



**ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİNİN  
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİNDE UYGULANMASI**

**Gizem TÜFEK**



T.C.  
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİNİN  
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİNDE UYGULANMASI**

**Gizem TÜFEK**

0000-0001-5116-7837

Prof. Dr. Nezh Kamil SALİHOĞLU  
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2022  
Her Hakkı Saklıdır

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİNİN ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİNDE UYGULANMASI

**Gizem TÜFEK**

Bursa Uludağ Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

**Danışman Prof. Dr. Nezh Kamil SALİHOĞLU**

Katı atık depolama tesisleri, atıkların kontrollü bir şekilde biriktirilip kontrollerinin yapıldığı alanlardır. Nüfusun artması ile artan atık miktarlarının, insan sağlığına ve çevreye zarar vermemesi için atık depolama tesislerinin oluşturulması gereklilik haline gelmektedir. Atık yönetiminin en önemli aşamalarından biri bu depolama tesislerinin yer seçimidir. Depolama tesislerinin yer seçiminde pek çok kriter dikkate alınmalıdır. Bu seçimleri gerçekleştirmek için çok kriterli karar verme teknikleri gibi birçok teknik vardır. Bu tekniklerle, potansiyel tesisler arasından en uygun seçim yapılmasına imkan sağlanmaktadır. Bu çalışmada, Mersinli (2021)'nin AHP verilerinden elde edilen bilgiler doğrultusunda, her kritere özel skalalar oluşturulmuş ve yeniden skorlama tekniği ile TOPSIS ve VIKOR tekniklerinde kullanılması için karar matrisi oluşturulmuştur. Bursa ili için en uygun alternatif tesisin tespit edilmesi amaçlanmış, TOPSIS ve VIKOR teknikleri uygulanmıştır. Daha sonra AHP, TOPSIS ve VIKOR tekniklerinin sonuçları karşılaştırılmıştır. Uygulanan tekniklerdeki sıralama sonuçlarına göre, aday tesislerin en uygunu, tekniklerin hepsinde aynı bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Atık, Katı atık depolama tesisi, AHP, TOPSIS, VIKOR, Çok kriterli karar verme

**2022, vii + 59 sayfa.**

## **ABSTRACT**

MSc Thesis

### **APPLICATION OF MULTI-CRITERIA DECISION MAKING METHODS IN ENVIRONMENTAL ENGINEERING**

**Gizem TÜFEK**

Bursa Uludağ University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Environmental Engineering

**Supervisor:** Prof. Dr. Nezih Kamil SALİHOĞLU

Solid waste landfill facilities are areas where waste is deposited and controlled in a controlled manner. Establishment of solid waste landfill facilities becomes a necessity in order to prevent the increasing amount of waste with the increase in population from harming human health and the environment. One of the most important stages of waste management is the site selection of these landfill facilities. Many criteria should be taken into account when site selection of landfill facilities. There are many techniques to realize these selections, such as multi-criteria decision making techniques. With these techniques, it is possible to make the most suitable selections among the potential facilities. In this study, in accordance with the information obtained from the AHP data of Mersinli (2021), special scales were created for each criterion and a decision matrix was created for use in TOPSIS and VIKOR techniques with a re-scoring technique. It was aimed to determine the most suitable alternative site for Bursa province, TOPSIS and VIKOR techniques were applied. Then, the results of AHP, TOPSIS and VIKOR techniques were compared. According to the ranking results in the applied techniques, the most suitable candidate facilities were found to be the same in all of the techniques.

**Key words:** Waste, Solid Waste Landfill, AHP, TOPSIS, VIKOR, Multi-Criteria Decision Making

**2022, vii + 59 pages.**

## TEŞEKKÜR

Tez alıőmamda, bana katkılarından ve desteğinden dolayı saygıdeğer danıőmanım Prof. Dr. Nezh Kamil Salihoğlu'na ok teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca manevi desteklerini benden esirgemeyen aileme ok teşekkür ederim.

Gizem TÜFEK  
25/05/2022



## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
KISALTMALAR DİZİNİ.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	4
2.1. Düzenli Depolama Tesisleri.....	4
2.1.1. Düzenli Depolama Tesisleri Yer Seçimi.....	5
2.2. Karar Analizi Ve Çok Kriterli Karar Verme.....	8
2.2.1. Karar Verme Türleri.....	11
2.2.2. AHP Tekniği.....	12
2.2.3. TOPSIS Tekniği.....	17
2.2.4. Öklid (Euclidean) Uzaklığı.....	21
2.2.5. VIKOR Tekniği.....	21
2.2.6. CBS ile Entegre Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri Uygulaması.....	25
2.2.7. Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri Arasındaki Farklar.....	28
2.2.8. Farklı Tekniklerle Yapılan Örnek Çalışmalar.....	29
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	30
3.1. Örnek Çalışmadaki AHP Verilerinin İncelenmesi.....	31
3.2. Her Kriterle Özel Skalalar Oluşturma ve Hücre Değerlerini Yeni Skalalara Göre Yeniden Skorlama Tekniği.....	31
3.3. Kriterlerin Fayda ve Maliyet Durumlarının Tespit Edilmesi.....	32
4. BULGULAR.....	37
4.1. Kriterler İçin Oluşturulan Skalalar ve Hücre Değerlerinin Yeni Skalalara Göre Yeniden Skorlanmasından Elde Edilen Bulgular.....	37
4.2. Alternatif Tesislerin Kriterler Doğrultusunda TOPSIS Tekniği Uygulanarak Sıralanması.....	39
4.3. Alternatif Tesislerin Kriterler Doğrultusunda VIKOR Tekniği Uygulanarak Sıralanması.....	44
4.4. AHP, TOPSIS ve VIKOR Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	49
5. SONUÇ.....	51
KAYNAKLAR.....	54
ÖZGEÇMİŞ.....	59

## KISALTMALAR DİZİNİ

### Kısaltmalar Açıklama

AHP	Analytic Hierarchy Process
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
TOPSIS	Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
VIKOR	Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje
ÇÖKA	Çok Ölçütlü Karar Analizi



## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 2.1. Entegre atık yönetimi akış diyagramı .....	4
Şekil 2.2. Karar analizi teknikleri .....	9
Şekil 2.3. Karar problemlerinin temel olarak içerdiği öğeler.....	11
Şekil 2.4. AHP'nin aşamaları .....	13
Şekil 2.5. Coğrafi veri katman yapısı .....	26
Şekil 2.6. Konumsal çok ölçütlü karar analizi (ÇÖKA) .....	27
Şekil 2.7. CBS ile karar verirken karar aşamaları.....	28
Şekil 3.1. Çalışmada uygulanan adımlar .....	30
Şekil 3.2. Alternatiflerin seçim değerleri.....	31
Şekil 4.1. Bursa iline ait yer seçim kriterleri.....	39
Şekil 4.2. Standart karar matrisi.....	41
Şekil 4.3. Ağırlıklı standart karar matrisi.....	42
Şekil 4.4. İdeal (v+) çözümleri ve negatif ideal (v-) çözümleri.....	43
Şekil 4.5. Ayırım ölçüleri.....	43
Şekil 4.6. İdeal çözüme görece yakınlık.....	44
Şekil 4.7. Karar matrisi değerleri ile $f_i^*$ ve $f_i^-$ değerlerinin gösterimi.....	45
Şekil 4.8. Normalizasyon matrisi değerleri.....	46
Şekil 4.9. Ağırlıklandırılmış normalizasyon karar matrisi değerleri.....	47
Şekil 4.10. $S_i$ ve $R_i$ değerleri.....	47
Şekil 4.11. $S^*$ , $S^-$ , $R^*$ , $R^-$ değerlerinin hesaplanması.....	48
Şekil 4.12. Q değerlerinin hesaplanması.....	48

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Çizelge 2.1. Düzenli depolama tesislerine ait proje yeri alternatiflerini belirlerken dikkat edilmesi gereken bazı hususlar ve kısıtlar.....	7
Çizelge 2.2. Kriterler için ikili karşılaştırmalar matrisi.....	14
Çizelge 2.3. Karşılaştırmada kullanılan önem dereceleri tablosu.....	15
Çizelge 2.4. Rassal göstergeler.....	16
Çizelge 2.5. TOPSIS tekniğinin adımları.....	17
Çizelge 2.6. VIKOR tekniğinin adımları.....	21
Çizelge 4.1. Her kriterin alternatiflere göre değer dönüşümleri.....	37
Çizelge 4.2. Karar matrisi.....	40
Çizelge 4.3. Koşulların denetlenmesi.....	49



## 1. GİRİŞ

Üreticilerinin atmak istedikleri, tüketici değeri olmayan, bir amaca hizmet etmeyen, düzenli bertaraf edilmeye ihtiyaç duyan katı maddeler ve arıtma çamurları katı atık olarak adlandırılır (Sandal, 2004; Zengin ve Ulutaş, 2016).

Katı atıkların uygun olmayan yöntemlerle toplanıp depolanması sağlık, çevre ve finans gibi pek çok konuda ciddi etkiler meydana getirebilmektedir. Bu nedenle atıklar için sürdürülebilir bir atık yönetim sistemi uygulanmalıdır.

Katı atıkların etkilerini minimum düzeye indirmek için atıkların düzenli depolanması gerekmektedir. Düzenli depolama tesislerinin yer seçiminin yapılması, şehirlerin altyapı tasarımının sürdürülebilir olması bakımından oldukça önemlidir. Seçilen tesisin sosyal, çevresel ve sağlık yönünden gerekli koşullarda olup, yerel kanunlara da uygun olması gerekir (Dipanjan vd., 1997; Aydemir-Karadağ, 2019).

Katı atık düzenli depolama tesisleri yaşam standartları, canlıların sağlığı ve çevre için genellikle bir sorun olarak görülür ve kurulması istenmeyen tesislerdendir. Bu tesislerin yer seçimi aşamasında, sosyal çevre açısından kabul ihtimali yüksek olan bölgeler daha ön planda tutulmalıdır.

Yer seçimi sürecinde, birden fazla kriterin birden fazla alternatif tesis bakımından değerlendirilmesi ve kriterlere göre en iyi alternatifin seçilmesi amaçlanır. Bu süreç karmaşık ve zorlu bir seçim problemini meydana getirmektedir. Düzenli depolama tesislerinin yer seçiminde son yıllarda oldukça popüler olan çok kriterli karar verme tekniklerinden faydalanılmaktadır. Çok kriterli karar verme teknikleri karar alma sürecini daha etkili ve daha kolay bir şekilde gerçekleştirmemize olanak sağlarlar.

Katı atık depolama tesisi yer seçiminde son yıllarda CBS ve çok kriterli karar verme teknikleri entegrasyonu oldukça sık kullanılmaktadır. CBS, çok kriterli karar verme tekniklerine altlık oluşturacak analiz çalışmalarında büyük kolaylıklar sunmaktadır.

Bu çalışmada, Mersinli (2021)'in yapmış olduğu çalışmadan yola çıkılarak TOPSIS VE VIKOR teknikleri uygulanmıştır. Kullanım kolaylığı avantajına sahip olan bu teknikler literatürde sık sık karşımıza çıkmaktadırlar.

Tesis yeri seçimi yapılabilmesi için farklı meslek gruplarından alanlarında uzman kişilere alternatifleri kriter bazında değerlendirmeleri için anketlerle sorular sorulmuştur. Daha sonra alınan yanıtların kalitatif formdan sayısal forma geçmesi için uzmanlardan alternatifleri kriter bazında puanlamaları istenmiştir. Her bir kriter temelinde alternatiflerin ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur.

Bu çalışmada elde edilen değerleri Saaty ölçeği skalasına dönüştürebilmek için bir teknik oluşturulmuştur. Çalışma kapsamında, AHP verilerinden yola çıkılarak TOPSIS ve VIKOR tekniklerinde kullanılması için karar matrisi elde edilmiş, her kritere özel skalalar oluşturulmuştur. Her bir kriterin fayda ve maliyet durumu direk başlıklara göre atama yapılarak değil, örnek çalışmada incelenen yönlerine göre ayrıntılı olarak tespit edilmiştir.

Çalışmada 5 ana bölüm oluşturulmuştur. Çalışmanın ilk bölümünde genel olarak katı atıkların depolanma sürecinden bahsedilmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde depolama alanları ve yer seçim süreci, karar analizi ve çok kriterli karar verme teknikleri ile bu teknikler arasındaki farklar, CBS ile entegre çok kriterli karar verme teknikleri ve uygulaması yapılan örnek çalışmalar anlatılmıştır.

Çalışmanın üçüncü bölümünde materyal ve yöntem anlatılmış, bu çalışma kapsamında kullanılan örnek çalışmadaki veriler incelenmiş, yeniden skorlama tekniği ve kriterlerin fayda maliyet durumu açıklanmıştır.

Dördüncü bölümde yeniden skortlama tekniğinden elde edilen bulgulara, alternatif tesislerin kriterler doğrultusunda TOPSIS ve VIKOR tekniklerinin uygulanmasıyla elde edilen sıralama sonuçlarına, AHP, TOPSIS ve VIKOR sonuçlarının karşılaştırılmasına yer verilmiştir.

Çalışmanın son aşamasında elde edilen sonuçlar ve yapılan çalışma doğrultusunda literatüre katkı sağlamak amacıyla öneriler sunulmuştur.

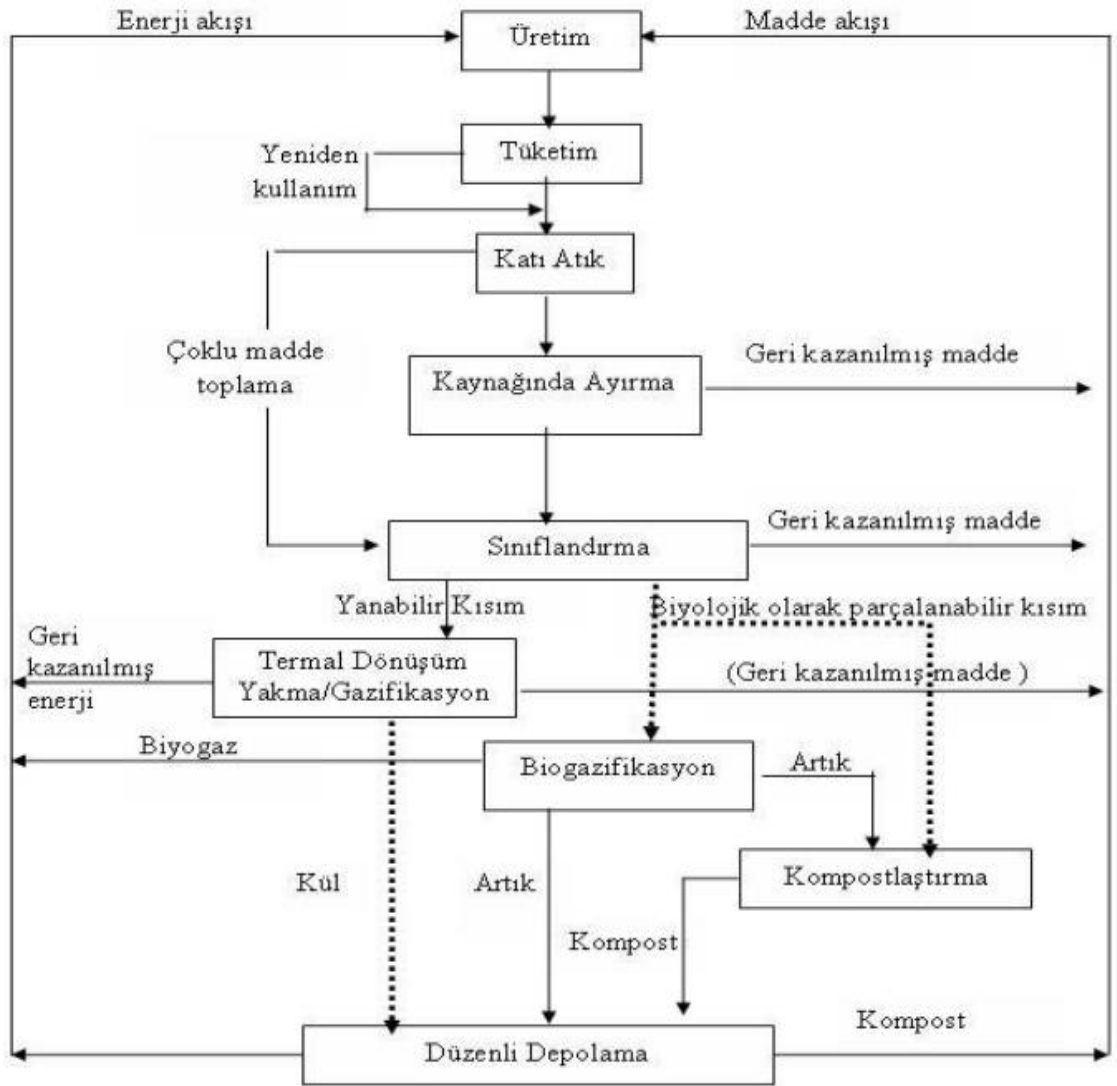


## 2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI

### 2.1. Düzenli Depolama Tesisleri

Atıklar, üretimden depolanmalarına kadar yaşam döngüsünün içinde önemli bir yer kaplayan unsurlardır. Atıkların doğru ve etkili yönetimi, oluşabilecek çevre zararlarının önüne geçebilmektedir. Bu nedenle atıkların yönetimi ve bu parçanın en önemli unsurlarından biri de atıkların depolanması ve yer seçimidir.

Şekil 2.1’de Entegre atık yönetimi akış diyagramı gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Entegre Atık Yönetimi Akış Diyagramı (Kemirtlek, t. y.)

Bu çalışmada, ülkemizde Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik Madde 15 (Resmî Gazete Tarihi: 26.03.2010, Resmî Gazete Sayısı: 27533) gereğince incelenen depolama tesisi yer seçimi kriterleri dikkate alınmıştır. Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik'e göre;

Düzenli depolama tesis sınırlarının yerleşim birimlerine uzaklığı I. sınıf düzenli depolama tesisleri için en az 1 kilometre, II. sınıf ve III. sınıf düzenli depolama tesisleri için en az 250 metre olmak zorundadır. Düzenli depolama tesisi yer seçiminde tesis, hava ulaşım güvenliğini etkilememelidir ve orman alanları, ağaçlandırma alanları, yaban hayatı ve bitki örtüsünün korunması gibi özel amaçlarla koruma altına alınmış alanlara uzak olmalıdır. Bölgede bulunan yeraltı ve yüzeysel su kaynaklarının durumuna, yeraltı su seviyesi ve yeraltı suyu akış yönlerine, hâkim rüzgâr yönü ve yağış durumuna, doğal veya kültürel miras durumuna dikkat edilmelidir. Tesisin topografik, jeolojik, jeoteknik, jeomorfolojik, ve hidrojeolojik durumu incelenmelidir. Çöpün kaymaması için taşkın, heyelan, çığ, erozyon ve yüksek deprem riski dikkate alınmalıdır. Tesiste akaryakıt, gaz ve içme-kullanma suyu naklinde kullanılan boru hatları, yüksek gerilim hatları bulunmamalıdır. Çevresel etki değerlendirmesi sürecinin tamamlanmasını müteakip seçilen alan, ilgili planlara işlenmektedir.

