



**TIBBİ ATIK BERTARAF TEKNOLOJİLERİNİN
HİBRİD HFLTS&MABAC YAKLAŞIMI
İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

Tuba ADAR

**Yüksek Lisans Tezi
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Yrd. Doç. Dr. Elif KILIÇ DELİCE
2017**

Her hakkı saklıdır

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**TIBBİ ATIK BERTARAF TEKNOLOJİLERİNİN HİBRİD
HFLTS&MABAC YAKLAŞIMI İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

Tuba ADAR

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ERZURUM

2017

Her hakkı saklıdır



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

**TIBBİ ATIK BERTARAF TEKNOLOJİLERİNİN HİBRİD HFLTS&MABAC
YAKLAŞIMI ile DEĞERLENDİRİLMESİ**

Yrd. Doç. Dr. Elif KILIÇ DELİCE'nin danışmanlığında Tuba ADAR tarafından hazırlanan bu çalışma ~~04/07/2017~~ tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda Yüksek lisans tezi olarak **oybirliği** (...../.....) ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Mehmet AKTAN

İmza : 

Üye : Yrd. Doç. Dr. Gökay AKKAYA

İmza : 

Üye : Yrd. Doç. Dr. Elif KILIÇ DELİCE

İmza : 

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu ~~06.07.2017~~ tarih ve ~~27~~ / ~~43~~ nolu kararı ile onaylanmıştır.



Prof. Dr. Cavit KAZAZ
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildiriş, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TIBBİ ATIK BERTARAF TEKNOLOJİLERİNİN HİBRİD HFLTS&MABAC YAKLAŞIMI İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Tuba ADAR

Atatürk Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Elif KILIÇ DELİCE

Üretilen tıbbi atık miktarı, sürekli artan nüfus dolayısıyla oluşan sağlık hizmetleri talebi ve kurulan yeni sağlık kuruluşları ile her geçen gün artmaktadır. Tıbbi malzemelerin tek kullanımlık olması da atık miktarının artmasının sebeplerinden biridir. Tıbbi atıklar, taşıdıkları birtakım risklerden dolayı özel muamele gerektirmektedir. Bu riskleri mümkün olduğunca azaltmaya çalışmak gelişmekte olan ülkelerin ortak bir sorunudur. Bu sorunu çözmek için tıbbi atık bertaraf yöntemleri arasında en uygununun seçilmesi son derece önemlidir. Birden fazla çelişen kriter ve bir grup uzmanın görüşleri dikkate alınarak, Tıbbi Atık Bertaraf teknolojileri arasında en iyi yöntemin seçilmesi çok önemli bir grup karar verme problemidir. Alternatif değerlendirmede kullanılan nitel ve nicel kriterlerin, içerdiği serbest içerikli terim seti ile insanın kararsız doğasına yakın ve esnek bir şekilde değerlendirilmesine imkân tanıyan Hesitant Fuzzy Linguistic Term Set (HFLTS) yöntemi son zamanlarda ilgi odağı olmuş bir dilsel terim setidir. Multi-Attributive Border Approximation Area Comparison (MABAC) yöntemi ise, basit işlem adımları ile Sınır Yaklaşım Alanına Uzaklığı Ölçerek Alternatif Değerlendirmeye Yarayan Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi (ÇKKV)'dir. Bu çalışmada, HFLTS ve MABAC yöntemlerinin bir hibridi olan yeni bir HFLTS&MABAC yöntemi önerilmiştir. İlk olarak, literatürde mevcut olan Tıbbi Atık Bertaraf teknolojisi değerlendirme kriterleri incelenmiş ve bu kriterlere literatürden farklı olarak Ergonomik kriterler eklenmiştir. Daha sonra, ana kriter ve alt kriter ağırlıkları çok kriterli HFLTS yöntemi ile elde edilmiş ve en iyi teknoloji MABAC yöntemi ile belirlenmiştir. Yöntemin geçerliliğini göstermek için HFLTS&TOPSIS ve HFLTS&VIKOR yöntemlerinden elde edilen sonuçlarla kıyaslanmıştır. Hesaplama sonucunda en yüksek ağırlığa sahip ana kriter çevresel faktörler (ÇF) ardından ekonomik faktörler (EK) çıkarken, alt kriterlerden gaz atıklar ve çevresel etkileri (GÇE) ve işletme maliyeti (İM) kriterleri çıkmıştır. Kullanılan yöntemler sonucunda diğer yöntemlere göre maliyeti az olan, çevre korumasına duyarlı ve bertaraf etkinliği yüksek olan Sterilizasyon teknolojisi seçilmiştir.

2017, 101 sayfa

Anahtar Kelimeler: Tıbbi atık yönetimi, Tıbbi atık bertaraf teknolojisi, HFLTS, MABAC, Çok kriterli karar verme

ABSTRACT

MS Thesis

EVALUATION OF HEALTHCARE WASTE TREATMENT TECHNOLOGIES VIA HIBRID HFLTS&MABAC APPROACH

Tuba ADAR

Ataturk University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Industrial Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Elif KILIÇ DELİCE

The amount of healthcare waste produced is increasing day by day with the demand for health services due to the ever-increasing population and the new health institutions established. Disposable medical supplies are also one of the reasons for the increase in the amount of waste. Developing countries share the common responsibility of trying to reduce the risks carried by medical wastes as much as possible as they require special treatment. In order to solve this problem, it is extremely important to select the most appropriate method from the healthcare waste treatment methods. It is a very important group decision problem to choose the best method among the healthcare waste treatment technologies by taking into consideration the multiple conflicting criteria and the opinions of a group of experts. The Hesitant Fuzzy Linguistic Term Set (HFLTS) method, which allows qualitative and quantitative criteria used in alternative evaluation to be assessed in a flexible and close way to unstable nature of the human being through a context-free grammar set of linguistic terms is a set of linguistic terms that has recently become the focus of attention. The Multi-Attributive Border Approximation Area Comparison (MABAC) method is a Multi-criteria Decision Making Method (MCDM) that is used to alternatively evaluate the distance to the border approximation area by simple process steps. This study proposes a new HFLTS & MABAC method is proposed, which is a hybrid of HFLTS and MABAC methods. Firstly, evaluation criteria of Healthcare Waste Treatment Technology which exists in the literature has been examined and ergonomic criteria has been added to these criteria different from the literature. Subsequently, the main criterion and the subcriterion weights have been obtained by the multi-criteria HFLTS method and the best technology has been determined by the MABAC method. They have been compared to the results obtained by HFLTS&TOPSIS and HFLTS&VIKOR methods to demonstrate the validity of the method. As a result of the calculation, the main criteria with the highest weight were economic factors followed by environmental factors, while the sub criteria had gas waste and environmental impacts and operating cost criteria. Consequently, Sterilization technology which costs less than other methods, is sensitive to environmental protection and has high disposal efficiency has been chosen.

2017, 101 pages

Keywords: Healthcare waste management, Healthcare waste treatment technology, HFLTS, MABAC, Multi-criteria decision making method

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim boyunca ve tez sürecinde her türlü yardım ve fedakârlığı sağlayan, güler yüzü, bilgisi, önerileri ve tecrübeleriyle yolumu aydınlatan danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Elif KILIÇ DELİCE'ye teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışma sürecinde verileri toplamam hususunda yardımlarını esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Filiz Nuran ACAR'a, Sayın Yrd. Doç. Serkan BAYAR'a ve Sayın Arş. Gör. İbrahim CENGİZ'e, Çevre Mühendisi Sayın Emre ERDOĞAN'a, Fatih DENİZLİ'ye, Yusuf GÖDEKMERDAN'a ve Elmas KIZILHAN'a teşekkür ederim.

Her zaman samimiyetleri ve yardımlarıyla yanımda olan Emre KARADAĞ'a ve canım arkadaşım Elif TORLAK'e teşekkür ederim.

Çalışmamı, bugünlere gelmemde çok emeği olan, bu süreçte ve öncesinde maddi ve manevi desteklerini benden esirgemeyen canım aileme ithaf ederim.

Tuba ADAR

Haziran, 2017

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	5
2.1. Tıbbi Atık Bertaraf Teknoloji Seçim Çalışmaları	5
2.2. MABAC Metodu Çalışmalar.....	7
2.3. HFLTS Yöntemi Çalışmaları	10
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	19
3.1. Tıbbi Atıklar	19
3.1.1. Tıbbi atık sınıflandırması	20
3.1.2. Tıbbi atıkların etkileri.....	22
3.1.3. Tıbbi atık işlem süreci	23
3.1.4. Tıbbi atık miktarı.....	26
3.2. Tıbbi Atık Bertaraf Teknolojileri	26
3.2.1. Yakma	27
3.2.2. Buharlı sterilizasyon.....	28
3.2.3. Mikrodalga	29
3.2.4. Depolama.....	30
3.3. Karar Verme	31
3.4. Çok Kriterli Karar Verme.....	32
3.4.1. Çok amaçlı karar verme	33
3.4.2. Çok ölçütlü karar verme	34
3.5. HFLTS Gelişimi	35
3.6. HFLTS Temel İşlemler	36
3.6.1. Çok kriterli HFLTS yöntemi	38

3.7. MABAC Metodu	41
3.7.1. Yeni bir hibrid HFLTS&MABAC yöntemi	46
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	49
4.1. Tıbbi Atık Bertaraf Teknolojisi Seçim Kriterleri	49
4.2. Uygulama	52
4.2.1. HFLTS yöntemi ile ana kriterlerin ağırlıkları hesabı	53
4.2.2. Alt Kriterler için HFLTS kullanılarak kriter ağırlıkları hesaplama	59
4.2.3. MABAC yöntem adımları	80
4.3. Karşılaştırmalı Analiz.....	85
5. SONUÇ	88
KAYNAKLAR	91
EKLER	97
EK 1.....	97
EK 2.....	98
EK 3.....	101
ÖZGEÇMİŞ	102

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

C_i^*	İdeal çözüme göreli yakınlık değerleri
S_i^-	Negatif ideal ayırım ölçüsü
S_i^*	Pozitif ideal ayırım ölçüsü
x_i^+	Alternatiflere göre gözlemlenen kriterlerin maksimum değeri
x_i^-	Alternatiflere göre gözlemlenen kriterlerin minimum değeri
C_n	n. Kriter
G^+	Üst yaklaşım alanı
G^-	Alt yaklaşım alanı
H_{s^+}	HFLTS için üst sınır
H_{s^-}	HFLTS için alt sınır
P_c^+	İyimser toplam tercih
P_c^-	Kötümser toplam tercih
Q_i	maksimum grup faydası
n_{ij}	Normalize edilmiş matris elemanları
n_{ij}	Normalize matris elemanlar
p_i^+	İyimser tercih
p_i^-	Kötümser tercih
p_{ij}^{k+}	Zarfın üst sınır değeri
p_{ij}^{k-}	Zarfın alt sınır değeri
q_i	Alternatiflerin sınır yaklaşım alanından uzaklık değerleri
w_i	Kriter ağırlıkları
x_j	j. kritere göre i. alternatifin değeri
Δ	Aralık değere dönüştürme fonksiyonu
μ_n	Üyelik fonksiyonları
A_i	i. alternatif
Env	Zarflama operatörü
G	Sınır yaklaşım alan matrisi
g	Dilsel terim seti eleman sayısı

G_H	Serbest içerikli terim seti dönüşüm fonksiyonu
h	Dönüşüm fonksiyonu
h_M	M ile ilişkili HFS
I	Başlangıç sembolü
M	Üyelik fonksiyonları kümesi
N	Normalize edilmiş matris
Neg	Negatiflik operatörü
P	Serbest içerikli terim seti için üretim kuralı
Q	Alternatiflerin sınır yaklaşım alanından uzaklık matrisi
S	Dilsel ve simgesel terim seti
s_g	Dilsel terim seti elemanları
s_j	Dilsel terim setinin j. elemanı
v	Grup faydası değeri
V	Ağırlıklandırılmış matris
V_N	Bağıntısız sembollerin terim seti,
V_T	Bağıntılı sembollerin terim seti
X	Referans bir set
φ	Dilsel veri birleştirme operatörü

Kısaltmalar

AHP	Analytic Hierarchy Process
ANP	Analytic Network Process
ÇKKV	Çok Kriterli Karar Verme
ÇÖKV	Çok Ölçütlü Karar Verme
DEMATEL	Decision Making Trial and Evaluation Laboratory
DHHFLTS	Double Hierarchy Hesitant Fuzzy Linguistic Term Set
EHFLTS	Extended Hesitant Fuzzy Linguistic Term Set
ELECTRE	Elimination et Choix Traduisant la Réalité
EPA	Environmental Protection Agency

GLHFHWA	The Generalized Linguistic Hesitant Fuzzy Hybrid Weighted Averaging
GLHFHGM	The Generalized Linguistic Hesitant Fuzzy Hybrid Geometric Mean
HFL-AQM	Hesitant Fuzzy Linguistic alternative Queuning Method
HFLE	Hesitant Fuzzy Linguistic Elements
HFLT	Hesitant Fuzzy Linguistic Term
HFLTS	Hesitant Fuzzy Linguistic Term Set
HFLTSS	Hesitant Fuzzy Linguistic Term Soft Set
HFS	Hesitant Fuzzy Set
HIV	Human Immunodeficiency Virus
HTEA	Hata türü etkileri analizi
KFY	Kalite Fonksiyon Yayılımı
KV	Karar verici
MABAC	Multi-Attributive Border Approximation Area Comparison
MULTIMOORA	Multi-Objective Optimization by Ratio Analysis
OWA	Ordered Weighted Averaging
PHFLTS	Proportional Hesitant Fuzzy Linguistic Term Set
PLTS	Probabilistic Linguistic Term Set
TAKY	Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği
TODIM	An Acronym in Portuguese for Iterative Multi-criteria Decision Making
TOPSIS	Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
VIKOR	Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Atık işlem süreci	25
Şekil 3.2. İdeale yaklaşım alanlarının gösterimi	45
Şekil 3.3. Önerilen yöntem adımları	48
Şekil 4.1. Tıbbi atık bertaraf teknolojisi seçim kriterleri hiyerarşik yapı	50



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Sağlık kuruluşları tarafından üretilen atık grupları.....	21
Çizelge 3.2. 2010-2014 yılları Tıbbi atık istatistikleri.....	26
Çizelge 3.3. ÇAKV ve ÇÖKV karşılaştırması.....	34
Çizelge 4.1. Ana kriterler için uzmanlar tarafından belirlenen tercih ilişkileri	54
Çizelge 4.2. HFLTS'ler için elde edilen zarflar (ana kriterler).....	56
Çizelge 4.3. Dilsel terimler için skala.....	57
Çizelge 4.4. Ana kriterler için kötümser toplam tercih.....	57
Çizelge 4.5. Ana kriterler için iyimser toplam tercih	58
Çizelge 4.6. Ana kriterler için dilsel aralık değerler ve ağırlıklar	58
Çizelge 4.7. Ekonomik faktör alt kriterleri tercih ilişkileri.....	60
Çizelge 4.8. Ekonomik faktör alt kriterleri için zarflar.....	60
Çizelge 4.9. Ekonomik faktör alt kriterleri için kötümser toplam tercih.....	61
Çizelge 4.10. Ekonomik faktör alt kriterleri için iyimser toplam tercih.....	61
Çizelge 4.11. Ekonomik faktör alt kriterleri için dilsel aralık değerleri ve ağırlıklar.....	62
Çizelge 4.12. Çevresel faktör alt kriterleri tercih ilişkileri	62
Çizelge 4.13. Çevresel faktör alt kriterler için zarflar	63
Çizelge 4.14. Çevresel faktör alt kriterler için kötümser toplam tercih.....	63
Çizelge 4.15. Çevresel faktör alt kriterler için iyimser toplam tercih.....	64
Çizelge 4.16. Çevresel faktör alt kriterler için dilsel aralık değerleri ve ağırlıklar	64
Çizelge 4.17. Teknik faktör alt kriterleri için belirlenen tercih ilişkileri.....	64
Çizelge 4.18. Teknik faktör alt kriterleri için belirlenen zarflar	65
Çizelge 4.19. Teknik faktör alt kriterleri için kötümser toplam tercih	66
Çizelge 4.20. Teknik faktör alt kriterleri için iyimser toplam tercih	67
Çizelge 4.21. Teknik faktör alt kriterleri için dilsel aralık değerler ve ağırlıklar	67
Çizelge 4.22. Sosyal faktör alt kriterleri için belirlenen tercih ilişkileri.....	67
Çizelge 4.23. Sosyal faktör alt kriterleri için belirlenen zarflar.....	68
Çizelge 4.24. Sosyal faktör alt kriterleri için kötümser toplam tercih.....	69
Çizelge 4.25. Sosyal faktörler alt kriterleri için iyimser toplam tercih.....	69
Çizelge 4.26. Sosyal faktörler alt kriterleri için dilsel aralık değerler ve ağırlıklar.....	69

Çizelge 4.27. Ergonomik faktör alt kriterleri için uzmanlar tarafından belirlenen tercih ilişkileri (KV1)	69
Çizelge 4.28. Ergonomik faktör alt kriterleri için uzmanlar tarafından belirlenen tercih ilişkileri (KV2)	70
Çizelge 4.29. Ergonomik faktör alt kriterleri için uzmanlar tarafından belirlenen tercih ilişkileri (KV3)	71
Çizelge 4.30. Ergonomik faktör alt kriterleri için uzmanlar tarafından belirlenen tercih ilişkileri (KV4)	72
Çizelge 4.31. Ergonomik faktör alt kriterleri için uzmanlar tarafından belirlenen tercih ilişkileri (KV5)	73
Çizelge 4.32. Ergonomik faktör alt kriterleri için belirlenen zarflar (KV1- KV2).....	74
Çizelge 4.33. Ergonomik faktör alt kriterleri için belirlenen zarflar (KV3- KV4).....	75
Çizelge 4.34. Ergonomik faktör alt kriterleri için belirlenen zarflar (KV5).....	76
Çizelge 4.35. Ergonomik faktör alt kriterleri için kötümser toplam tercih.....	77
Çizelge 4.36. Ergonomik faktör alt kriterleri için iyimser toplam tercih.....	77
Çizelge 4.37. Ergonomik faktör alt kriterleri için dilsel aralık değerler ve ağırlıklar ...	78
Çizelge 4.38. Kriter ağırlıkları	79
Çizelge 4.39. Alternatif değerlendirmede kullanılacak skala	80
Çizelge 4.40. Beş karar vericinin dilsel değerlendirme verileri.....	80
Çizelge 4.41. Beş karar vericinin sayısal değerlendirme verileri	81
Çizelge 4.42. Tıbbi atık bertaraf teknoloji seçimi karar matrisi	82
Çizelge 4.43. Normalize karar matrisi	83
Çizelge 4.44. Ağırlıklandırılmış Normalize karar matrisi	83
Çizelge 4.45. Alternatiflerin sınır yaklaşım alan matrisi	84
Çizelge 4.46. Alternatiflerin sınır yaklaşım alanından uzaklıkları	84
Çizelge 4.47. Alternatif değerleri.....	84
Çizelge 4.48. HFLTS&TOPSIS yöntemi hesaplama sonuçları.....	85
Çizelge 4.49. HFLTS&VIKOR yöntemi duyarlılık analizi sonuçları	86
Çizelge 4.50. Karşılaştırmalı analiz sonuçları	87

1. GİRİŞ

Günümüzde üretilen tıbbi atık miktarı, sürekli artan nüfus dolayısıyla oluşan sağlık hizmetleri talebi ve kurulan yeni sağlık kuruluşları ile artmaktadır. Bununla birlikte tıbbi malzemelerin tek kullanımlık olması da atık miktarının artmasının sebeplerinden biridir (Shi *et al.* 2017). Tıbbi atıklar, hastaneler ve klinikler, diyaliz merkezleri, toplum sağlığı merkezleri, morglar ve otopsi merkezleri, tıbbi araştırma merkezleri, ambulans hizmetleri, fizik tedavi merkezleri, eczaneler, hayvanat bahçeleri, veteriner poliklinikleri gibi birçok sağlık kuruluşunda üretilmektedir.

Tıbbi atık, her türlü sağlık kuruluşlarından kaynaklanan patolojik ve patolojik olmayan, enfekte, kimyasal ve farmasötik atıklar ile kesici-delici malzemelerdir. Bu atıklar, enfeksiyona neden olabilen patojenler içermekte, kalıtsal yapı üzerinde değişikliklere neden olabilmekte, toksik ya da tehlikeli kimyasal veya farmasötik maddeleri ayrıca kesici malzemeleri içerdiğinden dolayı insan sağlığı için tehlike arz etmektedir. Sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıklar düzenli bir şekilde toplanıp bertaraf edilmez ve atık yönetimi uygulamaları yetersiz kalırsa, insanların fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak alışveriş içinde bulunduğu ortam olan çevre ve insan sağlığı arasındaki ilişki bozularak her iki tarafta olumsuz etkilenir.

İnsan sağlığı ve çevrenin korunması için tıbbi atıklar, uygun bir şekilde toplandıktan sonra bertaraflarının yönetmeliğe uygun olarak yapılması gerekmektedir. Tıbbi atıkların yasal bertaraf metotları Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından, 22/07/2005 tarih ve 25883 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanarak yürürlüğe giren “Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği’nde sıralanmıştır. Sağlık kuruluşlarının faaliyetleri sonucu oluşan tıbbi atıklar, üretildikleri yerlerde ayrı toplanması, sağlık kuruluşu içinde taşınması, geçici olarak depolanması, tıbbi atık işleme tesisine taşınması ve bertaraf edilmesi süreçlerinden geçmektedir. Tıbbi atıklar diğer atıklardan ayrı olarak toplanmalı ve taşınmalıdır (TAKY 2005)

Tıbbi atıkların bertarafında kullanılacak birden fazla teknoloji bulunmaktadır. Tıbbi atık için en uygun bertaraf yönteminin seçilerek etkin bir şekilde atığın bertaraf edilmesini sağlamak insan sağlığı ve çevre açısından oldukça önemlidir. Bertaraf için kullanılacak birden fazla alternatiften en iyisini seçmek ise önemli bir karar verme problemidir. Çünkü bertaraf yöntemlerinin avantaj ve dezavantajları bulunmakla birlikte seçim sürecinde birden fazla birbiriyle çelişen kriter söz konusudur.

Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri, birbiriyle çelişen birden fazla kriteri ve konu ile ilgili uzman karar verici görüşleri dikkate alınarak birden fazla alternatif içerisinde en uygun olan alternatifi seçimini sağlayan karar verme yöntemleridir.

Literatürde çok sayıda ÇKKV yöntemi bulunmaktadır. Bu yöntemlerden biri de (Rodriguez *et al.* 2012) tarafından geliştirilen ve temeli bulanık dil bilgisine dayanan Kararsız Bulanık Dilsel Terim Seti-Hesitant Fuzzy Linguistic Term Set (HFLTS)'dir. HFLTS yöntemini diğer yöntemlerden ayıran özelliği karar vericinin Serbest-içerikli dilsel terim setleri kullanılarak görüşlerini ifade etmesinde zenginlik ve farklı ifadeler kullanma esnekliği sağlamasıdır. Başka bir ifadeyle, insanlar tarafından kullanılan ifadelerle yakın olan karşılaştırmalı terimlere dayanan dilbilimsel ifadelerin değerlendirilmesini sağlayan bir çok kriterli dilsel karar verme modelidir.

Diğer bir ÇKKV yöntemi ise Çok Ölçütlü Sınır Yaklaşım Alan Karşılaştırması- Multi-attributive Border Approximation Area Comparison (MABAC)'tir. Yeni bir çok kriterli karar verme yöntemi olan MABAC yöntemi ile, gözlemlenen alternatiflerin her biri için kriter değerlerinin negatif ideal alan ve pozitif ideal alana yakınlığı bulunur. Bu yakınlık, bu iki alan arasında mevcut olan sınır yaklaşım alanından alternatiflerin uzaklığına göre belirlenmektedir. MABAC yöntemi, basit hesaplama prosedürü ve çözümün tutarlılığı nedeniyle rasyonel karar verme için güvenilir bir araçtır.

