarafından belirlenen kriter öncelikleri sıralamalarını birleştirerek tek bir sıralama elde edilmesi amaçlanır.

Kemeny Medyan yönteminde, uzmanlar ( $S$ ) tarafından belirlenen  $X=(x_1, x_2, \dots, x_k)$  kriteri öncelik sırasına göre büyükten küçüğe doğru sıralandıktan sonra,

$$a_{jj^*} = \begin{cases} 0, & \text{eğer } x_j < x_{j^*} \\ 1, & \text{eğer } x_j > x_{j^*} \end{cases} \quad (2.4)$$

$S = 1, 2, \dots, r, \dots, s$  şeklinde olan  $A^{(S)} = (a_{jj^*})_{k \times k}$  kare matrisi oluşturulur. Oluşturulan kare matrisin köşegen elemanları sıfıra eşittir,  $a_{jj} = 0, j=1, 2, \dots, k$  ayrıca  $a_{jj^*} = 1 - a_{j^*j}, j \neq j^*$  dir (Krylovas vd., 2016: 57).

Örneğin, üç iç kriter içeren bir problemde,  $U_1$  uzmanı tarafından belirlenen  $X$  kriter önceliğinin sıralaması  $x_3 > x_1 > x_2$  şeklinde verilsin.

$$\text{Eşitlik (2.4) yardımıyla } A^{(1)} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}_{3 \times 3} \quad \text{kare matrisi elde edilir. Benzer}$$

şekilde, her bir uzman tarafından belirlenen  $X$  kriter önceliği sıralamasına göre Eşitlik (2.4) yardımıyla kare matris şeklinde ifade edilir.  $X$  kriteri için yapılan bu işlemlerin aynısı her bir uzman tarafından belirlenen  $Y$  kriteri için de sırasıyla uygulanır.

$A^{(r)}, A^{(s)}$  matrisleri tarafından tanımlanan iki farklı sıralama arasındaki uzaklığın ölçümü Eşitlik (2.5)'te gösterilmiştir (Krylovas vd., 2016: 57).

$$\rho(A^{(r)}, A^{(s)}) = \sum_{j=1}^k \sum_{j^*=1}^k |a_{jj^*}^{(r)} - a_{jj^*}^{(s)}| \quad (2.5)$$

Eşitlik (2.5)'teki  $k$  değeri  $x_1, x_2, \dots, x_k$  kriterlerinin sayısını göstermektedir.

Örneğin;

$$U_1 \text{ uzmanı tarafından belirlenen } X \text{ kriter önceliği matrisi } A^{(1)} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}_{3 \times 3}$$

$$\text{ve } U_2 \text{ uzmanı tarafından belirlenen } X \text{ kriter önceliği matrisi } A^{(2)} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}_{3 \times 3}$$

şeklinde verilsin. Eşitlik (2.5) yardımıyla,

$$\begin{aligned} \rho(A^{(1)}, A^{(2)}) &= |0 - 0| + |1 - 0| + |0 - 1| + |0 - 1| + |0 - 0| + |0 - 1| + |1 - 0| \\ &\quad + |1 - 0| + |0 - 0| = 6 \end{aligned}$$

elde edilir.

$S$  tane alanında uzman kişi tarafından  $A^{(1)}, A^{(2)}, \dots, A^{(S)}$  öncelik kriteri matrislerinin oluşturulduğu varsayalım. Oluşturulan bu matrislerden  $A^{(M)}$  medyan matrisi Eşitlik (2.6) yardımıyla elde edilir (Kosareva vd., 2016:55).

$$A^{(M)} = \arg \min_A \sum_{s=1}^S \rho(A, A^{(s)}) \quad (2.6)$$

(2.6)'daki elde edilen eşitlikte toplamın minimum değeri alınır. Kriter öncelikleri Eşitlik (2.6) yardımı ile elde edilen sonuç sayesinde Kemeny Medyan Yöntemi ile belirlenmiş olur. Kemeny Medyan Yöntemi ile  $X = (x_1, x_2, \dots, x_k)$  kriter önceliğini belirlemek için kullanılan adımların aynısı  $Y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$  kriter önceliğini belirlemede de kullanılır.

**6. Adım:** Modifiye edilmiş Sıralama Uygunluk Göstergesi (Indicator Rank Accordance) yöntemi ile ağırlıklar hesaplanır ve alternatifler sıralanır. 5. Adımda belirlenen kriter öncelikleri sıralamasından sonra kriterlerin ağırlıkları belirlenir. Sıralama Uygunluk Göstergesi yöntemi kriter ağırlıklarını belirlemede kullanılır. Bu adımda her bir kriter için ağırlık katsayıları bulunur. Ağırlık katsayıları bulunmadan önce 5. Adımda Kemeny Medyan Yöntemi ile belirlenen kriter öncelikleri sıralamasına göre, kriterler büyükten küçüğe doğru sıralanır.

Örneğin, bu tez çalışmasındaki uygulamada Kemeny Medyan Yöntemi ile elde edilen  $X=(x_1, x_2, \dots, x_k)$  ( $k=4$ ) ve  $Y=(y_1, y_2, \dots, y_n)$  ( $n=3$ ) kriter öncelikleri Eşitlik (2.7)'de gösterilmiştir.

$$x_2 > x_1 > x_4 > x_3 \quad \text{ve} \quad y_3 > y_2 > y_1 \quad (2.7)$$

Eşitlik (2.7)'deki öncelik sırasına göre kriterlerin ağırlıklarının sıralaması Eşitlik (2.8)'de gösterilmiştir.

$$w_{x_2} \geq w_{x_1} \geq w_{x_4} \geq w_{x_3} \geq 0 \quad \text{ve} \quad w_{y_3} \geq w_{y_2} \geq w_{y_1} \geq 0 \quad (2.8)$$

Eşitlik (2.8)'deki kriter ağırlıkları Eşitlik (2.9)'da belirtilen şartları sağlar.

$$w_{x_j}, w_{y_{j'}} \in [0; 1] \quad \text{ve} \quad w_{x_1} + w_{x_2} + w_{x_3} + w_{x_4} = 1, w_{y_1} + w_{y_2} + w_{y_3} = 1 \quad (2.9)$$

Her bir kriter için ağırlık katsayıları bulunurken Eşitlik (2.8)'de oluşturulan kriter ağırlıkları sıralamasına göre ve ağırlıklar toplamı 1'e eşit olacak şekilde ağırlık katsayı kombinasyon tablosu oluşturulur.

Alternatiflerin sıralaması, her bir alternatif için hesaplanan  $X_{w_x}(i) + Y_{w_y}(i)$  doğrusal kombinasyonlarının toplam değerlerine göre belirlenir.  $X_{w_x}(i)$  ve  $Y_{w_y}(i)$  değerleri Eşitlik (2.10) yardımı ile bulunur (Krylovas vd., 2016: 59).

$$X_{w_x}(i) = \sum_{j=1}^k w_{x_j} x_{ij}^* \quad , \quad Y_{w_y}(i) = \sum_{j'=1}^n w_{y_{j'}} y_{ij'}^* \quad (2.10)$$

Buradaki  $x_{ij}^*$  ve  $y_{ij'}^*$  değerleri Eşitlik (2.3) kullanılarak elde edilir. Geliştirilmiş Sıralama Uygunluk Göstergesi (Modified Indicator Rank Accordance) yönteminin amacı  $X_{w_x}(i)$  ve  $Y_{w_y}(i)$  değerlerine yakın  $w_x = (w_{x_1}, w_{x_2}, \dots, w_{x_k})$  ve  $w_y = (w_{y_1}, w_{y_2}, \dots, w_{y_n})$  katsayı değerlerini seçmektir. Bunun için de Eşitlik (2.11)'den yararlanılır (Krylovas vd., 2016: 60).

$$F(X, Y) = \min_{w_x, w_y} \sum_i |X_{w_x}(i) - Y_{w_y}(i)| \quad (2.11)$$

Eşitlik (2.11)'deki toplam bütün alternatifler için uygulanır ve aralarından minimum değer seçilir.

KEMIRA ile KEMIRA-M yöntemlerinin temel amacı, mevcut seçenekler arasından en iyi alternatifi belirleme ve izledikleri yollar bakımından aynı olmasına rağmen, bu iki yöntem bir takım farklılıklarla birbirinden ayrılmaktadır.

Bu iki yöntem arasındaki farklılıklar aşağıda belirtildiği üzere;

- KEMIRA yönteminde Eşitlik (2.11)'de gösterilen formülde  $X_{w_x}(a)$  ve  $Y_{w_y}(a)$  değerlerinin farklarının kareleri toplamının en küçük değeri elde edilir iken KEMIRA-M yönteminde bu değerlerin farkları toplamının en küçük değeri alınır.
- KEMIRA-M yönteminde Eşitlik (2.11)'deki toplam bütün alternatifler için ayrı ayrı uygulanırken, KEMIRA'da ise bu toplam sadece belirlenen en iyi alternatif için hesaplanır (Krylovas vd., 2016: 60).

### 2.1.3. KEMIRA-M Yöntemi için Literatür Taraması

Kosareva vd. (2016) çalışmalarında, güvenlik elemanı alımı için personel seçim probleminin çözümünde KEMIRA yöntemini ele almışlardır. G4S Lietuva şirketinden 118 güvenlik görevlisi rasgele seçilmiş. Çalışmada on iki güvenlik elemanı alternatifi, KEMIRA yöntemi ile değerlendirilmiştir. Kriterler; altı iç kriter ve dokuz dış kriter olmak üzere iki grupta incelenmiştir. 22 uzman kişi tarafından kriter öncelikleri belirlenmiştir. Çalışma sonunda araştırmacılar KEMIRA yönteminin personel seçimi için uygun bir yöntem olduğunu göstermişler ve diğer ÇKKV problemlerinin çözümü için de kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Krylovas vd. (2016) çalışmalarında, Vilnius şehrindeki tehlike içermeyen atıkları yakarak yok eden fabrika için yer seçim sürecinde KEMIRA-M yöntemini kullanmışlardır. Çalışmada kriterler mühendislik ve kentsel-soyal olmak üzere iki grupta incelenmiştir. Kriter önceliklerinin belirlenmesi amacıyla alanında uzman beş kişinin görüşü alınarak kriterlerin öncelik sırası belirlenmiştir. 7 alternatif arasından fabrika için uygun şartları ve koşulları sağlayan en iyi yeri belirlemişlerdir. Çalışma sonunda en uygun alternatif ve en son sırada yer alan alternatif belirlenmiştir. Ayrıca

KEMIRA-M yönteminin kentsel planlama sürecinde ÇKKV problemlerinin çözümü için uygun olduğu belirtilmiştir.

Sarıçalı ve Kundakçı (2017) çalışmalarında forklift alternatiflerinin değerlendirilmesi sürecinde KEMIRA-M yöntemini kullanmışlardır. Çalışmada kapalı depo şartlarına uygun tekstil işletmesi deposunda kullanılmak üzere forklift alım sürecinde 10 farklı markadan oluşan alternatifler, 7 kriter altında değerlendirilmiştir. Kriterler kendi içerisinde iç ve dış kriterler olmak üzere iki gruba ayrılarak incelenmiştir. Çalışmada 3 iç kriter, 4 dış kriter olmak üzere toplam 7 kriter altında inceleme yapılmıştır. Forklift seçim sürecinde alanında uzman 5 kişinin görüşleri alınmış ve bu uzman kişilerce kriter öncelikleri belirlenmiştir. Çalışma sonunda en uygun alternatif ve en son sırada yer alan alternatif belirlenmiştir. Yapılan bu çalışma iki özellik bakımından diğer çalışmalardan farklılık içermektedir; bunlardan birincisi ülkemizde KEMIRA-M yöntemini ele alan ilk çalışma olması, ikincisi ise forklift seçimi gibi farklı bir alanda uygulanmış olmasıdır.

Bu tez çalışmasında, KEMIRA-M yöntemi ile ilgili yapılan diğer çalışmalardan farklı olarak mermer fabrikasında kullanılmak üzere mermer kesme makinesi olan katarak makinesinin seçimi sürecinde COPRAS ve KEMIRA-M yöntemleri birlikte uygulanmıştır. Çalışmada KEMIRA-M yöntemi ile kriterlerin ağırlıkları bulunmuş ve COPRAS yöntemi ile de alternatifler değerlendirilmiştir. Bu şekilde KEMIRA-M ve COPRAS yöntemlerinin bir arada kullanılmasına dayanan entegre bir yöntem literatüre kazandırılmıştır.

## 2.2. COPRAS YÖNTEMİ

Vilnius Gediminas Teknik Üniversitesi araştırmacılarından Zavadskas ve Kaklauskas, 1996 yılında "Karmaşık Oransal Değerlendirme" anlamına gelen COPRAS (Complex Proportional Assesment) adında bir yöntem önermişlerdir. COPRAS yöntemi nicel ve nitel kriterleri değerlendirebilen bir ÇKKV yöntemidir (Özbek, 2017: 70).

İşletme açısından faaliyetlerin planlanması ve zamanında gerçekleşmesi süreci sırasında, birbirinden farklı birçok alternatif arasından bir seçim yapılması ve çok

sayıdaki değerlendirme ölçütünün bir arada ele alınmasını gerektirecek durumlar mutlaka meydana gelir. Bunun sonucunda da ÇKKV yöntemlerinin geliştirilmesi gerektiği düşüncesi ortaya çıkmıştır. COPRAS yöntemi de bu ÇKKV yöntemlerinden biridir (Özdağoğlu, 2013b: 229).

COPRAS yöntemi önem ve fayda dereceleri bakımından alternatifleri değerlendirme ve sıralama süreçlerinden oluşmaktadır. Kriter değerleri ölçüt değerlendirmesi bakımından faydalı kriterlerin üst düzeye çıkartılması ve faydasız kriterlerin ise en aza indirilmesi için kullanılmaktadır. COPRAS yöntemi birden fazla kriterin dikkate alınması gereken bir değerlendirmede hem maksimize hem de minimize edilmesi gereken her iki kritere de uygulanabilir (Podvesko, 2011: 137). COPRAS yönteminde alternatiflerin sıralanması ve değerlendirilmesi sürecinde kriterlerin maksimizasyon ve minimizasyon yönlü oluşları göz önüne alınarak bir çok alanda uygulaması yapılmıştır (Özbek, 2017: 70).

COPRAS yöntemini diğer ÇKKV yöntemlerinden ayıran özellikler ifade edilecek olursa;

- COPRAS yöntemi alternatifleri birbirleriyle karşılaştırarak diğer alternatiflerden ne kadar iyi ya da ne kadar kötü olduğunu yüzdesel oran şeklinde gösterir.
- PROMETHEE ve ELECTRE gibi ÇKKV yöntemleri uzun ikili karşılaştırmaların yapıldığı yöntemler olup COPRAS yönteminde ikili karşılaştırmalar yapılmadığı için alternatif sayısının fazla olması PROMETHEE ve ELECTRE yöntemlerine göre işlem sürecini çok zorlaştırmamaktadır (Özdağoğlu, 2013a:2).
- AHP, VIKOR ve TOPSIS gibi ÇKKV yöntemlerine göre COPRAS yönteminin kullanımını oldukça kolay ve daha basit işlemler içerir. COPRAS yönteminde özel herhangi bir program gerektirmeden Excel gibi daha kolay içerikli programlar ile çözüm üretmek mümkündür (Özbek, 2017: 70).

### 2.2.1. COPRAS Yönteminin Avantajları ve Dezavantajları

COPRAS yönteminin avantajları aşağıdaki gibi ifade edilebilir: (Mulliner vd., 2013: 274):

- TOPSIS ve AHP gibi ÇKKV yöntemleri ile kıyaslandığında çok uzun ve fazla hesaplamalara dayanmayan ve kullanım açısından oldukça basit bir yöntemdir.
- COPRAS yönteminde hem maksimize hem de minimize edilmek istenen kriterlerin her ikisi için de hesaplama yapılabilmektedir ve değerlendirme süreci sırasında da her iki kriter ayrı ayrı ele alınıp değerlendirilir.
- COPRAS yöntemi alternatiflerin yarar derecelerini gösterir. Alternatiflerin birbiriyle kıyaslaması yapılarak diğer alternatiflerden yüzdesel olarak ne kadar iyi ya da ne kadar kötü olduğunu ortaya koyar ve alternatiflerin sıralanmasına yardımcı olur.
- Yöntem hem kalitatif (nitel) hem de kantitatif (nicel) kriterleri değerlendirme olanağı sağlar.