### **2.1.1. Düzenli Depolama Tesisleri Yer Seçimi**

Katı atık depolama tesisleri, katı atıkların insan sağlığına ve çevreye zarar vermeyecek şekilde uzaklaştırılması için yapılan depolama alanlarıdır. Atıkların düzenli depolanması, hem işletme kolaylığı hem de ekonomik olması sebebiyle dünyada yaygın olarak kullanılan bir metottur (Kemirtlek, t. y.).

Önceden tespit edilen ölçütleri içeren yer seçimi, çok kriterli bir karar oluşturma sürecidir. Yer seçimi yapılacak tesis için kullanımına ve hedefine yönelik kriterler belirlenmesi bu süreçte oldukça önemlidir. Bu kriterlerin puanlamaları yani ağırlıkları tespit edildikten sonra yerleşilebilirlik ihtimali olan alanlar, bu ihtimallerin ağırlıklarına göre karşılaştırılırlar. Bunun sonucunda, tercih edilen alternatifler belirlenir ve yer seçim kararı süreci tamamlanmış olur (Ünaldık, 2019).

Düzenli depolama tesislerinin yer seçiminde, seçilen yerin insan yaşamını etkileyen her alanda ilgili şartları sağlaması ve yerel kanunlara da uyması gerekir (Dipanjan vd., 1997; Aydemir-Karadağ, 2019).

Düzenli Depolama Tesisleri Saha Yönetimi Ve İşletme Kılavuzu'na (2014) göre, yer seçimi yapım aşamasında, alternatif tesisler incelenirken topografik ve zemin özellikleri iyi bir şekilde değerlendirilmelidir. Ön inceleme yapıldıktan sonra detaylı incelemeler yapılmalıdır. Bu aşamalarda zeminin taşıma gücü, kayma ihtimali ve yeraltı suyu dikkatli bir şekilde incelenmelidir.

Ülkemizde depolama tesisleri yapımından önce yapılan etüt çalışmalarındaki öncelikli başlıklar Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik'teki yer seçimi kriterlerine göre belirlenmektedir. Tesisin yer seçiminin kararında puanlama tekniği ile alternatifler kıyaslanıp, en uygun tesis bulunur. Burada, CBS teknikleri kullanılır. Tesisin yeri belirlenirken bazı soruların cevapları alınmalıdır. Bu sorular aşağıda belirtilmiştir: (Mersinli ve Salihoğlu, 2019)

- 1) Atık miktarı ne kadar?
- 2) Atık nereye depolanacak?
- 3) Tesisin hizmet edeceği nüfus nedir?
- 4) Kişi başına oluşan atık miktarı ne kadardır?
- 5) Tesisin alternatifleri var mıdır?
- 6) Bu temel soruların ardından çevresel, sosyal, ekonomik ve politik başlıklardan oluşan sorular sorulur.

Düzenli depolama tesislerine ait proje yeri alternatiflerini belirlerken dikkat edilmesi gereken bazı hususlar ve kısıtlar Çizelge 2.1'de gösterilmiştir (ÇEAÖK 2017):

**Çizelge 2.1.** Düzenli depolama tesislerine ait proje yeri alternatiflerini belirlerken dikkat edilmesi gereken bazı hususlar ve kısıtlar

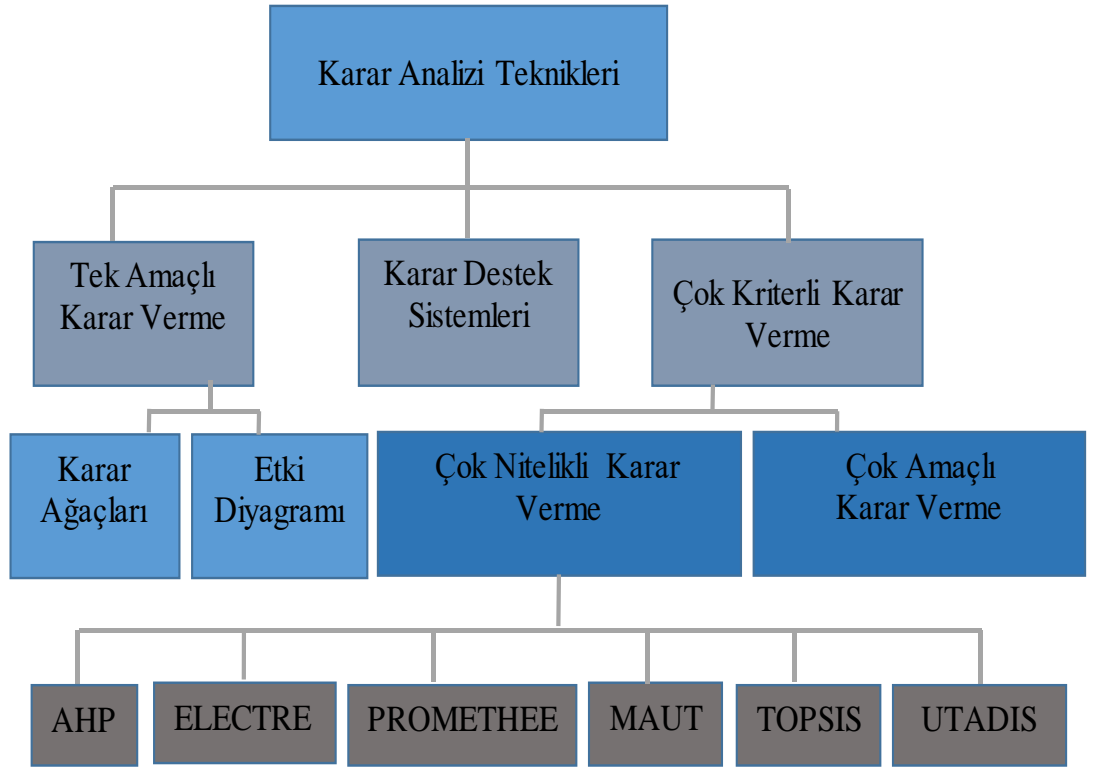
Stratejik Çevresel Değerlendirme, Çevre Düzeni Planı, İmar Planı, Atık Yönetim Planı vb. çalışmalarda verilen çevresel hedefler
Mevcut atık yönetim altyapısı
Mevcut veya kurulması planlanan diğer tesislere yakınlık
Mevcut atık yönetim altyapısı
Yerleşim yerlerine yakınlık
Nüfus yoğunluğu
Saha zemini
Sahanın hidrolojik ve hidrojeolojik durumu
Göller, nehirler ve dağlar gibi doğal engeller ve bariyerler
Koruma bölgelerine yakınlık
Ulaşım altyapısına yakınlık ve atık taşıma sistemine olan etkisi
Altyapı ağlarına olan yakınlık ve sisteme olan etkisi
Arazi mülkiyeti kısıtlamaları
Doğal görünüme estetik açıdan etkiler

## 2.2. Karar Analizi Ve Çok Kriterli Karar Verme

Karar verme, birden fazla alternatif arasından en uygun olanını seçmektir. İnsanlar hayatlarında pek çok konuda farklı seçeneklerden birini seçmek durumunda kalırlar. Yani, bir seçeneği seçme işlemi karar verme olarak adlandırılmaktadır (Evren ve Ülengin, 1992; Cengiz, 2012). Karar verme analizleri, karar vericilerin daha iyi kararlar alabilmelerine destek sağlayan araçlardır (Arslan, 2018).

Çok kriterli karar verme teknikleri, potansiyel alternatifler arasından en uygununun seçimine olanak sağlamaktadırlar. (Cho, 2003; Tunca vd., 2015). Bu teknikler, alternatiflerin seçiminde ve alternatiflerin sıralanmasında kullanılmaktadırlar. Burada karar vericiler, alternatifleri birden fazla kriteri göz önüne alarak sıralandırmaktadırlar (Türkmen ve Çağıl, 2012:63; Tunca vd., 2015).

Karar verme sürecini en etkili şekilde gerçekleştirmek için çeşitli karar analizi teknikleri geliştirilmiştir. Bu teknikler Şekil 2.2’de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Karar Analizi Teknikleri (Zhou vd., 2006)

Karar verme olayının temel nitelikleri aşağıda belirtilmiştir (Baştuğ, 2006; Aydın, 2008):

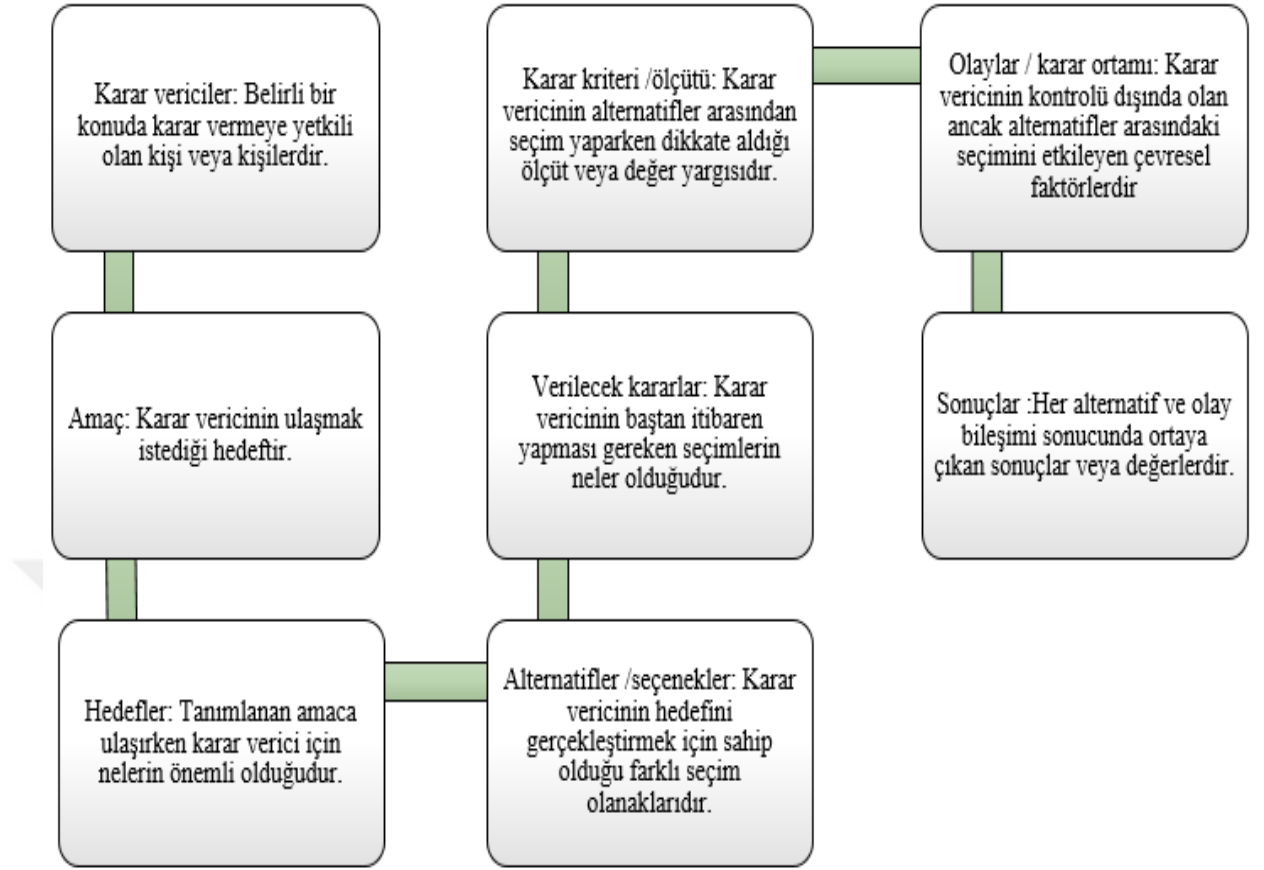
- Karar vermek, maddesel ve psikolojik güçlükleri taşımaktadır.
- Karar verme olayı, etkinlik ve rasyonelliğe dayanmaktadır.
- Karar verme, yüksek maliyetlidir.
- Karar vermek, problem çözme olayıdır.
- Karar vermek, yetki ve iradeye dayalı bir olaydır.
- Karar vermek, öngörü temeline dayanmaktadır.
- Kararların verilip uygulanması belli bir zaman dilimi gerektirmektedir.

- Karar vermek, alternatif giderleri meydana getirmektedir.
- Karar vermek, planlama olayıdır.

Çok kriterli karar verme sürecinin hedef ve faydaları aşağıda özet halinde belirtilmiştir (Kocamustafaoğulları, 2007; Aydın, 2008):

- Karmaşık ve algılanışı zor konuları analiz etme,
- Karar süreçlerini sistemli olarak yürütme,
- Şeffaf olarak hesap verilebilir bir biçimde yönetim modeli kurma,
- Kamuda karar süreçlerinde sistematik düşünce kavramını yaygınlaştırma,
- Birden fazla karar vericinin olduğu yerlerde ortak bir platform yaratıp, iletişim sürecini kolaylaştırma,
- Alternatiflerin kriter değerlendirmesinde uzman fikirleri ile karar vericilerin subjektif değerlendirmelerini entegre etme,
- Büyük miktarlardaki ya da dağınık haldeki verileri değerlendirmeye alma.

Karar problemlerinin temel olarak içerdiği öğeler Şekil 2.3’de gösterilmiştir içermektedir (Aktaş vd., 2015; Arslan, 2018):



Şekil 2.3. Karar problemlerinin temel olarak içerdiği öğeler

### 2.2.1. Karar Verme Türleri

#### 1) Belirlilik Durumunda Karar Verme:

Karar verme problemindeki hedefin, alternatiflerin ve alternatiflerin getirilerinin bilindiği karar verme türüdür (Cengiz, 2012).

#### 2) Risk Durumunda Karar Verme:

Karar verme işleminde hedefler açıktır fakat iki veya daha çok gerçekleşme ihtimali olan olaylardan hangisinin gerçekleşeceğinin bilinmediği karar verme türüdür (Cengiz, 2012).

### 3) Belirsizlik Durumunda Karar Verme:

Bu tür karar vermede, karar verme işleminde hedef bellidir fakat alternatifler ve alternatiflerin getirileri hakkında bilgi yoktur (Emhan, 2007; Cengiz, 2012).

### 4) Tam Belirsizlik Durumunda Karar Verme:

Karar verme işleminde hedef belli değildir. Bu tür karar verme, en zor karar verme türüdür (Cengiz, 2012).

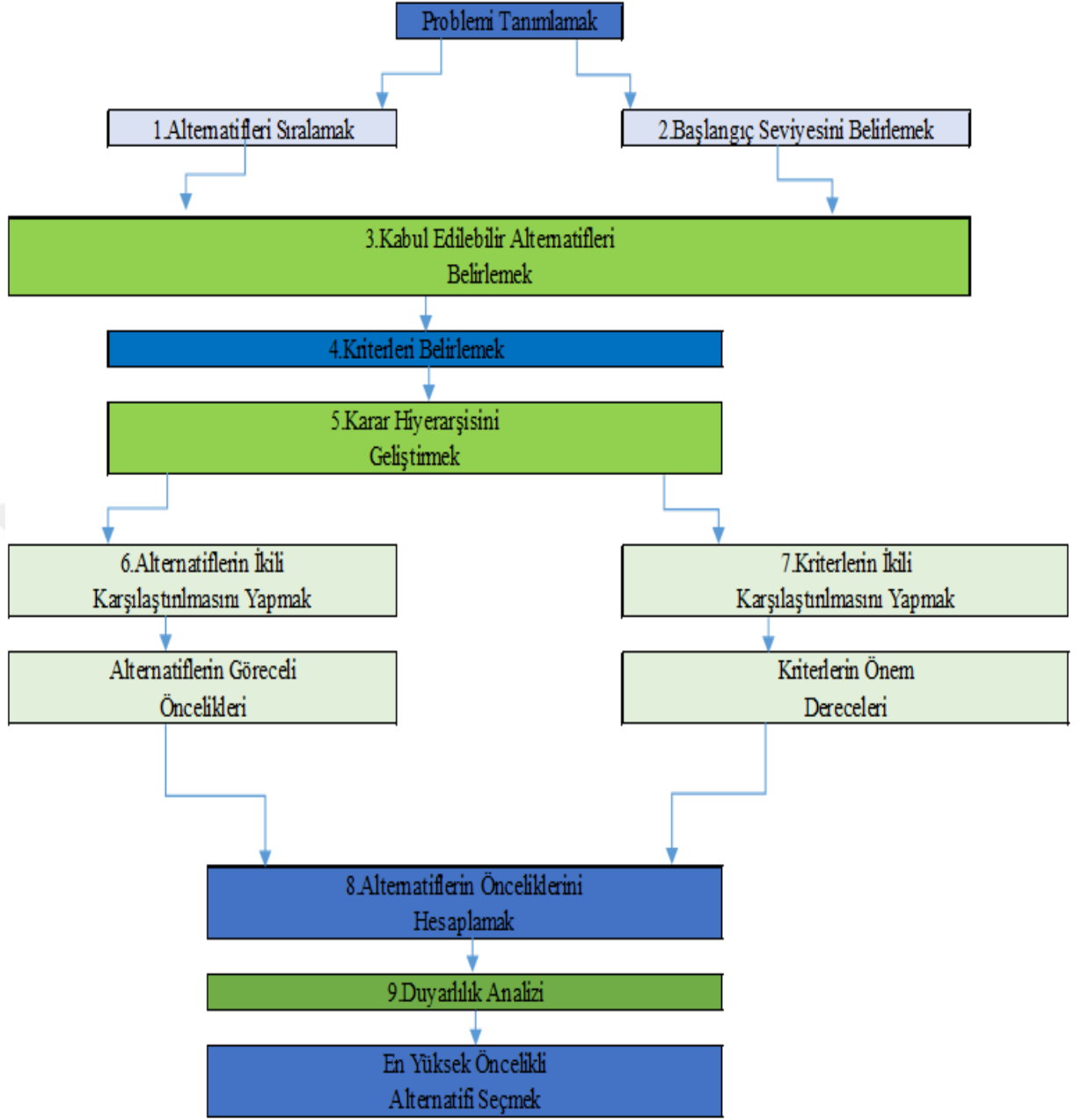
### 5) Rekabet Halinde Karar Verme (Oyun Teorisi) :

Karar vermede rekabet olduğu durumlarda geçerli olan karar türüdür. Oyun teorisinde, rakiplerin stratejileri karar matrisinde yer alır (Cinemre, 2011; Cengiz, 2012) .