Bu çalışmada amaç, istatistik verilerine göre değişen nüfusa bağlı olarak artan tıbbi atıkların zararlı etkilerini en aza indirecek olan ve çeşitlilik gösteren tıbbi atık bertaraf teknolojileri içerisinde birden fazla birbiriyle çelişen kriter göz önünde bulundurularak

en uygun bertaraf yöntemini seçmektir. Bu nedenle alternatif değerlendirmede kullanılan nitel ve nicel kriterlerin, insanın kararsız doğasına yakın esnek bir dilsel terim seti kullanılarak değerlendirilmesine imkân tanıyan Kararsız Bulanık Dilsel Terim Seti (HFLTS) yöntemi ile basit işlem adımları ile ideale yakınlığı belirleyen sınır yaklaşım alanına uzaklığı ölçerek alternatif değerlendirmeye yarayan Çok Ölçütlü Sınır Yaklaşım (MABAC) yöntemlerinin hibridi olan yeni bir Çok Kriterli HFLTS&MABAC yaklaşımı önerilmiştir. Önerilen yöntem olan HFLTS&MABAC yaklaşımı ile önce kriter ağırlıkları ardından, alternatif sırası elde edilmiştir.

Bu yöntemden elde edilen sonuçlar, HFLTS&TOPSIS ve HFLTS&VIKOR hibrid yöntemleri sonuçları ile karşılaştırılarak çok kriterli hibrid HFLTS&MABAC yaklaşımının doğruluğu ve etkinliği gösterilmeye çalışılmıştır.

Sağlık kuruluşu içerisinde ve tıbbi atık bertaraf tesisinde çalışan kişilerin güvenliğini sağlama, fiziksel ve ruhsal sağlıklarını koruma, kullanılan ekipmanların kullanım kolaylığını sağlama ve iş tatmini sağlama konuları ergonomi kapsamında olduğundan dolayı, tıbbi atık bertaraf etme teknolojileri seçimi için literatürde ele alınan ekonomik, sosyal, çevresel ve teknik faktörlere, insanın olduğu her yerde dikkat edilmesi gereken ergonomik faktörlerde eklenerek bir yenilik getirilmiştir. Bu sayede mevcut literatürden daha farklı bir bakış açısı ile tıbbi atık bertaraf teknolojileri değerlendirilmiştir. Çalışmada, tıbbi atık bertaraf teknolojisi seçimi için ekonomik faktörler (EF), çevresel faktörler (ÇF), teknik faktörler (TF), sosyal faktörler (SF) ve ergonomik faktörler (ERF) olmak üzere 5 ana kriter ve 19 tane alt kriter belirlenmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde çok kriterli karar verme yöntemleri ile yapılan tıbbi atık bertaraf teknoloji seçim problemi uygulamaları ile ilgili, MABAC yöntemi ve HFLTS ile yapılan çalışmalar ile ilgili literatür taraması yapılmıştır. Üçüncü bölümde tıbbi atıklar ile ilgili tanımlamalar, tıbbi atık kategorileri, tıbbi atık işlem süreci ve atık miktarları ile ilgili bilgi verildikten sonra, tıbbi atık bertaraf teknoloji alternatifleri olan yakma, buharlı sterilizasyon, mikrodalga ve depolama yöntemlerinin avantaj-dezavantajları verilmiştir. Üçüncü bölüm içerisinde ÇKKV ve bu çalışmada

kullanılacak olan HFLTS ile MABAC yöntemleri detaylı bir şekilde anlatıldıktan sonra önerilen hibrid yöntem adımlarına yer verilmiştir. Dördüncü bölümde önerilen yöntem kullanılarak tıbbi atık bertaraf teknolojisi seçimi için yapılan uygulama çalışması gösterilmiştir. Önerilen yöntem sonucu alternatif sırası HFLTS&TOPSIS ve HFLTS&VIKOR yöntem sonuçları ile karşılaştırılarak analiz edilmiştir. Çalışmanın son bölümünde ise elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır.



2. KAYNAK ÖZETLERİ

Bu çalışma kapsamında literatür taraması üç ayrı konu ile ilgili yapılmıştır:

- ÇKKV yöntemlerini kullanarak tıbbi atık bertaraf teknolojisi seçimi konusunda yapılan çalışmalar,
- MABAC yöntemi ile ilgili yapılan çalışmalar,
- HFLTS ile ilgili çalışmalar.

2.1. Tıbbi Atık Bertaraf Teknoloji Seçim Çalışmaları

Literatürde geçen, ÇKKV yöntemleri kullanılarak Tıbbi Atık Bertaraf Teknolojisi değerlendirme konusu ile ilgili yapılan çalışmalar çok az sayıdadır. Aşağıda tarih sırasına göre yapılan çalışmalar verilmiştir.

Brent *et al.* (2007), çalışmasında, sistem içinde hastaların ve çalışanların enfeksiyon riskini en aza indirmek amacıyla tıbbi atık yönetimi sistemlerinin kurulması ve optimize edilmesi için ÇKKV yöntemlerinden Analytical Hierarchy Process (AHP) yöntemini kullanmıştır.

Karadayı (2009), doktora çalışmasında İstanbul için tıbbi atık bertaraf teknolojilerini Bulanık Hiyerarşik TOPSIS yöntemini kullanarak değerlendirmiş ve buharlı sterilizasyon yöntemi, mikrodalga, yakma ve depolama şeklinde alternatif sırası elde etmiştir.

Dursun *et al.* (2010), İstanbul için tıbbi atık bertaraf yöntemlerini değerlendirmede hiyerarşik mesafeye dayalı bulanık çok kriterli grup karar verme yöntemi kullanmıştır.

Karagiannidis *et al.* (2010), çalışmasında, Makedonya'da enfeksiyöz hastane atıkları için uygulanan ve gelecekte uygulanacak bertaraf yöntemlerini incelemiştir. Üretilen

atık miktarları ve bertaraf maliyetlerini eleştirel bir şekilde dikkate alarak Yunanistan'daki atık bertaraf durumunu incelemiştir. Bölgede uygulanabilecek ısıtma işlem prosesleri, ÇKKV yöntemlerinden Analytical Hierarchy Process (AHP) yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir.

Dursun *et al.* (2011), tıbbi atık bertaraf teknolojisi seçim problemini çok seviyeli bir hiyerarşik yapıya sahip seçim problemi olarak ele almış ve kriterlerin karşılıklı bağımsızlığı varsayımını gerekli kılmayan bulanık ölçüm ve bulanık integral ilkelerine dayalı bir yaklaşım önermiştir. Uzaklığa dayalı hiyerarşik Bulanık TOPSIS yöntemi ile karşılaştırmalı analiz yaparak sonuçların tutarlılığını göstermiştir.

Dursun *et al.* (2011), tıbbi atık bertaraf teknolojilerini değerlendirmede Bulanık ölçüm ve Bulanık integral prensiplerine dayalı bulanık bir ÇKKV çerçevesi sunmuştur. Karar verici görüşlerinin birleştirilmesinde Ordered Weighted Averaging (OWA) operatörü kullanılmıştır. Yakma, mikrodalga, sterilizasyon ve düzenli depolama alternatiflerini ekonomik, teknik, çevresel ve sosyal ölçütler açısından değerlendirmiştir.

Liu *et al.* (2013), karar vericilerin bireysel görüşlerini bir grup kararı haline getirmek için OWA yöntemini kullanmıştır. Tıbbi atık bertaraf teknolojisi seçim uygulamasını Çin'in Şanghai şehrinde yapmıştır. Çalışmada Bulanık küme teorisine dayalı yeni bir ÇKKV tekniği ve tıbbi atık bertaraf teknolojilerini değerlendirmek için VIKOR yöntemi kullanmıştır. Alternatif olarak; yakma, buhar sterilizasyonu, mikrodalga ve düzenli depolama yöntemlerini ele almışlar ve çalışmalarını sonucunda en önemli kriter ekonomik kriter, en uygun yöntem ise buharlı sterilizasyon çıkmıştır.

Özkan (2013), Türkiye'de sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıkların yönetiminin mevcut durumunu analiz etmiştir ve en uygun bertaraf yöntemini seçmek için Analytic Network Process (ANP) ve Elimination et Choix Traduisant la Réalité (ELECTRE) ÇKKV tekniklerini kullanmıştır.

Liu *et al.* (2014), tıbbi atık bertaraf teknolojilerini değerlendirmek için Aralık 2-tuple dilsel değişken temelli Multi-Objective Optimization by Ratio Analysis (MULTIMOORA) yöntemini önermiştir. Önerilen bu yöntemi Çin'in Shanghai şehrinde teknoloji seçimi için uygulamıştır, çalışma sonucunda belirsiz ve eksik bilgi ortamında tıbbi atık bertaraf teknolojisi seçim problemi için etkin bir çözüm sunduğunu göstermiştir.

Ciplak (2015), Batı Karadeniz Bölgesi için ekonomik, sosyal, çevresel ve teknik kriterleri göz önünde bulundurarak mümkün olan en iyi tıbbi atık bertaraf teknolojisi seçimini yapmıştır. Çalışmada, farklı teknoloji seçeneklerinden oluşan üç farklı tıbbi atık yönetimi senaryosu geliştirmiş ve "Right Choice" adlı bilgisayar yazılımından faydalanarak göreceli önem düzeylerini elde etmiştir. Çalışma sonucunda enerji geri dönüşümlü depolama ile merkezi olmayan otoklav teknolojisi optimum seçenek olarak seçilmiştir.

Liu *et al.* (2015), tıbbi atık bertaraf teknolojilerini değerlendirmede kriter ağırlıklarını bulmak için 2-tuple Decision Making Trial and Evaluation Laboratory (DEMATEL) ve alternatifleri sıralamada Bulanık MULTIMOORA kullanmıştır.

Shi *et al.* (2017), tıbbi atık bertaraf teknolojilerini Bulut modeli ve MABAC metodunu entegre ederek değerlendirmiştir. Çalışmada, aralık dilsel 2-tuple değişkenler kullanılarak karar vericilerin göreceli ağırlıkları elde edilmiştir ve MABAC metodu ile alternatifler sıralanmıştır.

2.2. MABAC Metodu Çalışmalar

MABAC yöntemi Belgrad'da Savunma Üniversitesi'nin araştırma merkezinde geliştirilmiştir. Pamučar and Ćirović (2015) tarafından yeni bir yöntem olarak önerilen MABAC yöntemi lojistik merkezlerinde forklift alımı için yatırım kararları verme süreci uygulamasında kullanılmıştır. Diđer uygulama alanları; hata türü etkileri analizi,

tıbbi atık bertaraf teknolojisi seçimi, yer seçimi, malzeme seçimi ve aday seçim problemleridir.

Literatürde olan MABAC yöntemi çalışmaları şu şekildedir:

Pamućar and Ćirović (2015), lojistik merkezlerinde forklift alımı için yatırım kararları verme süreci uygulamasını göstermektedir. Kriter ağırlıkları DEMATEL yöntemiyle elde edilmiştir ve alternatif sıralaması için MABAC metodu kullanılmıştır. Yeni bir yöntem olan MABAC metodunu için duyarlılık analizi yapılmıştır. Kriter ağırlıkları değiştirilerek sonuçların analizi yapılmıştır. Ayrıca diğer yöntemler ile karşılaştırılarak MABAC metodunun rasyonel karar verme için yararlı ve güvenilir bir araç olduğu gösterilmiştir.

(Pamućar *et al.* 2016), askeri gemilerin gizlenmesi, korunması ve manevrasının yapılacağı tesis için yer seçiminde FAHP (Fuzzy AHP) ve MABAC hibrid yöntemini kullanmışlardır. Bulanık AHP kriter ağırlıklarını bulmada, MABAC yöntemi alternatif sıralamasında kullanmışlardır.

Peng and Dai (2016), bilgi kaybını azaltacak tek-değerli *neutrosophic* mesafe ölçüsü ve benzerlik ölçüsü sunmuş ve yeni bir skor fonksiyonu önermiştir. Ardından, yeni metodolojiye dayalı TOPSIS, MABAC ve benzerlik ölçüsü olarak üç algoritma ve yaklaşımların etkinlik ve uygulanabilirliği iki sayısal örnekle gösterilmiştir.

Peng and Yang (2016), çalışmalarında, sadece elemanların önem derecelerini göz önünde bulundurmeyen aynı zamanda elemanlar arasındaki korelasyonu da dikkate alan, Pisagor Bulanık *Choquet* İntegral ortalama operatörü ve Pisagor Bulanık *Chouquet* İntegral geometrik ortalama operatörü gibi integral operatörleri önermişlerdir. Pisagor Bulanık ortamda MABAC metodu genişletilmiştir ve iki sayısal örnek ile yöntem test edilmiştir.

Roy *et al.* (2016), kaba sayı temelli AHP ve MABAC yöntemlerini entegre ederek belirsiz bir ortamda Hindistan'daki sağlık turizmi için en uygun şehirleri değerlendirmiştir. Kaba sayı, sınırlı bilgiden dolayı karar vermede ve belirsizlikle baş etmede bireysel kararları birleştirmek için kullanılmıştır. Kaba sayılı AHP, kriterlerin görelî önem derecelerini belirlemede, Kaba sayılı MABAC yöntemi ise kriter ağırlıklarına dayanarak alternatif sırasını bulmada kullanılmıştır. Önerilen metodoloji, Hindistan'daki sağlık hizmeti için farklı şehirleri göz önüne alan bir vaka çalışmasıyla gösterilmiştir.

Roy *et al.* (2016), tarafından bir yazılım şirketi için en uygun adayın değerlendirilmesi ve seçilmesinde *Trapezoidal* Aralık Tip-2 Bulanık sayılara dayanan MABAC yöntemi geliştirilmiş ve uygulanmıştır.

Xue *et al.* (2016), tarafından yapılan çalışmada ürün tasarımında en uygun malzemenin seçimi için aralık değerli sezgisel bulanık kümeler ve MABAC yöntemi kullanılmıştır. Kriter ağırlıklarını belirlemede doğrusal program modeli oluşturulmuştur. Alternatif seçiminde ise Aralık Değerli Sezgisel Bulanık Temelli genişletilmiş MABAC yöntemi kullanılmıştır. İki ayrı malzeme seçim örneği ile modelin uygulanabilirliği ve etkinliği gösterilmiştir.

Yu *et al.* (2016), tarafından aralık Tip-2 bulanık sayıların olasılığına dayanan MABAC yöntemi geliştirilmiştir ve turizm web sitesinden otel seçim örneğinde yöntem gösterilmiştir. Tip-1 bulanık kümelerin uzantısı olarak, aralık Tip-2 bulanık kümeler belirsizlikleri modellemek için kullanılmaktadır.

Delice and Can (2017), çalışmalarında mevcut yöntemdeki eksiklikleri gidererek HTEA'nın performansını iyileştirecek, Hata türü etkileri analizi (HTEA) ve MABAC yöntemini birleştiren yeni bir yaklaşım sunmuştur. İlk olarak risk faktörleri için hata türlerinin önem ağırlıklarını, risk faktörlerini ve performans değerlerini belirlemişlerdir. Ardından hata türlerinin önceliklerini MABAC yöntemi ile bulmuşlardır. Çalışma

sonunda, önerilen yöntem olan Stokastik HTEA&MABAC etkinliği karşılaştırmalı analizlerle gösterilmiştir.

Gigović *et al.* (2017), kurulacak rüzgâr çiftliğinin yer seçimi probleminde ekonomik, sosyal ve çevresel grupları kapsamında on bir tane kriteri göz önünde bulundurmıştır. Kriterlerin ağırlıklarının bulunmasında DEMATEL-ANP yöntemini kullanırken alternatiflerin sıralanmasında MABAC metodunu kullanmıştır. Sırbistan'ın Voyvodina eyaletinde uygulama yapılmıştır ve duyarlılık analizi ile de modelin uygunluğu gösterilmiştir.

Liu *et al.* (2017), tarafından yapılan çalışmada hata türü ve etkileri analizi için, hata türleri Aralık-değerli Sezgisel Bulanık kümeler yardımıyla değerlendirilmiştir. Risk faktörlerinin optimal ağırlıklarını bulmak için bir doğrusal programlama modeli geliştirilmiştir. MABAC yöntemi kullanılarak hata türleri sıralaması yapılarak hata türlerinin risk öncelikleri belirlenmiştir. Uygulama olarak sağlık risk analizi yapılmıştır.

Shi *et al.* (2017), çalışmalarında tıbbi atık bertaraf teknolojisi seçimi probleminde Bulut modeli ve MABAC yöntemine dayanan entegre bir karar verme süreci sunmuştur. Çalışmada, Aralık 2-tuple dilsel değişkenler kullanılarak alternatifler değerlendirilmiştir ve göreceli önem ağırlıkları elde edilmiştir. Çin'in Shanghai şehrinde uygulama yapılmıştır ve yöntemin geçerliliği gösterilmiştir.

2.3. HFLTS Yöntemi Çalışmaları

Temeli bulanık dil bilgisine dayanan ve Rodriguez *et al.* (2012) tarafından karar vericinin Serbest-içerikli dilsel terim setleri kullanılarak görüşleri ifade etmede zenginlik ve farklı ifadeler kullanma esnekliği sağlayan HFLTS kümesi geliştirilmiştir.

HFLTS yöntemi ile ilgili mesafe ölçüleri, dilsel verileri birleştirme operatörleri geliştirilmiştir. ÇKKV yöntemi olarak kullanıldığı uygulama alanları ise; tedarikçi seçimi, web araçları vasıtasıyla konut değerlendirme, alternatif yakıtlı araç seçimi, hayat

sigortası politikası seçimi, yenilenebilir enerji üretimi için yer seçimi, teknoloji değerlendirme, yatırım projesi seçimi gibi karar verme problemleridir. HFLTS ile ilgili yapılan çalışmalar şu şekildedir:

Martinez (2012), daha öncesinde önerilen zarflama yönteminde zarflar sembolik dilsel aralıklarla temsil edildiği için, zarfların bulanık temsillerle gösterilemeyeceğini söylemiştir ve bu yüzden HFLTS'lerle hesapla sürecinde bulanık ifadeleri tutan ve temeli *Choquet* integraline dayanan yeni bir zarf önermiştir.

Beg and Rashid (2013), HFLTS temelli TOPSIS yöntemini önermiş ve yöntemin adımlarını bir örnek üzerinde ayrıntılı olarak açıklamışlardır.

Rodríguez *et al.* (2013), çalışmalarında grup karar verme sürecinde kullanılacak HFLTS yöntemini geliştirmiş ve adımlarını aşama aşama göstermiştir.

Zhang *et al.* (2013), önerilen kararsız bulanık dilsel terim setlerini birleştirmek ve alternatif sıralamada kullanmak için kararsız bulanık dilsel çok nitelikli karar verme problemlerini incelemiştir. Buna ek olarak dört tane kararsız bulanık dilsel verileri birleştirme operatörü önermiştir.

Estrella *et al.* (2014), 2-tuple dilsel terimlerin karar verme problemlerine başarıyla uygulanmasına rağmen karar vericinin iki dilsel terim arasında kararsız kaldığı durumlar için önerilmiş olan HFLTS yönteminin yetenek ve işlevselleğini kullanarak genişletilmiş bir model önermiştir.

Huang and Yang (2014), çalışmalarında HFLTS'lerin karşılaştırılması için yeni bir yöntem sunmuşlardır. Ardından, HFLTS'lerin ikili karşılaştırma matrisine dayanan bir mesafe ölçüm yöntemi önermiş ve bu mesafenin, HFLTS'lerin ortalama değerlerinin mesafesine eşit olduğunu kanıtlamışlardır.

Liu and Rodríguez (2014), hesaplama işlemlerini terim setindeki ifadelerle gerçekleştiren HFLTS'lerin bulanık bir zarf ile gösterimini sunmuşlardır. Bulanık zarflamaya dayalı bulanık TOPSIS yöntemiyle tedarikçi seçimi yapılmıştır.

Liao *et al.* (2014), çalışmalarında HFLTS'ler için mesafe ve benzerlik ölçüleri geliştirerek, bu ölçüleri çok kriterli karar verme problemlerine uygulamışlardır. Ölçüler ile farklı alternatiflerin memnuniyet dereceleri belirlenmiş ve çok kriterli karar verme ile alternatifler sıralanmıştır.

Meng *et al.* (2014), çalışmalarında dilsel kararsız bulanık hibrid ağırlıklandırılmış ortalama (GLHFHWA) ve genelleştirilmiş dilsel kararsız bulanık hibrid geometrik ortalama (GLHFHGM) operatörünü tanımlamıştır. Geliştirilen operatörlerin uygulaması sayısal örneklerle gösterilmiştir.

Rodríguez *et al.* (2014), kararsız bulanık bilgi ile hesaplamalar yapabilmek için simgesel bir dilbilimsel aralıkla temsil edilen “zarf” kavramını sunmuştur. Çalışmada, bulanık ifadelerin, HFLTS ile hesaplama sürecinde muhafaza edilmesini sağlayan bir bulanık üyelik fonksiyonu ile HFLTS'leri temsil eden yeni bir bulanık zarf önerilmiştir.

Wang *et al.* (2014), HFLTS'lerle bilgi değerlendiren sıralama metodunu birleştirerek yeni bir ÇKKV yaklaşımı sunmuştur. Bir örnek üzerinde önerilen yöntem doğrulanmış ve diğer yöntemlerle karşılaştırılmıştır.

Zhang and Wu (2014), kararsız bulanık tercih ilişkilerinin çarpımsal tutarlılığı ile ilgili bir yöntem geliştirmişler ve geliştirilen yöntemlerin doğruluğunu göstermek için birkaç örnek vermişlerdir. Sonrasında önerilen yöntem literatürdeki diğer yöntemlerle karşılaştırılmıştır.

Dong *et al.* (2015), kararsız dilsel grup kararı verme probleminde yeni bir mesafe ölçüsüne dayalı uzlaşma yöntemi önermişlerdir. Bu uzlaşma önerisini kullanarak fikir

birliğine varma sürecini desteklemek için optimizasyona dayalı bir model geliştirmişlerdir. İki örnek üzerinde önerilen model ve yöntem geçerliliği gösterilmiştir.

Liao *et al.* (2015), kararsız bulanık dilsel bireysel pişmanlık ölçümü, grup faydası ölçümü gibi kararsız bulanık dilsel ölçümler önermişlerdir. Önerilen yöntemlere dayanarak geleneksel VIKOR yöntemiyle birleştirilen kararsız bir bulanık dilsel HFL-VIKOR yöntemi önermişlerdir. Sayısal örneklerle yöntemin avantajları ve pratikliği gösterilmiştir.

Liao and Xu (2015), iki kararsız bulanık terim elemanı arasındaki mesafe ölçüsüne dayanan kosinüs mesafeli HFL-TOPSIS ve HFL-VIKOR geliştirmişlerdir. Önerilen yöntemleri, ERP sistemleri seçimi probleminde uygulamışlardır.

Montes *et al.* (2015), kararsız bulanık terim seti ve terimlerle hesaplama süreçlerinde doğruluğu sağlamak için 2-tuple dilsel tanım modeli kullanmışlardır. Uygulama, konut pazarına odaklanan bir web araçları vasıtasıyla konut değerlendirme konusunda yapılmıştır.

Riera *et al.* (2015), uzman görüşlerinin daha fazla esnekleştirilmesine ya da dönüşümlere gerek kalmadan birleştirme operatörlerinin varlığını vurgulamışlardır. Bu özelliklere dayanarak önerilen yöntemle HFLTS kümelerine dayanan modeller arasında karşılaştırma yapmışlardır. Çalışma kapsamında, kesikli bulanık sayılara dayalı bir bulanık karar verme modeli geliştirmişlerdir.

Rodríguez and Martínez (2015), karar verme problemlerinde kararın doğruluğunu artırmak için grup karar vermenin öneminden bahsederek, esnek ve zengin bir dilsel terimin bunun üstesinden geleceğini düşünerek grup karar verme problemleri için yeni bir model olan HFLT'yi önermiştir.

Wang *et al.* (2015), HFLTS'leri kullanan yönlü Hausdorff mesafesi önermişlerdir ve baskınlık ilişkilerini belirlemek için bu yöntemi kullanmışlardır. Alternatif

sıralamasında ELECTRE yöntemine benzer bir yöntemle tedarik zinciri yönetimi ile ilgili sayısal bir örnek üzerinde önerilen yaklaşım gösterilmiştir.

Wang and Xu (2015), dilsel tercih ilişkilerindeki tutarlılıkların ölçülmesi için önceden tanımlanmış olan tereddütlü tercih grafiklerine ve simetrik tereddüt edici tercih grafiğine dayanan iki tane algoritma önermişlerdir. Önerilen algoritmaların rasyonalitesi birkaç sayısal örnekle doğrulanmıştır.