COPRAS yönteminin dezavantajları şu şekilde ifade edilebilir:

- Yöntem tek başına kriter ağırlıklarını hesaplayamadığı için başka bir ÇKKV yöntemi ile ele alınarak kriter ağırlıklarının hesaplanmasına gidilir ya da karar vericiye bağlı olarak ağırlıklar belirlenir.

### 2.2.2. COPRAS Yönteminin Adımları

COPRAS yönteminde izlenecek adımlar şu şekilde özetlenebilir (Sarıçalı ve Kundakçı, 2016: 51):

Modelin başlangıcındaki değişkenler aşağıdaki gibidir.

$A_i$ : *i. alternatif*  $i = 1, 2, \dots, m$

$K_j$ : *j. değerlendirme kriteri*  $j = 1, 2, \dots, n$

$w_j$ : *j. değerlendirme kriterlerinin ağırlığı*  $j = 1, 2, \dots, n$

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

**1. Adım:** Öncelikle Eşitlik (2.12)'de görüldüğü gibi karar matrisi oluşturulur.  $D$  ile gösterilen karar matrisi  $x_{ij}$  değerlerinden oluşmaktadır.

$$D = \begin{matrix} & K_1 & K_2 & K_3 & \dots & K_n \\ A_1 & x_{11} & x_{12} & x_{13} & \cdot & x_{1n} \\ A_2 & x_{21} & x_{22} & x_{23} & \cdot & x_{2n} \\ A_3 & x_{31} & x_{32} & x_{33} & \cdot & x_{3n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ A_m & x_{m1} & x_{m2} & x_{m3} & \cdot & x_{mn} \end{matrix} \quad (2.12)$$

**2. Adım:** Eşitlik (2.13) yardımıyla normalize edilmiş karar matrisi elde edilir.

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} \quad \forall j = 1, 2, \dots, n \quad (2.13)$$

**3. Adım:** Her bir değerlendirme kriterinin ağırlık değeri ( $w_j$ ) ile normalize edilmiş karar matrisi kullanılarak,  $D'$  olarak simgelenen ve  $d_{ij}$  elemanlarını içeren ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi oluşturulur. Bu matris Eşitlik (2.14) yardımıyla oluşturulur.

$$D' = d_{ij} = x_{ij}^* \cdot w_j \quad (2.14)$$

**4. Adım:** Faydalı kriterler, istenilen sonuca ulaşmada daha yüksek değerlerin daha iyi durumu gösterdiği kriterleri ifade etmekte iken, faydasız kriterler ise istenilen sonuca ulaşmada daha düşük değerlerin daha iyi durumu gösterdiği kriterleri ifade etmektedir (Özdağoğlu, 2013a: 6-7). Daha sonra faydalı ve faydasız kriterler için ayrı ayrı ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisindeki değerlerin toplamı hesaplanır. Faydalı kriterler için ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisindeki değerlerin toplamı  $S_{i+}$ , faydasız kriterler için ise ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisindeki değerlerin toplamı  $S_{i-}$  olarak gösterilmektedir. Eşitlik (2.15) ve (2.16)'da  $S_{i+}$  ve  $S_{i-}$  değerlerinin hesaplanması sırasıyla görülmektedir.

$$S_{i+} = \sum_{j=1}^f d_{ij} \quad j=1,2,\dots,f \text{ faydalı kriterler} \quad (2.15)$$

$$S_{i-} = \sum_{j=f+1}^n d_{ij} \quad j=f+1, f+2, \dots, n \text{ faydasız kriterler} \quad (2.16)$$



**5. Adım:** Eşitlik (2.17) kullanılarak her alternatif için  $Q_i$  göreceli önem değeri hesaplanır.

$$Q_i = S_{i+} + \frac{\sum_{i=1}^m S_{i-}}{S_{i-} \cdot \sum_{i=1}^m \frac{1}{S_{i-}}} \quad (2.17)$$

Yöntemde en büyük değere sahip göreceli önem değeri alternatifler arasından en iyi alternatifi ifade edecektir.

**6. Adım:** Eşitlik (2.18) yardımıyla göreceli öncelik değerleri arasından en yüksek değere sahip göreceli öncelik değeri bulunur.

$$Q_{max} = \text{en büyük}\{Q_i\} \quad \forall i = 1, 2, \dots, m \quad (2.18)$$

**7. Adım:** Eşitlik (2.19) kullanılarak her bir alternatif için  $P_i$  performans indeksi hesaplanır.

$$P_i = \frac{Q_i}{Q_{max}} \cdot 100\% \quad (2.19)$$

$P_i$  performans indeksi 100 olan alternatif en iyi alternatifi ifade etmektedir. Performans indeks değerlerinin büyükten küçüğe doğru sıralanmasıyla alternatiflerin tercih sıralaması oluşturulmuş olur.

### 2.2.3. COPRAS Yöntemi İçin Literatür Taraması

Son zamanlarda, performans değerlendirmesi veya belirli kriterlere göre en iyi alternatifin belirlenmesi için ÇKKV yöntemlerinin farklı alan ve sektörlerde kullanıldığı görülmektedir (Uygurtürk ve Soylu, 2016: 641). ÇKKV yöntemlerinden biri olan COPRAS yönteminin, karmaşık kriterler ve çok sayıda alternatif içeren problemlere kolaylıkla uygulanabilme özelliği sayesinde literatürde çok farklı alanlarda uygulamaları yapılmıştır (Sarıçalı ve Kundakçı, 2016: 50). Aşağıda COPRAS yönteminin uygulandığı alanlar detaylı bir şekilde belirtilmiştir.

Ginevicius ve Podvezko (2006) çalışmalarında, COPRAS dâhil olmak üzere yedi ayrı ÇKKV yöntemini kullanarak inşaat işletmelerinin finansal yapılarını incelemişlerdir. Çalışmada işletmelerin finansal yapılarını ortaya koymak amacıyla kriter olarak dönen varlıklar-kısa vadeli yabancı kaynaklar, dönen varlıklar – stoklar/kısa vadeli yabancı kaynaklar, özkaynaklar/yabancı kaynaklar, aktif toplamı/yabancı kaynaklar ve dönen varlıklar/özkaynaklar gibi beş farklı finansal oran kullanmışlardır. Çalışmada yedi farklı yöntemle yapılan analizler sonucunda benzer sonuçlara ulaşılmıştır.

Kaklauskas vd. (2006), çalışmalarında, Litvanya’da Vilnius Gediminas Teknik Üniversitesi ana binasının, bina yenileme çalışmaları kapsamında ısı kaybını en aza indirmek için pencerelerinin değiştirilmesinde beş farklı müteahhit firmanın seçimine yönelik olarak COPRAS yönteminden faydalanılmıştır. Müteahhit firmanın seçimine yönelik oluşturulan teklifler inşaat mühendisliği bölümü tarafından on dört farklı kriter altında incelenmiştir.

Kaklauskas vd. (2007), çalışmalarında Litvanya’da bina yenileme çalışmaları sürecinde dokuz farklı pencere alternatifini belirlenen dokuz kritere göre COPRAS yöntemini kullanarak incelemiş ve alternatiflerin tercih sıralamasını yapmışlardır. Bu kriterlerden pencere fiyatı, teslimat süresi, ısı iletkenliği, kurulum maliyeti ve yapılan peşin ödeme faydasız kriterleri oluşturken, garanti süresi, ses yalıtımı, ışık geçirgenliği ve ışık yansımaları faydalı kriterleri oluşturmuştur.

Zavadskas vd. (2007), çalışmalarında yol yapımında birden fazla alternatifin birden çok kriter altında değerlendirilmesine yönelik bir yöntem geliştirme ve uygulamayı amaç edinmişlerdir. Bunun için yol yapımında tasarım seçeneklerini belirleyerek en uygun olanının seçiminde COPRAS yöntemini kullanmışlardır. Çalışma sonucunda en iyi yol tasarım alternatifi COPRAS yöntemi ile belirlenmiş olup araştırmanın COPRAS yönteminin kullanımı için uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Kaklauskas vd. (2010), çalışmalarında Litvanya’da bir akıllı bina projesi kapsamında temizlik işlerini yapacak olan robot alternatiflerinin değerlendirilmesi ve seçimi sürecinde COPRAS yöntemini kullanmışlardır. Bu kriterlerden fiyat, yükseklik

ve batarya dolun süresi faydasız kriteri oluştururken bu kriterlerin dışında kalanlar faydalı kriteri oluşturmaktadır.

Kanapeckiene vd. (2010), çalışmalarında yapı projelerinin yönetimi için bilgi tabanlı karar destek sistemi kullanan projenin gerçekleştirileceği alanı COPRAS yöntemi ile seçmişlerdir. Çalışmanın amacı, yapı endüstrisi modelinin yanı sıra bilgi tabanlı sistem mimarisi ve sistemi İnşaat Projeleri Yönetimi Karar Destek Sistemi için bütünleşmiş bilgi sunmaktır. Çalışmanın sonucunda parsellerin değerini altyapı ve mühendislik sistemlerinin önemli ölçüde etkilediği gözlenmiştir.

Chatterjee vd. (2011), çalışmalarında depolama tanklarının üretiminde kullanılmak üzere en uygun yedi farklı hammaddenin seçimini COPRAS yöntemi ile değerlendirmişler ve tercih sırası oluşturmuşlardır. Çalışmadaki faydalı kriterleri, dayanıklılık indeksi, akma mukavemeti, elastikiyet katsayısı oluştururken faydasız kriterleri ise, yoğunluk, ısı genleşme katsayısı, ısı iletkenlik katsayısı, özgül ısı oluşturmuştur. Bu çalışma ile aynı kapsamda bir başka uygulama daha gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışma ise yüksek ısıda oksijen yönünden zengin bir ortamda çalışmak üzere tasarlanan özel bir ürün için gereken en uygun malzemenin seçiminde altı farklı alternatif malzeme dört kriter altında COPRAS yöntemi kullanılarak değerlendirme yapılmıştır. Çalışmadaki faydalı kriterler sertlik derecesi, kesme hızına bağlı olarak malzemenin işlenebilirlik oranı ve paslanma direnci faydasız kriterler ise, maliyettir.

Popovic, Stanujkic ve Stojanovic (2012), yatırım projelerinin değerlendirmesinde COPRAS ve COPRAS-G (Complex Proportional Assessment of Alternatives to Grey relations) yöntemlerini kullanmışlardır. Çalışmada, alternatif projelerin performansları net ve aralık değerler kullanılarak ifade edilmiş ve en iyi proje COPRAS ve COPRAS-G yöntemleri kullanılarak seçilmiştir. Sayısal örnek yardımıyla önerilen yaklaşımın uygulanabilirliği ve etkinliği gösterilmiştir.

Stanujkic, Dordevic ve Dordevic (2013), Sırbistan'da faaliyet gösteren beş ticari bankanın derecelendirme çalışmasında farklı ÇKKV yöntemlerini uygulamışlardır. Kantitatif değerlendirme kriterleri olarak likidite, etkinlik, karlılık ve sermaye yeterliliği seçilmiş, alt kriterler olarak bankaların finansal tablolarından elde

edilen bilgilere göre hesaplanan finansal oranlar kullanılmıştır. Araştırmacılar çalışmada kullanılan farklı yöntemlerin farklı derecelendirme sonuçlarına neden olabileceğini belirtmişlerdir.

Das vd. (2012), çalışmalarında Hindistan'daki eğitim kurumlarının performanlarının değerlendirilmesi süreci sırasında Bulanık AHP ve COPRAS yöntemlerini kullanmışlardır. Çalışmada kriter ağırlıklarını belirlemek amacıyla Bulanık AHP yöntemi kullanılmıştır. COPRAS yöntemiyle de toplam yedi farklı teknik eğitim kurumu alternatifinin sıralaması yapılmıştır. COPRAS yönteminde faydalı kriterler, fakültenin gücü, öğrenci alımı, ödül kazanan doktora ünvanı sahibi eleman sayısı, patent kurumuna başvurusu yapılan toplam patent sayısı, toplam kampüs alanı iken faydasız kriter ise Hindistan para birimi cinsinden öğrenci katkı payı olmuştur.

Maity vd. (2012), çalışmalarında kesme takımı gereci seçimi sürecinde COPRAS-G yöntemini kullanmışlardır. Çalışmada on dokuz farklı alternatif kesme takımı gereci on farklı kritere göre değerlendirilmiştir. Çalışmada kullanılan kriterlerden doğrusal ısıl genleşme katsayısı ve kesme takımı gerecinin maliyetinin değerinin daha düşük düzeyde olması alternatifin daha fazla tercih edilmesine neden olacaktır. Yani yöntem gereğince bu kriterler faydasız kriterleri oluşturmaktadır.

Chatterjee ve Chakraborty (2012), çalışmalarında beş değerlendirme kriteri altında dokuz farklı alternatif dişli malzemesinin karşılaştırılmasında COPRAS-G adıyla bir model önermişler ve bu incelemelerin aynısını EXPROM-II, ORESTE ve OCRA yöntemleri ile de yapmışlar ve değerlendirmişlerdir. Çalışma sonucunda yöntem gereğince, yüzey katılığı, yüzey yorulması limit değeri, eğilme yorulması limit değeri ve azami gerilme gücü kriterlerinin değerinin büyük olması tercih edilme sebebinin yani faydalı kriterleri oluştururken, küçük değer tercih edildiği tek kriter ise maça sertliği yani faydasız kriterdir.

Gabrijela vd. (2012), çalışmalarında en iyi yatırım projesinin seçimi için COPRAS ve COPRAS-G yöntemini kullanmışlardır. Ele alınan 4 adet yatırım projesi; geri ödeme periyodu, net bugünkü değer, iç verim oranı ve kârlılık endeksi kriterleri kullanılarak değerlendirilmiştir.

Mandal ve Sarkar (2012), çalışmalarında en iyi imalat sistemi seçiminde COPRAS yöntemini kullanmışlardır. Çalışmada hızlı tüketim malları ticaretinde vaka temelli mantığın kurşun zamanlı, maliyet, kalite ve hizmet düzeyi ile zayıflık ve çeviklik arasındaki ilişki araştırılmaktadır. Çalışma sonucunda piyasa kazanan kriterlerin ve pazar yeterlilik kriterlerinin üç tip imalat sistemi üzerindeki etkisini analiz eden çerçevenin gerekçelendirilmesi ile sonuçlanmıştır. Son olarak, AHP ve COPRAS yöntemleri uygulanarak en iyi imalat sistemi seçilmiştir.

Ginevicius ve Podvieszko (2013), COPRAS dâhil olmak üzere, ÇKKV yöntemlerini kullanarak geliştirmekte olan Litvanya piyasasında 2007-2009 yılları arasında faaliyet gösteren sekiz bankanın sağlamlık ve istikrar değerlendirmesini yapmışlardır. İlgili çalışmada, bankaların sermaye yeterliliği, varlık kalitesi, yönetim yeterliliği, kazanç durumu ve likidite gibi kriterleri temsilen on finansal oran kullanılmıştır.

Özdağoğlu (2013a), çalışmasında üretim firmaları için pres seçeneklerini COPRAS yöntemi kullanarak incelemiştir. Bu çalışmada, 38 farklı eksantrik pres alternatifinin anma tonajı yüksekliği, maksimum kapalı kalıp yüksekliği, strok ayarı, koç ayarı, motor gücü ve birim vuruş süresi olmak üzere 6 kriter açısından incelenmiş olup çalışma sonucunda en iyi alternatif 38 numaralı alternatif olarak seçilmiştir.

Özdağoğlu (2013b), çalışmasında çok ölçütlü karar verme modellerinde normalizasyon tekniklerinin sonuçlara etkisini görmede COPRAS yöntemini kullanmıştır. Çalışmada 10 alternatif ve 5 değerlendirme içeren 10 farklı veri seti rastgele oluşturulmuştur. Veri setlerinin gerçek problemlere daha iyi aktarılabilmesi için kriter 4 ve 5 zaman ve maliyet açısından en küçük değer en iyi durumu ifade ettiği göz önüne alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Çalışma sonucunda, COPRAS yönteminin aslında yer alan doğrusal normalizasyon ile bu çalışmada yer alan vektör normalizasyonu tekniklerinde değerlendirme ölçütünün en yüksek veya en düşük olması dikkate alınmadan normalleştirme yapılmıştır. Çalışmada COPRAS yönteminin diğer aşamaları uygulandığında aynı sonuçlar elde edilmiştir.