#### 2.2.2. AHP Tekniği

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), Thomas L. Saaty tarafından birden çok kriter içeren karar verme problemlerine çözüm sağlamak için tasarlanmıştır. Bu teknik, ölçekli ve karmaşık çok kriterli karar verme problemlerine çözüm sağlayabilen bir tekniktir (Kaplan, 2010; Güler, 2011).

AHP'nin aşamaları Şekil 2.4'deki gibi gösterilebilir: (Eelko, 1995; Erdem Hacıköylü, 2006) .



**Şekil 2.4.** AHP'nin aşamaları

AHP tekniğinin aşamaları ve formülasyonları aşağıda belirtilmiştir (Saaty, 1990; Doğan ve Önder, 2014):

1. **Aşama:** Problemin tanımlanıp süreçte kullanılacak bilgilerin saptanması.
2. **Aşama:** Karar hiyerarşisinin oluşturulması.

**Çizelge 2.2.** Kriterler için İkili Karşılaştırmalar Matrisi

	<b>Kriter 1</b>	<b>Kriter 2 ..</b>	<b>. Kriter n</b>
<b>Kriter 1</b>	$W_1/W_1$	$W_1/W_2 \dots$	$W_1/W_n$
<b>Kriter 2</b>	$W_2/W_1$	$W_2/W_2 \dots$	$W_2/W_n$
	.	.	.
<b>Kriter n</b>	.	.	.
	$W_n/W_1$	$W_n/W_2 \dots$	$W_n/W_n$

**3. Aşama:** İkili karşılaştırmalar matrisini oluşturulması.

İkili karşılaştırma, iki kriterin birbirleriyle kıyaslanması, karşılaştırılması anlamına gelmektedir. Burada, bir seviyedeki kriterlerin tamamı, etkileşim içinde bulunduğu bir üst seviyedeki tüm kriterler açısından birbirleriyle karşılaştırılmaktadırlar (Kuruüzüm vd., 2003); Erdem Hacıköylü, 2006 ).

İkili karşılaştırmalar matrisini oluşturabilmek için karar vericiler anket yardımı ile  $n(n-1)/2$  adet ikili karşılaştırma yapmaktadırlar. Bu karşılaştırmalarda, Çizelge 2.3'deki değerler kullanılmıştır.

**Çizelge 2.3.** Karşılaştırmada Kullanılan Önem Dereceleri Tablosu

ÖNEM DERECESESİ	TANIM	AÇIKLAMA
1	Eşit önem	İki faaliyet amaca eşit düzeyde katkıda bulunuyor.
3	Birinin diğerine göre orta derecede daha önemli olması	Tecrübe ve yargı bir faaliyeti diğerine orta derecede tercih ettiriyor.
5	Kuvvetli düzeyde önem	Tecrübe ve yargı bir faaliyeti diğerine kuvvetli bir şekilde tercih ettiriyor.
7	Çok kuvvetli düzeyde önem	Bir faaliyet güçlü bir şekilde tercih ediliyor ve baskınlığı uygulamada rahatlıkla görülüyor.
9	Aşırı düzeyde önem	Bir faaliyetin diğerine tercih edilmesine ilişkin kanıtlar büyük bir güvenilirliğe sahip.
2,4,6,8	Ortalama değerler	Uzlaşma gerektiğinde kullanılmak üzere iki ardışık yargı arasına düşen değerler.

#### 4. Aşama: Lokal ve global ağırlıkların belirlenmesi

Doğru özvektör ile en büyük özdeğer tespit edilip, öncelikler bulunmaktadır. Karşılaştırma matrisinin tüm elemanları için, tüm öncelikler matrisi oluşturulmaktadır.

Matris  $A=(a_{ij})$ 'de,  $a_{ij}.a_{jk}=a_{ik}$  ve asal özdeğer ( $\lambda_{max}$ ) n'e eşit ise tutarlılık olduğu söylenebilmektedir.

Özdeğer formülü aşağıdaki eşitlikte gösterilmiştir:

$$Aw = \begin{bmatrix} 1 & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & 1 & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = nw \quad (2.1)$$

$$a_{ij} = \frac{w_i}{w_j} \quad i, j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.2)$$

$$Aw = \lambda_{max}w \quad (2.3)$$

Tutarlılık indeksinin (CI) hesaplanırken kullanılan formül aşağıda gösterilmektedir:

$$CI = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n - 1)} \quad (2.4)$$

Tutarlılık oranı, CR=CI / RI formülü yardımı ile bulunmaktadır.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2.5)$$

RI: Rastgele değer indeksini temsil etmektedir.

Çizelge 2.4.'deki değerlerden uygun olanı seçilerek işlemlerde kullanılmaktadır.

**Çizelge 2.4.** Rassal Göstergeler

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Rassallık Göstergesi</b>	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

(w) değerlerinin kabulü tutarlılık oranınının 0,1'den küçük olduğu durumlarda uygun olmaktadır. Maksimize edilmiş özdeğer, CI ve CR değerleri bulunup, kriterlerin ağırlıkları elde edilmektedir (Doğan ve Önder, 2014):

AHP'nin sıklıkla kullanıldıkları alanlar aşağıdaki gibi sıralanabilir: (Erdem Hacıköylü, 2006 ).

- Alternatiflerin seçimi yapılırken
- Fayda ve maliyet analizleri gerçekleştirilirken
- Pazarlama kararları alınırken
- Performans değerlendirmeleri yapılırken

- Kaynak tahsisinde
- Ürün tasarlamada
- Toplam kalite yönetiminde
- Politik stratejilerde

### 2.2.3. TOPSIS Tekniği

TOPSIS tekniği, Hwang ve Yoon tarafından ortaya konulmuş çok kriterli karar verme tekniğidir. Bu teknikte, alternatiflerin kriterlerin alabileceği maksimum ve minimum değerler arasında ideal duruma göre karşılaştırılması gerekmektedir. Tekniğin ana yaklaşımı ise pozitif ideal çözüme en yakın, negatif ideal çözüme ise en uzak seçeneği bulmaktır (Alp ve Topuz, 2018).

OPSSIS adımları Çizelge 2.5’de gösterilmiştir (Oğuz vd., 2018).

#### Çizelge 2.5. TOPSIS tekniğinin adımları

- 1. Adım:** Karar matrisini oluşturmak
- 2. Adım:** Karar matrisini normalleştirmek
- 3. Adım:** Normalize edilmiş karar matrisini oluşturmak
- 4. Adım:** Pozitif ve negatif ideal çözümleri oluşturmak
- 5. Adım:** Ayrım ölçülerini hesaplamak
- 6. Adım:** İdeal çözüme göreli yakınlığı hesaplamak

TOPSIS tekniğinde 6 aşama uygulanmaktadır. İlgili aşamalar aşağıda gösterilmiştir (Rao, 2007; Özdağoğlu, 2013; Pekkaya ve Aktogan, 2014; Özdemir, 2015; Yücel, 2018).

### 1. Aşama : Karar Matrisinin Oluşturulması

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

Bu aşamada, satırlara alternatifler yazılırken sütunlara kriterler yazılmaktadır. ( $A_{ij}$ )'de karşılaştırılan değerlerin gerçek değerleri gözükmemektedir.

### 2.Aşama: Normalize Matrisin Elde Edilmesi

$$n_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}} \quad (i = 1, \dots, m \text{ ve } j = 1, \dots, p) \quad (2.6)$$

Denklemdaki  $a_{ij}$ , matrisi oluşturan her bir elemanı belirtmektedir. Denklem (2.6) uygulandıktan sonra aşağıdaki belirtildiği gibi normalize edilmiş "N" matrisi bulunur.

$$N = \begin{bmatrix} n_{11} & n_{12} & \dots & n_{1p} \\ n_{21} & n_{22} & \dots & n_{2p} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ n_{m1} & n_{m2} & \dots & n_{mp} \end{bmatrix}$$

### 3. Aşama: Ağırlıklandırılmış Normalize Matrisin Elde Edilmesi

( $n_{ij}$ ), sütunlar için tespit edilen ağırlık değerleri (w) ile çarpılınca "V" ağırlıklandırılmış normalize matrisi elde edilir. Ağırlık değerleri değişik tekniklerle de sağlanabilmektedir. Bu çalışmada, ağırlık değerleri AHP ile bulunmuştur. Ağırlık değerlerinin toplamının 1'e eşit olmalıdır.

$$V = \begin{bmatrix} w_1 n_{11} & w_2 n_{12} & \dots & w_n n_{1p} \\ w_1 n_{12} & w_2 n_{22} & \dots & w_n n_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1 n_{m1} & w_2 n_{m2} & \dots & w_n n_{mp} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & \dots & v_{1p} \\ v_{21} & v_{22} & \dots & v_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{m1} & v_{m2} & \dots & v_{mp} \end{bmatrix}$$

#### 4. Aşama: İdeal ve Negatif İdeal Çözüm Değerlerinin Elde Edilmesi

Amaç maksimize ise ideal çözüm değerleri elde edilmektedir. Daha sonra negatif ideal değerler bulunmaktadır. Amaç minimize ise bu değerler tam tersi olmaktadır.

- Pozitif ideal çözüm değerleri:

$$A^* = \left\{ \max_j v_{ij} \mid j = 1, \dots, p; i = 1, \dots, m \right\} \quad (2.7)$$

$$A^* = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*\} \text{ (her sütundaki maksimum değerler),}$$

Negatif ideal çözüm değerleri:

$$A^- = \left\{ \min_j v_{ij} \text{ olmak üzere} \right\} \quad (2.8)$$

$$A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\} \quad (\text{her sütundaki minimum değerler})$$

## 5. Aşama: İdeal ve Negatif İdeal Noktalara Olan Uzaklık Değerlerinin Elde Edilmesi

Burada Öklid uzaklığı kullanılır.

$x_{ik}$ :  $i$ . gözlemin  $k$ . değişken değeri

$x_{jk}$ :  $j$ . gözlemin  $k$ . değişken değeri

$p$ : Değişken sayısı olmak üzere ( $d_{ij}$ ) aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^p (x_{ik} - x_{jk})^2} \quad (2.9)$$

İdeal Uzaklık:

$$S_2^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad (2.10)$$

Negatif İdeal Uzaklık:

$$S_2^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (2.11)$$

## 6. Aşama: İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması

İdeal çözüme olan göreli yakınlık hesaplanırken yakınlık değeri  $C_i^*$  ile gösterilir.  $C_i^*$  0 ile 1 arasında değerler alır.

$$C_i^* = \frac{s_i^-}{s_i^- + s_i^*} \quad (2.12)$$

#### 2.2.4 Öklid (Euclidean) Uzaklığı

Öklid uzaklığı, uzaklık ölçü birimlerinden en sık kullanılanıdır. Bu ölçü, Öklid uzayında noktaların arasındaki mesafeyi düz çizgilerle ölçer. Uzayda iki nokta arasındaki Öklid uzaklığı, aşağıda belirtilen denklem (2,13) ile hesaplanmaktadır (Field, 2009; Batmaz, 2018).

$$d(x, y) = \sqrt{\sum (x_i - y_i)^2} \quad (2,13)$$

Denklem (2,13)'de belirtildiği gibi, düzlemdeki iki nokta arasındaki mesafe, Öklid mesafedir (Batmaz, 2018).

TOPSIS'te, Öklid uzaklık tekniği, her bir alternatifin ideal çözüm ile negatif-ideal çözümden ayırım uzaklığı ölçümüne uygulanır (Özden, Ü.H. (2011).

#### 2.2.5. VIKOR Tekniği

VIKOR tekniği Opricovic ve Tzeng (Opricovic vd., 2004; A.Tezergil, 2016) tarafından önerilmiş çok kriterli karar verme tekniğidir. Bu teknik, ideal çözüme en yakın çözümlerin üretilmesine ve en iyi alternatifin seçilmesine veya alternatiflerin performanslarına göre sıralanmasına imkan sağlamaktadır (Özden, 2012; A. Tezergil, 2016).

VIKOR tekniğinin adımları Çizelge 2.6'da gösterilmiştir (Özçalıcı, 2017; Paksoy, 2017; Aktaş vd., 2015; Bircan vd., 2020) :

**Çizelge 2.6.** Vikor tekniğinin adımları

- Adım 1:** En iyi ve en kötü kriter değerleri hesaplamak
- Adım 2:** Karar matrisini normalize etmek
- Adım 3:** Normalize matrisi ağırlıklandırmak
- Adım 4:** S<sub>i</sub> ve R<sub>i</sub> değerlerini hesaplamak
- Adım 5:** Q<sub>i</sub> değerlerini hesaplamak
- Adım 6:** Alternatifleri sıralamak ve koşulları denetlemek

VIKOR tekniğinin aşamaları aşağıda belirtilmiştir (Özçalıcı, 2017; Paksoy, 2017; Aktaş vd., 2015; Bircan vd., 2020):

**1. Aşama:** En iyi ve en kötü kriter değerlerinin hesaplanması

Tüm kriterler için ( $j=1,2,\dots,n$ ) için en iyi  $f_j^*$  ve en kötü  $f_j^-$  değerleri hesaplanır.

Eğer j. kriter fayda özelliğindeyse;

$$f_j^* = \max_i x_{ij} \quad (2.14)$$

$$f_j^- = \min_i x_{ij} \quad (2.15)$$

Eğer j. kriter maliyet özelliğindeyse;

$$f_j^* = \min_i x_{ij} \quad (2.16)$$

$$f_j^- = \max_i x_{ij} \quad (2.17)$$

olarak hesaplanmaktadır.

**Adım 2: Karar matrisinin normalize edilmesi**

m satır ve n sütundan oluşmakta olan X karar matrisi normalizasyondan sonra R matrisine dönüşmektedir.

$$r_{ij} = \frac{f_j^- - x_{ij}}{f_j^- - f_j^*} \quad (2.18)$$

olarak hesaplanmaktadır.

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & \dots & r_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix}$$

### 3. Aşama: Normalize matrisin ağırlıklandırılması

Kriter ağırlıkları normalize edilmiş karar matrisinin her elemanı ile çarpılarak ağırlıklandırılan normalize karar matrisi (V) elde edilmektedir.

$$v_{ij} = r_{ij} \cdot w_j \quad (2.19)$$

olarak hesaplanmaktadır.

$$V = \begin{bmatrix} v_{11} & \dots & v_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{m1} & \dots & v_{mn} \end{bmatrix}$$

### 4. Aşama: Si ve Ri değerlerinin hesaplanması

$S_i$ : i. alternatiflerin toplamı

$R_i$ : en kötü grup skoru

$$S_i = \sum_{j=1}^n v_{ij} = \sum_{j=1}^n w_j \cdot r_{ij} = \sum_{j=1}^n w_j \cdot \frac{f_j^* - x_{ij}}{f_j^* - f_j^-} \quad (2.20)$$

$$R_j = \max_j v_{ij} = \max_j (w_j \cdot r_{ij}) = \max_j \left( w_j \cdot \frac{f_j^* - x_{ij}}{f_j^* - f_j^-} \right) \quad (2.21)$$

### Adım 5: $Q_i$ değerlerinin hesaplanması

$S^*$ ,  $S^-$ ,  $R^*$ ,  $R^-$  parametreleri,

$$S^* = \min_i S_i \quad (2.22)$$

$$S^- = \max_i S_i \quad (2.23)$$

$$R^* = \min_i R_i \quad (2.24)$$

$$R^- = \max_i R_i \quad (2.25)$$

şeklinde hesaplanmaktadır.

$q$ : Maksimum grup faydası,  $(1-q)$ : Minimum pişmanlığın ağırlığı olarak tanımlanmaktadır

$q > 0,5$  ise uzlaşma,  $q = 0,5$  konsensus ve  $q < 0,5$  ise veto olarak yorumlanmaktadır

$$Q_i = \frac{q \cdot (S_i - S^*)}{S^- - S^*} + \frac{(1 - q) \cdot (R_i - R^*)}{R^- - R^*} \quad (2.26)$$

### 6. Aşama: Alternatiflerin sıralanması ve koşulların denetlenmesi

$S_i$ ,  $R_i$  ve  $Q_i$  küçükten büyüğe doğru sıralanmaktadır. Sıralamanın doğruluğunun sınanması için minimum  $Q_i$  değerine sahip alternatif iki koşulu sağlamalıdır.

Koşul 1: Kabul edilebilir avantaj;

$Q_i$ 'ler sıralandığında ilk sıradaki alternatif  $A_1$  ve ikinci sıradaki alternatif  $A_2$  olarak gösterilirse, bu durumda kabul edilebilir avantaj;

$$D(A_2) - D(A_1) \geq DQ \quad (2.27)$$

koşuluna bağlıdır.

$$DQ = \frac{1}{m - 1} \quad (2.28)$$

m: Alternatif sayısı

Koşul 2: Kabul edilebilir istikrar;

$Q_i$  'ler sıralandığında ilk sıradaki alternatif  $A_1$ , S ve/veya R değerlerine göre de minimum değere sahip ise en iyi alternatiftir. Bu durumda uzlaşık çözüm karar verme sürecinde istikrarlıdır.

Bu iki koşuldan biri sağlanamazsa uzlaşık çözüm kümesi şu şekilde olmaktadır:

✓ Eğer kabul edilebilir istikrar koşulu sağlanmıyorsa;  $A_1$  ve  $A_2$  alternatiflerinin ikisi de uzlaşık ortak çözüm olarak kabul edilmektedir.

Eğer kabul edilebilir avantaj koşulu sağlanmıyorsa;  $A_1, A_2, \dots, A_m$  alternatiflerinin hepsi uzlaşık en iyi ortak çözüm kümesinde yer alır. Burada maksimum m,  $Q(A_m) - Q(A_1) < DQ$  ilişkisine göre belirlenmektedir.  $Q$  değerlerine göre sıralanan en iyi alternatif, minimum  $Q$  değerine sahip alternatiflerden biri olur.