Wei *et al.* (2015), tarafından yapılan çalışmada, genişletilmiş kararsız bulanık terim seti (EHFLTS) için mesafe ölçüleri önerilerek kararsız bulanık dilsel bilgileri ele alan yeni bir ÇKKV modeli geliştirilmiştir. Çalışmanın amacı, model grup dil bilgisini birleştirmede olası bilgi kayıplarını en aza indirmektir. Sayısal örneklerle önerilen yöntemin uygulanabilirliği gösterilmiş ve diğer mevcut yöntemlerle karşılaştırılmıştır.

Wu (2015), HFLTS'ler için olasılık dağılımına dayanan bir yaklaşım sunmuştur. Ağırlıklı ortalama ve sıralı ağırlıklı ortalama operatörleri sunularak önerilen yaklaşımı doğrulamak için sayısal örnekler çözülmüştür.

Oztaysi *et al.* (2015), çok sayıda uzmanın görüşünü dikkate alan Hiyerarşik Çok Kriterli Kararsız Bulanık Terim Seti yöntemini önermişlerdir. Önerilen yöntem ev sağlık hizmeti sağlayıcısı için alternatif yakıtlı araç seçim problemine uygulanmıştır. Elektrikli araç kullanımı optimum karar olarak belirlenmiş ve kararın güvenilirliği duyarlılık analizleri ile test edilmiştir.

Adem and Dağdeviren (2016), sigortanın kapsamı, fiyatı ve sigortadan vazgeçme kolaylığı kriterlerini dikkate alarak üç hayat sigortası politikası alternatifinin değerlendirilmesinde hiyerarşik kararsız bulanık dilsel model önermişlerdir.

Aktas and Kabak (2016), yenilenebilir enerji üretimi konusunda rüzgar türbinleri için yer seçim probleminde kriter ağırlıklarının elde edilmesinde HFLTS yöntemini kullanmışlardır.

Chen *et al.* (2016), ardışık ya da ardışık olmayan dilsel terimleri ele alan Genişletilmiş HFLTS'lerin olasılık bilgisini içeren oransal HFLTS yöntemini önermişlerdir. *T-norm* ve *T-conorm*'lar temelinde Oransal Kararsız Bulanık Dilsel Terim Seti (PHFLTS)'ler arasında kapalı özellikli temel işlemleri tanımlamışlardır. Oransal kararsız bulanık dilsel ağırlıklı ortalama operatörü önermişlerdir ve önerilen yöntemleri bir ÇKKV problemi üzerinde uygulamışlardır.

Da and Xu (2016), Şanghay'daki Huangpu nehri kıyısını yeniden geliştirme projeleri için peyzaj odaklı projeler ile kentsel projeler arasındaki farkı analiz etmek için kararsız bulanık dilsel terim seti ile çoklu karar verme yöntemini kullanmışlardır.

Fahmi *et al.* (2016), temeli HFLTS yöntemine dayanan genişletilmiş ELECTRE I yöntemini önermişlerdir. Gerçek bir problem üzerinde önerilen yöntem test edilmiştir.

Farhadinia (2016), ölçütlerin ağırlıklarını, alternatiflerin ölçütlerinin değerlendirilmesi sonucu oluşan değerlerin bilgi entropisi vasıtasıyla elde edebilmek için kararsız bulanık dilsel terim setleri yönteminde kullanılacak entropi ölçüsünü tanıtmıştır.

Gou and Xu (2016), iki eşdeğer dönüşüm fonksiyonuna dayanan kararsız bulanık dilsel elemanlar (HFLE) ve olasılıksal dilsel terim setleri (PLTS) için mantıksal operasyonlar tanımlamışlardır.

Khishtandar *et al.* (2016), sürdürülebilir bir biyoenerji sistemine yönelik teknolojileri değerlendirmek için ekonomik, teknik, sosyal kriterler göz önünde bulundurarak HFLTS'ye dayanan karar verme yöntemi geliştirmişlerdir. Çalışma sonucunda tarım, belediye ve endüstri atıklarından biyogaz, elektrik ve ısı üretiminin İran'daki diğer teknolojilere göre daha yüksek bir performansa sahip olduğu bilgisi elde edilmiştir.

Liang *et al.* (2016), HFLTS'nin genişletilmiş hali olan EHFLTS'nin belirsiz bilgiyi nasıl ölçeceği problemine odaklanmışlardır. HFLTS'lerin belirsizliğini ölçmek için

uygulanan entropi ölçüm dizisini EHFLTS için önermişlerdir. Önerilen yöntemi mevcut yöntem ile karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak çok kriterli grup kararı verme problemlerinde kriter ağırlıklarını bulmada, EHFLTS'ler için entropi ve uzaklığa dayalı bir yöntem sunmuşlardır.

Malakar *et al.* (2016), çalışmasında (Molodtsov 1999) tarafından önerilen belirsiz, bulanık ve açıkça tanımlanmamış ifadelerle başa çıkmak için geliştirilmiş genel bir matematiksel araç olan “soft set theory” “yumuşak küme teorisini” HFLTS'ler ile birleştirerek Kararsız Bulanık Dilsel Terim Yumuşak Set (HFLTSS) yöntemini önermiştir. HFLTSS'ler korelasyon katsayısının uygulanabilirliği çerçevesinde bir gerçek hayat karar verme problemine uygulanmıştır.

Montserrat-Adell *et al.* (2016), kararsız bulanık terim seti kümesine bir kesişim ve birleşim operasyonları aracılığıyla bir kafes yapısı sağlamışlardır. Önerilen kafes yapısına dayalı olarak kararsız bulanık dilsel ifadeler arasındaki mesafelerin hesaplanmasını sağlayan metrik yapılar tanımlamışlardır.

Onar *et al.* (2016), bir bilgisayar iş istasyonunun tasarım gereksinimlerini etkili bir şekilde belirlemek için yeni bir Bulanık Kalite Fonksiyon Yayılımı (KFY) yaklaşımı kullanmışlardır. Bu yaklaşımla müşteri gereksinimlerinin önem derecesini, müşteri gereksinimleri ve teknik gereksinimler arasındaki ilişkileri, teknik gereksinimler arasındaki korelasyonu HFLTS aracılığıyla belirlemişlerdir ve HFLTS tabanlı AHP ve TOPSIS yöntemleri kullanılarak en iyi iş istasyonu seçilmiştir.

Senvar *et al.* (2016), kararsız bulanık kümeleri TOPSIS'e entegre ederek yeni bir çok kriterli karar verme yöntemi geliştirmişlerdir ve bu yöntemi İstanbul'da yeni bir hastane için en uygun alanı seçme problemine uygulamışlardır.

Topraklı *et al.* (2016), gerçek bir hayat uygulamasıyla adliye binası için yer seçimi probleminde kriter ağırlıklarını belirlemek için kararsız bulanık terim setini kullanmışlardır.

Wang *et al.* (2016), lojistik hizmet sağlayıcıların seçim ve değerlendirmesinde Çok kriterli kararsız bulanık dilbilimsel bilgiye dayanan olasılık temelli TODIM yaklaşımı geliştirmişlerdir.

Wang and Xu (2016), genişletilmiş kararsız bulanık dilsel terim setleri EHFLTS'ler için nitel grup karar verme problemlerinde kullanılmak üzere kararsız bulanık dilsel OWA operatörü geliştirmişler ve iki algoritmali bir yaklaşım sunmuşlardır.

Wu and Xu (2016), bireysel rasyonellik ve grup rasyonelitesi ile başa çıkmak için fikir birliği sürecinde tutarlılık oranını iyileştirecek yeni bir tutarlılık ölçüsü ve bir algoritma tanıtmışlardır. Önerilen algoritmanın avantajı, uzlaşmaya ulaşılan sürecin belirgin bir özelliğinin geri bildirim sisteminin doğrudan fikir birliği derecelerine dayandığı ve dolayısıyla yakınlık ölçü hesaplamalarını azaltmasıdır. Önerilen yöntem, yatırım projesi seçim problemine uygulanarak analiz edilmiştir.

Wu and Xu (2016), başka bir çalışmada olasılık dağılımlarına dayalı kararsız bulanık dilsel ağırlıklı ortalama operatörü ve kararsız bulanık dilsel sıralı ağırlıklı ortalama operatörlerini önermişlerdir. Çalışma kapsamında, fikir birliği sağlamaya yardımcı olacak bir ölçü tanımlanmış ve mevcut yöntemlerle karşılaştırılmıştır.

Yu *et al.* (2016), dengelenmemiş dilsel terim setine dayalı dengelenmemiş HFLTS yöntemi önermişlerdir. HFLTS için mevcut olan iki ortalama operatörünü de önerilen yöntem için yeniden düzenleyerek yatırım alternatif seçim alanında uygulamışlardır.

Chen *et al.* (2017), karşılaştırılmalı dilbilimsel ifadelerin HFLTS'lere dönüşüm sürecinin daha tutarlı olabilmesi için olasılık yoğunluk fonksiyonlarına dayalı bir yaklaşım önermişlerdir.

Gou *et al.* (2017), kararsız bulanık dilsel entropi ve çapraz entropi ölçülerini önermiş ve iki HFLTS elemanının bireysel etkisini ve her iki ögenin etkileşimini göz önüne alarak kriter ağırlıklarını belirleyen bir model oluşturmuşlardır. Ayrıca ÇKKV problemlerini

çözmek için Kararsız Bulanık Dilsel Alternatif Kuyruk yöntemini (HFL-AQM) önermişlerdir.

Gou *et al.* (2017), başka bir çalışmasında, yeni bir Çift Hiyerarşi Kararsız Bulanık Dilsel Terim Seti (DHHFLTS) tanımlamışlardır. Ardından, Çift hiyerarşi kararsız bulanık dilsel terim seti bilgisini içeren DHHFL-MULTIMOORA ÇKKV modeli geliştirmişlerdir. Önerilen yöntemlerin avantajlarını göstermek için HFL-TOPSIS yöntemi ile karşılaştırmışlardır.



3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Tıbbi Atıklar

Tıbbi atık, sağlık kuruluşlarının faaliyetleri sonucu oluşan enfeksiyon yapıcı atıklar, patolojik atıklar ve kesici-delici malzemelerdir. Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) tanımına göre ise tıbbi atık, sağlık hizmetleri faaliyetleri tarafından üretilen, kullanılan iğnelerden ve enjektörlerden kirli pansumanlara, vücut parçalarına, teşhis numunelerine, kan, kimyasallar, ilaçlar, tıbbi cihazlar ve radyoaktif materyallere kadar geniş bir yelpazeyi içermektedir (Who 2017).

Hastaneler ve klinikler, aile sağlığı merkezleri, dispanserler, tıp merkezleri, ayakta teşhis ve tedavi hizmeti veren merkezler, diyaliz merkezleri, morglar ve otopsi merkezleri, tıbbi ve biyomedikal laboratuvarlar, biyoteknoloji laboratuvarları, mikrobiyoloji laboratuvarları, kan bankaları ve transfüzyon merkezleri, acil yardım ve ilk yardım merkezleri, ambulans hizmetleri, rehabilitasyon merkezleri, fizik tedavi merkezleri, sağlık hizmeti verilen diğer sağlık kuruluşları (doktor muayeneleri, diş ve ağız sağlığı muayeneleri vb.), bakımevleri ve huzurevleri, hayvan hastaneleri, veteriner poliklinikleri ve muayenehaneleri, hayvanat bahçeleri, akupunktur merkezleri, evde yapılan tedavi ve hemşire hizmetleri, eczaneler gibi kurum ve kuruluşlar tıbbi atık üretimine sebep olan yerlerdir.

Tıbbi atıkla karşılaşan herkes potansiyel olarak risk altındadır. Risk altında olanlar; hem bu atıkları taşıyan, hem de dikkatsiz yönetim sonucu atıklara maruz kalan, sağlık kuruluşları içinden veya dışından olan kişilerdir. Hekimler, hemşireler, hasta bakıcılar, hastanedeki hastalar, ziyaretçiler, çevre ve bertaraf tesisinde görev alan çalışanlar risk altında olan kişilerdir.

3.1.1. Tıbbi atık sınıflandırması

Sağlık faaliyetleri sonucunda oluşan atıkların yaklaşık %85'i genel, tehlikeli olmayan atıklardır. Geriye kalan %15 bulaşıcı, toksik veya radyoaktif olabilecek tehlikeli madde olarak kabul edilebilen atıklardır (Who 2015).

Sağlık kuruluşu faaliyetleri sonucunda oluşan tıbbi atıklar, Tıbbi Atık Kontrol Yönetmeliğinde Çizelge 3.1'de verildiği gibi sınıflandırılmaktadır. Tablo içeriğinde atık grupları, tanımlar ve örnekleri yer almaktadır.



Çizelge 3.1. Sağlık kuruluşları tarafından üretilen atık grupları

Sağlık kuruluşlarından kaynaklanan Atıkların Sınıflandırılması						
Evsel Nitelikli Atıklar		Tıbbi Atıklar			Tehlikeli Atıklar	Radyoaktif Atıklar
Genel Atıklar	Ambalaj Atıkları	Enfeksiyöz atıklar	Patolojik Atıklar	Kesici Delici Atıklar	Tehlikeli Atıklar	Radyoaktif atıklar
Sağlıklı insanların bulunduğu kısımlar, hasta olmayanların muayene edildiği bölümler, ilk yardım alanları, idari birimler, temizlik hizmetleri, mutfaklar, ambar ve atölyelerden gelen atıklar: diğer gruplarda anılan atıklar haricinde, tıbbi merkezler tarafından üretilen tüm atıklar.	İdari birimler, ambar, mutfak, atölye gibi yerlerden kaynaklanan tekrar kullanılabilir geri dönüştürülebilir atıklar: - cam - kağıt - karton - plastik - metal v.b. - karton	Enfeksiyöz maddelerin yayılımını önlemek için taşınması ve imhası özel uygulama gerektiren atıklardır. Kaynakları; I. -İnfeksiyöz vücut sıvıları -Mikrobiyolojik laboratuvar atıkları - Kültür ve stoklar - Serolojik atıklar -Diğer kontamine laboratuvar atıkları (lam-lamel, pipet, petri v.b) II. Kan, kan ürünleri ve bunlarla kontamine olmuş nesnelere III. Kullanılmış ameliyat giysileri (kumaş, önlük ve eldiven v.b) IV. Diyaliz atıkları (atık su ve ekipmanlar) V. Karantina atıkları VI. Bakteri ve virüs içeren hava filtreleri, VII. Enfekte deney hayvanı leşleri, organ parçaları, kanı.	Anatomik atık dokular, organ ve vücut parçaları ile ameliyat, otopsi gibi tıbbi müdahale esnasında ortaya çıkan vücut sıvıları: - Ameliyathaneler, morg, otopsi, adli tıp gibi yerlerden kaynaklanan organik parçalar, plasenta, kesik uzuvlar, vücut parçaları, v.b (insani patolojik atıklar) - Biyolojik deneylerde kullanılan kobay leşleri	Batma, delme sıyrık ve yaralanmalara neden olabilecek atıklar: - enjektör iğnesi, -iğne içeren diğer kesiciler - bistüri - lam-lamel - cam pastör pipeti - kırılmış diğer cam v.b	Fiziksel veya kimyasal özelliklerinden dolayı ya da yasal nedenler dolayısı ile özel işleme tabi olacak atıklar -Tehlikeli kimyasallar -Sitotoksik ve sitostatik ilaçlar - Amalgam atıkları -Genotoksik ve sitotoksik atıklar - Farmasötik atıklar - Ağır metal içeren atıklar - Basınçlı kaplar	Türkiye Atom Enerjisi Kurumu mevzuatı hükümlerine göre toplanıp uzaklaştırılır.

3.1.2. Tıbbi atıkların etkileri

Tıbbi atıklar, sağlık kuruluşundaki hastaları, sağlık çalışanlarını ve halkı enfekte edebilecek potansiyele sahip zararlı mikroorganizmaları içerir. Diğer bir risk ise sağlık tesislerinden çevreye mikroorganizmaların yayılmasını içermektedir.

Atıkların riskleri;

✓ Biyolojik riskler: Tıbbi atıkların bertarafında görev alan personel, cilt nüfuzu, cilt teması veya aerojenik yol gibi çeşitli yollarla bulaşıcı risklere maruz kalabilirler. Kullanılan bertaraf yöntemine göre riskler ve bulaşma yolları değişiklik göstermektedir. Tıbbi atıklar, mikrobik toksinler gibi bakteri, mantar, virüs ve paraziter organizmalar da dahil olmak üzere çeşitli patojenler içerebilmektedir (EPA).

✓ Fiziksel ve kimyasal riskler:

- Radyasyon yanıkları,
- Kullanılmış iğnelerle temas halinde bulunulması İnsan Bağışıklık Yetersizliği Virüsü (HIV) ve hepatit gibi ciddi hastalıklara sebep olabilmektedir (EPA).
- Kesici aletler tarafından yaralanmalar,
- Farmasötik ürünlerin, özellikle antibiyotiklerin ve sitotoksik ilaçların salınması yoluyla zehirlenme ve kirlilik,
- Atık su ile zehirlenme ve kirlilik; Yakma esnasında çıkan civa veya dioksinler gibi toksik elementler veya bileşikler.

✓ Çevresel riskler: Atıkların yakılması oldukça yaygın bir şekilde uygulanmıştır, ancak yetersiz yakma veya uygun olmayan malzemelerin yakılması, hava ve kül artıklarına kirleticilerin bırakılmasına neden olur. Klor içeren yakılan maddeler, insan karsinojenleridir ve bir takım olumsuz sağlık etkileri ile ilişkili olan dioksinler üretebilir. Ağır metallerin veya yüksek metal içeriğine sahip malzemelerin (özellikle

kurşun, civa ve kadmiyum) yakılması çevreye zararlı metallerin yayılmasına neden olabilir.

Bütün bu risklerden dolayı, tıbbi atık bertarafında görevli olan çalışanların sağlığının korunması, maruz kaldıkları biyolojik, fiziksel ve kimyasal tehlikelerin kontrolü, uygun eğitim, gözetim ve sağlık gözetimi ile sağlanmalıdır. Gerekli kişisel koruyucular kullanılmalı, sağlık gözetimi ile çalışanlar bu tür tehlikelere karşı korunmalıdır (EPA).

3.1.3. Tıbbi atık işlem süreci

Tıbbi atığın oluşumundan bertarafına kadar, çevre ve insan sağlığına zarar verecek şekilde doğrudan veya dolaylı bir biçimde alıcı ortama verilmesini önlemek, olumsuz etkilerini en aza indirmek için sorumlu kurumlar tarafından sorumluluklar yerine getirilmelidir. Tıbbi atık işlem süreci kabaca; kaynağında ayrı olarak toplanması, sağlık kuruluşu içinde taşınması, geçici depolanması, tıbbi atık işleme tesisine taşınması ve bertaraf edilmesi işlemlerini içerir.

Bu süreçte sorumlu olan kurum ve kuruluşlar; Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, İl müdürlükleri, belediyeler ve sağlık kuruluşlarıdır.

Sağlık kuruluşları; atıkları kaynağında en aza indirecek sistemi kurmakla, tıbbi atıkların toplanması, taşınması ve bertarafı amacıyla ilgili belediye ile protokol yapmakla, atık kategorilerini birbiriyle karıştırmadan kaynağında ayrı toplamak gibi birçok yükümlülüğe sahiptir.

Tıbbi atık torbaları ve taşıma kapları üzerinde siyah renkli “Uluslararası Biyotehlike” amblemi ile siyah harflerle yazılmış “Dikkat! Tıbbi Atık” ibaresi bulunmalıdır.

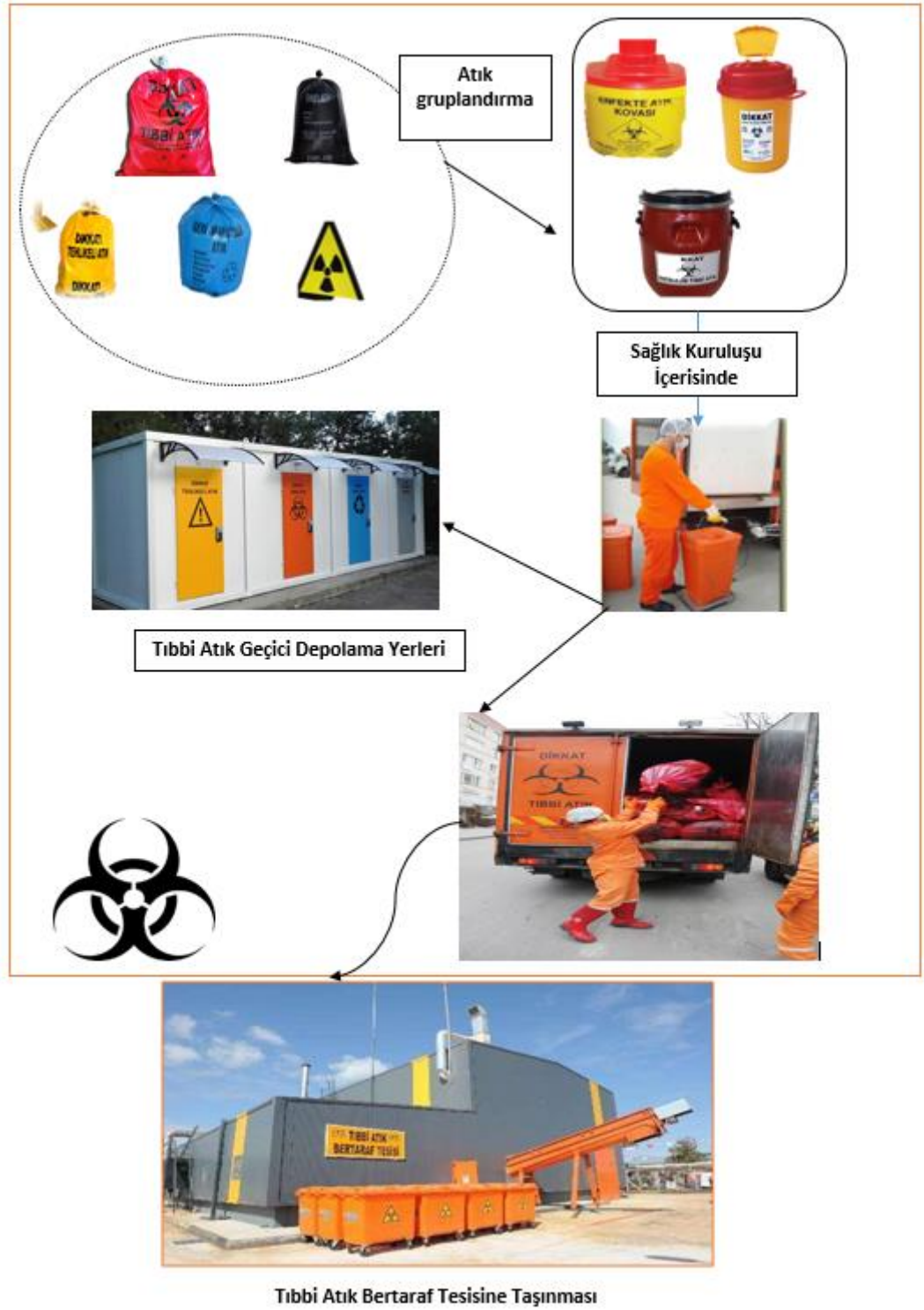
Sıvı tıbbi atıklar da uygun emici maddeler ile yoğunlaştırılarak tıbbi atık torbalarına konur. Tıbbi Atık torbaları biriktirme süresince tıbbi atık kabı ya da kovası içerisinde

muhafaza edilir. Tıbbi atık kabı ya da kovasının delinmeye, yırtılmaya, kırılmaya ve patlamaya dayanıklı, su geçirmez ve sızdırmaz özellikte olmalıdır.

Tıbbi atıkları sağlık kuruluşu içinde toplayarak atık geçici deposuna taşımakla görevli personelin, taşıma sırasında turuncu renkli özel kıyafeti giymesi, koruyucu ekipmanları kullanması zorunludur. Tıbbi atıklar, tıbbi atık işleme tesisine taşınmadan önce 48 saatten fazla olmamak üzere tıbbi atık geçici deposu veya konteynerinde bekletilebilir. Çevresel riskler nedeniyle il müdürlüğünün gerekli görmesi durumunda günlük 50 kilogramdan az tıbbi atık üreten sağlık kuruluşları tıbbi atık geçici deposu tesis etmek zorundadır.

