



**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
AKILLI SİSTEMLER MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**KÜRESEL BULANIK ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME
YAKLAŞIMI İLE MOBİL ATIK GETİRME MERKEZİ İÇİN
CBS TABANLI YER SEÇİMİ**

Yüksek Lisans Tezi

Başak BIYIK

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Aslı ÇALIŞ BOYACI

SAMSUN
2022

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
AKILLI SİSTEMLER MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI



**KÜRESEL BULANIK ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME
YAKLAŞIMI İLE MOBİL ATIK GETİRME MERKEZİ İÇİN
CBS TABANLI YER SEÇİMİ**

Yüksek Lisans Tezi

Başak BIYIK

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Ash ÇALIŞ BOYACI

SAMSUN
2022

TEZ KABUL VE ONAYI

Başak BIYIK tarafından, **Dr. Öğr. Üyesi Aslı ÇALIŞ BOYACI** danışmanlığında hazırlanan “**Küresel Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yaklaşımı İle Mobil Atık Getirme Merkezi İçin CBS Tabanlı Yer Seçimi**” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 22.7.2022 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı Üniversitesi Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	İmza	Sonuç
Başkan	Doç. Dr. Aziz ŞİŞMAN Ondokuz Mayıs Üniversitesi Harita Mühendisliği Anabilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
Üye	Dr. Öğr. Üyesi Aycan PEKPAZAR Samsun Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
Üye (Danışman)	Dr. Öğr. Üyesi Aslı ÇALIŞ BOYACI Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yöneylem Araştırması Anabilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

ONAY
... / ... / ...
Prof. Dr. Ali BOLAT
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım yüksek lisans tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklarda gösterilenlerden oluştuğunu, enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığımı taahhüt ve beyan ederim.

İmza

20/6/2022

Başak BIYIK

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

Tez Başlığı : Küresel Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yaklaşımı İle Mobil Atık Getirme Merkezi İçin CBS Tabanlı Yer Seçimi

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 20.6.2022 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : %22

Tek kaynak oranı : %3 çıkmıştır.

İmza

20/6/2022

Dr. Öğr. Üyesi Aslı ÇALIŞ BOYACI

ÖZET

KÜRESEL BULANIK ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YAKLAŞIMI İLE MOBİL ATIK GETİRME MERKEZİ İÇİN CBS TABANLI YER SEÇİMİ

Başak BIYIK

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Akıllı Sistemler Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Yüksek Lisans, Temmuz/2022

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ashı ÇALIŞ BOYACI

Ülkelerin gelişmişlik düzeyinin artmasıyla beraber ortaya çıkan atık miktarı artmakta ve bunun sonucunda atıklar ile başa çıkmak zorlaşmaktadır. Atıkların oluşturabileceği çeşitli zararlara maruz kalınmadan toplanması, geri dönüşümü/geri kazanımı ve bertaraf edilmesi için etkili bir belediye katı atık yönetimine ihtiyaç duyulmaktadır. Atıkların türlerine göre ayrıştırılarak toplandığı mobil atık getirme merkezlerinin konumu, toplanılan atık miktarını da etkilemektedir. Bu çalışmada, son yıllarda hızlı nüfus artışı ve kentleşmenin etkisiyle evsel katı atık sorunlarının arttığı Samsun iline bağlı Atakum ilçesinde mobil atık getirme merkezleri için uygun yerlerin seçimi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda öncelikle uzman ekip oluşturularak yer seçiminde etkili olan kriterler belirlenmiş ve Küresel Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (SF-AHP) yöntemi ile kriter ağırlıkları elde edilmiştir. Ardından Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yardımı ile veri setleri oluşturulmuş ve kriterler için haritalar elde edilmiştir. Haritaların üretilmesi aşamasında iki tür mekânsal analiz kullanılmıştır. Bunlar; popülasyon dağılımını değerlendirmek üzere yoğunluk analizi ve noktalar arası mesafelerin hesaplanması amacıyla Öklid mesafe analizidir. Kriter ağırlıkları dikkate alınarak, analizler sonucunda üretilen haritalardan ağırlıklandırılmış harita elde edilmiştir. Elde edilen harita üzerinden alternatif lokasyonlar önerilmiştir. Önerilen alternatif noktalar TOPSIS, MAIRCA ve CoCoSo yöntemleri ile sıralanmış ve ardından Borda Sayım metodu kullanılarak bütünleşik bir sıralamaya ulaşılmıştır. Bütünleşik sıralamanın hangi yönteme daha yakın bir sonuç verdiğini değerlendirmek amacıyla Spearman Sıralama Korelasyon Katsayısı (SSKK) yönteminden faydalanılmıştır. Son olarak, duyarlılık analizi ile nihai kararın esnekliği analiz edilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Katı Atık, Yer Seçimi, Küresel Bulanık AHP, CBS, ÇKKV

ABSTRACT

GIS-BASED SITE SELECTION FOR MOBILE HOUSEHOLD WASTE RECYCLING CENTER USING SPHERICAL FUZZY MULTI CRITERIA DECISION MAKING APPROACH

Başak BIYIK

Ondokuz Mayıs University
Institute of Graduate Studies

Department of Intelligent Systems Engineering

Master, July/2022

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Aslı ÇALIŞ BOYACI

The amount of waste generated increases depending on the development level of the countries and as a result, it becomes difficult to deal with waste. Effective municipal solid waste management is needed for the collection, recycling/recovery, and disposal of waste without being exposed to various damages. The location of the mobile household waste recycling centers, where the waste is separated and collected according to its types, also affects the amount of waste collected. In this study, it was aimed to choose suitable locations for mobile household waste recycling centers in the Atakum district of Samsun, where household solid waste problems have increased due to rapid population growth and urbanization in recent years. In this direction, first, an expert team was formed and the criteria affecting the site selection process were determined, and the criteria weights were obtained by the Spherical Fuzzy Analytic Hierarchy Process (SF-AHP) method. Then, with the help of Geographic Information Systems (GIS), data sets were created and maps were obtained for the criteria. Two types of spatial analysis were used in the production of maps. These are density analysis to evaluate population distribution and Euclidean distance analysis to calculate distances between points. Considering the criteria weights, a weighted map was obtained from the maps produced as a result of the analyses. Alternative locations were suggested using the weighted map. Suggested alternative locations were ranked by TOPSIS, MAIRCA, and CoCoSo methods, and then an integrated ranking was obtained using the Board Count method. The Spearman's Rank Correlation Coefficient (SRCC) method was used to evaluate which method gives a closer result to the integrated ranking. Finally, the flexibility of the final decision was analyzed by sensitivity analysis.

Keywords: Solid Waste, Site Selection, Spherical Fuzzy AHP, GIS, MCDM

TEŞEKKÜR

Çalışma süresince her zaman desteğini ve güvenini hissettiğim, bilgi birikimi ve tecrübesiyle çalıőmamı yönlendiren, her konuda yoluma ıőık tutan çok değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Aslı ÇALIŞ BOYACI'ya, her danıőtıęımda özenle yardımcı olan saygı değer hocam Doç. Dr. Aziz ŐŐŐMAN'a, tezimin son halini almasına katkı sağlayan değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Aycan PEKPAZAR'a, katkılarından dolayı Çevre Yüksek Mühendisi Özcan ÇOLUK'a ve bu süreç boyunca yanımda olan, her zaman beni destekleyen, cesaretlendiren aileme sonsuz teşekkür ederim.

Başak BIYIK

İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAYI	i
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI	ii
TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	v
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. KATI ATIK VE KATI ATIK YÖNETİMİ	3
2.1. Katı Atık.....	3
2.2. Katı Atıkların Sınıflandırılması	4
2.3. Katı Atık Kompozisyonu	6
2.4. Katı Atıkların Zararları	7
2.5. Katı Atık Yönetimi	8
2.6. Katı Atıkların Bertaraf Edilmesi	10
2.6.1. Depolama Yöntemi	10
2.6.1.1. Düzenli Depolama.....	10
2.6.1.2. Düzensiz Depolama	11
2.6.2. Biyolojik Sistemler	11
2.6.2.1. Kompostlaştırma	11
2.6.2.2. Biyometanizasyon.....	12
2.6.2.3. Biyoetanol/Biyodizel	12
2.6.2.4. Biyokurutma	13
2.6.3. Termal Sistemler	13
2.6.3.1. Yakma	14
2.6.3.2. Piroliz.....	14
2.6.3.3. Gazifikasyon	14
2.6.4. Geri Kazanım/Geri dönüşüm	15
3. BULANIK MANTIK VE BULANIK KÜMELER	17
3.1. Bulanık Mantık	17
3.2. Bulanık Kümeler.....	18
3.2.1. Üyelik Fonksiyonları.....	19
3.2.1.1. Üçgensel Üyelik Fonksiyonu	21
3.2.1.2. Yamuk Üyelik Fonksiyonu	21
3.2.1.3. Gauss Üyelik Fonksiyonu	22

3.2.1.4. Sigmoidal Üyelik Fonksiyonu	22
3.2.2. Sezgisel Bulanık Küme Teorisi.....	23
3.2.3. Küresel Bulanık Kümeler.....	23
4. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME	27
4.1. Karar Verme.....	27
4.1.1. Karar Verme Süreci	27
4.1.2. Karar Verme Yöntemleri	28
4.1.3. Çok Kriterli Karar Verme	29
4.1.4. Çok Kriterli Karar Verme Tekniklerinin Sınıflandırılması.....	30
5. LİTERATÜR TARAMASI	32
6. METODOLOJİ.....	37
6.1. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)	37
6.1.1. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Tarihçesi	37
6.1.2. CBS'nin Bileşenleri	39
6.1.3. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Faydaları	41
6.1.4. Coğrafi Bilgi Sisteminin Kullanım Alanları	41
6.1.5. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Veri Yapıları	42
6.1.6. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Metodolojisi.....	44
6.2. Küresel Bulanık AHP	45
6.3. TOPSIS	46
6.4. MAIRCA.....	48
6.5. CoCoSo.....	50
6.6. Borda Sayım Metodu	51
6.7. Spearman Sıralama Korelasyon Katsayısı (SSKK)	51
7. UYGULAMA.....	53
8. SONUÇ	71
KAYNAKÇA.....	73
ÖZ GEÇMİŞ.....	83

SİMGELER VE KISALTMALAR

AHP	: Analitik Hiyerarşi Süreci
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
EPA	: ABD Çevre Koruma Ajansı
KG	: Kilogram
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
SFS	: Küresel Bulanık Küme (Spherical Fuzzy Set)
IFS	: Sezgisel Bulanık Küme (Intuitionistic Fuzzy Set)
PFS	: Pisogor Bulanık Küme (Pythagorean Fuzzy Set)
NS	: Nötrosifik Küme (Neutrosophic Set)
ÇNKV	: Çok Nitelikli Karar Verme
ÇAKV	: Çok Amaçlı Karar Verme
SF-AHP	: Küresel Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (Spherical Fuzzy Analytic Hierarchy Process)
CR	: Tutarlılık oranı
SI	: Skor İndeksi
SWAM	: Küresel Ağırlıklandırılmış Aritmetik Ortalama (Spherical Weighted Arithmetic Mean)
TOPSIS	: İdeal Çözüme Benzerlik Tekniği (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)
FAHP	: Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (Fuzzy Analytic Hierarchy Process)
BWM	: En İyi-En Kötü Yöntemi (Best Worst Method)
GA	: Genetik Algoritma
RFID	: Radyo Frekansı ile Tanımlama Teknolojisi
WASPAS	: Ağırlıklandırılmış Bütünleşik Toplam Çarpım Değerlendirmesi (Weighted Aggregated Sum Product Assessment)
CoCoSo	: Birleşik Uzlaşma Çözümü (Combined Compromise Solution)
IVSF-AHP	: Aralık Değerli Küresel Bulanık AHP
LGSFS	: Dilsel Genelleştirilmiş Küresel Bulanık Küme
AVM	: Alışveriş Merkezi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Atıkların sınıflandırılması	4
Şekil 2.2. Samsun ilinde 2019 yılı itibariyle katı atık kompozisyonu	7
Şekil 2.3. Katı atık yönetim sisteminin fonksiyonel elemanları	9
Şekil 2 4. Katı Atık Düzenli Depolama Alanı Girdi ve Çıktıları.....	10
Şekil 2 5. Gazlaştırma prosesi ve ürünleri	15
Şekil 2.6. Katı atık geri kazanımının genel diyagramı	16
Şekil 3.1. Bulanık mantık sistemi	17
Şekil 3.2. Bulanık küme	18
Şekil 3.3. Bulanık kümelerin uzantıları	19
Şekil 3.4. Boy sözel değişkeni için klasik kümede karakteristik fonksiyon.....	20
Şekil 3.5. Boy sözel değişkeni için bulanık kümede üyelik fonksiyonu	20
Şekil 3.6. Bulanık kümelerde üçgensel (triangular) üyelik fonksiyonu grafiği.....	21
Şekil 3.7. Şekil yamuk üyelik fonksiyonları.....	21
Şekil 3.8. Gauss üyelik fonksiyonu	22
Şekil 3.9. Sigmoidal sol ve sağ üyelik fonksiyonu	23
Şekil 3.10. IFS, PFS, NS ve SFS'nin geometrik gösterimi	24
Şekil 4.1. Karar verme süreci	28
Şekil 4.2. Karar analiz yöntemleri	29
Şekil 4.3. ÇKKV süreci	30
Şekil 6. 1. Charles Dubin tarafından CBS ile üretilen ilk tematik harita	38
Şekil 6. 2. CBS'nin bileşenleri	39
Şekil 6. 3. Farklı katmanlarda CBS verileri.....	40
Şekil 6. 4.CBS veri tipleri ve kaynakları	43
Şekil 6. 5. CBS' nin metodolojisi	44
Şekil 6. 6. Hiyerarşik yapı	45
Şekil 7.1. Uygulamaya ait akış diyagramı	54
Şekil 7.2. Çalışma alanı.....	55
Şekil 7. 3. Mobil atık getirme merkezi için yer seçiminde etkili olan kriterler	56
Şekil 7.4. Yoğunluk ve Öklid mesafe haritaları.....	62
Şekil 7. 5. Normalize edilmiş haritalar.....	63
Şekil 7.6. Ağırlıklandırılmış harita.....	64
Şekil 7.7. Alternatif noktalar	65
Şekil 7. 8. Duyarlılık analizi sonuçları.....	70

TABLolar DİZİNİ

Tablo 2.1. Belediye katı atıklarının kaynakları ve türleri	4
Tablo 2.2. İl geneli atık miktarı ve karakterizasyonu.....	7
Tablo 2. 3 Bazı katı atıkların geri kazanımı ile sağlanan faydalar	16
Tablo 3.1. Boy sözel değişkeni için klasik kümenin karakteristik fonksiyonu.....	20
Tablo 3.2. A, B, C'nin üyelik değeri	20
Tablo 4.1. ÇNKV ve ÇAKV yöntemlerinin karşılaştırılması	31
Tablo 4.2. ÇKKV teknikleri.....	31
Tablo 5. 1.Literatürde CBS tabanlı katı atık çalışmaları.....	33
Tablo 5. 2. Literatürde SFS ile ilgili çalışmalar	34
Tablo 5. 3. Ulusal tez merkezinde katı atıklar ile ilgili çalışmalar	35
Tablo 6. 1. CBS'nin tarihsel gelişimi.....	38
Tablo 6. 2. CBS'nin kullanım alanları	42
Tablo 6. 3. Vektör veri tabanlı verilerin olumlu ve olumsuz yönleri.....	43
Tablo 6. 4. Raster veri tabanlı verilerin olumlu ve olumsuz.....	44
Tablo 6. 5. Küresel bulanık dilsel terim setleri	45
Tablo 7.1. Uzman ekibe ilişkin bilgiler.....	55
Tablo 7.2. Dilsel karar matrisleri	57
Tablo 7.3 . Skor indeksleri ile oluşturulan karar matrisleri.....	58
Tablo 7.4. Skor indeksleri ile oluşturulan karar matrisleri.....	59
Tablo 7.5. Ortak karar matrisi	60
Tablo 7. 6. Kriterlerin küresel bulanık ağırlıkları ve nihai kriter ağırlıkları	60
Tablo 7. 7. Veri ve analiz listesi.....	61
Tablo 7.8. Başlangıç karar matrisi	66
Tablo 7.9. Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi	66
Tablo 7.10. Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi	67
Tablo 7.11. Alternatiflerin ideal çözüme göreceli uzaklıkları	67
Tablo 7.12. Alternatiflerin sıralaması	68
Tablo 7.13. Alternatiflerin Borda sırası	68
Tablo 7. 14. SSKK sonuçları.....	69

1. GİRİŞ

Ülkemizde giderek artan nüfusun etkisi ile günlük faaliyetler sonucunda ortaya çıkan atık miktarı da artmaktadır. Atık miktarındaki artışa bağlı olarak çeşitli zorluklarla karşılaşmak mümkündür. Bu durum üretimde ve tüketimde atık miktarını olabildiğince minimize etmeyi amaçlayan bir yaklaşım olan atık yönetimini gerektirmektedir. Atık yönetimi, doğal kaynakların ve çevrenin zarar görmemesi için en önemli konulardan biridir. Atıkların insan sağlığı, çevre ve doğal kaynaklar için bir tehdit unsuru olmasını önlemeyi ve ekonomik açıdan bir kaynağa dönüştürülmesini amaçlayan atık yönetim stratejileri; sürdürülebilir kalkınma yaklaşımının temelini oluşturmaktadır (Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2014).

Ülkelerin kentleşmesiyle birlikte artan ekonomik zenginlik, mal ve hizmet tüketimini artırmaktadır. Bu da üretilen atık miktarında bir artışa neden olmaktadır. Dünyada her yıl yaklaşık olarak 1,3 milyar ton veya kişi başı günlük 1,2 kg belediye katı atığı üretildiği tahmin edilmektedir (Hoorweg ve Bhada-Tata, 2012) .

Atıkların geri dönüşüm oranını artırmak amacıyla oluşturulan mobil atık getirme merkezleri, geri dönüştürülebilir atıkların diğer atık gruplarından ayrılarak toplanmasını sağlamaktadır. Toplanan atık türleri; cam, plastik, metal, kağıt, atık elektrik ve elektronik eşyalar ve atık pilleri kapsamaktadır. Mobil atık getirme merkezlerinin daha etkin bir şekilde kullanılması ile toplanan atık miktarında artış sağlamak mümkündür. Bu da atık getirme merkezlerinin alternatifler arasından en uygun şekilde konumlandırılmasından geçmektedir (Düzce İnağ ve Arıkan, 2020).

Bu tez çalışmasında, Samsun iline bağlı Atakum ilçesinde mobil atık getirme merkezi için uygun yerlerin seçimi amaçlanmaktadır. Bu doğrultuda öncelikle uzman ekip oluşturularak yer seçiminde etkili olan kriterler belirlenmekte ve Küresel Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (SF-AHP) yöntemi ile kriter ağırlıkları elde edilmektedir. Alternatif noktaların tespit edilmesi aşamasında ise CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri)'den yararlanılmaktadır. Elde edilen alternatif noktalar; TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution), MAIRCA (Multi Attributive Ideal-Real Comparative Analysis) ve CoCoSo (Combined Compromise Solution) yöntemleri ile sıralanmakta ve ardından Borda Sayım Metodu kullanılarak bütünlük bir sıralamaya ulaşılmaktadır. Elde edilen sıralamanın hangi yöneme daha

yakın bir sonuç verdiğini değerlendirmek amacıyla Spearman Sıralama Korelasyon Katsayısı (SSKK) yönteminden faydalanılmaktadır.

Çalışmanın geri kalanı şu şekilde organize edilmektedir: İkinci bölümünde katı atık ve katı atık yönetiminden bahsedilmektedir. Üçüncü bölümde bulanık mantık ve bulanık küme; dördüncü bölümde ise çok kriterli karar verme kavramları ele alınmaktadır. Beşinci bölümde, literatürde katı atıklar, küresel bulanık kümeler ve CBS ile gerçekleştirilen çalışmalar irdelenmektedir. Altıncı bölümde metodolojiye ve yedinci bölümde önerilen yöntemin uygulamasına yer verilmektedir. Sekizinci bölümde ise sonuçlar değerlendirilmekte ve ileriki çalışmalar için öneriler sunulmaktadır.

2. KATI ATIK VE KATI ATIK YÖNETİMİ

2.1. Katı Atık

Tanımların çoğunda atık; değer eksikliği, kullanım eksikliği veya işe yaramaz kalıntılar olarak ifade edilmektedir (McDougall vd, 2008). Atık; herhangi bir insan faaliyeti sonucunda ortaya çıkan kalıntılar, bitki, insan veya hayvan yerleşimlerinden kaynaklanan artıklar olarak tanımlanır. Atıkların sahibi için başka bir kullanım değeri yoktur (Sasikumar ve Krishna, 2009).

Atık kavramıyla alakalı tanımlar göz önüne alındığında temelinde iki boyut olduğu ortaya çıkmaktadır. Bunlardan ilki tüketici için temel işlevini kaybetmesi ikincisi ise birinci işlevi sonucunda atığa dönüşen bir maddenin ikincil bir işlev için hammadde olabilmesidir (Bontoux ve Leone, 1997). Çeşitli yollar ile üretilebilen atıkların tüketimi ve hacmi, tüketim modeline bağlı olmasının yanı sıra endüstriyel ve ekonomik yapılara da bağlıdır (Kawai ve Tasaki, 2014).

Katı atıklar; belediyeler veya belediye adına sözleşmeli toplayıcılar tarafından toplanan konut, ticari, kurumsal ve hafif sanayi atıklarını içermektedir. Ancak katı atıklar; konut, perakende mağaza, restoran gibi ticari kuruluşlarda ve hastane, okul gibi kurumlarda üretilen inşaat/yıkım döküntüleri, otomobil hurdaları veya tıbbi atıkları içermemektedir (Chandler vd, 1997).

Özetle katı atıklar, doğal veya insan yapımı kaynakların veya insan faaliyetlerinin sonucunda ortaya çıkan istenmeyen kalıntılar olarak kabul edilmektedir. Katı atık, farklı kaynaklardan farklı şekillerde ortaya çıkabilmektedir (Smith, 1976).

Belediye katı atıkları ise işlenmiş biyomedikal atıkların dâhil, endüstriyel tehlikeli atıkların hariç olduğu bir belediyede veya onaylanmış alanlarda katı veya yarı katı formda üretilen ticari ve konut atıklarını kapsayan atıklardır (Khan vd, 2016). Kentsel bağlamda belediye katı atık teriminin özel bir önemi bulunmaktadır. Bu terim; belediyeler tarafınca toplanan ve kontrolü sağlanan atıkların tamamını belirtmekte ve evsel atıklar, ticari atıklar, kurumsal atıklar gibi çeşitli atık kategorilerini kapsamaktadır (Yadav, 2015). Tablo 2.1.'de belediye katı atıklarının kaynakları ve türleri gösterilmiştir.

Tablo 2.1. Belediye katı atıklarının kaynakları ve türleri (Shekdar, 2009)

Kaynaklar	Atık üreticileri	Katı atık türleri
Yerleşim yerleri	Tek ve çok kişili konutlar	Gıda atıkları, cam, metal, tekstil, karton, kağıt, özel atıklar, evsel tehlikeli atıklar
Ticari	Mağazalar, oteller, restoranlar, marketler	Kağıt, karton, plastik, cam, ahşap, metal, özel atıklar, tehlikeli atıklar
Kurumsal	Okullar, hastaneler, hapishaneler	Kağıt, karton, plastik, cam, ahşap, metal, özel atıklar, tehlikeli atıklar
Belediye hizmetleri	Sokak temizliği, çevre düzenlemesi, parklar, sahiller	Sokak süpürme, plaj, peyzaj ve ağaç süslemeleri gibi alanlardan kaynaklanan genel atıklar

2018 yılında tüm belediyelere uygulanan Belediye Atık İstatistikleri Araştırması sonuçlarına göre 1.399 belediyeden 1.395'i atık hizmeti vermiştir ve hizmet veren belediyelerin 32 milyon 209 bin ton atık topladığı belirlenmiştir. Kişi başına günlük ortalama belediye atığı miktarı ise 1,16 kg olarak hesaplanmıştır (TÜİK, 2019).

2.2. Katı Atıkların Sınıflandırılması

Atıklar; dağıtım, teknik, üretim gibi pek çok faktöre bağlı olarak sınıflandırılabilir. Bu sınıflandırmalar göz önüne alındığında atıkları; etkileri, yapıları ve kaynakları bakımından Şekil 2.1'deki gibi üç ana başlık altında değerlendirmek mümkündür.



Şekil 2.1. Atıkların sınıflandırılması (Yenidoğan ve Avcı, 2018)

Tehlikeli Atık

Tehlikeli atık; ABD çevre koruma ajansı (EPA) tarafından miktarı, fiziksel, kimyasal veya bulaşıcı özellikleri nedeniyle ölüm oranını artıran ciddi hastalıklara neden olan atıklar olarak tanımlanmaktadır (Dionizio vd, 2018).

Su, hava, toprak, insan gibi çevreyi oluşturan tüm bileşenler için risk oluşturan tehlikeli atıklar; böcek ilaçları, organik çözücüler, cilalar, hastane ve gıda endüstrisi kalıntıları gibi maddeleri kapsamaktadır (Mihaila vd, 2015).

Tehlikesiz Atıklar

Aşındırıcı, zehirli, ateşleyici veya reaktif olmaması şartıyla çevreye zarar vermeden toprakta çözünebilir ve çözünemeyen herhangi bir kentsel katı atık, tehlikeli olmayan katı atık malzemeleri olarak kabul edilmektedir (Sasikumar ve Krishna, 2009).

Katı Atıklar

Katı atıklar, insan ve hayvan faaliyetlerinin bir sonucunda ortaya çıkan ve istenmeyen tüm atıklardır. Katı atık terimi; katı, sıvı, yarı katı ya da sanayi ve ticaret alanlarından kaynaklanan gaz halindeki materyal de dahil, diğer atılmış materyaldeki çöp, atık ve çamur atığı anlamına gelmektedir. Ayrıca, terk edilmiş materyaller, geri dönüşüm için ayrılan askeri mühimmat gibi maddeler de katı atık kavramına girmektedir (Cingöz ve Tinni, 2020).

Sıvı Atıklar

Sıvı atıklar, istenmeyen veya tehlikeli olarak görülen insan ve hayvan faaliyetlerden kaynaklanır (Mekonnen, 2012).

Hastane kökenli kan; diş tedavilerinde kullanılan yıkama suları, evsel kaynaklı temizlik suları, kanalizasyon suları, diyaliz makineleri suları gibi atıklardan oluşmaktadır (Karasu, 2013).

Gaz Atıklar

Gaz atıklarının; hava kirliliği ve istenmeyen kokuların oluşması, yeraltı ve yüzey suyu kirlenmesi, sera etkisi ve küresel ısınma gibi çevreye birçok olumsuz etkisi vardır. Gaz atıklarının kaynaklarını nükleer enerji santralleri, sanayi tesis bacaları, enerji amaçlı fosil yakıtların kullanımı, çöp depolama alanları vs. oluşturmaktadır (Karasu, 2013).

Evsel Atık

Evsel atıklar; mobilya, giysi, oyuncak, ambalajlar, yemek artıkları, bahçe atıkları gibi atıkları kapsamaktadır (Waite, 2013). Evsel atıklar belediye katı atıklarının üçte ikisinden fazlasını oluşturmaktadır (Inglezakis ve Moustakas, 2015).

Özel Atıklar

Tüm topluluklarda konut ve ticari katı atıklar dışında diğer atıklardan ayrı olarak toplanan atıklardır. Tıbbi atıklar, atık yağlar, eski lastikler ve hayvan atıkları özel atıklara örnek olarak gösterilmektedir (Nemerow vd, 2009).

Endüstriyel Atıklar

Bu gruptaki atıklar genel olarak endüstriyel faaliyetler ve üretim süreçleri sonucunda ortaya çıkan katı atıklardır (Abduli, 1996). Bu atıklar; alüminyum, demir, bakır, kurşun, nikel, kadminyum, cıva, arsenik ve selenyum gibi toksik etkisi yüksek olabilen atıkları da kapsayabilmektedir (Bilgili, 2020).

2.3. Katı Atık Kompozisyonu

Atıkların ortaya çıktığı bölgenin sosyoekonomik düzeyi ile atık karakterizasyonu arasında doğru orantı olduğu bilinmektedir. Atık kompozisyonunun bilinmesi, atık yönetiminin etkin ve verimli bir şekilde sürdürülebilmesi için gerekli bir faktördür. Atıkların ekonomik ve sürdürülebilir kalkınma bakımından ne şekilde değerlendirileceğinin ve ne şekilde bertaraf edileceğinin kararı karakterizasyon analizi sonrasında verilebilir (Kemirtlek, 2005).

Üretilen atıkların kompozisyonları mevsime, yaşam tarzına, demografiye ve coğrafi koşullar gibi birçok faktöre göre değişkenlik göstermektedir. Bu değişkenlik, üretilen atığın bileşimini tanımlamayı ve ölçmeyi olduğundan zor bir hale getirmesine rağmen daha gerekli kılmaktadır (Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2020; Gidarakos vd, 2006).

Samsun iline ait atık karakterizasyonu Samsun Büyükşehir Belediyesi tarafından yaptırılmış olup, Tablo 2.2'deki gibidir.

Tablo 2.2. İl geneli atık miktarı ve karakterizasyonu (Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2020)

Atık miktarı (ton/ay)			
Atık karakterizasyonu		Yaz mevsimi	Kış mevsimi
Geri kazanılabilir atıklar (%)	Cam	5,2	3,93
	Metal	4,49	3,5
	Kağıt/karton	7,6	7,79
	Plastik	21,23	19,81
	Toplam	38,52	35,03
Diğer atıklar (%)	Atık ilaç	-	-
	Bitkisel atık yağ	-	-
	Atık pil	-	-
	Tekstil atıkları	-	-
	Elektrik ve elektronik eşya	-	0,07
	Hacimli atıklar	-	-
Biyobozunur Atıklar (Mutfak ve bahçe atıkları)(%)		51,86	52,86
TOPLAM		90,38	87,6

Samsun ili merkez katı atık düzenli depolama sahası verilerine göre 2019 yılında üretilen atık miktarı 300.698,79 ton'dur. Günlük olarak ortalama atık miktarı 824 ton iken bunun ortalama 818 tonunu evsel atıklar oluşturmaktadır. Samsun ili için 2019 yılına ait katı atık kompozisyonu Şekil 2.2'de gösterilmektedir.



Şekil 2.2. Samsun ilinde 2019 yılı itibariyle katı atık kompozisyonu (Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2020)

2.4. Katı Atıkların Zararları

Katı atıkların, çevreyle direkt ilişkili tüm çevre sorunlarında olduğu gibi uzun vadede küresel ölçekli olarak sonuçlanan etkileri bulunmaktadır. Katı atıkların yanlış

yönetilmesi durumunda hem insan hem de çevre bakımından olumsuzluklar ortaya çıkmaktadır (Evin ve Demiral, 2018).

Kentsel alanlar ve sanayi kuruluşlarından kaynaklı katı atıkların ciddi derecede çevre sorunlarına neden olduğu bilinmektedir (Şener vd, 2011).

Dünyada çevre sağlığını tehdit eden en önemli kaynaklardan biri belediye katı atık üretimidir (Javaheri vd, 2006). Küresel belediye atık üretimi; okyanusta plastik birikimi, sera gazı emisyonu ve nitrojen kirliliği dâhil olmak üzere birçok çevresel etkiye sebep olmaktadır (Chen vd, 2020).

Katı atıklar, insan refahı ve çevre üzerinde hem doğrudan hem de dolaylı etkilere sahiptir. Doğrudan etkiler, malzemelerin zarar görmesinden ve estetik önemin kaybolmasından insan sağlığının bozulmasına kadar uzanan bir yelpazeye sahiptir ve bu nedenle önemli sosyo-ekonomik etkiler ortaya çıkarmaktadır. Dolaylı etkiler ise ekosistem yapısı ve davranışındaki değişimden iklim değişikliğine kadar uzanan ve ilk olarak sosyo-ekonomiyi, ardından bölgenin sürdürülebilirliğini tehdit edecek uzun vadeli etkileri ortaya koymaktadır (Basnet, 1993)

Katı atıkların çevrede neden olduğu olumsuzluklar genel olarak aşağıdaki gibidir (Aydın, 2007);

- Sızıntı sularının yeraltı sularına veya yüzey sularına geçmesi,
- Depo gazlarının atmosfere veya yeraltına sızması,
- Tozun rüzgâr vasıtasıyla atmosfere karışması,
- Zararlı maddelerin bitki ve gıda maddelerine geçmesi,
- Bulaşıcı hastalıkların yayılması,
- Rahatsız edici kokulara neden olması,
- Haşerelerin artması.