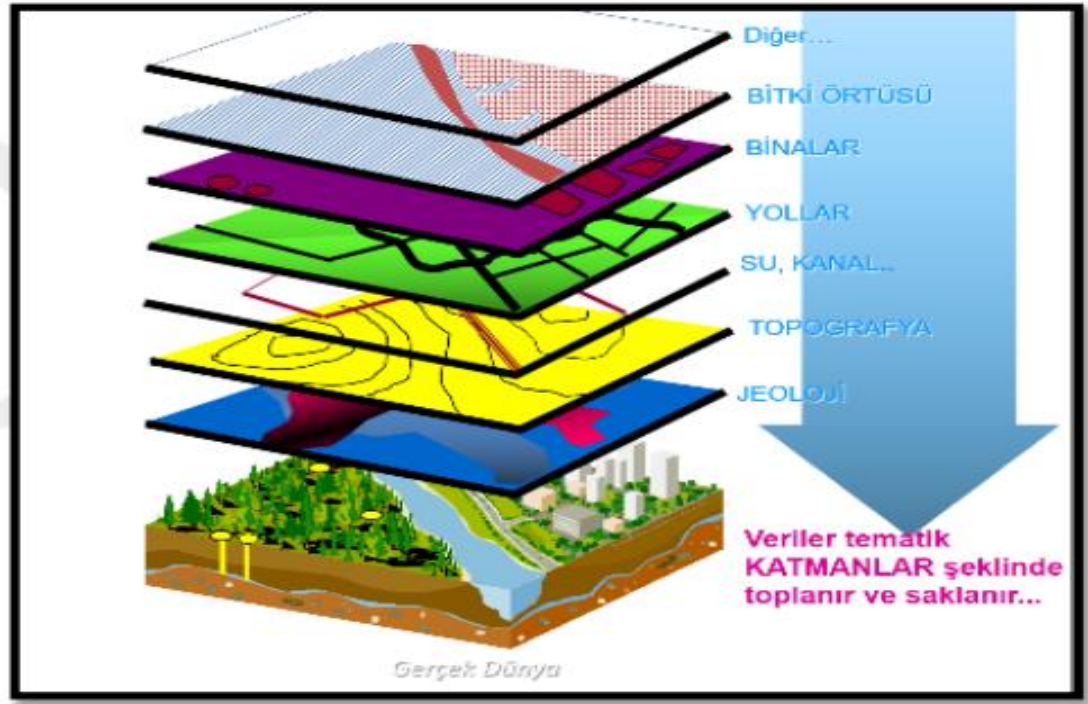
### 2.2.6. CBS ile Entegre Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri Uygulaması

Yer seçim problemleri birçok disiplinden elde edilmiş konuma dayalı karmaşık verinin toplanıp, depolanmasını, sunulmasını ve analizini gerektirir. Bu işlemlerle, oldukça büyük verilerin analizi sağlanıp, sonuca kolaylıkla ulaşılabilmektedir. Bu işlemlerde, CBS'den faydalanılmaktadır ( Erdoğan, 2019).

CBS'nin bazı avantajları şöyledir ( Javadi, 2018);

- Sürenin kullanımını ve iş gücünü düşürüp, maliyetleri azaltma,
- Oldukça geniş bölgeler üzerinde çalışma imkanı sağlaması,
- Uygun ve daha rahat bir şekilde karar almayı sağlaması,
- Büyük boyutlu verilerin depolanıp kullanımını sağlaması,
- Verilerin kolay bir şekilde güncellenmesini, değerlendirilmesini ve çıktı alınmasına olanak sağlamasıdır (Erşen, 2013).

CBS'nin veri katman yapısı Şekil 2.5'de gösterilmektedir.



Şekil 2.5. Coğrafi veri katman yapısı ( Erdoğan, 2019).

Son dönemlerde CBS ve ÇKKV tekniklerinin entegre edilmesi ile ilgili araştırmalarda artış olduğu görülmektedir. ÇKKV tekniklerinin CBS temelli tekniklere dahil edilmesiyle, karar vericilerin değer yargılarını CBS temelli karar verme prosedürlerine

ekleyebilmesi ve sonuçları hakkında geri bildirim alabilmesi sağlanmaktadır (Malczewski, 2006; Özkan, 2018).

CBS'deki çok yönlü analizler yer seçimi sürecinde tek başına yeterli değildir. CBS ortamındaki alternatifler arasından en uygununun seçilmesi gerekmektedir. Bu seçimin en iyi biçimde yapılabilmesi için Çoklu-Kriter Karar Analizi, en uygun seçimi yapmayı sağlar (Ünaldık, 2019).

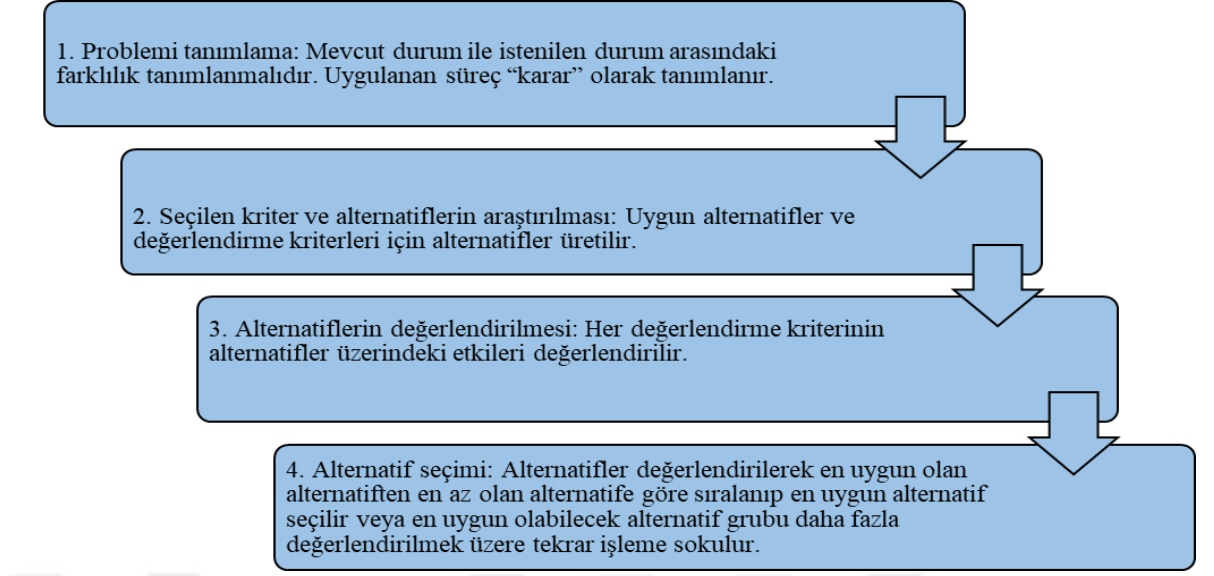
Konumsal çok ölçütlü karar analizinin CBS ile beraber kullanımı, klasik çok ölçütlü karar analizinden farklı olmasını sağlar. Konumsal ÇÖKA'DA seçenekler ağırlık ve konumlarıyla değerlendirilmektedir. Bu nedenle CBS, konumsal bilgi ve analiz bakımından çok önemlidir. Konumsal ÇÖKA, CBS tabanlı ÇÖKA olarak da adlandırılmaktadır (Batuk ve Öztürk, 2010; Eymen ve Urfalı, 2019).

Şekil 2.6'da CBS ve ÇÖKA entegrasyonu gösterilmiştir.



**Şekil 2.6.** Konumsal Çok Ölçütlü Karar Analizi(ÇÖKA) (Eymen ve Urfalı, 2019)

CBS ile en iyi şekilde karar vermek için karar dört aşamadan oluşturulmaktadır (Mckenna, 1980; Şahin, 2012) :



Şekil 2.7. CBS ile karar verirken karar aşamaları

### 2.2.7. Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri Arasındaki Farklar

VIKOR tekniğinde, AHP ve TOPSIS tekniklerinin tam tersi olarak skor değerleri için 1'e en yakın olan seçenek adayların sıralamasındaki en son sıradaki seçenektir. Bu teknikteki hesaplanmış skor değerleri içinden en düşük skor değerine sahip olan seçenek optimal tercih olmaktadır (İpeksaç, 2014).

Yaralıoğlu (2010), VIKOR ile TOPSIS'in farkını belirtmek için, “VIKOR yöntemi, referans noktası olarak belirlenmiş karar noktasına uzaklıklarının göreceli önemlerini dikkate almasıyla TOPSIS yönteminden ayrılır.” İfadesini kullanmıştır (Yaralıoğlu, 2010; İpeksaç, 2014).

VIKOR ve TOPSIS tekniklerinin farkı, VIKOR tekniğinde vektörel normalizasyondan yararlanılıyor olmasıdır (Opricovic ve Tzeng, 2004; Baynal vd., 2019).

VIKOR tekniğinin diğer tekniklerden farklı olmasının nedeni, maksimum grup faydası ve karşıt görüşlerin minimum pişmanlığının sonuca etki etmesidir (Kuru, 2011; Yücel, 2018).

## 2.2.8. Farklı Tekniklerle Yapılan Örnek Çalışmalar

Ayyüce Aydemir-Karadağ'ın (2019) çalışmasında, Ankara ili ve çevresinde kurulabilecek atık depolama tesisi yeri için belirlenen alternatifler AHP tekniği ile değerlendirilmiştir.

Solmaz Burcu Ünalı'ın (2019) yapmış olduğu çalışmada, çok kriterli karar verme yöntemi ve CBS ile yer seçimi kararlarının üretim süreci açıklanmıştır.

Özkan'ın (2018) çalışmasında, CBS, uzaktan algılama, ANP ve ELECTRE III yöntemleri kullanılarak, Eskişehir kenti için düzenli depolama tesisi yer seçimi yapılmıştır.

Güler ve Yomralıoğlu (2017) yaptıkları çalışmada, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve çok kriterli karar verme tekniklerinden Analitik Hiyerarşi Tekniği kullanılarak İstanbul ili için alternatif deponi yer seçimi gerçekleştirilmiştir.

Özkan (2018 ) çalışmasında, katı atık depolama tesisi yer seçimi probleminde kullanılabilir melez bir yaklaşım geliştirilmesini amaçlamış, CBS temelli çok kriterli karar verme yöntemi ile katı atık depolama tesisi alternatiflerinin belirlendiği ve coğrafi bilgi sistemi temelli 3 boyutlu mesafe analizleri yapılarak alternatiflerin değerlendirildiği melez bir yaklaşım önermiştir. Bu yaklaşım, Samsun ilinde katı atık depolama tesisi yer seçiminde uygulanmıştır.

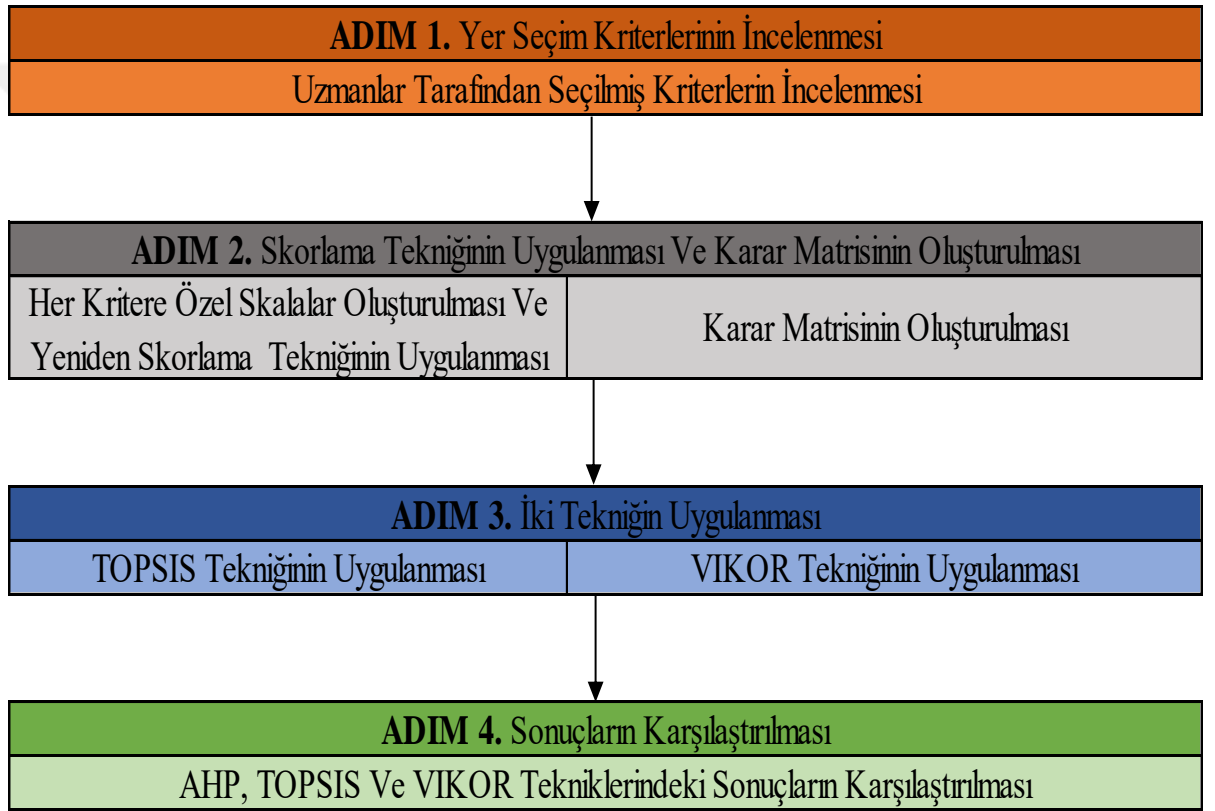
Işıldar'ın (2018) yaptığı çalışmada, Ankara ilinde katı atık bertaraf etme yöntemi seçim problemi ele alınmıştır. Problem için öncelikle TOPSIS ve PROMETHEE teknikleri kullanılmıştır. Üçüncü teknik olarak, literatürde bu problem için henüz uygulanmamış EN İYİ-EN KÖTÜ METODU (BEST WORST METHOD) ile çözüm önerilmiştir. Üç teknik sonucunda elde edilen sonuçlar karşılaştırılıp değerlendirilmiştir.

Avdan'ın (2018) çalışmasında, e-atık geri kazanım tesisi yer seçimi ele alınmıştır. Çözümde, Türkiye'deki illerin, Gri İlişkisel Analiz tekniği kullanılarak, e-atık geri kazanım tesisi kurulumu bakımından önceliklendirilmesi sağlanmış fakat bazı kriterlerin, nicel değerlerle ifade edilmesinin zorluğu nedeniyle çalışma, Bulanık Gri İlişkisel Analiz yöntemi ile geliştirilmiştir.

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

Tez kapsamında, Bursa ili için en uygun katı atık depolama tesisi yer seçimi sürecinde çeşitli teknikler uygulanmıştır.

Bu çalışmada, temel olarak 4 adım uygulanmıştır. Örnek çalışmadaki kriterler ayrıntılı olarak incelenmiştir. TOPSIS ve VIKOR tekniklerinde kullanılması için yeniden skorlama yapılarak karar matrisi oluşturulmuştur. Daha sonra TOPSIS ve VIKOR teknikleri uygulanmıştır. Son olarak, AHP, TOPSIS ve VIKOR tekniklerinin sonuçları karşılaştırılmıştır. Çalışmada uygulanan temel adımlar Şekil 3.1.'de gösterilmiştir.



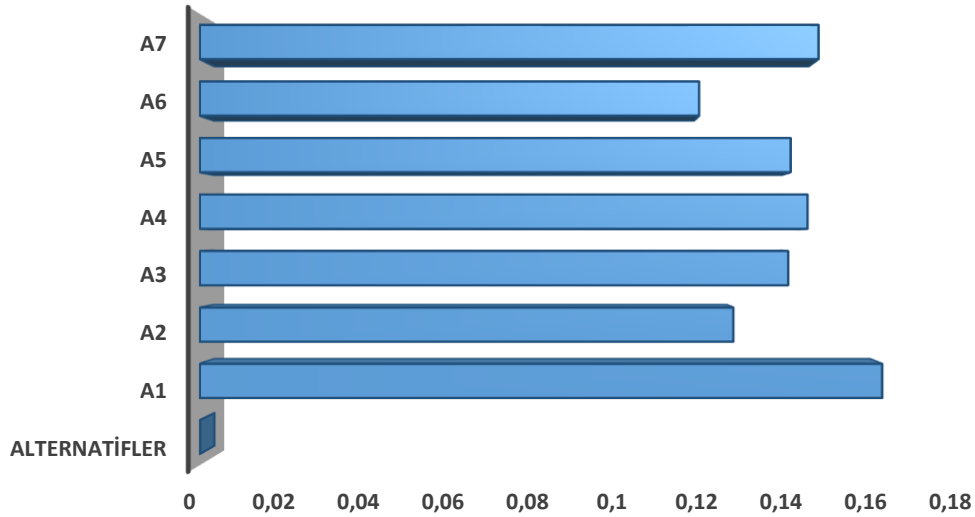
Şekil 3.1. Çalışmada Uygulanan Adımlar

### 3.1. Örnek Çalışmadaki AHP Verilerinin İncelenmesi

Yapılan AHP çalışmasında, ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulup, öncelik değerleri bulunduktan sonra karşılaştırma matrislerinin tutarlılığı hesaplanmıştır. (Tutarlılık İndeksi < %10) olarak tespit edilmiştir.

En iyi alternatif 16.58% ile A1 olarak tespit edilmiştir (Mersinli, 2021)

Alternatiflerin seçim değerleri şekil 3.2.'de gösterilmiştir:



Şekil 3.2. Alternatiflerin seçim değerleri (Mersinli, 2021)

### 3.2. Her Kriter Özel Skalalar Oluşturma ve Hücre Değerlerini Yeni Skalalara Göre Yeniden Skolama Tekniği

Depolama tesisi yer seçiminin yapılabilmesi için farklı meslek gruplarındaki uzmanlara her bir alternatifi kriter bazında değerlendirebilmek için anketlerle sorular sorulup yanıtlar alınmıştır. Bu yanıtların kalitatif formdan sayısal forma geçebilmesi için uzmanların alternatiflerin her birini kriter bazında puanlamaları istenmiştir.

Her bir kriter temelinde alternatiflerin ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur. Bu alternatiflerin kriterlere göre ikili karşılaştırılma matrislerinden, her bir alternatifin her bir kriter için değeri, ikili karşılaştırma matrislerinin sütun bazında toplanmasından elde edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen değerleri Saaty ölçeği skalasına dönüştürebilmek için

matematiksel bir mantık oluşturulmuştur. Her bir alternatifin o anki incelenen kriter için aldığı değerlerden en büyük ve en küçük olanı belirlenmiştir. Bu değerlerin farkları alınıp, 1,3,5,7,9 skalasına dönüştürülebilmesi için aralık değeri 5'e bölünerek birim oluşturulmuştur. Birim değeri en küçük matris değerine eklenip, daha sonra bu işlem örüntü olarak devam ettirilerek 1,3,5,7,9 skalasına denk gelecek aralık değerleri hesaplanmıştır. Bu şekilde matris hücre değerleri bu aralık değerlerine göre skaler hale getirilmiştir.