Deponun hacmi en az iki günlük atığı alabilecek boyutlarda olmalıdır. Geçici depolama için konteyner kullanılacaksa, konteynerler sağlık kuruluşunun en az iki günlük tıbbi atığını alabilecek sayıda olmalıdır.

Tıbbi atıklar atık işleme tesisine getirildiğinde içerisinde radyoaktif madde olup olmadığının tespiti maksadıyla tıbbi atık taşıma aracı tesis girişinde radyasyon panelinden geçirilmektedir. Tıbbi atık işleme tesisinde de atık geçici deposu bulunmak zorundadır ve bu depo en az bir haftalık tıbbi atığı alabilecek boyutta tesis edilir. Atığın, oluşumundan bertaraf tesisine taşınmasına kadar geçtiği süreçler Şekil 3.1’de özetlenmiştir.



Şekil 3.1. Atık işlem süreci

3.1.4. Tıbbi atık miktarı

Artan nüfus, malzemelerin tek kullanımlık olması, sağlık kuruluşları sayısındaki artış ve sağlık hizmetlerine olan talepten dolayı tıbbi atık miktarları her geçen gün artmaktadır. Türkiye İstatistik Kurumu'nun büyük miktarda atık üreten sağlık kuruluşlarına yaptığı anket sonucunda tıbbi atıklarla ilgili aşağıdaki veriler elde edilmiştir.

Çizelge 3.2. 2010-2014 yılları Tıbbi atık istatistikleri (<http://www.tuik.gov.tr>)

	2010	2012	2014
Sağlık Kuruluşu sayısı	1408	1449	1498
Tıbbi atığını ayrı toplayan sağlık kuruluşu sayısı	1398	1449	1498
Toplanan tıbbi atık miktarı (ton/yıl)	59 966	68 929	74 495
Düzenli depolama (ton/yıl)	38 128	50 982	50 656
Belediye çöplüğüne atılan (ton/yıl)	16 129	12 198	16 323
Yakma tesisinde yakılan (ton/yıl)	5 498	5 745	7 515
Diğer (ton/yıl)	212	5	1
Hasta başına ortalama tıbbi atık miktarı (kg/kişi)	0,20	0,20	0,19

Verilere göre tıbbi atık miktarı kişi sayısına bağlı olarak sürekli artmaktadır. Bertaraf etme yöntemleri de değişkenlik göstermektedir. Artan atık miktarına karşılık, insan sağlığına ve çevreye zararını en aza indirerek bertaraf etmek oldukça önemli bir konudur. Bu yüzden birden fazla kriter göz önünde bulundurularak en uygun bertaraf yönteminin seçilmesi gelişmekte olan ülkelerde büyük bir önem arz etmektedir.

3.2. Tıbbi Atık Bertaraf Teknolojileri

HIV virüsü ve diğer bulaşıcı hastalıkların hızla yayılması nedeniyle, sağlık hizmeti sunucularının güvenli ve etkin bir şekilde bertarafı ve imhası önemli bir kamu ve çevre sorunu haline gelmiştir (Dursun *et al.* 2011).

Tıbbi atık bertarafı için Şu anda mevcut olan dört teknoloji bulunmaktadır. Bunlar; yakma, sterilizasyon, mikrodalga ve depolama'dır.

3.2.1. Yakma

Yüksek ısıda özel fırınlar içerisinde gerçekleŐtirilen bir kuru oksidasyon işlemi ile organik ve yanabilen maddelerin kurulan sistemde yakılarak inorganik ve yanıcı olmayan kalıntı veya hale dönüŐtürülmesi işlemidir (Karsak *et al.* 2011; stn 2012). Bu yöntem tıbbi atıkların bertarafında önemli bir yere sahiptir. Birçok ülkede patolojik atıkların bertarafı için onaylanmış tek yöntemdir. Bulaşıcı ve toksik bileŐenleri yok etmek için ve hacim azaltma da oldukça etkin bir yöntemdir (Lee and Huffman 1996).

Tıbbi atık yakma sistemi kurulurken, bölgenin coğrafik, jeolojik durumlarına, iklim koŐullarına bakılmalıdır. Atıkların yakılmadıkları durumda tesis yakınında ikamet eden halka getirecekleri patojen mikroorganizma zararları ile yakılmaları esnasında çevreye getirebilecekleri hava ve su kirliliklerini önceden düŐünmek ve dengelemek gerekmektedir.

Yakma tesisinde, yakıcıdan çıkan emisyonların, sistemde kullanılan ekipmanlarda oluşabilecek arızalara karşı, tehlikeli atık beslenmesini durduracak bir sistem olması gerekmektedir. Sistem atığın tam yanmasını gerçekleŐtirecek Şekilde iŐletilmelidir. Sistem iŐletilirken çıkan toz, gaz, oksijen, basınç ve sıcaklık gibi değerler sürekli ölçülmelidir.

Bir yakma tesisinin yatırım ve işletme maliyetleri yüksektir, yakma işlemi sonucunda asit gazları, partiküller, ağır metaller ve dioksin ve furan gibi organik bileşikler ortaya çıkabilmektedir. Bu baca gazlarının arıtılmasında birtakım zorluklar yaşanabilmektedir. Bu gazların ölçümü, analiz edilmesi ve arıtılması ileri teknoloji ve yüksek maliyet gerektirmektedir. Proses sonucu oluşan ve tehlikeli atık olarak kabul edilen küller uygun bir depolama alanında bertaraf edilmelidir. Bütün bu özellikler tıbbi atık bertarafında kullanılan yakma teknolojisinin dezavantajlarını oluŐurmaktadır (Aydoğan *et al.* 2011).

Yakma işlemi, enfeksiyon ve yanıklara ek olarak diğer mesleki tehlikeleri de beraberinde getirmektedir. Toksik organik bileşikler veya küldeki solunabilir parçacıklar üzerindeki maddeler soluma yoluyla alınarak risk oluşturabilir. Hava kirliliği kontrol cihazlarının bakımı ve işletimi sırasında da tehlike yaşanabilir. Yaralanmalar, hareketli kayışlar, hidrolik silindirler, kül konveyörleri gibi fırınlama bileşenlerinden herhangi biri ile temastan dolayı da oluşabilir (EPA 2009).

Bertaraf için gereken işlem süresinin uzunluğu ve yüksek sıcaklık yöntemin dezavantajlarındandır.

3.2.2. Buharlı sterilizasyon

Buharlı sterilizasyon veya otoklavlama, tıbbi atıkların bir çöp depolama alanına atılmadan önce sterilizasyonu için kullanılan ve mikroorganizmaları inaktive etmede nemi, ısıyı ve basıncı birleştiren bir işlemdir. Buhar otoklavları, arttırılmış basınca/sıcaklığa dayanıklı bir metal hazne ile inşa edilmektedir (EPA 2009).

Sterilizasyon terimi, bakteri sporları da dahil olmak üzere her türlü mikrobiyal yaşamın uygulanan yöntemlerle yok edilmesini veya mikroorganizma düzeyinin %99 oranında azaltılmasını hedeflemektedir. Sterilizasyon işleminde, parçalama ünitesinde ufalanan tıbbi atıklar yüksek sıcaklık ve basınçlı buhara maruz bırakılır. Mikroorganizmaların yüksek oranda etkisiz hale getirilmesi için sıcaklık ve temas süresinin yeterli olması gerekmektedir. Otoklavlama yöntemiyle sterilizasyon işleminde bakterilerin %99,999'u inaktive edilebilmektedir. Sterilizasyon işleminden sonra parçalanan atıklar kentsel atıklar ile birlikte bertaraf edilebilmektedir (Üstün 2012).

Tıbbi atıkların buhar otoklavının etkinliğini etkileyen faktörler; atığın buhar nüfuzu, bertaraf süresi ve iç atık yük sıcaklıklarını etkileyen faktörlerdir (EPA 2009).

Buhar Sterilizasyonunda 30-90 dakika süre ile minimum 130-190 °C sıcaklık ve 100-500 kPa basınç altında işlem gerçekleştirilir. Bu yöntemle %75 hacim azaltılması

mümkündür ve bu hacim azalması evsel atık özelliği kazanan tıbbi atığın depolanmasında alan avantajı sağlamaktadır (Üstün 2012).

Bu teknolojinin, diğer bertaraf yöntemleri ile karşılaştırıldığında kolay kullanımı, daha düşük yatırım ve işletme maliyetine sahip olması, inaktive etmedeki etkinliği, güvenliği ve çevreye duyarlılık gibi avantajları bulunmaktadır.

Teknolojinin dezavantajı, etki oranının yüksek olabilmesi için atığın parçalanarak ufalanması gerektiğinden dolayı, kullanılan parçalayıcılarda sık sık arıza oluşabilme ihtimali ve kesici bıçakların değiştirilme gereksinimidir. Ayrıca patojenlerin yok edilmesini garanti etmek için yeterli işlem süresini sağlamak gerekmektedir ve yakma ile karşılaştırıldığında otoklavların daha sınırlı kapasitesinin olması da yöntemin dezavantajlarından biridir.

Sistemde çalışan işçiler, cilt penetrasyonu riskiyle karşılaşabilirler, atıklar elle yükleme yapıldığı süreçte ele kontamine edebilir ve bunun sonucunda da mukoza zarlarla temas yoluyla hastalık etkeni oluşturabilir. Korunmasız el, sıcak otoklav duvarları ve kapılar ile temas sonucu yanıklar meydana gelebilir (EPA 2009).

3.2.3. Mikrodalga

Mikrodalga ışınlama, tıbbi atık işleme ünitelerinin ilk imha evresini içermektedir. Atıkların nem içeriğini artırmak için otomatik olarak buharla püskürtülerek atık öğütme cihazına gönderilir. Nemli atık mikrodalga ışınına maruz bırakılarak 90 °C'den fazla ısıtılır. (EPA 2009)

Mikrodalgalarla çalışan bertaraf birimlerinde, atıklar yükleme sisteminde küçük parçalara bölünür, ardından nemlendirilir ve mikrodalga jeneratörleri ile ışınlama odasına götürülür. Mikroorganizmaların çoğu 2450 MHz frekanslı ve 12.24 cm dalga boyuna sahip mikrodalgalarla yok edilmektedir. Atık içerisinde bulunan su mikrodalgalar yardımıyla hızlı bir şekilde ısıtılmış olur ve bu sayede bulaşıcı bileşenler

yok edilir. Bu teknoloji kullanılarak ulaşılan dezenfeksiyon verimliliği testlerle periyodik olarak kontrol edilmelidir. Bakteriyolojik test yapılarak canlı sporelerdeki azalmanın oranının kanıtlanması için *Bacillus Subtilis* testinin kullanılması önerilmektedir (Üstün 2012).

Mikrodalga muamelesi manuel atık yükleme gerektirmemektedir. Ancak, işleme sürecinde öğütücüye erişim gerektiğinde işçi, aerogenik ve dermal temasa maruz kalabilir. Erişim, işlenmemiş atıkların mikrodalgaya maruz kalması için hazırlandığı yerdir. Teknolojinin dezavantajı potansiyel işletme ve bakım gerektiren cihazlardan dolayı oluşan maliyetlerin yüksek olmasıdır. Sistem içerisinde oluşabilecek tehlikeler, arıtma operatörü, buhar enjektörü ile birlikte çalıştığından dolayı yanma meydana gelebilir. Ayrıca bu tür arıtma sistemlerinin bakım ve onarım için demonte edilmeden önce etkin bir şekilde dekontamine edilmesi gerekmektedir.

Tıbbi atığın mikrodalga işlemini etkileyen faktörler, ışınlamanın frekansı ve dalga boyu, maruz kalınan işlem süresi, atığın nem içeriği, işlem sıcaklığı ve atıkların işlem sırasında karıştırılmasıdır (EPA 2009).

3.2.4. Depolama

Depolama yöntemi, doğru tasarlanıp işletildiğinde çevresel riskleri ve sağlık etkilerini kontrol altına alma etkinliği nedeniyle katı atıkların bertaraf edilmesinde kullanılan düşük maliyetli bir yöntemdir. Depolanmış alanlarda oluşan sızıntı suyunun depolama alanından kaçmasını ve yeraltı suyunu kirletmesini önlemek için depolama alanlarında yüksek performanslı taban ve yan duvar astar sistemleri bulunmalıdır. Oluşacak sızıntı sularını en aza indirmek için drenaj sistemleri ve kapak sistemleri tasarlanmalı ve inşa edilmelidir (Diaz *et al.* 2005).

Depo tabanına serilen sızdırmaz katmanlar, sızdırmazlık özelliklerini zamanla kaybedebilirler. Tehlikeli olacak tıbbi atıkların depolanacağı tesisin sızdırmazlık tabakaları daha kalın tutulmalı ve geomembran denilen plastik malzemelerden

sızdırmazlık tabakaları da kullanılmalıdır. Ayrıca yeraltı suyuna olabilecek sızıntı suyu kaçaklarına karşı depolama tesisinin çevresinde açılacak olan kuyulardan belli bir periyotta alınacak örneklerden sızıntı suyu kaçağı olup olmadığı araştırılmalıdır (Üstün 2012).

3.3. Karar Verme

Karar verme işlemi, belirli bir problemi çözmek ve istenilen amaca ulaşmak için, birtakım ölçütler ışığında ve zihinsel süreçlerin sonucunda, birden fazla alternatif arasından birinin seçilmesi sürecidir. Karar alma sürecinde alternatifler hakkında bilgi edinilerek yanlış karar alma riski azaltılabilir. Ancak, karar vericiler bu süreçte çok sayıda ve birbiriyle çelişen faktörler arasından seçim yapmaya çalışırlar (Menteş 2010; Mentş 2015). Karar verme, izlenecek yolu olabildiğince rasyonel bir biçimde seçmektir ve hiçbir zaman gelecekle ilgili eksiksiz ve kusursuz bilgiye sahip olunamaz (Toksoy 2012).

Karar verme süreci, genellikle altı aşamadan oluşmaktadır. Bunlar:

- **Problemin tanımlanması:** Karar verme sürecinin ilk aşamasıdır ve doğru kararı almak için problemin yeterli bir şekilde tanımlanmasıdır. Bu aşamada, literatür taraması, finansal verilerin incelenmesi, konu ile ilgili uzman görüşlerinin alınması veya geçmişte yaşanmış bir olayın incelenmesiyle, ilgili konuya farklı açılardan bakılarak bilgi toplanabilmektedir. Bu süreçte problem ne kadar doğru tanımlanırsa o kadar kolay anlaşılacaktır ve çözüme ulaşmak için karar verme süreci kısacaktır.
- **Karar ölçütü ve amaçların belirlenmesi:** Karar verilirken, karar vericilerin neye göre alternatifleri değerlendireceklerini gösteren, yani seçim yaparken dikkate alınan değerler ve ölçüler, karar ölçütleridir. Süreç sonunda, karar vericinin elde edeceği en iyi veya ideale en yakın alternatif ise amaçtır (Kenger 2017).
- **Alternatiflerin oluşturulması:** Karar ölçütleri/kriterler ve amaç belirlendikten sonra karar seçenekleri belirlenir. Bu aşamada, karar verme sistemi içerisinde olan

kişiler tarafından beyin fırtınası yapılarak konu ile ilgili birden fazla alternatif geliştirilmelidir. Eğer çok fazla alternatif varsa ön eleme işlemi ile sayı azaltılabilir.

- **Alternatiflerin karşılaştırılması ve analiz edilmesi:** Alternatiflerin karşılaştırılması belirlenen karar ölçütlerine göre yapılacaktır. Karar verme problemi tek ölçütlü veya çok ölçütlü olabilir.
- **En iyi seçeneğin seçilmesi:** Alınan kararın en iyi karar olma olasılığını artırmak için bireysel kararlar yerine grup kararı alınmalıdır. Grup kararları, ele alınan problemin yapısına uygun olacak karar ağaçları, karar matrisleri, matematiksel yöntemler gibi bilimsel yöntemlerden biri kullanılarak sonuçlandırılabilir. Seçenekler karşılaştırıldıktan ve analiz edildikten sonra amacı en iyi karşılayan seçenek, en iyi seçenektir (Balkuvar 2015).
- **Uygulama:** Belirlenen seçenekler uygulamaya konulur ve takip edilir. Beklenen sonuçlar ve uygulamadan elde edilen sonuçlar tutarlı ise karar verme süreci başarı ile tamamlanmış demektir. Sonuçların tutarlı olmadığı durumda, karar verici diğer alternatiflerden birini seçer veya karar verme sürecini tekrarlar (Toksoy 2012).

3.4. Çok Kriterli Karar Verme

Alternatif seçiminde, göz önünde bulundurulmuş kriterlerin birbirleriyle çelişmesi ve alternatif sayısının çok olduğu durumlarda karar vermek oldukça zordur. Doğru ve geçerli kararlar almak ise karar vericiler için hayati bir öneme sahiptir.

ÇKKV, ele alınan problemi hiyerarşik bir yapı içinde parçalara ayırarak birden fazla karar kriteri açısından seçenekleri değerlendirme, sıralama ve seçme olanağı veren yöntemleri içeren karar verme çalışmalarının bir dalıdır (Balkuvar 2015). Başka bir tanımla, ÇKKV, karar vericinin birden fazla kriter kullanarak önceden belirlenmiş sayılabilir sonlu ya da süreç esnasında beliren sayılamaz sayıda seçenekten oluşan bir küme içerisinde yaptığı seçim işlemidir (Ersöz and Kabak 2010).

ÇKKV yöntemlerinin amacı, karmaşık ve algılaması güç olan problemleri analiz etmek ve karar verme sürecini sistematik bir şekilde yürütmektir. ÇKKV yöntemleri birçok

alternatif içinden seçim yapan işlemleri ve karar vericiye göre değişen öneme sahip kriterleri içerir. Her bir kriterin diğerine göre önemini belirlemek için kriter ağırlıkları belirlenir. ÇKKV problemlerinde kriterlerin nasıl birleştirileceğini belirlemek ve model parametrelerini belirlemek problemi çözmek için önemlidir (Balkuvar 2015).

ÇKKV problem çözme aşamaları,

- ✓ Problemin amacının belirlenmesi, ölçülebilir,
- ✓ Kapsayıcı, yeterli ve minimal özellikte kriterlerin belirlenmesi,
- ✓ Amacı geliştirmeye yönelik alternatiflerin belirlenmesi,
- ✓ Nümerik olmayan tercihler sayısallaştırılarak her alternatifin her kritere göre değerlendirilmesi,
- ✓ Alternatiflerin birbirine göre önemlerinin belirlenmesi ve en iyi alternatifin seçilmesi ve
- ✓ Elde edilen sonuçların incelenmesinden oluşmaktadır (Toksoy 2012).

ÇKKV yöntemleri, Çok Amaçlı Karar Verme (ÇAKV) ve Çok Ölçütlü Karar Verme (ÇÖKV) olarak iki gruba ayrılmaktadır (Hwang and Yoon 2012).

3.4.1. Çok amaçlı karar verme

Çok Amaçlı Karar Verme (ÇAKV) yöntemlerinde birden fazla amaç fonksiyonu yer almaktadır. ÇAKV yöntemlerinde tüm amaç fonksiyonlarını karşılayan çözüm, optimum sonuçtur. Ancak genellikle amaçlar birbirleri ile çeliştiklerinden dolayı optimum çözüme ulaşmak mümkün değildir. Bu nedenle bu yöntemler, karar vericiye “uzlaşık çözüm” sunmaktadır. ÇAKV, genellikle en iyi alternatifin tasarlanmasını amaçlayan, sonsuz sayıda seçenek içeren ve doğrusal programlama, regresyon gibi matematiksel istatistiksel bilgiler gerektiren bir yöntemdir (Toksoy 2012; Balkuvar 2015).

Lineer programlamanın bir uzantısı olarak geliştirilen hedef programlama, tamsayılı çok amaçlı programlama, dinamik programlama ÇAKV örneklerindedir.

3.4.2. Çok ölçütlü karar verme

Çok Ölçütlü Karar Verme (ÇÖKV), karar vericiler tarafından hedef ve karar alternatiflerine göre verilen görüşler bir araya getirilerek, sonlu sayıda seçeneğin seçimi, sınıflandırılması, sıralanması, önceliklendirilmesi veya elenmesi amacıyla ağırlıklandırılan, birbiriyle çelişen ve aynı ölçü birimini kullanmayan hatta bazıları nitel değer alan çok sayıda ölçüt kullanılarak değerlendirilmesi işlemidir (Ersöz and Kabak 2010; Toksoy 2012).

Bu tür problemlerde alternatifler aynı ölçeklerle tanımlanmamış olabilir ve bu problemler matematiksel optimizasyon araçlarını gerektirmeyebilir. Çizelge 3.3'de ÇAKV ve ÇÖKV arasındaki farklılıklar gösterilmektedir (Ersöz and Kabak 2010).

Çizelge 3.3. ÇAKV ve ÇÖKV karşılaştırması

	ÇAKV	ÇÖKV
Kriterin belirlenmesi	Amaçlar tarafından	Nitelikler tarafından
Amaçların tanımlanması	Açık/Belirgin	Dolaylı
Niteliklerin belirlenmesi	Dolaylı	Açık/Belirgin
Kısıtların belirlenmesi	Dolaylı	Açık/Belirgin
Seçeneklerin belirlenmesi	Açık/Belirgin	Dolaylı
Alternatifler	Sonsuz sayıda, sürekli	Sonlu sayıda, ayrık
Karar verici müdahalesi	Belirgin	Kısıtlı
Karar modeli	Süreç temelli	Sonuç temelli
Uygulanması uygun alanlar	Tasarım/Araştırma	Değerlendirme/Seçim

3.5. HFLTS Gelişimi

Karar verme, bilgi edinme, yatırım, planlama, değerlendirme ve seçim gibi farklı durumlar için olağan bir süreçtir. Elde edilen sonucun doğruluğunu artırmak için bir grup uzman tarafından farklı bakış açıları gerektirmektedir. Grup karar vermede alternatifleri çevreleyen belirsizlik ve uzmanların bilgisinden dolayı karmaşıklıklar yaşanabilmektedir. Bu karmaşıklığın önüne geçmek ve oluşan belirsizliğin üstesinden gelmek için bulanık tercih ilişkileri (Umano *et al.* 1998), dilsel değişkenler (Herrera-Viedma *et al.* 2005), aralık değerler (Jiang 2007) geliştirilmiştir (Rodríguez *et al.* 2013).

Gerçek hayattaki karar verme problemlerinin sahip oldukları belirsiz şartlardan dolayı çözülmesi ve modellenmesi zordur. Bu problemi çözmek için birçok araç geliştirilmiştir. Bulanık mantık ve bulanık set teorileri belirsiz bilgi ile başarılı bir şekilde başa çıkmıştır. Ancak eş zamanlı olarak iki veya daha fazla belirsizlik kaynağı ortaya çıktığı durumda bulanık set sınırlı kalmaktadır (Rodríguez *et al.* 2012).

Kesin değerler ya üyedir ya da üye değildir kararı verirken, bulanık değerler bir üyelik derecesi ile belirlenmektedir. Belirsizliği ifade etmede kesin yargılara göre bulanık kümeler (Zadeh 1965) daha başarılı olmuştur ve aralık değerli bulanık setler (Zadeh 1971), belirsizlik derecesi ile adlandırılan ek derecelendirme bilgisini içeren sezgisel bulanık setler (Atanassov 1999), dizideki tekrarlanan elemanlara izin veren bulanık çoklu setler, üyelik fonksiyonu ile ilgili belirsizlik içeren kümeleri bünyesinde barındıran Tip-2 bulanık setler (Karnik *et al.* 1999) ve kararsız bulanık setler (HFS) (Torra 2010) geliştirilmiştir.

Kararsız bulanık setler (HFS), farklı üyelik işlevlerinin mümkün olduğu düşünülen durumu temsil etmesine olanak veren bulanık kümelerin bir genellemesi, sezgisel bulanık setlerin zarflanmış hali ile tutarlı olan bir kümedir (Torra 2010). Sonrasında ise bu yöntemle ilgili benzerlik ve mesafe ölçüleri geliştirilmiştir.