Stanujkic vd. (2013) çalışmalarında, Sırbistan'da faaliyette bulunan bankaların performansını ölçmede SAW, ARAS, COPRAS, MOORA, GRA, CP (Compromise

Programming), VIKOR ve TOPSIS yöntemlerini kullanmışlardır. Bu çalışmanın amacı hangi metodun bankaların sıralamasını elde etmek için en uygun olduğunu belirlemek değildir. Çeşitli ÇKKV yöntemlerinin bazen farklı sıralama sonuçları oluşturabileceğini göstermek, farklı sonuçlara yol açan bazı nedenlerin altını çizmek ve farklı ÇKKV yöntemleri ile elde edilen farklı sonuçların rastgele bir olay olmadığını vurgulamaktır.

Zolfani ve Zavadskas (2013), çalışmalarında kırsal alanlarda bina yapı değerlendirmesi sürecinde COPRAS ve SWARA yöntemlerini kullanmışlardır. Çalışmada kırsal alanların geliştirilmesi için hem yeni hem de geleneksel teknolojiler araştırılmaktadır. Bu araştırmada İran bölgesindeki çölleşmiş alanlar bir vaka çalışması olarak incelenmiştir. SWARA yöntemi ile kriterlerin ağırlıkları belirlenmiş, COPRAS yöntemi ile de seçilen beş bina yapısının değerlendirilmesi yapılmıştır. Kriterler maliyet, kararlılık, yapım süresi, çevresel dostluk ve çevreyle uyumluluktur. Çalışma sonunda kararlılık en önemli kriter olmuş ve en iyi alternatif seçilmiştir.

Staniunas vd. (2013), çalışmalarında çok konutlu ev modernizasyonunun ekolojik-ekonomik değerlendirilmesi sürecinde COPRAS, TOPSIS ve WASPAS yöntemlerini birlikte kullanmışlardır. Çalışmada beş kriter altında beş alternatif değerlendirilmiş ve çalışma sonunda en iyi alternatif belirlenmiştir.

Rabbani vd. (2014), çalışmalarında petrol üreten şirketlerin performansını değerlendirmede COPRAS ve ANP yöntemlerine dayanan bir model önermişlerdir. Sürdürülebilirlik dengeli puan kartı ve ÇKKV'ye dayalı yeni yaklaşım, İran'daki petrol üreten şirketlerin performansını değerlendirmek için geliştirilmiştir. Bu çalışmada, değerlendirme göstergelerinin önem ağırlıkları ANP tekniği kullanılarak hesaplanmaktadır. Alternatiflerin değerlendirilmesi sürecinde ANP yönteminin uygulaması zaman alıcı olduğu için çalışmada alternatif öncelik sırasını belirlemede COPRAS yöntemi uygulanmıştır. Çalışma sonucunda Ulusal İran Güney Petrol Şirketi'nin en yüksek performansa sahip olduğu görülmüştür.

Drejeris ve Kavolynas (2014), çalışmalarında bina fonksiyonlarının uyumluluğunun sürdürülebilirliğini değerlendirmede COPRAS yöntemini kullanmışlardır. Çalışmada 11 kriter ele alınmış ve bahsedilen bu kriterlere dayanılarak mesleki değerlendirme için tavsiyeler verilmiştir. Çalışma sonunda en çok tercih edilen

ve en çok kullanılan BREEAM yöntemi araştırmacılar tarafından kullanılan bir araç olarak tasarlanmıştır.

Aksoy, Ömürbek ve Karaatlı'nın (2015) çalışmasında, Türkiye Kömür İşletmeleri'ne ait sekiz işletmenin AHP temelli MULTIMOORA ve COPRAS yöntemleri ile performanslarını değerlendirmişlerdir. 2008-2012 yıllarını kapsayan çalışmada belirlenen 7 kriter dikkate alınarak değerlendirme yapılmıştır. Çalışma sonucunda iki yönleme göre de aynı işletme birinci sırada yer almıştır.

Petkovic vd. (2015), çalışmalarında konvansiyonel olmayan seramik işleme sürecini belirlemede COPRAS ve WASPAS yöntemlerini birlikte kullanmışlardır. Çalışmada, on alternatif on kritere göre sıralanmıştır. Çalışma sonunda COPRAS yöntemine göre onuncu alternatif en iyi sıralamaya sahip iken WASPAS yöntemine göre de birinci alternatif en iyi sıralamaya sahip olmuştur.

Nuuter vd. (2015), çalışmalarında Avrupa kıtasındaki konut piyasasının sürdürülebilirliğini ölçmede COPRAS yöntemini kullanmışlardır. Çalışmada konut piyasasının sürdürülebilirliğinin bütünsel analizini gerçekleştirmek için konut kalitesinin değerlendirebilmek amacıyla Karar Destek Sistemi geliştirilmiştir. Bu sistem, seçilmiş ülkelerdeki konut piyasasının sürdürülebilirliğine ilişkin kriterlerin genel ekonomik, konut stoğu, konut ödenebilirliği, nüfus ve sosyal koşullar, konut kalitesi ve çevre kalitesi gibi kriterlere göre çoklu kriter değerlendirmesini gerçekleştirmeyi mümkün kılmaktadır. Çalışma sonunda tüm kriter grupları tarafından, en kalıcı konut piyasasının Danimarka'da olduğunu belirlenmiştir. Estonya, yedinci, Litvanya sekizinci ve Letonya dokuzuncu sırada yer almıştır.

Makhesana (2015), çalışmasında prototipleme sistemi seçimi sürecinde COPRAS yöntemini kullanmıştır. Çalışmada hızlı prototip oluşturma sürecinin seçiminde karar verme yönteminin metotlarını ortaya koymuştur. Çalışma sonunda COPRAS yöntemi yararlı bulunmuş ve her türlü karar verme durumuna uygulanabilirliği ortaya konulmuştur. Yöntem, diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında ve basit bir analiz akışıyla daha etkili sonuçlar sağladığı sonucuna varılmıştır.

Adalı ve Işık (2016), çalışmalarında klima seçim problemi sürecinde COPRAS ve ARAS yöntemlerini birlikte kullanmışlardır. Çalışmada tekstil şirketi tarafından belirlenen altı adet klima alternatifi değerlendirilmiştir. Çalışmada enerji verimliliği oranı, performans katsayısı, iyonlaştırıcının varlığı, maliyet, kapalı ortamda maksimum ses seviyesi, dış ortamda maksimum ses seviyesi, ısıtma için enerji tüketimi, enerji tüketimi için soğutma olmak üzere sekiz adet kriter belirlenmiştir. Bu iki yöntem kullanılarak klima alternatifleri sıralanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonunda en iyi klima alternatifi belirlenmiştir.

Sarıçalı ve Kundakcı (2016), çalışmalarında otel alternatiflerinin değerlendirilmesi sürecinde AHP ve COPRAS yöntemlerini birlikte kullanmışlardır. Çalışmada on beş adet alternatif otel belirlenen yedi adet kriter bakımından değerlendirilmiştir. Çalışmada oteldeki havuz sayısı, otele ait plajın uzunluğu ve otele ait alakart restoran sayısı kriterlerinin değerlerinin yüksek olması alternatif seçiminde olumlu yönde etkili olmakta iken erişkin bir kişinin günlük konaklama ücreti, otelin denize olan mesafesi, otelin havaalanına olan uzaklığı, otelin şehir merkezine olan uzaklığı kriterlerinin değerlerinin yüksek olması ise alternatif seçiminde olumsuz yönde etki edecektir. Çalışmanın sonunda en iyi otel alternatifi belirlenmiştir.

Organ ve Katrancı (2016), çalışmalarında Türkiye'nin de içinde bulunduğu 8 ülkeyi 5 adet kriter kullanarak sıralamışlardır. Bu çalışmada kırılğan sekizli ülkeler olarak adlandırılan ülkelerin yaşanılabilirlik düzeyleri ÇKKV yöntemlerinden olan COPRAS ve ARAS yöntemleri ile değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonunda COPRAS yöntemine göre Rusya, ARAS yöntemine göre de Brezilya en iyi ülke olarak seçilmiştir.

Ömürberk ve Eren (2016), çalışmalarında gıda sektöründe yer alan bir firmanın 13 finansal oran çerçevesinde 2005-2014 yılları arasındaki performansını PROMETHEE, MOORA ve COPRAS yöntemleri ile birlikte değerlendirmişlerdir. 2005-2014 yılları arasındaki sıralama her üç yöntem için de ayrı ayrı yapılmış ve elde edilen sonuçlar birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada kriterlerin ağırlıkları eşit alınmış ve PROMETHEE, MOORA ve COPRAS yöntemleri ile alternatifler değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonunda en iyi performansın 2014 yılına ait olduğu görülmüştür.



Kundakcı ve Işık (2016), çalışmalarında bir tekstil firması için hava kompresörü seçiminde COPRAS ve MACBETH yöntemlerini birlikte kullanmışlardır. Altı farklı hava kompresörü alternatifi dokuz farklı kriter altında değerlendirilmiştir. Çalışmada MACBETH yöntemiyle kriterlerin ağırlıkları belirlenmiş, COPRAS yöntemiyle de alternatiflerin sıralanması yapılarak en iyi olan alternatif seçilmiştir. Çalışma sonunda en iyi alternatif belirlenmiştir.

Uygurtürk ve Soylu (2016), çalışmalarında Borsa İstanbul'da işlem gören girişim sermayesinin yatırım ortaklıklarının likidite ve karlılık performanslarını COPRAS yöntemi ile analiz etmişlerdir. Bu kapsamda öncelikle 2013-2015 dönemine ait mali tablolarındaki bilgilerden yararlanılarak finansal oranlar hesaplanmış ve daha sonra hesaplanan oranlar COPRAS yöntemi ile analiz edilmiştir. Çalışmada sekiz farklı yatırım ortakları için sekiz farklı kriter değeri 2013, 2014, 2015 yılları için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda RHEAG işletmesinin analiz dönemindeki tüm yıllarda düşük performans sergileyerek son sıralarda yer aldığı tespit edilmiştir. Analiz döneminde EGYLO, EG CYO ve ISGSY'nin performans düşüşü, HDFGS ve VERTU'nun ise önemli bir performans yükselişi sergilediği saptanmıştır.

Özbek (2017a) çalışmasında, İlkokul Öğretmenleri Sağlık ve Sosyal Yardım Sandığı kanun ile kurulan ve üyelerinin faydalanma derecesini en yüksek noktaya taşımak durumunda olan bir kuruluş olan İlkokul Öğretmenleri Sağlık ve Sosyal Yardım Sandığı için performans ölçümü yapmıştır. Çalışmada performans ölçümünde dokuz adet ölçüt belirlenmiştir. Belirlenen ölçütlere göre İlkokul Öğretmenleri Sağlık ve Sosyal Yardım Sandığı'nın 2006-2015 yılları arasındaki bilanço ve gelir tabloları COPRAS, ELECTRE III ve TOPSIS yöntemleri kullanılarak analiz edilmiştir. Analiz sonuçları yöntemlere göre benzerlik göstermiştir. COPRAS ve TOPSIS yöntem sonuçları birbirine eşit çıkmıştır. Ancak ELECTRE III sonuçları bu iki yöntemin sonuçlarından biraz ayrılmıştır. COPRAS ve TOPSIS yöntemlerine göre en başarılı yıl 2007 olurken ELECTRE III'e göre 2014 yılı olmuştur.

Özbek (2017b), çalışmasında 1974 yılından itibaren Türkiye'de sosyal alanlarda faaliyet gösteren "Türkiye Diyanet Vakfı'nın" 2010-2014 yılları arasındaki performansını değerlendirmiştir. Performans değerlendirmesinde SAW, TOPSIS ve COPRAS yöntemleri kullanılmıştır. Çalışma sonunda Türkiye Diyanet Vakfı'nın SAW'a

göre 2014, COPRAS'a ve TOPSIS'e göre ise 2013 yılında en yüksek performansı gösterdiği belirlenmiştir.

Karaca vd. (2017), çalışmalarında Türkiye'nin elektrik üretiminde yenilenebilir enerji payının %100 olması halinde sektöre yapılacak ilave yatırımların istihdamda sağlayacağı artışı tahmin etmektedir. İlave yatırımlarda hangi yenilenebilir kaynağa ne kadar pay ayrılacağı COPRAS yöntemiyle belirlenmiştir. COPRAS'a göre belirlenen yenilenebilir enerji yatırım büyüklüklerinin ülkedeki istihdama yapacağı katkı Ulusal Enerji Laboratuvarı tarafından geliştirilen İstihdam ve Ekonomik Kalkınma Modeline göre tahmin edilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre fosil yakıtlı santraller yerine kurulacak 56.694 MW büyüklüğündeki yenilenebilir enerji santrallerinin kurulumu ve işletilmesiyle ülkede 576.664 kişiye doğudan, 322.852 kişiye dolaylı ve 233.030 kişiye uyarılmış olmak üzere toplamda 1.132.545 kişiye ilave istihdam sağlanacağı tahmin edilmektedir.

Can vd. (2017), çalışmalarında SWARA ve COPRAS yöntemlerini kullanarak farklı tablet markalarının kullanılabilirlik açısından karşılaştırılmasını yapmışlardır. Altı farklı tablet markası beş karar verici tarafından değerlendirilmiştir. Tablet markalarının değerlendirilmesinde ekranın sağlam olması, uyarı sisteminin etkinliği, hafif olması, işletim kolaylığı, şarj dolun süresinin kısa olması, şarj ömrünün uzun olması, işlem hızı, fotoğraf ve video görüntü kalitesi, bir sonraki işlem için yönlendirme etkinliği olmak üzere dokuz kriter dikkate alınmıştır. Kriter ağırlıklarının belirlenmesinde SWARA, alternatiflerin sıralanmasında ise COPRAS kullanılmıştır.

Ömürberk ve Balcı (2017), çalışmalarında European Statistics ve Türkiye İstatistik Kurumu verilerinden alınan bilgiler doğrultusunda Avrupa Birliği ülkeleri ve Türkiye'nin havayolu ulaşımının performans değerlendirme sürecinde Entropi ve COPRAS yöntemlerini birlikte ele alıp değerlendirmişlerdir. Çalışmada Entropi yöntemi ile kriterlerin ağırlıkları belirlenmiştir. COPRAS yöntemi ile de alternatiflerin performans açısından değerlendirmesi yapılmıştır. Son olarak çalışmada en iyi performansı Almaya, Birleşik Krallık, Belçika, Türkiye ve Fransa göstermiştir.

Kaplanoğlu (2018), çalışmasında Borsa İstanbul - kimya, petrol, kauçuk ve plastik ürünler sektöründeki şirketlerin nakit akış bilgilerine göre ARAS ve COPRAS

yöntemleriyle sıralamalarını bulmuş ve önerilerde bulunmuştur. Çalışmada bu sektördeki 32 şirketin performans sıralaması için nakit akış bilgilerine dayalı 18 adet oran kriter olarak belirlenmiş, 16 kriterin yüksek ve 2 kriterin düşük değerler olması tercih edilmiştir. ARAS ve COPRAS yöntemlerine göre yapılan sıralamalarda birebir aynı sonuçlar olmasa da birbiriyle benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Ömürbek vd. (2018), çalışmalarında Forbes Dergisinin yayınladığı Forbes 2000 listesinde ve havacılık sektöründe yer alan şirketleri dört kriter açısından değerlendirmişlerdir. Çalışmada kriter ağırlıkları Entropi yöntemi ile belirlenmiş ve daha sonra bu ağırlıkların kullanımı ile MAUT, COPRAS ve SAW yöntemleri uygulanmıştır. Daha sonra BORDA SAYIM yöntemi kullanılarak bu üç yöntemin uygulanması sonucunda elde edilen üç sıralamadan tek bir bütünleşik sıralama elde edilmiştir. Çalışma sonunda elde edilen bütünleşik sıralamada ilk iki şirket anavatani Amerika Birleşik Devletleri olan Delta Air Lines ve United Continental Holdings şirketleri olmuştur. Türk Hava Yolları ise 20. sıradadır.

Bu tez çalışmasında, COPRAS yöntemi ile ilgili yapılan diğer çalışmalardan farklı olarak mermer fabrikasında kullanılmak üzere mermer kesme makinesi olan katrik makinesinin seçimi sürecinde COPRAS ve KEMIRA-M yöntemleri birlikte uygulanmıştır. Çalışmada KEMIRA-M yöntemi yardımıyla kriter ağırlıkları belirlenmiş daha sonra katrik makinesi alternatiflerinin değerlendirilmesinde COPRAS yönteminden yararlanılmıştır. Böylece iki yöntemin bir arada kullanılmasına dayanan bütünleşik bir yaklaşım sunulmuştur.