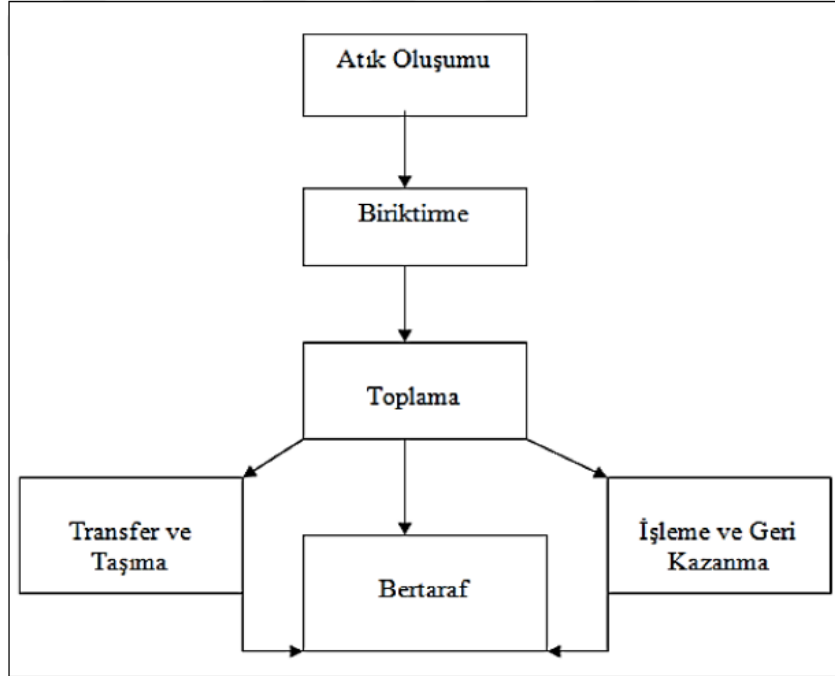
2.5. Katı Atık Yönetimi

Katı atık yönetimi teknikleri ilk olarak halk sağlığını korumak amacıyla yaşanabilir alanların etrafında bulunan atıkları yok etmek için tasarlanmıştır. Atıkların kontrolsüz bir şekilde bertaraf edilmesindeki tehlikelerin fark edilmesinin ardından düzenli depolama vasıtasıyla birtakım önlemler tasarlanmış ve uygulamaya koyulmuştur (Shekdar, 2009).

Artan nüfus ve aşırı tüketim nedeniyle oluşan katı atıkların değerlendirilmesi önemli bir kaynak olarak görülmektedir. Bu nedenle katı atıkların değerlendirilmesi sistematik bir yaklaşım olarak ele alınmış ve yönetilmesi gereken bir konu olduğu düşünülerek katı atık yönetimi kavramı ortaya çıkmıştır (Solak ve Pekküçükşen, 2018).

Katı atık yönetiminde üç temel ilkedен bahsedilebilir. Bunlardan ilki, atığın toksit özelliğinin azaltılmasını da ifade eden “atık miktarının azaltılması”dır. Bir diğeri atıklar arasında ekonomik değeri olan malzemelerin değerlendirilmek üzere geri alınması işlemini kapsayan katı atık yönetiminin üretilen “atıkların geri kazanılması” ilkesi ile ilgilidir. Son olarak “atıkların bertaraf edilmesi” ilkesi ise geri dönüşümü mümkün olmayan katı atıkların insan sağlığına ve çevreye olumsuz bir etkisi olmadan ortadan kaldırılmasını kapsamaktadır (Bilgili, 2020).

Katı atık yönetimi atıkların toplanması, depolanması, transferi, taşınması, ayrıştırılması, iyileştirilmesi, geri dönüştürülmesi ve düzenlenmesi aşamalarını kapsamaktadır (Tekel, 2007). Katı atık yönetim sisteminin fonksiyonel elemanları Şekil 2.3’de gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Katı atık yönetim sisteminin fonksiyonel elemanları (Şahin, 2014)

Katı atıkların ortaya çıkmasından bertaraf edilmesine kadar geçen süreci yöneten katı atık yönetimi ile atık miktarının azaltılması, geri kazanımı, kompostlaştırma, yakma ve depolama işlemleri sırası ile yürütülmektedir (Güler, 2008).

2.6. Katı Atıkların Bertaraf Edilmesi

Belediyelerden ve çeşitli diğer kaynaklardan ortaya çıkan katı atık miktarlarındaki artışa bağlı olarak katı atıkların bertaraf edilmesi Türkiye'deki en önemli çevresel sorunlardan biri olmaktadır (Berkun vd, 2005).

Katı atık bertaraf yöntemleri dört ana başlıkta incelenebilir. Bunlar;

- Depolama
- Biyolojik sistemler
- Termal sistemler
- Geri kazanım/Geri dönüşümdür (Arıkan vd, 2017).

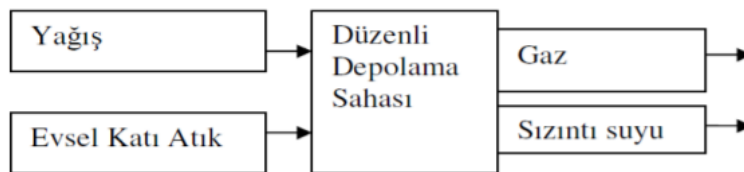
2.6.1. Depolama Yöntemi

Depolama yöntemi, kimse tarafından istenmeyen ancak herkesin yapmak zorunda olduğu atık yönetim çeşitlerinden biridir. Atık yönetim birleşimleri arasında depolama işlemine gerek bırakılmayan bir yöntem bulunmamaktadır (Güler, 2016).

Depolama yöntemleri düzenli depolama ve düzensiz (vahşi) depolama olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

2.6.1.1. Düzenli Depolama

Düzenli depolama alanları, belediye katı atıkları için nihai bertaraf alanı olarak tasarlanan ve çevre kirliliğini önlemek için çevresel olarak kabul edilebilen atık bertaraf yöntemidir (Owusu-Nimo vd, 2019). Düzenli depolama yöntemi, katı atıklardan kaynaklanan sızıntı suyu ve depo gazı gibi kirleticilerin denetimi vasıtasıyla yapılan bir gömme yöntemidir. Depolama sahalarının girdi ve çıktıları Şekil 2.4'de gösterilmektedir.



Şekil 2 4. Katı Atık Düzenli Depolama Alanı Girdi ve Çıktıları (Demirci, 2017)

Atıkların düzenli depolanmasına dair yönetmeliğine göre düzenli depolama tesisleri üç sınıfta incelenmektedir. Bunlardan; I.sınıf düzenli depolama tesislerinde tehlikeli atıklar, II.sınıf düzenli depolama tesislerinde belediye atıkları, III.sınıf düzenli depolama tesislerinde ise biyolojik bozunmaya uğramayan veya çözünmeyen, yanmayan, yüzeysel su ve yeraltı su kirliliği tehlikesi yaratmayan atıklar bertaraf edilmektedir (Akyıldız, 2011).

Samsun Büyükşehir Belediyesine bağlı iki adet düzenli depolama sahası bulunmaktadır. Bu düzenli depolama sahalarından elde edilen verilere göre Samsun ilinde günlük ortalama 965 ton olmak üzere 2019 yılında toplam 352.408 ton katı atık bertaraf edilmiştir (Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2020).

2.6.1.2. Düzensiz Depolama

Düzensiz depolama; katı atıkların rastgele dökülmesiyle yeraltı ve yerüstü su kirliliği, patlama ve yangın tehlikesi, toprak kirliliği başta olmak üzere toz, kötü koku, görüntü kirliliği gibi birçok çevresel soruna yol açmaktadır (Gökçe ve Hasanoğlu, 2015).

Ülkemizde çoğunlukla düzensiz depolama yöntemi kullanılmaktadır. Düzensiz depolama yönteminin rüzgâr gibi bazı dış etkenler nedeniyle çevreye yayılarak kirlilik oluşturması, kötü kokulara neden olması, özellikle yeraltı sularını kirletmesi, kuş ve sineklerin atıklarla teması ile bulaşıcı hastalıkların taşınmasına yol açması, düzensiz depolama alanlarının yakınlarında birçok sağlık problemlerinin meydana gelmesi gibi birçok dezavantajı bulunmaktadır (Duran ve Yakup, 2016).

2.6.2. Biyolojik Sistemler

Günümüzde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artmasıyla beraber atıklardan enerji elde etmek için farklı birçok teknoloji kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden biri de biyolojik yöntemlerdir. Biyolojik yöntemler kompostlaştırma, biyometanizasyon, biyoetanol/biyodizel ve biyokurutma olmak üzere dört alt sınıfa ayrılmaktadır (Arıkan vd, 2017).

2.6.2.1. Kompostlaştırma

Kompostlama, aerobik solunum içeren ve termofilik bir aşamadan geçen organik katı malzemelerin mikrobiyal bozunması olarak tanımlanmaktadır (Finstein ve Morris, 1975). Kompostlaştırma her zaman doğada meydana gelen bir süreçtir. Ancak son

yıllarda kompostlama uygulaması ve teknolojisi giderek daha fazla bilimsel ilkelere dayanmaktadır. Modern kompostlama operasyonlarının çoğu üç temel adımdan oluşmaktadır. Bunlar;

- Katı atıkların işlenmesi
- Organik fraksiyonunun ayrıştırılması
- Nihai kompost ürününün hazırlanması ve pazarlanmasıdır (Hamoda vd, 1998).

Organik bir madde kaynağı olan kompost; toprak koşullarını iyileştirebilir, bitki büyümesine katkı sağlayabilir, erozyon ve kaynak dışı kirlilik potansiyelini azaltabilmektedir. Kompostun uygun şekilde üretilmesi durumunda toprağa humus sağlanmaktadır (Epstein, 2017).

2.6.2.2. Biyometanizasyon

Biyometanizasyon, ayrıştırılarak depolanan organik katı atıklar kullanılarak kontrollü bir ortamda biyogaz üretiminin gerçekleştiği bir işlemdir. Bu işlem sonucunda metan gazı bakımından zengin, renksiz, kokusuz ve parlak mavi bir alevle yanan bir gaz olan biyogaz üretilmektedir (Avcı, 2016).

Biyogaz üretiminin; elektrik ve ısı enerjisinin geri kazanılması, atıkların stabilize edilmesi, atıkların neden olduğu koku ve patojenin azaltılması, sera gazlarının azaltılması, fosil yakıtların kullanımının azaltılması gibi avantajları bulunmaktadır (Sayın ve Erdoğan, 2011). Bu sayede katı atıkların biyometanizasyon işlemi, hem ekomonik hem çevresel açıdan birçok avantajı bulunan bir bertaraf yöntemidir (Yıldız vd, 2009).

2.6.2.3. Biyoetanol/Biyodizel

Kaynağından ayrılmış olan biyobozunur kentsel atıkların kontrollü bir şekilde etanol ve dizel yakıtı dönüşürülmesi işlemidir. Etanol; şekerkamışı, pancar gibi bitkilerden üretilirken, ayçiçeği, kanola gibi bitkilerden üretilenlere dizel adı verilmektedir (Arıkan, 2013).

Etanol ile biyoetanol ve dizel ile biyodizel oldukça benzerken kaynakları ve üretim yöntemleri nedeniyle birbirinden farklı adlandırılmaktadır. Etanol ve dizel fosil kaynaklardan elde edilirken, biyoetanol ve biyodizel biyolojik kaynaklardan elde edilmektedir (Kapusuz, 2019).

Başta petrol, doğal gaz ve kömür olmak üzere fosil yakıtlar dünya çapında ana enerji kaynağı olarak görülmektedir. Yenilenemez niteliği sahip olan ve artan enerji tüketimi nedeniyle yakın gelecekte tükeneceği tahmin edilen bu yakıtlara alternatif olarak biyodizel yakıtlar gösterilmektedir (Gui vd, 2008).

Bitkisel ve hayvansal yağlara benzer kaynaklardan elde edilebilen alternatif bir dizel yakıtı olan biyodizel, bu yağların bir alkol ve katalizör ile reaksiyona girmesiyle üretilmektedir. Üretilen biyodizel yakıtlar fiziksel ve kimyasal özellik bakımından petrol kökenli dizel yakıtlarla benzerlik göstermektedir (Alptekin, 2013).

Biyometanol, tüm dünyada çok çeşitli potansiyel hammaddelelerden üretilir (Li ve Ge, 2016). Biyometanol üretiminde karşılaşılan en temel sorun gerekli hammaddeyi temin etmektir. Uygun hammaddenin seçilmesi ve hammaddenin etkili bir şekilde etanole dönüştürülmesinde kullanılan teknoloji, artan etanol talebini karşılayabilmek açısından oldukça önemlidir (Kapusuz, 2019).

2.6.2.4. Biyokurutma

Bir aerobik ayrıştırma çeşidi olan biyokurutma, mekanik-biyolojik arıtma (MBA) tesislerinde katı atığı kurutmak ve kısmen stabilize etmek için kullanılmaktadır. Biyokurutma tepkimelerinde atıklar, hava konveksiyonu ile kurutulmaktadır. Bunun için gerekli ısı kolayca ayrışabilen atık fraksiyonunun ekzotermik ayrışmasıyla sağlanır (Velis vd, 2009).

Biyokurutma tesislerinde biyobozunur atıkların aerobik çürüme esnasında açığa çıkardığı ısıdan faydalanarak kurutulması işlemi gerçekleştirilmektedir (Çetin, 2020).

Biyokurutma sürecinin kompostlaştırmadan farkını şu şekilde ifade etmek mümkündür; kompostlaştırma sürecinin sonunda çıktı olarak stabilize organik maddeye ulaşılırken, biyokurutma sonrası elde edilen çıktı kısmen stabilize edilmiştir (Tom vd, 2016).

2.6.3. Termal Sistemler

Temel amacı atık miktarı ve hacminin azaltılması olan termal bertaraf yöntemleri, atıkların yüksek sıcaklık sonucunda enerji ve diğer yan ürünlere dönüştürülmesi işlemi olarak adlandırılmaktadır. Termal bertaraf yöntemleri yakma, piroliz ve gazifikasyon olmak üzere üç ana başlık altında incelenmektedir (Saltabaş vd, 2009).

2.6.3.1. Yakma

Yakma süreci maddelerin hızlı oksidasyonundan kaynaklanan bir süreç olarak tanımlanmaktadır. Tıbbi, tehlikeli atıklar; belediye atıkları ve çöp sahası temizliğinden ortaya çıkan kalıntılar dâhil olmak üzere birçok atık türü için en yüksek bertaraf ve kontrol derecesine sahip olduğu birleşik devletler çevre koruma ajansı (EPA) tarafından açıklanmıştır (Lee ve Huffman, 1989).

Katı atıklar; hacim azaltma, patojen giderme ve enerji üretme amacı ile yakılmaktadır. Yakma yönteminin en büyük avantajlarından biri atıkların ağırlığını %75, hacmini ise %90 oranında azaltmasıdır. Yakma işlemi sonrasında açığa çıkan baca gazı emisyonlarının hava kirliliğine neden olması ise yöntemin dezavantajı olarak görülmektedir (Akpınar vd, 2006). Hacim bakımından yakma işleminin başlıca ürünleri karbondioksit, su ve kül iken, çevresel etkileri nedeniyle endişe verici ürünler olarak görülen kükürt, azot ve halojen içeren bileşikler de ortaya çıkmaktadır (Misra ve Pandey, 2005).

2.6.3.2. Piroliz

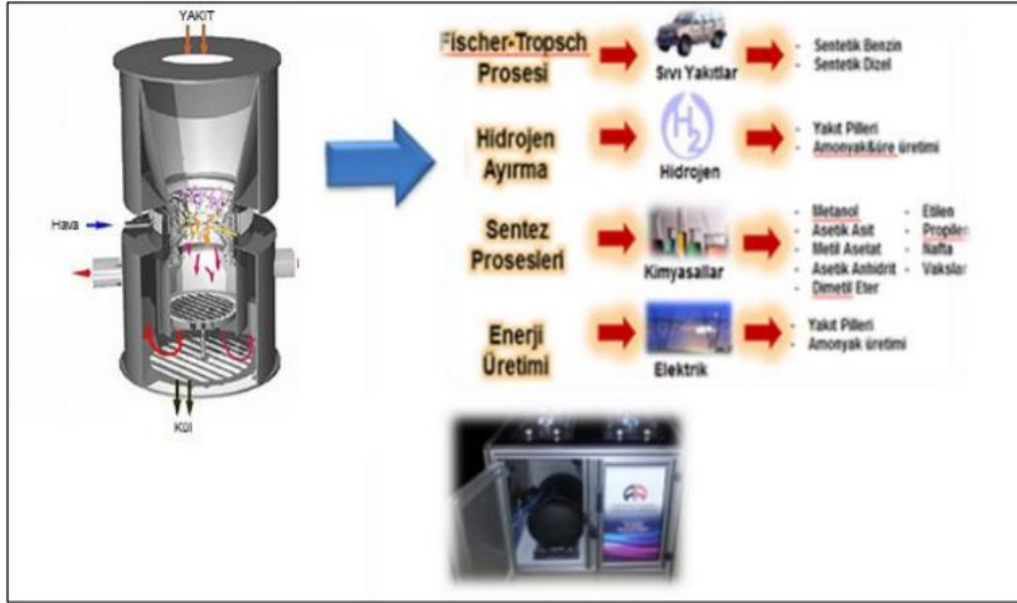
Piroliz, oksijenin olmadığı durumlarda ısı ile gerçekleştirilen termal bir işlemdir. Piroliz, doğal gaza uygun bir alternatif olarak görülen karbonlu maddeleri gaz yakıtlara dönüştürmektedir. Bu süreç, bir yakma işlemi olarak devamlı ve kesintisiz olarak beslenerek kömür, biyo-yağ ve gaz üretebilmektedir (Shahnazari vd, 2020).

Piroliz yöntemi son zamanlarda, küresel enerji talebi ve değişken yakıt piyasası karşısında sağladığı birçok operasyonel ve çevresel avantajının olması nedeniyle ilgi görmektedir. Piroliz ürünleri genel olarak katran (benzene kıyasla molekül ağırlığı daha yüksek olan aromatik hidrokarbonların bir karışımı), gazlar ve kömür olarak sınıflandırılmaktadır (Al-Salem vd, 2017).

2.6.3.3. Gazifikasyon

Gazifikasyon, herhangi bir yanma olmadan organik veya fosil yakıt bazlı bir hidrokarbon malzemesini sınırlı miktarda oksijen kaynağı ile 700 santigrat dereceden daha yüksek bir sıcaklıkta karbon monoksit, hidrojen ve karbon dioksit'e dönüştüren bir süreçtir (Pandey vd, 2016). Gazifikasyon ve piroliz işlemleri benzer işlemler olmakla birlikte aralarındaki temel fark; pirolizin oksijen yokluğunda, gazifikasyonun ise oksijenin bulunduğu durumlarda gerçekleşmesidir (Figueroa vd, 2013).

Gazifikasyon; kömür, petrokok, biyokütle, çamur, evsel katı atık gibi içerisinde karbon barındıran malzemeleri daha sonra elektrik enerjisi, kimyasallar, gübreler, ikame doğal gaz, hidrojen, buhar ve ulaşım yakıtları gibi değerli ürünler üretmek için kullanılabilir sentez gazına dönüştürebilen termal bir işlemdir (Moustakas ve Loizidou, 2010). Şekil 2.5’de gazifikasyon işlemi ve bu sürece bağlı enerji dönüşüm yöntemleri verilmiştir.



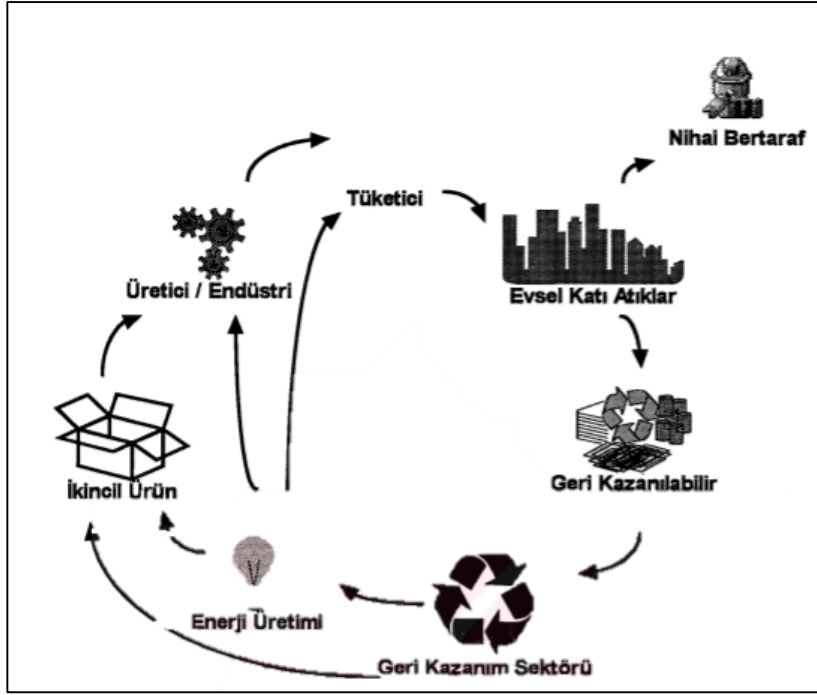
Şekil 2.5. Gazlaştırma prosesi ve ürünleri (Avcı, 2016)

2.6.4. Geri Kazanım/Geri dönüşüm

Geri kazanım, atıklardan arıtmalar vasıtasıyla elde edilen enerjiyi ifade ederken geri dönüşüm, atık malzemelerin yeniden kullanılabilirlik kazanmak için işlenmesini kapsamaktadır (Ekmekçioğlu vd, 2010).

Kâğıt, cam, plastik, demir, çelik gibi atıklar geri dönüşüme uygun maddeler arasındadır. Örneğin, organik atıklardan anaerobik fermantasyon yoluyla biyogaz üretilir. Anaerobik fermantasyon sonrasında aerobik fermantasyona tabii tutulan organik atıklar yüksek kaliteli gübreye dönüştürülebilmektedir. Atık kâğıtlar ise kâğıt veya karton üretimi için hammadde olarak değerlendirilmektedir (Mi vd, 2010).

Plastik, cam, kâğıt ve metalin geri kazanımı ise çoğunlukla hurda satıcıları ve çöp toplayıcıları tarafından gerçekleştirilmektedir (Metin vd, 2003). Geri kazanım sistemi genel olarak Şekil 2.6’da gösterildiği gibidir.



Şekil 2.6. Katı atık geri kazanımının genel diyagramı (Yüceil, 1997)

Dünya Bankasına göre bir birey ortalama olarak günde yaklaşık 0.74 kg atık ayak izi üretmektedir. Katı atıkların toplanmasının ardından yaklaşık olarak %70'i çöplüklere giderken, %19'u geri dönüştürülmekte ve %11'i enerji geri kazanımı için kullanılmaktadır (Nanda ve Berruti, 2021). Bazı katı atıkların geri kazanımı ile elde edilen kazançlar Tablo 2.3' de gösterilmektedir.

Tablo 2. 3 Bazı katı atıkların geri kazanımı ile sağlanan faydalar (Pile ve Demir, 2019)

1 Ton Plastik	1 Ton Metal	1 Ton Kâğıt	1 Ton Cam
41 kg daha az sera gazı salınımı	95 kg daha az sera gazı salınımı	177 kg daha az sera gazı salınımı	30 kg daha az sera gazı salınımı
5774 Kwh enerji tasarrufu	642 Kwh enerji tasarrufu	4100 Kwh enerji tasarrufu	42 Kwh enerji tasarrufu
23 m ³ depolama alanı tasarrufu	3 m ³ depolama alanı tasarrufu	2.5 m ³ depolama alanı tasarrufu	1.5 m ³ depolama alanı tasarrufu
16.3 varil petrolden tasarruf	1.8 varil petrolden tasarruf	28 m ³ su tasarrufu	0.12 varil petrolden tasarruf
		17 ağacın kesilmesinin önlenmesi	%30 hammadde tasarrufu

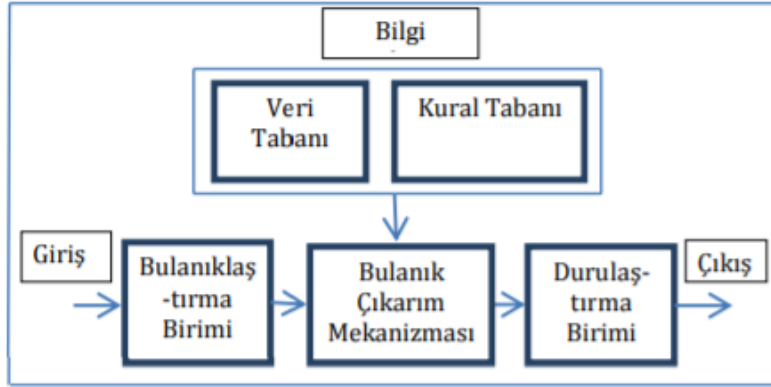
3. BULANIK MANTIK VE BULANIK KÜMELER

3.1. Bulanık Mantık

Bulanık mantık, altmışların sonlarından beri kullanılan bir terimdir. Bulanık mantık ilk olarak ikiden fazla doğruluk değerine sahip olan herhangi bir mantık anlamına gelmekteydi. Ardından L.A. Zadeh tarafından yaklaşık akıl yürütme teorisi ve dilbilimsel mantık teorisi olmak üzere iki anlam daha kazandırılmıştır (Novák vd, 2012).

Bulanık küme teorisinin belirsiz verileri temsil etme yeteneği, yöntemin avantajlı kılınmasının başlıca nedenlerindedir. Ayrıca bu teori sayesinde matematiksel operatörlerin ve programlamanın bulanık alana uygulanmasına olanak sağlanmaktadır (Kahraman vd, 2004).

Bulanık mantık sistemi; giriş, veri tabanı, bulanıklaştırma birimi, bulanık çıkarım mekanizması, kural tabanı, durulaştırma birimi ve çıkış bölümlerinden meydana gelmektedir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Bulanık mantık sistemi (Jang vd, 1997)

Gün içinde karşılaşılan olaylar, kesin bir karar verememiş veya belirsizlik durumlarında karmaşık bir hale gelmektedir (Şen, 2004). İnsanlar; araba park etmek, yemek pişirmek, trafikte araba kullanmak gibi birçok ölçümün ve hesaplamanın olmadığı fiziksel ve zihinsel faaliyetleri gerçekleştirme yeteneğine sahiptirler. Bu tür eylemler için nesnelere zaman, yön, hız, olasılık ve diğer niteliklerine ilişkin algılarını kullanmaktadırlar (Zadeh, 2001). Bulanık mantık, insanların kesin olmayan durumları ifade etme biçimi ile örtüşen bir mantık sistemidir. Bu mantık sistemi sayesinde; soğuk-sıcak, yüksek-alçak gibi ikili değişkenler yerine biraz soğuk-biraz sıcak, biraz yüksek-biraz alçak gibi esnek ifadeler kullanılarak gerçek dünyaya yakınlık artırılmaktadır (Ertuğrul, 2006).

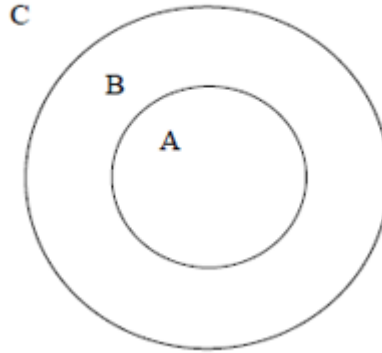
3.2. Bulanık Kümeler

Yapay zeka; tıp, karar teorisi, yöneylem araştırması, mantık, bilgisayar bilimi, uzman sistemler, robotik gibi uygulama alanları bulunan bulanık küme teorisi, 1965'in başlangıcından beri çeşitli şekillerde ve birçok disiplinde gelişmektedir (Zimmermann, 2010).

Günlük yaşamda kesinlik yaklaşımıyla sonuca varamadığımız, birçok belirsizlik durumu bulunmaktadır. Bulanık kümeler, bu gibi durumlarda kullanılmaktadır (Ecer, 2007).

Klasik kümeler, tek bir üyelik fonksiyonu ile nitelenebilirken, bulanık kümeler, teorik olarak sınırsız sayıda üyelik fonksiyonu ile nitelenebilmektedir. Bu durum, klasik kümeler ve bulanık kümeler arasındaki en temel farkı ortaya koymaktadır. Bulanık kümelerde en önemli olan şey, uygulama ile uyumlu ve doğru bir üyelik fonksiyonunun bulunmasıdır. Bu nedenle üyelik fonksiyonu belirlendikten sonra bulanık küme teorisinde bulanık olan bir şey kalmadığı düşünülmektedir (Şen ve Cenkçi, 2009).

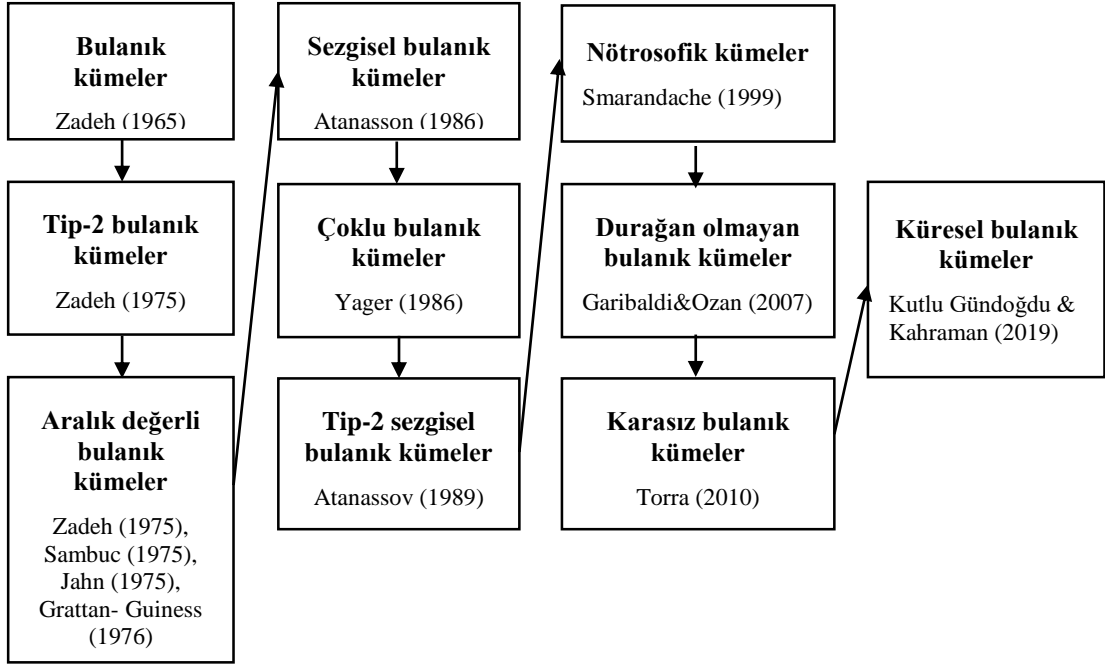
Üyelik derecesi 0 ile 1 arasında bir değerdir. Burada 0 kesin olarak kümenin dışında, 1 ise kesin olarak kümenin içinde bir elemanı ifade eder. Bulanık kümelerde kümenin sınırları belirli değildir. Örneğin Şekil 3.2' de A elemanının üyelik derecesi 1, B elemanının $[0,1]$, ve C elemanının 0'dır.



Şekil 3.2. Bulanık küme (Yanar, 2011)

Kesin olan değerler; üyedir veya üye değildir kararı verirken, bulanık değerler üyelik derecesi ile belirlenmektedir. Bulanık kümeler (Zadeh,1965) kesin olmayan yargıları ifade etmekte çok daha başarılı olmuştur. Ardından belirsizlik derecesi olarak adlandırılan ek derecelendirme bilgisi içeren sezgisel bulanık kümeler (Atanassov, 1999) ortaya atılmıştır. Bir dizide tekrarlanan elemanlara izin veren bulanık çoklu

kümeler, üyelik fonksiyonu ile ilgili belirsizlikleri olan kümeleri bünyesinde barındıran Tip-2 bulanık kümeler (Karnik vd., 1999) ve kararsız bulanık kümeler (Torra, 2010) geliştirilmiştir (Adar ve Kılıç Delice, 2018).