### 3.3. Kriterlerin Fayda ve Maliyet Durumlarının Tespit Edilmesi

Bu çalışmada, Mersinli (2021)'in çalışmasında belirlenen kriterlerin ele alınan yönlerinden yola çıkılarak fayda maliyet durumu aşağıdaki gibi tespit edilmiştir:

**1) Yeraltı sularına etki:** Depolama tesislerinde oluşan sızıntı suyunun, yeraltı su kaynaklarına etkisinin minimum seviyede olması istenir. Bu nedenle kriter bu çalışmada maliyet olarak incelenmiştir.

**2) Yüzeysel sulara etki:** Depolama tesislerinde oluşan sızıntı suyunun ve emisyonların olası yüzeysel su kaynaklarına karışma, ıslak/kuru çökelme etkisinin mümkün olduğunca minimum seviyede olması istenir. Bu nedenle kriter bu çalışmada maliyet olarak incelenmiştir.

**3) Toprak yapısı:** Seçilecek yerin toprak yapısında, deponi gazı iletiminin (kaçışı), olası çevresel etkilerin minimum olması istenir. Bu nedenle kriter bu çalışmada maliyet olarak incelenmiştir.

**4) Rüzgar hızı ve yönü:** Tesislerde oluşacak emisyonların çevre ve insan sağlığını minimum etkilenmesini isteriz ve rüzgar hızı ve yönünün de bu zararlara katkısının minimum olması istenir. Bu nedenle kriter bu çalışmada maliyet olarak incelenmiştir.

**5) Arazi kullanımı/örtüsü:** Bölgede mevcut bitki örtüsü minimum olmalı ve bu bitkilere verilecek zarar da minimum olmalıdır. Bu nedenle kriter bu çalışmada maliyet olarak incelenmiştir.

**6) Erozyon/heyelan riski:** Erozyon ve heyelan riskinin minimum düzeyde olması istenir. Bu nedenle kriter bu çalışmada maliyet olarak incelenmiştir.

**7) Jeolojik yapı:** Depolama tesisi zemin özellikleri istenilen kriterlerde ise negatif etkiler minimum düzeyde olmalı, istenilen kriterlerde değil ise bu kriterleri sağlarken kullanılacak metot ve teknikler minimum maliyetle seçilmeye çalışılmalıdır. Bu nedenle kriter bu çalışmada maliyet olarak incelenmiştir.

**8) Flora/Fauna'ya etki:** Bölgedeki ekolojik yapının minimum seviyede etkilenmesi istenir. Bu nedenle kriter bu çalışmada maliyet olarak incelenmiştir.

**9) Doğal koruma alanlarına uzaklık:** Bölgedeki yapı, ilgili yönetmeliklerde tariflenen “korunan alan” kavramını minimum olarak etkilemelidir yani uzaklığın etkisi minimum olacak şekilde seçim yapılmalıdır. Bu nedenle kriter bu çalışmada maliyet olarak incelenmiştir.

**10) Tarım arazisine uzaklık:** Tarım arazilerine uzaklığın maksimum olması istenir. Bu nedenle kriter bu çalışmada fayda olarak incelenmiştir.

**11) Yağış durumu:** Yağışın sızma vs. gibi etkileri baz alındığında minimum olması istenir. Bu nedenle kriter bu çalışmada maliyet olarak incelenmiştir.

**12) Fay hatlarına uzaklık:** Olası depremler sırasında uzaklığın verdiği etkinin, minimum olması istenir. Bu nedenle kriter bu çalışmada maliyet olarak incelenmiştir.

**13) Doğal kaynaklara uzaklık:** Uzaklığın verdiği etkinin, minimum olması istenir. Bu nedenle kriter bu çalışmada maliyet olarak incelenmiştir.

**14) İçme suyu havzalarına uzaklık:** İçme sularına karışma gibi negatif etkilerin minimum olması istenir. Bu nedenle kriter bu çalışmada maliyet olarak incelenmiştir.

**15) Zeytinlik alanlara uzaklık:** Zeytinlik alanlara uzaklığın maksimum olması istenir. Bu nedenle kriter bu çalışmada fayda olarak incelenmiştir.

**16) En yakın yerleşim bölgesine uzaklık:** İnsan sağlığına etki minimum olacak şekilde seçilmelidir. Bu nedenle kriter bu çalışmada maliyet olarak incelenmiştir.

**17) Kentsel gelişmeye etki:** Planlanacak tesis, 1/100 000 ölçekli Çevre Düzeni Planı'nı ve daha alt ölçekli kentsel gelişim planlarını minimum düzeyde etkilemelidir. Bu nedenle kriter bu çalışmada maliyet olarak incelenmiştir.

**18) Turistik/Tarihi alanlara uzaklık:** İnşa edilecek entegre katı atık yönetim tesisinin bölgedeki turistik, tarihi alanlara kentsel çevre açısından etkilerinin az olması için, bu alanlara olan uzaklığın maksimum seviyede olması istenir. Bu nedenle kriter bu çalışmada fayda olarak incelenmiştir.

**19) Ulaşım ağlarına etki:** Planlanacak alanların olası uçuşmalar, yangınlar, emisyonlar vb.nin havayolu, demiryolu ve karayolu ulaşımına etkisinin minimum olması istenir. Bu nedenle kriter bu çalışmada maliyet olarak incelenmiştir.

**20) Ulaşım olanağı:** Şehirde oluşan atıkların, arazi kullanım ve nüfus yapısına bağlı olarak, ekonomik açıdan düşük maliyetli ve ekolojik açıdan çevreye verdiği zarar minimum olacak şekilde sürdürülebilir bir sistemle taşınması istenir. Bu nedenle kriter bu çalışmada maliyet olarak incelenmiştir.

**21) Ana iletim hatlarına uzaklık:** NATO petrol boru hattı, elektrik ana iletim hatları, su ve kanalizasyon ana iletim hatları, doğalgaz ana iletim hatlarına mesafesi ve bu iletim hatlarının bölgeden geçip geçmediği, bunların inşasına veya mevcut tesislere zarar verip vermeyeceği incelenmiştir. Bu kriterlere göre zarar minimum olacak şekilde seçim yapılmalıdır. Bu nedenle kriter bu çalışmada fayda olarak incelenmiştir.

**22) Atık oluşum merkezlerine uzaklık:** Seçilecek bölgelerin atığın olduğu merkezlere ekonomik taşıma mesafesinde olması istenir. Bu özellikte olması çalışmamız için olumlu bir özelliktir. Bu nedenle kriter bu çalışmada fayda olarak incelenmiştir.

**23) Kamuoyu tepkisi:** Kamuoyu tepkisinin mümkün oldukça az olması istenir. Bu nedenle kriter bu çalışmada maliyet olarak incelenmiştir.

**24) Mülkiyet durumu:** Tesisin mülkiyet durumunun kamulaştırma bedeli ve özellikle kullanım amacı bu çalışmaya olumlu katkı sağlayacak şekilde olmalıdır. Bu nedenle kriter bu çalışmada fayda olarak incelenmiştir.

**25) Taşınmaz değeri:** Arazinin kiralama veya satın alınma değeri, ilk yatırım maliyetini olumlu etkilemelidir. Bu nedenle kriter bu çalışmada fayda olarak incelenmiştir.

**26) Maden rezervlerine uzaklık:** Bölgede ekonomik değeri olan madenler minimum sayıda olmalıdır. Bu nedenle kriter bu çalışmada maliyet olarak incelenmiştir.

**27) Topoğrafya:** Bölgenin hangi rakımda, hangi eğimde ve hangi genel coğrafik yapıda olduğu topoğrafik özellikler dikkate alınarak incelenmelidir. Yani topoğrafik özellikler maksimum fayda sağlayacak şekilde dikkate alınmalıdır. Bu nedenle kriter bu çalışmada fayda olarak incelenmiştir.

**28) Uygulama kolaylığı:** Bölgenin kazı, dolgu, hafriyat, zemin özelliklerine bağlı olarak inşai durumu incelenmelidir ve bölgeye malzemenin ulaştırılması, işçiliğin gerçekleştirilmesi gibi maliyet içeren faktörler incelenip avantaj ve dezavantajlar karşılaştırıldığında, uygulama kolaylığını zorlaştıracak etkiler ve maliyet, minimum seviyede olmalıdır. Bu nedenle kriter bu çalışmada maliyet olarak incelenmiştir.

**29) Sanayi tesislerine yakınlık:** Sanayi bölgelerinde oluşan evsel nitelikli ve tehlikeli olmayan endüstriyel atıkların bölgede bertaraf edilmesi ve özellikle tesiste üretilebilecek elektriğin, sıcak suyun veya buharın sanayi tesislerinde maksimum seviyede kullanılabilirliğinin sağlanması için yakınlık seviyeleri incelenmelidir. Bu nedenle kriter bu çalışmada fayda olarak incelenmiştir.

**30) Enerji iletimine yakınlık:** Bölgedeki üretilmesi planlanan enerjinin daha uygun maliyetlerle ve uygun bir noktadan enterkonnekte sisteme verilebilecek şekilde seçiminin yapılması gerekir yani yakınlık seviyesi maksimum olmalıdır. Bu nedenle kriter bu çalışmada fayda olarak incelenmiştir.

**31) Teknoloji seçimi:** Seçilecek alanların farklı teknolojilerin inşasına, işletimine uygunluğunun ve ekonomik olarak yerleştirme oranlarının uygunluğunun maksimum olması istenir. Bu nedenle kriter bu çalışmada fayda olarak incelenmiştir.





**Çizelge 4.1.** Her kriterin alternatiflere göre değer dönüşümleri (devam)

K14			K15			K16			K17			K18			K19			K20		
Maliyet	Değerler	Ölçek Bazlı Değerler	Fayda	Değerler	Ölçek Bazlı Değerler	Maliyet	Değerler	Ölçek Bazlı Değerler	Maliyet	Değerler	Ölçek Bazlı Değerler	Fayda	Değerler	Ölçek Bazlı Değerler	Maliyet	Değerler	Ölçek Bazlı Değerler	Maliyet	Değerler	Ölçek Bazlı Değerler
A1	6,2	1	A1	7,7	5	A1	5,5	1	A1	5,7	1	A1	13,0	9	A1	3,7	1	A1	6,2	1
A2	6,3	1	A2	13,0	9	A2	25,0	9	A2	8,9	3	A2	14,2	9	A2	11,0	9	A2	8,1	1
A3	9,0	5	A3	7,7	5	A3	6,3	1	A3	12,3	7	A3	8,3	3	A3	3,7	1	A3	13,0	5
A4	9,7	5	A4	13,0	9	A4	16,3	5	A4	9,0	5	A4	11,7	7	A4	11,0	9	A4	9,4	3
A5	13,0	9	A5	3,0	1	A5	5,5	1	A5	12,3	7	A5	5,7	1	A5	11,0	9	A5	19,0	9
A6	8,3	3	A6	9,0	7	A6	5,5	1	A6	15,0	9	A6	5,7	1	A6	11,0	9	A6	13,0	5
A7	7,7	3	A7	9,0	7	A7	5,5	1	A7	5,0	1	A7	5,7	1	A7	11,0	9	A7	5,7	1
Max	13,0		Max	13,0		Max	25,0		Max	15,0		Max	14,2		Max	11,0		Max	19,0	
Min	6,2		Min	3,0		Min	5,5		Min	5,0		Min	5,7		Min	3,7		Min	5,7	
Range	6,8		Range	10,0		Range	19,5		Range	10,0		Range	8,5		Range	7,3		Range	13,3	
1,4			2			3,9			2			1,7			1,5			2,7		
1	7,6		1	5,0		1	9,4		1	7,0		1	7,4		1	5,1		1	8,3	
3	8,9		3	7,0		3	13,3		3	9,0		3	9,1		3	6,6		3	11,0	
5	10,3		5	9,0		5	9,4		5	11,0		5	10,8		5	8,0		5	13,7	
7	11,6		7	11,0		7	55,0		7	13,0		7	12,5		7	9,5		7	16,3	
9	13,0		9	13,0		9	58,9		9	15,0		9	14,2		9	11,0		9	19,0	
K21			K22			K23			K24			K25			K26					
Fayda	Değerler	Ölçek Bazlı Değerler	Fayda	Değerler	Ölçek Bazlı Değerler	Maliyet	Değerler	Ölçek Bazlı Değerler	Fayda	Değerler	Ölçek Bazlı Değerler	Fayda	Değerler	Ölçek Bazlı Değerler	Maliyet	Değerler	Ölçek Bazlı Değerler			
A1	23,0	9	A1	13,0	9	A1	11,7	5	A1	15,0	9	A1	15,0	9	A1	3,0	1			
A2	10,3	3	A2	2,6	1	A2	21,0	9	A2	5,0	1	A2	9,7	5	A2	8,3	3			
A3	3,7	1	A3	11,7	7	A3	6,9	3	A3	8,3	3	A3	13,0	9	A3	5,7	1			
A4	8,1	3	A4	13,7	9	A4	2,9	1	A4	7,7	3	A4	7,0	3	A4	11,7	5			
A5	7,7	3	A5	7,0	3	A5	18,2	9	A5	17,0	9	A5	13,0	9	A5	11,7	5			
A6	8,3	3	A6	15,0	9	A6	7,7	3	A6	4,3	1	A6	3,7	1	A6	19,0	9			
A7	8,3	3	A7	11,7	7	A7	7,7	3	A7	7,7	3	A7	5,0	1	A7	16,3	9			
Max	23,0		Max	15,0		Max	21,0		Max	17,0		Max	15,0		Max	19,0				
Min	3,7		Min	2,6		Min	2,9		Min	4,3		Min	3,7		Min	3,0				
Range	19,3		Range	12,4		Range	18,1		Range	12,7		Range	11,3		Range	16,0				
3,9			2,5			3,6			2,5			2,3			3,2					
1	7,5		1	5,1		1	6,5		1	6,9		1	5,9		1	6,2				
3	11,4		3	7,6		3	10,1		3	9,4		3	8,2		3	9,4				
5	15,3		5	10,0		5	13,7		5	11,9		5	10,5		5	12,6				
7	19,1		7	12,5		7	17,4		7	14,5		7	12,7		7	15,8				
9	23,0		9	15,0		9	21,0		9	17,0		9	15,0		9	19,0				
K27			K28			K29			K30			K31								
Fayda	Değerler	Ölçek Bazlı Değerler	Maliyet	Değerler	Ölçek Bazlı Değerler	Fayda	Değerler	Ölçek Bazlı Değerler	Fayda	Değerler	Ölçek Bazlı Değerler	Fayda	Değerler	Ölçek Bazlı Değerler						
A1	12,3	9	A1	7,0	1	A1	25,0	9	A1	21,0	9	A1	8,2	5						
A2	4,2	1	A2	7,7	1	A2	13,7	5	A2	7,7	3	A2	12,3	9						
A3	5,0	1	A3	7,0	1	A3	25,0	9	A3	21,0	9	A3	11,0	9						
A4	13,0	9	A4	10,2	3	A4	4,6	1	A4	2,6	1	A4	9,0	5						
A5	5,0	1	A5	7,7	1	A5	5,0	1	A5	7,7	3	A5	7,7	3						
A6	13,0	9	A6	17,0	9	A6	4,7	1	A6	7,7	3	A6	7,0	3						
A7	13,0	9	A7	9,0	3	A7	4,7	1	A7	7,7	3	A7	5,0	1						
Max	13,0		Max	17,0		Max	25,0		Max	21,0		Max	12,3							
Min	4,2		Min	7,0		Min	4,6		Min	2,6		Min	5,0							
Range	8,8		Range	10,0		Range	20,4		Range	18,4		Range	7,3							
1,8			2			4,1			3,7			1,5								
1	6,0		1	9,0		1	8,7		1	6,3		1	6,5							
3	7,7		3	11,0		3	12,8		3	10,0		3	7,9							
5	9,5		5	13,0		5	16,8		5	13,6		5	9,4							
7	11,2		7	15,0		7	20,9		7	17,3		7	10,9							
9	13,0		9	17,0		9	25,0		9	21,0		9	12,3							

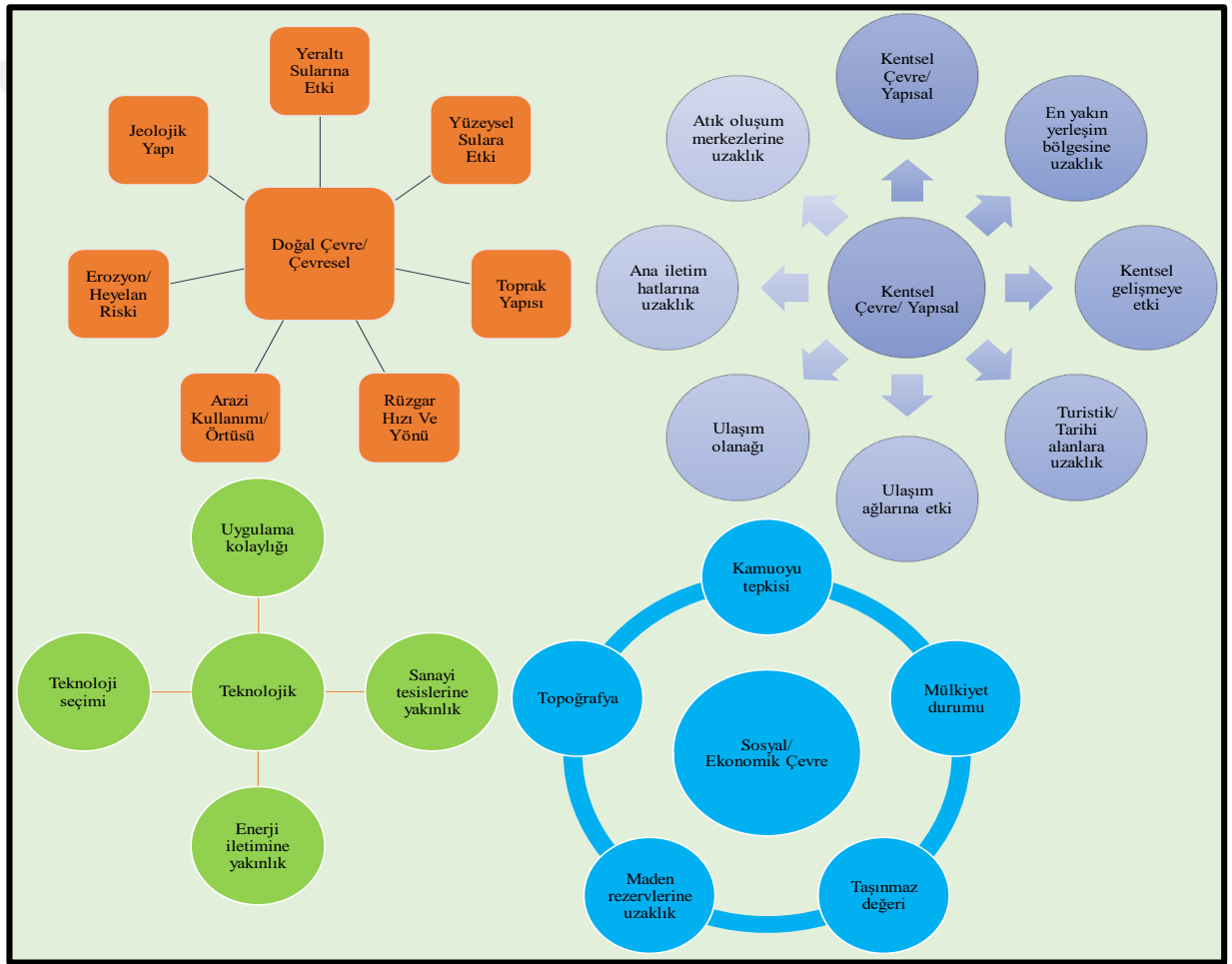
Burada, her kriter için 7 alternatif arasında en büyük sayısal değer ile en küçük sayısal değer bulunmuş, daha sonra bu değerlerin farkları hesaplanmıştır. 1,3,5,7,9 skalasına dönüştürmek için hesaplanan fark 5'e bölünmüştür. Böylece birim oluşturulmuştur. Birim değeri en küçük sayısal değere eklenerek 1,3,5,7,9 skalasına denk gelecek aralık değerleri bulunmuştur.