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### KEMIRA-M VE COPRAS YÖNTEMLERİNİN MERMER İŞLETMESİNDE MAKİNE SEÇİM SÜRECİNE UYGULANMASI

Bu tez çalışmasında mermer fabrikasında kullanılmak üzere mermer kesme makinesi olan katraş makinesinin seçimi için KEMIRA-M yöntemi ile kriter ağırlıkları bulunmuş ve COPRAS yöntemi ile de alternatifler değerlendirilmiş ve fabrika için en ideal olan katraş makinesi belirlenmiştir. Mermer fabrikasında kullanılmak üzere katraş makinesinin seçimi sürecinde 8 farklı markadan oluşan alternatifler, 4 iç kriter, 3 dış kriter olmak üzere toplam 7 kriter altında değerlendirilmiştir. Katraş makinesinin seçimi sırasında ele alınan bu 7 kriter; blok kesim yüksekliği, maksimum lama sayısı, ana motor gücü, elektrik tüketimi, garanti süresi, servis ağı ve birim fiyattan oluşmaktadır.

Bu kriterlerden blok kesim yüksekliği blok kesim makinesi içerisindeki mermer bloklarının dikey olarak kesim yüzeylerinin maksimum yüksekliğini ifade eder. Blok kesim yüksekliği bloğun kesim sırasında sabit kalmasına etki eder. Aynı zamanda blok kesim yüksekliği lama bıçaklarının yüksekliğini de ifade etmektedir. Bu yükseklik kesilecek olan mermer bloklarının boyutlarını sınırlandıracağından büyük yüzey alanlı kullanım gerektiren mermer parçalarının kesimi için blok kesim yüksekliğinin fazla olması faydalı olacaktır. Büyük bir blok için kaynatılan segmentlerin toplam uzunluklarının katraşın mesafesine göre uygun olması gerekmektedir. Müşteriler tarafından büyük yüzey alanlı tek parça mermerler istenildiği durumda bu talebin karşılanması açısından işletmeler için önem arz edebileceği düşünülmektedir. Ayrıca blok kesim yüksekliğinin fazla olması birim zamanda kesilen mermer yüzey alanını da artıracaktır. Bu şekilde zamandan da tasarruf sağlanmış olacaktır.

Lamalar, sabitleştirilmiş mermer bloku üzerinde sürtünme hareketi sağlayarak kesme işlemini gerçekleştirir. Lamalar katraş makinesinde kesici bıçaklara verilen

isimdir. Kesilecek olan levhanın kalınlığına göre kalınlık azaldıkça makinenin ebatlarına göre maksimum lama sayısına ulaşılmaktadır. Örneğin maksimum 75 lamalı bir makinede 20 mm'lik plakalar elde edilebilirken 30 mm'lik kalınlıkta plakalar elde etmek için lama sayısı 53 adete düşürülebilir. Maksimum lama sayısına ulaşılması da genişliği fazla olan bir mermer bloğundan tek seferde elde edilecek levha sayısını etkileyecektir. Maksimum lama sayısı arttıkça daha geniş ebatlarda mermer bloklarının tek seferde levhalara ayrılmasına olanak sağlayacaktır. Bu da daha büyük ebatlı, daha geniş mermer bloklarının levhalara ayrılmasında ve birim zamanda daha fazla mermer levhası üretimi sağlayarak işletme açısından üretim hızının artmasına neden olacaktır.

Ana motor gücü, makinenin ebatları ile artmakla birlikte motor gücü arttıkça birim zamanda kesilen levha uzunluğunun boyutu da artacaktır. Yani motor gücünün fazla olması durumunda üretim hızının da doğru orantılı olarak artacağı düşünülebilir. Elektrik tüketimi, makinelerin ürettikleri güç doğrultusunda birim zamanda harcadıkları elektrik miktarını göstermektedir. Elektrik tüketimi fazla olan makineler işletmeler açısından maddi külfet oluşturur. Bu nedenle işletmeler makineleri seçerken elektrik tüketimi az, iş gücü yüksek olan makineleri seçmek isteyeceklerdir. Çünkü üretim sürecindeki maddi giderleri olabildiğince düşürerek karı artırmak isterler. Servis ağı ise, makinenin alımından sonra oluşabilecek arıza ve teknik sorun durumunda işlemin daha kısa sürede ve kolaylıkla çözüme ulaştırılmasında ve işin sürekliliğinin sağlanmasında makine seçimi açısından kriterler arasına alınması önem oluşturmaktadır.

### **3.1. KEMIRA-M YÖNTEMİNİN UYGULANMASI**

Yukarıda bahsedilen kriterler kendi içinde Tablo 3.1'de görüldüğü gibi iç ve dış kriterler olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Kriter sayısının çok fazla olduğu durumlarda işlem karmaşıklığını önlemek ve işleme kolaylık sağlamak amacıyla kriterler kendi içinde iki veya daha fazla gruplara ayrılır.

Bu tez çalışmasında Tablo 3.1'de görüldüğü üzere kriterler kendi içinde iç ve dış kriterler olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. İç kriterler katarak makinesinin teknik özelliklerini oluştururken, katarak makinesinin teknik özellikleri dışında kalanlar ve

katrak makinesinin seçiminde etkili olabilecek diğer kriterler ise dış kriterler olarak belirlenmiştir.

**Tablo 3.1.** Alternatif değerlendirme kriterleri

<b>İç Kriterler</b>	
$x_1$	Blok kesim yüksekliği (cm)
$x_2$	Maksimum lama sayısı (adet)
$x_3$	Ana motor gücü (hp)
$x_4$	Elektrik tüketimi (kw/dk)
<b>Dış Kriterler</b>	
$y_1$	Garanti süresi (yıl)
$y_2$	Servis ağı
$y_3$	Birim fiyat (TL)

İç kriterler  $X=(x_1, x_2, x_3, x_4)$  şeklinde gösterilmektedir. Kriterler belirlenirken makineden daha iyi faydalanılmasına ve daha iyi verim alınmasına dikkat edilmiştir. Ayrıca işletme açısından da fayda sağlanması amaçlanmıştır.  $x_1$ -Blok kesim yüksekliği (cm), bu yükseklik kesilecek olan mermer bloklarının boyutlarını sınırlandıracağından büyük yüzey alanlı kullanım gerektiren mermer parçalarının kesimi için blok kesim yüksekliğinin fazla olması faydalı olacaktır.  $x_2$ - maksimum lama sayısı (adet), lama sayısının artması daha geniş ebatlarda mermer bloklarının tek seferde levhalara ayrılması konusunda olanak sağlaması açısından önemlidir.  $x_3$ - Ana motor gücü (hp), motor gücünün fazla olması durumunda üretim hızının da doğru orantılı olarak artacağı düşünülebilir. Bu da işletmeler açısından önem arz etmektedir.

Dış kriterler  $Y=(y_1, y_2, y_3)$  şeklinde gösterilmektedir. Kriterler belirlenirken işletme açısından uygun olabilecek durumlar ve koşullar gözönüne alınmıştır.  $y_1$ -Garanti süresi, katrak makinesinin kullanım süresi olarak üretici firma işletmeye ne kadar uzun süre, parça ve tamir garantisi verirse, hem sağlamlık açısından hem de tamir giderlerinin dolaylı olarak düşük olmasını sağlayacağından makine seçim sürecinde işletme açısından oldukça önemli bir kriteri oluşturur.  $y_2$ -Servis ağı katrak makinesinin teknik desteğini gösterdiğinden güvenilirlik açısından önemli bir kriteri teşkil eder.

Ayrıca, makinenin çalışma süreci esnasında oluşabilecek herhangi bir arıza durumunda sıkıntının bir an önce giderilip makinenin kısa sürede tekrar kullanılabilmesi ve işletme açısından da işlerin aksamaması için de gerekli bir kriteri oluşturmaktadır.  $y_3$ - Birim fiyatı (TL) makine alım sürecinde işletmenin mevcut sermayesini daha aktif ve uygun bir şekilde kullanması bakımından birim fiyatın olabildiğince düşük olması işletme sermayesi açısından oldukça avantaj sağlayan bir kriter olmaktadır.

Katnak makinesi alımı sürecinde dikkate alınacak kriterler belirlendikten sonraki aşamada ilgili konuda alanında uzman kişiler tarafından kriterlerin öncelik sıralaması yapılmıştır. Bu tez çalışmasında mermer fabrikalarında çalışan 5 uzman kişinin görüşüne başvurulmuştur. Uzmanların görüşlerine göre kriterlerin öncelik sıralaması Tablo 3.2’de gösterilmiştir. Tablo 3.2’de 1 ile gösterilen değerler öncelik olarak önem sırasına göre üst seviyede yer aldığını belirtmektedir. Sayısal değerler arttıkça önem sırası azalmaktadır.

**Tablo 3.2.** Beş uzman grup tarafından belirlenen kriterlerin öncelik sıralaması

UZMAN GRUP	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	y <sub>1</sub>	y <sub>2</sub>	y <sub>3</sub>
1	4	1	3	2	2	1	3
2	2	1	3	4	2	3	1
3	2	1	3	4	2	1	3
4	2	1	4	3	3	2	1
5	4	1	2	3	3	1	2

Tablo 3.2’de beş uzman tarafından belirlenen kriterlerin öncelik sıralaması aşağıda gösterilmiştir.

$$\begin{aligned}
 (U_1) \quad & x_2 > x_4 > x_3 > x_1 & y_2 > y_1 > y_3 \\
 (U_2) \quad & x_2 > x_1 > x_3 > x_4 & y_3 > y_1 > y_2 \\
 (U_3) \quad & x_2 > x_1 > x_3 > x_4 & y_2 > y_1 > y_3 \\
 (U_4) \quad & x_2 > x_1 > x_4 > x_3 & y_3 > y_2 > y_1 \\
 (U_5) \quad & x_2 > x_3 > x_4 > x_1 & y_2 > y_3 > y_1
 \end{aligned} \tag{3.1}$$

Tablo 3.3’te çalışmada kullanılan katnak makinesi alternatiflerinin belirlenen 7 kriter için karar matrisi oluşturulmuştur. Bu tez çalışmasındaki 8 alternatif katnak makinelerinin kullanıldığı mermer fabrikalarından seçilmiştir. Belirlenmiş olan bu kriterler üzerinden markaların yetkili satış mağazalarından kriterlere uygun modelin  $y_3$ - birim fiyatları öğrenilmiştir.  $y_2$ -servis ağı kriteri için alternatif değerleri, markaların tüm

bölgelerde yer alan toplam bayi sayılarını ifade etmektedir. Diğer dış kriter verilerinin bilgileri de benzer şekilde yetkili satıcılardan alınmıştır. İç kriter verileri ise markaların teknik özelliklerinin yer aldığı listelerden faydalanılarak elde edilmiştir. Elde edilen bu veriler ışığında Tablo 3.3'te görüldüğü üzere karar matrisi oluşturulmuştur.

**Tablo 3.3.** Başlangıç karar matrisi

Alternatifler	Kriterler						
	y <sub>1</sub>	y <sub>2</sub>	y <sub>3</sub>	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>
A <sub>1</sub>	2	7	620.000	185	40	75	56,85
A <sub>2</sub>	2	7	690.000	205	80	154	132,75
A <sub>3</sub>	1	15	700.000	200	80	147,5	132
A <sub>4</sub>	3	10	720.000	190	75	150	128
A <sub>5</sub>	1	3	600.000	200	80	150	122
A <sub>6</sub>	2	1	650.000	210	80	155	135
A <sub>7</sub>	2	1	680.000	210	50	90	122
A <sub>8</sub>	1	2	550.000	200	80	110	122

Bazı kriter değerlerinin yüksek olması işletme açısından çok da istenilen bir durum teşkil etmez. Bu kriter değerlerini minimize ederek işletme açısından daha uygun hale getirilebilir. Bu tez çalışmasında da minimizasyon kriterlerinin değerleri,  $(\frac{1}{x_{ij}}, \frac{1}{y_{ij}})$  şeklinde ifade edilerek uygun veriler halinde kullanılmıştır. Bu çalışmada,  $x_4$ - Elektrik tüketimi (kw/dk) ve  $y_3$ -birim fiyatı (TL) değerlerinin yüksek olması işletme açısından istenilen bir durum oluşturmadığından, bu değerler  $(\frac{1}{x_{ij}}, \frac{1}{y_{ij}})$  şeklinde ifade edilerek Tablo 3.4 oluşturulmuştur.



**Tablo 3.4.** Kriterlerin maksimizasyon ve minimizasyon durumuna göre düzenlenmiş veriler

Alternatifler	Kriterler						
	y1	y2	y3	x1	x2	x3	x4
A <sub>1</sub>	2	7	0,00000161290	185	40	75	0,0175901
A <sub>2</sub>	2	7	0,00000144928	205	80	154	0,007533
A <sub>3</sub>	1	15	0,00000142857	200	80	147,5	0,0075758
A <sub>4</sub>	3	10	0,00000138889	190	75	150	0,0078125
A <sub>5</sub>	1	3	0,00000166667	200	80	150	0,0081967
A <sub>6</sub>	2	1	0,00000153846	210	80	155	0,0074074
A <sub>7</sub>	2	1	0,00000147059	210	50	90	0,0081967
A <sub>8</sub>	1	2	0,00000181818	200	80	110	0,0081967

Tablo 3.4'teki verilerden yararlanılarak 8 alternatif için, Eşitlik (2.3) yardımıyla kriter değerlerinin normalizasyonu yapılmış ve Tablo 3.5 elde edilmiştir.

**Tablo 3.5.** Normalize edilmiş karar matrisi

Alternatifler	Kriterler						
	y1*	y2*	y3*	x1*	x2*	x3*	x4*
A <sub>1</sub>	0,5000	0,4286	0,5218	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000
A <sub>2</sub>	0,5000	0,4286	0,1407	0,8000	1,0000	0,9875	0,0123
A <sub>3</sub>	0,0000	1,0000	0,0924	0,6000	1,0000	0,9063	0,0165
A <sub>4</sub>	1,0000	0,6429	0,0000	0,2000	0,8750	0,9375	0,0398
A <sub>5</sub>	0,0000	0,1429	0,6471	0,6000	1,0000	0,9375	0,0775
A <sub>6</sub>	0,5000	0,0000	0,3484	1,0000	1,0000	1,0000	0,0000
A <sub>7</sub>	0,5000	0,0000	0,1903	1,0000	0,2500	0,1875	0,0775
A <sub>8</sub>	0,0000	0,0714	1,0000	0,6000	1,0000	0,4375	0,0775

Normalize edilmiş kriter değerleri  $[0; 1]$  aralığında yer almalıdır.

### 3.1.1. Kemeny Medyan Yöntemi ile Kriter Önceliklerinin Belirlenmesi

KEMIRA-M yöntemi, Eşitlik (3.1)'de verilen alanında uzman kişilerin görüşlerinden faydalanarak kriterlerin öncelik sırasını belirlemede KEmeney Medyan Yöntemi ile kriterlerin medyan değerlerini bulmaya dayanır. Bu tez çalışmasında,  $X=(x_1, x_2, x_3, x_4)$  iç kriter sayısı 4 olduğundan dolayı medyan değerleri  $4!=24$  olası seçenek arasından belirlenir. Benzer şekilde  $Y=(y_1, y_2, y_3)$  dış kriter sayısı 3 tane olduğundan dolayı medyan değerlerini  $3!=6$  olası seçenek arasından belirlenir. Daha sonra elde edilen medyan temel alınarak Eşitlik (3.2)'de gösterildiği gibi herbir kriter değeri için ağırlıklı ortalama hesaplanır.

$$X_{w_x} = w_{x_1}x_1^* + w_{x_2}x_2^* + w_{x_3}x_3^* + w_{x_4}x_4^* \quad , \quad W_x = (w_{x_1}, w_{x_2}, w_{x_3}, w_{x_4}) \quad (3.2)$$

$$Y_{w_y} = w_{y_1}y_1^* + w_{y_2}y_2^* + w_{y_3}y_3^* \quad , \quad W_y = (w_{y_1}, w_{y_2}, w_{y_3})$$

Örneğin, medyan öncelik sırası  $x_2 > x_3 > x_4 > x_1$  şeklinde olsun. Bu durumda ağırlıkları da kriter öncelik sırasına göre aşağıdaki gibi oluşturulur ve yöntem gereğince ağırlıklar toplamı da 1'e eşit olur.