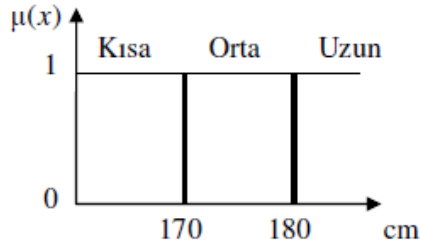


Şekil 3.3. Bulanık kümelerin uzantıları (Adar ve Kılıç Delice, 2018)

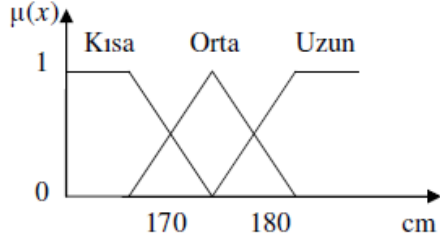
3.2.1. Üyelik Fonksiyonları

Girdi uzayında bulunan her bir noktanın 0 ile 1 arasında üyelik derecesine nasıl eşlendiğini ifade eden eğri, üyelik fonksiyonu olarak tanımlanmaktadır. Bulanık kümeyi temsil eden üyelik fonksiyonları μ_A ile gösterilmektedir. X'in bulanık kümeye üyelik derecesi $\mu_A(x)$ şeklinde ifade edilmektedir. Burada x'in bulanık bir kümeye üye olmaması 0 değeri, üye olması ise 1 değeri ile gösterilir. 0 ile 1 arasındaki değerler ise kısmi üyeliği ifade etmektedir (Ali vd, 2015).

Bulanık kümeler, klasik kümelerin genişletilmiş hali olarak düşünülmektedir. Bu nedenle üyelik fonksiyonları da karakteristik fonksiyonların genişletilmiş halidir. Bu durum bir örnek yardımıyla Şekil 3.4 ve Şekil 3.5'deki gibi karşılaştırılabilir.



Şekil 3.4. Boy sözel değişkeni için klasik kümede karakteristik fonksiyon (Karakaoğlu, 2008)



Şekil 3.5. Boy sözel değişkeni için bulanık kümede üyelik fonksiyonu (Karakaoğlu, 2008)

Boyları A:179 cm, B:171 cm ve C:168 cm olan üç kişinin boyları klasik küme ile tanımlandığında tablo 3.1'deki sonuçlara ulaşılmaktadır. Buna göre A ve B orta boy, C ise kısa boy kümesine aittir. Bu durumda aralarındaki boy farkı 3 cm olan B ile C farklı grupta yer alırken, A ve B arasındaki boy farkı 8 cm olmasına rağmen aynı gruptadırlar (Karakaoğlu, 2008).

Tablo 3.1. Boy sözel değişkeni için klasik kümenin karakteristik fonksiyonu (Karakaoğlu, 2008)

	Boy	Kısa	Orta	Uzun
A	179 cm	0	1	0
B	171 cm	0	1	0
C	168 cm	1	0	0

Bulanık kümelerde ise üyelik fonksiyonu için Şekil 3.5 dikkate alındığında A, B ve C'nin üyelik değerleri Tablo 3.2' deki gibi elde edilir.

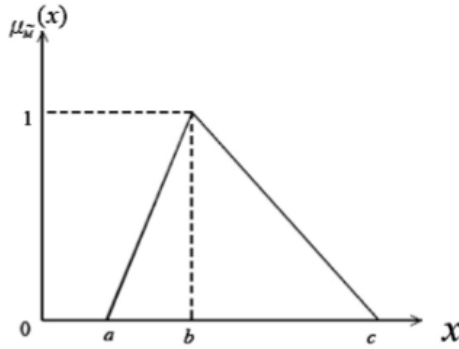
Tablo 3.2. A, B, C'nin üyelik değeri (Karakaoğlu, 2008)

	Boy	Kısa	Orta	Uzun
A	179 cm	0	0,4	0,6
B	171 cm	0,4	0,6	0
C	168 cm	0,7	0,3	0

Tablo 3.2'ye göre A, orta boylular kümesine 0.4 üyelik derecesi, uzun boylular kümesine ise 0.6 üyelik derecesi ile aittir. B, kısa boylular kümesine 0.4, orta boylular kümesine 0.6 üyelik derecesi ile, C ise kısa boylular kümesine 0.7, orta boylular kümesine 0.3 üyelik derecesi ile aittir (Karakaşoğlu, 2008).

3.2.1.1. Üçgensel Üyelik Fonksiyonu

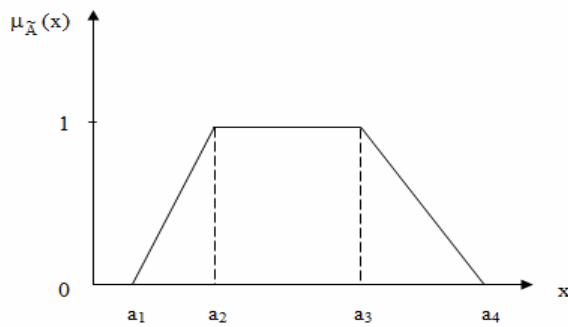
Üçgensel bulanık sayılar, yamuk bulanık sayıların özel bir hali olup yapılan uygulamalarda oldukça popülerdir. Üçgensel üyelik fonksiyonu elemanları $M=(a,b,c)$ şeklinde tanımlanan fonksiyonlardır. Burada a değeri alt sınırı, b değeri en olası değeri, c değeri ise üst sınırı belirtmektedir. Üçgensel üyelik fonksiyonunun grafiği Şekil 3.6' da gösterilmektedir.



Şekil 3.6. Bulanık kümelerde üçgensel (triangular) üyelik fonksiyonu grafiği (Lee vd, 2008)

3.2.1.2. Yamuk Üyelik Fonksiyonu

Yamuk üyelik fonksiyonu, (a_1, a_2, a_3, a_4) gibi dört parametre ile tanımlanmaktadır. Yamuk üyelik fonksiyonlarının $a_2 = a_3 = a$ ve $a_1 < a < a_3$ olduğu durumlarda üçgen üyelik fonksiyonlarına dönüşmektedir. Yamuk üyelik fonksiyonları Şekil 3.7'de gösterilmektedir.



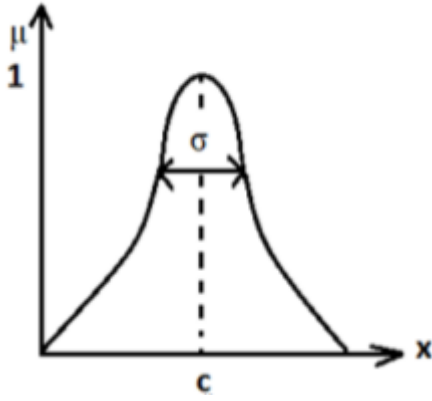
Şekil 3.7. Şekil yamuk üyelik fonksiyonları (Başkaya ve Öztürk, 2011)

Üçgensel üyelik fonksiyonları ve yamuk üyelik fonksiyonları bilgi işlemedeki etkinliklerinin yanı sıra basit formülleri açısından da çok sık kullanılmaktadır (Yen ve Langari, 1999).

3.2.1.3. Gauss Üyelik Fonksiyonu

Gauss üyelik fonksiyonu; üstel ifadelerle sahip, iki parametre ve bir değişkene bağlı olan bir üyelik fonksiyonudur. Üstel ifadelerle sahip olması nedeniyle donanımsal gerçeklemleri diğer fonksiyon türlerine göre daha zordur.

Şekil 3.8’de Gauss üyelik fonksiyonunun gösterimi verilmiştir. Burada “x” değişkeni, “c” ve “σ” parametreleri ifade etmektedir. Üçgen ve yamuk üyelik fonksiyonlarında bulanıklaştırma hızı doğrusalken; gauss üyelik fonksiyonunda c değerine yakın değerlerde bulanıklaştırma hızlı bir değişim, uzak değerlerde ise yavaş bir değişim göstermektedir (Katırcıoğlu vd, 2018).



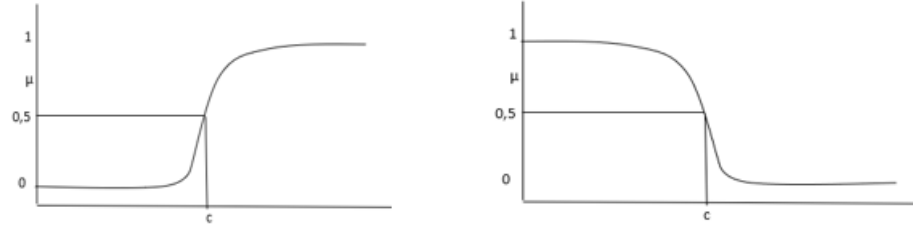
Şekil 3.8. Gauss üyelik fonksiyonu (Katırcıoğlu vd, 2018)

3.2.1.4. Sigmoidal Üyelik Fonksiyonu

Sigmoidal üyelik fonksiyonu genellikle Şekil 3.9’deki gibi sağa ve sola eğimli olabilir. Sigmoidal üyelik fonksiyonunun genel ifadesi denklem (3.1)’deki gibidir.

$$f(x; a, c) = \frac{1}{1 + e^{-a(x-c)}} \quad (3.1)$$

Burada c değeri başlangıçtan uzaklığı ifade ederken, a değeri fonksiyonun dikliğini belirler. A pozitif ise üyelik fonksiyonu sağa, negatif ise sola doğru eğimlidir. Sağa eğim “çok büyük pozitif” kavramını temsil ederken, sola eğim dilsel anlamda “çok büyük negatif” temsil eder (Zhao ve Bose, 2002).



Şekil 3.9. Sigmoidal sol ve sağ üyelik fonksiyonu (Zhao ve Bose, 2002)

3.2.2. Sezgisel Bulanık Küme Teorisi

Bulanık küme teorisi; keskin sınırlara sahip olan küme teorisinin, sınırlardan yoksun hali olarak genelleşmiş halidir (Chen vd, 2010). Sezgisel bulanık kümeler, temel olarak belirsizliği ele almayı amaçlar ve bulanık kümelerin bir uzantısı olarak tanımlanır (Deepika ve Kannan, 2016).

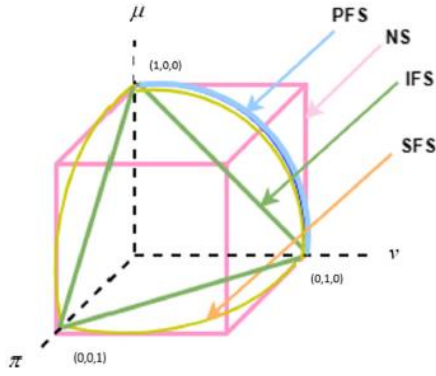
Bulanık bir A kümesindeki bir elemanın kümeye ait olma derecesi μ_A ise ait olmama derecesi $1-\mu_A$ olmaktadır. Dolayısıyla bir elemanın bir kümeye ait olma ve ait olmama dereceleri toplamı 1'e eşittir. Ancak gerçek hayatta karşılaşılan belirsizlikleri tam olarak yansıtamaması nedeniyle her zaman etkin olmadığı görülmektedir (Çınar ve Uygun, 2019). Üye olma derecesi, üye olmama derecesi ve tereddütlik derecesine yönelik daha kapsamlı bir değerlendirmede bulunduğundan sezgisel bulanık kümeler, bulanık kümelere göre daha faydalı olmaktadır (Zhang vd, 2011).

Sezgisel bulanık küme (IFS) teorisinde ait olma ve ait olmama derecelerinin dışında tereddütlik indeksi (π_A) kavramından bahsedilmektedir. Tereddütlik indeksi, bir x elemanının A kümesine aitlik durumunun tereddütlik düzeyini belirtmektedir. Tereddütlik derecesi belirli bir konuda, bir uzmanın kararsızlığını ya da konu hakkındaki bilgi eksikliğini yansıtmaktadır (Atlas ve Bayazıt Bedirhanoglu, 2018).

3.2.3. Küresel Bulanık Kümeler

Kutlu Gündoğdu ve Kahraman tarafından tanımlanan Küresel Bulanık Küme (SFS), özellikle uzman görüşlerinin sayılaşdırılması sırasında belirsizliği ele almak için Sezgisel Bulanık Küme (IFS), Pisagor Bulanık Küme (PFS) ve Nötrosifik Kümenin (NS) genişletilmesi olarak ortaya çıkan üç boyutlu bulanık kümelerdir (Kutlu Gündoğdu ve Kahraman, 2019). SFS, karar verme sürecini insan görüşlerine daha eşdeğer hale getirir. Bu sayede SFS' nin kullanılması karar verme sürecinde alternatiflerin daha yüksek doğrulukta değerlendirilmesini sağlar (Mathew vd, 2020).

IFS, PFS, NS ve SFS'nin geometrik gösterimi Şekil 3.10' daki gibidir.



Şekil 3.10. IFS, PFS, NS ve SFS'nin geometrik gösterimi (Gündoğdu ve Kahraman, 2020)

SFS'nin arkasındaki fikir, karar vericilerin küresel bir yüzey üzerinde bir üyelik fonksiyonu tanımlayarak bulanık kümelerin diğer uzantılarını genelleştirmelerine ve bu üyelik fonksiyonunun parametrelerini daha geniş bir alanda bağımsız olarak belirlemelerine izin vermektir (Gündoğdu ve Kahraman, 2020).

SFS'lerin tanımı ve SFS'lerdeki bir takım matematiksel işlemler aşağıda verilmiştir (Kutlu Gündoğdu, 2019).

$$\tilde{A}_S = \{ \{u, (\mu_{\tilde{A}_S}(u), \nu_{\tilde{A}_S}(u), \pi_{\tilde{A}_S}(u)) \mid u \in U \} \quad (3.2)$$

burada,

$$\mu_{\tilde{A}_S}(u): U \rightarrow [0,1], \nu_{\tilde{A}_S}(u): U \rightarrow [0,1],$$

$$\pi_{\tilde{A}_S}(u): U \rightarrow [0,1]$$

ve

$$0 \leq \mu_{\tilde{A}_S}^2(u) + \nu_{\tilde{A}_S}^2(u) + \pi_{\tilde{A}_S}^2(u) \leq 1 \quad \forall u \in U \quad (3.3)$$

Burada $\mu_{\tilde{A}_S}(u)$, $\nu_{\tilde{A}_S}(u)$ ve $\pi_{\tilde{A}_S}(u)$ her bir u için sırasıyla u 'nun A 'ya üye olma, üye olmama ve tereddütölük derecesini ifade etmektedir.

SFS'lerinin temel operatörleri aşağıdaki gibidir (Kutlu Gündoğdu, 2019).

Birleştirme

$$\tilde{A}_S \cup \tilde{B}_S = \left\{ \begin{array}{l} \max\{\mu_{\tilde{A}_S}, \mu_{\tilde{B}_S}\}, \min\{\nu_{\tilde{A}_S}, \nu_{\tilde{B}_S}\}, \\ \min\left\{ \left(1 - \left((\max\{\mu_{\tilde{A}_S}, \mu_{\tilde{B}_S}\})^2 + (\min\{\nu_{\tilde{A}_S}, \nu_{\tilde{B}_S}\})^2 \right) \right)^{\frac{1}{2}}, \max\{\pi_{\tilde{A}_S}, \pi_{\tilde{B}_S}\} \right\} \end{array} \right\} \quad (3.4)$$

Kesiştirme

$$\tilde{A}_S \cap \tilde{B}_S = \left\{ \begin{array}{l} \min\{\mu_{\tilde{A}_S}, \mu_{\tilde{B}_S}\}, \max\{v_{\tilde{A}_S}, v_{\tilde{B}_S}\}, \\ \max\left\{\left(1 - \left((\min\{\mu_{\tilde{A}_S}, \mu_{\tilde{B}_S}\})^2 + (\max\{v_{\tilde{A}_S}, v_{\tilde{B}_S}\})^2\right)\right)^{1/2}, \min\{\pi_{\tilde{A}_S}, \pi_{\tilde{B}_S}\}\right\} \end{array} \right\} \quad (3.5)$$

Toplama

$$\tilde{A}_S \oplus \tilde{B}_S = \left\{ \begin{array}{l} (\mu_{\tilde{A}_S}^2 + \mu_{\tilde{B}_S}^2 - \mu_{\tilde{A}_S}^2 \mu_{\tilde{B}_S}^2)^{1/2}, v_{\tilde{A}_S} v_{\tilde{B}_S}, \\ \left(\left((1 - \mu_{\tilde{B}_S}^2)\pi_{\tilde{A}_S}^2 + (1 - \mu_{\tilde{A}_S}^2)\pi_{\tilde{B}_S}^2 - \pi_{\tilde{A}_S}^2 \pi_{\tilde{B}_S}^2\right)^{1/2}\right) \end{array} \right\} \quad (3.6)$$

Çarpma

$$\tilde{A}_S \otimes \tilde{B}_S = \left\{ \begin{array}{l} \mu_{\tilde{A}_S} \mu_{\tilde{B}_S}, (v_{\tilde{A}_S}^2 + v_{\tilde{B}_S}^2 - v_{\tilde{A}_S}^2 v_{\tilde{B}_S}^2)^{1/2}, \\ \left(\left((1 - v_{\tilde{B}_S}^2)\pi_{\tilde{A}_S}^2 + (1 - v_{\tilde{A}_S}^2)\pi_{\tilde{B}_S}^2 - \pi_{\tilde{A}_S}^2 \pi_{\tilde{B}_S}^2\right)^{1/2}\right) \end{array} \right\} \quad (3.7)$$

Bir küresel bulanık sayının sabit bir λ sayısı ile çarpımı ($\lambda > 0$)

$$\lambda. \tilde{A}_S = \left\{ \begin{array}{l} \left(1 - (1 - \mu_{\tilde{A}_S}^2)^\lambda\right)^{1/2}, v_{\tilde{A}_S}^\lambda, \\ \left(\left((1 - \mu_{\tilde{A}_S}^2)^\lambda - (1 - \mu_{\tilde{A}_S}^2 - \pi_{\tilde{A}_S}^2)^\lambda\right)^{1/2}\right) \end{array} \right\} \quad (3.8)$$

Bir küresel bulanık sayının kuvveti ($\lambda > 0$)

$$\tilde{A}_S^\lambda = \left\{ \begin{array}{l} \mu_{\tilde{A}_S}^\lambda, \left(1 - (1 - v_{\tilde{A}_S}^2)^\lambda\right)^{\frac{1}{2}}, \\ \left(\left((1 - v_{\tilde{A}_S}^2)^\lambda - (1 - v_{\tilde{A}_S}^2 - \pi_{\tilde{A}_S}^2)^\lambda\right)^{\frac{1}{2}}\right) \end{array} \right\} \quad (3.9)$$

Denklem (3.10)' da küresel ağırlıklandırılmış aritmetik ortalama (SWAM) operatörü tanımlanmaktadır (Kutlu Gündoğdu ve Kahraman, 2019).

$$SWAM_w(\tilde{A}_{S1}, \tilde{A}_{S2}, \dots, \tilde{A}_{Sn}) = w_1 \tilde{A}_{S1} + w_2 \tilde{A}_{S2} + \dots + w_n \tilde{A}_{Sn}$$

$$= \left\{ \begin{array}{l} \left[1 - \prod_{i=1}^n (1 - \mu_{\tilde{A}_{S_i}}^2)^{w_i} \right]^{1/2}, \prod_{i=1}^n v_{\tilde{A}_{S_i}}^{w_i}, \\ \left[\prod_{i=1}^n (1 - \mu_{\tilde{A}_{S_i}}^2)^{w_i} - \prod_{i=1}^n (1 - \mu_{\tilde{A}_{S_i}}^2 - \pi_{\tilde{A}_{S_i}}^2)^{w_i} \right]^{1/2} \end{array} \right\} \quad (3.10)$$

burada, $w = (w_1, w_2, \dots, w_n); w_i \in [0,1]; \sum_{i=1}^n w_i = 1$.

Denklem (3.11)' de küresel ağırlıklandırılmış geometrik ortalama (SWGGM) operatörü tanımlanmaktadır (Kutlu Gündoğdu ve Kahraman, 2019).

$$\begin{aligned} SWGGM_w(\tilde{A}_{S_1}, \tilde{A}_{S_2}, \dots, \tilde{A}_{S_n}) &= \tilde{A}_{S_1}^{w_1} + \tilde{A}_{S_2}^{w_2} \dots + \tilde{A}_{S_n}^{w_n} \\ &= \left\{ \begin{array}{l} \prod_{i=1}^n \mu_{\tilde{A}_{S_i}}^{w_i}, \left[1 - \prod_{i=1}^n (1 - v_{\tilde{A}_{S_i}}^2)^{w_i} \right]^{1/2}, \\ \left[\prod_{i=1}^n (1 - v_{\tilde{A}_{S_i}}^2)^{w_i} - \prod_{i=1}^n (1 - v_{\tilde{A}_{S_i}}^2 - \pi_{\tilde{A}_{S_i}}^2)^{w_i} \right]^{1/2} \end{array} \right\} \end{aligned} \quad (3.11)$$

burada;

$$w = (w_1, w_2, \dots, w_n); w_i \in [0,1]; \sum_{i=1}^n w_i = 1.$$

Küresel bulanık kümelerin sıralanması amacıyla kullanılan skor fonksiyonu ve doğruluk fonksiyonu sırasıyla denklem(3.12) ve denklem (3.13)'de tanımlanmaktadır (Kutlu Gündoğdu ve Kahraman, 2019).

$$Skor(\tilde{A}_S) = (\mu_{\tilde{A}_S} - \pi_{\tilde{A}_S})^2 - (v_{\tilde{A}_S} - \pi_{\tilde{A}_S})^2 \quad (3.12)$$

$$Doğruluk(\tilde{A}_S) = \mu_{\tilde{A}_S}^2 + v_{\tilde{A}_S}^2 + \pi_{\tilde{A}_S}^2 \quad (3.13)$$

Bu denklemlerde $\tilde{A}_S < \tilde{B}_S$ olması durumu aşağıda belirtilen durumların oluşması durumunda gerçekleşmektedir.

- $Skor(\tilde{A}_S) < Skor(\tilde{B}_S)$ yada
- $Skor(\tilde{A}_S) = Skor(\tilde{B}_S)$ ve $Doğruluk(\tilde{A}_S) < Doğruluk(\tilde{B}_S)$.

4. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME

4.1. Karar Verme

İnsan olmak, karar verici olmayı gerektirmektedir. Hayatta kalmak ve belirli bir yaşam kalitesi sağlamak için karar vermek esastır. Bugün karar vermek için çok kriterli karar toplulukları, karar verme yardımcıları, psikolojik karar verme grupları ve çeşitli yazılımlar çoğalmış durumdadır (Saaty, 1996).

Karar vericinin bir karar vermesi gerektiği durumda kişinin psikolojik durumu, çevresel etkiler, ekonomik durum, teknoloji, kişisel ihtiyaçlar, kaynaklar gibi pek çok etken, verilecek olan kararı etkilemektedir. Rekabet ortamının ve sosyal yaşamın değişmesi, hızla gelişen teknolojiye ayak uydurmanın zorluğu ve karar vermenin bilimselleşmesinin bir sonucu olarak birçok amaç için birçok kişiyle karar verilmesi gerekmektedir (Artuç, 2001).

Bir problemin karar problemi olarak adlandırılabilmesi için aşağıdaki üç şartı birlikte sağlaması gerekmektedir:

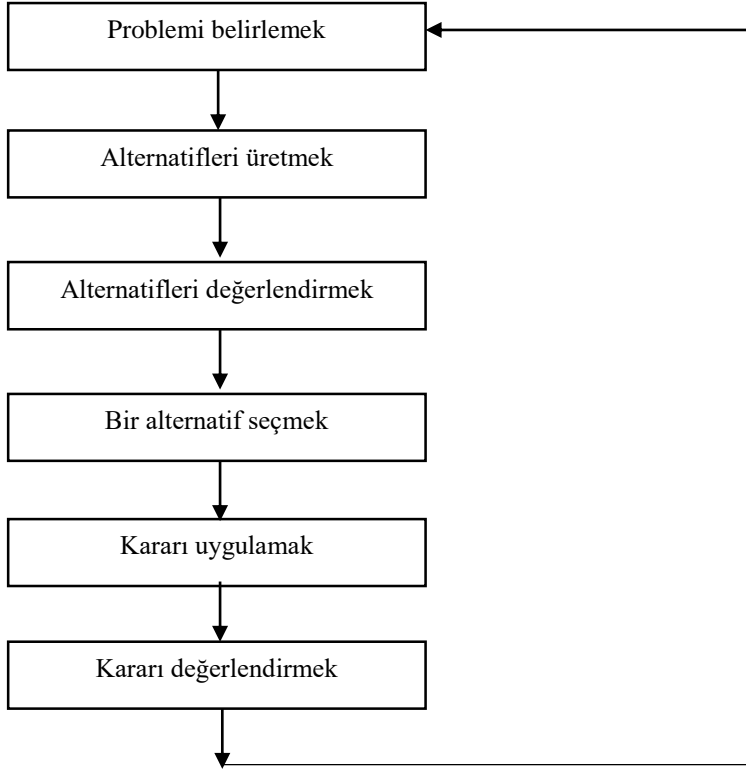
- Birden fazla alternatifin bulunması
- Her bir alternatifin ortaya farklı sonuçlar çıkarması
- Ulaşılmak istenen birtakım amacın benimsenmesi (Tekeş, 2015).

4.1.1. Karar Verme Süreci

Karar verme işleminde iki farklı yaklaşımdan faydalanılabilir. Bunlardan ilki, problemlerin tanımlanarak analiz edildiği, farklı çözüm yollarının belirlendiği ve belirli bir kritere göre alternatif çözümlerden birinin seçilip uygulandığı kantitatif yaklaşımdır. İkinci yaklaşımda ise karar vericinin deneyimleri ve kişisel yargısı doğrultusunda karara varılmaktadır (Emhan, 2007).

İnsanların karar verme sürecine ve bu sürecin nelerden etkilendiğine dair çeşitli teoriler üretilmesinin yanı sıra karar verme sürecini kavrayabilmek için sezgisel yöntemler araştırılmıştır. Karar verme sürecini etkileyen faktörlerin anlaşılması hangi kararların alındığını anlamak için önem taşımaktadır. Karar verme sürecini etkileyen her faktör sonuçları da etkilemektedir (Dietrich, 2010).

Karar verme süreci, her aşamanın gereksinimleri karşılanana kadar tekrarlanması gereken bir döngüdür (Hill, 1979). Karar verme sürecinin aşamaları Şekil 4.1’de gösterilmektedir.

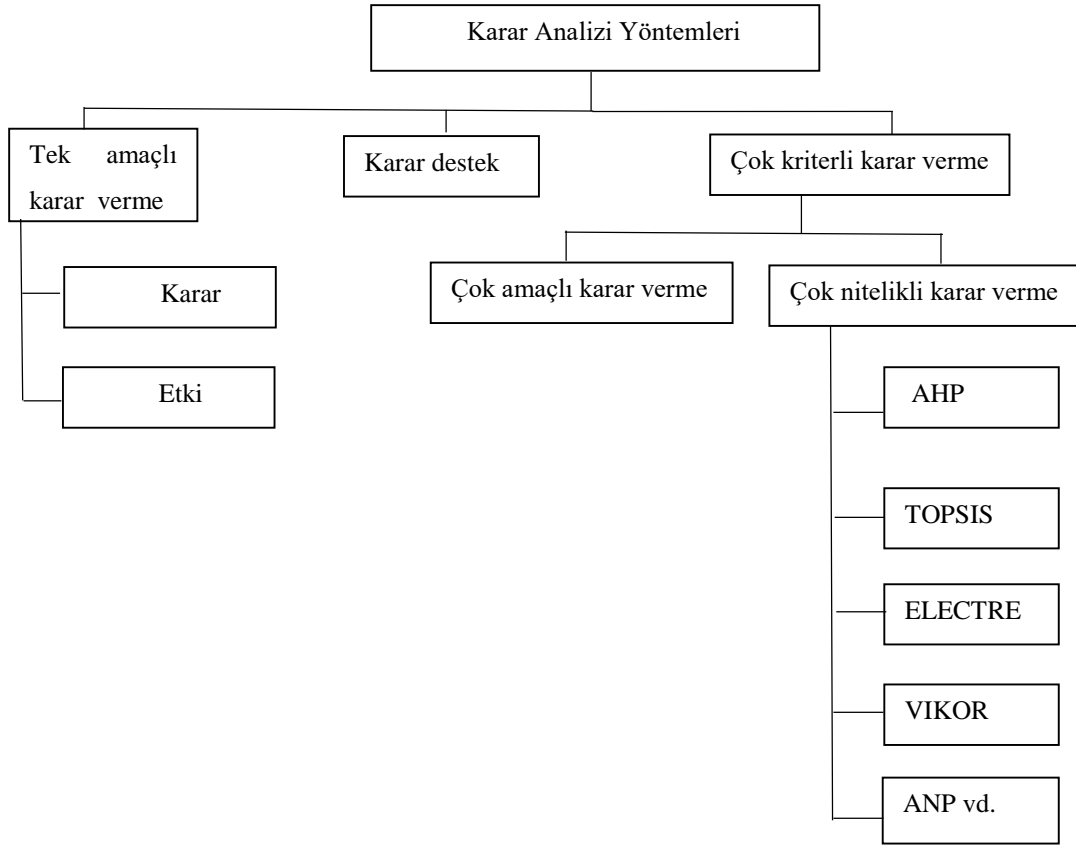


Şekil 4.1. Karar verme süreci (Lunenburg, 2010)

4.1.2. Karar Verme Yöntemleri

Yapılan bilimsel çalışmalar sonucunda, karar vericinin karar vermede zorlandığı belirsiz ve karmaşık karar ortamında bilgi birikim ve tecrübesini kullanarak en iyi çözüme ulaşabilmesi için yaklaşımlar getirilmiştir. Karar vericinin yapması gereken amacı doğrultusunda belirli kriterleri değerlendirerek alternatifler arasından en uygun olanı seçmektir. Burada karar verici, tek veya aynı amaca sahip kişilerin oluşturduğu bir grup olabilir (Aydın, 2008).

Karar vericinin karar alırken kullandığı karar analiz yöntemlerini Şekil 4.2’deki gibi üç temel grup altında toplamak mümkündür (Zhou vd, 2006).



Şekil 4.2. Karar analiz yöntemleri (Zhou vd, 2006)

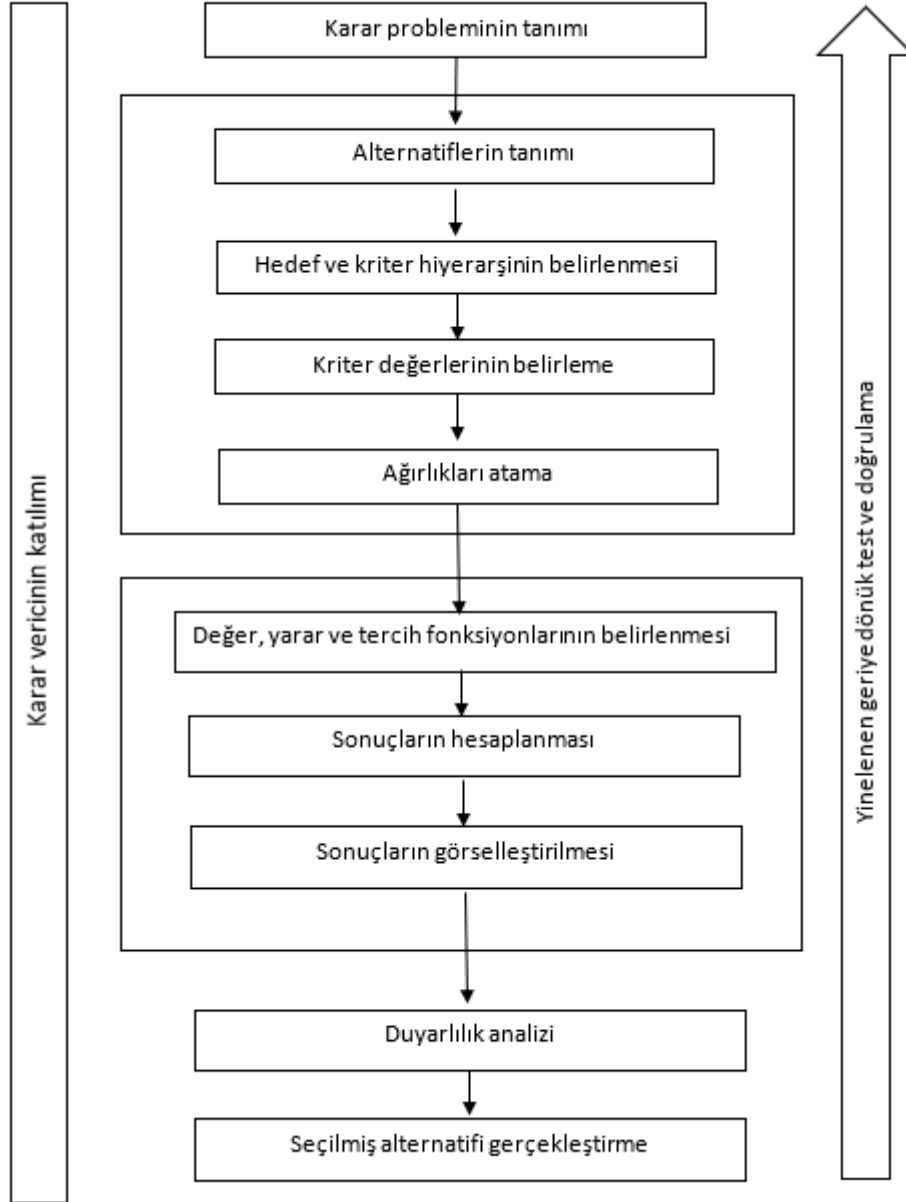
4.1.3. Çok Kriterli Karar Verme

İnsanlar, gerçek hayatta karar verirken çeşitli faktörleri hesaba katmaktadırlar. Bazı faktörlerin birbiriyle çatışması sonucunda ise insanların bu çatışan faktörleri dengelemeleri gerekmektedir. Bu faktörlerin birer kriter olduğu, alternatif eylemlerin belirlendiği ve bir kişinin karar verici olarak düşünüldüğü durum çok kriterli karar verme (ÇKKV) olarak kabul edilmektedir (Fu vd, 2018).