## 4.2. Alternatif Tesislerin Kriterler Doğrultusunda TOPSIS Tekniği Uygulanarak Sıralanması

Düzenli depolama tesislerinin yer seçiminde en uygun şekilde kriter seçimi çalışması yapmak gerekir. Örnek çalışmada, Türkiye'nin de bulunduğu 10 ülkenin yer seçim kriterlerinden yola çıkılarak yeni yer seçim kriterleri oluşturulmuştur.

Kriterler doğal çevre/çevresel, teknolojik, kentsel çevre/yapısal ve sosyal/ekonomik çevre olmak üzere 4 ana başlıkta toplanmıştır.

Uzmanlar tarafından oluşturulan kriterler Şekil 4.1 'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Bursa iline ait yer seçim kriterleri (Mersinli, 2021)

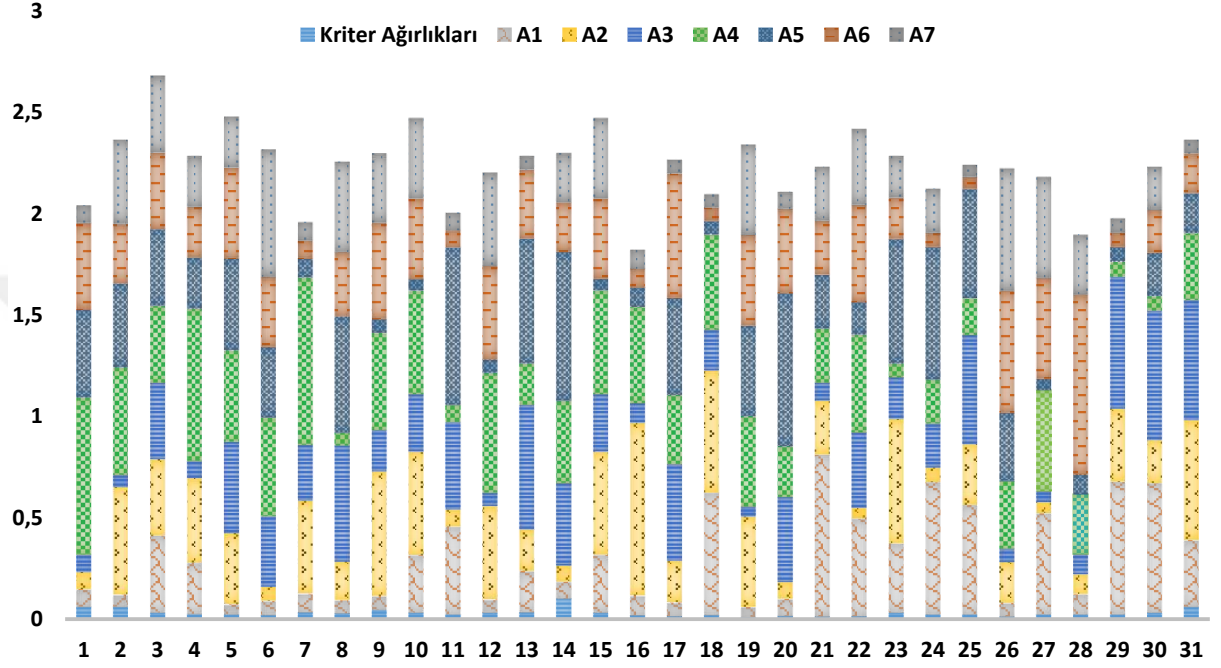
TOPSIS tekniğinin ilk adımında her kritere ait fayda ve maliyet durumu tespit edilmiştir. Daha sonra yeniden skorlama tekniği uygulanmış, hücre değerleri skaler hale getirilmiştir. Bu şekilde karar matrisi oluşturulmuştur. Oluşturulan matris Çizelge 4.2'de gösterilmiştir.

**Çizelge 4.2.** Karar matrisi

<b>Kriter Ağırlıkları</b>	<b>Alternatifler/ Kriterler</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>A4</b>	<b>A5</b>	<b>A6</b>	<b>A7</b>
0,0624460	<b>K1: Maliyet</b>	1	1	1	9	5	5	1
0,0623242	<b>K2: Maliyet</b>	1	9	1	9	7	5	7
0,0338731	<b>K3: Maliyet</b>	3	3	3	3	3	3	3
0,0269888	<b>K4: Maliyet</b>	3	5	1	9	3	3	3
0,0247956	<b>K5: Maliyet</b>	1	7	9	9	9	9	5
0,0224805	<b>K6: Maliyet</b>	1	1	5	7	5	5	9
0,0354571	<b>K7: Maliyet</b>	1	5	3	9	1	1	1
0,0305224	<b>K8: Maliyet</b>	1	3	9	1	9	5	7
0,0473371	<b>K9: Maliyet</b>	1	9	3	7	1	7	5
0,0332030	<b>K10: Fayda</b>	5	9	5	9	1	7	7
0,0258313	<b>K11: Maliyet</b>	5	1	5	1	9	1	1
0,0325938	<b>K12: Maliyet</b>	1	7	1	9	1	7	7
0,0346651	<b>K13: Maliyet</b>	3	3	9	3	9	5	1
0,1029598	<b>K14: Maliyet</b>	1	1	5	5	9	3	3
0,0337513	<b>K15: Fayda</b>	5	9	5	9	1	7	7
0,0213516	<b>K16: Maliyet</b>	1	9	1	5	1	1	1
0,0155745	<b>K17: Maliyet</b>	1	3	7	5	7	9	1
0,0216228	<b>K18: Fayda</b>	9	9	3	7	1	1	1
0,0115542	<b>K19: Maliyet</b>	1	9	1	9	9	9	9
0,0182627	<b>K20: Maliyet</b>	1	1	5	3	9	5	1
0,0139593	<b>K21: Fayda</b>	9	3	1	3	3	3	3
0,0155628	<b>K22: Fayda</b>	9	1	7	9	3	9	7
0,0341101	<b>K23: Maliyet</b>	5	9	3	1	9	3	3
0,0255670	<b>K24: Fayda</b>	9	1	3	3	9	1	3
0,0254296	<b>K25: Fayda</b>	9	5	9	3	9	1	1
0,0142885	<b>K26: Maliyet</b>	1	3	1	5	5	9	9
0,0255045	<b>K27: Fayda</b>	9	1	1	9	1	9	9
0,0262084	<b>K28: Maliyet</b>	1	1	1	3	1	9	3
0,0260754	<b>K29: Fayda</b>	9	5	9	1	1	1	1
0,0339394	<b>K30: Fayda</b>	9	3	9	1	3	3	3
0,0616113	<b>K31: Fayda</b>	5	9	9	5	3	3	1

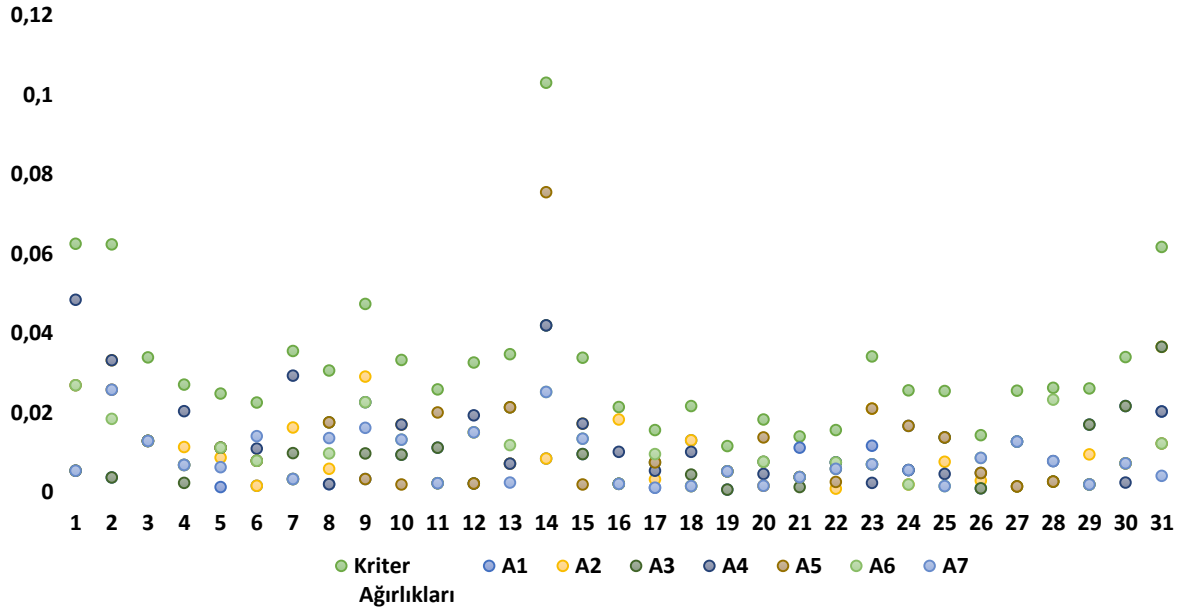
Bu adımda standart karar matrisi oluşturulmuştur. Bu normalleştirme işlemidir. Oluşturulan matris Şekil 4.2’de gösterilmiştir.

Karar matrisinde sütun değerlerinin kareleri toplamının karekökü alınarak, sütunun ilgili elemanın bu çıkan değere bölünmesi ile standart karar matrisi elde edilmiştir.



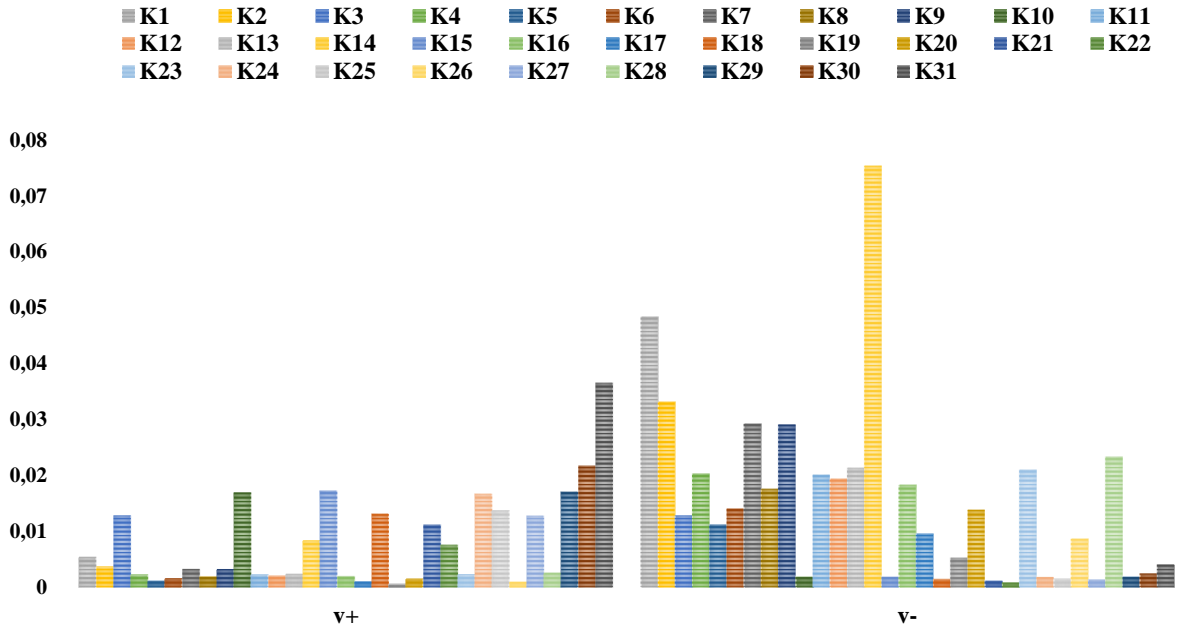
Şekil 4.2. Standart karar matrisi

Burada, standart karar matrisinin her bir sütunundaki eleman kendi ağırlık değeriyle çarpılmış ve oluşturulan ağırlıklı standart karar matrisi Şekil 4.3.’de gösterilmiştir.



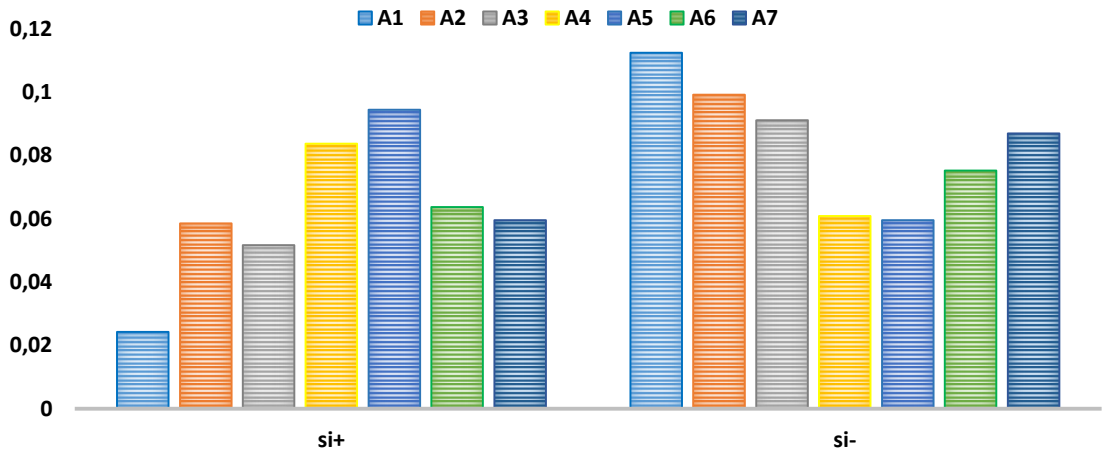
**Şekil 4.3.** Ağırlıklı standart karar matrisi

Bu adımda, pozitif ideal çözümlerin oluşturulabilmesi için ağırlıklı standart karar matrisindeki sütun değerlerinin en büyükleri, kriter maliyet yönlü ise en küçüğü seçilmiştir. Negatif ideal çözümlerin oluşturulabilmesi için ağırlıklı standart karar matrisindeki sütun değerlerinin en küçükleri, kriter maliyet yönlü ise en büyüğü seçilmiştir. Oluşturulan pozitif ve negatif ideal çözümler Şekil 4.4’de verilmiştir.



Şekil 4.4. İdeal (v+) çözümleri ve negatif ideal (v-) çözümleri

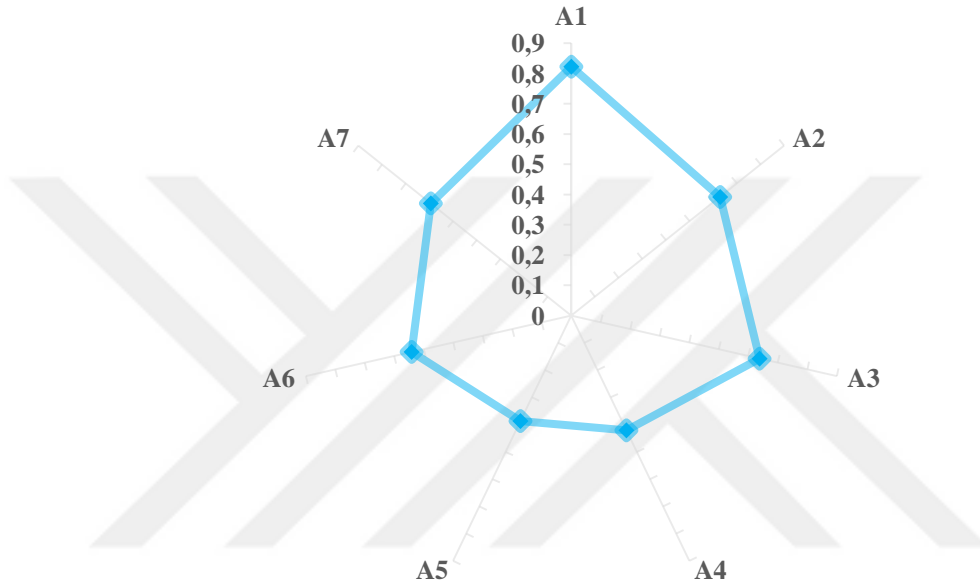
Bu adımda, her karar seçeneğinin değerlendirme ölçütlerinin pozitif ideal ve negatif ideal çözüm değerlerinden sapmalarının bulunabilmesi için Euclidian Uzaklık Yaklaşımından faydalanılmıştır. Her bir karar seçeneğinin değerlendirme ölçütlerinin pozitif ideal ve negatif ideal çözüm değerlerinden sapmalarının bulunabilmesi için Ayrım ölçüleri Şekil 4.5’de gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Ayrım ölçüleri

Burada pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözüm değerlerinden uzaklıklar kullanılmıştır. ideal çözüme göreli yakınlık hesaplanmıştır. 1 değerine en yakın olan alternatif, en uygun alternatiftir. En uygun değeri göstermek için radar grafiği kullanılmıştır. Bu grafik ile sayısal değerlerimizi karşılaştırmamız mümkün olmuştur.