Geliştirilen bulanık dilsel yaklaşımlar, farklı dilsel ifadeler ve genellemeler dilsel bilgiyi modellemede tek ve basit ifadeler kullanıldığından dolayı sınırlıdır. Belirsizlik içeren problemlerde karar vericinin düşüncesini tek bir terim ile ifade etmesi mümkün olmayabilir, birden fazla terimi düşünebilir veya kararsız kalabilmektedir.

Bu durumda, oluşan kısıtlamaları ortadan kaldırmak için temeli bulanık dil bilgisine dayanan (Rodriguez *et al.* 2012) tarafından HFLTS kümesi geliştirilmiştir. HFLTS ile karar vericinin Serbest-içerikli dilsel terim setleri kullanılarak görüşlerini ifade etmesinde zenginlik ve farklı ifadeler kullanma esnekliği sağlanmıştır. Başka bir ifadeyle, insanlara tarafından kullanılan ifadelere yakın olan karşılaştırmalı terimlere dayanan dilbilimsel ifadelerin değerlendirilmesini sağlayan birçok kriterli dilsel karar verme modelidir. Modelde, her bir alternatifle ilgili bir dilsel aralık elde etmemize izin veren iki sembol birleştirme operatörü kullanılmaktadır.

HFLTS modelinin temel tanımlamaları ve bu çalışmada kullanılacak olan Hiyerarşik Çok Kriterli HFLTS yöntemi ve MABAC yönteminin adımları aşağıda detaylı bir şekilde anlatılmıştır.

3.6. HFLTS Temel İşlemler

Öncelikle HFS ve HFLTS için verilen tanımlamalar aşağıdaki gibidir (Rodriguez *et al.* 2012; Liu and Rodríguez 2014; Yavuz *et al.* 2015):

Tanım 1: X bir referans seti temsil etsin. X üzerindeki bir HFS ise $[0, 1]$ değerlerin bir alt kümesine dönüştüren h 'ın bir fonksiyonu olsun:

$$h : X \rightarrow ([0, 1])$$

Böylece bir HFS, bir dizi bulanık set verildiğinde üyelik fonksiyonlarının birleşimi olarak tanımlanır.

Tanım 2: $M = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n)$ n üyelik fonksiyonlarının bir kümesini temsil etsin. M ile ilişkili HFS, h_M şu şekilde verilir:

$$h_M: M \rightarrow ([0, 1]) \quad h_M(X) = \bigcup_{\mu \in M} (\mu(X)) \quad (3.1)$$

Tanım 3: Bir HFLTS olan H_S , aşağıdaki şartları sağlayan bir dilsel terim seti $S = (s_0, \dots, s_g)$ 'nin ardışık sıralı sonlu bir alt kümesidir:

- Eğer $i \leq j$ ise S terim setinin sırası $S: s_i \leq s_j$ 'dir.
- $g + 1$ S 'nin boyutunu temsil etmek şartıyla, Negatiflik operatörü

$$Neg(s_i) = s_j, \quad j = g - i \quad (3.2)$$

Eğer $i \geq j$ ise Maksimizasyon ve Minimizasyon operatörü sırasıyla Eşitlik 3.3 ve Eşitlik 3.4'te verilmiştir.

$$\max(s_i, s_j) = s_i, \quad (3.3)$$

$$\min(s_i, s_j) = s_j \quad (3.4)$$

Tanım 4: HFLTS'nin Üst sınırı H_{S+} ve alt sınırı H_{S-} aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$H_{S+} = \max(s_i) = s_j, \quad s_i \in H_S \text{ ve } s_i \leq s_j \forall i, \quad (3.5)$$

$$H_{S-} = \min(s_i) = s_j, \quad s_i \in H_S \text{ ve } s_j \leq s_i \forall i, \quad (3.6)$$

Tanım 5: HFLTS'nin bir zarfı olan $env(H_S)$, bir dilsel aralıktır. Bu aralığın sınırları, alt ve üst sınır tarafından belirlenmiştir:

$$\text{env}(H_S) = [H_{S^-}, H_{S^+}], \quad H_{S^-} \leq H_{S^+} \quad (3.7)$$

3.6.1. Çok kriterli HFLTS yöntemi

Rodríguez *et al.* (2013) tarafından tek kriterli Kararsız Dilsel Grup Karar Verme modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen model ile uzmanlara esnek dilsel ifadelerin biçimlendirilmesini serbest-içerikli terim setleri kullanarak, insanoğlunun bilişsel yapısına yakın karşılaştırmalı dilsel ifadeleri ortaya çıkarmayı sağlamıştır.

Rodríguez *et al.* (2013) tarafından önerilen tek kriterli kararsız dilsel grup karar verme modeli, Yavuz *et al.* (2015) tarafından geliştirilerek ÇKKV modeli olarak hiyerarşik bir HFLTS yöntemi önerilmiştir. Önerilen bu yöntem, uzmanların üyelik derecelerini tanımlamadaki kararsızlığı göz önünde bulundurabilmektedir. Hiyerarşik yapıya sahip olan karmaşık bir ÇKKV problemindeki nitel ve nicel kriterleri ifade etmede kolaylık sağlamaktadır. Zarflanmış bulanık dilsel ifadeler ile karşılaştırmalı olarak bulanık ifade kullanabilmektedir.

Dilsel terim seti, “en çok orta öneme sahip” veya “yüksek ile düşük önem arasında bir öneme sahip” gibi serbest terim içeriği ile birlikte kullanılarak dilsel ifadede esneklik ve zenginlik sağlamaktadır. HFLTS, bulanık bir zarfa dayanan dilsel ifadeler içermektedir ve hiyerarşik yapıya sahip olan karmaşık bir çok kriterli problemin üstesinden gelebilir ve karşılaştırmalı olarak bir bulanık ifade kullanabilir (Yavuz *et al.* 2015).

Aşağıda yöntemin adımları verilmiştir:

Herhangi bir kriter sayısını $z \in (1, 2, \dots, \tau)$ ile temsil edelim.

Adım1: Dilsel ve simgesel terim setini belirle (S)

$$S = \left\{ \begin{array}{l} \text{Önemsiz (ö);} \\ \text{Çok düşük öneme sahip (çdö);} \\ \text{Düşük öneme sahip (dö);} \\ \text{Orta düzeyde öneme sahip (odö);} \\ \text{Yüksek öneme sahip (yö);} \\ \text{Çok yüksek öneme sahip (çyö);} \\ \text{Kesinlikle önemli (kö);} \end{array} \right\} \quad (3.8)$$

Adım 2: $G_H = (V_N, V_T, I, P)$ yi içeren Serbest-içerikli dilsel terim setini belirle (3.9)

V_N : Bağıntısız sembollerin terim seti,

V_T : Bağintı sembolleri terim seti,

I: Başlangıç sembolü,

P: Üretim kuralı.

$V_N = (\langle \text{tekli terimler} \rangle, \langle \text{birleşik terimler} \rangle, \langle \text{tekli bağintı} \rangle, \langle \text{ikili bağintı} \rangle, \langle \text{bağlaçlar} \rangle)$ şeklinde bağıntısız sembollerin terim setini ifade etmektedir.

$V_T = (-\text{den daha düşük, } -\text{den daha yüksek, en az, en çok, arasında, ve, } s_0, s_1, \dots |s_g)$ şeklinde gösterilir ve s_0 'dan s_g 'ye kadar olan terim setlerini içeren bağıntılı sembollerin terim setidir. Bağintı sembolleri dizisinde birincil terimler (düşük, yüksek, orta gibi), sınırlayıcılar (çok, yok gibi), ilişkiler (-den daha fazla, -den daha az), bağlaçlar (ve, fakat vb.), ayraçlar (ya da vb.) ile gösterilmektedir.

$I \in V_N$

Serbest - içerikli dilsel terim seti için üretim kuralları Eşitlik 3.10'daki gibidir:

$$P = \left\{ \begin{array}{l} I = \langle \text{tekli terim} | \text{birleşik terim} \rangle, \\ \langle \text{birleşik terim} \rangle ::= \\ \langle \text{tekli bağıntı} \rangle \langle \text{tekli terim} | \text{ikili bağıntı} \rangle \\ \langle \text{tekli terim} \rangle \langle \text{bağlaç} \rangle \langle \text{tekli terim} \rangle \\ \text{tekli terim} ::= s_0 | s_1 | \dots | s_g, \langle \text{tekli bağıntı} \rangle ::= \\ \text{-den daha yüksek, | -den daha düşük | en az | en çok,} \\ \langle \text{ikili bağıntı} \rangle ::= \text{arasında, } \langle \text{bağlaç} \rangle ::= \text{ve} \end{array} \right. \quad (3.10)$$

İkili karşılaştırmalarda kriterin önem derecesini belirlerken tekli terim (düşük, yüksek, orta gibi) veya birleşik terim kullanılabilir. Birleşik terimlerin üretim kuralı; tekli bağıntı ve tekli terimden oluşabilir (en çok yüksek öneme sahip) veya ikili bağıntıyı temsil eden tekli terim, bağlaç ve tekli terimden oluşabilir (orta düzey önem ve yüksek önem arasında).

Adım 3: Hem alternatif hem de kriterler için $k \in (1, 2, \dots, m)$ uzmanlar tarafından sağlanan p^k tercih ilişkileri üretilir.

Adım 4: Dönüşüm fonksiyonu E_{GH} kullanılarak HFLTS içinde tercih ilişkisi dönüştürülür.

Adım 5: Her bir HFLTS için $[p_{ij}^{k-}, p_{ij}^{k+}]$ zarfı elde edilir.

Adım 6: φ ile gösterilen bir dilsel birleştirme operatörü seçilir. Bu operatör kullanılarak iyimser (P_c^+) ve kötümser (P_c^-) toplam tercih ilişkileri elde edilir.

Bu çalışmada dilsel birleştirme operatörü olarak Eşitlik 3.11'de verilen Aritmetik ortalama kullanılmıştır.

$$\bar{x} = \Delta \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta^{-1}(s_i, \alpha_i) \right) = \Delta \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \beta_i \right) \quad (3.11)$$

S ile ilişkilendirilmiş 2-Tuple set $S=S \times [0.5,0.5)$ olarak tanımlansın.

$$\Delta: [0, g] \rightarrow S \text{ fonksiyonu, } \Delta(\beta)=(s_i, \alpha) \text{ ile } \begin{cases} i = \text{yuvarla}(\beta) \\ \alpha = \beta - i \end{cases} \quad (3.12)$$

tarafından verilir. i ($i \in (0,1, \dots, g)$), β 'ye en yakın tamsayıya yuvarlanır.

$\Delta^{-1}: \langle S \rangle \rightarrow [0, g]$ fonksiyonu ise Eşitlik 3.13 kullanılarak belirlenir.

$$\Delta^{-1}(s_i, \alpha) = i + \alpha \quad (3.13)$$

Adım 7: Dilsel birleştirme operatörü ϕ kullanılarak her bir alternatif için toplam iyimser ve kötümser tercih hesaplanır.

Adım 8: Alternatifler için ortak tercihlerin $V^R=(p_1^R, p_2^R, \dots, p_n^R)$ aralık değerleri için bir Eşitlik 3.14'te verildiği gibi bir vektör oluştur.

$$p_i^R = [p_i^-, p_i^+] \quad (3.14)$$

Adım 9: Elde edilen aralık değerler normalize edilir.

Adım 10: Ağırlık skorları hesaplanır, alternatifleri sıralanır ve en iyi alternatif/kriter seçilir.

3.7. MABAC Metodu

MABAC metodu ile alternatifler için kriter fonksiyonlarının değerleri hesaplanır ve kriter değerlerinin, negatif ideal alan ve pozitif ideal alana yakınlığı bulmada kullanılan ve iki alan arasında yer alan sınır yaklaşım alanına olan uzaklığı belirlenir. Sınır yaklaşım alanından kriter fonksiyonlarının uzaklığı belirlendikten sonra alternatifler

sıralanır ve en iyi alternatif seçilir. MABAC yöntemi adımları aşağıda açıklanmıştır (Pamučar and Čirović 2015):

Adım 1: Başlangıç karar matrisi oluşturulur (X). İlk adım n kritere göre m alternatifi değerlendirmektir. x_j : j. kritere göre i. alternatifin değeri olmak üzere alternatifler vektörü Eşitlik 3.15'teki gibi verilir.

$$X = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \dots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \dots & \dots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (3.15)$$

$i=1,2,\dots,m, j=1,2,\dots,n$ olup, m: toplam alternatif sayısı ve n:toplam kriter sayısıdır.

Adım 2: Başlangıç matrisi (X)'in normalizasyonu ile oluşan matris Eşitlik 3.16 ile gösterilmiştir.

$$N = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \dots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} n_{11} & n_{12} & \dots & n_{1n} \\ n_{21} & n_{22} & \dots & n_{2n} \\ \vdots & \dots & \dots & \vdots \\ n_{m1} & n_{m2} & \dots & n_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (3.16)$$

Normalize matrisi N oluşturulurken Eşitlik 3.17 ve Eşitlik 3.18 kullanılır:

Fayda kriteri ise (daha yüksek değerli bir kriter tercih edilir):

$$n_{ij}^- = \frac{x_{ij} - x_i^-}{x_i^+ - x_i^-} \quad (3.17)$$

Maliyet kriteri ise (daha düşük değerli bir kriter tercih edilir):

$$n_{ij} = \frac{x_{ij} - x_i^+}{x_i^- - x_i^+} \quad (3.18)$$

x_{ij} , x_i^+ ve x_i^- başlangıç matrisi X'den elde edilir. x_i^+ ve x_i^- aşağıdaki gibi tanımlanır:

$x_i^+ = \max(x_1, x_2, \dots, x_m)$ alternatiflere göre gözlemlenen kriterlerin maksimum değeri

$x_i^- = \min(x_1, x_2, \dots, x_m)$ alternatiflere göre gözlemlenen kriterlerin minimum değeri

Adım 3: Ağırlıklandırılmış matris (V)' teki her bir eleman Eşitlik (3.19) kullanılarak hesaplanır.

$$v_{ij} = w_i \cdot (n_{ij} + 1) \quad (3.19)$$

n_{ij} : Normalize matristeki elemanlar, w_i :kriter ağırlıkları ve v_{ij} : ağırlıklandırılmış matristeki elemanlar olmak üzere Ağırlıklandırılmış matris (V) Eşitlik 3.20'de gösterilmiştir.

$$V = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & \dots & v_{1n} \\ v_{21} & v_{22} & \dots & v_{2n} \\ \vdots & \dots & \dots & \vdots \\ v_{m1} & v_{m2} & \dots & v_{mn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_1 \cdot (n_{11} + 1) & w_2 \cdot (n_{12} + 1) & \dots & w_n \cdot (n_{1n} + 1) \\ w_1 \cdot (n_{21} + 1) & w_2 \cdot (n_{22} + 1) & \dots & w_n \cdot (n_{2n} + 1) \\ \vdots & \dots & \dots & \vdots \\ w_1 \cdot (n_{m1} + 1) & w_1 \cdot (n_{m2} + 1) & \dots & w_n \cdot (n_{mn} + 1) \end{bmatrix} \quad (3.20)$$

Adım 4: Negatif ideal alan ve pozitif ideal alana yaklaşımı belirleyen ideal sınıra yaklaşım alan matrisi (G) her bir kriter için Eşitlik (3.21) kullanılarak belirlenir.

$$g_i = \left(\prod_{j=1}^m v_{ij} \right)^{1/m} \quad (3.21)$$

Her bir kriter için g_i değerleri hesaplandıktan sonra, ideal sınıra yaklaşım alan matrisi (G) (Eşitlik 3.22), nx1 boyutundadır ve burada g_i , C_i kriteri için sınır yaklaşım alanıdır.

$$G = \begin{bmatrix} C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ g_1 & g_2 & \dots & g_n \end{bmatrix} \quad (3.22)$$

Adım 5:Matris elemanları için (Q) sınır yaklaşım alanından alternatiflerin uzaklıkları hesaplanır.

$$Q = \begin{bmatrix} q_{11} & q_{12} & \dots & q_{1n} \\ q_{21} & q_{22} & \dots & q_{2n} \\ \vdots & \dots & \dots & \vdots \\ q_{m1} & q_{m2} & \dots & q_{mn} \end{bmatrix} \quad (3.23)$$

Alternatiflerin sınır yaklaşım alanından uzaklıkları (q_{ij}), sınır yaklaşım alanı değerleri (G) ve ağırlıklandırılmış matristeki elemanlar arasındaki fark alınarak belirlenir.

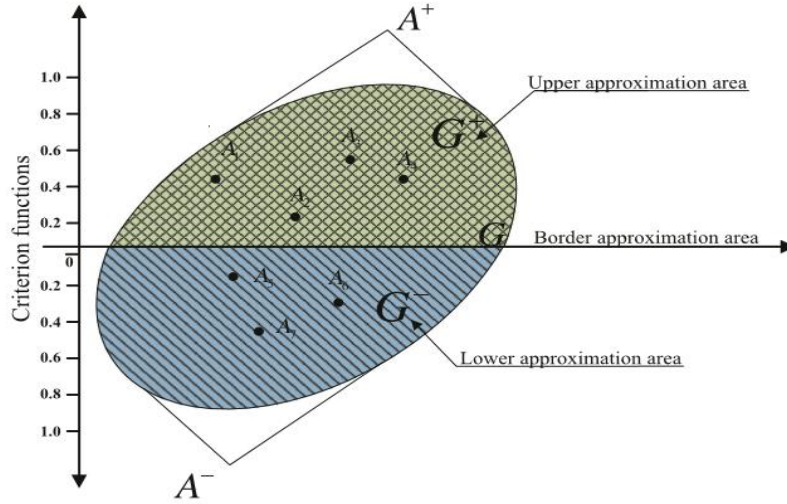
$$Q = V - G = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & \dots & v_{1n} \\ v_{21} & v_{22} & \dots & v_{2n} \\ \vdots & \dots & \dots & \vdots \\ v_{m1} & v_{m2} & \dots & v_{mn} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} g_1 & g_2 & \dots & g_n \\ g_1 & g_2 & \dots & g_n \\ \vdots & \dots & \dots & \vdots \\ g_1 & g_2 & \dots & g_n \end{bmatrix} \quad (3.24)$$

$$Q = \begin{bmatrix} v_{11} - g_1 & v_{12} - g_2 & \dots & v_{1n} - g_n \\ v_{21} - g_1 & v_{22} - g_2 & \dots & v_{2n} - g_n \\ \vdots & \dots & \dots & \vdots \\ v_{m1} - g_1 & v_{m2} - g_2 & \dots & v_{mn} - g_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} q_{11} & q_{12} & \dots & q_{1n} \\ q_{21} & q_{22} & \dots & q_{2n} \\ \vdots & \dots & \dots & \vdots \\ q_{m1} & q_{m2} & \dots & q_{mn} \end{bmatrix} \quad (3.25)$$

m: toplam alternatif sayısı, n:toplam kriter sayısı, v_{ij} : Ağırlıklandırılmış matristeki elemanlar (V).

A_i alternatifi üst yaklaşım alanı (G^+), alt yaklaşım alanı (G^-) ya da sınır yaklaşım alanı (G)'na ait olabilir, yani $A_i \in \{G \vee G^+ \vee G^-\}$. Üst yaklaşım alanı (G^+), ideal alternatifleri

(A^+), içeren bölgedir, alt yaklaşım alanı (G^-), ideal olmayan alternatiflerin olduğu bölgedir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. İdeale yaklaşım alanlarının gösterimi

Alternatif A_i 'nin hangi yaklaşım alanına ait olduğu Eşitlik 3.26 ile belirlenir.

$$A_i \in \begin{cases} G^+ & \text{eğer } q_{ij} > 0 \\ G & \text{eğer } q_{ij} = 0 \\ G^- & \text{eğer } q_{ij} < 0 \end{cases} \quad (3.26)$$

A_i alternatifinin en iyi alternatif olarak seçilebilmesi için üst yaklaşım alanına ait mümkün oldukça en çok kritere sahip olması gerekmektedir. Örneğin, eğer A_i , toplam 6 kriterden 5 kriteri üst yaklaşım alanındaysa ve diğer kriterde alt yaklaşım alanındaysa alternatif ideal alternatifte eşittir veya yakındır demektir, 1 kritere göre de alt yaklaşım alanına denk veya yakındır demektir. Eğer $q_{ij} > 0$ yani üst yaklaşım alanına ait elemanlar fazlaysa alternatif A_i ideal alternatiftir ya da ideale en yakın olandır.

Adım 6: Alternatiflerin sıralanması. Alternatifler için kriter fonksiyonları değerlerinin hesabı sınır yaklaşım alanları (q_i)'den alternatiflerin uzaklıklarının toplamı olarak

Eşitlik (3.27) kullanılarak elde edilir. Q matrisinin satırlarındaki elemanlar toplanarak alternatiflerin kriter fonksiyonlarının son değerlerini elde ederiz.

$$S_i = \sum_{j=1}^n q_{ij} \quad j=1,2,\dots,n, i=1,2,\dots,m \quad (3.27)$$

3.7.1. Yeni bir hibrid HFLTS&MABAC yöntemi

HFLTS, nitel ve nicel bilgileri ifade etmede esneklik ve zenginlik sağlayan bir serbest-içerikli terim seti kullanma olanağı sağlamıştır. Temeli bulanık mantığa dayanmaktadır ancak karar vericilerin birbiriyle çelişen birden fazla kriteri karşılaştırdığında düşüncelerini daha iyi ifade etmelerini sağlayan bir dilsel terim seti içermektedir. Hesaplamalar belli bir aşamaya kadar kelimeler üzerinden yapılmaktadır. Nitel ve nicel, her iki bilgi türünün de değerlendirilmesini içeren birçok karmaşık karar verme probleminde kullanılabilen ve doğru sonuçlar vermektedir.

MABAC yöntemi, etkili ve işlem kolaylığı sağlayan adımları içermektedir. MABAC metodu ile alternatifler için kriter fonksiyonlarının değerleri hesaplanır ve bu değerlerin negatif ideal alan ve pozitif ideal alana yakınlığı bulunur. Bu yakınlık bu iki alan arasında mevcut olan sınır yaklaşım alanından uzaklığa göre belirlenmektedir. Sınırdan uzaklaştıkça negatif ideallik ve pozitif ideallik derecesi artmaktadır. Sınır yaklaşım alanından kriter fonksiyonlarının uzaklığı belirlendikten sonra alternatifler sıralanır ve en iyi olan seçilir.