Bilim ve teknoloji alanındaki gelişmelerle birlikte karmaşık yapıdaki problemler için tek boyutlu çözümler yeterli olmamaktadır. Tek bir kritere sahip analizlerde önemli varsayımlardan biri, her seferinde tek bir faktörün incelenmesi ve problemdeki diğer faktörlerin sabit tutulduğunun düşünülmesidir. Ancak evrendeki olaylar birçok faktörün etkisi ile ortaya çıktığından dolayı birçok değişkene ve bunların ortak etkilerine göre tanımlanmalıdır. (Daşdemir ve Güngör, 2002).

ÇKKV, farklı kriterlerin değerlendirilmesi ile çeşitli alternatif arasından en iyi alternatifi seçme işlemini kolaylaştırmaktadır (Hung vd, 2007). ÇKKV yöntemleri alternatiflerin tamamını tüm kriterlere göre değerlendirerek insanların kararlarını en

etkili ve verimli bir şekilde almasına yardımcı olmaktadır (Fu vd, 2019). Lerche vd. ÇKKV sürecini Şekil 4.3' deki gibi belirtmiştir.



Şekil 4.3. ÇKKV süreci (Lerche vd, 2019)

4.1.4. Çok Kriterli Karar Verme Tekniklerinin Sınıflandırılması

ÇKKV yöntemlerinin birçok sınıflandırma şekli vardır. Genel bir yaklaşımla, Çok Nitelikli Karar Verme (ÇNKV) ve Çok Amaçlı Karar Verme (ÇAKV) şeklinde iki kategoriye ayırmak mümkündür (Triantaphyllou, 2000). ÇNKV ve ÇAKV yöntemlerinin özelliklerinin karşılaştırması Tablo 4.1'de belirtilmiştir.

Tablo 4.1. ÇNKV ve ÇAKV yöntemlerinin karşılaştırılması (Hwang ve Yoon, 1981)

	ÇNKV	ÇAKV
Kriterin tanımı	Nitelikler	Amaçlar
Amaçların tanımı	Belirsiz	Belirgin
Niteliklerin tanımı	Belirgin	Belirsiz
Kısıtlar	Niteliklere dahil	Bağımsız
Alternatifler	Sonlu sayıda,kesikli	Sonsuz sayıda,sürekli
Karar verici ie etkileşimi	Kısmi	Yoğun
Kullanımı	Seçim	Tasarım

Günümüzde ÇKKV problemlerinin çözümü için kullanılan çok fazla teknik vardır. Teknolojinin gelişmesi ile birlikte bu tekniklerin kullanılması için bilgisayar programları geliştirilmiştir. Kullanılan bazı teknikler Tablo 4.2’ de verilmektedir.

Tablo 4.2. ÇKKV teknikleri (Değermenci, 2016)

Seçim Problemleri	Sınıflama Problemleri	Sıralama Problemleri
AHP	AHP	AHPSort
ANP	ANP	UTADIS
MAUT/UTA	MAUT/UTA	FlowSort
MACBETH	MACBETH	ELECTRE-Tri
PROMETHEE	PROMETHEE	
ELECTRE 1	ELECTRE 3	
TOPSIS	TOPSIS	
HEDEF		
PROGRAMLAMA		

5. LİTERATÜR TARAMASI

Literatürde CBS ile gerçekleştirilen birçok çalışma mevcuttur. Bunlardan bazıları şu şekildedir: Phua ve Minowa (2005), çalışmalarını CBS tabanlı ÇKKV yaklaşımından yararlanarak orman koruma planlaması üzerine bir çalışma gerçekleştirmişlerdir (Phua ve Minowa, 2005). Othman ve ark. (2012), çalışmalarında heyelan bakımından tehlikeli bölgelerin haritasını çıkarmak amacıyla CBS ve ÇKKV yöntemlerinden yararlanmışlardır (Othman vd, 2012). Atıcı ve ark. (2015), çalışmalarında CBS tabanlı ÇKKV yöntemleri kullanılarak rüzgar santralleri için en uygun yerlerin belirlenmesi amacıyla yapısal bir prosedür önermeyi hedeflemişlerdir (Atıcı vd, 2015). Uslu (2015), doktora çalışmasında içme suyu dağıtım sistemi modellemesinde tasarım optimizasyonu için CBS ile entegre ÇKKV yöntemlerini kullanmıştır (Uslu, 2015). Villacreses ve ark. (2017), çalışmalarında ekvator kıtasında rüzgar santralleri kurmak için CBS ve ÇKKV yöntemlerinden faydalanmış ve sonuçları değerlendirmek için bir standardizasyon süreci gerçekleştirmişlerdir (Villacreses vd, 2017). Erbaş ve ark. (2018), CBS tabanlı bulanık çok kriterli karar analizi ile elektrikli araçlar için şarj istasyonlarının optimum konumlarının tespit edilmesi üzerine çalışmışlardır (Erbaş vd, 2018). Vaissi ve Sharifi (2019), Kaiser'in dağ semti için korunan alan seçimi için CBS tabanlı bir ÇKKV ile bir konumlandırma prosedürü ile entegre etmişlerdir (Vaissi ve Sharifi, 2019). Rahimi ve ark. (2020), CBS teknikleri ve bulanık çok kriterli karar verme yöntemleri ile kentsel katı atıklar için depoama sahası seçim probleminde üzerine bir çalışma gerçekleştirmişlerdir (Rahimi vd, 2020). Elsharida (2021), havalimanı saha seçimi için AHP ve CBS yöntemlerini kullanarak doktora çalışmasını gerçekleştirmiştir (Elsharida, 2021). Abdülvahitoğlu (2021) AHP-TOPSIS tabanlı matematiksel programlama ile jandarma karakolu kuruluş yeri seçimi için CBS ile analizi üzerine doktora çalışması gerçekleştirmiştir (Abdülvahitoğlu, 2021). Literatürde katı atıklarla ilgili CBS kullanılarak yapılan çalışmalar ise Tablo 5.1'deki gibi özetlenmektedir.

Tablo 5. 1. Literatürde CBS tabanlı katı atık çalışmaları

Yazar(lar)	Yıl	Kullanılan Yöntem(ler)							Uygulama Alanı	Ülke
		1	2	3	4	5	6	7		
Ghose vd.	2005	●							Katık atık bertarafı için ulaşım modeli	Hindistan
Armağan ve Demir	2005	●							Evsel katı atık toplama sisteminin CBS tabanlı modellemesi	Türkiye
Karadimas vd.	2007	●	●						Belediye katı atık toplama ve rotalama optimizasyonu	Yunanistan
Vijay vd.	2008	●							Belediye katı atık yönetim sistemlerindeki toplama kutularının konumsal analizi	Hindistan
Arabey vd.	2009	●		●					Katı atık yönetimi	Malezya
Tavares vd.	2011	●					●		Belediye katı atıkları için bir yakma tesisinin yerleşimi	Güney Afrika
Türer Başkaya ve Yıldızcı	2011	●							Katı atık alanlarının peyzaj planlaması açısından değerlendirilmesi	Türkiye
Salari vd.	2012	●			●		●		Katı atık için yer seçimi	İran
Kabite ve Suryabhagavan	2012	●					●		Katı atık depolama sahası seçimi	Etiyopya
Malakahmad vd.	2013	●							Katı atık toplama için rota optimizasyonu	Malezya
Shoba ve Rasappan	2013	●							Katı atık yönetiminde CBS uygulaması	Hindistan
Alavi vd.	2013	●					●		Belediye katı atık depolama sahası seçimi	İran
Kallel vd.	2016	●							Katı atık toplama ve taşıma optimizasyonu	Tunus
Eskandari vd.	2016	●					●		Heyelan duyarlılığı olan dağlık alanlarda kentsel katı atıklar için depolama sahası seçimi	İran
Samadder	2016	●							Atık toplama kutularının tahsisi ve rota optimizasyonu	Hindistan
Randazzo vd.	2018	●					●		Belediye katı atıkları için depolama sahası seçimi	İtalya
Kamdar vd.	2019	●					●		Belediye katı atık depolama sahası yerleşimi	Tayland
Rahimi vd.	2020	●				●		●	Belediye katı atıkları için sürdürülebilir depolama sahası seçimi	İran
Ferronato vd.	2020	●							Belediye katı atık toplama senaryolarının değerlendirilmesi	Bolivya
Mussa ve Suryabhagavan	2021	●					●		Katı atık depolama yeri seçimi	Etiyopya
Umar ve Naibbi	2021	●							Katı atık bertaraf alanlarının analizi ve uygunluk modellemesi	Nijerya
Ghizlane vd.	2022	●					●		Düzenli depolama alanı için yer seçimi	Fas
Mai vd.	2022	●							Evsel katı atıkların toplanması ve taşınması için rota optimizasyonu	Vietnam

(1) CBS, (2) Genetik Algoritmalar, (3) RFID, (4) Bulanım Mantık, (5) MULTIMOORA, (6) AHP, (7) BWM

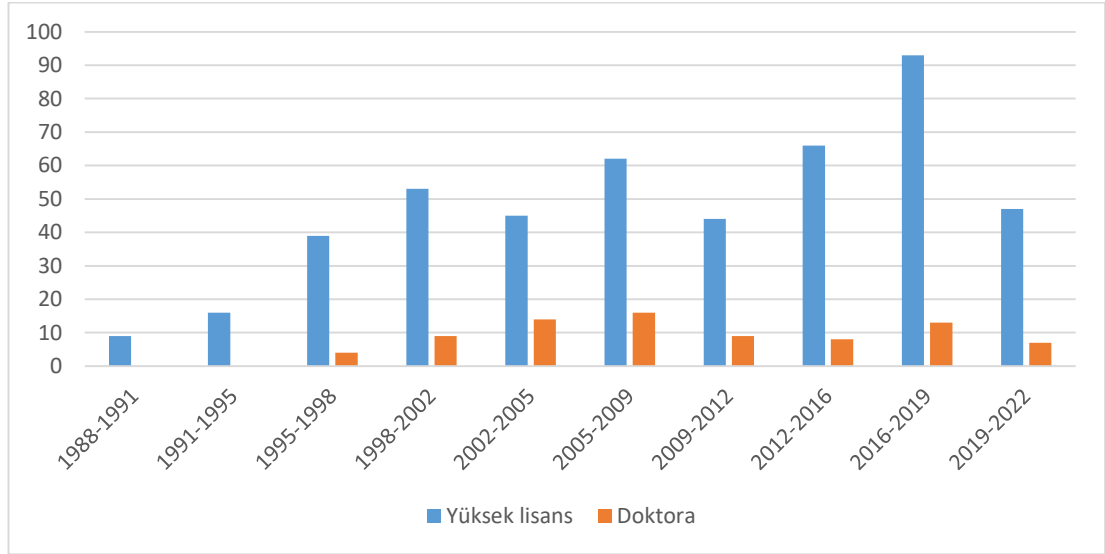
Son yıllarda yaygınlaşan bir yöntem olan Küresel Bulanık Küme (SFS) ile ilgili yapılan çalışmalar Tablo 5.2’de gösterilmektedir.

Tablo 5. 2. Literatürde SFS ile ilgili çalışmalar

Yazar(lar)	Yıl	Kullanılan Yöntem(ler)	Uygulama Alanı	Ülke
Gündoğdu& Kahraman	2019	SFS, NS, AHP	Yenilenebilir enerji uygulaması	Türkiye
Gündoğdu& Kahraman	2019	SFS, AHP	Endüstriyel robot seçimine uygulanması	Türkiye
Otay & Atik	2020	SFS, AHP, WASPAS	Petrol istasyonu konum değerlendirmesi	Türkiye
Ashraf & Abdullah	2020	SFS, TOPSIS, Gri teknikler	COVID-19 için acil durum karar destek modellemesi	Pakistan
Doğan	2021	SFS, AHP	Süreç madenciliği teknolojisi seçimi	Türkiye
Seyfi-Shishavan vd.	2021	SFS	Sigorta alternatifleri seçimi	Türkiye
Kieu vd.	2021	SFS, AHP, CoCoSo	Dağıtım merkezi yer seçimi	Vietnam
Öztayşi vd.	2021	SFS, AHP	Mobil reklamlar için bir bulanık fiyatlandırma modeli önerisi	Türkiye
Fernandez-Martinez & Sanchez Lozano	2021	SFS, TOPSIS	Dünyaya yakın asteroit sapma tekniklerinin değerlendirilmesi	İspanya
Büyük & Temur	2021	SFS, AHP	En iyi gıda atığı yönetimi alternatifinin seçimi	Türkiye
Gündoğdu & Kahraman	2021	SFS, AHP, IVSF-AHP	Hastane performans değerlendirmesi	Türkiye
Wang vd.	2022	SFS, AHP, WASPAS	Rüzgâr enerjisi istasyonu yer seçimi	Vietnam
Haque vd.	2022	LGSFS, ÇKKV	En etkili COVID-19 virüs koruyucusunun seçimi	Hindistan
Sharaf	2022	SFS, VIKOR, TOPSIS	Hidrojen depolama sistemlerinin değerlendirilmesi	Mısır
Nguyen vd.	2022	SFS, ÇKKV	Yenilenebilir enerji projesinde rüzgâr türbini tedarikçi seçimi	Vietnam

Ulusal tez merkezinde “katı atık” anahtar kelimesiyle yapılan literatür taraması sonucunda 80’i doktora, 474’ü yüksek lisans tezi olmak üzere toplamda 554 lisansüstü tez çalışmasının gerçekleştirildiği görülmüştür. Çalışmaların yıllara göre dağılımı Tablo 5.3’de gösterilmektedir.

Tablo 5. 3. Ulusal tez merkezindeki katı atıklar ile ilgili çalışmalar



“Küresel bulanık küme” anahtar kelimesi ile yapılan taramada beşi doktora tezi olmak üzere toplam dokuz adet tez çalışmasına rastlanmıştır. “Küresel bulanık AHP” anahtar kelimesi ile tarama yapıldığında ise üçü yüksek lisans tezi olmak üzere dört adet teze ulaşılmıştır.

Literatürde TOPSIS yöntemin kullanıldığı bazı çalışmalar şu şekildedir: Opricovic ve Tzeng, çalışmalarında sayısal bir örnek üzerinden VIKOR ve TOPSIS yöntemlerinin benzerliklerini ve farklılıklarını ortaya koymayı amaçlamışlardır (Opricovic ve Tzeng, 2004). Seçme ve ark., bankaların performanslarını değerlendirmek amacıyla FAHP ve TOPSIS yöntemlerini kullanarak entegre bir çok kriterli karar modeli önerilmiştir (Seçme vd, 2009). Banwet ve Majumdar, AHP-TOPSIS ve GA-TOPSIS yöntemlerini karşılaştırmak için tekstil endüstrisinde hammadde seçimi problemini ele almışlardır (Banwet ve Majumdar, 2014). Karim ve Karmaker, alternatif sayısı ve çelişen kriterler arttıkça zorlaşan makine seçimi kolaylaştırmak için AHP ve TOPSIS yöntemleri ile makine seçilmesi üzerine çalışmışlardır (Karim ve Karmaker, 2016). Listyaningsih ve Utami, çalışmalarında köy yönetiminin performansın değerlendirilmesinde yardımcı olabilmesi için AHP ve TOPSIS yöntemlerinin kombinasyonu olan bir karar destek sisteminden faydalanmışlardır (Listyaningsih ve Utami, 2018). Tian ve ark., enerji aktarım ve dönüşüm projelerinin yatırım faydalarının değerlendirilmesi amacıyla BWM ve TOPSIS yöntemlerine dayalı bir model önermişlerdir (Tian vd, 2020). Asih ve ark., bu çalışmalarında konveksiyon sektöründe tedarikçi seçmek için doğru kriterlerin

belirlenmesinde AHP yöntemi ile öncelikli kriterler belirlemiş, TOPSIS yöntemi ile tedarikçilerin sıranlanmasını amaçlamışlardır (Asih vd, 2021).

MAIRCA metodu ile yapılan çalışmalar incelendiğinde; Kayapınar Kaya ülkelerin sürdürülebilir kalkınma performansını MAIRCA yöntemi ile değerlendirmiştir (Kayapınar Kaya, 2020). Aksoy, çalışmasında Türkiye'nin birleşme ve devralma faaliyetlerine ilişkin bir analiz gerçekleştirirken MAIRCA yönteminden faydalanmıştır (Aksoy, 2021).Gigovic ve ark., mühimmat depoları için yer seçimini amaçladığı çalışmasında uygun yerlerin seçilmesi ve sıralanması aşamasında MAIRCA yöntemini kullanmıştır (Gigović vd, 2016). Zolfani ve ark., BWM ile entegre MAIRCA yöntemini kullanarak yeni gelenler için mahalle seçimi üzerine bir çalışma gerçekleştirmiştir (Zolfani vd, 2020). Hadian ve ark. MAIRCA yönteminden yararlanarak ılıman bir akdeniz ikliminde sel duyarlılığını değerlendirmiştir (Hadian vd, 2022).Tescic ve Bozanic tarafından su altından tankların geçmesi için yer seçimi üzerine yaptıkları çalışmada MAIRCA yöndeminden yararlanmıştır(Tescic ve Bozanic, 2018).

Literatürde CoCoSo yöntemi ile ilgili yapılan çalışmalardan bazıları şu şekildedir: Ulutaş ve ark., lojistik merkezleri için yer seçimi üzerine yaptıkları çalışmalarında bulanık SWARA ve CoCoSo yöntemlerinden faydalanmıştır (Ulutaş vd, 2020). Choudhary ve Mishra, bütünleşik bulanık AHP ve CoCoSo yöntemlerini endüstri 4.0'ın kritik başarı sağlayıcılarını analiz etmede kullanmıştır (Choudhary ve Mishra, 2021).Khan ve Haleem, döngüsel ekonomi uygulamalarının yükselen ekonomiler bağlamında incelenmesi üzerine yaptıkları çalışmada CoCoCo yönteminden faydalanmıştır (Khan ve Haleem, 2021). Popovic, CoCoCo yönteminden faydalanarak personel seçimi üzerine bir çalışma gerçekleştirmiştir (Popović, 2021). Kieu ve ark., dağıtım merkezi yer seçimi için SF-AHP ve CoCoCo yöntemlerinden yararlanmıştır(Kieu vd, 2021).Kumar ve ark., spreyc boyama robotu seçimi için SWARA ve CoCoCo tabanlı bir yaklaşım sunmuştur (Kumar vd, 2022). Adar ve ark., entegre bir AHP-CoCoCo modeli kullanılarak endüstriyel atık su yönetim süreçlerinin önceliklendirilmesi üzerine bir çalışma gerçekleştirmiştir (Adar vd, 2022).

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, mobil atık getirme merkezlerinin yer seçimi üzerine Küresel Bulanık Çok Kriterli Karar Verme yaklaşımlarının ve CBS'nin birlikte kullanıldığı bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Tez çalışmasının bu yönüyle literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

6. METODOLOJİ

Bu çalışmada kriter ağırlıklarının belirlenmesi aşamasında SF-AHP, alternatif noktaların tespit edilmesi aşamasında CBS yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen alternatif noktalar; TOPSIS, MAIRCA ve CoCoSo yöntemleri ile sıralanmış ve ardından Borda Sayım Metodu kullanılarak tek bir sıralama elde edilmiştir. Elde edilen sıralamanın hangi yönteme daha yakın bir sonuç verdiğini değerlendirmek amacıyla SSKK yönteminden faydalanılmıştır. Bu bölümde, çalışmada kullanılan yöntemler detaylı olarak açıklanmaktadır.

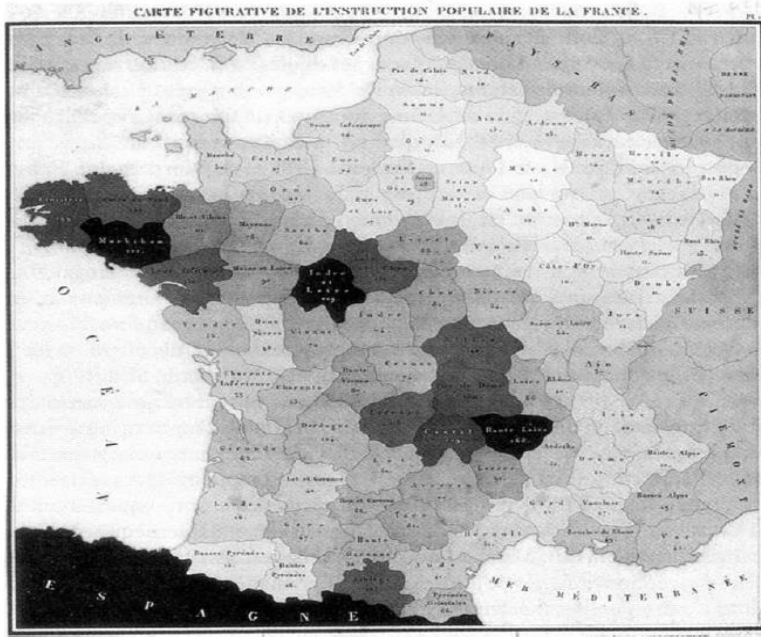
6.1. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)

Günümüz dünyasında, üretilen verilerin yanı sıra, uydular aracılığıyla elde edilen veri miktarı da giderek artmaktadır. Yıllar geçtikçe bu veri artışı bilgi kalabalığına neden olmaktadır. Bu yoğunluk nedeniyle oluşan karmaşanın yönetilmesine ihtiyaç duyulmasıyla bilgi sistemleri kavramı ortaya çıkmıştır. Hızla gelişen bilgi teknolojisinin sonucunda birçok alanda büyük değişimlere yol açan bilgi sistemleri, birçok sektörü etkilediği gibi konuma dayalı işlemlerin uygulandığı sektörleri de son derece etkilemiştir. Bu durumun bir sonucu olarak CBS kavramı gündeme gelmiştir (Yomralıoğlu, 2003).

CBS yeryüzüne ait bilgileri belirli bir amaca yönelik olarak toplama, bilgisayar ortamında depolama, kontrol etme, analiz etme, sorgulama ve görüntüleme gibi işlevlere olanak sağlayan bir karar destek sistemidir (Tecim, 1999). Bu bileşenlerle birlikte insanlar, yerler ve çevre hakkındaki bilgileri istenilen bir amaca uygun olarak haritalamak ve analiz etmek için kullanılmaktadır (Fitzpatrick ve Maguire, 2000). CBS sistemi işlevleri sayesinde karmaşık araştırma, planlama ve yönetim problemlerinin çözülmesine yardımcı olarak karar vermeyi kolaylaştırmaktadır (Fischer ve Nijkamp, 1992).

6.1.1. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Tarihçesi

CBS'nin temelleri insanoğlunun haritalara olan gereksinimine bağlı olarak bilgisayarlar olmasa da farklı temalarda haritaların üretilmesiyle atılmıştır (Değerliyurt ve Çabuk, 2015). Charles Dubin tarafından üretilen ilk tematik harita Şekil 6.1' de gösterilmiştir.



Şekil 6.1. Charles Dubin tarafından CBS ile üretilen ilk tematik harita (Uyguçgil, 2011)

CBS ilk olarak Kanada’da arazi kaynak ve kullanımalarının ortaya çıkarılması amacıyla 1960’ların ortalarında ortaya çıkmıştır. Son 50 yıllık süreçte ise kendine has ekonomik piyasaya sahip olan bir sektör haline gelmiştir (Şeremet ve Alaeddinoğlu, 2017). CBS’nin tarihsel gelişimi Tablo 6.1’de gösterilmiştir.

Tablo 6.1. CBS’nin tarihsel gelişimi (Yomralıoğlu, 2002)

1970 öncesi	1970	1980	1990	2000
Kanada CBS ve URISA kuruldu (1963)	Kanada CBS tamamlandı ve ilk CBS sempozyumu düzenlendi (1970)	ESRI Arc/Info CBS yazılımını piyasaya sürdü ve GPS uygulamaya geçti (1981)	MapInfoProfessional piyasaya sürüldü, IRS-IB ve ERS-1 uydusu fırlatıldı (1991)	Mobil CBS yazılımı ArcPad piyasaya sürüldü (2000)
ESRI ve Integrgraph kuruldu (1969)	Landsat uydusu fırlatıldı (1972)	İşlem şirketi kuruldu (1984) GRASS yazılımı geliştirildi ve Mapping Awareness dergisi yayımlandı (1985)	JERS-1 uydusu fırlatıldı, ArcCAD, MapBasic ve MapeXtreme piyasaya çıktı, sayısal grafik kuruldu (1992)	ArcGIS 8.1 piyasaya sürüldü (2001)
-	ERDAS kuruldu (1978)	MapInfo kuruldu, SPOT uydusu fırlatıldı ve Burrough ilk CBS kitabını yazdı, PC Arc/Info çıktı (1986)	Open GIS Cons. Kuruldu, Türkiye’de 1. Ulusal CBS semp. Düzenlendi (1994)	Tübitak BİLSAT fırlatıldı (2003)

-	-	Chorley rapor hazırlandı, UGIS dergisi yayınlandı, Idrisi hayata geçirildi (1987)	RADARSAT-SAR uydusu fırlatıldı (1995)	ArcGIS 9 ve MapeXtreme.NETs piyasaya sürüldü (2004)
-	-	Smallworld TransCAD yazılımları piyasaya çıktı, Türkiye’de EGHAS yazılımı geliştirildi (1988)	AGIS yazılımı geliştirildi, Arc/Info 8 ve ArcIMS geliştirildi (1997)	Quicbird uydusu fırlatıldı (2005)
-	-	NETCAD firması ve EMI mühendislik kuruldu (1989)	ICONOS Uydusu fırlatıldı (1999)	-

6.1.2. CBS'nin Bileşenleri

CBS sisteminin kurulabilmesi için gerekli donanım, veri, yazılım, yöntem ve insanlar olmak üzere beş temel bileşen vardır. Fakat CBS sisteminin başarı derecesini sistemi kullanacak olan yönetici ve personellerin eğitimi belirlemektedir (Erdoğan ve Güllü, 2004).



Şekil 6.2. CBS'nin bileşenleri (Erdoğan ve Güllü, 2004)

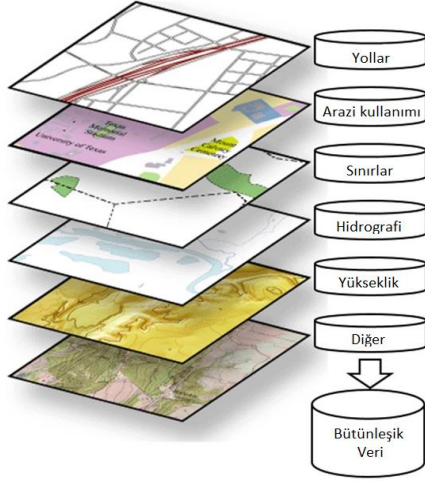
Donanım

CBS, üzerinde yazılımının çalıştırılacağı bilgisayar sistemlerinden oluşur. Kişisel bilgisayarlardan çok kullanıcı bilgisayarlara kadar uzanan donanım sistemi, yazılımın çalışması için yeterli işlemciye ve bilgiyi depolamak için yeterli bir belleğe sahip olmalıdır (Fazal, 2008).

Veri

Veri, birçok açıdan oldukça önemli bir kaynaktır. Coğrafi sorunların çözülebilmesi için büyük veri hacimleri gerektiğinden verilerin toplanması işlenmesi ve saklanması yüksek maliyetler oluşturmaktadır. Tahminler farklılık gösterse de veri toplama maliyetinin donanım ve yazılım maliyetlerinin iki katını geçmesi görülen bir durumdur (Maguire, 1991).

Şekil 6.3’de farklı katmanlarda CBS verileri gösterilmiştir.



Şekil 6.3. Farklı katmanlarda CBS verileri (Artz, 2014; Çalış Boyacı ve Şişman, 2022)

Yazılım

CBS yazılım sistemi dört ana işleve odaklanmaktadır (Burrough vd, 2015):

- Veri girişi ve doğrulama
- Verilerin depolanması ve veritabanı yönetimi
- Veri çıkışı ve sunulması
- Veri dönüştürülmesi, analiz etmesi ve modellenmesi.

Her CBS kullanıcısının yerine getirmesi gereken görevlerin farklı olması nedeniyle farklı işlevlere sahip CBS yazılım türleri mevcuttur (Steiniger vd, 2010).

Yöntem

Yöntem bileşeni, CBS fikrinin meydana gelmesinden son kullanıcıya ulaşana kadar geçen tüm süreci kapsamaktadır. Bu sürece, verinin toplanması, sisteme aktarılması, bu bilgilerin bütünleştirilmesi ve analizi için kullanılan yöntemler dahildir (Gürkan ve Yaman, 2021).

İnsanlar

Bir CBS'nin en önemli bileşenlerinden biride kullanıcıdır. CBS' yi kullanan birçok insan çeşitli kurslardan yararlanarak belirli bir eğitim almış durumdadır (Chainey ve Ratcliffe, 2013). CBS kullanıcıları; sistemi tasarlayan ve bakımını yapan teknik uzmanlardan, günlük işleri kolaylaştırmak için kullananlara kadar geniş bir kitleye sahiptir. Kullanıcılar; karar verme sırasında planlamak, uygulamak ve bir sonuca varabilmek amacıyla CBS'yi kullanmaktadır (Fazal, 2008).

6.1.3. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Faydaları

Çoğu farklı organizasyonda CBS kullanmanın birçok faydası vardır. Bunların bazıları parasal değerlerle ölçülebilen somut faydalarken diğerleri ölçülmesi zor olan soyut faydalardır (Maguire vd, 2008).

CBS' nin faydaları genellikle beş temel kategoriye ayrılır (Pandey vd, 2013):

- Yüksek verimlilikten doğan maliyet tasarrufu
- Daha iyi karar verme
- Geliştirilmiş iletişim
- Coğrafi bilginin kaydının daha iyi tutulması
- Coğrafi olarak yönetme

CBS sistemi ilk aşamada hazırlanan dosyalar üzerinden kopyalama ve güncelleme ile yeni dosyalar oluşturabildiği için iş tekrarının azaltıldığı, zaman ve emek tasarrufunun sağlanması, hataların kolaylıkla düzeltilmesi, hata payının en aza indirilmesi, dosyaların taşınıp kopyalanabilmesi gibi birçok avantaja sahip bir sistemdir (Gümrükçüoğlu, 2003).

6.1.4. Coğrafi Bilgi Sisteminin Kullanım Alanları

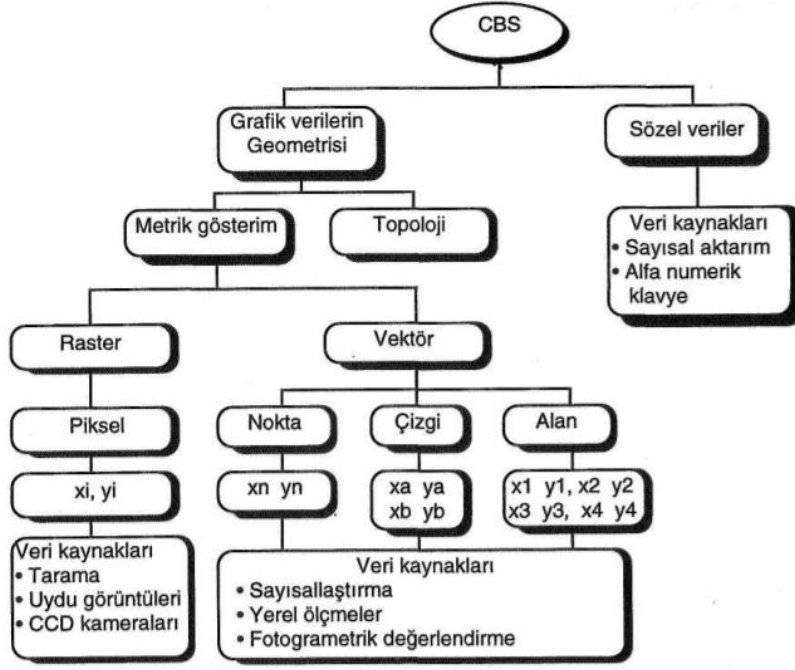
Bilgi sistemi olması ve coğrafi bilgilere uyarlanabilmesi gibi özellikleri nedeniyle CBS dünyada çevre ve doğal kaynakların yönetimi, arazi yapısı, bilgisayar destekli haritalama, eğitim, sağlık, turizm gibi birçok farklı alanda kullanılmaktadır (Çiçek ve Şenkul, 2006). CBS' nin genel olarak kullanım alanları Tablo 6.2' de gösterildiği gibidir.