Hesaplanan değerler Şekil 4.6'da gösterilmiştir.

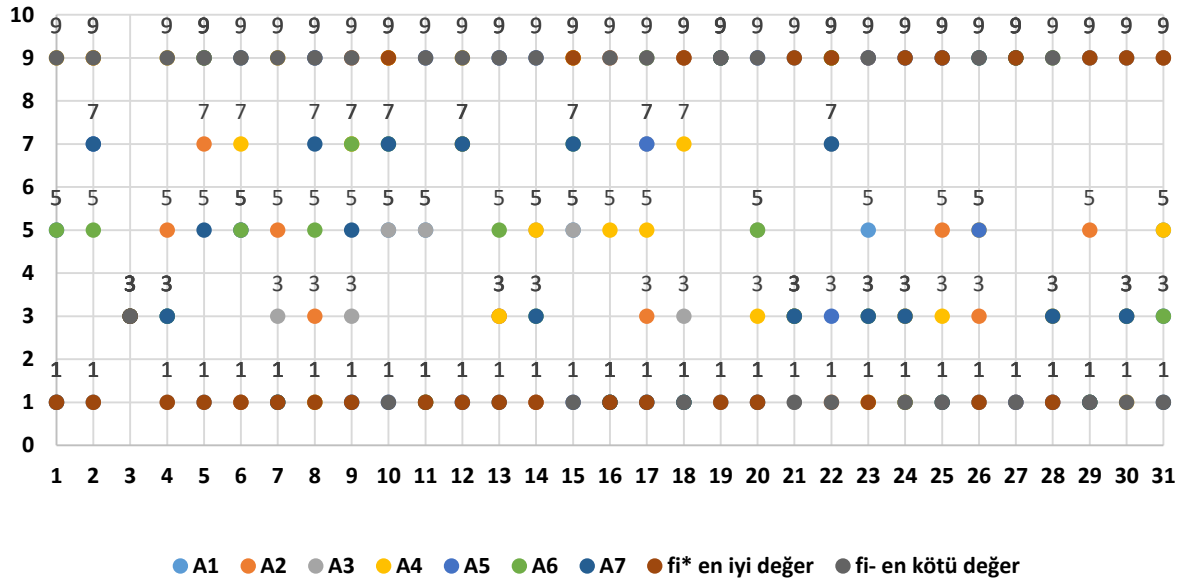


**Şekil 4.6.** İdeal çözüme göreli yakınlık

TOPSIS tekniğinde en uygun alternatifin A1 olduğu tespit edilmiştir.

### 4.3. Alternatif Tesislerin Kriterler Doğrultusunda VIKOR Tekniği Uygulanarak Sıralanması

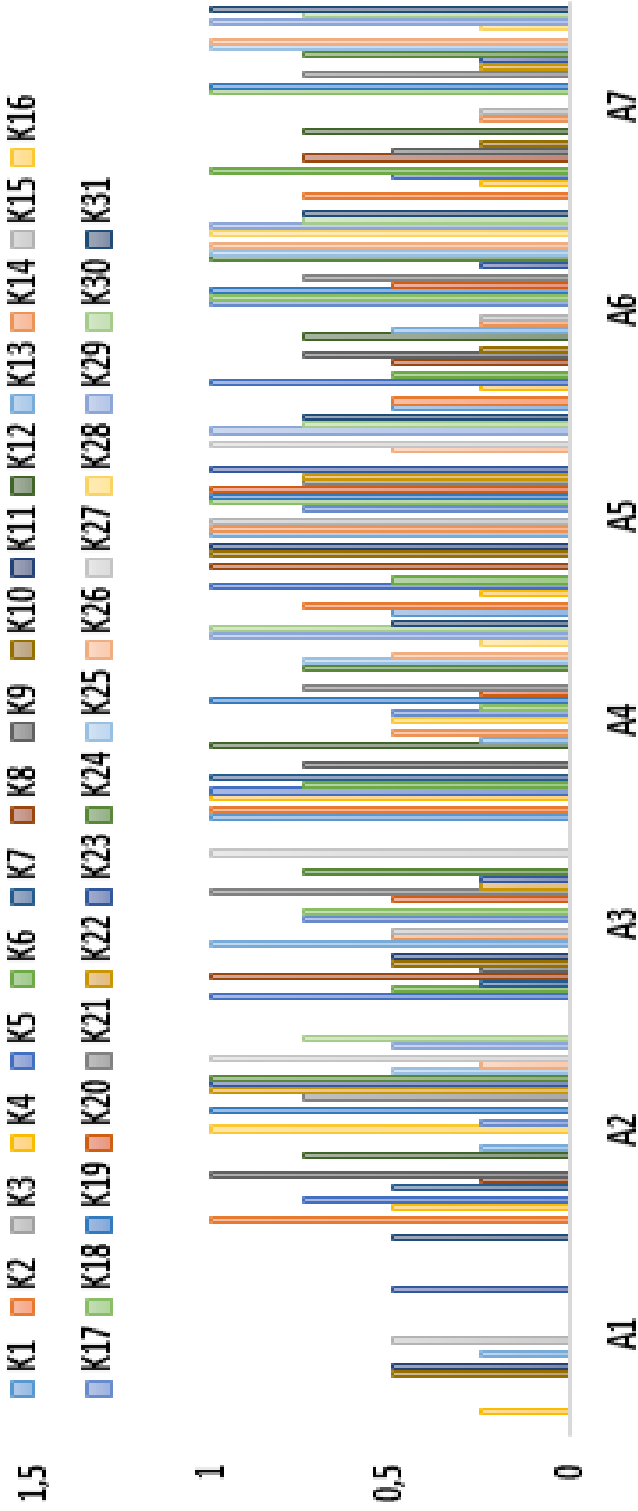
İlk adımda karar matrisi oluşturulmuş, daha sonra her bir kriter için en iyi ( $f^*$ ) ve en kötü ( $f^-$ ) değerleri belirlenmiştir. Her kriterin fayda ve maliyet durumu incelenmiştir. Karar matrisi ve her bir kriter için en iyi ( $f^*$ ) ve en kötü ( $f^-$ ) değerleri Şekil 4.7'de gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Karar matrisi değerleri ile  $f_i^*$  ve  $f_i$ - değerlerinin gösterimi

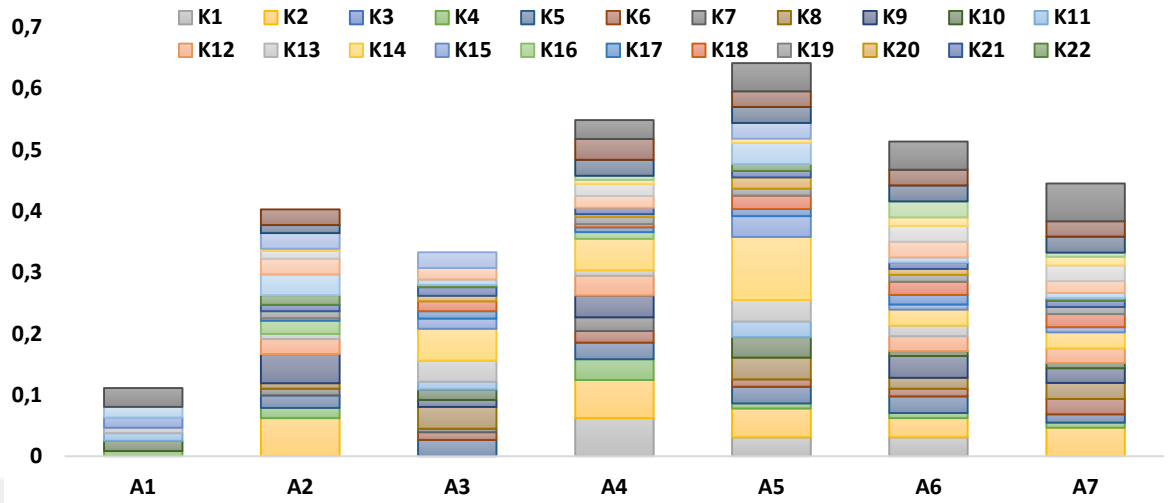
Kalitatif değerlerden ve farklı birimlerden, alternatifleri birbiriyle kıyaslamak olanaksızdır. Bu nedenle bu adımda karar matrisinde yer alan orijinal değerler ortak bir ölçekle ifade edilmiş, doğrusal normalizasyon işlemi kullanılmıştır.

Normalizasyon işlemi yapıp, oluşturulan matris Şekil 4.8.'de gösterilmiştir.



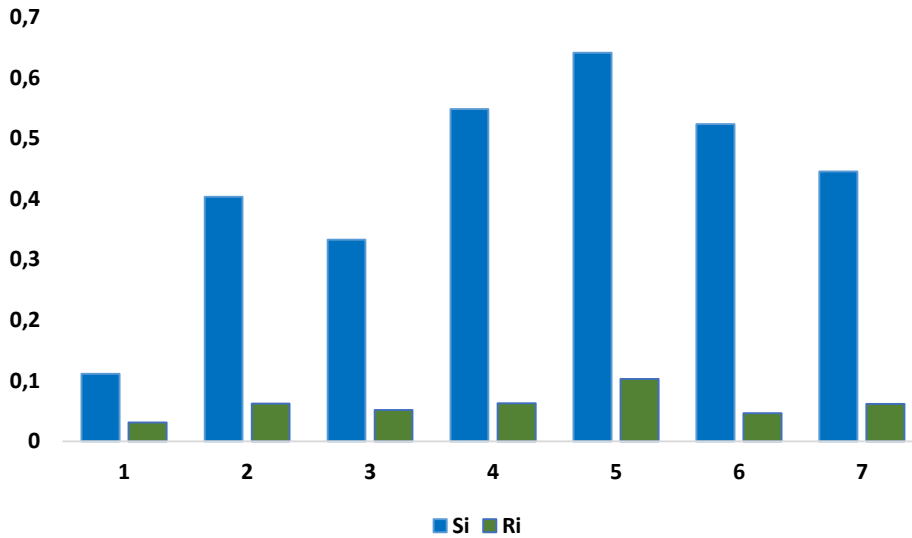
Şekil 4.8. Normalizasyon matrisi değerleri

Bu adımda, normalize edilmiş karar matrisindeki sütunlar ile ağırlıkların çarpılması sonucunda ağırlıklandırılmış karar matrisi elde edilmiş ve Şekil 4.9.'da gösterilmiştir.



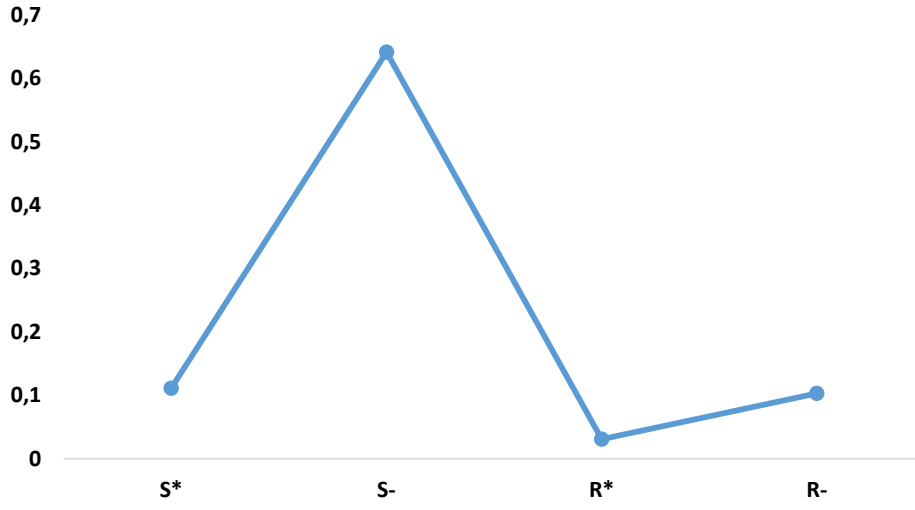
Şekil 4.9. Ağırlıklandırılmış normalizasyon karar matrisi değerleri

$S_i$  ve  $R_i$  değerleri  $i$ . alternatif için ortalama ve en kötü grup skorlarını ifade eder. Şekil 4.10'da  $S_i$  ve  $R_i$  değerleri gösterilmiştir.



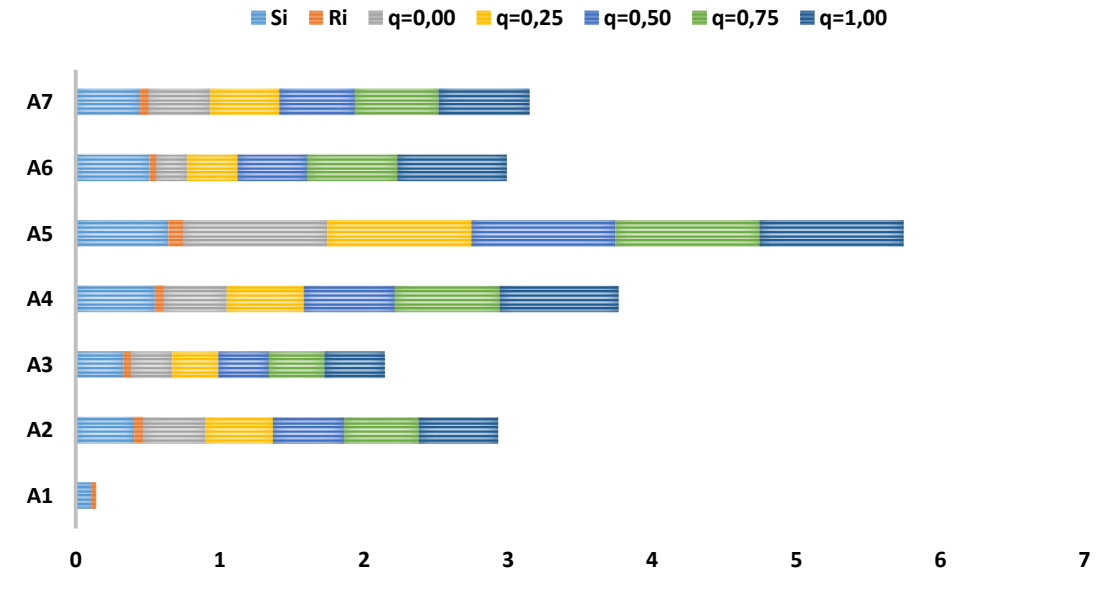
Şekil 4.10.  $S_i$  ve  $R_i$  değerleri

$Q_i$  değerlerinin hesaplanabilmesi için öncelikle  $S^*$ ,  $S^-$ ,  $R^*$ ,  $R^-$  değerlerinin hesaplanması gerekmektedir. Hesaplanan değerler Şekil 4.11'de gösterilmiştir.



Şekil 4.11. S\*, S-, R\*, R- değerlerinin hesaplanması

Her bir i alternatifi için Qi değerleri hesaplanmıştır ve Şekil 4.12’de gösterilmiştir.



Şekil 4.12. Q değerlerinin hesaplanması

Son adımda alternatifler sıralanmış, ve koşullar denetlenmiştir.

**q=0,00 için sıralama;** A1, A6,A3,A7,A2,A4,A5

**q=0,25 için sıralama;** A1, A3,A6,A2,A7,A4,A5

**q=0,50 için sıralama;** A1, A3,A6,A2,A7,A4,A5

**q=0,75 için sıralama;** A1, A3,A2,A7,A6,A4,A5

**q=1,00 için sıralama;** A1, A3,A2,A7,A6,A4,A5

**Çizelge 4.3.** Koşulların denetlenmesi

	<b>Qi(q=0,00)</b>	<b>Qi(q=0,25)</b>	<b>Qi(q=0,50)</b>	<b>Qi(q=0,75)</b>	<b>Qi(q=1,00)</b>
<b>Koşul 1</b>	SAĞLADI	SAĞLADI	SAĞLADI	SAĞLADI	SAĞLADI
<b>Koşul 2</b>	SAĞLADI	SAĞLADI	SAĞLADI	SAĞLADI	SAĞLADI

**Koşul 1:** Kabul edilebilir avantaj; sağlanmıştır.

**Koşul 2:** Kabul edilebilir istikrar; sağlanmıştır.

İncelenen beş durumun her birinde, küçükten büyüğe sıralandığında 1.sıradaki alternatif için iki koşulun da sağlandığı görülmüştür. Buradan hareketle VIKOR yöntemine göre en iyi seçim A1 alternatifi olarak tespit edilmiştir.

#### **4.4. AHP, TOPSIS ve VIKOR Sonuçlarının Karşılaştırılması**

AHP’de en iyi alternatif sıralamaları A1, A7, A4, A5, A3, A2, A6 olarak bulunmuştur.

TOPSIS’te en iyi alternatif sıralamaları A1, A3, A2, A7, A6, A4, A5 olarak bulunmuştur.

VIKOR'da en iyi alternatif sıralamaları aşağıdaki gibi bulunmuştur:

**q=0,00 için sıralama;** A1, A6,A3,A7,A2,A4,A5

**q=0,25 için sıralama;** A1, A3,A6,A2,A7,A4,A5

**q=0,50 için sıralama;** A1, A3,A6,A2,A7,A4,A5

**q=0,75 için sıralama;** A1, A3,A2,A7,A6,A4,A5

**q=1,00 için sıralama;** A1, A3,A2,A7,A6,A4,A5

Uygulanan 3 teknikte de en uygun alternatif tesis A1 olarak tespit edilmiştir. TOPSIS ve VIKOR'da en son sıradaki alternatif tesis A5, AHP'de ise A6 olmuştur. Tekniklerin hepsini incelediğimizde, A1 alternatifinden sonra A3 alternatifinin en uygun tesis olduğunu söyleyebiliriz. Alternatif sıralamalarındaki değişiklik, sayısal işlemlerdeki küçük farklardan dolayı oluşmuştur. Sonuç olarak bu çalışmada uygulanan tekniklerle, en iyi alternatifin seçilmesinde büyük kolaylık sağlanmıştır.

## 5. SONUÇ

Artan nüfusa paralel olarak üretilen atık miktarlarındaki artış, kontrollü bir şekilde yönetilemezse sağlık ve çevre problemlerine sebep olabilir. Burada atıkların depolanma süreci çok önemlidir. Bu nedenle, atıkların depolanacakları tesislerin yer seçiminde dikkat edilmesi gereken pek çok unsur vardır.

Bu çalışmada, Bursa ilindeki alternatif tesisler arasından en uygun atık depolama tesisini seçebilmek için karar verme sürecine büyük katkılar sağlayan çok kriterli karar verme tekniklerinden yararlanılmıştır. Yer seçiminde kullanılacak kriterler belirlenirken dünyada ve ülkemizde yapılan çalışmalar incelenmiştir.