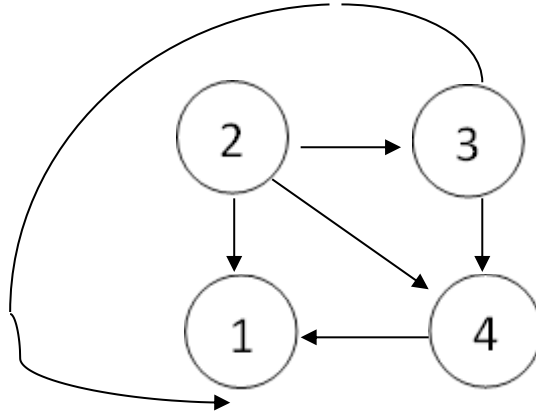
$$w_{x_2} \geq w_{x_3} \geq w_{x_4} \geq w_{x_1} \quad , \quad w_{x_2} + w_{x_3} + w_{x_4} + w_{x_1} = 1 \quad (3.3)$$

### 3.1.2. X Kriteri için Medyan Belirleme

KEMIRA-M yöntemine göre; birinci aşamada, kriter önceliklerinin belirlenmesi için Kemeny Medyan yöntemi kullanılır. Bunun için Tablo 3.2'deki verilerden faydalanılır. Tablo 3.2'de yer alan iç ve dış kriterlerin sayı kendi aralarındaki kriter öncelikleri sırasıyla belirlenir. X kriterinin önceliği  $X=(x_1, x_2, x_3, x_4)$  ve Y kriterinin önceliği  $Y=(y_1, y_2, y_3)$ , 5 uzman kişi tarafından belirlenir. Uzmanlar kriterlerin öncelik sıralamasını birbirlerinden bağımsız olarak kendi görüşleri doğrultusunda karar verip belirlemişlerdir.

Tablo 3.2'de verilen bu beş uzman kişinin görüşü basit yönlü bir diyagram ile gösterilebilir (Krylovas, 2016: 58). Örneğin beşinci uzmanın görüş sıralaması

$x_2 > x_3 > x_4 > x_1$  Şekil 3.1’de gösterilen  $R^{(1)} = \{(2; 1), (2; 3), (2; 4), (3; 4), (3; 1), (4; 1)\}$  diyagramı tarafından elde edilir.



**Şekil 3.1:** Beşinci uzman tarafından  $x_2 > x_3 > x_4 > x_1$  şeklinde yapılan  $X$  kriteri öncelik sıralamasını gösteren basit yönlü diyagram

Şekil 3.1’de oluşturulan diyagram  $a_{jj^*} = \begin{cases} 0, & \text{eğer } x_j < x_{j^*} \\ 1, & \text{eğer } x_j > x_{j^*} \end{cases} \quad S = 1, 2, \dots, 5$

şeklinde olan  $A^{(S)} = (a_{jj^*})_{4 \times 4}$  kare matris şeklinde de yazılabilir. Bu matrisin köşegen elemanları sifıra eşittir.  $x_{jj} = 0, j=1, 2, 3, 4$ . Ayrıca  $a_{jj^*} = 1 - a_{j^*j}, j \neq j^*$ ’dir.

Örneğin; birinci uzman ( $U_1$ ) tarafından oluşturulan  $x_1 - x_4$  kriterlerinin önceliği oluşturulur.

$$A^{(1)} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \text{ şeklinde elde edilir.}$$

Benzer şekilde diğer uzmanlar tarafından oluşturulan kriter önceliği matrisleri de aşağıda belirtilmiştir.

$$A^{(2)} = A^{(3)} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad A^{(5)} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad A^{(4)} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

$A^{(r)}$  ve  $A^{(S)}$  matrisleri tarafından tanımlanan iki farklı sıralama arasındaki farkın ölçümü Eşitlik (2.5) kullanılarak elde edilir. Eşitlik (2.5)’te gösterilen  $k$  değeri

$x_1, x_2, \dots, x_n$  kriterlerin sayısını göstermektedir. Bu tez çalışmasında  $X$  kriterlerinin sayısı 4 olduğundan dolayı buradaki  $k$  değeri de 4'e eşit olur.

Eşitlik (2.5)'ten yararlanılarak her iki matris için sırayla  $m$ . satır,  $n$ . sütun elemanlarının farkının mutlak değerleri hesaplanır.

Örneğin;

$$\rho(A^{(1)}, A^{(5)}) = |0 - 0| + |0 - 0| + |0 - 0| + |0 - 0| + |1 - 1| + |0 - 0| + |1 - 1| + |1 - 1| + |1 - 1| + |0 - 0| + |0 - 0| + |0 - 1| + |1 - 1| + |0 - 0| + |1 - 0| + |0 - 0| = 2$$

Beş uzman kişi tarafından tanımlanan  $A^{(1)}, A^{(2)}, \dots, A^{(5)}$  öncelik matrisleri oluşturulsun. Teoriksel açıdan, çalışmada  $k=4$  olduğundan medyan  $A^{(M)} = \parallel a_{jj^*} \parallel_{4 \times 4}$  matrisi  $4!=24$  olası matris içinden belirlenir. Fakat bu 24 olası seçeneği incelemek oldukça uzun ve zaman alıcı olduğu için yöntem bu durum karşısında arama alanının daraltılmasını uygun görür. Bu tez çalışmasında 5 matrisin  $j$  ve  $k$  indislerine sahip tüm elemanları eşit olduğundan,

$$a_{jj^*}^{(M)} = a_{jj^*}^{(1)} = a_{jj^*}^{(2)} = \dots = a_{jj^*}^{(5)} \text{ elde edilir.}$$

Bu durumda,

$$A^{(M)} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & a_{13} & a_{14} \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ a_{31} & 0 & 0 & a_{34} \\ a_{41} & 0 & a_{43} & 0 \end{pmatrix} \quad (3.4)$$

Eşitlik (3.4)'teki medyan matrisi elde edilir.

Görüldüğü üzere Eşitlik (3.4)'te elde edilen medyan matrisinin elemanlarından sadece 3 tanesi bilinmemektedir, çünkü  $a_{jj^*} + a_{j^*j} = 1$  ve  $j \neq j^*$  özdeşlikleri basit yönlü diyagram matrisi için geçerlidir (Krylovas, 2016: 57).

Bu yüzden  $a_{31} = 1 - a_{13}$  ,  $a_{41} = 1 - a_{14}$  ve  $a_{43} = 1 - a_{34}$  ve  $j \neq j^*$  olma durumu da göz önüne alınarak 8 olası matris içinden medyan araştırılır.

Eşitlik (2.4)'ten yararlanılarak 8 olası matrisin öncelik kriter matrisi oluşturulur.

$$\begin{aligned}
 A^1 &= \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} & A^2 &= \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} & A^3 &= \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \\
 A^4 &= \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} & A^5 &= \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} & A^6 &= \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \\
 A^7 &= \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} & A^8 &= \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}
 \end{aligned} \tag{3.5}$$

Eşitlik (2.5) kullanılarak,

$$\begin{aligned}
 \sum_{S=1}^5 \rho(A^1, A^{(S)}) &= 0 + 6 + 6 + 4 + 2 = 18 & \sum_{S=1}^5 \rho(A^2, A^{(S)}) &= 12 \\
 \sum_{S=1}^5 \rho(A^3, A^{(S)}) &= 16 & \sum_{S=1}^5 \rho(A^4, A^{(S)}) &= 14 \\
 \sum_{S=1}^5 \rho(A^5, A^{(S)}) &= 16 & \sum_{S=1}^5 \rho(A^6, A^{(S)}) &= 14 \\
 \sum_{S=1}^5 \rho(A^7, A^{(S)}) &= 16 & \sum_{S=1}^5 \rho(A^8, A^{(S)}) &= 14
 \end{aligned}$$

Minimum toplam değere  $A^2$  matrisinde ulaşılır. Bu durumda 5 uzman kişi görüşünün arasından en iyisini temsil eden medyan değeri iç kriterlerin tercihinde belirlenen  $U_2 = U_3 = (2, 1, 3, 4)$ , yani  $x_2 > x_1 > x_3 > x_4$  şeklinde olmuştur. Sıralamadan da görüldüğü üzere en yüksek önceliğe maksimum lama sayısı sahip iken, ikinci sırada blok kesim yüksekliği, üçüncü sırada ana motor gücü ve en son sırada ise elektrik tüketimi gelmektedir.

Her bir alternatif için Eşitlik (3.6)'daki gibi ağırlıklı ortalama değerleri yazılır.

$$X_{w_x}(i) = \sum_{j=1}^4 w_{x_j} x_{ij}^* = w_{x_1} x_{i1}^* + w_{x_2} x_{i2}^* + w_{x_3} x_{i3}^* + w_{x_4} x_{i4}^* \tag{3.6}$$

Burada ağırlıklar,

$$w_{x_2} \geq w_{x_1} \geq w_{x_3} \geq w_{x_4} \geq 0 \text{ ve } w_{x_1} + w_{x_2} + w_{x_3} + w_{x_4} = 1' \text{ dir.} \tag{3.7}$$

### 3.1.3. Y Kriteri için Medyan Belirleme

KEMIRA-M yönteminin ilk aşamasında Kemeny Medyan yöntemi hem iç kriterler hem dış kriterler olmak üzere Tablo 3.2’de gösterilen kriter öncelikleri için ayrı ayrı uygulanır.  $X=(x_1, x_2, x_3, x_4)$ ,  $Y=(y_1, y_2, y_3)$  kriterleri Tablo 3.2’de görüldüğü gibi beş uzman kişinin öncelik sırasına göre belirlenmiştir.

Y kriteri (dış kriterler) için, bu beş uzman kişi tarafından oluşturulan kriter öncelik sıralaması Eşitlik (3.8)’de gösterilmiştir.

$$\begin{aligned}
 (U_1) \quad y_2 > y_1 > y_3 & \qquad \qquad \qquad (3.8) \\
 (U_2) \quad y_3 > y_1 > y_2 \\
 (U_3) \quad y_2 > y_1 > y_3 \\
 (U_4) \quad y_3 > y_2 > y_1 \\
 (U_5) \quad y_2 > y_3 > y_1
 \end{aligned}$$

Uzmanların görüşleri doğrultusunda oluşturulan kriter öncelik matrisleri  $A^{(S)} = (a_{jj^*})_{3 \times 3}$  Eşitlik (2.4)’ten yararlanılarak elde edilir.

$$\begin{aligned}
 A^{(1)} = A^{(3)} &= \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}_{3 \times 3} & A^{(2)} &= \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}_{3 \times 3} & A^{(4)} &= \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}_{3 \times 3} \\
 A^{(5)} &= \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}_{3 \times 3}
 \end{aligned}$$

Bu tez çalışmasında  $n=3$  olduğundan dolayı medyan  $A^{(M)} = \parallel a_{jj^*} \parallel_{3 \times 3}$  matrisi  $3!=6$  olası matris içinden belirlenmelidir.

6 Olası seçenek için öncelik matrisleri şu şekilde oluşturulmuştur:

$$\begin{aligned}
 A^{(1)} = A^{(3)} &= \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} & A^{(2)} &= \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{pmatrix} & A^{(4)} &= \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{pmatrix} \\
 A^{(5)} &= \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix} & A^{(6)} &= \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} & A^{(7)} &= \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}
 \end{aligned}$$

$A^{(r)}$  ve  $A^{(S)}$  matrisleri tarafından tanımlanan iki farklı sıralama arasındaki farkın ölçümü Eşitlik (2.5) yardımıyla elde edilir. Bu eşitlikte gösterilen  $n$  değeri  $y_1, y_2, \dots, y_n$  kriterlerin sayısını ifade etmektedir. Bu tez çalışmasında  $Y$  kriterlerinin (dış kriter) sayısı 3 olduğundan dolayı  $n$  değeri de 3'e eşittir.

Beş uzman kişi tarafından tanımlanabilen  $A^{(1)}, A^{(2)}, \dots, A^{(5)}$  öncelik matrisleri oluşturulur. Bu tez çalışmasında  $n$  değeri 3'e eşit olduğundan medyan  $A^{(M)} = \|\|a_{jj^*}\|_{3 \times 3}$  matrisi  $3! = 6$  olası matris içinden belirlenir. 6 olası durumun kriter öncelik matrisleri arasından  $A^{(M)}$  medyan matrisini bulmada Eşitlik (2.5)'ten yararlanılır.

$$\sum_{S=1}^5 \rho(A^{(1)}, A^{(S)}) = 0+6+0+4+2=12$$

$$\sum_{S=1}^5 \rho(A^{(2)}, A^{(S)}) = 6+0+6+2+4=18$$

$$\sum_{S=1}^5 \rho(A^{(3)}, A^{(S)}) = 0+6+0+4+2=12$$

$$\sum_{S=1}^5 \rho(A^{(4)}, A^{(S)}) = 4+2+4+0+2=12$$

$$\sum_{S=1}^5 \rho(A^{(5)}, A^{(S)}) = 2+4+2+2+0=10$$

$$\sum_{S=1}^5 \rho(A^{(6)}, A^{(S)}) = 2+4+2+6+4=18$$

$$\sum_{S=1}^5 \rho(A^{(7)}, A^{(S)}) = 4+2+4+4+6=20$$

Minimum toplam değere  $A^{(5)}$  matrisinde ulaşılmıştır. Bu durumda 5 uzman kişi tarafından en iyi görüşü temsil eden medyan değeri dış kriterlerin tercihinde belirlenen  $U_5 = (2, 3, 1)$  veya  $y_2 > y_3 > y_1$  şeklinde ifade edilir. Görüldüğü üzere en yüksek önceliğe servis ağı sahipken onu sırasıyla, birim fiyatı ve garanti süresi takip eder.

Her bir alternatif için Eşitlik (3.9)'daki gibi ağırlıklı ortalama değerleri yazılır.

$$Y_{w_y}(i) = \sum_{j'=1}^3 w_{y_{j'}} y_{ij'}^* = w_{y_1} y_{i1}^* + w_{y_2} y_{i2}^* + w_{y_3} y_{i3}^* \quad (3.9)$$

Burada ağırlıklar  $w_{x_1}, w_{x_2}, w_{x_3}$

$$w_{y_2} \geq w_{y_3} \geq w_{y_1} \geq 0 \quad \text{ve} \quad w_{y_1} + w_{y_2} + w_{y_3} = 1 \quad \text{dir} \quad (3.10)$$

### 3.1.4. Modifiye Edilmiş Sıralama Uygunluk Göstergesi (Indicator Rank Accordance) Yöntemi ile Ağırlıkların Hesaplanması ve Alternatiflerin Sıralanması

Kriter öncelikleri belirlendikten sonraki aşamada Sıralama Uygunluk Göstergesi yöntemi ile kriterlerin ağırlıkları belirlenir. Eşitlik (3.7) ve Eşitlik (3.10)'da belirtilen koşulları sağlayan  $w_{x_j}, w_{y_{j'}} \in [0; 1]$  ağırlıklı katsayıları bulunur.

Tablo 3.6 ve Tablo 3.7'de  $w_{x_j}, w_{y_j}$ 'nin olası ağırlıklı katsayı değerleri gösterilmiştir. Eşitlik (3.10)'da görüldüğü üzere  $w_{y_1} + w_{y_2} + w_{y_3} = 1$  ve  $w_{y_2} \geq w_{y_3} \geq w_{y_1} \geq 0$  koşullarını sağlayacak şekilde kriter ağırlıklarının tablosu oluşturulur. Burada en önemli kriterin alacağı en büyük ağırlık değeri 1 olmak zorundadır. Tablo 3.6 oluşturulurken kriterlerin ağırlık sıralaması ve ağırlıklarının toplamı 1'e eşit olma kuralı dikkate alınarak  $w_{y_j}$  ağırlıklarının olası durumları elde edilir.  $w_{y_j} \in [0; 1]$  kriterinin ağırlıklarının katsayısının  $0 \leq w_{y_j} \leq 1$  aralığında olduğuna da dikkat edilmelidir. Benzer şekilde Tablo 3.7 de Tablo 3.6 gibi elde edilir.