Tablo 6.2. CBS'nin kullanım alanları (Yomralıoğlu, 2002)

Kullanım Alanı	Açıklama
Çevre Yönetimi	Çevre düzenleme ve koruma alanlarında, göller ve göletlerde, sulak alanların tespit edilmesinde
Doğal Kaynak Yönetimi	Arazi yapısı ve su kaynaklarının tespitinde, nehir, havza, madencilik ve petrol kaynakları analizlerinde, yer altı ve yer üstü doğal kaynak yönetiminde
Mülkiyet İdari Yönetim	Tapu-kadastro, vergilendirme, nüfus yoğunluğu, şehir, belde, kıyı ve idari sınırlar, tapu bilgileri, bitişik alanlar dışındaki alanlar
Bayındırlık Hizmetleri	İmar faaliyetleri, karayolları, ulusal karayolları, demiryolu ön çalışmaları, deprem alanları, afet yönetimi, bina hasar tespiti
Eğitim	Eğitim kurumlarının bölgelere göre dağılımı ve kapasiteleri, okuma-yazma oranı, öğrenci ve eğitimci sayıları
Sağlık Yönetimi	Sağlık ve coğrafya ilişkisi, sağlık departmanlarının dağılımı, personel yönetimi, hastanelerin bölgesel dağılımı ve kapasiteleri, bölgesel hastalık analizlerinde, ambulans hizmetlerinde
Belediye Hizmetleri	Kentsel faaliyetler, fen işleri, su-kanalizasyon-doğalgaz tesis işleri, altyapı ve ulaştırma planı, toplu taşımacılık planlarında
Ulaşım Planlaması	Kara, hava, deniz ulaşım ağı, iletişim istasyonu, lokasyon seçimleri, enerji nakil hattı, ulaşım haritalarının oluşturulması
Orman ve Tarım	Eğim ve bakı hesaplamaları, orman sınırları, peyzaj planlaması, arazi örtüsü, toprak haritaları
Ticaret ve Sanayi	Sanayi bölgelerinde, serbest bölgeler, bankacılık, pazarlama, sigorta, risk yönetimi
Savunma ve Güvenlik	Askeri tesisler, tatbikat ve atış bölgelerinin belirlemede, kısıtlı bölgeler, sivil savunma, suç analizlerinde, acil durum sistemleri

6.1.5. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Veri Yapıları

Coğrafi veriler temel olarak grafik ve grafik olmayan veriler olmak üzere iki grupta sınıflandırılabilir (Alkış, 1996).



Şekil 6.4. CBS veri tipleri ve kaynakları (Alkış, 1996)

CBS’ de veri türleri, zamansal, konusal ve mekansal veri olmak üzere üç farklı şekilde kullanılmakta ve veriler temel olarak nokta, çizgi ve alan şeklinde gösterilmektedir. Bu coğrafi kodlama sırasında istenilen özelliklere göre “raster” ve “vektör” modelleri kullanılmaktadır (Kaplukan, 2014).

Tablo 6.3 ve 6.4’ de vektör ve raster verilerin olumlu ve olumsuz yönleri belirtilmiştir.

Tablo 6.3. Vektör veri tabanlı verilerin olumlu ve olumsuz yönleri (Önder, 2003)

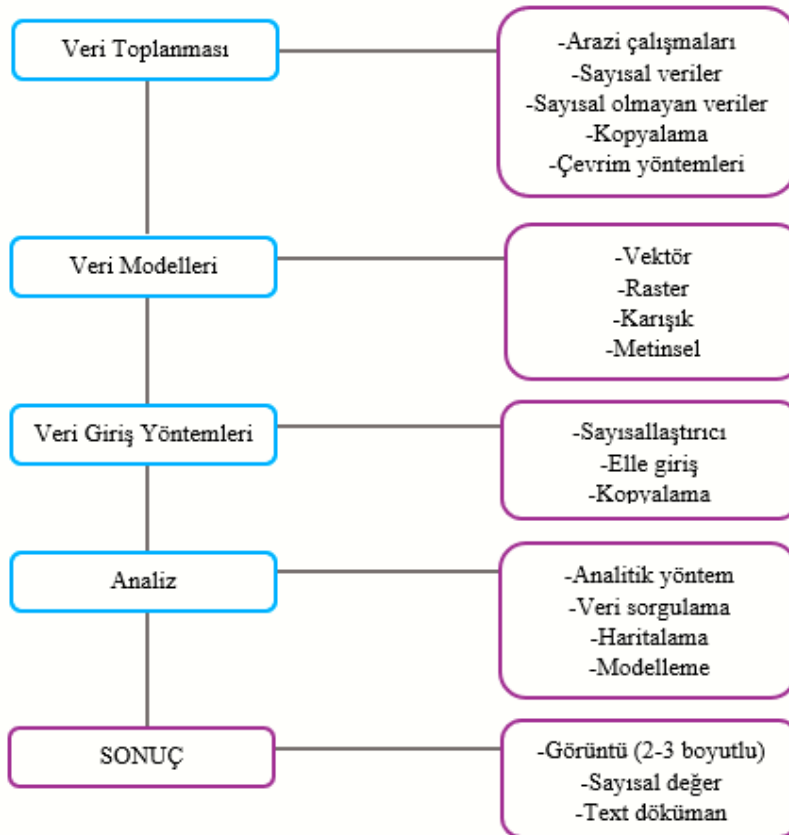
Olumlu	Olumsuz
-Yorumlamaya gerek bırakmayan nokta, çizgi ve sembol gösterimi	-Tüm kullanıcılar için eşdeğer uygunlukta olmama
-Topolojik yapı olanağı	-Sadece seçilen detayların görülebilmesi
-Küçük hacimli veri tabanı	-Yüksek maliyet
-Detayların kolayca güncelleştirilmesi veya değiştirilmesi	-Veri tabanını bütünündeki güncelleştirmenin pahalılığı
-Bilginin ayrı katmanlarda yer alması	

Tablo 6.4. Raster veri tabanlı verilerin olumlu ve olumsuz (Önder, 2003)

Olumlu	Olumsuz
-Veri tabanının bütünündeki güncelleştirmenin göreceli olarak ucuz olması	-Tüm kullanıcılar için eşdeğer uygunlukta olmama
-Göreceli olarak düşük maliyet	-Sadece seçilen detayların görülebilmesi
-Daha fazla sayıda kullanıcıya uygunluk	-Yüksek maliyet
-Stereo görüntülerden sayısal arazi modeli elde edilebilmesi	-Veri tabanını bütünündeki güncelleştirmenin pahalılığı
-Bilginin ayrı katmanlarda yer alması	-Topoloji olanağının bulunmaması
-Bütün detayların görülebilmesi	

6.1.6. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Metodolojisi

CBS' nin metodolojisi; genel olarak ölçek ve alansal büyüklüklerle sınırlandırılmayan bir doğal ortama bağlı olan ve onun fiziksel özelliklerinin bilgisini toplama, depolama ve analiz yapma şeklindedir. CBS' nin metodolojisini belirleyen temel unsur sistemin özelliklerinden doğmaktadır (Birlik, 2019). Şekil 6.5'de CBS'nin metodolojisi gösterilmiştir.

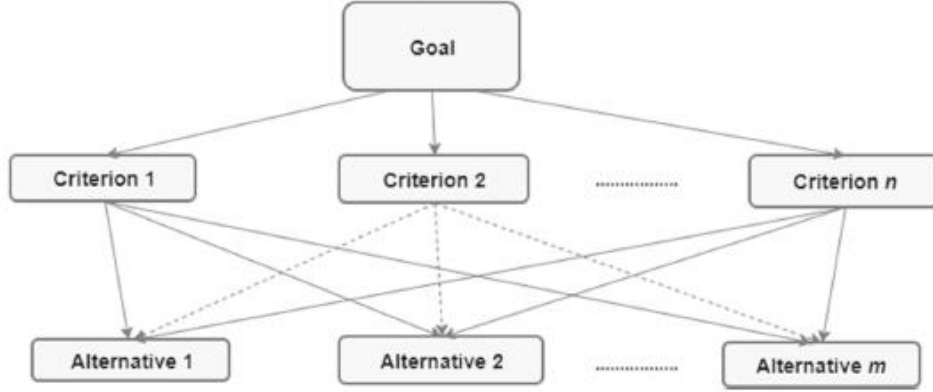


Şekil 6.5. CBS' nin metodolojisi (Kıyak, 2008)

6.2. Küresel Bulanık AHP

SF-AHP, küresel bulanık kümelere dayalı bir dilsel değerlendirme ölçeği kullanarak karar vericilerin karar sürecindeki tereddütlerini bağımsız olarak yansıtmasını kolaylaştırır. SF-AHP yönteminin adımları aşağıdaki gibidir (Gündoğdu ve Kahraman, 2020).

Adım 1: Şekil 6.6' daki gibi bir hiyerarşik yapı oluşturulur.



Şekil 6.6. Hiyerarşik yapı (Gündoğdu ve Kahraman, 2020)

Adım 2: Tablo 6.5'da verilen küresel bulanık dilsel terim setleri kullanılarak ikili karşılaştırmalar yapılır.

Tablo 6.5. Küresel bulanık dilsel terim setleri (Gündoğdu ve Kahraman, 2020)

Dilsel İfade	(μ, ν, π)	Skor indeksi (SI)
Kesinlikle daha önemli (KDÖ)	(0.9, 0.1, 0.0)	9
Çok yüksek önemli (ÇYÖ)	(0.8, 0.2, 0.1)	7
Yüksek önemli (YÖ)	(0.7, 0.3, 0.2)	5
Biraz daha önemli (BDÖ)	(0.6, 0.4, 0.3)	3
Eşit önemde (EÖ)	(0.5, 0.4, 0.4)	1
Biraz az önemli (BAÖ)	(0.4, 0.6, 0.3)	1/3
Az önemli (AÖ)	(0.3, 0.7, 0.2)	1/5
Çok az önemli (ÇAÖ)	(0.2, 0.8, 0.1)	1/7
Kesinlikle az önemli (KAÖ)	(0.1, 0.9, 0.0)	1/9

Adım 3: İkili karşılaştırma matrisinde yer alan dilsel değerler ve KDÖ, ÇYÖ, YÖ ve BDÖ ifadeleri için denklem (6.1), EÖ, BAÖ, AÖ, ÇAÖ ve KAÖ ifadeleri için denklem (6.2) kullanılarak skor indeksi hesaplanır. Bulunan değerler yardımıyla tüm ikili karşılaştırmalar için tutarlılık oranı (CR) kontrol edilir. CR değerinin 0,1'den büyük olması durumunda karar vericinin karşılaştırma matrisini gözden geçirmesi beklenmektedir.

$$SI = \sqrt{\left| 100 * \left[(\mu_{\bar{A}_S} - \pi_{\bar{A}_S})^2 - (\nu_{\bar{A}_S} - \pi_{\bar{A}_S})^2 \right] \right|} \quad (6.1)$$

$$\frac{1}{SI} = \frac{1}{\sqrt{\left|100 * \left[\left(\mu_{\tilde{A}_S} - \pi_{\tilde{A}_S} \right)^2 - \left(v_{\tilde{A}_S} - \pi_{\tilde{A}_S} \right)^2 \right] \right|}} \quad (6.2)$$

Adım 4: Her bir kritere göre denklem (6.3) de verilen SWAM operatörü kullanılarak her bir alternatifin ağırlığı belirlenir.

Küresel bulanık ağırlıkları hesaplamak için ağırlıklı aritmetik ortalama kullanılır. Burada $w = 1/n$ dir.

$$SWAM_w(\tilde{A}_{S1}, \tilde{A}_{S2}, \dots, \tilde{A}_{Sn}) = w_1 \tilde{A}_{S1} + w_2 \tilde{A}_{S2} + \dots + w_n \tilde{A}_{Sn}$$

$$= \left\{ \left[1 - \prod_{i=1}^n (1 - \mu_{\tilde{A}_{S_i}}^2)^{w_i} \right]^{1/2}, \prod_{i=1}^n v_{\tilde{A}_{S_i}}^{w_i}, \left[\prod_{i=1}^n (1 - \mu_{\tilde{A}_{S_i}}^2)^{w_i} - \prod_{i=1}^n (1 - \mu_{\tilde{A}_{S_i}}^2 - \pi_{\tilde{A}_{S_i}}^2)^{w_i} \right]^{1/2} \right\} \quad (6.3)$$

Adım 5: Hesaplanan yerel bulanık ağırlıklar denklem (6.4) kullanılarak durulaştırılmasının ardından denklem (6.5) kullanılarak kriter ağırlıkları normalleştirilmektedir.

$$S(\tilde{w}_j^s) = \sqrt{\left| 100 * \left[\left(3\mu_{\tilde{A}_S} - \frac{\pi_{\tilde{A}_S}}{2} \right)^2 - \left(\frac{v_{\tilde{A}_S}}{2} - \pi_{\tilde{A}_S} \right)^2 \right] \right|} \quad (6.4)$$

$$\bar{w}_j^s = \frac{S(\tilde{w}_j^s)}{\sum_{j=1}^n S(\tilde{w}_j^s)} \quad (6.5)$$

6.3. TOPSIS

1981 yılında Hwang ve Yoon tarafından geliştirilen TOPSIS, tasarım ve uygulamada değere dayalı olan bir yöntemdir. TOPSIS aynı anda yöntemi pozitif ideal çözüme en yakın, negatif ideal çözüme en uzak olan alternatifi seçmeye çalışır (Cheng vd, 2002). Pozitif ideal çözümde fayda kriterleri maksimize, maliyet kriterleri en aza indirilirken, negatif ideal çözümde maliyet kriterleri maksimize, fayda kriterleri ise en aza indirilir (Kabir ve Sumi, 2012). Tüm pozitif ideal ve negatif ideal çözüme uzaklıklar hesaplanırken öklid uzaklığı kullanılır (Tong vd, 2005).

TOPSIS yönteminin aşamaları aşağıda belirtildiği gibidir (Triantaphyllou, 2000).

Adım 1: Normalize karar matrisi oluşturulur

Normalize karar matrisi r_{ij} hesaplanması için öklid mesafelerinden faydalanmalıdır. Bunun için denklem (6.6)'dan yararlanır.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m x_{kj}^2}} \quad (6.6)$$

Adım 2: Ağırlıklı normalize karar matrisi oluşturulur

Karar vericinin kriterler için belirlediği ağırlıklar ($w_1, w_2, w_3, \dots, w_n$) toplamı bire eşit ($\sum w_i = 1$) olmalıdır ve " $v_{ij} = w_j * r_{ij}$ " formülü kullanılarak bir matris oluşturulur.

Adım 3: Pozitif ideal ve negatif ideal çözümler belirlenir

Pozitif ideal çözüm A^+ ve negatif ideal çözüm A^- olarak gösterilmektedir ve aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır.

$$A^+ = \left\{ \left(\begin{matrix} \max \\ i \end{matrix} v_{ij} \mid j \in J \right), \left(\begin{matrix} \min \\ i \end{matrix} v_{ij} \mid j \in J^1 \right), i = 1, 2, 3, \dots, m \right\} = \{V_{1^+}, V_{2^+}, \dots, V_{n^+} \} \quad (6.7)$$

$$A^- = \left\{ \left(\begin{matrix} \min \\ i \end{matrix} v_{ij} \mid j \in J \right), \left(\begin{matrix} \max \\ i \end{matrix} v_{ij} \mid j \in J^1 \right), i = 1, 2, 3, \dots, m \right\} = \{V_{1^-}, V_{2^-}, \dots, V_{n^-} \} \quad (6.8)$$

$$J = \{j = 1, 2, 3, \dots, n \text{ ve } j \text{ fayda kriteri ile birleştirilmiştir.} \} \quad (6.9)$$

$$J^1 = \{j = 1, 2, 3, \dots, n \text{ ve } j \text{ maliyet/kayıp kriteri ile birleştirilmiştir} \} \quad (6.10)$$

Karar verici; fayda kriteri için alternatifler arasında en yüksek değeri, maliyet kriterleri için ise alternatifler arasındaki en düşük değeri istemektedir. Burada A^+ en fazla tercih edilebilir alternatifi belirtirken, A^- en az tercih edilebilir alternatifi belirtmektedir.

Adım 4 : Ayırma ölçümü hesaplanır

Her alternatifin pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözümden ayırım uzaklığı ölçümüne uygulanmaktadır. İdeal çözümden uzaklıkların öklid anlayışına göre hesaplanması için aşağıdaki formüller kullanılır.

Pozitif ideal çözümden uzaklık;

$$S_{i+} = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_{j+})^2}, i = 1,2,3, \dots, m \quad (6.11)$$

Negatif ideal çözümden uzaklık;

$$S_{i-} = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_{j-})^2}, i = 1,2,3, \dots, m \quad (6.12)$$

Adım 5 : İdeal çözüme göreli yakınlığı hesaplanır

Bir alternatifin pozitif ve negatif ideal çözüme göreli uzaklığı aşağıdaki gibi belirlenir.

$$C_{i+} = \frac{S_{i-}}{S_{i+} + S_{i-}} \text{ eğer } 1 \geq C_{i+} \geq 0, \text{ ve } i = 1,2,3, \dots, m \quad (6.13)$$

Burada $A_i = A^+$ ise $C_{i+} = 1$, $A_i = A^-$ ise $C_{i-} = 0$ olur.

Adım 6 : Tercih sırası düzenlenir

Bulunan C_{i+} değerlerine göre en iyi alternatif yani pozitif ideal çözüme en yakın alternatif belirlenir. Aynı zamanda pozitif ideal çözüme en yakın olan alternatif, negatif ideal çözüme en uzak mesafede bulunan alternatiftir.

6.4. MAIRCA

MAIRCA yöntemi 2014 yılında Belgrad Savunma Üniversitesi Lojistik Araştırmalar bölümünde görev yapan Profesör Dragan Pamucar tarafından geliştirilmiştir (Yıldızbaşı ve Çalık, 2021). MAIRCA yöntemi, ideal ve ampirik ağırlıklar arasındaki boşluğun belirlenmesini esas alan bir yöntemdir. Her bir kriter için boşlukların toplamı, her bir alternatif için toplam boşluğu vermektedir. Sonunda ise kriterlerin çoğuna göre toplam boşluk için en küçük değere sahip alternatif, en iyi alternatif olarak belirlenmektedir (Gigović vd, 2016). MAIRCA yönteminin doğrusal normalleştirme algoritması sayesinde oldukça güvenilir sonuçlar elde edilebilmesi yöntemin temel avantajlarından (Ecer, 2022).

MAIRCA yöntemi altı aşamadan oluşmaktadır (Pamuçar vd, 2014):

Adım 1: Başlangıç karar matrisi X tanımlanır. Başlangıç karar matrisinde belirlenen alternatiflerin her biri için kriter değerleri (x_{ij} , $i=1,2,\dots,n$; $j=1,2,\dots,m$) belirlenir. Karar matrisi X , karar vericinin kişisel kararı veya uzman kararlarının toplanması sonucunda oluşturulmaktadır.

Adım 2: P_{A_i} seçim alternatiflerine göre tercihler belirlenir. Karar vericinin bazı alternatif seçim olasılığını hesaba katmadığı varsayılır, yani alternatif seçeneklerine göre tercih edilmez. Alternatifler, her biri eşit olasılıkla gerçekleşecek şekilde gözlemlenmektedir.

$$P_{A_i} = \frac{1}{m}; \sum_{i=1}^m P_{A_i} = 1, i=1,2,\dots,m \quad (6.14)$$

Burada 'm' seçilen toplam alternatif sayısını göstermektedir.

Karar vericinin alternatiflere eşit uzaklıkta olduğu varsayılmaktadır. Bu durumda, alternatiflerin seçiminde tüm tercihlerin önceliği eşittir.

$$P_{A_1} = P_{A_2} = \dots = P_{A_m} \quad (6.15)$$

Adım 3: Teorik derecelendirme matrisi T_p oluşturulur. Teorik derecelendirme matrisi, $n \times 1$ olarak tanımlanır. Burada 'n' toplam kriter sayısını belirtmektedir. Matrisin elemanları tercih edilen alternatifler P_{A_i} ile kriter ağırlık katsayılarının (w_n) çarpımı ile hesaplanır.

$$T_p = P_{A_i} [P_{A_i} \times w_1 \quad P_{A_i} \times w_2 \quad \dots \quad P_{A_i} \times w_n] \quad (6.16)$$

Burada 'n' kriter sayısını ifade etmektedir.

Adım 4: Gerçek derecelendirme matrisinin (T_r) oluşturulur.

$$T_r = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ A_1 & \left[\begin{matrix} t_{r11} & t_{r12} & \dots & t_{r1n} \\ t_{r21} & t_{r22} & \dots & t_{r2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ t_{rm1} & t_{rm2} & \dots & t_{rmn} \end{matrix} \right. \end{matrix} \quad (6.17)$$

Burada 'n' toplam kriter sayısını, 'm' ise toplam alternatif sayısını temsil eder.

Gerçek derecelendirme matrisini (T_r) oluşturan elemanlarının hesaplanması, teorik derecelendirme matrisinin (T_p) elemanları ile ilk karar matrisinin (X) elemanlarının aşağıdaki ifadeye göre çarpılmasıyla elde edilir:

$$t_{rij} = t_{pij} \times \left(\frac{x_{ij} - x_i^-}{x_i^+ - x_i^-} \right), \quad \text{Fayda kriteri için} \quad (6.17)$$

$$t_{rij} = t_{pij} \times \left(\frac{x_{ij} - x_i^+}{x_i^- - x_i^+} \right), \quad \text{Maliyet kriteri için} \quad (6.18)$$

Adım 5: Toplam boşluk matrisi (G) oluşturulur. Matrisin elemanları teorik derecelendirme matrisi ve gerçek derecelendirme matrisi arasındaki fark ile elde edilir.

Adım 6: Kriter fonksiyonlarının (Q_i) nihai değerlerinin alternatiflere göre hesaplanması. Kriter fonksiyonlarının değerleri, toplam boşluk matrisinde sütunların toplanmasıyla elde edilir.

$$Q_i = \sum_{j=1}^n g_{ij}, i = 1, 2, \dots, m \quad (6.19)$$

6.5. CoCoSo

CoCoSo, Simple Additive Weighting (SAW) ve Exponically Weighted Product (EWP) yöntemlerinin entegre edilmesiyle ortaya çıkmıştır. Karar problemini çözmek için alternatifler ve ilgili kriterler belirlendikten sonra sırayla aşağıdaki adımlar uygulanır (Yazdani vd, 2018):

Adım 1: Başlangıç karar matrisi oluşturulur.

$$X_{ij} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix}; i=1,2,\dots,m; \quad j=1,2,\dots,n. \quad (6.20)$$

Adım 2: Oluşturulan karar matrisi aşağıdaki formüllere kullanılarak normalize edilir.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - \min x_{ij}}{\max x_{ij} - \min x_{ij}}, \quad \text{Fayda kriteri için} \quad (6.21)$$

$$r_{ij} = \frac{\max x_{ij} - x_{ij}}{\max x_{ij} - \min x_{ij}}, \quad \text{Maliyet kriteri için} \quad (6.22)$$

Adım 3: Aşağıdaki formüller kullanılarak ağırlıklı karşılaştırılabilirlik dizisi toplamı olan S_i ve her bir alternatif için karşılaştırılabilirlik dizilerinin güç ağırlığının toplamını ifade eden P_i değerleri hesaplanır.

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_j r_{ij} \quad (6.23)$$

Burada S_i değeri gri ilişkisel üretim yaklaşımına dayalı olarak elde edilmektedir.

$$P_i = \sum_{j=1}^n (r_{ij})^{w_j} \quad (6.24)$$

P_i değeri ise WASPAS çarpımsal tutuma göre elde edilmektedir.

Adım 4: Aşağıdaki toplama stratejileri kullanılarak alternatiflerin göreceli ağırlıkları hesaplanır.

$$k_{ia} = \frac{P_i + S_i}{\sum_{i=1}^m (P_i + S_i)} \quad (6.25)$$

$$k_{ib} = \frac{S_i}{\min S_i} + \frac{P_i}{\min P_i} \quad (6.26)$$

$$k_{ic} = \frac{\lambda(S_i) + (1-\lambda)(P_i)}{(\lambda \max S_i + (1-\lambda) \max P_i)}; \quad 0 \leq \lambda \leq 1 \quad (6.27)$$

Burada λ değeri karar verici tarafından seçilmektedir. Bu değer genellikle 0,5 olarak seçilir.

Adım 5: Alternatiflerin nihai sıralaması k_i değerine göre belirlenmektedir.

$$k_i = (k_{ia} k_{ib} k_{ic})^{\frac{1}{3}} + \frac{1}{3} (k_{ia} + k_{ib} + k_{ic}) \quad (6.28)$$

6.6. Borda Sayım Metodu

Borda sayım methodu, 1784 yılında Borda tarafından ortaya atılmıştır (Borda, 1784). Çalışmadaki grup içerisinde yer alan n adet alternatiften en iyi durumda olan alternatife $n-1$, ikinci sırada bulunan en iyi alternatife $n-2$ olacak şekilde borda değerleri verilerek, en kötü alternatif 0 değerini alacak şekilde giderek azalan bir puanlama sistemi uygulanmaktadır. Tüm bu değerler toplanarak her bir alternatif için borda skoruna ulaşılmaktadır. Ulaşılan bu değerler büyükten küçüğe doğru sıralanarak sıralama oluşturulmaktadır. Yapılan bu sıralamanın ilgili matematiksel formülü denklem (6.29)'da gösterilmektedir. Burada " r_{ik} ", k . kriter altındaki i . alternatifin sırasını ifade ederken, " N ", toplam alternatif sayısını ifade etmektedir (Lansdowne ve Woodward, 1996).

$$b_{(i)} = \sum_{k=1}^n (N - r_{ik}) \quad (6.29)$$

6.7. Spearman Sıralama Korelasyon Katsayısı (SSKK)

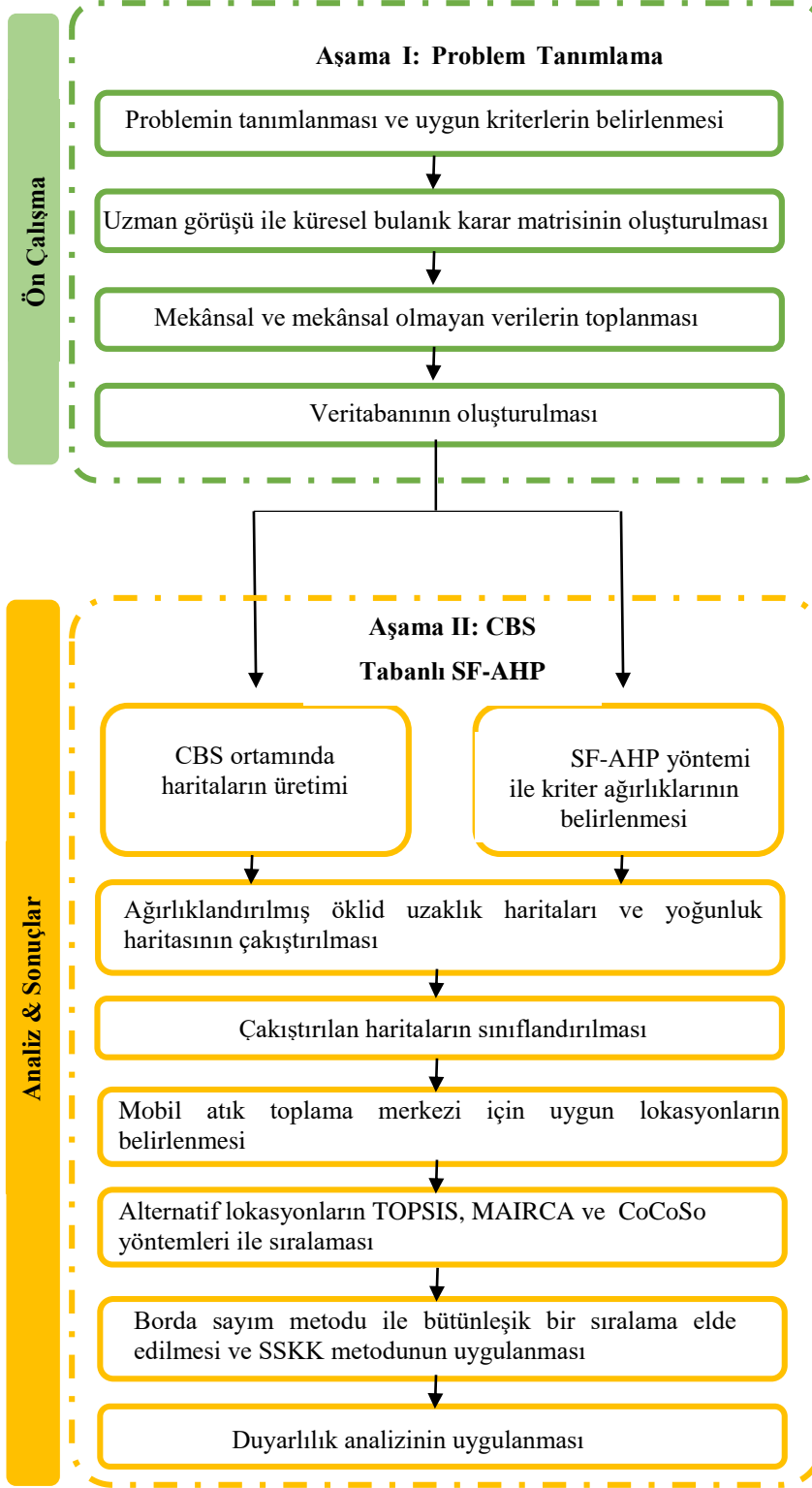
Sıralamalı ölçükle ölçülen iki değişken arasındaki ilişkiyi ifade eden SSKK, katsayı hesaplanırken verilerin kendi değerleri üzerinden hesaplama yapılması yerine verilerin sıra sayıları üzerinden hesaplama yapmaktadır. Bu katsayı -1 ile +1 değerleri arasında değişmektedir. Katsayının sıfıra yaklaştığı durumlarda ilişki olmadığı yönünde yorum yapılırken mutlak değer olarak 1'e yaklaştığı durumlarda kuvvetli bir

ilişki olduğu yönünde yorum yapılmaktadır. SSKK denklem (6.30)'da görülen formül ile hesaplanmaktadır. Burada “d”, X ve Y değişkenlerinin sıralamaları arasındaki farkı ifade ederken, “n” örneklem büyüklüğünü göstermektedir (Kılıç ve Çerçioğlu, 2016)

$$r_s = 1 - \frac{6 \cdot \sum d^2}{n \cdot (n^2 - 1)} \quad (6.30)$$

7. UYGULAMA

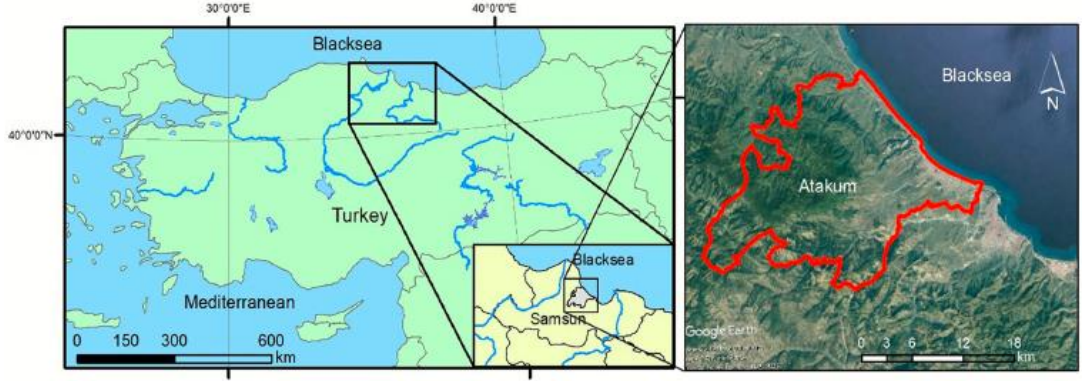
Önerilen yöntem, mobil atık getirme merkezleri için Atakum'daki uygun yerlerin belirlenmesinde kullanılmıştır. Atakum'da son yıllarda hızlı nüfus artışı ve kentleşmenin etkisiyle evsel katı atık sorunları da artmıştır. Çalışma kapsamında, katı atıkların ayrıştırılarak toplanması ve geri dönüşüme kazandırılmasında önemli rolü olan mobil atık getirme merkezlerinin yer seçimi için öncelikle uzman ekip oluşturulmuştur. Literatürdeki çalışmalar dikkate alınarak uzman ekibin görüşü doğrultusunda yer seçiminde etkili olan kriterler belirlenmiş, ardından literatürde son zamanlarda yaygınlaşmaya başlayan SF-AHP metodu kullanılarak kriterlerin ağırlıkları elde edilmiştir. Bir sonraki aşamada CBS yardımı ile veri seti ve haritalar oluşturularak alternatif noktalar belirlenmiştir. Alternatif noktalar TOPSIS, MAIRCA ve CoCoSo yöntemleri ile sıralanmış ve ardından Borda Sayım Metodu kullanılarak bütünlük bir sıralamaya ulaşılmıştır. Elde edilen sıralamanın hangi yönetime daha yakın bir sonuç verdiğini değerlendirmek adına SSKK yönteminden faydalanılmıştır. Son olarak kriter ağırlıklarındaki değişimin alternatiflerin sıralamasını nasıl etkilediğini görmek amacıyla duyarlılık analizine yer verilmiştir. Uygulamaya ait akış diyagramı Şekil 7.1'de gösterilmektedir.