Kriterlerin tespit edilmesinin ardından, kullanım kolaylıkları ve alternatifleri sıralamada en çok tercih edilmeleri sebebiyle AHP, TOPSIS ve VIKOR teknikleri kullanılmıştır. AHP, TOPSIS ve VIKOR tekniklerinin her birinin çözümünde Excel programı kullanılmıştır.

Katı atık depolama tesisi yer seçiminde, alanlarında uzman kişilere her alternatifi kriterlere göre değerlendirmeleri için anketler yapılarak sorular sorulmuştur. Daha sonra uzmanlardan alternatiflerin hepsini kriterlere göre puanlamaları istenmiştir.

Çalışmada elde edilen değerleri Saaty ölçeği skalasına dönüştürebilmek için matematiksel bir yöntem oluşturulmuştur. 1, 3, 5, 7, 9 skalasına uygun olacak şekilde yeni aralık değerleri hesaplanmıştır. Böylece matris hücre değerleri bu aralık değerlerine göre skaler biçime getirilmiştir. Bu mantık doğrultusunda, TOPSIS ve VIKOR tekniklerinde kullanılmak üzere ana karar matrisi oluşturulmuştur. TOPSIS ve VIKOR tekniklerinde, AHP modelinden elde edilen ağırlık değerleri kullanılmıştır.

Alternatif aday tesislerin seçimi yapılırken, uzmanlar tarafından ön eleme yapılarak 12 aday tesis arasından 7 tane aday tesis bırakılmıştır. Böylece, sayısal anlamda işlemsel farklılıkların az olmasına ve daha gerçekçi seçimler yapılmasına olanak sağlanmıştır.

AHP tekniği uygulanırken ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur. Daha sonra karşılaştırma matrislerinin tutarlılığı hesaplanmıştır. AHP tekniğinde duyarlılık analizi ile her aşamada tutarlılığın kontrol edilebilmesine olanak sağlanmıştır. Yapılan karşılaştırmaların tutarlılık indeksinin %10'dan küçük olduğu tespit edilmiştir.

AHP tekniği ile elde edilen sıralamada en uygun tesis A1 olarak bulunurken, en son sıradaki alternatif tesis ise A6 olarak tespit edilmiştir.

TOPSIS tekniğinde elde edilen sıralamada ise en uygun tesis AHP tekniğindeki gibi A1 bulunmuştur fakat en son sıralamadaki alternatif tesis ise A5 olarak tespit edilmiştir.

VIKOR tekniğinde sağlanması gereken 2 koşul bulunmaktadır. Bu koşullar kabul edilebilir avantaj koşulu ile kabul edilebilir istikrar koşuludur. Yapılan uygulamada bu koşulların sağlandığı tespit edilmiştir. VIKOR tekniğinde uygulanan diğer iki teknikte olduğu gibi en uygun alternatif tesis A1 olarak bulunmuştur. En son sıradaki alternatif tesis ise TOPSIS tekniğinde olduğu gibi A5 olarak tespit edilmiştir. VIKOR tekniğinde ilk sıradaki ve en son sıradaki alternatif tesisler tüm q değerleri için yani incelenen 5 farklı durum için de aynı bulunmuştur.

Aynı verileri kullanarak uyguladığımız AHP, TOPSIS ve VIKOR teknikleri sonucunda, alternatif sıralamalarının hepsinde en uygun aday tesis A1 alternatifi olarak tespit edilmiştir. Elde edilen bu sonuç, tekniklerin birbirlerini destekler biçimde olduklarını göstermiştir. CBS'nin AHP ile entegre edilip diğer çok kriterli karar verme teknikleri ile karşılaştırılması yer seçim sürecinde büyük bir kolaylık sağlamıştır.

Katı atık depolama tesislerinin yer seçiminde 'benim arka bahçemde değil' (Not-in-My Backyard) anlayışı ile karşılaşılabilir. Maddi ve çevresel açıdan bir problemle karşılaşmak istemeyen halk ile yer seçimi yapılırken iletişim halinde olunması, gerekli bilgilendirilmelerin yapılması gerekmektedir.

Yapılan araştırmalar sonucunda yerel yönetimler tarafından, arazinin mülk durumunun öncelikli hale getirildiği görülmüştür.

Çok kriterli karar verme tekniklerinde sübjektif yönler mevcuttur. Bu yönlerin daha objektif bir forma dönüştürülmesi, yapılacak bazı çalışmalarla mümkün hale getirilebilir. Her ana kriter başlığındaki ilgili meslek gruplarından seçilecek uzmanlarla bir çalışma yapılarak, gelecek projelerde kullanılması için kriterler tespit edilerek puanlamaları istenebilir. Böylece atık depolama tesisi yer seçimi yapılırken daha objektif kararların alınmasına olanak sağlanabilir. Bu durumda, karar alma süreci gelecekteki projeler için daha hızlı bir biçimde gerçekleştirilebilir.

Literatür incelendiğinde, çok kriterli karar verme teknikleri ile katı atık depolama tesisi yer seçimi yapılırken kriter sayılarının yetersiz olduğu görülmektedir. Kriter sayılarının arttırılması yapılacak yer seçimlerinde daha ayrıntılı ve daha doğru seçimler yapılmasına olanak sağlamaktadır. Bu konuda, yaptığımız bu çalışmadaki kriter sayılarının fazla olması diğer çalışmalara kolaylık sağlayabilir.

## KAYNAKLAR

- Aktaş, R., Doğanay, M., Gökmen, M., Gazibey, Y., & Türen, U. (2015). *Sayısal Karar Verme Yöntemleri*. İstanbul: Beta Yayıncılık.
- Alp, S., & Topuz, T. (2018). Analitik Hiyerarşi Süreci ve TOPSIS Yöntemleri İle Personel Seçimine Yönelik Bir Uygulama. *Atlas International Refereed Journal on Social Sciences*, 4(13), 1281-1300.
- Arslan, R. (2018). *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Karşılaştırılması Ve Bütünleştirilmesi: Oecd Verileri Üzerine Bir Uygulama*. Doktora Tezi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik. *T.C. Resmi Gazete* (27533, 26.03.2010).
- Avdan, E. (2018). *Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri İle E-Atık Geri Kazanım Tesisi Yer Seçimi*. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli.
- Aydemir-Karadağ, A. (2019). Katı Atık Depolama Tesisi Yer Seçimi için Birleştirilmiş Hedef Programlama ve AHP Yaklaşımı. *International Journal of Engineering Research and Development*, 11(1), 211-225.
- Baştuğ, İ. (2006). *Karar Verme Sürecinde Sezginin Önemi ve Türk Merkezi Yönetimindeki Geçerliliği*. Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Batmaz, B. (2018). *Yükseköğretimde Öneri Sistemlerine Dayalı Ders Seçme Modeli*. Doktora Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Batuk, F., & Öztürk, D. (2010). Konumsal Karar Verme Problemlerinde Analitik Hiyerarşi Yönteminin Kullanılması. *Journal of Engineering and Natural Sciences Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 28:124-137.
- Baynal, K., Şahin, Y., & Taphasanoğlu, S. (2019). Çok Kriterli Karar Verme Teknikleriyle Lüks Konut Projesi İçin Beyaz Eşya Seçimi. *Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 8(2), 1871-1888.
- Bircan, H., Demir, G., & Dündar, S. (2020). Personel Seçimine Yönelik VIKOR ve TOPSIS Uygulamaları. *Atlas Journal*, 6(27), 331-344.
- Cengiz, D. (2012). *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri Üzerine Karşılaştırmalı Analiz*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik Anabilimdalı, İstanbul.
- Cengiz, T., & Çelem, H. (2003). Kırsal Kalkınmada AHS Yönteminin Kullanımı . *Kafkas Üniversitesi Artvin Orman Fak.Dergisi*, 4(1-2), 147.
- Cho, K.T. (2003). Multicriteria Decision Methods: An Attempt to Evaluate and Unify. *Mathematical and Computer Modeling*, 37(9-10), 1099-1119.
- Cinemre, N. (2011). *Yöneylem Araştırması, 2. Basım*, Evrim Yayınevi, İstanbul.

- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Avrupa Birliği Yatırımları Dairesi Başkanlığı. (2017). *Çevre ve Şehircilik Bakanlığının Çed Alanında Kapasitesinin Güçlendirilmesi İçin Teknik Yardım Projesi, Çevresel Etkiler ve Alınacak Önlemler Kılavuzu-Düzenli Depolama Tesisleri* (ÇEAÖK).
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü.(2014). *Düzenli Depolama Tesisleri Saha Yönetimi Ve İşletme Kılavuzu*.
- Dipanjan, S., Vinod, T., & Onkar, D. (1997). Ranking Potential Solid Wastes Disposal Sites Using Geographic Information System Techniques and AHP. *National Seminar on Applications of GIS for Solving Environmental Problems*, 98-106.
- Doğan, A., & Önder, E. (2014). İnsan Kaynakları Temin Ve Seçiminde Çok Kriterli Karar Verme Tekniklerinin Kullanılması Ve Bir Uygulama. *Journal of Yaşar University*, 9(34), 5796-5819.
- Emhan, A. (2007). Karar Verme Süreci ve Bu Süreçte Bilişim Sistemlerinin Kullanılması. *6(21)*, 212-224.
- Erdem-Hacıköylü, B. (2006). *Analitik Hiyerarşi Karar Verme Süreci ile Anadolu Üniversitesi'nde Beslenme ve Barınma Yardımı Alacak Öğrencilerin Belirlenmesi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.
- Erdoğan, B. B. (2019). *Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Katı Atık Düzenli Depolama Tesisi Yer Seçimi*. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Samsun.
- Erşen, E. (2013). *Karar Problemlerinin Çözümü İçin Oyun Teorisi Ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı Bütünleşik Bir Yaklaşım*. Yüksek Lisans Tezi, Kara Harp Okulu, Savunma Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Evren, R., & Ülengin, F. (1992). *Yönetimde Karar Verme*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası.
- Eymen, A., & Urfalı, T. (2019). Akıllı Şehir Uygulamaları İçin CBS Tabanlı Yer Seçim Analizleri: Kayseri Örneği. *Uluslararası Erciyes Bilimsel Araştırmalar Kongresi*. Kayseri.
- Field, A. (2009). *Discovering Statistics Using SPSS*. 3rd Edition, *Sage Publications Ltd., London*.
- Güler, C. (2011). *Digital Yayıncılıkta Uygulama Seçimi: Finans Sektöründe AHP Yöntemi İle Bir Uygulama*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Güler, D., & Yomralıoğlu, T. (2017). Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Analitik Hiyerarşi Yöntemi ile Düzenli Deponi Yer Seçimi: İstanbul İli Örneği. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 28 Temmuz, Özel Sayı (262-269).
- Huizingh, E. K. R. E., & Vrolijk, H. C. J. *Decision Support for Information Systems Management: Applying Analytic Hierarchy Process*. 01.08.2006 tarihinde

<http://son.eldoc.ub.rug.nl/reports/1995-1999/themeB/1995/95B26/> adresinden alındı.

- Işıldar, A. (2018). *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleriyle Katı Atık Bertaraf Yöntemi Seçimi*. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli.
- İpeksaç, E. (2014). *Çok Kriterli Karar Analizinde Ahp, Topsis, Vikor Çözümleri ve Bir Yazılım Uygulaması*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gediz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Javadi, H. (2018). *CBS-Tabanlı Çok Kriterli Karar Verme Yöntemiyle Tesis Yer Seçimi: Çtp Boru Fabrikası İçin Bir Uygulama*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Kaplan, R. (2010). *AHP Yöntemiyle Tedarikçi Seçimi: Perakende Sektöründe Bir Uygulama*. Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Mühendislik Yönetimi Bilim Dalı.
- Kemirtlek, A. (t. y.). Entegre Katı Atık Yönetimi. İstanbul. 24.06.2012 tarihinde alındı.
- Kocamustafaoğulları, E. (2007). Çok Amaçlı Karar Verme. *Çok Kriterli Karar Verme Semineri* (s. 1-37). Tepav. [http://www.tepav.org.tr/tur/admin/dosyabul/upload/Cok\\_Amacli\\_Karar\\_Verme.pdf](http://www.tepav.org.tr/tur/admin/dosyabul/upload/Cok_Amacli_Karar_Verme.pdf) ( 17.05.2007 ) adresinden alındı.
- Kuru, A. (2011). *Entegre Yönetim Sistemlerinde Çok Kriterli Karar Verme Tekniklerinin Kullanımına Yönelik Yaklaşımlar Ve Uygulamaları*. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü , İstanbul.
- Kuruüzüm, A., & ATSAN, N. (2001). Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve İşletmecilik Alanındaki Uygulamaları. *Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi, 1*.
- Malczewski, J. (2006). GIS-based multi-criteria decision analysis: a survey of the literature. *International Journal of Geographical Information Science, 10(7)*, 703-726.
- Mckenna, C. K. (1980). *Quantitative Methods For Public Decision Making*. McGrawHill, New York.
- Mersinli, H. (2021). *Entegre Katı Atık Yönetiminde Analitik Hiyerarşi Prosesi İle Coğrafi Bilgi Sistemi Kullanarak Düzenli Depolama Tesisi Yer Seçimi: Bursa Örneği*. Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Mersinli, H., & Salıhoğlu, N.-K. (2019). Katı Atık Düzenli Depolama Sahası Yer Seçiminde Kriterler Ve Türkiye'deki Öncelikler. *13. Ulusal 1. Uluslararası Çevre Mühendisliği Kongresi*. 10-11-12 Ekim 2019, Gebze Teknik Üniversitesi, Kocaeli.
- Oğuz, C., Pence, I., Siseci Cesmeli, M., & Cetinkaya Bozkurt, O. (2021). Tedarikçilerin TOPSIS ile Seçilmesi Ve Gelişim Durumlarının Sezgisel Optimizasyon İle Belirlenmesi. *Acta Infologica, 5(1)*, 53-64. <https://doi.org/10.26650/acin.868427> adresinden alındı.

- Opricovic, S., & Tzeng, G.H. (2004). Compromise Solution By MCDM Methods: A Comparative Analysis Of VIKOR And TOPSIS. *European Journal of Operational Research*, 156, 445-455.
- Özçalıcı, M. (2017). Matlab ile Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri. *Nobel Akademik Yayıncılık*.
- Özdağoğlu, A. (2013). Farklı Normalizasyon Yöntemlerinin TOPSIS'te Karar Verme Sürecine Etkisi. *Ege Academic Review*, 13(2), 245-257.
- Özdemir, M. (2015). İşletmeciler, Mühendisler ve Yöneticiler İçin Operasyonel, Yönetimsel ve Stratejik Problemlerin Çözümünde ÇKKV Yöntemleri. B. F. Yıldırım ve E. Önder (Ed.). TOPSIS (133). Dora Yayınevi, Bursa.
- Özden, Ü. (2011). TOPSIS Yöntemi İle Avrupa Birliğine Üye Ve Aday Ülkelerin Ekonomik Göstergelere Göre Sıralanması. *Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 13(2), 215-236.
- Özden, Ü. H. (2012). AB'ye Üye Ülkelerin ve Türkiye'nin Ekonomik Performanslarına göre VIKOR Yöntemi ile Sıralanması. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 11(21), 456.
- Özkan, A. (2008). *Kentsel Katı Atık Yönetim Sistemlerinin Oluşturulmasında Farklı Tekniklerin Kullanımı*. Phd, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.
- Özkan, B. (2018). *Kentsel Katı Atık Tesisi Yer Seçimi Ve Atık Toplama Sistemi için Coğrafi Bilgi Sistemi Tabanlı Çok Ölçütlü Karar Analizi*. Doktora Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Paksoy, S. (2017). *Çok Kriterli Karar Vermede Güncel Yaklaşımlar*. Karahan Kitabevi, Adana.
- Pekkaya, M., & Aktogan, M. (2014). Dizüstü Bilgisayar Seçimi: DEA, TOPSIS Ve VIKOR İle Karşılaştırmalı Bir Analiz. *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 10(1), 107- 126.
- Rao, R. V. (2007). Decision Making In The Manufacturing Environment: Using Graph Theory And Fuzzy Multiple Attribute Decision Making Methods. *Springer Science & Business Media*.
- Saaty, T.L. (1990). How To Make A Decision: The Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*, 48, 9-26.
- Sandal, A. (2004). Çevre Kirliliği ile Mücadelede Belediye Başkanlarına Tavsiyeler. *Yerel Yönetim Ve Denetim Dergisi*.
- Şahin, E. K. (2012). *CBS Tabanlı Çok Kriterli Karar Analizi Yöntemi Kullanılarak Heyelan Duyarlılık Haritasının Üretilmesi: Trabzon İli Örneği*. Jeodezi Ve F. Yüksek Lisans Tezi, T.C. Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik Ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi Ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı, Gebze.

- Tezergil, S. A. (2016). VIKOR Yöntemi İle Türk Bankacılık Sektörünün Performans Analizi. *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 38(1), 357-373. doi:10.14780/iibd.92056
- Tunca, M., Aksoy, E., Bülbül, H., & Ömürbek, N. (2015). AHP Temelli TOPSIS Ve ELECTRE Yöntemiyle Muhasebe Paket Programı Seçimi. Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi. *Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 8(1), 53-71. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/niguiibfd/issue/19757/211524> adresinden alındı.
- Türkmen, S.Y., & Çağlı, G. (2012). İMKB'ye Kote Bilişim Sektörü Şirketlerinin Finansal Performanslarının TOPSIS Yöntemi İle Değerlendirilmesi. *Maliye Finans Yazıları*, 26(95), 59-78.
- Ünaldık, S. B. (2019). Mekansal Yer Seçimi Kararları'nın Hazırlanmasında CBS Kullanımı Ve Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi. *Yapı Bilgi Modelleme*, 1(2), 46-52. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ybm/issue/52430/515269> adresinden alındı.
- Yaralıoğlu, K. (2010). Karar Verme Yöntemleri. *Detay Yayıncılık*, 37.
- Yücel, Y. B. (2018). *Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri ile Tekstil Sektöründe En Uygun Tedarikçi Seçimi Ve Bir Yazılım Uygulaması*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bartın.
- Zengin, E., & Ulutaş, K. (2016). Büyükşehir İlçe Belediyelerinde Evsel Katı Atık Ücret Tarifelerinin Belirlenmesi Ve Uygulanması . *Yalova Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(11), 26-42 . doi:10.17828/yalovasosbil.286895
- Zhou, P., Ang, B., & Poh, K. (2006). Decision Analysis In Energy And Environmental Modeling: An Update. *Energy*, 31, 2604–2622.