**Tablo 3.6.**  $w_{x_2} \geq w_{x_1} \geq w_{x_3} \geq w_{x_4} \geq 0$  koşulunu sağlayan  $w_{x_j}$  ağırlıklarının olası durumları

No	$w_{x_1}$	$w_{x_2}$	$w_{x_3}$	$w_{x_4}$	No	$w_{x_1}$	$w_{x_2}$	$w_{x_3}$	$w_{x_4}$
1	0	1	0	0	13	0,4	0,5	0,1	0
2	0,1	0,9	0	0	14	0,3	0,5	0,2	0
3	0,2	0,8	0	0	15	0,3	0,5	0,1	0,1
4	0,1	0,8	0,1	0	16	0,2	0,5	0,2	0,1
5	0,3	0,7	0	0	17	0,4	0,4	0,2	0
6	0,2	0,7	0,1	0	18	0,4	0,4	0,1	0,1
7	0,1	0,7	0,1	0,1	19	0,3	0,4	0,3	0
8	0,4	0,6	0	0	20	0,3	0,4	0,2	0,1
9	0,3	0,6	0,1	0	21	0,2	0,4	0,2	0,2
10	0,2	0,6	0,2	0	22	0,3	0,3	0,3	0,1
11	0,2	0,6	0,1	0,1	23	0,3	0,3	0,2	0,2
12	0,5	0,5	0	0					

**Tablo 3.7.**  $w_{y_2} \geq w_{y_3} \geq w_{y_1} \geq 0$  koşulunu sağlayan  $w_{y_j}$  ağırlıklarının olası durumları

No	$w_{y_1}$	$w_{y_2}$	$w_{y_3}$	No	$w_{y_1}$	$w_{y_2}$	$w_{y_3}$
1	0	1	0	8	0,1	0,6	0,3
2	0	0,9	0,1	9	0,2	0,6	0,2
3	0	0,8	0,2	10	0	0,5	0,5
4	0,1	0,8	0,1	11	0,1	0,5	0,4
5	0	0,7	0,3	12	0,2	0,5	0,3
6	0,1	0,7	0,2	13	0,2	0,4	0,4
7	0	0,6	0,4	14	0,3	0,4	0,3



Eşitlik (2.11)'den yararlanılarak tüm olası ağırlıklar için  $F(X,Y)$  fonksiyon değerleri hesaplanır ve Tablo 3.8 elde edilir. Elde edilen bu değerlerin en küçüğü dikkate alınır. Tablo 3.8 oluşturulurken Tablo 3.5'teki normalize edilmiş karar matrisinden ve  $w_{x_j}$ ,  $w_{y_{j'}}$  ağırlıklarının olası durumlarının verildiği Tablo 3.6 ve Tablo 3.7'den faydalanılır. Örneğin Tablo 3.8'deki  $F(1,1)$ 'in nasıl elde edildiği gösterilecek olursa;

$$X_{W_x}(i) = \sum_{j=1}^k w_{x_j} x_{ij}^*$$

$$X_{w_1}(1) = (0 * 0,0000) + (1 * 0,0000) + (0 * 0,0000) + (0 * 1,0000) = 0$$

$$X_{w_1}(2) = (0 * 0,8000) + (1 * 1,0000) + (0 * 0,9875) + (0 * 0,0123) = 1$$

$$X_{w_1}(3) = (0 * 0,6000) + (1 * 1,0000) + (0 * 0,9063) + (0 * 0,0165) = 1$$

$$X_{w_1}(4) = (0 * 0,2000) + (1 * 0,8750) + (0 * 0,9375) + (0 * 0,0398) = 0,8750$$

$$X_{w_1}(5) = (0 * 0,6000) + (1 * 1,0000) + (0 * 0,9375) + (0 * 0,0775) = 1$$

$$X_{w_1}(6) = (0 * 1,0000) + (1 * 1,0000) + (0 * 1,0000) + (0 * 0,0000) = 1$$

$$X_{w_1}(7) = (0 * 1,0000) + (1 * 0,2500) + (0 * 0,1875) + (0 * 0,0775) = 0,2500$$

$$X_{w_1}(8) = (0 * 0,6000) + (1 * 1,0000) + (0 * 0,4375) + (0 * 0,0775) = 1$$

$$Y_{W_y}(i) = \sum_{j'=1}^n w_{y_{j'}} y_{ij'}^*$$

$$Y_{w_1}(1) = (0 * 0,5000) + (1 * 0,4286) + (0 * 0,5218) = 0,4286$$

$$Y_{w_1}(2) = (0 * 0,5000) + (1 * 0,4286) + (0 * 0,1407) = 0,4286$$

$$Y_{w_1}(3) = (0 * 0,0000) + (1 * 1,0000) + (0 * 0,0924) = 1$$

$$Y_{w_1}(4) = (0 * 1,0000) + (1 * 0,6429) + (0 * 0,0000) = 0,6429$$

$$Y_{w_1}(5) = (0 * 0,0000) + (1 * 0,1429) + (0 * 0,6471) = 0,1429$$

$$Y_{w_1}(6) = (0 * 0,5000) + (1 * 0,0000) + (0 * 0,3484) = 0$$

$$Y_{w_1}(7) = (0 * 0,5000) + (1 * 0,0000) + (0 * 0,1903) = 0$$

$$Y_{w_1}(8) = (0 * 0,0000) + (1 * 0,0714) + (0 * 1,0000) = 0,0714$$

$$|X_{w_1}(i) - Y_{w_1}(i)| = |0 - 0,4286| + |1 - 0,4286| + |1 - 1| + |0,8750 - 0,6429| + \\ |1 - 0,1429| + |1 - 0| + |0,2500 - 0| + |1 - 0,0714| = 4,2678$$

**Tablo 3.8.** Tüm olası ağırlıklar için  $F(X,Y)$  fonksiyonun değerleri

	1	2	3	4	5	6	7
1	4,268	4,264	4,260	4,250	4,256	4,246	4,252
2	4,215	4,131	4,127	4,117	4,123	4,113	4,119
3	4,163	3,999	3,995	3,985	3,991	3,981	3,987
4	4,161	4,058	4,054	4,044	4,050	4,040	4,046
5	4,110	3,925	3,862	3,852	3,858	3,848	3,854
6	4,108	3,926	3,922	3,911	3,918	3,907	3,914
7	3,675	3,490	3,372	3,362	3,368	3,358	3,364
8	4,134	3,872	3,730	3,738	3,726	3,716	3,722
9	4,056	3,870	3,789	3,779	3,785	3,775	3,781
10	4,054	3,869	3,849	3,838	3,845	3,834	3,841
11	3,623	3,437	3,252	3,229	3,235	3,225	3,231
12	4,216	3,902	3,634	3,759	3,593	3,608	3,589
	8	9	10	11	12	13	14
1	4,242	4,231	4,248	4,238	4,227	4,223	4,213
2	4,109	4,099	4,115	4,105	4,095	4,091	4,081
3	3,977	3,966	3,983	3,973	3,962	3,958	3,948
4	4,036	4,026	4,042	4,032	4,022	4,018	4,007
5	3,844	3,834	3,850	3,840	3,830	3,826	3,816
6	3,903	3,893	3,910	3,899	3,889	3,885	3,875
7	3,354	3,343	3,360	3,350	3,339	3,335	3,325
8	3,712	3,701	3,718	3,708	3,697	3,693	3,683
9	3,771	3,761	3,777	3,767	3,757	3,753	3,742
10	3,830	3,820	3,837	3,826	3,816	3,812	3,802
11	3,221	3,211	3,227	3,217	3,207	3,203	3,193
12	3,579	3,665	3,585	3,575	3,565	3,561	3,590
	1	2	3	4	5	6	7
13	4,067	3,818	3,657	3,653	3,653	3,642	3,649
14	4,002	3,816	3,716	3,706	3,712	3,702	3,708
15	3,666	3,385	3,199	3,209	3,103	3,093	3,099
16	3,568	3,383	3,197	3,169	3,162	3,152	3,158
17	4,000	3,764	3,584	3,573	3,580	3,569	3,576
18	3,748	3,434	3,147	3,291	2,970	3,005	2,966
19	3,947	3,762	3,643	3,633	3,639	3,629	3,635
20	3,599	3,330	3,145	3,142	3,030	3,019	3,026
21	3,198	2,897	2,712	2,741	2,526	2,497	2,476
22	3,532	3,276	3,091	3,075	2,957	2,946	2,953
23	3,280	2,966	2,659	2,823	2,474	2,509	2,343
	8	9	10	11	12	13	14
13	3,638	3,628	3,645	3,634	3,624	3,620	3,610
14	3,698	3,688	3,704	3,694	3,684	3,680	3,669
15	3,089	3,078	3,095	3,085	3,074	3,070	3,060
16	3,148	3,138	3,154	3,144	3,134	3,130	3,119
17	3,565	3,555	3,572	3,561	3,551	3,547	3,537
18	2,956	3,062	2,962	2,952	2,942	2,938	2,986
19	3,625	3,614	3,631	3,621	3,610	3,606	3,596
20	3,015	3,005	3,022	3,011	3,001	2,997	2,987
21	2,466	2,456	2,472	2,462	2,451	2,447	2,437
22	2,942	2,932	2,949	2,938	2,928	2,924	2,914
23	2,333	2,458	2,339	2,329	2,326	<b>2,315</b>	2,383

Tablo 3.8'deki  $F(X,Y)$  fonksiyonun değeri  $23 \times 14 = 322$  durum için hesaplanmıştır.  $F(X,Y)$  fonksiyonun en küçük değeri Tablo 3.8'de görüldüğü üzere 2,315'dir. En küçük  $F$  fonksiyon değeri  $X$  kriteri için 23. satırda,  $Y$  kriteri için de 13. sütunda elde edilmiştir.  $X$  kriterinin ağırlığını bulmak için Tablo 3.6'da 22. satırdaki değere, aynı şekilde  $Y$  kriterinin ağırlığını bulmak için Tablo 3.7'de 13. satırdaki değere bakılarak  $X$  ve  $Y$  kriterlerinin ağırlıkları elde edilir.  $X=(x_1, x_2, x_3, x_4)$  iç kriterleri için kriter ağırlıkları sırasıyla  $w_{x_1} = 0,3$  ,  $w_{x_2} = 0,3$  ,  $w_{x_3} = 0,2$  ,  $w_{x_4} = 0,2$  şeklinde elde edilmiştir.  $Y=(y_1, y_2, y_3)$  dış kriterleri için de kriter ağırlıkları ise,  $w_{y_1} = 0,2$  ,  $w_{y_2} = 0,4$  ve  $w_{y_3} = 0,4$  şeklinde elde edilmiştir.

Eşitlik (2.10)'dan faydalanarak, her bir alternatif için  $X_{w_x}$  ve  $Y_{w_y}$  değerleri ayrı ayrı bulunur ve  $X_{w_x} + Y_{w_y}$  değerleri hesaplanır.

### 3.2. COPRAS YÖNTEMİNİN UYGULANMASI

Bu tez çalışmasında mermer fabrikasında kullanılmak üzere mermer kesme makinesi olan katrik makinesinin seçimi için KEMIRA-M yöntemi ile kriter ağırlıkları belirlendikten sonra COPRAS yöntemi ile de alternatifler değerlendirilmiş ve fabrika için en uygun katrik makinesi belirlenmiştir.

Mermer fabrikasında kullanılmak üzere katrik makinesinin seçimi süreci sırasında 8 farklı markadan oluşan alternatifler, 7 kriter altında çok kriterli karar verme yöntemlerinden KEMIRA-M ve COPRAS yöntemlerinin bir arada kullanılmasına dayanan bütünleşik yaklaşım yardımıyla değerlendirilmiştir. KEMIRA-M yöntemi ile kriter ağırlıkları hesaplandıktan sonra, katrik makinesinin seçimi için alternatifler arasındaki sıralamaya COPRAS yöntemi ile ulaşılmıştır. Katrik makinesinin seçiminde alternatiflerin değerlendirilmesinde ele alınan kriterler; blok kesim yüksekliği, maksimum lama sayısı, ana motor gücü, elektrik tüketimi, garanti süresi, servis ağı ve birim fiyattır.

COPRAS yönteminde, faydalı kriterler için istediğimiz sonuca ulaşmada daha yüksek değerlerin daha iyi durumu gösterdiği kriterleri ifade etmektedir. Blok kesim

yüksekliği, maksimum lama sayısı, ana motor gücü, garanti süresi ve servis ağı faydalı kriterlerdir. Bu kriterlerin değerlerinin yüksek olması alternatif seçiminde olumlu yönde etkilidir. Bunun yanında kriterler arasında değerleri düşük olduğunda alternatiflerin seçimini olumlu yönde etkileyecek kriterlere de faydasız kriterler denir. Elektrik tüketimi ve birim fiyat ise faydasız kriterler arasındadır. Tablo 3.9’da alternatiflerin değerlendirme kriterleri ve ölçüm birimleri gösterilmiştir.

**Tablo 3.9.** Değerlendirme kriterleri ve ölçüm birimleri

<b>Kriterler</b>						
<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>
Blok kesim yüksekliği	Maksimum lama sayısı	Ana motor gücü	Elektrik tüketimi	Garanti süresi	Servis ağı	Birim fiyat
cm	adet	hp	kw/dk	Yıl	km	tl
Faydalı	Faydalı	Faydalı	Faydasız	Faydalı	Faydalı	Faydasız

Belirlenen 8 ktrak makinesi alternatifinin değerlendirme kriterlerine ait verilerine, mermer fabrikaları ile ilgili sitelerden ve birebir fabrikalara gidip bilgi toplanarak ulaşılmıştır. Bu değerler Tablo 3.10’da görülen karar matrisini oluşturmuştur.

**Tablo 3.10.** Karar matrisi

<b>Alternatifler</b>	<b>Kriterler</b>						
	<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>A<sub>1</sub></b>	185	40	75	56,85	2	7	620.000
<b>A<sub>2</sub></b>	205	80	154	132,75	2	7	690.000
<b>A<sub>3</sub></b>	200	80	147,5	132	1	15	700.000
<b>A<sub>4</sub></b>	190	75	150	128	3	10	720.000
<b>A<sub>5</sub></b>	200	80	150	122	1	3	600.000
<b>A<sub>6</sub></b>	210	80	155	135	2	1	650.000
<b>A<sub>7</sub></b>	210	50	90	122	2	1	680.000
<b>A<sub>8</sub></b>	200	80	110	122	1	2	550.000

COPRAS yönteminin ilk adımında karar matrisi oluşturulduktan sonra, karar matrisi Eşitlik (2.13) kullanılarak normalize edilmiş karar matrisine dönüştürülmüştür. Tablo 3.11’de normalize edilmiş karar matrisi görülmektedir.

**Tablo 3.11.** Normalize edilmiş karar matrisi

Alternatifler	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>
A <sub>1</sub>	0,1156	0,0708	0,0727	0,0598	0,1429	0,1522	0,1190
A <sub>2</sub>	0,1281	0,1416	0,1493	0,1396	0,1429	0,1522	0,1324
A <sub>3</sub>	0,1250	0,1416	0,1430	0,1389	0,0714	0,3261	0,1344
A <sub>4</sub>	0,1188	0,1327	0,1454	0,1347	0,2143	0,2174	0,1382
A <sub>5</sub>	0,1250	0,1416	0,1454	0,1283	0,0714	0,0652	0,1152
A <sub>6</sub>	0,1313	0,1416	0,1503	0,1420	0,1429	0,0217	0,1248
A <sub>7</sub>	0,1313	0,0885	0,0873	0,1283	0,1429	0,0217	0,1305
A <sub>8</sub>	0,1250	0,1416	0,1066	0,1283	0,0714	0,0435	0,1056
<b>Kriter ağırlıkları</b>	0,15	0,15	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2

Daha sonra, Eşitlik (2.14) yardımıyla Tablo 3.12’de görülen ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi oluşturulmuştur. Burada yer alan kriter ağırlıkları, KEMIRA-M yönteminde elde edilen ağırlıklar ikiye bölünerek hesaplanmıştır. Çünkü KEMIRA -M yönteminde kriterler kendi içerisinde iç ve dış olmak üzere ikiye ayrılarak ele alınmakta, iç ve dış kriterlerin kendi içerisindeki ağırlıklarının toplamının 1’e eşit olması gerekmektedir. COPRAS yönteminde ise kriterler iç ve dış olmak üzere bir ayrıma tabi tutulmadığı için ve kriter ağırlıkları toplamı da 1 olması gerektiğinden KEMIRA-M yönteminde elde edilen kriter ağırlıkları ikiye bölünerek COPRAS yönteminde kullanılacak ağırlıklar hesaplanmıştır.

**Tablo 3.12.** Ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi

Alternatifler	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>
A <sub>1</sub>	0,01734	0,01062	0,00727	0,00598	0,01429	0,03043	0,02380
A <sub>2</sub>	0,01922	0,02124	0,01493	0,01396	0,01429	0,03043	0,02649
A <sub>3</sub>	0,01875	0,02124	0,01430	0,01389	0,00714	0,06522	0,02687
A <sub>4</sub>	0,01781	0,01991	0,01454	0,01347	0,02143	0,04348	0,02764
A <sub>5</sub>	0,01875	0,02124	0,01454	0,01283	0,00714	0,01304	0,02303
A <sub>6</sub>	0,01969	0,02124	0,01503	0,01420	0,01429	0,00435	0,02495
A <sub>7</sub>	0,01969	0,01327	0,00873	0,01283	0,01429	0,00435	0,02610
A <sub>8</sub>	0,01875	0,02124	0,01066	0,01283	0,00714	0,00870	0,02111

Ağırlıklı normalize karar matrisinin oluşturulmasının ardından faydalı kriterler için  $S_{i+}$  ve faydasız kriterler için  $S_{i-}$  değerleri Eşitlik (2.15) ve (2.16) kullanılarak Tablo 3.13'te görüldüğü gibi hesaplanmıştır.