Şekil 7.1. Uygulamaya ait akış diyagramı

Problem Tanımlanması ve Kriterlerin Belirlenmesi


Bu çalışmada amaç, Atakum için CBS tabanlı SF-AHP yönteminden faydalanarak mobil atık getirme merkezlerinin en uygun lokasyonların belirlenmesi olarak tanımlanmıştır. Çalışma başlangıç meridyenine yaklaşık 35.17 boylam ve 41.19 enlem daireleri arasında bulunan ve yüzölçümü 354 km² olan Atakum ilçesini kapsamaktadır (SAMTAB, 2016). Çalışma alanı Şekil 7.2’de gösterildiği gibidir.



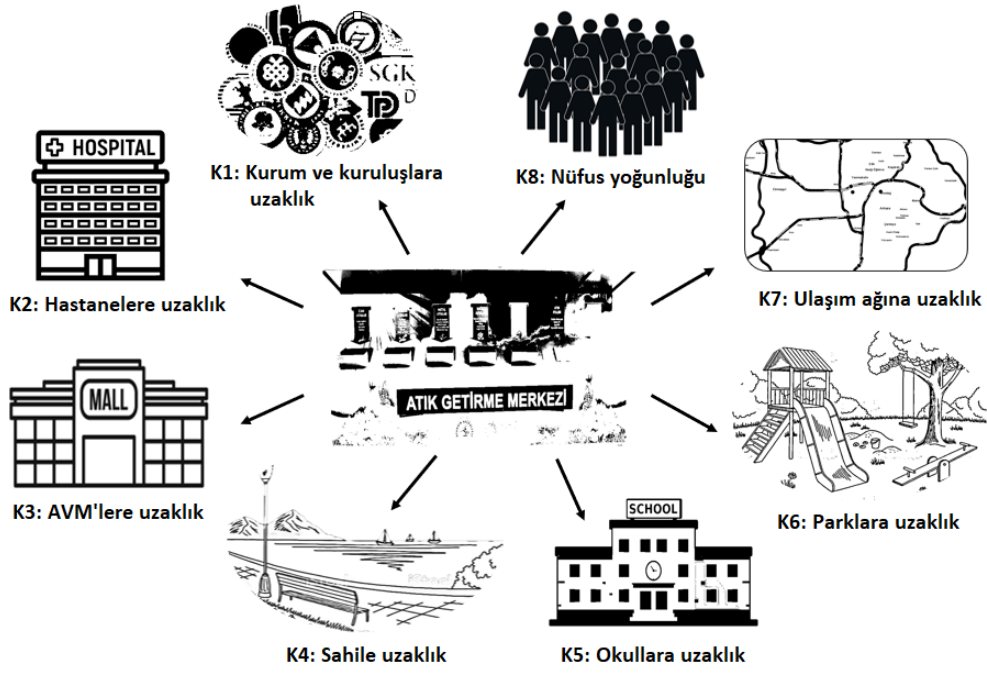
Şekil 7.2. Çalışma alanı

Çalışmanın ilk aşamasında lokasyonların belirlenmesinde etkili olan kriterleri belirlemek ve ağırlıklandırmak amacıyla Tablo 7.1’de belirtildiği gibi çeşitli meslek gruplarından oluşan 5 kişilik bir uzman ekip oluşturulmuştur.

Tablo 7.1. Uzman ekibe ilişkin bilgiler

	Alan	Tecrübe
I	Harita Mühendisi	27 yıl
II	Çevre Mühendisi	10 yıl
III	Çevre Mühendisi	15 yıl
IV	Şehir ve Bölge Planlamacı	24 yıl
V	Çevre Mühendisi	32 yıl

Konu ile ilgili literatürden ve oluşturulan uzman ekibin mesleki bilgi birikim ve tecrübelerinden yararlanılarak mobil atık getirme merkezi için yer seçiminde etkili olan kriterler, Şekil 7.3’te gösterilen belirlenmiştir. Bu kriterlerden AVM’lere uzaklık, parklara uzaklık, ulaşım ağına uzaklık (karayolu ve tramvay hattı), okullara uzaklık, sahile uzaklık, kurum ve kuruluşlara uzaklık (kamu kurumları ve kamu kurumu niteliğine sahip büyük kurumsal firmalar) ve hastanelere uzaklık kriterleri maliyet yönlü; nüfus yoğunluğu ise fayda yönlü kriter olarak belirlenmiştir. Çalışma; 3 AVM, 4 hastane, 37 okul, 13 park ve 20 kurum ve kuruluşu kapsamaktadır.



Şekil 7. 3. Mobil atık getirme merkezi için yer seçiminde etkili olan kriterler

Kriter Ağırlıklarının Hesaplaması

Her bir karar vericinin Tablo 5.6' da verilen küresel bulanık dilsel terim setlerini kullanması ile Tablo 7.2'deki gibi dilsel karar matrisleri elde edilmiştir. Elde edilen matrisler kullanılarak denklem (5.1) ve (5.2) yardımıyla skor indeksleri hesaplanmış ve karar matrisleri Tablo 7.3' deki gibi yeniden oluşturulmuştur. Hesaplanan skor indekslerinden faydalanarak klasik tutarlılık oranı hesaplama yöntemiyle her bir karar matrisinin tutarlılığı kontrol edilmiştir. CR değeri 0,1' den küçük olan matrisler tutarlı olarak kabul edilir.

Tablo 7.2. Dilsel karar matrisleri

KV1	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
K1	-	YÖ	YÖ	YÖ	BDÖ	YÖ	BAÖ	BAÖ
K2	AÖ	-	BAÖ	BDÖ	BAÖ	BAÖ	AÖ	ÇAÖ
K3	AÖ	BDÖ	-	BDÖ	BAÖ	EÖ	AÖ	ÇAÖ
K4	AÖ	BAÖ	BAÖ	-	BAÖ	BAÖ	AÖ	ÇAÖ
K5	BAÖ	BDÖ	BDÖ	BDÖ	-	BDÖ	BAÖ	AÖ
K6	AÖ	BDÖ	EÖ	BDÖ	BAÖ	-	AÖ	ÇAÖ
K7	BDÖ	YÖ	YÖ	YÖ	BDÖ	YÖ	-	BAÖ
K8	BDÖ	ÇYÖ	ÇYÖ	ÇYÖ	YÖ	ÇYÖ	BDÖ	-
KV2	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
K1	-	YÖ	BDÖ	YÖ	BDÖ	YÖ	BAÖ	BAÖ
K2	AÖ	-	BAÖ	BDÖ	BAÖ	BDÖ	ÇAÖ	ÇYÖ
K3	BAÖ	BDÖ	-	BDÖ	BDÖ	BDÖ	AÖ	AÖ
K4	AÖ	BAÖ	BAÖ	-	BAÖ	BAÖ	ÇAÖ	ÇAÖ
K5	BAÖ	BDÖ	BAÖ	BDÖ	-	BDÖ	AÖ	AÖ
K6	AÖ	BAÖ	BAÖ	BDÖ	BAÖ	-	ÇAÖ	ÇAÖ
K7	BDÖ	ÇYÖ	YÖ	ÇYÖ	YÖ	ÇYÖ	-	EÖ
K8	BDÖ	ÇYÖ	YÖ	ÇYÖ	YÖ	ÇYÖ	EÖ	-
KV3	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
K1	-	BAÖ	BAÖ	BDÖ	BDÖ	BDÖ	BDÖ	AÖ
K2	BDÖ	-	BAÖ	BDÖ	BDÖ	BDÖ	BDÖ	AÖ
K3	BDÖ	BDÖ	-	YÖ	BDÖ	YÖ	YÖ	BAÖ
K4	BAÖ	BAÖ	AÖ	-	BAÖ	BAÖ	BAÖ	ÇAÖ
K5	BAÖ	BAÖ	BAÖ	BDÖ	-	BDÖ	BDÖ	AÖ
K6	BAÖ	BAÖ	AÖ	BDÖ	BAÖ	-	BAÖ	ÇAÖ
K7	BAÖ	BAÖ	AÖ	BDÖ	BAÖ	BDÖ	-	ÇAÖ
K8	YÖ	YÖ	BDÖ	ÇYÖ	YÖ	ÇYÖ	ÇYÖ	-
KV4	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
K1	-	YÖ	YÖ	ÇYÖ	EÖ	ÇYÖ	BDÖ	BAÖ
K2	AÖ	-	EÖ	BDÖ	AÖ	BDÖ	AÖ	ÇAÖ
K3	AÖ	EÖ	-	BDÖ	AÖ	BDÖ	AÖ	ÇAÖ
K4	ÇAÖ	BAÖ	BAÖ	-	AÖ	EÖ	AÖ	ÇAÖ
K5	EÖ	YÖ	YÖ	YÖ	-	ÇYÖ	BDÖ	BAÖ
K6	ÇAÖ	BAÖ	BAÖ	EÖ	ÇAÖ	-	AÖ	ÇAÖ
K7	BAÖ	YÖ	YÖ	YÖ	BAÖ	YÖ	-	AÖ
K8	BDÖ	ÇYÖ	ÇYÖ	ÇYÖ	BDÖ	ÇYÖ	YÖ	-
KV5	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
K1	-	BAÖ	BAÖ	EÖ	AÖ	EÖ	BAÖ	ÇAÖ
K2	BDÖ	-	BDÖ	BDÖ	BAÖ	BDÖ	BDÖ	AÖ
K3	BDÖ	BAÖ	-	BDÖ	BAÖ	BDÖ	BAÖ	AÖ
K4	EÖ	BAÖ	BAÖ	-	AÖ	EÖ	BAÖ	ÇAÖ
K5	YÖ	BDÖ	BDÖ	YÖ	-	YÖ	BDÖ	BAÖ
K6	EÖ	BAÖ	BAÖ	EÖ	AÖ	-	BAÖ	ÇAÖ
K7	BDÖ	BAÖ	BDÖ	BDÖ	BAÖ	BDÖ	-	AÖ
K8	ÇYÖ	YÖ	YÖ	ÇYÖ	BDÖ	ÇYÖ	YÖ	-

Tablo 7.3 . Skor indeksleri ile oluşturulan karar matrisleri

KV1	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
K1	1,00	5,00	5,00	5,00	3,00	5,00	0,33	0,33
K2	0,20	1,00	0,33	3,00	0,33	0,33	0,20	0,14
K3	0,20	3,00	1,00	3,00	0,33	1,00	0,20	0,14
K4	0,20	0,33	0,33	1,00	0,33	0,33	0,20	0,14
K5	0,33	3,00	3,00	3,00	1,00	3,00	0,33	0,20
K6	0,20	3,00	1,00	3,00	0,33	1,00	0,20	0,14
K7	3,00	5,00	5,00	5,00	3,00	5,00	1,00	0,33
K8	3,00	7,00	7,00	7,00	5,00	7,00	3,00	1,00

CR= 0,075

KV2	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
K1	1,00	5,00	3,00	5,00	3,00	5,00	0,33	0,33
K2	0,20	1,00	0,33	3,00	0,33	3,00	0,14	0,14
K3	0,33	3,00	1,00	3,00	3,00	3,00	0,20	0,20
K4	0,20	0,33	0,33	1,00	0,33	0,33	0,14	0,14
K5	0,33	3,00	0,33	3,00	1,00	3,00	0,20	0,20
K6	0,20	0,33	0,33	3,00	0,33	1,00	0,14	0,14
K7	3,00	7,00	5,00	7,00	5,00	7,00	1,00	1,00
K8	3,00	7,00	5,00	7,00	5,00	7,00	1,00	1,00

CR= 0,070

KV3	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
K1	1,00	0,33	0,33	3,00	3,00	3,00	3,00	0,20
K2	3,00	1,00	0,33	3,00	3,00	3,00	3,00	0,20
K3	3,00	3,00	1,00	5,00	3,00	5,00	5,00	0,33
K4	0,33	0,33	0,20	1,00	0,33	0,33	0,33	0,14
K5	0,33	0,33	0,33	3,00	1,00	3,00	3,00	0,20
K6	0,33	0,33	0,20	3,00	0,33	1,00	0,33	0,14
K7	0,33	0,33	0,20	3,00	0,33	3,00	1,00	0,14
K8	5,00	5,00	3,00	7,00	5,00	7,00	7,00	1,00

CR= 0,085

KV4	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
K1	1,00	5,00	5,00	7,00	1,00	7,00	3,00	0,33
K2	0,20	1,00	1,00	3,00	0,20	3,00	0,20	0,14
K3	0,20	1,00	1,00	3,00	0,20	3,00	0,20	0,14
K4	0,14	0,33	0,33	1,00	0,20	1,00	0,20	0,14
K5	1,00	5,00	5,00	5,00	1,00	7,00	3,00	0,33
K6	0,14	0,33	0,33	1,00	0,14	1,00	0,20	0,14
K7	0,33	5,00	5,00	5,00	0,33	5,00	1,00	0,20
K8	3,00	7,00	7,00	7,00	3,00	7,00	5,00	1,00

CR= 0,063

KV5	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
K1	1,00	0,33	0,33	1,00	0,20	1,00	0,33	0,14
K2	3,00	1,00	3,00	3,00	0,33	3,00	3,00	0,20
K3	3,00	0,33	1,00	3,00	0,33	3,00	0,33	0,20
K4	1,00	0,33	0,33	1,00	0,20	1,00	0,33	0,14
K5	5,00	3,00	3,00	5,00	1,00	5,00	3,00	0,33
K6	1,00	0,33	0,33	1,00	0,20	1,00	0,33	0,14
K7	3,00	0,33	3,00	3,00	0,33	3,00	1,00	0,20
K8	7,00	5,00	5,00	7,00	3,00	7,00	5,00	1,00

CR= 0,052

Tüm karar matrislerinin tutarlı olduğu saptandıktan sonra Tablo 5.6’da gösterilen küresel bulanık sayılar kullanılmış ve dilsel terimler bulanık ifadelerle dönüştürülmüştür.

Tablo 7.4. Skor indeksleri ile oluşturulan karar matrisleri

KV1	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
K1	0,5 0,4 0,4	0,7 0,3 0,2	0,7 0,3 0,2	0,7 0,3 0,2	0,6 0,4 0,3	0,7 0,3 0,2	0,4 0,6 0,3	0,4 0,6 0,3
K2	0,3 0,7 0,2	0,5 0,4 0,4	0,4 0,6 0,3	0,6 0,4 0,3	0,4 0,6 0,3	0,4 0,6 0,3	0,3 0,7 0,2	0,2 0,8 0,1
K3	0,3 0,7 0,2	0,6 0,4 0,3	0,5 0,4 0,4	0,6 0,4 0,3	0,4 0,6 0,3	0,5 0,4 0,4	0,3 0,7 0,2	0,2 0,8 0,1
K4	0,3 0,7 0,2	0,4 0,6 0,3	0,4 0,6 0,3	0,5 0,4 0,4	0,4 0,6 0,3	0,4 0,6 0,3	0,3 0,7 0,2	0,2 0,8 0,1
K5	0,4 0,6 0,3	0,6 0,4 0,3	0,6 0,4 0,3	0,6 0,4 0,3	0,5 0,4 0,4	0,6 0,4 0,3	0,4 0,6 0,3	0,3 0,7 0,2
K6	0,3 0,7 0,2	0,6 0,4 0,3	0,5 0,4 0,4	0,6 0,4 0,3	0,4 0,6 0,3	0,5 0,4 0,4	0,3 0,7 0,2	0,2 0,8 0,1
K7	0,6 0,4 0,3	0,7 0,3 0,2	0,7 0,3 0,2	0,7 0,3 0,2	0,6 0,4 0,3	0,7 0,3 0,2	0,5 0,4 0,4	0,4 0,6 0,3
K8	0,6 0,4 0,3	0,8 0,2 0,1	0,8 0,2 0,1	0,8 0,2 0,1	0,7 0,3 0,2	0,8 0,2 0,1	0,6 0,4 0,3	0,5 0,4 0,4
KV2	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
K1	0,5 0,4 0,4	0,7 0,3 0,2	0,6 0,4 0,3	0,7 0,3 0,2	0,6 0,4 0,3	0,7 0,3 0,2	0,4 0,6 0,3	0,4 0,6 0,3
K2	0,3 0,7 0,2	0,5 0,4 0,4	0,4 0,6 0,3	0,6 0,4 0,3	0,4 0,6 0,3	0,6 0,4 0,3	0,2 0,8 0,1	0,2 0,8 0,1
K3	0,4 0,6 0,3	0,6 0,4 0,3	0,5 0,4 0,4	0,6 0,4 0,3	0,6 0,4 0,3	0,6 0,4 0,3	0,3 0,7 0,2	0,3 0,7 0,2
K4	0,3 0,7 0,2	0,4 0,6 0,3	0,4 0,6 0,3	0,5 0,4 0,4	0,4 0,6 0,3	0,4 0,6 0,3	0,2 0,8 0,1	0,2 0,8 0,1
K5	0,4 0,6 0,3	0,6 0,4 0,3	0,4 0,6 0,3	0,6 0,4 0,3	0,5 0,4 0,4	0,6 0,4 0,4	0,3 0,7 0,2	0,3 0,7 0,2
K6	0,3 0,7 0,2	0,4 0,6 0,3	0,4 0,6 0,3	0,6 0,4 0,3	0,4 0,6 0,3	0,5 0,4 0,4	0,2 0,8 0,1	0,2 0,8 0,1
K7	0,6 0,4 0,3	0,8 0,2 0,1	0,7 0,3 0,2	0,8 0,2 0,1	0,7 0,3 0,2	0,8 0,2 0,1	0,5 0,4 0,4	0,5 0,4 0,4
K8	0,6 0,4 0,3	0,8 0,2 0,1	0,7 0,3 0,2	0,8 0,2 0,1	0,7 0,3 0,2	0,8 0,2 0,1	0,5 0,4 0,4	0,5 0,4 0,4
KV3	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
K1	0,5 0,4 0,4	0,4 0,6 0,3	0,4 0,6 0,3	0,6 0,4 0,3	0,6 0,4 0,3	0,6 0,4 0,3	0,6 0,4 0,3	0,3 0,7 0,2
K2	0,6 0,4 0,3	0,5 0,4 0,4	0,4 0,3 0,3	0,6 0,4 0,3	0,6 0,4 0,3	0,6 0,4 0,3	0,6 0,4 0,3	0,3 0,7 0,2
K3	0,6 0,4 0,3	0,6 0,4 0,3	0,5 0,4 0,4	0,7 0,3 0,2	0,6 0,4 0,3	0,7 0,3 0,2	0,7 0,3 0,2	0,4 0,6 0,3
K4	0,4 0,6 0,3	0,4 0,6 0,3	0,3 0,7 0,2	0,5 0,4 0,4	0,4 0,6 0,3	0,4 0,6 0,3	0,4 0,6 0,3	0,2 0,8 0,1
K5	0,4 0,6 0,3	0,4 0,6 0,3	0,4 0,6 0,3	0,6 0,4 0,3	0,5 0,4 0,4	0,6 0,4 0,3	0,6 0,4 0,3	0,3 0,7 0,2
K6	0,4 0,6 0,3	0,4 0,6 0,3	0,3 0,7 0,2	0,6 0,4 0,3	0,4 0,6 0,3	0,5 0,4 0,4	0,4 0,6 0,3	0,2 0,8 0,1
K7	0,4 0,6 0,3	0,4 0,6 0,3	0,3 0,7 0,2	0,6 0,4 0,3	0,4 0,6 0,3	0,6 0,4 0,3	0,5 0,4 0,4	0,2 0,8 0,1
K8	0,7 0,3 0,2	0,7 0,3 0,2	0,6 0,4 0,3	0,8 0,2 0,1	0,7 0,3 0,2	0,8 0,2 0,1	0,8 0,2 0,1	0,5 0,4 0,4
KV4	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
K1	0,5 0,4 0,4	0,7 0,3 0,2	0,7 0,3 0,2	0,8 0,2 0,1	0,5 0,4 0,4	0,8 0,2 0,1	0,6 0,4 0,3	0,4 0,6 0,3
K2	0,3 0,7 0,2	0,5 0,4 0,4	0,5 0,4 0,4	0,6 0,4 0,3	0,3 0,7 0,2	0,6 0,4 0,3	0,3 0,7 0,2	0,2 0,8 0,1
K3	0,3 0,7 0,2	0,5 0,4 0,4	0,5 0,4 0,4	0,6 0,4 0,3	0,3 0,7 0,2	0,6 0,4 0,3	0,3 0,7 0,2	0,2 0,8 0,1
K4	0,2 0,8 0,1	0,4 0,6 0,3	0,4 0,6 0,3	0,5 0,4 0,4	0,3 0,7 0,2	0,5 0,4 0,4	0,3 0,7 0,2	0,2 0,8 0,1
K5	0,5 0,4 0,4	0,7 0,3 0,2	0,7 0,3 0,2	0,7 0,3 0,2	0,5 0,4 0,4	0,8 0,2 0,1	0,6 0,4 0,3	0,4 0,6 0,3
K6	0,2 0,8 0,1	0,4 0,6 0,3	0,4 0,6 0,3	0,5 0,4 0,4	0,2 0,8 0,1	0,5 0,4 0,4	0,3 0,7 0,2	0,2 0,8 0,1
K7	0,4 0,6 0,3	0,7 0,3 0,2	0,7 0,3 0,2	0,7 0,3 0,2	0,4 0,6 0,3	0,7 0,3 0,2	0,5 0,4 0,4	0,3 0,7 0,2
K8	0,6 0,4 0,3	0,8 0,2 0,1	0,8 0,2 0,1	0,8 0,2 0,1	0,6 0,4 0,3	0,8 0,2 0,1	0,7 0,3 0,2	0,5 0,4 0,4
KV5	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
K1	0,5 0,4 0,4	0,4 0,6 0,3	0,4 0,6 0,3	0,5 0,4 0,4	0,3 0,7 0,2	0,5 0,4 0,4	0,4 0,6 0,3	0,2 0,8 0,1
K2	0,6 0,4 0,3	0,5 0,4 0,4	0,6 0,4 0,3	0,6 0,4 0,3	0,4 0,6 0,3	0,6 0,4 0,3	0,6 0,4 0,3	0,3 0,7 0,2
K3	0,6 0,4 0,3	0,4 0,6 0,3	0,5 0,4 0,4	0,6 0,4 0,3	0,4 0,6 0,3	0,6 0,4 0,3	0,4 0,6 0,3	0,3 0,7 0,2
K4	0,5 0,4 0,4	0,4 0,6 0,3	0,4 0,6 0,3	0,5 0,4 0,4	0,3 0,7 0,2	0,5 0,4 0,4	0,4 0,6 0,3	0,2 0,8 0,1
K5	0,7 0,3 0,2	0,6 0,4 0,3	0,6 0,4 0,3	0,7 0,3 0,2	0,5 0,4 0,4	0,7 0,3 0,2	0,6 0,4 0,3	0,4 0,6 0,3
K6	0,5 0,4 0,4	0,4 0,6 0,3	0,4 0,6 0,3	0,5 0,4 0,4	0,3 0,7 0,2	0,5 0,4 0,4	0,4 0,6 0,3	0,2 0,8 0,1
K7	0,6 0,4 0,3	0,4 0,6 0,3	0,6 0,4 0,3	0,6 0,4 0,3	0,4 0,6 0,3	0,6 0,4 0,3	0,5 0,4 0,4	0,3 0,7 0,2
K8	0,8 0,2 0,1	0,7 0,3 0,2	0,7 0,3 0,2	0,8 0,2 0,1	0,6 0,4 0,3	0,8 0,2 0,1	0,7 0,3 0,2	0,5 0,4 0,4

Beş ayrı karar vericiye ait olan karar matrisleri denklem (3.11) kullanılarak Tablo 7.5’teki ortak karar matrisi oluşturulmuştur.

Tablo 7.5. Ortak karar matrisi

	K1			K2			K3			K4			K5			K6			K7			K8		
	μ	ν	π	μ	ν	π	μ	ν	π	μ	ν	π	μ	ν	π	μ	ν	π	μ	ν	π	μ	ν	π
K1	0,5	0,4	0,4	0,6	0,5	0,3	0,5	0,5	0,3	0,7	0,3	0,3	0,5	0,5	0,3	0,7	0,3	0,3	0,5	0,5	0,3	0,3	0,7	0,2
K2	0,4	0,6	0,2	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5	0,3	0,6	0,4	0,3	0,4	0,6	0,3	0,6	0,5	0,3	0,4	0,7	0,2	0,2	0,8	0,1
K3	0,4	0,6	0,3	0,5	0,5	0,3	0,5	0,4	0,4	0,6	0,4	0,3	0,4	0,6	0,3	0,6	0,4	0,3	0,4	0,6	0,2	0,3	0,7	0,2
K4	0,3	0,7	0,2	0,4	0,6	0,3	0,4	0,6	0,3	0,5	0,4	0,4	0,4	0,6	0,3	0,4	0,5	0,3	0,3	0,7	0,2	0,2	0,8	0,1
K5	0,5	0,5	0,3	0,6	0,4	0,3	0,5	0,5	0,3	0,6	0,4	0,3	0,5	0,4	0,4	0,7	0,4	0,3	0,5	0,5	0,3	0,3	0,7	0,2
K6	0,3	0,7	0,2	0,4	0,6	0,3	0,4	0,6	0,3	0,6	0,4	0,3	0,3	0,7	0,2	0,5	0,4	0,4	0,3	0,7	0,2	0,2	0,8	0,1
K7	0,5	0,5	0,3	0,6	0,4	0,2	0,6	0,4	0,2	0,7	0,3	0,2	0,5	0,5	0,3	0,7	0,3	0,2	0,5	0,4	0,4	0,3	0,7	0,2
K8	0,7	0,4	0,3	0,8	0,2	0,2	0,7	0,3	0,2	0,8	0,2	0,1	0,7	0,3	0,2	0,8	0,2	0,1	0,7	0,3	0,3	0,5	0,4	0,4

Bir sonraki aşamada denklem (5.3) kullanılarak kriterlerin küresel bulanık ağırlıkları elde edilmiştir. Bulanık ağırlıklar denklem (5.4) ile durulaştırıldıktan sonra elde edilen \bar{w}_j^s değerleri denklem (5.5) kullanılarak normalize edilmiştir. Normalize edilen değerler, alternatif lokasyonların belirlenmesinde etkili olan kriterlerin nihai ağırlıklarıdır. Buna göre alternatif lokasyonların belirlenmesinde en etkili kriter “nüfus yoğunluğu (K8)” olurken, en düşük ağırlığa sahip kriter “sahile uzaklık (K4)” olarak belirlenmiştir.

Tablo 7. 6. Kriterlerin küresel bulanık ağırlıkları ve nihai kriter ağırlıkları

	μ	N	π	\bar{w}_j^s	\bar{w}_j^s
K1	0,54	0,45	0,29	14,76	0,133
K2	0,46	0,53	0,29	12,28	0,111
K3	0,49	0,50	0,30	13,18	0,119
K4	0,38	0,61	0,29	9,83	0,089
K5	0,54	0,46	0,30	14,59	0,132
K6	0,40	0,58	0,29	10,58	0,096
K7	0,56	0,45	0,28	15,35	0,139
K8	0,71	0,29	0,22	20,16	0,182

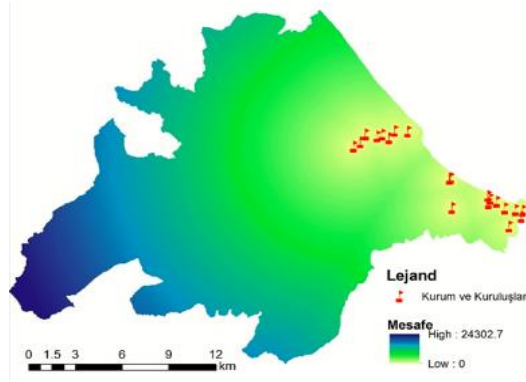
Veri Setinin Oluşturulması ve Alternatiflerin Belirlenmesi

Veri setinin hazırlanması, haritaların oluşturulması ve alternatiflerin lokasyonların belirlenmesi aşamalarında ArcGIS programından faydalanılmıştır. Sonraki aşamalarda katmanların etkili bir şekilde çakıştırılması için her bir katmandaki piksel boyutlarının eşit olması önem taşımaktadır. Bu nedenle haritaların piksel boyutu 50 m olarak belirlenmiştir. ArcGIS programı vasıtasıyla Tablo7.7’de gösterilen veri kaynaklarından yararlanılarak her bir kriter için ilgili veri seti oluşturulmuş ve haritalar üretilmiştir. Goole Earth’den toplanan veriler aynı zamanda zeminde teyit edilmiştir. Ardından nüfus yoğunluğu kriteri için Kernel yoğunluk analizi

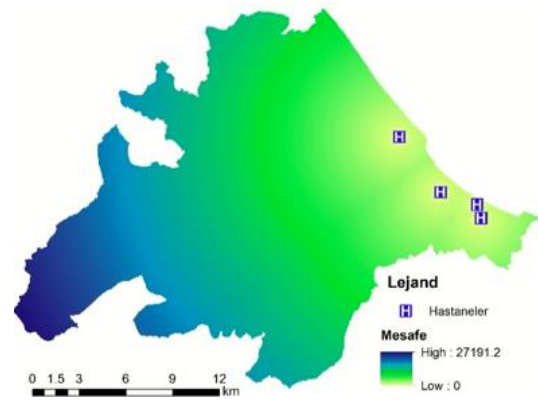
uygulanırken diğer kriterler için Öklid mesafe analizi kullanılarak kriterlerin mesafe haritaları elde edilmiştir. Elde edilen haritalar Şekil 7.4' te gösterilmektedir.