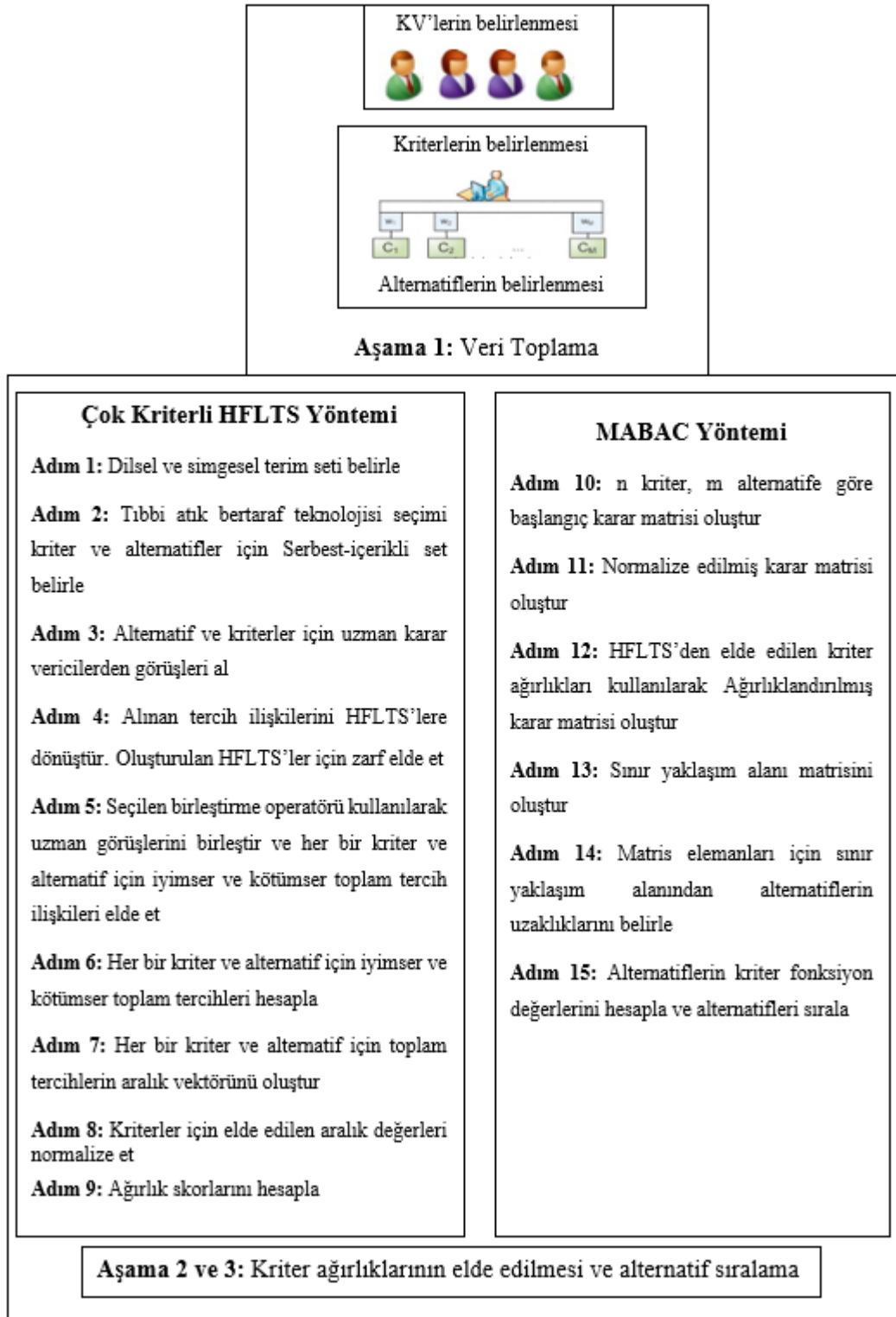
Önerilen yaklaşım ile Tıbbi atık bertaraf teknolojisi seçim süreci 3 aşamadan oluşmaktadır:

- **Aşama 1:** Veri toplama
 - Karar vericilerin belirlenmesi,
 - Kriterlerin belirlenmesi,
 - Alternatiflerin belirlenmesi,

- **Aşama 2:** Çok Kriterli HFLTS yöntemiyle kriter ağırlıklarının elde edilmesi
- **Aşama 3:** MABAC yöntemi ile alternatiflerin sıralanması, en uygun alternatifin seçilmesi

Şekil 3.3’de önerilen yöntemin adımları ve izlenecek sürecin özet şeması verilmiştir.





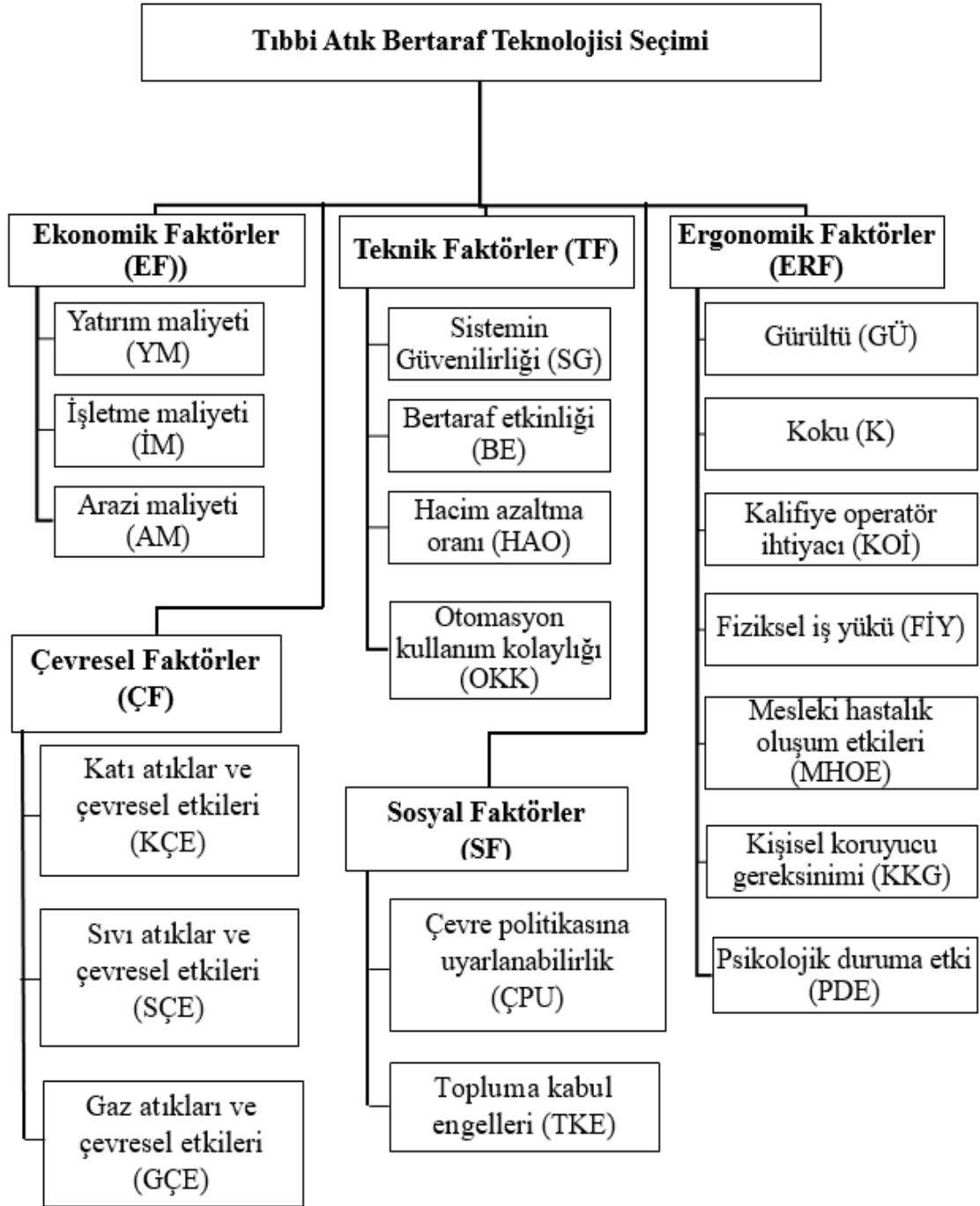
Şekil 3.3. Önerilen yöntem adımları

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Tıbbi Atık Bertaraf Teknolojisi Seçim Kriterleri

Literatürde tıbbi atık bertaraf teknolojisi seçimi için Ekonomik faktörler (EF), Teknik Faktörler (TF), Çevresel faktörler (ÇF) ve Sosyal faktörler (SF) göz önünde bulundurulmuştur. Sağlık kuruluğu içerisinde ve tıbbi atık bertaraf tesisinde çalışan kişilerin güvenliğini sağlama, fiziksel ve ruhsal sağlıklarını koruma, kullanılan ekipmanların kullanım kolaylığını sağlama ve iş tatmini sağlama, mesleki hastalıkları azaltacak önlemleri alma, oluşacak çevresel etkileri en aza indirme konuları ergonomi kapsamında olduğundan dolayı, tıbbi atık bertaraf etme teknolojileri seçimi için literatürde ele alınan ekonomik, sosyal, çevresel ve teknik faktörlere, insanın olduğu her yerde dikkat edilmesi gereken ergonomik faktörlerde eklenerek bir yenilik getirilmiştir. Bu sayede daha kapsamlı bir çerçeveden belirlenen tıbbi atık bertaraf teknolojileri değerlendirilmiştir. Sonuç olarak 5 ana kriter ve 19 alt kriter ele alınmıştır.

Şekil 4.1’de bu çalışmada kullanılacak kriterler için hiyerarşik yapı gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Tıbbi atık bertaraf teknolojisi seçim kriterleri hiyerarşik yapı

Bu kriterler, tıbbi atık bertaraf teknolojisi seçiminde, çevreye ve insan sağlığına verilecek zararı en aza indirmek için hangi bilgilerin kullanılacağını gösteren verilerdir. Belirlenen ana ve alt kriter tanımları şu şekildedir:

- **Ekonomik faktörler (EF):** Sistemin kurulabilmesi için katlanılacak yatırım maliyeti, işletme kurulduktan sonra çalışması için gerekli olan her tür maliyet ve tesisin kurulacağı arazi maliyetini içeren faktörlerdir.
 - ✓ Yatırım maliyeti (YM): Kurulan tesisin işletme aşamasına geldiği ana kadar yaptığı harcamaların bütünüdür.
 - ✓ İşletme maliyeti (İM): Sistem içerisindeki makine ve teçhizatı işlem görür halde tutmak için gerekli olan maliyetleri içermektedir.
 - ✓ Arazi maliyeti (AM): Tesisin kurulacağı arazinin maliyetidir.

- **Çevresel faktörler (ÇF):** Tıbbi atıkların bertaraf tesisine taşındıktan sonra, bertaraf tesisinde atıkların bertaraf edilmesi sürecinde ve sonrasında çıkan bütün katı, sıvı ve gaz atıklar ve çevresel etkileridir.
 - ✓ Katı atıklar ve çevresel etkileri (KÇE): Sterilize edilmeden gömülen katı atıkların veya sistemde toplanan katı halde olan katı atıklar ve onların oluşturduğu çevresel etkileridir.
 - ✓ Sıvı atıklar ve çevresel etkileri (SÇE): İlk atıklar veya işlem görmüş atıklardan çıkan sıvı atıklar ve bunların çevreye etkilerini içermektedir.
 - ✓ Gaz atıkları ve çevresel etkileri (GÇE): Atıkların bertarafından önce, bertaraf esnasında ve bertarafı sonrasında oluşan gaz atıkları ve onların çevresel etkileridir.

- **Teknik faktörler (TF):** Kullanılacak olan sistemin güvenilirliği, bertaraf etkinliği, atığın hacmini azaltma oranı ve sistemin otomasyon kullanımına adaptasyon oranı alt bilgileri içeren faktörlerdir.
 - ✓ Sistemin güvenilirliği (SG): Üretilen atıklara muamele etmek için güvenli ve güvenilir sistemler gereklidir.
 - ✓ Bertaraf etkinliği (BE): Atığın enfeksiyöz riskini azaltma oranını gösteren bilgidir.
 - ✓ Hacim azaltma oranı (HAO): Atık bertaraf işlemi sonucunda atık hacmindeki azalma oranıdır.
 - ✓ Otomasyon kullanım kolaylığı: Bertaraf sisteminin otomasyon kullanımına adaptasyon oranını gösteren veridir.

- **Sosyal faktörler (SF):**

- ✓ Çevre politikasına uyulanabilirlik (ÇPU): Kurulacak bertaraf tesisinin mevcut çevre politikasına uyulanabilirlik bilgisidir.
- ✓ Topluma kabul engelleri (TKE): Kurulacak tesisin çevreye etkilerinden dolayı toplum için kabul engelleri bilgisidir.

- **Ergonomik faktörler (ERF):**

- ✓ Gürültü (GÜ): Atık bertarafı esnasında oluşacak gürültüdür.
- ✓ Koku (K): Atıklardan dolayı etrafa yayılan kokudur.
- ✓ Kalifiye operatör ihtiyacı (KOİ): sistemin karmaşıklığına bağlı olarak gerekli olan kalifiye operatör ihtiyacı bilgisini içeren kriterdir.
- ✓ Fiziksel iş yükü (FIY): Atık bertarafında çalışanın tesis içindeki toplam fiziksel iş yükünü ifade etmektedir. Otomasyon kullanımı ne kadar fazla olursa çalışanın fiziksel iş yükü o kadar az olacaktır.
- ✓ Mesleki hastalık oluşum etkileri (MHOE): Atık bertaraf tesisi içerisinde çalışan işçide tıbbi atıkların sağlığa olumsuz etkilerinden dolayı oluşabilecek hastalıklardır.
- ✓ Kişisel koruyucu gereksinimi (KKG): Tıbbi atıklardan dolayı oluşabilecek zararlı etkileri en aza indirmek için tesis içerisindeki her çalışanın kullanması gereken kişisel koruyucu ekipmanlarıdır.
- ✓ Psikolojik durumu etkileme (PDE): Bertaraf tesisinde çalışan işçi için atıkların kontaminasyon riski, işin zorluk derecesi gibi etkilerden dolayı psikolojik durumun etkilenmesidir.

4.2. Uygulama

Tıbbi atık bertaraf teknolojisi seçim problemi için kriterler 4.1 bölümünde verildiği gibi Ekonomik, Çevresel, Teknik, Sosyal ve Ergonomik ana kriterleri ile 19 tane alt kriterden oluşmuştur. Bertaraf teknolojisi alternatifleri yakma (A1), buharlı sterilizasyon (A2), mikrodalga (A3) ve depolama (A4) olarak belirlenmiştir.

Kriterlerin ikili karşılaştırmaları için karar vericilerin dolduracakları matrisler hazırlanmıştır. Matrisler Ek 1 ve Ek 2’de verilmiştir. Bu çalışma kapsamında tıbbi atık bertaraf teknolojisi seçimi için 5 karar verici belirlenmiştir. Bu karar vericiler Çevre ve Şehircilik Bakanlığında, Büyükşehir Belediyesi’nden ve tıbbi atık işletme tesisinde tıbbi atıkla ilgilenen birimlerden olmak üzere ayrıca tıbbi atık konusunda bilgisi olan akademisyenlerden seçilmiştir. Hesaplamalar, Windows 10 sürümünde, Excel 2013’te yapılmıştır.

4.2.1. HFLTS yöntemi ile ana kriterlerin ağırlıkları hesabı

Veri toplama aşamasından sonra önerilen yeni bir hibrid yöntem olan HFLTS-MABAC’in Şekil 3.3’te verilen adımları sırasıyla uygulanmıştır. İlk önce çok kriterli HFLTS yöntemi kullanılarak ana ve alt kriter ağırlıkları bulunmuştur. Kriter ağırlıkları bulmada her kriter karşılaştırmasında adımlar tekrar edilmektedir.

Adım 1: Dilsel ve simgesel terim seti (S), Eşitlik 3.8’deki gibi belirlenmiştir

$$S = \left\{ \begin{array}{l} \text{Önemsiz (öz);} \\ \text{Çok düşük öneme sahip (çdö);} \\ \text{Düşük öneme sahip (dö);} \\ \text{Orta düzeyde öneme sahip (odö);} \\ \text{Yüksek öneme sahip (yö);} \\ \text{Çok yüksek öneme sahip (çyö);} \\ \text{Kesinlikle önemli (kö);} \end{array} \right\}$$

Adım 2: $G_H = (V_N, V_T, I, P)$ yi içeren Serbest-içerikli dilsel terim seti Eşitlik 3.9’daki gibi belirlenmiştir.

Adım 3: Eşitlik 3.10’da üretim kurallarına uyarak ikili karşılaştırma matrisleri değerlendirilmiştir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Ana kriterler için uzmanlar tarafından belirlenen tercih ilişkileri

	EF	ÇF	TF	SF	ERF
KV1					
EF	-	çdö-dö arasında	dö	en az yö	odö-yö arasında
ÇF	yö-çyö arasında	-	odö	en az yö	dö-odö arasında
TF	yö	odö	-	yö	odö'den daha çok
SF	en çok dö	en çok dö	dö	-	çdö
ERF	dö-odö arasında	odö-yö arasında	odö'den daha az	çyö	-
KV2					
EF	-	odö	çyö	en az yö	odö'den daha yüksek
ÇF	odö	-	odö-yö arasında	kö	odö
TF	çdö	dö-odö arasında	-	yö-çyö arasında	çyö
SF	en çok dö	öz	çdö-dö arasında	-	öz
ERF	odö'den daha düşük	odö	çdö	kö	-
KV3					
EF	-	odö-yö arasında	yö-çyö arasında	odö	odö'den daha düşük
ÇF	dö-odö arasında	-	yö	çyö	odö-yö arasında
TF	çdö-dö arasında	dö	-	yö	odö
SF	odö	çdö	dö	-	dö
ERF	odö'den daha yüksek	dö-odö arasında	odö	yö	-

Çizelge 4.1. (devam)

KV4					
EF	-	odö	en çok yö	yö	yö
ÇF	odö	-	odö-yö	odö'den daha yüksek	odö-yö arasında
TF	en az dö	dö-odö	-	çyö	yö
SF	dö	odö'den daha düşük	çdö	-	çdö-dö arasında
ERF	dö	dö-odö arasında	dö	çyö-yö arasında	-
KV5					
EF	-	odö'den daha düşük	yö-çyö arasında	odö-yö arasında	dö-odö arasında
ÇF	odö'den daha yüksek	-	kö	çyö-kö arasında	yö'den daha yüksek
TF	çdö-dö arasında	öz	-	çyö	odö-yö arasında
SF	dö-odö arasında	öz-çdö arasında	çdö	-	en çok yö
ERF	odö-yö arasında	dö'den daha düşük	dö-odö arasında	en az dö	-

Adım 4: E_{GH} , dönüşüm fonksiyonu kullanılarak HFLTS'ler içindeki tercih ilişkileri dönüştürülür. Her bir HFLTS için $[p_{ij}^{k-}, p_{ij}^{k+}]$ zarfı elde edilir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. HFLTS'ler için elde edilen zarflar (ana kriterler)

	EF	ÇF	TF	SF	ERF
KV1					
EF	-	[çdö, dö]	[dö, dö]	[yö, kö]	[odö, yö]
ÇF	[yö, çyö]	-	[odö, odö]	[yö, kö]	[dö, odö]
TF	[yö, yö]	[odö, odö]	-	[yö, yö]	[odö, kö]
SF	[öz, dö]	[öz, dö]	[dö, dö]	-	[çdö, çdö]
ERF	[dö, odö]	[odö, yö]	[öz, odö]	[çyö, çyö]	-
KV2					
EF	-	[odö, odö]	[çyö, çyö]	[yö, kö]	[odö, kö]
ÇF	[odö, odö]	-	[odö, yö]	[kö, kö]	[odö, odö]
TF	[çdö, çdö]	[dö, odö]	-	[yö, çyö]	[çyö, çyö]
SF	[öz, dö]	[öz, öz]	[çdö, dö]	-	[öz, öz]
ERF	[öz, odö]	[odö, odö]	[çdö, çdö]	[kö, kö]	-
KV3					
EF	-	[odö, yö]	[yö, çyö]	[odö, odö]	[öz, odö]
ÇF	[dö, odö]	-	[yö, yö]	[çyö, çyö]	[odö, yö]
TF	[çdö, dö]	[dö, dö]	-	[yö, yö]	[odö, odö]
SF	[odö, odö]	[çdö, çdö]	[dö, dö]	-	[dö, dö]
ERF	[odö, kö]	[dö, odö]	[odö, odö]	[yö, yö]	-
KV4					
EF	-	[odö, odö]	[öz, yö]	[yö, yö]	[yö, yö]
ÇF	[odö, odö]	-	[odö, yö]	[odö, kö]	[odö, yö]
TF	[dö, kö]	[dö, odö]	-	[çyö, çyö]	[yö, yö]
SF	[dö, dö]	[öz, odö]	[çdö, çdö]	-	[çdö, dö]
ERF	[dö, dö]	[dö, odö]	[dö, dö]	[yö, çyö]	-
KV5					
EF	-	[öz, odö]	[yö, çyö]	[odö, yö]	[dö, odö]
ÇF	[odö, kö]	-	[kö, kö]	[çyö, kö]	[yö, kö]
TF	[çdö, dö]	[öz, öz]	-	[çyö, çyö]	odö-yö
SF	[dö, odö]	[öz, çdö]	[çdö, çdö]	-	[öz, yö]
ERF	[odö, yö]	[öz, dö]	[dö, odö]	[dö, kö]	-

Dilsel terim setlerine karşılık gelen skala Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Dilsel terimler için skala (Oztaysi *et al.* 2015)

öz	çdö	dö	odö	yö	çyö	kö
0	1	2	3	4	5	6

Adım 5: Eşitlik 3.11’de verilen aritmetik ortalama operatörü kullanılarak ana kriterler için karar verici görüşleri birleştirilmiş ve Eşitlik 3.12 ile 3.13 yardımıyla iyimser ve kötümser tercihler elde edilmiştir (Çizelge 4.4-4.5).

Çizelge 4.4. Ana kriterler için kötümser toplam tercih

Kötümser toplam tercih					
	EF	ÇF	TF	SF	ERF
EF	-	(dö, -0)	(odö, -0)	(çyö, -0.4)	(odö, -0)
ÇF	(odö, -0)	-	(yö, -0.2)	(çyö, -0.4)	(odö, -0)
TF	(dö, -0.2)	(dö, -0.2)	-	(yö, 0.4)	(yö, -0.4)
SF	(çdö, 0.4)	(öz, 0.2)	(çdö, 0.4)	-	(çdö, -0.2)
ERF	(dö, -0)	(dö, -0)	(dö, -0.4)	(yö, 0.2)	-

Örnek hesaplama; ekonomik faktörle çevresel faktörün karşılaştırıldığı ilk hücre için kötümser toplam tercih:

$$\begin{aligned}
 p_{c_{12}}^- &= \Delta \left(\frac{1}{5} (\Delta^{-1}(\text{çdö}, 1) + (\Delta^{-1}(\text{odö}, 3) + (\Delta^{-1}(\text{odö}, 3) + (\Delta^{-1}(\text{odö}, 3) + (\Delta^{-1}(\text{öz}, 0)) \right) \\
 &= \Delta \left(\frac{1}{5} (1 + 3 + 3 + 3 + 0) \right) \\
 &= (\text{dö}, -0)
 \end{aligned}$$

Çizelge 4.5. Ana kriterler için iyimser toplam tercih

İyimser toplam tercih					
	EF	ÇF	TF	SF	ERF
EF	-	(odö, -0)	(yö, 0.2)	(çyö, -0.4)	(yö, -0)
ÇF	(yö, -0)	-	(yö, 0.2)	(kö, -0.2)	(yö, -0)
TF	(odö, -0)	(dö, 0.2)	-	(çyö, -0.4)	(yö, 0.4)
SF	(dö, 0.2)	(çdö, 0.4)	(dö, -0.4)	-	(dö, -0.2)
ERF	(yö, -0.4)	(odö, -0)	(dö, 0.4)	(çyö, 0.2)	-

Örnek hesaplama; ekonomik faktörle çevresel faktörün karşılaştırıldığı ilk hücre için iyimser toplam tercih:

$$\begin{aligned}
 p_{c_{12}}^+ &= \Delta \left(\frac{1}{5} (\Delta^{-1}(d\ddot{o}, 2) + (\Delta^{-1}(od\ddot{o}, 3) + (\Delta^{-1}(y\ddot{o}, 4) + (\Delta^{-1}(od\ddot{o}, 3) + (\Delta^{-1}(od\ddot{o}, 3)) \right) \\
 &= \Delta \left(\frac{1}{5} (2 + 3 + 4 + 3 + 3) \right) \\
 &= (od\ddot{o}, -0)
 \end{aligned}$$

Adım 6: Her bir kriter için toplam iyimser ve kötümser tercihler elde edilir.

Çizelge 4.6. Ana kriterler için dilsel aralık değerler ve ağırlıklar

Kriter	Dilsel aralık	Aralık değerler	Ortalamalar	Ağırlıklar
EF	[(oöd, 0.15), (yö, -0.05)]	[3.15, 3.95]	3.550	0.2339
ÇF	[(yö, -0.32), (çyö, -0.5)]	[3.60, 4.50]	4.050	0.2669
TF	[(odö, -0.1), (yö, -0.45)]	[2.90, 3.55]	3.225	0.2125
SF	[(çdö, -0.05), (dö, -0.25)]	[0.95, 1.75]	1.350	0.0890
ERF	[(dö, 0.45), (yö, -0.45)]	[2.45, 3.55]	3.000	0.1977

Ekonomik faktör (EF)'nin toplam tercih için dilsel aralığı şu şekilde elde edilir:

$$[(((dö, -0) + (odö, -0) + (çyö, -0.4) + (odö, -0))/4), (((odö, -0) + (yö, 0.2) + (çyö, -0.4) + (yö, -0))/4)] = [(oöd, 0.15), (yö, -0.05)]$$

Adım 7: Dilsel olarak elde edilen tercih aralığı sayısal değerlerle ifade edilmiştir.

Adım 8-9: Aralık değerlerin orta noktası bulunmuştur ve ardından değerler normalize edilerek ağırlık değerleri elde edilmiştir.