**Tablo 3.13.** Her alternatif için  $S_{i+}$  ve  $S_{i-}$  değerleri

Alternatifler	$S_{i+}$	$S_{i-}$
A <sub>1</sub>	0,079955	0,029781
A <sub>2</sub>	0,100108	0,040452
A <sub>3</sub>	0,126649	0,040757
A <sub>4</sub>	0,117173	0,041104
A <sub>5</sub>	0,074717	0,035867
A <sub>6</sub>	0,074587	0,039154
A <sub>7</sub>	0,060321	0,038938
A <sub>8</sub>	0,066492	0,033947

Daha sonra her bir alternatif için  $Q_i$  olarak gösterilen göreceli önem değeri Eşitlik (2.17)'den yararlanılarak hesaplanmıştır. Her alternatif için hesaplanan  $Q_i$  değerleri Tablo 3.14'te görülmektedir.

**Tablo 3.14.** Her alternatif için  $Q_i$  değerleri

Alternatifler	$Q_i$
A <sub>1</sub>	0,126651
A <sub>2</sub>	0,134486
A <sub>3</sub>	0,160769
A <sub>4</sub>	0,151005
A <sub>5</sub>	0,113490
A <sub>6</sub>	0,110105
A <sub>7</sub>	0,096036
A <sub>8</sub>	0,107457

$Q_i$  göreceli önem değerini göstermektedir ve en yüksek göreceli önem değeri en iyi alternatifi göstermektedir. Tablo 3.14'te görüldüğü üzere en yüksek göreceli öncelik değeri  $Q_{\max} = 0,160769$  ile A<sub>3</sub> alternatifine aittir.

Son olarak her bir alternatif için  $P_i$  olarak gösterilen performans indeksi Eşitlik (2.19) yardımıyla Tablo 3.15'teki gibi hesaplanmıştır.

**Tablo 3.15.** Her alternatif için  $P_i$  değerleri

Alternatifler	$P_i$
A <sub>1</sub>	78,77831471
A <sub>2</sub>	83,65135721
A <sub>3</sub>	100
A <sub>4</sub>	93,92670274
A <sub>5</sub>	70,59209893
A <sub>6</sub>	68,48623733
A <sub>7</sub>	59,73510427
A <sub>8</sub>	66,83925466

**Tablo 3.16.** Alternatiflerin tercih sırası

<b>Tercih Sırası</b>	<b>Alternatif</b>	<b><math>P_i</math></b>
1	A <sub>3</sub>	100,00
2	A <sub>4</sub>	93,93
3	A <sub>2</sub>	83,65
4	A <sub>1</sub>	78,78
5	A <sub>5</sub>	70,59
6	A <sub>6</sub>	68,49
7	A <sub>8</sub>	66,84
8	A <sub>7</sub>	59,74

$P_i$  olarak simgelenen performans indeksi 100 olan alternatif COPRAS yöntemi gereğince en iyi alternatifi temsil eder. Alternatifler için tercih sırası performans indeks değerlerinin büyükten küçüğe sıralanmasıyla elde edilmiştir. Tablo 3.16'daki sıralamaya göre  $A_3 > A_4 > A_2 > A_1 > A_5 > A_6 > A_8 > A_7$  şeklinde alternatifler büyükten küçüğe doğru sıralanmış olup, en iyi alternatif %100 performans indeks değerine sahip olan A<sub>3</sub>, en son sırada yer alan alternatif ise % 59,74 performans indeks değeri ile A<sub>7</sub> olarak bulunmuştur.



## SONUÇ VE ÖNERİLER

Karar verme süreci, gelişen ve ilerleyen dünyamızın önemli bir parçasını oluşturmaktadır. İnsanlar, kurum ya da işletmeler hızla değişen ve giderek zorlaşan çalışma şartları altında sürekli olarak karar verme durumunda kalmaktadır. Bu durumla birlikte karar verme problemleri de karmaşık bir hal almıştır. Alternatif ve kriter sayısının fazla olması, kriterlerin kendi içinde birbiri ile çelişmesi, karar vericilerin bunlar arasında bir seçim yapmasını bir hayli zorlaştırmıştır. Bu yüzden ÇKKV yöntemleri kullanılması amaçlanmıştır. Birbirleriyle çelişen birden fazla kriteri değerlendirmek ve bunlar arasından bir karara ulaşmada ÇKKV yöntemleri kullanılmıştır.

Karar verme bazı durumlarda karar vericiler için oldukça güç bir süreç haline gelebilmektedir. Karar vericiler karar verme sürecinde çok fazla deneyime sahip olmamaktan kaynaklanan birtakım belirsizlikler ile karşı karşıya kalabilir. Özellikle de artan rekabet koşulları göz önünde bulundurulduğunda, işletmelerin rekabet gücünün artırılması ve sürekliliğinin sağlanması, işletmelerin doğru ve uygun makine seçimini yapmaları gerekmektedir. Çünkü makine seçim süreci pek çok işletme açısından oldukça önemli bir karar verme sürecidir. Makine seçim sürecinde alınacak olan kararlarının işletmeler açısından oluşabilecek olumsuz sonuçlarını en aza indirebilmek için satın alma süreci üzerinde dikkatli bir şekilde durulmalıdır.

Günümüz ilerleyen teknolojisinde artık yeni makinelerin seçimi sırasında ileri düzeyde bilgi ve uzmanlık gerekmektedir. Çünkü makineyi kullanacak olan kişi yeterli seviyede bilgi ve donanıma sahip değilse makinede meydana gelecek küçük bir hata mühendisler, yöneticiler ve makine imalatçıları için çeşitli sorunlar oluşturabilir. Bütün bu olumsuzluklarla karşılaşmamak için makine seçim sürecinde ÇKKV yöntemlerinden yararlanılabilir. İşletmeler bu yöntemler sayesinde makine seçimi sırasında bütün kriterleri göz önünde bulunduracakları için işletmeler açısından ciddi boyutlu sorunlara yol açılmasının önüne geçilecektir.

Doğru makine seçimi işletmeler açısından oldukça önemlidir. Bu çalışmada mermer fabrikasında kullanılmak üzere mermer kesme makinesi olan katrak makinesinin seçimi sürecinde işletmelere yardımcı olunması amaçlanmıştır.

Katrak makinelerinde en öncelikli ayarlama lama kalınlık ayarını oluşturur. Çünkü işletme açısından, lamaların sökülüp değiştirilmesi ve daha sonra yeni soketlerin kaynatılması büyük ölçüde sorun teşkil etmektedir. Bunun için öncelikle uzun ömürlü soketler seçilerek bu işlemlerdeki zaman kayıpları işletmeler açısından en aza indirilir. Servis ağı ise katrak makinesinin seçimi sürecinde işletmelerin dikkat etmesi gereken bir kriteri oluşturmaktadır. Makinenin çalışma sürecinde meydana gelebilecek herhangi bir arıza durumunda sıkıntının zaman kaybedilmeden bir an önce giderilmesinde ve makinenin kısa süre içerisinde tekrar kullanılabilir duruma gelmesinde ve işletme açısından işlerin aksamamasında, sürekliliğin sağlanmasında oldukça önemlidir. Ayrıca, işletmeler makine seçim sürecinde, maliyet açısından birim fiyat ve garanti süresini, sermayenin daha verimli şekilde kullanılıp kar seviyesini daha maksimum düzeyde tutabilmek için dikkate almaktadırlar. Elektrik tüketimi de makine seçiminde işletme açısından önem arz etmektedir. Elektrik tüketimi fazla olan makineler işletmeler açısından maddi külfete neden olur. Bu nedenle işletmeler makineleri seçerken elektrik tüketimi az, iş gücü yüksek olan makineleri seçmek isteyeceklerdir. Çünkü üretim sürecindeki maddi giderleri olabildiğince düşürerek karı artırmayı hedefler.

Bir mermer işletmesine alınacak en uygun mermer kesme makinesi olan katrak makinesinin belirlenmesinin amaçlandığı bu tez çalışmasında ÇKKV yöntemlerinden KEMIRA-M ve COPRAS yöntemleri kullanılmıştır. Öncelikli olarak KEMIRA-M yöntemi ile değerlendirme kriterlerinin ağırlıkları belirlenmiş ve daha sonra COPRAS yöntemi ile KEMIRA-M yönteminde belirlenmiş olan kriter ağırlıklardan yararlanılarak en uygun alternatifin seçimi yapılmıştır.

Bu çalışmada KEMIRA-M yöntemi ile kriterler kendi içinde iç ve dış kriterler olmak üzere gruplara ayrılmıştır. Daha sonra alternatiflerin kriter öncelikleri belirlenmiştir. İç kriterlerin tercihinde belirlenen en yüksek önceliğe maksimum lama sayısı sahip iken, ikinci sırada blok kesim yüksekliği, üçüncü sırada ana motor gücü ve en son sırada ise elektrik tüketimi gelmektedir. Dış kriterlerin tercihinde ise en yüksek önceliğe servis ağı sahipken onu sırasıyla, birim fiyatı ve garanti süresi izlemektedir.

Alternatiflerin COPRAS yöntemi ile sıralaması ise  $A_3 > A_4 > A_2 > A_1 > A_5 > A_6 > A_8 > A_7$  şeklinde elde edilmiştir.

Sıralamada da görüldüğü üzere  $A_3$  alternatifi ilk sırada yer alırken  $A_7$  alternatifi en son sırada yer almaktadır. Elde edilen değerlendirmeler doğrultusunda işletmeye makine seçimi sürecinde yardımcı olarak  $A_3$  alternatifini seçmesi önerilmiştir. İşletmeciler elde edilen alternatif sıralamasını tatmin edici bulmuşlardır. İşletmecilere makine seçimi sürecinde bilimsel yöntemler sayesinde daha sağlıklı kararlar vermelerine yardımcı olunmuş ve seçim süreçlerinin kolaylaştırılması sağlanılmıştır. Bu da işletmelerin ve işletmecilerin seçim süreci sırasında alternatifleri değerlendirmesi ve karar vermelerine yardımcı olması açısından ÇKKV yöntemlerinin kullanılmasının uygun olduğunu göstermektedir.

KEMIRA-M ve COPRAS yöntemlerinin makine seçim problemlerini ve diğer çok kriterli karar verme problemlerini ele almak için uygun yöntemler olduğu görülmüştür.

Bundan sonraki yapılacak olan çalışmalarda, KEMIRA-M ve COPRAS yöntemleri dışında başka ÇKKV yöntemleri ile mermer makinesi seçim problemi ele alınarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılabilir. Ayrıca, bu çalışmada KEMIRA-M yöntemi ile ağırlıklar belirlenmiş, COPRAS yöntemi ile alternatifler kıyaslanmıştır. Diğer çalışmalarda COPRAS yöntemi ile elde edilen sonuçlar farklı yöntemler ile de kıyaslanabilir. KEMIRA-M yöntemi dışında AHP, SWARA, MACBETH gibi ÇKKV yöntemleri ile ağırlıklar belirlenebilir. Bunların yanında, önerilen yöntemlerin makine seçim süreci dışında farklı alanlarda da uygulaması yapılabilir.

İşletmelerde karar vericilerin, karar verme aşamasında bazı noktalara dikkat etmeleri işletme açısından oldukça önem teşkil eder. Bu süreçte dikkat etmeleri gereken noktalar şu şekilde ifade edilebilir;

- Karşılaştıkları problemlerin yapılarına göre işletmeleri açısından en iyi ve en uygun sonuçları alabilecekleri yöntemleri göz önünde bulundurmalarıdır.
- Karar verdikleri yöntemin avantaj ve dezavantajlarını da dikkate almalıdırlar.
- Çağımız teknolojisine uyum sağlayan ve karar verme süreci sırasında bilimsel teknikleri kullanan yöneticiler yetiştirmeye önem vermelidirler. Böylece işletme daha etkin ve sağlıklı kararlara ulaşarak daha başarı sağlayacaktır.

## KAYNAKLAR

- Ağaç G., Baki B. (2016). “Sağlık Alanında Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri Kullanımı: Literatür İncelemesi”, *Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi*, Cilt: 19, Sayı: 3, s. 343-363.
- Aksoy E., Ömürbek N. ve Karaatlı M. (2015). “AHP Temelli MULTIMOORA Ve COPRAS Yöntemi İle Türkiye Kömür İşletmeleri'nin Performans Değerlendirmesi”, *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Cilt: 33, Sayı: 4, s.1-28.
- Aktaş R., Doğanay M.M., Gökmen Y., Gazibey Y. ve Türen U. (2015). *Sayısal Karar Verme Yöntemleri*, Beta Yayıncılık, 1.Baskı İstanbul.
- Aladağ Z. (2011). *Karar Teorisi*, Umuttepe Yayınları, Kocaeli.
- Aytaç Adalı E. (2016). “Air Conditioner Selection Problem with COPRAS and ARAS Methods”, *Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi*, Cilt:5, Sayı:2, s.124-138.
- Aytaç M., Gürsakal N. (2015). *Karar Verme*, 1. Baskı, Dora Basım, Bursa.
- Can G.F., Atalay K.D. ve Eraslan E. (2017). “Tabletlerin Kullanılabilirlik Ölçütlerine Göre Çok Kriterli Karar Verme Yaklaşımıyla Değerlendirilmesi”, *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, Özel Sayı: 22. Ulusal Ergonomi Kongresi Araştırma Makalesi, s.81-88.
- Cengiz D. (2012). *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri Üzerine Karşılaştırmalı Analiz*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Chatterjee P., Athawale V.M. and Chakraborty S. (2011). “Materials selection using complex proportional assessment and evaluation of mixed data methods”, *Materials and Design*, Cilt: 32, Sayı: 2, s. 851–860.
- Chatterjee P., Chakraborty S. (2012). “Material selection using preferential ranking methods”, *Materials and Design*, Cilt: 35, s. 384–393.
- Çakın E. (2013). *Tedarikçi Seçim Kararında Analitik Ağ Süreci (ANP) Ve ELECTRE Yöntemlerinin Kullanılması Ve Bir Uygulama*, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Yönetim Bilimi Programı, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- Çetin C. (2008). *Yöneticilerin Toplantı Yönetimi Becerileri ve Çalışanların Kararlara Katılma Düzeyleri Arasındaki İlişkinin Değerlendirilmesi*, İstanbul Ticaret Odası Yayınları, İstanbul.

- Çınar Y. (2004). *Çok Nitelikli Karar Verme Ve 'Bankaların Mali Performanslarının Değerlendirilmesi' Örneği*, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Çiftçi C. (2014). *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleriyle İMKB'de İşlem Gören Büyük Çaplı Şirketlerin Finansal Performanslarının Karşılaştırmalı Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Gebze.
- Das M.C., Sarkar B. and Ray S. (2012). “A Framework To Measure Relative Performance Of Indian Technical Institutions using Integrated Fuzzy AHP and COPRAS Methodology”, *Socio- Economic Planning Sciences*, Cilt: 46, Sayı: 3, s. 230-241.
- Deveci F. (2011). *Ergenlerde Karar Verme Stilleri İle Algılanan Sosyal Destek Düzeyi Arasındaki İlişkinin İncelenmesi*, Çukurova Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eğitim Bilimleri Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- Drejeris R., Kavolynas A. (2014). “Multi-criteria Evaluation of Building Sustainability Behavior”, *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, Cilt: 110, s.502- 511.
- Ersöz F., Kabak M. (2010). “Savunma Sanayi Uygulamalarında Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Literatür Araştırması”, *Savunma Bilimleri Dergisi*, Cilt:9, Sayı:1, 2010, s.97-125.
- Esin A. (2003). *Yöneylem Araştırmalarında Yararlanılan Karar Yöntemleri*, 4.Baskı, Gazi Kitapevi Yayınları, Ankara.
- Gabrijela P., Dragiša S. and Sanja S. (2012). “Investment Project Selection By Applying Copras Method And Imprecise Data”, *Serbian Journal of Management*, Cilt: 7, Sayı: 2, s.257-269.
- Ginevičius R., Podvezko A. (2013). “The Evaluation of Financial Stability and Soundness of Lithuanian Banks”, *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, Cilt: 26, Sayı: 2, s.191-208.
- Ginevičius R., Podvezko V. (2006). “Assessing the Financial State of Construction Enterprises”, *Ukio Technologinis ir Ekonominis Vystymas*, Cilt:12, Sayı: 3, s. 188-194.
- Herişçakar E. (1999). *Gemi Ana Makine Seçiminde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri AHP ve SMART Uygulaması*, Gemi İnşaatı ve Teknolojisi Teknik Kongresi, Bildiri Kitabı.
- Hwang C. L., Yoon K. (1981). *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. Springer-Verlag, New York.
- Jahan A., Edwards K. L. and Bahraminasab M. (2016). *Multi-Criteria Decision Analysis for Supporting the Selection of Engineering Materials in Product Design*, Second Edition, Butterworth-Heinemann.