Tablo 7. 7. Veri ve analiz listesi

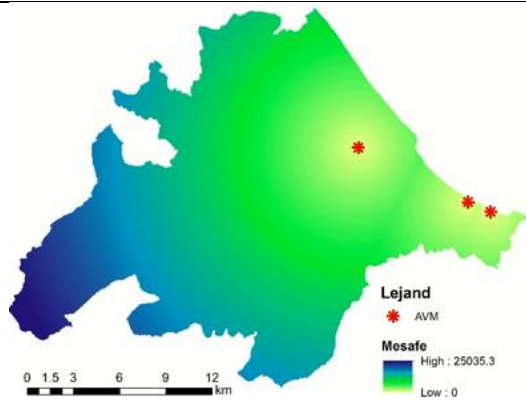
Kriter	Veri	Veri kaynağı	Analiz
K1	Kurum ve kuruluşlara uzaklık	Kurum ve kuruluşlar	Öklid mesafe
K2	Hastanelere uzaklık	Hastaneler	Öklid mesafe
K3	AVM'lere uzaklık	Alışveriş merkezleri	Öklid mesafe
K4	Sahile uzaklık	Kıyı şeridi	Öklid mesafe
K5	Okullara uzaklık	Okullar	Öklid mesafe
K6	Parklara uzaklık	Park alanları	Öklid mesafe
K7	Ulaşım ağına uzaklık	Karayolu ve tramvay hattı	Öklid mesafe
K8	Nüfus yoğunluğu	Nüfus	Kernel yoğunluk



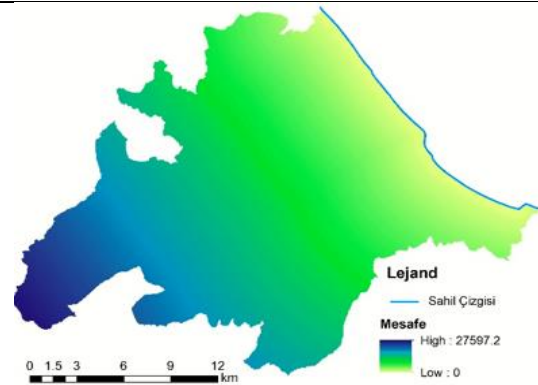
K1: Kurum ve kuruluşlara uzaklık



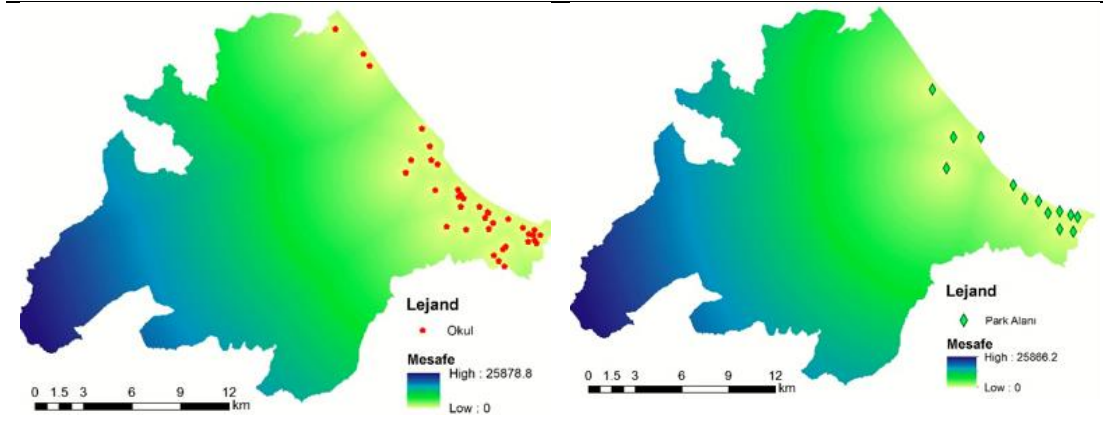
K2: Hastanelere uzaklık



K3: AVM'lere uzaklık

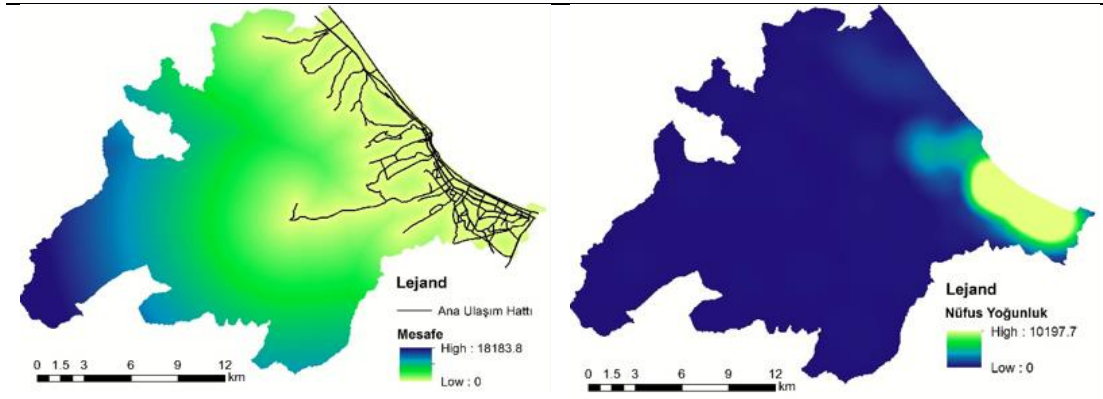


K4: Sahile uzaklık



K5: Okullara uzaklık

K6: Parklara Uzaklık

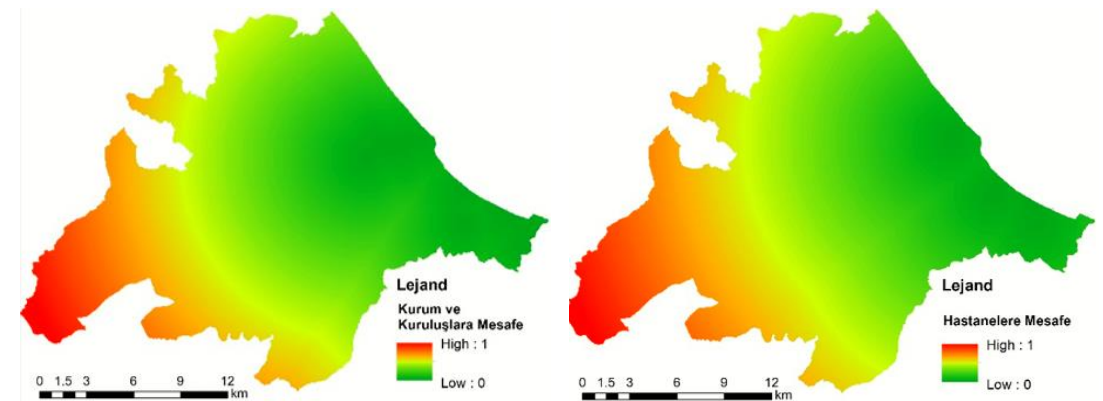


K7 : Ulaşım ağına uzaklık

K8: Nüfus yoğunluğu

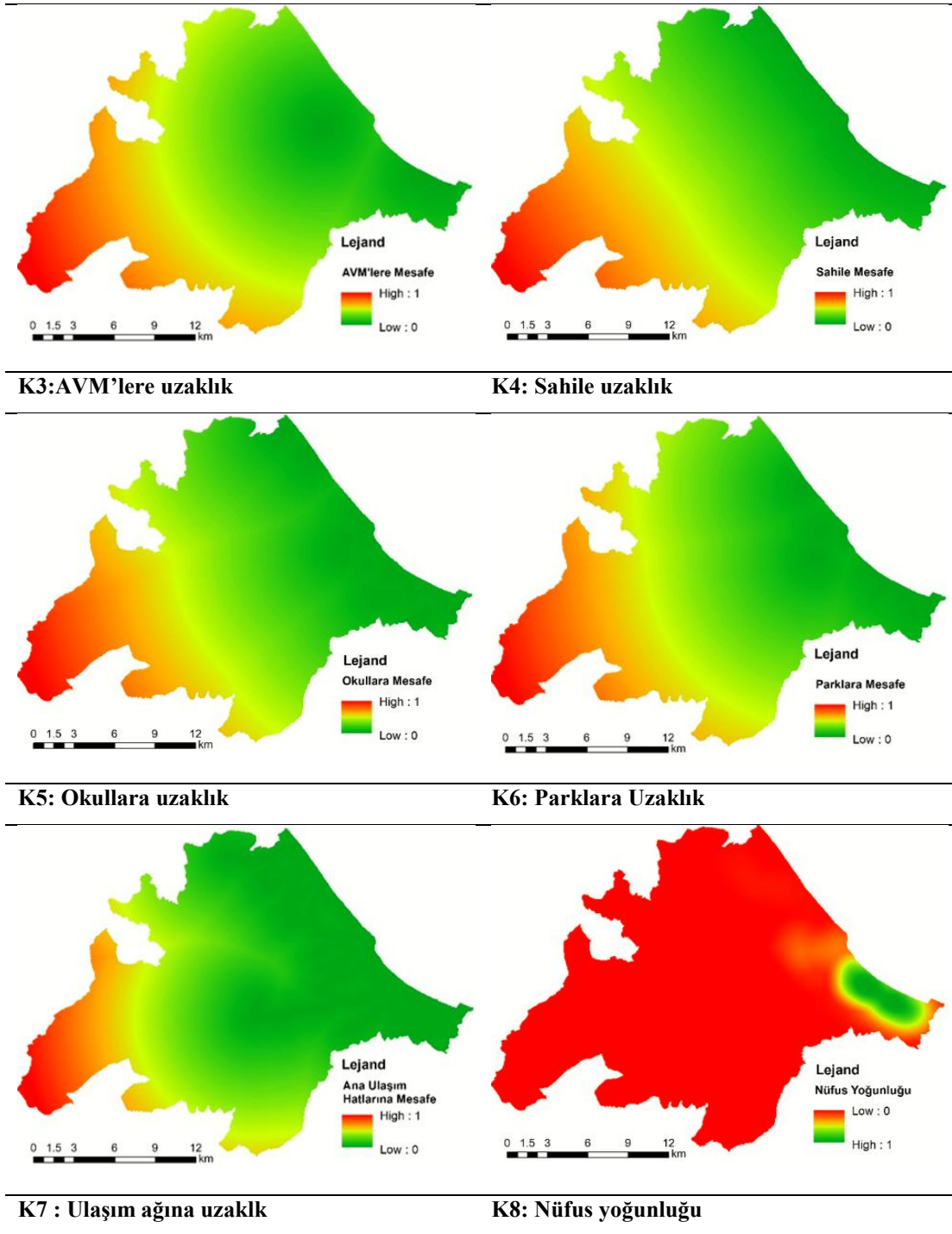
Şekil 7.4. Yoğunluk ve Öklid mesafe haritaları

Yapılan analizler sonucunda elde edilen değerlere normalizasyon işlemi uygulanarak haritalardaki tüm değerler 0-1 değerleri arasına indirgenmiştir. Normalize haritalar Şekil 7.5’de gösterilmiştir.



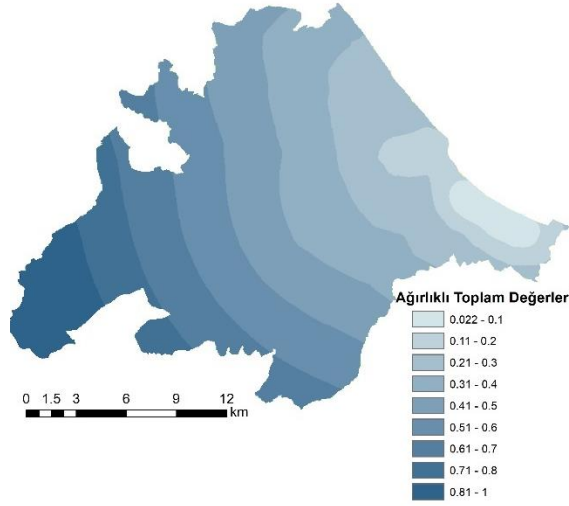
K1:Kurum ve kuruluşlara uzaklık

K2: Hastanelere uzaklık



Şekil 7. 5. Normalize edilmiş haritalar

Oluşturulan normalize haritalar, SF-AHP metodu kullanılarak elde edilen kriter ağırlıkların kullanılmasıyla birlikte ağırlıklandırılmış, ardından overlay analizi ile çakıştırılarak Şekil 7.6'de gösterilen tek bir ağırlıklandırılmış normalize harita elde edilmiştir.

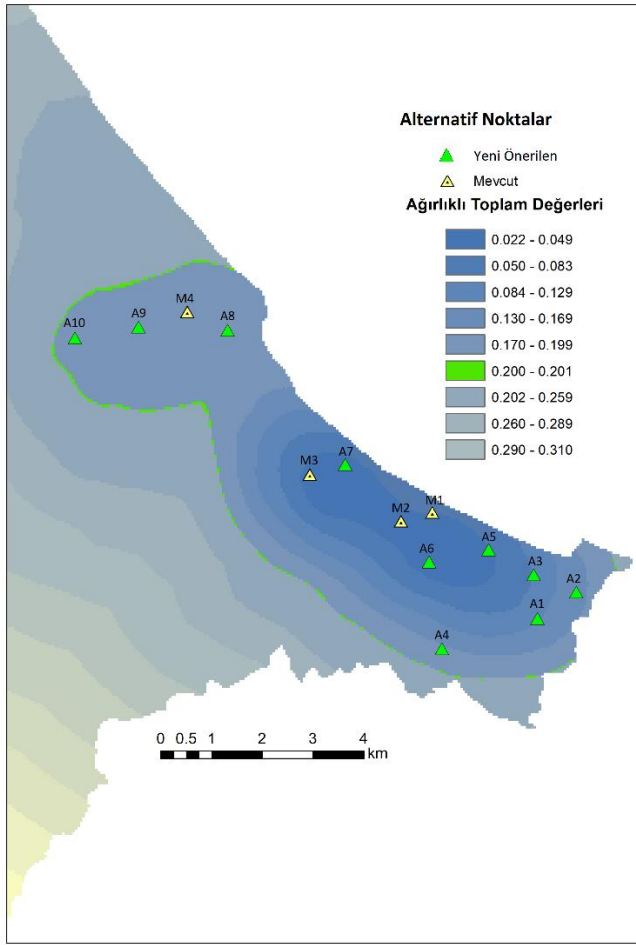


Şekil 7.6. Ağırlıklandırılmış harita

Alternatif noktaların üretilmesi aşamasında aşağıda belirtilen iki kriterden yararlanılmıştır:

- Ağırlıklı değeri 0,2'den küçük olmalı (Çalış Boyacı vd, 2021; Kabak vd, 2018).
- 500 m içerisinde, kriterler (K1-K8) doğrultusunda belirlenen noktalardan en az üçü sağlanmalıdır (Çalış Boyacı vd, 2021; Frade vd, 2011).

Kriterler doğrultusunda mobil atık getirme merkezleri için belirlenen 14 alternatif nokta Şekil 7.7' de gösterilmektedir. Bu noktalardan 4'ü belediye çalışanları tarafından daha önce uygun görülen yani mevcut olan noktaları (M1-M4); 10'u ise yeni önerilen alternatif noktaları (A1-A10) kapsamaktadır.



Şekil 7.7. Alternatif noktalar

Alternatiflerin Sıralanması

Haritada belirtilen 14 alternatif noktanın sıralanması için öncelikle TOPSIS metodu kullanılmıştır. Bunun için ArcGIS yazılımından faydalanarak her bir alternatifin kriterlere göre sayısal değerlerini içeren Tablo 7.8'deki karar matrisi elde edilmiştir.

Tablo 7.8. Başlangıç karar matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
A1	0,017	0,079	0,062	0,048	0,010	0,018	0,000	0,507
A2	0,013	0,098	0,064	0,026	0,006	0,018	0,000	0,665
A3	0,002	0,067	0,031	0,019	0,008	0,019	0,000	0,391
A4	0,083	0,063	0,098	0,092	0,014	0,067	0,004	0,669
A5	0,007	0,034	0,016	0,014	0,019	0,008	0,009	0,195
A6	0,044	0,011	0,040	0,041	0,012	0,039	0,000	0,066
A7	0,009	0,026	0,081	0,012	0,016	0,018	0,000	0,089
A8	0,021	0,043	0,122	0,024	0,017	0,031	0,000	0,785
A9	0,011	0,034	0,052	0,077	0,025	0,030	0,000	0,848
A10	0,011	0,080	0,002	0,113	0,067	0,079	0,006	0,832
M1	0,040	0,004	0,004	0,008	0,022	0,014	0,000	0,211
M2	0,047	0,029	0,036	0,027	0,008	0,014	0,000	0,117
M3	0,036	0,000	0,102	0,033	0,006	0,044	0,000	0,059
M4	0,015	0,012	0,097	0,037	0,022	0,016	0,012	0,860

Karar matrisi, denklem (6.6) kullanılarak Tablo 7.9’da gösterilen normalize karar matrisine dönüştürülmüştür. Ardından kriter ağırlıkları ile çarpılarak Tablo 7.10’da belirtilen ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi elde edilmiştir.

Tablo 7.9. Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
A1	0,134	0,413	0,242	0,253	0,111	0,136	0,000	0,248
A2	0,106	0,512	0,251	0,135	0,070	0,136	0,000	0,325
A3	0,017	0,349	0,122	0,099	0,092	0,144	0,000	0,191
A4	0,670	0,326	0,382	0,485	0,161	0,497	0,232	0,327
A5	0,060	0,179	0,064	0,072	0,219	0,059	0,520	0,095
A6	0,352	0,058	0,158	0,213	0,143	0,294	0,000	0,032
A7	0,074	0,134	0,317	0,061	0,180	0,130	0,000	0,044
A8	0,173	0,224	0,475	0,124	0,190	0,228	0,000	0,384
A9	0,089	0,179	0,204	0,404	0,284	0,220	0,000	0,415
A10	0,089	0,419	0,008	0,593	0,769	0,588	0,368	0,407
M1	0,321	0,019	0,016	0,040	0,254	0,102	0,000	0,103
M2	0,379	0,154	0,142	0,140	0,092	0,102	0,000	0,057
M3	0,287	0,000	0,397	0,172	0,067	0,329	0,000	0,029
M4	0,117	0,061	0,378	0,196	0,249	0,116	0,735	0,421

Tablo 7.10. Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi

Kriter ağırlıkları	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
	0,133	0,111	0,119	0,089	0,132	0,096	0,139	0,182
A1	0,018	0,046	0,029	0,022	0,015	0,013	0,000	0,045
A2	0,014	0,057	0,030	0,012	0,009	0,013	0,000	0,059
A3	0,002	0,039	0,014	0,009	0,012	0,014	0,000	0,035
A4	0,089	0,036	0,045	0,043	0,021	0,048	0,032	0,060
A5	0,008	0,020	0,008	0,006	0,029	0,006	0,072	0,017
A6	0,047	0,006	0,019	0,019	0,019	0,028	0,000	0,006
A7	0,010	0,015	0,038	0,005	0,024	0,013	0,000	0,008
A8	0,023	0,025	0,057	0,011	0,025	0,022	0,000	0,070
A9	0,012	0,020	0,024	0,036	0,037	0,021	0,000	0,076
A10	0,012	0,047	0,001	0,053	0,102	0,056	0,051	0,074
M1	0,043	0,002	0,002	0,004	0,034	0,010	0,000	0,019
M2	0,050	0,017	0,017	0,013	0,012	0,010	0,000	0,010
M3	0,038	0,000	0,047	0,015	0,009	0,032	0,000	0,005
M4	0,016	0,007	0,045	0,017	0,033	0,011	0,102	0,077

Bir sonraki adımda denklem (6.7) ve denklem (6.8) kullanılarak pozitif ideal (A^+) ve negatif ideal (A^-) çözümler hesaplanmıştır. Ardından denklem (6.11) ve denklem (6.12) kullanılarak alternatiflerin pozitif ideal ve negatif ideal çözüme uzaklıkları elde edilmiştir. Son olarak denklem (6.13) ile alternatiflerin ideal çözüme göreceli uzaklıkları (C_i^*) hesaplanmıştır. Bulunan değerler büyükten küçüğe doğru sıralanarak Tablo 7.12'deki gibi alternatiflerin sıralaması elde edilmiştir.

Tablo 7.11. Alternatiflerin ideal çözüme göreceli uzaklıkları

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	S_i^+	S_i^-	C_i^*
	Min	Min	Min	Min	Min	Min	Min	Max			
A1	0,000	0,018	0,046	0,029	0,022	0,015	0,013	0,045	0,067	0,168	0,714
A2	0,000	0,014	0,057	0,030	0,012	0,009	0,013	0,059	0,068	0,178	0,723
A3	0,000	0,002	0,039	0,014	0,009	0,012	0,014	0,035	0,059	0,181	0,753
A4	0,032	0,089	0,036	0,045	0,043	0,021	0,048	0,060	0,125	0,122	0,495
A5	0,072	0,008	0,020	0,008	0,006	0,029	0,006	0,017	0,098	0,146	0,598
A6	0,000	0,047	0,006	0,019	0,019	0,019	0,028	0,006	0,090	0,158	0,636
A7	0,000	0,010	0,015	0,038	0,005	0,024	0,013	0,008	0,081	0,170	0,677
A8	0,000	0,023	0,025	0,057	0,011	0,025	0,022	0,070	0,069	0,170	0,711
A9	0,000	0,012	0,020	0,024	0,036	0,037	0,021	0,076	0,056	0,171	0,754
A10	0,051	0,012	0,047	0,001	0,053	0,102	0,056	0,074	0,136	0,128	0,486
M1	0,000	0,043	0,002	0,002	0,004	0,034	0,010	0,019	0,075	0,167	0,691
M2	0,000	0,050	0,017	0,017	0,013	0,012	0,010	0,010	0,086	0,164	0,657
M3	0,000	0,038	0,000	0,047	0,015	0,009	0,032	0,005	0,097	0,164	0,630
M4	0,102	0,016	0,007	0,045	0,017	0,033	0,011	0,077	0,116	0,145	0,557
A^-	0,089	0,057	0,057	0,053	0,102	0,056	0,102	0,005			
A^+	0,002	0,000	0,001	0,004	0,009	0,006	0,000	0,077			

Elde edilen sıralama, CoCoSo ve MAIRCA yöntemleri ile kıyaslanmıştır. Tablo 7.12 incelendiğinde TOPSIS yönteminde olduğu gibi CoCoSo ve MAIRCA yöntemlerinde de ilk sırada tercih edilmesi gereken alternatifin A9 olduğu görülmektedir.

Tablo 7.12. Alternatiflerin sıralaması

Sıralama	TOPSIS	CoCoSo	MAIRCA
1	A9	A9	A9
2	A3	A3	A3
3	A2	M1	M1
4	A1	A1	A2
5	A8	A5	A8
6	M1	M2	A1
7	A7	A7	A7
8	M2	A2	M4
9	A6	A6	M2
10	M3	A8	A5
11	A5	M4	A6
12	M4	M3	M3
13	A4	A4	A10
14	A10	A10	A4

Üç farklı yöntem kullanılarak elde edilen sıralamalar, Borda Sayım Metodu ile tek bir sıralama haline getirilmiştir. Alternatiflerin Borda sıralamaları Tablo 7.13'te gösterilmektedir.

Tablo 7.13. Alternatiflerin Borda sırası

	TOPSIS	Borda Değeri	MAIRCA	Borda Değeri	CoCoSo	Borda Değeri	Borda Skoru	Borda Sırası
A1	4	10	6	8	4	10	28	4
A2	3	11	4	10	8	6	27	5
A3	2	12	2	12	2	12	36	2
A4	13	1	14	0	14	0	1	14
A5	11	3	10	4	5	9	16	9
A6	9	5	11	3	9	5	13	10
A7	7	7	7	7	7	7	21	7
A8	5	9	5	9	10	4	22	6
A9	1	13	1	13	1	13	39	1
A10	14	0	13	1	13	1	2	13
M1	6	8	3	11	3	11	30	3
M2	8	6	9	5	6	8	19	8
M3	10	4	12	2	12	2	8	12
M4	12	2	8	6	11	3	11	11

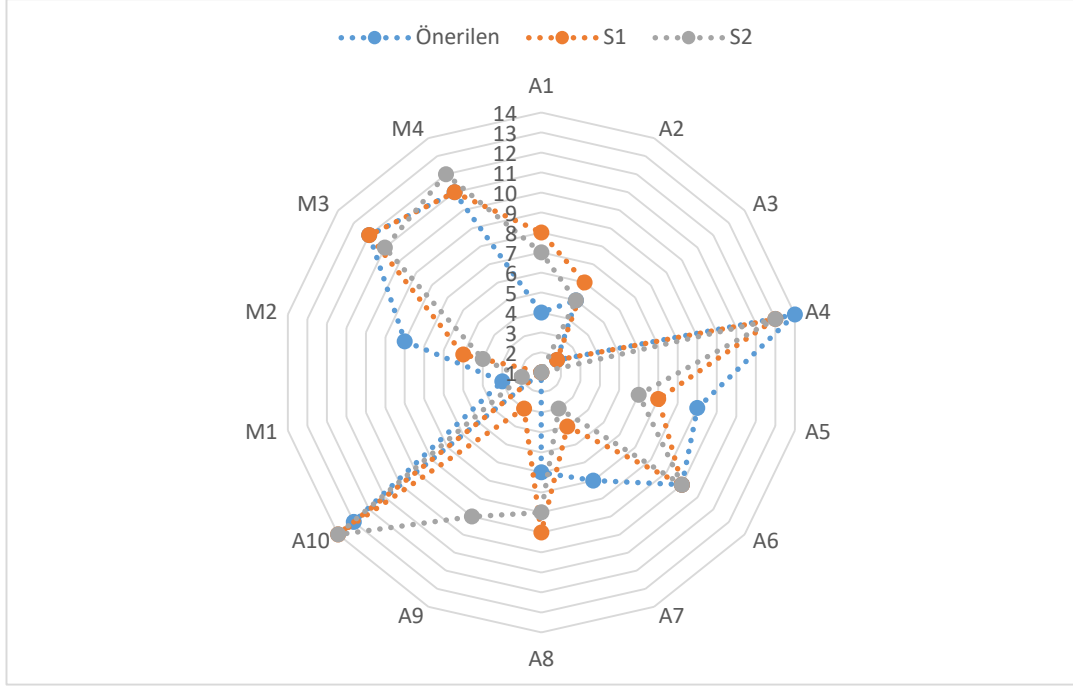
TOPSIS, MAIRCA ve CoCoSo yöntemleri ile elde edilen sıralamalar, SSKK yöntemine göre, Borda sayım metodu ile belirlenen bütünleşik sıralama ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar Tablo 7.14’de gösterilmektedir. Tablo 7.14 incelendiğinde Borda sıralamasına en yakın sıralamayı veren yöntemin 0,956 değeri ile MAIRCA olduğu görülmektedir.

Tablo 7. 14. SSKK sonuçları

Yöntem	Değer
TOPSIS	0,947
MAIRCA	0,956
CoCoSo	0,899

Duyarlılık Analizi

Alternatiflere ilişkin sıralamanın, kriterlerin ağırlık değerlerinden nasıl etkilendiğini görebilmek adına Borda sıralamasına göre duyarlılık analizi yapılmıştır. Bu doğrultuda iki farklı senaryo oluşturulmuş ve her bir senaryo için bir Borda sıralaması elde edilmiştir. Uygulanan senaryolardan ilki, tüm kriter ağırlıklarının eşit olduğu varsayımıyla alternatiflerin sıralandığı Senaryo 1 (S1), ikincisi ise en yüksek ağırlığa sahip kriter olan nüfus yoğunluğu ile en düşük ağırlığa sahip olan sahile uzaklık kriterinin ağırlıklarının birbirleri ile değiştirilerek alternatiflerin sıralandığı Senaryo 2 (S2)’ dir. Bu değişimler ile hesaplanan alternatif sıralamaları Şekil 7.8’deki gibidir.



Şekil 7. 8. Duyarlılık analizi sonuçları

Önerilen modele göre birinci sırada A9 yer alırken, S1' e göre M1, S2'ye göre ise birinci sırada A3 yer almaktadır. Duyarlılık analizi sonuçlarına göre, mobil atık getirme merkezi için yer seçiminde kriter ağırlıklarının önemli derecede etkili olduğunu söylemek mümkündür.

8. SONUÇ

Artan kentleşme ve nüfus yoğunluğu gibi etkenlere bağlı olarak üretilen atık miktarının da giderek arttığı gözlemlenmektedir. Üretilen bu atıkların çeşitli yönlerden verdiği zararı en aza indirebilmek için geri kazanımı ve geri dönüşümü artırılmalıdır. Bu aşamada atıkların etkili bir şekilde toplanması önemli bir rol oynamaktadır. Atıkların türlerine göre ayrıştırılarak toplanmasını sağlayan mobil atık getirme merkezlerinin en uygun lokasyonlara yerleştirilmesi, üretilen atıkların toplanan miktarında önemli bir artışı beraberinde getirmektedir.

Uygun lokasyonların belirlenmesi için kullanılan birçok yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemlerden biri de AHP yöntemidir. AHP yönteminin küresel bulanık kümelerle hibritlenmesiyle oluşturulan SF-AHP yöntemi, kriterlerin kıyaslanması aşamasında serbest içerikli bir terim seti sunarak, karar vericilerin kararlarını doğru bir şekilde ifade etmelerine olanak sağlayan bir yöntemdir.

Bu çalışmada mobil atık getirme merkezlerinin alternatif noktalarını belirlemek için sekiz kriter belirlenmiştir. Bu kriterlerin ağırlıkları, beş uzmanın görüşü alınarak SF-AHP yöntemi ile belirlenmiştir. Nüfus yoğunluğu; 0,182'lik ağırlığı ile atık getirme merkezleri için yer seçiminde en etkili olan kriter olarak belirlenirken, 0,089 ile en az öneme sahip kriter ise sahile uzaklık olarak belirlenmiştir. Bulunan kriter ağırlıklarından faydalanılarak CBS aracılığıyla 14 farklı alternatif nokta belirlenmiş ve TOPSIS yöntemiyle sıralanmıştır. Sıralama sonucunda A9 noktası en iyi alternatif olarak belirlenmiştir. Alternatif noktaların sıralamasını karşılaştırmak amacıyla CoCoSo ve MAIRCA yöntemleri kullanılmış ve her iki yöntemde de en iyi alternatifin A9 olduğu görülmüştür. Bu üç yöntem ile elde edilen sıralamalar, Borda Sayım metodu ile tek bir sıralama haline getirilmiş ve A9 alternatifinin en iyi alternatif olduğu sonucuna varılmıştır. TOPSIS, MAIRCA ve CoCoSo yöntemleri ile elde edilen sıralamalar, SSKK yöntemine göre, Borda sayım metodu ile belirlenen bütünleşik sıralama ile karşılaştırıldığında Borda sırasına en yakın sonucu veren yöntemin MAIRCA olduğu görülmüştür.

Ardından, Borda sıralaması dikkate alınarak, iki farklı senaryoya göre duyarlılık analizi yapılmıştır. Kriter ağırlıklarının eşit olduğu senaryoda (S1), önerilen modelde birinci sırada yer alan alternatifin üçüncü sıraya gerilediği gözlemlenmiştir. Nüfus yoğunluğu kriteri ile sahile uzaklık kriterinin ağırlıklarının yerlerinin değiştirildiği

senaryoda (S2) ise birinci sırada bulunan alternatifin dokuzuncu sıraya gerilediği gözlemlenmiştir. Sonuçlar dikkate alındığında, mobil atık getirme merkezleri için yer seçiminde kriter ağırlıklarının önemli derecede etkili olduğu görülmüştür.

İleriki çalışmalar için uygulama alanı Samsun'un diğer ilçelerine ya da Türkiye'nin farklı şehirlerine genişletilebilir. Ayrıca literatürdeki farklı yöntemler kullanılarak sonuçlar mukayese edilebilir.