Ekonomik faktör (EF) için orta değer:

$$=(3.15+3.95)/2=3.55$$

$$\text{Ağırlık} = 3.55/(3.550+4.050+3.225+1.350+3.000)=0.2339$$

4.2.2. Alt Kriterler için HFLTS kullanılarak kriter ağırlıkları hesaplama

Ekonomik faktörlerin alt faktörleri için, Çevresel faktörlerin alt faktörleri için, Teknik faktörlerin alt faktörleri için, Sosyal faktörlerin ve Ergonomik faktörlerin alt faktörleri için olmak üzere toplamda 5 tane ikili karşılaştırma matrisi kurulmuştur. Alt kriterlerin ağırlıklarını elde etmek için önerilen yöntemin ilk 9 adımı aynı şekilde uygulanmıştır.

- **Ekonomik faktör alt kriter ağırlıkları**

Çizelge 4.7'de ekonomik kriterlerin alt kriterleri için 5 karar vericinin tercih değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.7. Ekonomik faktör alt kriterleri tercih ilişkileri

	YM	İM	AM
KV1			
YM	-	çdö	odö-yö arasında
İM	çyö	-	kö
AM	dö-odö arasında	öz	-
KV2			
YM	-	dö	çyö
İM	yö	-	yö'den daha yüksek
AM	çdö	dö'den daha düşük	-
KV3			
YM	-	çyö	yö
İM	çdö	-	kö
AM	dö	kö	-
KV4			
YM	-	odö	odö-yö arasında
İM	odö	-	çyö-kö arasında
AM	dö-odö arasında	öz-çdö arasında	-
KV5			
YM	-	odö'den daha az	dö
İM	odö'den daha yüksek	-	en az yö
AM	yö	en çok dö	-

Çizelge 4.8. Ekonomik faktör alt kriterleri için zarflar

	YM	İM	AM
KV1			
YM	-	[çdö, çdö]	[odö, yö]
İM	[çyö, çyö]	-	[kö, kö]
AM	[dö, odö]	[öz, öz]	-

Çizelge 4.8. (devam)

KV2			
YM	-	[dö, dö]	[çyö, çyö]
İM	[yö, yö]	-	[yö, kö]
AM	[çdö, çdö]	[öz, dö]	-
KV3			
YM	-	[çyö, çyö]	[yö, yö]
İM	[çdö, çdö]	-	[kö, kö]
AM	[dö, dö]	[kö, kö]	-
KV4			
YM	-	[odö, odö]	[odö, yö]
İM	[odö, odö]	-	[çyö, kö]
AM	[dö, odö]	[öz, çdö]	-
KV5			
YM	-	[öz, odö]	[dö, dö]
İM	[odö, kö]	-	[yö, kö]
AM	[yö, yö]	[öz, dö]	-

Çizelge 4.9. Ekonomik faktör alt kriterleri için kötümser toplam tercih

Kötümser toplam tercih			
	YM	İM	AM
YM	-	(dö, 0.2)	(odö, 0.4)
İM	(odö, 0.2)	-	(çyö, -0)
AM	(dö, 0.2)	(çdö, 0.2)	-

Çizelge 4.10. Ekonomik faktör alt kriterleri için iyimser toplam tercih

İyimser toplam tercih			
	YM	İM	AM
YM	-	(odö, -0.2)	(yö, -0.2)
İM	(yö, -0.2)	-	(kö, -0)
AM	(odö, -0.4)	(dö, 0.2)	-

Çizelge 4.11. Ekonomik faktör alt kriterleri için dilsel aralık değerleri ve ağırlıklar

Kriter	Dilsel aralık	Aralık değerler	Ortalamalar	Ağırlıklar
YM	[(oöd, -0.20), (odö, 0.30)]	[2.80, 3.30]	3.050	0.3177
İM	[(yö, 0.10), (çyö, -0.10)]	[4.10, 4.90]	4.500	0.4688
AM	[(dö, -0.30), (dö, 0.40)]	[1.70, 2.40]	2.050	0.2135

- Çevresel faktör alt kriter ağırlıkları:

Çizelge 4.12. Çevresel faktör alt kriterleri tercih ilişkileri

	KÇE	SÇE	GÇE
KV1			
KÇE	-	en çok çdö	öz
SÇE	en az çyö	-	en çok çdö
GÇE	kö	en az çyö	-
KV2			
KÇE	-	çdö'den daha düşük	dö'den daha düşük
SÇE	çyö'den daha yüksek	-	odö'den daha düşük
GÇE	yö'den daha yüksek	odö'den daha yüksek	-
KV3			
KÇE	-	çdö'den daha yüksek	çdö
SÇE	çdö'den daha düşük	-	çdö'den daha yüksek
GÇE	çyö	çyö'den daha düşük	-
KV4			
KÇE	-	odö-yö arasında	çyö-yö arasında
SÇE	dö-odö arasında	-	yö
GÇE	çdö-dö arasında	dö	-
KV5			
KÇE	-	odö'den daha az	odö'den daha az
SÇE	odö'den daha yüksek	-	çyö
GÇE	odö'den daha yüksek	Çdö	-

Çizelge 4.13. Çevresel faktör alt kriterler için zarflar

	KÇE	SÇE	GÇE
KV1			
KÇE	-	[öz, çdö]	[öz, öz]
SÇE	[çyö, kö]	-	[öz, çdö]
GÇE	[kö, kö]	[çyö, kö]	-
KV2			
KÇE	-	[öz, çdö]	[öz, dö]
SÇE	[çyö, kö]	-	[öz, odö]
GÇE	[yö, kö]	[odö, kö]	-
KV3			
KÇE	-	[çdö, kö]	[çdö, çdö]
SÇE	[öz, çdö]	-	[çdö, kö]
GÇE	[çyö, çyö]	[öz, çyö]	-
KV4			
KÇE	-	[odö, yö]	[çyö, yö]
SÇE	[dö, odö]	-	[yö, yö]
GÇE	[çdö, dö]	[dö, dö]	-
KV5			
KÇE	-	[öz, odö]	[öz, odö]
SÇE	[odö, kö]	-	[çyö, çyö]
GÇE	[odö, kö]	[çdö, çdö]	-

Çizelge 4.14. Çevresel faktör alt kriterler için kötümser toplam tercih

Kötümser toplam tercih			
	KÇE	SÇE	GÇE
KÇE	-	(çdö, -0.2)	(çdö, 0.2)
SÇE	(odö, -0)	-	(dö, -0)
GÇE	(yö, -0.2)	(dö, 0.2)	-

Çizelge 4.15. Çevresel faktör alt kriterler için iyimser toplam tercih

İyimser toplam tercih			
	KÇE	SÇE	GÇE
KÇE	-	(odö, -0)	(dö, -0)
SÇE	(yö, -0.2)	-	(yö, -0.2)
GÇE	(çyö, -0)	(yö, 0.4)	-

Çizelge 4.16. Çevresel faktör alt kriterler için dilsel aralık değerleri ve ağırlıklar

Kriter	Dilsel aralık	Aralık değerler	Ortalamalar	Ağırlıklar
KÇE	[(çdö, -0), (odö, -0.50)]	[1.00, 2.50]	1.750	0.200
SÇE	[(odö, -0.50), (yö, -0.20)]	[2.50, 3.80]	3.150	0,360
GÇE	[(odö, -0), (çyö, -0.30)]	[3.00, 4.70]	3.850	0.440

- **Teknik faktör alt kriterleri ağırlık hesabı:**

Çizelge 4.17. Teknik faktör alt kriterleri için belirlenen tercih ilişkileri

	SG	BE	HAO	OKK
KV1				
SG	-	odö	odö-yö arasında	yö'den daha düşük
BE	odö	-	en az çyö	yö
HAO	odö-dö arasında	en çok çdö	-	odö
OKK	dö'den daha yüksek	dö	odö	-
KV2				
SG	-	odö'den daha yüksek	odö'den daha yüksek	odö
BE	odö'den daha düşük	-	yö	odö-yö arasında
HAO	odö'den daha düşük	dö	-	dö-odö arasında

Çizelge 4.17. (devam)

OKK	Odö	dö-odö arasında	odö-yö arasında	-
KV3				
SG	-	yö	odö'den daha yüksek	odö'den daha yüksek
BE	dö	-	yö	odö'den daha yüksek
HAO	odö'den daha düşük	dö	-	odö'den daha yüksek
OKK	odö'den daha düşük	odö'den daha düşük	odö'den daha düşük	-
KV4				
SG	-	en az çyö	dö-odö arasında	dö
BE	en çok çdö	-	odö	yö-çyö arasında
HAO	odö-yö arasında	odö	-	öz-dö arasında
OKK	yö	çdö-dö arasında	yö-kö arasında	-
KV5				
SG	-	öz	öz	çdö-dö arasında
BE	kö	-	odö-yö arasında	en az çyö
HAO	kö	dö-odö arasında	-	en az çyö
OKK	çyö-yö arasında	en çok çdö	en çok çdö	-

Çizelge 4.18. Teknik faktör alt kriterleri için belirlenen zarflar

	SG	BE	HAO	OKK
KV1				
SG	-	[odö, odö]	[odö, yö]	[öz, yö]
BE	[odö, odö]	-	[çyö, kö]	[yö, yö]
HAO	[odö, dö]	[öz, çdö]	-	[odö, odö]
OKK	[dö, kö]	[dö, dö]	[odö, odö]	-
KV2				
SG	-	[odö, kö]	[odö, kö]	[odö, odö]

Çizelge 4.18. (devam)

BE	[öz, odö]	-	[yö, yö]	[odö, yö]
HAO	[öz, odö]	[dö, dö]	-	[dö, odö]
OKK	[odö, odö]	[dö, odö]	[odö, yö]	-
KV3				
SG	-	[yö, yö]	[odö, kö]	[odö, kö]
BE	[dö, dö]	-	[yö, yö]	[odö, kö]
HAO	[öz, odö]	[dö, dö]	-	[odö, kö]
OKK	[öz, odö]	[öz, odö]	[öz, odö]	-
KV4				
SG	-	[çyö, kö]	[dö, odö]	[dö, dö]
BE	[öz, çdö]	-	[odö, odö]	[yö, çyö]
HAO	[odö, yö]	[odö, odö]	-	[öz, dö]
OKK	[yö, yö]	[çdö, dö]	[yö, kö]	-
KV5				
SG	-	[öz, öz]	[öz, öz]	[çdö, dö]
BE	[kö, kö]	-	[odö, yö]	[çyö, kö]
HAO	[kö, kö]	[dö, odö]	-	[çyö, kö]
OKK	[yö, çyö]	[öz, çdö]	[öz, çdö]	-

Çizelge 4.19. Teknik faktör alt kriterleri için kötümser toplam tercih

Kötümser toplam tercih				
	SG	BE	HAO	OKK
SG	-	(odö, -0)	(dö, 0.2)	(dö, -0.2)
BE	(dö, 0.2)	-	(yö, -0.2)	(yö, -0.2)
HAO	(dö, -0)	(dö, -0.2)	-	(odö, -0.4)
OKK	(odö, -0.4)	(çdö, -0)	(dö, -0)	-

Çizelge 4.20. Teknik faktör alt kriterleri için iyimser toplam tercih

İyimser toplam tercih				
	SG	BE	HAO	OKK
SG	-	(yö, -0.2)	(yö, -0.2)	(dö, -0.2)
BE	(odö, -0)	-	(yö, 0.2)	(yö, -0.2)
HAO	(yö, -0.4)	(dö, 0.2)	-	(odö, -0.4)
OKK	(yö, 0.2)	(dö, 0.2)	(odö, 0.4)	-

Çizelge 4.21. Teknik faktör alt kriterleri için dilsel aralık değerler ve ağırlıklar

Kriter	Dilsel aralık	Aralık değerler	Ortalamalar	Ağırlıklar
SG	[(dö, 0.33), (odö, 0.13)]	[2.333, 3.133]	2.7330	0.254
BE	[(odö, 0.27), (yö, -0.33)]	[3.267, 3.667]	3.4670	0.323
HAO	[(dö, 0.13), (odö, -0.20)]	[2.133, 2.800]	2.4665	0.230
OKK	[(dö, -0.13), (odö, 0.27)]	[1.867, 3.267]	2.0670	0.193

- **Sosyal faktör alt kriterleri ağırlık hesabı**

Çizelge 4.22. Sosyal faktör alt kriterleri için belirlenen tercih ilişkileri

	ÇPU	TKE
KV1		
ÇPU	-	yö
TKE	dö	-
KV2		
ÇPU	-	en çok odö
TKE	en az odö	-
KV3		
ÇPU	-	çyö
TKE	çdö	-

Çizelge 4.22. (devam)

KV4		
ÇPU	-	yö
TKE	dö	-
KV5		
ÇPU	-	çyö
TKE	çdö	-

Çizelge 4.23. Sosyal faktör alt kriterleri için belirlenen zarflar

SOSYAL	ÇPU	TKE
KV1		
ÇPU	-	[yö, yö]
TKE	[dö, dö]	-
KV2		
ÇPU	-	[öz, odö]
TKE	[odö, kö]	-
KV3		
ÇPU	-	[çyö, çyö]
TKE	[çdö, çdö]	-
KV4		
ÇPU	-	[yö, yö]
TKE	[dö, dö]	-
KV5		
ÇPU	-	[çyö, çyö]
TKE	[çdö, çdö]	-

Çizelge 4.24. Sosyal faktör alt kriterleri için kötümser toplam tercih

Kötümser toplam tercih		
	ÇPU	TKE
ÇPU	-	(yö, -0.4)
TKE	(dö, -0.2)	-

Çizelge 4.25. Sosyal faktörler alt kriterleri için iyimser toplam tercih

İyimser toplam tercih		
	ÇPU	TKE
ÇPU	-	(yö, 0.2)
TKE	(dö, 0.4)	-

Çizelge 4.26. Sosyal faktörler alt kriterleri için dilsel aralık değerler ve ağırlıklar

Kriter	Dilsel aralık	Aralık değerler	Ortalamalar	Ağırlıklar
ÇPU	[(yö, -0.4), (yö, 0.2)]	[3.6, 4.2]	3.900	0,65
TKE	[(yö, 0.2), (dö, 0.4)]	[1.8, 2.4]	2.100	0,35

- **Ergonomik faktör alt kriterleri ağırlık hesabı**

Çizelge 4.27. Ergonomik faktör alt kriterleri için uzmanlar tarafından belirlenen tercih ilişkileri (KV1)

	GÜ	K	KOİ	FİY	MHOE	KKG	PDE
KV1							
GÜ	-	dö-odö arasında	yö	dö-odö arasında	dö-odö arasında	dö	dö
K	odö-yö arasında	-	yö	en az çyö	dö-odö arasında	dö-odö arasında	dö-odö arasında
KOİ	dö	dö	-	odö	dö	çdö-dö arasında	çdö

Çizelge 4.27. (devam)

FİY	odö-yö arasında	en çok çdö	odö	-	dö-odö arasında	dö	çdö
MHOE	odö-yö arasında	odö-yö arasında	yö	odö-yö arasında	-	odö'den daha yüksek	odö
KKG	yö	odö-yö arasında	yö-çyö arasında	yö	odö'den daha düşük	-	odö-yö arasında
PDE	Yö	odö-yö arasında	çyö	çyö	odö	dö-odö arasında	-

Çizelge 4.28. Ergonomik faktör alt kriterleri için uzmanlar tarafından belirlenen tercih ilişkileri (KV2)

	GÜ	K	KOİ	FİY	MHOE	KKG	PDE
KV2							
GÜ	-	dö-odö	çdö	çdö'den daha yüksek	odö	odö	odö
K	odö-yö	-	çdö-dö	dö-odö	çdö	yö-çyö	odö
KOİ	çyö	yö-çyö	-	en az çyö	odö	odö-yö	odö'den daha düşük
FİY	çyö'den daha düşük	odö-yö	en çok çdö	-	öz	dö-odö	en az odö
MHOE	odö	çyö	odö	kö	-	odö	çyö
KKG	odö	çdö-dö	dö-odö	odö-yö	odö	-	yö-çyö
PDE	odö	odö-yö	odö'den daha yüksek	en çok odö	çdö	çdö-dö	-

Çizelge 4.29. Ergonomik faktör alt kriterleri için uzmanlar tarafından belirlenen tercih ilişkileri (KV3)

	GÜ	K	KOİ	FİY	MHOE	KKG	PDE
KV3							
GÜ	-	çdö	çdö	çdö-dö arasında	çdö-dö arasında	yö	dö
K	çyö	-	yö	dö	dö-odö arasında	dö	çdö
KOİ	çyö	dö	-	odö	çdö	dö	çdö
FİY	çyö-yö arasında	yö	odö	-	çdö	dö	çdö'den daha yüksek
MHOE	çyö-yö arasında	odö-yö arasında	çyö	çyö	-	çyö	çyö
KKG	dö	yö	yö	yö	çdö	-	dö
PDE	yö	çyö	çyö	çyö'den daha düşük	çdö	yö	-

Çizelge 4.30. Ergonomik faktör alt kriterleri için uzmanlar tarafından belirlenen tercih ilişkileri (KV4)

	GÜ	K	KOİ	FİY	MHOE	KKG	PDE
KV4							
GÜ	-	en çok odö	öz-dö	öz	çdö	yö-çyö arasında	dö'den daha yüksek
K	en az odö	-	dö'den daha düşük	en az yö	çdö	çdö	dö-odö arasında
KOİ	yö-kö arasında	yö'den daha yüksek	-	odö-yö arasında	dö	odö'den daha düşük	dö'den daha düşük
FİY	kö	en çok dö	dö-odö arasında	-	en çok dö	dö'den daha düşük	odö
MHOE	çyö	çyö	yö	en az yö	-	en az çyö	en az çyö
KKG	çdö-dö arasında	çyö	odö'den daha yüksek	yö'den daha yüksek	en çok çdö	-	dö-odö arasında
PDE	yö'den daha düşük	odö-yö	yö'den daha yüksek	odö	en çok çdö	odö-yö	-

Çizelge 4.31. Ergonomik faktör alt kriterleri için uzmanlar tarafından belirlenen tercih ilişkileri (KV5)

	GÜ	K	KOİ	FİY	MHOE	KKG	PDE
KV5							
GÜ	-	öz-çdö	odö	odö	yö	yö	yö
K	çyö-kö	-	odö'den daha düşük	odö	yö	odö-yö	odö-yö
KOİ	odö	odö'den daha yüksek	-	yö	öz	odö-yö	odö
FİY	odö	Odö	dö	-	öz	öz	öz
MHOE	dö	dö	kö	kö	-	odö	odö
KKG	dö	dö-odö	dö-odö	kö	odö	-	odö
PDE	dö	dö-odö	Odö	kö	odö	odö	-

Çizelge 4.32. Ergonomik faktör alt kriterleri için belirlenen zarflar (KV1- KV2)

	GÜ	K	KOİ	FİY	MHOE	KKG	PDE
KV1							
GÜ	-	[dö, odö]	[yö, yö]	[dö, odö]	[dö, odö]	[dö, dö]	[dö, dö]
K	[odö, yö]	-	[yö, yö]	[çyö, kö]	[dö, odö]	[dö, odö]	[dö, odö]
KOİ	[dö, dö]	[dö, dö]	-	[odö, odö]	[dö, dö]	[çdö, dö]	[çdö, çdö]
FİY	[odö, yö]	[öz, çdö]	[odö, odö]	-	[dö, odö]	[dö, dö]	[çdö, çdö]
MHOE	[odö, yö]	[odö, yö]	[yö, yö]	[odö, yö]	-	[odö, kö]	[odö, odö]
KKG	[yö, yö]	[odö, yö]	[yö, çyö]	[yö, yö]	[öz, odö]	-	[odö, yö]
PDE	[yö, yö]	[odö, yö]	[çyö, çyö]	[çyö, çyö]	[odö, odö]	[dö, odö]	-
KV2							
GÜ	-	[dö, odö]	[çdö, çdö]	[çdö, öz]	[odö, odö]	[odö, odö]	[odö, odö]
K	[odö, yö]	-	[çdö, dö]	[dö, odö]	[çdö, çdö]	[yö. çyö]	[odö, odö]
KOİ	[çyö, çyö]	[yö. çyö]	-	[çyö, kö]	[odö, odö]	[odö, odö]	[öz, odö]
FİY	[öz, çyö]	[odö, yö]	[öz, çdö]	-	[öz, öz]	[dö, odö]	[odö, kö]
MHOE	[odö, odö]	[çyö, çyö]	[odö, odö]	[kö, kö]	-	[odö, odö]	[çyö, çyö]
KKG	[odö, odö]	[çdö, dö]	[dö, odö]	[odö, yö]	[odö, odö]	-	[yö, çyö]
PDE	[odö, odö]	[odö, yö]	[odö, kö]	[öz, odö]	[çdö, çdö]	[çdö, dö]	-

Çizelge 4.33. Ergonomik faktör alt kriterleri için belirlenen zarflar (KV3- KV4)

	GÜ	K	KOİ	FİY	MHOE	KKG	PDE
KV3							
GÜ	-	[çdö, çdö]	[çdö, çdö]	[çdö, dö]	[çdö, dö]	[yö, yö]	[dö, dö]
K	[çyö, çyö]	-	[yö, yö]	[dö, dö]	[dö, odö]	[dö, dö]	[çdö, çdö]
KOİ	[çyö, çyö]	[dö, dö]	-	[odö, odö]	[çdö, çdö]	[dö, dö]	[çdö, çdö]
FİY	[çyö, yö]	[yö, yö]	[odö, odö]	-	[çdö, çdö]	[dö, dö]	[çdö, kö]
MHOE	[çyö, yö]	[odö, yö]	[çyö, çyö]	[çyö, çyö]	-	[çyö, çyö]	[çyö, çyö]
KKG	[dö, dö]	[yö, yö]	[yö, yö]	[yö, yö]	[çdö, çdö]	-	[dö, dö]
PDE	[yö, yö]	[çyö, çyö]	[çyö, çyö]	[öz, çyö]	[çdö, çdö]	[yö, yö]	-
KV4							
GÜ	-	[öz, odö]	[öz, dö]	[öz, öz]	[çdö, çdö]	[yö, çyö]	[dö, kö]
K	[odö, kö]	-	[öz, dö]	[yö, kö]	[çdö, çdö]	[çdö, çdö]	[dö, odö]
KOİ	[yö, kö]	[yö, kö]	-	[odö, yö]	[dö, dö]	[öz, odö]	[öz, dö]
FİY	[kö, kö]	[öz, dö]	[dö, odö]	-	[öz, dö]	[öz, dö]	[odö, odö]
MHOE	[çyö, çyö]	[çyö, çyö]	[yö, yö]	[yö, kö]	-	[çyö, kö]	[çyö, kö]
KKG	[çdö, dö]	[çyö, çyö]	[odö, kö]	[yö, kö]	[öz, çdö]	-	[dö, odö]
PDE	[öz, yö]	[odö, yö]	[yö, kö]	[odö, odö]	[öz, çdö]	[odö, yö]	-



Çizelge 4.34. Ergonomik faktör alt kriterleri için belirlenen zarflar (KV5)

	GÜ	K	KOİ	FİY	MHOE	KKG	PDE
KV5							
GÜ	-	[öz, çdö]	[odö, odö]	[odö, odö]	[yö, yö]	[yö, yö]	[yö, yö]
K	[çyö, kö]	-	[öz, odö]	[odö, odö]	[yö, yö]	[odö, yö]	[odö, yö]
KOİ	[odö, odö]	[odö, kö]	-	[yö, yö]	[öz, öz]	[odö, yö]	[odö, odö]
FİY	[odö, odö]	[odö, odö]	[dö, dö]	-	[öz, öz]	[öz, öz]	[öz, öz]
MHOE	[dö, dö]	[dö, dö]	[kö, kö]	[kö, kö]	-	[odö, odö]	[odö, odö]
KKG	[dö, dö]	[dö, odö]	[dö, odö]	[kö, kö]	[odö, odö]	-	[odö, odö]
PDE	[dö, dö]	[dö, odö]	[odö, odö]	[kö, kö]	[odö, odö]	[odö, odö]	-