- Kaklauskas A., Zavadskas E.K., Naimaviciene J., Krutinis M., Plakys V. and Venskus D. (2010). “Model for a Complex Analysis of Intelligent Built Enviroment”, *Automation in Construction*, Cilt: 19, Sayı: 3, s. 326-340.
- Kaklauskas A., Zavadskas E.K., Raslanas S., Ginevicius R., Komka A. and Malinauskas P. (2006). “Selection of Low-E Windows in Retrofit of Public Buildings By Applying Multiple Criteria Method COPRAS: A Lithuanian Case”, *Energy and Buildings*, Cilt: 38, Sayı: 5, s.454-462.
- Kaklauskas A., Zavadskas E.K. and Trınkunas V. (2007). “A multiple criteria decision support on-line system for construction”, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, Cilt: 20, Sayı: 2, s. 163–175.
- Kanapeckiene L., Kaklauskas A., Zavadskas E.K. and Seniut M. (2010). “Integrated knowledge management model and system for construction projects”, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, Cilt: 23, s. 1200–1215.
- Kaplanoğlu E. (2018). “ARAS ve COPRAS yöntemleriyle nakit akışına dayalı performans ölçümü: BIST kimya, petrol, kauçuk ve plastik ürünler sektöründe bir uygulama”, *Ege Üniversitesi, Bergama Meslek Yüksekokulu, Muhasebe ve Vergi Uygulamaları Dergisi*, Cilt: 11, Sayı: 2, s. 153-184.
- Karaca C., Ulutaş A. ve Eşgünoğlu M. (2017). “Türkiye’de Optimal Yenilenebilir Enerji Kaynağının COPRAS Yöntemiyle Tespiti Ve Yenilenebilir Enerji Yatırımlarının İstihdam Artırıcı Etkisi”, *Maliye Dergisi*, Cilt: 172, s. 111-132.
- Karakaşoğlu N. (2008). *Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve Uygulama* Pamukkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Ana Bilim Dalı, Sayısal Yöntemler Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Denizli.
- Karakaya K. (2003). *İstanbul Boğazı’ndan Geçen Gemilerin Emniyetli Geçişinin Analitik Hiyerarşi Prosesi Kullanarak Analizi*(Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Karaoğlan S. (2016). *BİST Kimya Petrol Plastik Endeksi’ndeki (XKMYA) İşletmelerin Finansal Performanslarının Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri İle Ölçümü*, Kırıkkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale.
- Kaya İ., Kılınç M.S. ve Çevikcan E. (2007). “Makine-Teçhizat Seçim Probleminde Bulanık Karar Verme Süreci”, *Mühendis ve Makine*, Cilt: 49, Sayı:576, ss. 1-7.
- Kaya P., İpekçi Çetin E. ve Kuruüzüm A. (2011). “Çok Kriterli Karar Verme İle Avrupa Birliği Ve Aday Ülkelerin Yaşam Kalitesinin Analizi”, 12. Uluslararası Ekonometri, Yöneylem Araştırması, İstatistik Sempozyumu Özel Sayısı, *İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Ekonometri Ve İstatistik Dergisi*, Sayı:13, s.80-94.

- Kenger M.D. (2017). *Banka Personel Seçiminin Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden ENTROPİ Temelli MAUT, ARAS Ve GRI İlişkisel Analiz Yöntemleri İle Değerlendirilmesi*, Pamukkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Denizli.
- Kılıç S. B. (2005). “Avrupa Birliğine Üye Ve Aday Ülkelerin Bazı Temel Makro Ekonomik Kriterlere Göre Sınıflandırılması: Çok Kriterli Karar Alma Analizine Dayalı Bir Modelin Tahmini”, *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Cilt:14, Sayı:2, s.339-352.
- Kılıç S. B. (2006). “Türk Bankacılık Sistemi için Çok Kriterli Karar Alma Analizine Dayalı Bir Erken Uyarı Modelinin Tahmini”, *ODTÜ Gelişme Dergisi*, Cilt: 33, Sayı: 1, s.117-154.
- Kocamustafaoğulları E. (2007). *Çok Kriterli Karar Verme Semineri*. Çok Amaçlı Karar Verme.2007,Tepav,[http://www.tepav.org.tr/tur/admin/dosyabul/upload/Co\\_k\\_Amacli\\_Karar\\_Verme.pdf](http://www.tepav.org.tr/tur/admin/dosyabul/upload/Co_k_Amacli_Karar_Verme.pdf) ( 17.05.2014 ), ss. 1-37.
- Koçak D., Çoğurcu Y.E. (2015). “Network Modeli İle Ağ Analizi İçin Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleriyle Karşılaştırmalı Çözüm”, *Gazi İktisat ve İşletme Dergisi*, Sayı:1, s.1-42.
- Koçel T. (2001). *İşletme Yöneticiliği*, 8. Baskı, Beta Basım, İstanbul.
- Korkmazer C. (2014). *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri İle Tehlikeli Atık Bertaraf Firması Seçimine Bütünsel Bir Yaklaşım*, KTO Karatay Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Kosareva N., Zavadskas E. K., Krylovas A. and Dadelo S. (2016). “Personnel Ranking and Selection Problem Solution by Application of KEMIRA Method”, *International Journal of Computers Communications & Control*, Cilt: 11, Sayı: 1, s.51-66.
- Kundakcı N., Tuş Işık A. (2016). “Integration of MACBET and COPRAS Methods To Select Air Compressor For A Textile Company”, *Contents List Available at Growing Science*, Decision Science Letters, Cilt: 5, s. 381-394.
- Kural B. (2003). *Dağcıların Stresle Başa Çıkma Tutumlarının Karar Vermede Özsaygı Ve Karar Verme Stilleriyle İlişkisi*, Gazi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı, Spor Yönetim Bilimleri Programı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Lai Y. J., Hwang C. L. (1996). *Fuzzy Multiple Objective Decision Making*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.

- Maity S.R., Chatterjee P. and Chakraborty S. (2012). “Cutting Tool Material Selection Using Grey Complex Proportional Assessment Method”, *Materials And Design*, Cilt: 36, s.372-378.
- Majumder M. (2015). “Impact of Urbanization on Water Shortage in Face of Climatic Aberrations”, *Springer Briefs in Water Science and Technology*, more information about this series at <http://www.springer.com/series/11214>, s.1-98.
- Makhesana M.A. (2015). “Application of improved complex proportional assessment (COPRAS) method for rapid prototyping system selection ”, *Rapid Prototyping Journal*, Cilt:21, Sayı:6, s.671-674.
- Mandal U. K., Sarkar B. (2012). “An Exploratory Analysis of Intelligent Manufacturing System (IMS) Under Fuzzy Utopian Environment”, *IOSR J. Eng.*, Cilt:2, Sayı:8, s.129-140.
- Mendoza G.A., Martins H. (2006). “Multi-Criteria Decision Analysis in Natural Resource Management: A Critical Review of Methods and New Modelling Paradigms”, *Forest Ecology and Management*, Cilt: 230, Sayı:1-3, s. 1-22.
- Menteş A. (2000). *Manevra ve Sevk Sistemi Seçiminde Bulanık Çok Kriterli Karar Verme*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Mulliner E. Smallbone K. and Maliene V. (2013). “An assessment of sustainable housing affordability using a multiple criteria decision making method”, *Omega*, Cilt: 41,s. 270-279.
- Nas S. (2006). *Gemi Operasyonlarının Yönetiminde Kaptanın Bireysel Karar Verme Süreci Analizi Ve Bütünleşik Bir Model Uygulaması*, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizcilik İşletmeleri Yönetimi Anabilim Dalı, Doktora Tezi, İzmir.
- Nuuter T., Lill I. and Tupenaite L. (2015). “Comparison of housing market sustainability in European countries based on multiple criteria assessment”, *Land Use Policy*, Cilt: 42,s. 642-651.
- Organ A., Katrancı A. (2016). “Kırılgan Sekizli Olarak Adlandırılan Ülkelerin Yaşanılabilirlik Düzeyinin Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri İle Değerlendirilmesi”, *Balkan Sosyal Bilimler Dergisi*, s.73-90.
- Ömürbek N., Balcı F. (2017). “ENTROPİ Temelli COPRAS Yöntemi ile Avrupa Birliği Ülkeleri Ve Türkiye'nin Havayolu Taşımacılığının Değerlendirilmesi”, *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi*, Cilt: 8, Sayı: 18, ss.13-25.
- Ömürbek N., Eren H. (2016). “PROMETHEE, MOORA VE COPRAS Yöntemleri İle Oran Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi: Bir Uygulama”, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, *Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Cilt:8, Sayı:16, ss.174-187.



- Ömürbek N., Urmak, Akçakaya E.D. (2018). “FORBES 2000 listesinde yer alan havacılık sektöründeki şirketlerin ENTROPİ, MAUT, COPRAS ve SAW yöntemleri ile analizi”, Süleyman Demirel Üniversitesi, *İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Cilt:23, Sayı:1, s.257-278.
- Özbek A. (2017a). “İlkokul Öğretmenleri Sağlık ve Sosyal Yardım Sandığı'nın Finansal Performans Analizi”, Çankırı Karatekin Üniversitesi, *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Cilt:7, Sayı:1, s.1-31.
- Özbek A. (2017). “Türkiye Diyanet Vakfı'nın SAW, COPRAS ve TOPSIS Yöntemi İle Performans Değerlendirmesi”, *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, Cilt:15, Sayı:1, s.66-84.
- Özdağoğlu A. (2013a). “İmalat İşletmeleri İçin Eksantrik Pres Alternatiflerinin COPRAS Yöntemi İle Karşılaştırılması”, *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Elektronik Dergisi*, Cilt: 4, Sayı: 8, s.1-22.
- Özdağoğlu A. (2013b). “Çok ölçütlü karar verme modellerinde normalizasyon tekniklerinin sonuçlara etkisi: COPRAS örneği”, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, Cilt:8, Sayı: 2, s.229-252.
- Öztürk A. (2009). *Yöneylem Araştırması*, Ekin Kitapevi, Bursa.
- Öztürk D., Batuk F. (2007). “Criterion Weighting In Multicriteria Decision Making”, *Journal of Engineering and Natural Sciences*, Cilt:25, Sayı:1, s. 86-98.
- Özyörük B., Özcan E. C. (2005). *Otomotiv Sektöründe Tedarikçi Seçimine Etki Eden Faktörler ve Tedarikçi Seçimi*, V. Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu Bildiriler Kitabı, İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul.
- Petkovic D., Madic M. and Radenkovic G. (2015). “Selection of the most suitable non-conventional machining processes for ceramics machining by using MCDMs”, *Science of Sintering*, Cilt:47, Sayı: 2, s. 229-235.
- Podvezko V., (2011). “The Comparative Analysis Of MCDA Methods SAW And COPRAS”, *Inzinerine Ekonomika-Engineering Economics*, Cilt: 22, Sayı: 2, s.134-146.
- Popovic G., Stanujkic D. and Stojanovic S. (2012). “Investment Project Selection by Applying COPRAS Method and Imprecise Data”, *Serbian Journal of Management*, Cilt: 7, Sayı: 2, s. 257 – 269.
- Rabbani A., Zamani M., Yazdani-Chamzini A. and Zavadskas E. K. (2014). “Proposing a new integrated model based on sustainability balanced scorecard (SBSC) and MCDM approaches by using linguistic variables for the performance evaluation of oil producing companies”, *Expert Systems with Applications*, Cilt: 41, Sayı:16, s.7316-7327.

- Sarıçalı G., Kundakcı N. (2017). “Forklift Alternatiflerinin KEMIRA-M Yöntemi ile Değerlendirilmesi”, *Optimum Ekonomi ve Yönetim Bilimleri Dergisi*, Cilt: 4, Sayı: 1, s.35-53.
- Sarıçalı G., Kundakcı N. (2016). “AHP Ve COPRAS Yöntemleri İle Otel Alternatiflerinin Değerlendirilmesi”, *International Review of Economics and Management*, Cilt: 4, Sayı: 1, s.45-66.
- Staniunas, M., Medineckiene M., Zavadskas E.K. and Kalibatas D. (2013). “To Modernize or Not: Ecological–Economical Assessment of Multi-Dwelling Houses Modernization”, *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, Cilt: 13, Sayı: 1, s.88-98.
- Stanujkic D., Djordjevic B. and Djordjevic M. (2013). “Comparative analysis of some prominent MCDM methods: A case of ranking Serbian banks”, *Serbian Journal of Management*, Cilt: 8, Sayı: 2, s.213-241.
- Tekin M. (2004). *Sayısal Yöntemler*, 5. Baskı, Konya.
- Tekin M. (2008). *Sayısal Yöntemler*, 6. Baskı, Konya.
- Tosun K. (1992). *İşletme Yönetimi: genel esaslar*, 6. Baskı, Savaş Yayınları, Ankara.
- Tütek H. H., Gümüšoğlu Ş. ve Özdemir A. (2012). *Sayısal Yöntemler Yönetimsel Yaklaşım*, Beta Basım Yayım, 6. Baskı, İstanbul.
- Ulucan A. (2004). *Yöneylem araştırması: işletmecilik uygulamalı/ bilgisayar destekli modelleme*, 2. Baskı, Siyasal Kitabevi, Ankara.
- Uygurtürk H., Soylu N. (2016). “Girişim Sermayesi Yatırım Ortaklıklarının Likidite ve Karlılık Performanslarının COPRAS Yöntemi ile Analizi”, Hitit Üniversitesi, *Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Yıl: 9, Sayı: 2, ss. 637-650.
- Ünal Z. (2015). *Tedarikçi Seçiminde Bulanık AHP Ve TAGUCHI Kayıp Fonksiyonunun Kullanımı: Bir Otel İşletmesinde Uygulama*, Akdeniz Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ekonometri Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Antalya.
- Vassilev V., Genova K. and Vassileva M. (2005). “A Brief Survey of Multicriteria Decision Making Methods and Software Systems”, *Bulgarian Academy Of Sciences Cybernetics And Information Technologies*, Cilt: 5, Sayı: 1, s.3-13.
- Yıldırım B. F., Önder. E. (2015). *Operasyonel, Yönetimsel ve Stratejik Problemlerimin Çözümünde, Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri*, Dora Yayıncılık, 2. Baskı Bursa.
- Yılmaz A.S. (2011). *Üniversite Öğrencilerinin Karar Vermede Özsaygı Ve Karar Verme Stillerinin Benlik Saygısı Ve Utangaçlık Açısından İncelenmesi*, Selçuk Üniversitesi, Eğitim Bilimler Enstitüsü, Eğitim Bilimleri Anabilim Dalı, Psikolojik Rehberlik Ve Danışmanlık Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Konya.

Zavadskas E. K., Kaklauskas A., Peldschus F. and Turskis Z. (2007). "Multi-Attribute Assessment Of Road Design Solutions By Using The COPRAS Method ", *Baltic Journal of Road & Bridge Engineering*, Cilt:2, Sayı:4, s.195-203.

Zolfani S.H. and Zavadkas, E.K. (2013). "Sustainable Development of Rural Areas' BuildingStructures Based on Local Climate", *Procedia Engineering*, Cilt:57, s.1295-1301.

## ÖZGEÇMİŞ

### KİMLİK BİLGİLERİ

**Adı Soyadı** : Gizem SARIÇALI  
**Doğum Yeri** : Denizli  
**Doğum Tarihi** : 23.05.1992  
**E-posta** : gzemmsaricali@hotmail.com

### EĞİTİM BİLGİLERİ

**Lise** : Nalan Kaynak Anadolu Lisesi  
**Lisans** : Pamukkale Üniversitesi- Matematik  
**Yüksek Lisans** : Pamukkale Üniversitesi- Sayısal Yöntemler  
**Yabancı Dil ve Düzeyi:** İngilizce - Upper/ Intermediate