KAYNAKÇA

- Abduli, M. 1996. Industrial waste management in Tehran. *Environment international*, 22:3, 335-341.
- Abdülvahitoğlu, A. 2021. AHP-TOPSIS tabanlı matematiksel programlama ile jandarma karakolu kuruluş yeri seçimi ve CAS/CBS ile analizi. Çukurova Üniversitesi Endüstri Mühendisliği, Çukurova Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı.
- Adar, E., Delice, E. and Adar, T. 2022. Prioritizing of industrial wastewater management processes using an integrated AHP–CoCoSo model: Comparative and sensitivity analyses. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 19:6, 4691-4712.
- Adar, T. and Kılıç Delice, E. 2018. Banka sektöründe insan hata analizi için yeni bir bütünlük yöntemi: İFASS&ÇK-KBDTK. *Ergonomi*, 1, 108-122.
- Akpınar, N., TÜ, E. E., ŞEN, M. and TÜ, M. F. 2006. Kentsel Katı Atıklardan Enerji Üretimi. *İstanbul Teknik Üniversitesi*.
- Aksoy, E. 2021. An analysis on Turkey's merger and acquisition activities: MAIRCA method. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 12:1, 1-11.
- Akyıldız, M. H. 2011. Katı atık düzenli depolama alanlarında taban geçirimsizliğine etki eden parametrelerin araştırılması.
- Al-Salem, S., Antelava, A., Constantinou, A., Manos, G. and Dutta, A. 2017. A review on thermal and catalytic pyrolysis of plastic solid waste (PSW). *Journal of Environmental Management*, 197, 177-198.
- Ali, O. A. M., Ali, A. Y. and Sumait, B. S. 2015. Comparison between the effects of different types of membership functions on fuzzy logic controller performance. *International Journal*, 76, 76-83.
- Alkış, Z. 1996. Coğrafi bilgi sistemi bileşenleri. *Harita ve Kadastro Mühendisliği*:79, 57-63.
- Alptekin, E. 2013. Hayvansal atık yağlardan biyodizel üretimi ve bir dizel motorda kullanımının incelenmesi.
- Arıkan, E. 2013. Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri İle katı atık bertaraf etme teknolojisi seçimi ve bir Uygulama: Hava Harp Okulu.
- Arıkan, E., Şimşit-Kalender, Z. T. and Vayvay, Ö. 2017. Solid waste disposal methodology selection using multi-criteria decision making methods and an application in Turkey. *Journal of Cleaner Production*, 142, 403-412.
- Artuç, A. 2001. Askeri telsiz sistemlerinin performansının bulanık karar ortamında değerlendirilmesi. Fen Bilimleri Enstitüsü
- Artz, M. 2014. What is GIS. *GIS best practices: Essays on geography and GIS*, 7, 59-61.
- Asih, E. W., Marchamah, R., Parwati, C. I. and Emaputra, A. 2021. The right criteria in selecting the supplier of lotto fabric raw material in convection industry by using AHP and TOPSIS methods. *Journal of Industrial Engineering Management*, 10-18.
- Atici, K. B., Simsek, A. B., Ulucan, A. and Tosun, M. U. 2015. A GIS-based Multiple Criteria Decision Analysis approach for wind power plant site selection. *Utilities Policy*, 37, 86-96.
- Atlas, M. and Bayazit Bedirhanoğlu, Ş. 2018. *Bulanık küme yaklaşımlarının sınıflandırılması*,
- Avcı, F. 2016. Belediye Katı Atıklarının Termal Yöntemlerle Bertarafı Teknolojik Ve Ekonomik İncelenmesi. Enerji Enstitüsü

- Aydın, G. 2008. Analitik hiyerarşi prosesi (AHP) ve bir sanayi işletmesinde uygulanması. Kocaeli Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü
- Aydın, N. 2007. Katı atık yönetimde optimal planlama için bulanık doğrusal programlama yaklaşımı.
- Banwet, D. and Majumdar, A. (2014). Comparative analysis of AHP-TOPSIS and GA-TOPSIS methods for selection of raw materials in textile industries. Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Citeseer, 2071-2080.
- Basnet, K. 1993. Solid waste pollution versus sustainable development in high mountain environment: A case study of Sagarmatha National Park of Khumbu region, Nepal. *Contributions to Nepalese Studies*, 20:1, 131-139.
- Başkaya, Z. and Öztürk, B. 2011. Bulanık TOPSIS algoritması ile yamuk bulanık sayıların satış elemanı seçiminde kullanılması. *Business and Economics Research Journal*, 2:2, 77-100.
- Berkun, M., Aras, E. and Nemlioglu, S. 2005. Disposal of solid waste in Istanbul and along the Black Sea coast of Turkey. *Waste Management*, 25:8, 847-855.
- Bilgili, M. Y. 2020. Katı atık yönetimde kullanılan bazı kavramlar ve açıklamaları. *Avrasya Terim Dergisi*, 8:2, 88-97.
- Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı 2014. Ulusal geri dönüşüm strateji belgesi ve eylem planı. 2014-2017: Ankara.
- Birlik, M. 2019. Toprakta azot haritalanmasında coğrafi bilgi sistemi tekniklerinin kullanımı: Cullap sulama birliği örneği/Using the gis techniques in the soil nitrogene mapping: Cullap water user association example.
- Bontoux, L. and Leone, F. 1997. The Legal Definition of Waste and its Impact on Waste Management in Europe.
- Borda, J. d. 1784. Mémoire sur les élections au scrutin. *Histoire de l'Academie Royale des Sciences pour 1781 (Paris, 1784)*.
- Burrough, P. A., McDonnell, R. A. and Lloyd, C. D. 2015. *Principles of geographical information systems*. Oxford university press,
- Chainey, S. and Ratcliffe, J. 2013. *GIS and crime mapping*. John Wiley & Sons,
- Chen, C., Tseng, M., Lin, Y. and Lin, Z. (2010). Implementation of green supply chain management in uncertainty. 2010 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, IEEE, 260-264.
- Chen, D. M.-C., Bodirsky, B. L., Krueger, T., Mishra, A. and Popp, A. 2020. The world's growing municipal solid waste: Trends and impacts. *Environmental Research Letters*, 15:7, 074021.
- Cheng, S., Chan, C. W. and Huang, G. H. 2002. Using multiple criteria decision analysis for supporting decisions of solid waste management. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 37:6, 975-990.
- Choudhary, V. and Mishra, A. 2021. Analyzing the critical success enablers of industry 4.0 using hybrid fuzzy AHP-CoCoSo method. *Journal of Industrial Integration and Management*, 2150018.
- Cingöz, A. and Tinni, S. 2020. Katı Atık Yönetimi ve Sorunları: Tıbbi Atıklar Üzerine Hastanelerde Yapılan Bir Uygulama. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 13:2, 371-385.
- Çalış Boyacı, A. and Şişman, A. 2022. Pandemic hospital site selection: a GIS-based MCDM approach employing Pythagorean fuzzy sets. *Environmental Science and Pollution Research*, 29:2, 1985-1997.
- Çalış Boyacı, A., Şişman, A. and Sarıcaoğlu, K. 2021. Site selection for waste vegetable oil and waste battery collection boxes: a GIS-based hybrid hesitant

- fuzzy decision-making approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 28:14, 17431-17444.
- Çetin, A. S. 2020. Atık Yönetimi.
- Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü (2020). Samsun İl Sıfır Atık Yönetim Sistemi Planı. Retrieved from <https://webdosya.csb.gov.tr/db/samsun/icerikler/samsun-il-sifir-atik-yonetim-plani-20200918105524.pdf>
- Çiçek, H. and Şenku, Ç. 2006. Coğrafi bilgi sistemleri ve hayvancılık sektöründe kullanım olanakları. *Veteriner Hekimler Derneği Dergisi*, 77:4, 32-38.
- Çınar, A. and Uygun, Ö. 2019. Sezgisel Bulanık AHP Yöntemiyle Yeşil Tedarikçi Seçimi. *Journal of Intelligent Systems: Theory and Applications*, 2:2, 24-31.
- Daşdemir, İ. and Güngör, E. 2002. Çok boyutlu karar verme metotları ve ormancılıkta uygulama alanları. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 4:4.
- Deepika, M. and Kannan, A. K. (2016). Global supplier selection using intuitionistic fuzzy Analytic Hierarchy Process. 2016 International Conference on Electrical, Electronics, and Optimization Techniques (ICEEOT), IEEE, 2390-2395.
- Değerliyurt, M. and Çabuk, S. 2015. Coğrafyayı coğrafi bilgi sistemleri ile tanımlamak. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 20:33, 37-48.
- Değermenci, A. 2016. Bulanık ortamda çok kriterli karar verme teknikleri ile personel seçimi: katılım bankacılığı sektöründe bir uygulama. İstanbul Ticaret Üniversitesi
- Demirci, İ. E. 2017. Düzenli depolama sahaları sızıntı suları kontrol ve bertaraf yöntemleri ve bir uygulama.
- Dietrich, C. 2010. Decision making: Factors that influence decision making, heuristics used, and decision outcomes. *Inquiries Journal*, 2:02.
- Dionizio, A. S., de Souza Valle, C. A., Oliveira, R. C., Buzalaf, M. A. R., Antoniassi, B. and Iano, F. G. 2018. Quality-Quantitative Identification of Dangerous Waste From FOB-Usp: Waste Management. *Revista da Faculdade de Odontologia de Lins*, 28:1, 15-25.
- Duran, E. B. and Yakup, C. 2016. Katı Atık Düzenli Depolama Sahası Sızıntı Suyunun Kimyasal ve Elektrokimyasal Arıtım Yöntemlerle Arıtılabilirliğinin Araştırılması. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19:2, 104-110.
- Düzce İnağ, T. and Arıkan, M. 2020. Katı Atık Getirme Merkezi Kuruluş Yer Seçimi İçin DEMATEL-ANP Ve Matematiksel Programlama Yöntemleriyle Bütünleşik Bir Yaklaşım: Ankara İlinde Bir Uygulama.
- Ecer, F. 2007. Üyelik fonksiyonu olarak üçgen bulanık sayılar mı yamuk bulanık sayılar mı? *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9:2, 161-180.
- Ecer, F. 2022. An extended MAIRCA method using intuitionistic fuzzy sets for coronavirus vaccine selection in the age of COVID-19. *Neural Computing and Applications*, 34:7, 5603-5623.
- Ekmekçioğlu, M., Kaya, T. and Kahraman, C. 2010. Fuzzy multicriteria disposal method and site selection for municipal solid waste. *Waste management*, 30:8-9, 1729-1736.
- Elsharida, W. 2021. Combining analytic hierarchy process and rank order centroid with geographic information system for airport site selection: A case study in Libya. *Industrial Engineering, Atılım Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Mühendislik Sistemlerinin Modellenmesi ve Tasarımı Ana Bilim Dalı / Endüstri Mühendisliği Bilim Dalı.*

- Emhan, A. 2007. Karar verme süreci ve bu süreçte bilişim sistemlerinin kullanılması. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 6:21, 212-224.
- Epstein, E. 2017. *The science of composting*. CRC press,
- Erbaş, M., Kabak, M., Özceylan, E. and Çetinkaya, C. 2018. Optimal siting of electric vehicle charging stations: A GIS-based fuzzy Multi-Criteria Decision Analysis. *Energy*, 163, 1017-1031.
- Erdoğan, S. and Güllü, M. 2004. Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Trafik Kazaları'nın Analizi: Afyon Örneği. *Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi*:91, 29-33.
- Ertuğrul, İ. 2006. Akademik performans değerlendirmede bulanık mantık yaklaşımı. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 20:1, 155-176.
- Evin, H. and Demiral, B. 2018. Malatya'da katı atık yönetimi: kentleşmenin yerel çevre politikaları üzerine etkisi. *Sosyal Bilimler Araştırma Dergisi*, 7:2, 277-295.
- Fazal, S. 2008. *GIS basics*. New Age International,
- Figuroa, J. J., Ardila, Y. C., Lunelli, B. H., Maciel Filho, R. and Maciel, M. W. 2013. Evaluation of pyrolysis and steam gasification processes of sugarcane bagasse in a fixed bed reactor. *Chemical Engineering Transactions*, 32, 925-930.
- Finstein, M. S. and Morris, M. L. 1975. Microbiology of municipal solid waste composting. *Advances in applied microbiology*, 19, 113-151.
- Fischer, M. M. and Nijkamp, P. 1992. Geographic information systems and spatial analysis. *The Annals of Regional Science*, 26:1, 3-17.
- Fitzpatrick, C. and Maguire, D. J. 2000. GIS in schools. *GIS: A Sourcebook for Schools*, 62.
- Frade, I., Ribeiro, A., Gonçaves, G. and Antunes, A. P. 2011. Optimal location of charging stations for electric vehicles in a neighborhood in Lisbon, Portugal. *Transportation Research Record*, 2252:1, 91-98.
- Fu, C., Chang, W., Xu, D. and Yang, S. 2019. An evidential reasoning approach based on criterion reliability and solution reliability. *Computers & Industrial Engineering*, 128, 401-417.
- Fu, C., Zhou, K. and Xue, M. 2018. Fair framework for multiple criteria decision making. *Computers & Industrial Engineering*, 124, 379-392.
- Gidarakos, E., Havas, G. and Ntzamilis, P. 2006. Municipal solid waste composition determination supporting the integrated solid waste management system in the island of Crete. *Waste management*, 26:6, 668-679.
- Gigović, L., Pamučar, D., Bajić, Z. and Milićević, M. 2016. The combination of expert judgment and GIS-MAIRCA analysis for the selection of sites for ammunition depots. *Sustainability*, 8:4, 372.
- Gökçe, G. and Hasanoğlu, P. 2015. Katı Atık Düzenli Depolama Sahalarının ve Vahşi Depolama Alanlarının Islahı ve Bitkilendirilmesi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3:1, 258-271.
- Gui, M. M., Lee, K. and Bhatia, S. 2008. Feasibility of edible oil vs. non-edible oil vs. waste edible oil as biodiesel feedstock. *Energy*, 33:11, 1646-1653.
- Güler, D. 2016. Analitik Hiyerarşi Yöntemi Ve Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Alternatif Katı Atık Düzenli depolama Alanı Yer Seçimi: İstanbul İli Örneği. Fen Bilimleri Enstitüsü
- Güler, N. 2008. Kentleşme sürecinde katı atık yönetimi ve Kocaeli örneği. Kocaeli Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü
- Gümrükçüoğlu, M. 2003. Coğrafi bilgi sistemleri: anlamı, yararları, sorunları ve geleceği. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7:1, 67-72.

- Gündoğdu, F. K. and Kahraman, C. 2020. A novel spherical fuzzy analytic hierarchy process and its renewable energy application. *Soft Computing*, 24:6, 4607-4621.
- Gürkan, K. and Yaman, M. 2021. *Türkiye'de Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uygulaması*. Efe Akademi Yayınları,
- Hadian, S., Shahiri Tabarestani, E. and Pham, Q. B. 2022. Multi attributive ideal-real comparative analysis (MAIRCA) method for evaluating flood susceptibility in a temperate Mediterranean climate. *Hydrological Sciences Journal*, 67:3, 401-418.
- Hamoda, M., Qdais, H. A. and Newham, J. 1998. Evaluation of municipal solid waste composting kinetics. *Resources, conservation and recycling*, 23:4, 209-223.
- Hill, P. H. 1979. *Making decisions: A multidisciplinary introduction*. Addison-Wesley,
- Hoornweg, D. and Bhada-Tata, P. 2012. What a waste: a global review of solid waste management.
- Hung, M.-L., Ma, H.-w. and Yang, W.-F. 2007. A novel sustainable decision making model for municipal solid waste management. *Waste management*, 27:2, 209-219.
- Hwang, C.-L. and Yoon, K. 1981. *Multiple attribute decision making*. Springer, 58-191.
- Inglezakis, V. J. and Moustakas, K. 2015. Household hazardous waste management: A review. *Journal of environmental management*, 150, 310-321.
- Jang, J.-S. R., Sun, C.-T. and Mizutani, E. 1997. Neuro-fuzzy and soft computing-a computational approach to learning and machine intelligence [Book Review]. *IEEE Transactions on automatic control*, 42:10, 1482-1484.
- Javaheri, H., Nasrabadi, T., Jafarian, M., Rowshan, G. and Khoshnam, H. 2006. Site selection of municipal solid waste landfills using analytical hierarchy process method in a geographical information technology environment in Giroft. *Journal of environmental health science & engineering*, 3:3, 177-184.
- Kabak, M., Erbaş, M., Cetinkaya, C. and Özceylan, E. 2018. A GIS-based MCDM approach for the evaluation of bike-share stations. *Journal of Cleaner Production*, 201, 49-60.
- Kabir, G. and Sumi, R. S. 2012. Selection of concrete production facility location integrating fuzzy AHP with TOPSIS method. *International Journal of Productivity Management and Assessment Technologies (IJPMAT)*, 1:1, 40-59.
- Kahraman, C., Cebeci, U. and Ruan, D. 2004. Multi-attribute comparison of catering service companies using fuzzy AHP: The case of Turkey. *International journal of production economics*, 87:2, 171-184.
- Kapluhan, E. 2014. Coğrafi bilgi sistemleri'nin (CBS) coğrafya öğretiminde kullanımının önemi ve gerekliliği. *Marmara Coğrafya Dergisi*:29, 34-59.
- Kapusuz, D. 2019. Bisküvi sanayi atıklarının yakıt amaçlı biyoetanól ve biyodizel üretiminde kullanımı. Karamanođlu Mehmetbey Üniversitesi
- Karakaşoğlu, N. 2008. Bulanık çok kriterli karar verme yöntemleri ve uygulama.
- Karasu, A. 2013. Çevresel atıklar, nedenleri, çevresel atıkların geri dönüştürülmesi ve yenilenebilir enerji olanaklarının araştırılması. Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
- Karim, R. and Karmaker, C. 2016. Machine selection by AHP and TOPSIS methods. *American Journal of Industrial Engineering*, 4:1, 7-13.

- Katırcıoğlu, F., Şen, M., Yüksel, O., Kelek, M. M. and Koyuncu, İ. 2018. FPGA-Based Design of Gaussian Membership Function for Real-Time Fuzzy Logic Applications.
- Kayapınar Kaya, S. 2020. Evaluation of the Effect of COVID-19 on Countries' Sustainable Development Level: A comparative MCDM framework. *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications*, 3:3, 101-122.
- Kemirtlek, A. 2005. Entegre katı atık yönetimi. *İstaç AŞ, İstanbul*.
- Khan, D., Kumar, A. and Samadder, S. 2016. Impact of socioeconomic status on municipal solid waste generation rate. *Waste Management*, 49, 15-25.
- Khan, S. and Haleem, A. 2021. Investigation of circular economy practices in the context of emerging economies: a CoCoSo approach. *International Journal of Sustainable Engineering*, 14:3, 357-367.
- Kieu, P. T., Nguyen, V. T., Nguyen, V. T. and Ho, T. P. 2021. A spherical fuzzy analytic hierarchy process (SF-AHP) and combined compromise solution (CoCoSo) algorithm in distribution center location selection: A case study in agricultural supply chain. *Axioms*, 10:2, 53.
- Kılıç, O. and Çerçioğlu, H. 2016. TCDD iltisak hatları projelerinin değerlendirilmesinde uzlaşık çok ölçütlü karar verme yöntemleri uygulaması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 31:1, 211-220.
- Kıyak, A. 2008. Coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak adapazarı ilinin mikro zemin parametre haritalarının hazırlanması. Sakarya Üniversitesi
- Kumar, V., Kalita, K., Chatterjee, P., Zavadskas, E. K. and Chakraborty, S. 2022. A SWARA-CoCoSo-based approach for spray painting robot selection. *Informatica*, 33:1, 35-54.
- Kutlu Gündoğdu, F. 2019. Generalization of intuitionistic, pythagorean, and neutrosophic fuzzy sets: spherical fuzzy sets and decision making. Fen Bilimleri Enstitüsü
- Kutlu Gündoğdu, F. and Kahraman, C. 2019. A novel VIKOR method using spherical fuzzy sets and its application to warehouse site selection. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 37:1, 1197-1211.
- Lansdowne, Z. F. and Woodward, B. S. 1996. Applying the Borda ranking method. *Air Force Journal of Logistics*, 20:2, 27-29.
- Lee, A. H., Chen, W.-C. and Chang, C.-J. 2008. A fuzzy AHP and BSC approach for evaluating performance of IT department in the manufacturing industry in Taiwan. *Expert systems with applications*, 34:1, 96-107.
- Lee, C. and Huffman, G. L. 1989. Incineration of solid waste. *Environmental Progress*, 8:3, 143-151.
- Lerche, N., Wilkens, I., Schmehl, M., Eigner-Thiel, S. and Geldermann, J. 2019. Using methods of multi-criteria decision making to provide decision support concerning local bioenergy projects. *Socio-Economic Planning Sciences*, 68, 100594.
- Li, Y. and Ge, X. 2016. *Advances in bioenergy*. Academic Press,
- Listyaningsih, V. and Utami, E. 2018. Decision support system performance-based evaluation of village government using AHP and TOPSIS methods: Secang sub-district of Magelang regency as a case study. *International Journal of Intelligent Systems and Applications*, 4:18-28.
- Lunenburg, F. C. (2010). The decision making process. National Forum of Educational Administration & Supervision Journal.

- Maguire, D. J. 1991. An overview and definition of GIS. *Geographical information systems: Principles and applications*, 1, 9-20.
- Maguire, D. J., Smith, R. and Kouyoumjian, V. 2008. *The business benefits of GIS: an ROI approach*. ESRI, Inc.,
- Mathew, M., Chakraborty, R. K. and Ryan, M. J. 2020. A novel approach integrating AHP and TOPSIS under spherical fuzzy sets for advanced manufacturing system selection [Article]. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 96.
- Mekonnen, F. H. 2012. Liquid waste management: the case of Bahir Dar, Ethiopia. *Ethiopian Journal of Health Development*, 26:1, 49-53.
- Metin, E., Eröztürk, A. and Neyim, C. 2003. Solid waste management practices and review of recovery and recycling operations in Turkey. *Waste management*, 23:5, 425-432.
- Mi, L., Liu, N. and Zhou, B. (2010). Disposal Methods for Municipal Solid Wastes and Its Development Trend. 2010 4th International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering, IEEE, 1-4.
- Mihaila, D., Ditoiu, V., Bistricean, P.-I. and Humeniuc, A. 2015. Dangerous waste incineration and its impact on air quality. Case study: the incinerator SC Mondeco SRL Suceava. *GEOREVIEW: Scientific Annals of Stefan cel Mare University of Suceava. Geography Series*, 25:1, 23-37.
- Misra, V. and Pandey, S. 2005. Hazardous waste, impact on health and environment for development of better waste management strategies in future in India. *Environment international*, 31:3, 417-431.
- Moustakas, K. and Loizidou, M. 2010. Solid waste management through the application of thermal methods. *Waste Manage.*
- Nanda, S. and Berruti, F. 2021. A technical review of bioenergy and resource recovery from municipal solid waste. *Journal of hazardous materials*, 403, 123970.
- Nemerow, N. L., Agardy, F. J., Sullivan, P. J. and Salvato, J. A. 2009. *Environmental engineering: environmental health and safety for municipal infrastructure, land use and planning, and industry*. John Wiley & Sons,
- Novák, V., Perfilieva, I. and Mockor, J. 2012. *Mathematical principles of fuzzy logic*. Springer Science & Business Media,
- Opricovic, S. and Tzeng, G.-H. 2004. Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. *European journal of operational research*, 156:2, 445-455.
- Othman, A. N., Naim, W. M. and Noraini, S. 2012. GIS based multi-criteria decision making for landslide hazard zonation. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 35, 595-602.
- Owusu-Nimo, F., Oduro-Kwarteng, S., Essandoh, H., Wayo, F. and Shamudeen, M. 2019. Characteristics and management of landfill solid waste in Kumasi, Ghana. *Scientific African*, 3, e00052.
- Önder, M. 2003. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) İçinde Sayısal Görüntü Verilerinin Et kinliği. *TUJK 2003 Yılı Bilimsel Toplantısı Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı*
- Pamučar, D., Vasin, L. and Lukovac, L. (2014). Selection of railway level crossings for investing in security equipment using hybrid DEMATEL-MARICA model. XVI international scientific-expert conference on railway, railcon, 89-92.
- Pandey, B. K., Vyas, S., Pandey, M. and Gaur, A. 2016. Municipal solid waste to energy conversion methodology as physical, thermal, and biological methods. *Curr Sci Perspect*, 2:2, 39-44.

- Pandey, D., Shukla, A. K. and Shukla, A. (2013). GIS: scope and benefits. International Conference on Advances in Engineering and Technology, 60-65.
- Phua, M.-H. and Minowa, M. 2005. A GIS-based multi-criteria decision making approach to forest conservation planning at a landscape scale: a case study in the Kinabalu Area, Sabah, Malaysia. *Landscape and urban planning*, 71:2-4, 207-222.
- Pile, S. and Demir, S. (2019). *Sıfır Atık*. Retrieved from ANKARA BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ ÇEVRE KORUMA VE KONTROL DAİRESİ BAŞKANLIĞI: https://www.ankara.bel.tr/files/8915/7293/4625/EVRE_BLGS.pdf
- Popović, M. 2021. An MCDM approach for personnel selection using the CoCoSo method. *Journal of process management and new technologies*, 9:3-4, 78-88.
- Rahimi, S., Hafezalkotob, A., Monavari, S. M., Hafezalkotob, A. and Rahimi, R. 2020. Sustainable landfill site selection for municipal solid waste based on a hybrid decision-making approach: Fuzzy group BWM-MULTIMOORA-GIS. *Journal of Cleaner Production*, 248, 119186.
- Saaty, T. L. 1996. *Decision making with dependence and feedback: The analytic network process*. RWS publications Pittsburgh,
- Saltabaş, F., Soysal, Y., Yıldız, Ş. and Balahorli, V. 2009. Evsel Katı Atık Termal Bertaraf Yöntemleri ve İstanbul'a Uygulanabilirliği. *Türkiye'de Katı Atık Yönetimi Sempozyumu*.
- SAMTAB (2016). Samsun ve Çevresi Turizm Alanı Altyapı Hizmet Birliği. Retrieved from <https://www.samtab.gov.tr/samsun-detay.asp?il=27-atakum>
- Sasikumar, K. and Krishna, S. G. 2009. *Solid waste management*. PHI Learning Pvt. Ltd.,
- Sayın, U. and Erdoğan, D. 2011. Atık yönetimde biyometanizasyon teknolojisi. *ÇEVRE VE ORMAN BAKANLIĞI ATIK YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI*.
- Seçme, N. Y., Bayrakdaroğlu, A. and Kahraman, C. 2009. Fuzzy performance evaluation in Turkish banking sector using analytic hierarchy process and TOPSIS. *Expert systems with applications*, 36:9, 11699-11709.
- Shahnazari, A., Rafiee, M., Rohani, A., Nagar, B. B., Ebrahimi, M. A. and Aghkhani, M. H. 2020. Identification of effective factors to select energy recovery technologies from municipal solid waste using multi-criteria decision making (MCDM): A review of thermochemical technologies. *Sustainable energy technologies and assessments*, 40, 100737.
- Shekdar, A. V. 2009. Sustainable solid waste management: An integrated approach for Asian countries. *Waste management*, 29:4, 1438-1448.
- Solak, S. G. and Pekküçükşen, S. 2018. Türkiye'de kentsel katı atık yönetimi: karşılaştırmalı bir analiz. *MANAS Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 7:3.
- Steiniger, S., Weibel, R. and Warf, B. 2010. GIS software: a description in 1000 words.
- Şahin, C. 2014. Sinop ili kentsel katı atık toplama ve taşıma optimizasyonu. On dokuz Mayıs Üniversitesi. *Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Samsun, 105s*.
- Şen, C. G. and Cenççi, D. 2009. An Integrated Approach to Determination and Evaluation of Production Planning Performance Criteria. *Journal of Engineering and Natural Sciences, Sigma*, 27, 1-19.
- Şen, Z. 2004. *Mühendislikte bulanık (fuzzy) mantık ile modelleme prensipleri*. Su Vakfı,
- Şener, Ş., Sener, E. and Karagüzel, R. 2011. Solid waste disposal site selection with GIS and AHP methodology: a case study in Senirkent–Uluborlu (Isparta) Basin, Turkey. *Environmental monitoring and assessment*, 173:1, 533-554.

- Şeremet, M. and Alaeddinoğlu, F. 2017. Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Etik Tartışmalar: Eleştirel CBS'ye Yönelik Bir Literatür Analizi. *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, 7:1/1, 187-194.
- Tecim, V. 1999. Bilgi teknolojilerinde yeni bir gelişme: Coğrafi bilgi sistemleri ve bilgi sistemleri arasındaki yeri. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14:1, 1-12.
- Tekel, A. 2007. Katı atık yönetimde stratejik planlama. *J. Contemp. Local Gov.* Available at: http://www.todaie.gov.tr/resimler/ekler/bb6b85270496544_ek.pdf.
- Tekeş, M. 2015. Çok ölçütlü karar verme yöntemleri ve Türk Silahlı Kuvvetleri'nde kullanılan tabancaların bulanık uygunluk indeksli analitik hiyerarşi prosesi ile karşılaştırılması. *Fen Bilimleri Enstitüsü*
- Tesic, D. Z. and Bozanic, D. I. 2018. Application of the MAIRCA method in the selection of the location for crossing tanks under water. *Tehnika*, 73:6, 860-867.
- Tian, X., Zhang, J. and Jin, X. (2020). Research on the Evaluation Model of Investment Benefits of Major Power Transmission and Transformation Projects Based on BWM and TOPSIS Methods. *E3S Web of Conferences, EDP Sciences*.
- Tom, A. P., Pawels, R. and Haridas, A. 2016. Biodrying process: A sustainable technology for treatment of municipal solid waste with high moisture content. *Waste management*, 49, 64-72.
- Tong, L.-I., Wang, C.-H. and Chen, H.-C. 2005. Optimization of multiple responses using principal component analysis and technique for order preference by similarity to ideal solution. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 27:3-4, 407-414.
- Triantaphyllou, E. 2000. *Multi-criteria decision making methods: A comparative study*. Springer, 5-21.
- TÜİK 2019. Türkiye İstatistik Kurumu.
- Ulutaş, A., Karakuş, C. B. and Topal, A. 2020. Location selection for logistics center with fuzzy SWARA and CoCoSo methods. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 38:4, 4693-4709.
- Uslu, A. 2015. İçme suyu dağıtım sistemi modellemesinde tasarım optimizasyonu Ondokuz Mayıs Üniversitesi Çevre Mühendisliği Ondokuz Mayıs Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı.
- Uyguçgil, H. 2011. Coğrafi Bilgi Sistemlerine Giriş. *Anadolu Üniversitesi, Açık Öğretim Fakültesi*. Yayın:1214.
- Vaissi, S. and Sharifi, M. 2019. Integrating multi-criteria decision analysis with a GIS-based siting procedure to select a protected area for the Kaiser's mountain newt, *Neurergus kaiseri* (Caudata: Salamandridae). *Global Ecology and Conservation*, 20, e00738.
- Velis, C., Longhurst, P. J., Drew, G. H., Smith, R. and Pollard, S. J. 2009. Biodrying for mechanical–biological treatment of wastes: A review of process science and engineering. *Bioresour. Technol.*, 100:11, 2747-2761.
- Villacreses, G., Gaona, G., Martínez-Gómez, J. and Jijón, D. J. 2017. Wind farms suitability location using geographical information system (GIS), based on multi-criteria decision making (MCDM) methods: The case of continental Ecuador. *Renewable energy*, 109, 275-286.
- Waite, R. 2013. *Household waste recycling*. Routledge,
- Yadav, R. 2015. Solid waste management. *Pollution Research*, 34:1, 93-102.

- Yanar, L. 2011. A Fuzzy Hybrid Decision Support Software Development for Multi-Criteria Decision Making Problems and an Application to Abrasive Water Jet. *İstanbul: Turkish Naval Academy.*
- Yazdani, M., Zarate, P., Zavadskas, E. K. and Turskis, Z. 2018. A Combined Compromise Solution (CoCoSo) method for multi-criteria decision-making problems. *Management Decision.*
- Yen, J. and Langari, R. 1999. *Fuzzy logic: intelligence, control, and information.* Prentice Hall Upper Saddle River, NJ,
- Yenidoğan, S. and Avcı, N. 2018. Basım Endüstrisinde Atık Yönetiminin İncelenmesi/Waste Management Examination for The Printing Industry. 6. *ULUSLARARASI MATBAA TEKNOLOJİLERİ SEMPOZYUMU.*
- Yıldız, Ş., Saltabaş, F., Balahorli, V., Sezer, K. and Yağmur, K. 2009. Organik Atıklardan Biyogaz Üretimi (Biyometanizasyon) Projesi–İstanbul Örneği. *Türkiye’de Katı Atık Yönetimi Sempozyumu, YTÜ, 15-17.*
- Yıldızbaşı, A. and Çalık, A. 2021. *Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri* Nobel Akademik Yayıncılık, 441-452
- Yomralıoğlu, T. 2002. *Coğrafi bilgi sistemleri: Temel kavramlar ve uygulamalar.* Karadeniz Teknik Üniversitesi,
- Yomralıoğlu, T. 2003. Coğrafi bilgi sistemi politikası. *TUJK CBS ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı, Konya.*
- Yüceil, K. 1997. Türkiye’de katı atık yönetimi ve geri kazanım. Fen Bilimleri Enstitüsü
- Zadeh, L. A. 2001. A new direction in AI: Toward a computational theory of perceptions. *AI magazine, 22:1, 73-73.*
- Zhang, C., Li, W. and Wang, L. (2011). AHP under the intuitionistic fuzzy environment. 2011 Eighth International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD), IEEE, 583-587.
- Zhao, J. and Bose, B. K. (2002). Evaluation of membership functions for fuzzy logic controlled induction motor drive. IEEE 2002 28th Annual Conference of the Industrial Electronics Society. IECON 02, IEEE, 229-234.
- Zhou, P., Ang, B. and Poh, K. 2006. Decision analysis in energy and environmental modeling: An update. *Energy, 31:14, 2604-2622.*
- Zimmermann, H. J. 2010. Fuzzy set theory. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics, 2:3, 317-332.*
- Zolfani, S. H., Ecer, F., Pamučar, D. and Raslanas, S. 2020. Neighborhood selection for a newcomer via a novel BWM-based revised MAIRCA integrated model: a case from the Coquimbo-La Serena conurbation, Chile. *International Journal of Strategic Property Management, 24:2, 102-118.*

ÖZ GEÇMİŞ

Başak BIYIK, 2014 yılında Samsun 19 Mayıs Anadolu Lisesi'ni bitirdikten sonra Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği'nden 2019 yılında mezun oldu. 2019 yılında OMÜ Akıllı Sistemler Mühendisliği Yüksek Lisans programını girdi.

İletişim Bilgileri

ORCID ID : 0000-0002-0648-7409

Yayınlanmış Çalışmalar:

1. Bir Hafif Raylı Ulaşım Sisteminde Bulanık Hata Türü ve Etkileri Analizi Uygulaması, International Congress on Human- Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications, July 5-7, 2019, Urgup, Nevşehir, Turkey.