Çizelge 4.35. Ergonomik faktör alt kriterleri için kötümser toplam tercih

Kötümser toplam tercih							
	GÜ	K	KOİ	FİY	MHOE	KKG	PDE
GÜ	-	(çdö, -0)	(dö, -0.2)	(çdö, 0.4)	(dö, 0.2)	(odö, 0.4)	(odö, -0.4)
K	(yö, -0.2)	-	(dö, -0.2)	(odö, 0.2)	(dö, -0)	(dö, 0.4)	(dö, 0.2)
KOİ	(yö, -0.2)	(odö, -0)	-	(yö, -0.4)	(dö, -0.4)	(dö, -0.2)	(çdö, -0)
FİY	(odö, 0.4)	(dö, -0)	(dö, -0)	-	(çdö, -0.4)	(çdö, 0.2)	(dö, -0.4)
MHOE	(yö, -0.4)	(yö, -0.4)	(yö, 0.4)	(çyö, -0.2)	-	(yö, -0.2)	(yö, 0.2)
KKG	(dö, 0.4)	(odö, -0)	(odö, -0)	(yö, 0.2)	(çdö, 0.4)	-	(odö, -0.2)
PDE	(odö, -0.4)	(odö, 0.2)	(yö, -0)	(odö, -0.2)	(dö, -0.4)	(odö, -0.4)	-

Çizelge 4.36. Ergonomik faktör alt kriterleri için iyimser toplam tercih

İyimser toplam tercih							
	GÜ	K	KOİ	FİY	MHOE	KKG	PDE
GÜ	-	(dö, 0.2)	(dö, 0.2)	(dö, -0.4)	(odö, -0.4)	(yö, -0.4)	(odö, 0.4)
K	(çyö, -0)	-	(odö, -0)	(çyö, -0.4)	(dö, 0.4)	(odö, -0)	(odö, -0.2)
KOİ	(yö, 0.2)	(yö, 0.2)	-	(yö, -0)	(dö, -0.4)	(odö, -0.2)	(dö, -0)
FİY	(yö, 0.4)	(odö, -0.2)	(dö, 0.4)	-	(çdö, 0.2)	(dö, -0.2)	(odö, 0.2)
MHOE	(yö, -0.4)	(yö, -0)	(yö, 0.4)	(çyö, 0.4)	-	(çyö, -0.4)	(yö, 0.4)
KKG	(odö, -0.4)	(yö, -0.4)	(yö, 0.2)	(çyö, -0.2)	(dö, 0.2)	-	(odö, 0.4)
PDE	(odö, 0.4)	(yö, -0.4)	(çyö, -0)	(yö, 0.4)	(dö, -0.2)	(odö, 0.2)	-

Çizelge 4.37. Ergonomik faktör alt kriterleri için dilsel aralık değerler ve ağırlıklar

Kriter	Dilsel aralık	Aralık değerler	Ortalamalar	Ağırlıklar
GÜ	[(dö, 0.067), (odö, -0.400)]	[2.067, 2.600]	2.3335	0.112
K	[(odö, -0.433), (odö, 0.467)]	[2.567, 3.467]	3.0170	0.144
KOİ	[(dö, 0.467), (odö, 0.133)]	[2.467, 3.133]	2.8000	0.134
FİY	[(dö, -0.200), (odö, 0.367)]	[1.800, 2.633]	2.2165	0.106
MHOE	[(yö, 0.067), (yö, 0.400)]	[4.067, 4.400]	4.2335	0.202
KKG	[(odö, -0.200), (odö, 0.467)]	[2.800, 3.467]	3.1335	0.150
PDE	[(odö, -0.200), (yö, -0.433)]	[2.800, 3.567]	3.1835	0.152

5 ana kriter ve 19 alt kriterin ağırlıkları hesaplanarak önerilen yöntemin ilk 9 adımını içeren Aşama 2 tamamlanmıştır. Çizelge 4.38’de elde edilen ağırlık değerleri için global ağırlıklar hesaplanmıştır. Ana kriterlerin ağırlıklarına göre önem sırası Çevresel faktörler (0.2669), Ekonomik faktörler (0.2339), Teknik faktörler (0.2125), Ergonomik faktörler (0.1977) ve Sosyal faktörler (0.0890) çıkmıştır.

Alt kriter sırası; Gaz atıklar ve çevresel etkileri (0.1174), İşletme maliyeti (0.1097), Sıvı atıklar ve çevresel etkileri (0.0961), Yatırım maliyeti (0.0743), Bertaraf etkinliği (0.0686), Çevre politikasına uyulanabilirlik (0.0579), Sistemin güvenilirliği (0.0540), Katı atıklar ve çevresel etkileri (0.0534), Arazi maliyeti (0.0499), Hacim azaltma oranı (0.0489), Otomasyon kullanım kolaylığı (0.0410), Mesleki hastalık oluşum etkileri (0.0400), Topluma kabul engelleri (0.0312), Psikolojik durumu etkileme (0.0301), Kişisel koruyucu gereksinimi (0.0297), Koku (0.0285), Kalifiye operatör ihtiyacı (0.0264), Gürültü (0.0221) ve Fiziksel iş yükü (0.0209) çıkmıştır.

Çizelge 4.38. Kriter ağırlıkları

Kriter	Kriter ağırlığı	Alt kriter ağırlığı	Alt kriter global ağırlığı
EF	0.2339		
YM		0.3177	0.0743
İM		0.4688	0.1097
AM		0.2135	0.0499
ÇF	0.2669		
KÇE		0.200	0.0534
SÇE		0.360	0.0961
GÇE		0.440	0.1174
TF	0.2125		
SG		0.254	0.0540
BE		0.323	0.0686
HAO		0.230	0.0489
OKK		0.193	0.0410
SF	0.0890		
ÇPU		0.65	0.0579
TKE		0.35	0.0312
ERF	0.1977		
GÜ		0.112	0.0221
K		0.144	0.0285
KOİ		0.134	0.0264
FİY		0.106	0.0209
MHOE		0.202	0.0400
KKG		0.150	0.0297
PDE		0.152	0.0301

4.2.3. MABAC yöntem adımları

Bu bölümde, hibrid HFLTS&MABAC yönteminin adımlarından devam edilerek alternatif sırası bulunmuştur.

Adım 10: 4 alternatif, 5 ana kriter altında 19 alt kriter ve 5 KV belirlenmiştir. Karar vericilerin ikili karşılaştırma matrisleri ile kriterlere göre alternatifleri değerlendireceği skala Çizelge 4.39’da verilmiştir.

Çizelge 4.39. Alternatif değerlendirmede kullanılacak skala

Çok Düşük (ÇD)	0
Düşük (D)	1
Orta Düşük (OD)	2
Orta (O)	3
Orta Yüksek (OY)	4
Yüksek (Y)	5
Çok Yüksek (ÇY)	6

5 karar vericinin kriterlere göre alternatifleri değerlendirdiği matrisler Çizelge 4.40’ta verilmiştir. Karar matrislerinin doldurulduğu anketler Ek-3’te verilmiştir.

Çizelge 4.40. Beş karar vericinin dilsel değerlendirme verileri

Alternatif	YM	İM	AM	KÇE	SÇE	GÇE	SG	BE	HAO	OKK	ÇPU	TKE	GÜ	K	KOI	FİY	MHOE	KKG	PDE
KV1																			
A1	ÇY	Y	Y	ÇD	ÇD	ÇY	D	ÇY	ÇY	D	D	Y	Y	O	Y	Y	Y	Y	Y
A2	O	D	D	D	D	D	Y	Y	Y	Y	ÇY	ÇD	D	D	O	O	O	OY	OD
A3	Y	D	OD	D	D	D	Y	O	O	Y	Y	D	D	D	O	O	O	OY	OD
A4	D	ÇD	ÇY	ÇY	ÇY	Y	D	ÇD	ÇD	ÇD	ÇD	ÇY	O	ÇY	D	D	Y	OD	Y
KV2																			

Çizelge 4.40. (devam)

A1	ÇY	Y	Y	D	D	Y	ÇY	ÇY	ÇY	O	O	O	O	O	ÇY	Y	O	ÇY	O
A2	O	O	O	OY	OD	O	Y	Y	Y	Y	Y	D	D	D	Y	OY	OD	OY	O
A3	OY	O	D	OY	D	D	Y	OY	Y	Y	Y	D	D	D	Y	OY	D	OY	O
A4	D	D	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	D	D	ÇD	D	D	ÇY	O	ÇY	D	D	Y	Y	Y
KV3																			
A1	ÇY	Y	O	ÇY	Y	O	ÇY	ÇY	ÇY	O	ÇY	ÇY	Y	O	ÇY	O	OD	O	OD
A2	O	O	O	O	OD	O	Y	Y	D	Y	Y	Y	D	OD	O	D	O	Y	O
A3	Y	Y	O	O	O	Y	Y	Y	D	Y	Y	Y	O	OD	Y	D	O	Y	O
A4	O	D	Y	ÇY	ÇY	ÇY	ÇD	ÇD	ÇD	D	ÇD	D	OY	ÇY	Y	ÇY	Y	ÇY	OY
KV4																			
A1	ÇY	Y	OD	ÇD	ÇD	Y	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	O	O	OY	O	ÇY	O	OY	O	Y
A2	O	O	O	D	D	D	O	O	D	Y	OY	O	O	O	O	O	O	O	Y
A3	Y	O	O	D	D	D	Y	Y	O	Y	OY	O	O	O	Y	O	O	O	Y
A4	D	D	ÇY	ÇY	ÇY	Y	ÇD	ÇD	ÇD	D	D	D	Y	O	ÇD	ÇD	ÇY	Y	Y
KV5																			
A1	Y	ÇY	OD	ÇD	D	ÇY	Y	ÇY	ÇY	O	O	Y	O	ÇY	Y	Y	ÇY	Y	Y
A2	D	O	O	OY	OY	O	ÇY	ÇY	O	ÇY	ÇY	OY	O	O	Y	O	O	O	O
A3	OY	Y	Y	OY	OY	O	ÇY	Y	OY	ÇY	OY	OY	OD	O	OY	O	OY	O	O
A4	D	Y	ÇY	ÇY	ÇY	Y	D	D	D	D	D	ÇY	Y	ÇY	ÇD	ÇY	ÇY	Y	D

Çizelge 4.41. Beş karar vericinin sayısal değerlendirme verileri

Alternatif	YM	İM	AM	KÇE	SÇE	GÇE	SG	BE	HAO	OKK	ÇPU	TKE	GÜ	K	KOİ	FİY	MHOE	KKG	PDE
KV1																			
A1	6	5	5	0	0	6	1	6	6	1	1	5	5	3	5	5	5	5	5
A2	3	1	1	1	1	1	5	5	5	5	6	0	1	1	3	3	3	4	2
A3	5	1	2	1	1	1	5	3	3	5	5	1	1	1	3	3	3	4	2
A4	1	0	6	6	6	5	1	0	0	0	0	6	3	6	1	1	5	2	5
KV2																			
A1	6	5	5	1	1	5	6	6	6	3	3	3	3	3	6	5	3	6	3
A2	3	3	3	4	2	3	5	5	5	5	5	1	1	1	5	4	2	4	3
A3	4	3	1	4	1	1	5	4	5	5	5	1	1	1	5	4	1	4	3
A4	1	1	6	6	6	6	1	1	0	1	1	6	3	6	1	1	5	5	5

Çizelge 4.41. (devam)

KV3																			
A1	6	5	3	6	5	3	6	6	6	3	6	6	5	3	6	3	2	3	2
A2	3	3	3	3	2	3	5	5	1	5	5	5	1	2	3	1	3	5	3
A3	5	5	3	3	3	5	5	5	1	5	5	5	3	2	5	1	3	5	3
A4	3	1	5	6	6	6	0	0	0	1	0	1	4	6	5	6	5	6	4
KV4																			
A1	6	5	2	0	0	5	6	6	6	6	3	3	4	3	6	3	4	3	5
A2	3	3	3	1	1	1	3	3	1	5	4	3	3	3	3	3	3	3	5
A3	5	3	3	1	1	1	5	5	3	5	4	3	3	3	5	3	3	3	5
A4	1	1	6	6	6	5	0	0	0	1	1	1	5	3	0	0	6	5	5
KV5																			
A1	5	6	2	0	1	6	5	6	6	3	3	5	3	6	5	5	6	5	5
A2	1	3	3	4	4	3	6	6	3	6	6	4	3	3	5	3	3	3	3
A3	4	5	5	4	4	3	6	5	4	6	4	4	2	3	4	3	4	3	3
A4	1	5	6	6	6	5	1	1	1	1	1	6	5	6	0	6	6	5	1

Çizelge 4.40'ta 5 karar verici tarafından kriterlere göre değerlendirilen alternatifler için karar vericilerin dilsel ifadeleri yer almaktadır. Çizelge 4.41'de ise dilsel ifadelere karşı gelen sayısal değerler Çizelge 4.39'dan faydalanılarak yazılmış ve matris oluşturulmuştur.

Karar verici görüşleri Aritmetik birleştirme operatörü kullanılarak birleştirilmiştir ve sonuç olarak Çizelge 4.42'deki karar matrisi oluşturulmuştur.

Çizelge 4.42. Tıbbi atık bertaraf teknoloji seçimi karar matrisi

Alternatif	YM	İM	AM	KÇE	SÇE	GÇE	SG	BE	HAO	OKK	ÇPU	TKE	GÜ	K	KOI	FİY	MHOE	KKG	PDE
A1	5,8	5,2	3,4	1,4	1,4	5	4,8	6	6	3,2	3,2	4,4	4	3,6	5,6	4,2	4	4,4	4
A2	2,6	2,6	2,6	2,6	2	2,2	4,8	4,8	3	5,2	5,2	2,6	1,8	2	3,8	2,8	2,8	3,8	3,2
A3	4,6	3,4	2,8	2,6	2	2,2	5,2	4,4	3,2	5,2	4,6	2,8	2	2	4,4	2,8	2,8	3,8	3,2
A4	1,4	1,6	5,8	6	6	5,4	0,6	0,4	0,2	0,8	0,6	4	4	5,4	1,4	2,8	5,4	4,6	4

Adım 11: Fayda kriterleri için Eşitlik 3.17 ve maliyet kriterleri için Eşitlik 3.18 kullanılarak Çizelge 4.42’de verilen karar matrisindeki değerler normalize edilmiştir. Bu çalışmada ele alınan kriterlerden Sistemin güvenilirliği, Bertaraf etkinliği, Hacim azaltma oranı, Otomasyon kullanım kolaylığı ve Çevre politikasına uyulanabilirlik alt kriterleri fayda, diğerleri ise maliyet kriteridir. Normalize edilmiş karar matrisi Çizelge 4.43’te verilmiştir.

Çizelge 4.43. Normalize karar matrisi

Alternatif	YM	İM	AM	KÇE	SÇE	GÇE	SG	BE	HAO	OKK	ÇPU	TKE	GÜ	K	KOI	FİY	MHOE	KKG	PDE
A1	0	0	0,75	1	1	0,125	0,913	1	1	0,545	0,565	0	0	0,529	0	0	0,538	0,25	0
A2	0,727	0,722	1	0,739	0,869	1	0,913	0,786	0,483	1	1	1	1	1	0,429	1	1	1	1
A3	0,273	0,5	0,938	0,739	0,869	1	1	0,714	0,517	1	0,869	0,889	0,909	1	0,286	1	1	1	1
A4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,222	0	0	1	1	0	0	0

Adım 12: HFLTS yönteminden elde edilen kriter ağırlıkları kullanılarak Eşitlik 19’daki formülden faydalanarak Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi elde edilir (Çizelge 4.44).

Çizelge 4.44. Ağırlıklandırılmış Normalize karar matrisi

Alternatif	YM	İM	AM	KÇE	SÇE	GÇE	SG	BE	HAO	OKK	ÇPU	TKE	GÜ	K	KOI	FİY	MHOE	KKG	PDE
A1	0,074	0,110	0,087	0,107	0,192	0,132	0,103	0,137	0,098	0,063	0,091	0,031	0,022	0,044	0,026	0,021	0,062	0,037	0,0301
A2	0,128	0,189	0,099	0,093	0,180	0,235	0,103	0,123	0,073	0,082	0,116	0,062	0,044	0,057	0,038	0,042	0,08	0,059	0,0602
A3	0,095	0,165	0,097	0,093	0,180	0,235	0,108	0,118	0,074	0,082	0,108	0,059	0,042	0,057	0,034	0,042	0,08	0,059	0,0602
A4	0,149	0,219	0,049	0,053	0,096	0,117	0,054	0,069	0,049	0,041	0,058	0,038	0,022	0,029	0,052	0,042	0,04	0,0297	0,0301

Adım 13: Sınır yaklaşım alan matrisi (G), Eşitlik 3.21 kullanılarak Çizelge 4.45’teki gibi oluşturulmuştur.

Çizelge 4.45. Alternatiflerin sınır yaklaşım alan matrisi

	YM	İM	AM	KÇE	SÇE	GÇE	SG	BE	HAO	OKK	ÇPU	TKE	GÜ	K	KOI	FİY	MHOE	KKG	PDE
G	0,1 1	0,1 7	0,0 8	0,0 8	0,1 6	0,1 71	0,0 8	0,1 0	0,0 7	0,8 4	0,0 9	0,0 5	0,0 3	0,0 5	0,0 4	0,0 4	0,0 6	0,0 5	0,04

Adım 14: Matris elemanları için sınır yaklaşım alanından alternatif uzaklıkları (Q) Eşitlik 3.24 kullanılarak hesaplanır (Çizelge 4.46).

Çizelge 4.46. Alternatiflerin sınır yaklaşım alanından uzaklıkları

Alternatif	YM	İM	AM	KÇE	SÇE	GÇE	SG	BE	HAO	OKK	ÇPU	TKE	GÜ	K	KOI	FİY	MHOE	KKG	PDE
A1	-0,033	-0,055	0,007	0,023	0,036	-0,039	0,014	0,029	0,027	-0,001	0,001	-0,015	-0,009	-0,001	-0,010	-0,014	-0,002	-0,008	-0,012
A2	0,021	0,024	0,019	0,009	0,023	0,064	0,014	0,015	0,001	0,017	0,026	0,017	0,013	0,012	0,001	0,007	0,017	0,015	0,018
A3	-0,013	-0,001	0,016	0,009	0,023	0,064	0,019	0,01	0,003	0,017	0,018	0,013	0,011	0,012	-0,003	0,007	0,017	0,015	0,018
A4	0,041	0,054	-0,031	-0,03	-0,060	-0,054	-0,035	-0,039	-0,022	-0,024	-0,032	-0,008	-0,009	-0,016	0,016	0,007	-0,023	-0,015	-0,012

Alternatiflerin sınır yaklaşım alanından uzaklıkları toplamaları Eşitlik 3.27 kullanılarak Çizelge 4.47'deki gibi elde edilmiştir.

Çizelge 4.47. Alternatif değerleri

Alternatif	Değerler
A1	-0,06263867
A2	0,332940015
A3	0,256353259
A4	-0,29195111

Önerilen yöntem sonucunda en iyi alternatif olarak en yüksek değere sahip olan A2 (Sterilizasyon) alternatifi seçilmiştir. Ardından sırasıyla, A3 (Mikrodalga), A1 (Yakma) ve A4 (Depolama) alternatifleri çıkmıştır.

Buharlı sterilizasyon yöntemi, diğer bertaraf yöntemleri ile karşılaştırıldığında kolay kullanımı, daha düşük yatırım ve işletme maliyetine sahip olması, inaktive etmedeki etkinliği, güvenliği ve çevreye duyarlılık gibi avantajlarından dolayı ilk sırada çıkararak önerilen yöntemin tutarlı ve etkin bir sonuç verdiğini göstermektedir.

4.3. Karşılaştırmalı Analiz

Bu tezde önerilen HFLTS&MABAC hibrid ÇKKV yönteminin geçerliliğini göstermek için aynı mantıkla hibrid HFLTS&TOPSIS ve HFLTS&VIKOR yöntemleri oluşturularak aynı alternatifler ve kriterler için 5 uzman karar vericinin görüşleri alınmış ve tıbbi atık bertaraf teknolojisi seçme problemine uygulanmıştır.

HFLTS yöntemi ile elde edilen kriter ağırlıkları, rasyonelliği ve kolay kavranabilirliği, hesaplamadaki basitliği ve değerlendirme kriterlerinin ağırlıklandırılmasına imkân vermesi gibi avantajları nedeniyle literatürde en çok kullanılan tekniklerden biri olan ayrıca ideal çözüme en yakın uzaklıkta ve negatif ideal çözüme en uzak bir çözüm belirlerken bu uzaklıkların göreceli önemini dikkate almayan TOPSIS yönteminde (Ertuğrul ve Özçil 2014), kullanılarak alternatif sıralamasını bulan, HFLTS&TOPSIS hibrid yöntemi hesaplamaları sonucunda elde edilen Pozitif ideal ayırım ölçüsü (S_i^*) ve Negatif ideal ayırım ölçüsü (S_i^-) ile İdeal çözüme göreli yakınlık değerleri (C_i^*) Çizelge 4.48'de verilmiştir.

Çizelge 4.48. HFLTS&TOPSIS yöntemi hesaplama sonuçları

	S_i^*	S_i^-	C_i^*
A1	0,08612	0,101839	0,541813
A2	0,032713	0,116398	0,780616
A3	0,04965	0,107239	0,683534
A4	0,120103	0,071724	0,373899

HFLTS&TOPSIS hibrid yöntemi sonucunda elde edilen alternatif sırası $A_2 > A_3 > A_1 > A_4$ çıkmıştır ve HFLTS&MABAC yöntemi sonuçları ile literatürde bulunan tıbbi atık bertaraf teknolojisi seçim uygulamaları sonuçları ile tutarlı çıkmıştır.

HFLTS yöntemi ile elde edilen kriter ağırlıkları, çoğunluk için maksimum 'grup faydası' ve aleyhinde minimum bireysel pişmanlık sağlayan, ideale yakın, uzlaşılabilir bir çözüm, belirleyen VIKOR yönteminde (Ertuğrul ve Özçil 2014) kullanılarak alternatif sıralamasını bulan, HFLTS&VIKOR hibrid yöntemi oluşturulmuştur. Hesaplamalar sonucunda grup faydasını temsil eden “v” değeri sıfır ile bir arasında değiştirilerek duyarlılık analizi yapılmıştır. Hesaplanan maksimum grup faydası (Q_i) değerlerine göre elde edilen alternatif sıralamaları VIKOR karar kurallarında işletilerek Çizelge 4.49’de verilmiştir.

Çizelge 4.49. HFLTS&VIKOR yöntemi duyarlılık analizi sonuçları

	Q_i (v=0)	Sıra	Q_i (v=0,1)	Sıra	Q_i (v=0,2)	Sıra	Q_i (v=0,3)	Sıra	Q_i (v=0,4)	Sıra	Q_i (v=0,5)	Sıra	Q_i (v=0,6)	Sıra	Q_i (v=0,7)	Sıra	Q_i (v=0,8)	Sıra	Q_i (v=0,9)	Sıra	Q_i (v=1)	Sıra
A_1	0,633	3	0,661	3	0,689	3	0,717	3	0,744	3	0,772	3	0,800	3	0,828	3	0,856	3	0,884	3	0,911	3
A_2	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
A_3	0,123	2	0,138	2	0,154	2	0,17	2	0,186	2	0,201	2	0,217	2	0,233	2	0,249	2	0,265	2	0,280	2
A_4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4

Sonuç olarak, her üç hibrid yöntem sonucunda elde edilen alternatif sırası Buharlı Sterilizasyon, Mikrodalga, Yakma ve Depolama’dır. Bu sonuç, önerilen yöntemlerin tıbbi atık bertaraf teknolojisi seçiminde etkin ve geçerli sonuçlar ortaya koyduğunu ve diğer karmaşık, birbiriyle çelişen kriterleri göz önünde bulunduran karar verme problemlerine de uygulanabileceğini göstermiştir. Uygulanan hibrid yöntemleri sonucu tıbbi atık bertaraf teknolojileri için elde edilen sıralamalar Çizelge 4.50’de verilmiştir.

Çizelge 4.50. Karşılaştırmalı analiz sonuçları

	HFLTS&MABAC	Alt. Sıra	HFLTS&TOPSIS	Alt. Sıra	HFLTS&VIKOR	Alt.Sıra
A1	-0,06263867	3	0,541813	3	0,772	3
A2	0,332940015	1	0,780616	1	0	1
A3	0,256353259	2	0,683534	2	0,201	2
A4	-0,29195111	4	0,373899	4	1	4

Bu üç yöntemde ortak yönleri ideale yakınlığı ölçmeye çalışan yöntemler olmasıdır.



5. SONUÇ

Tıbbi atıklar, mikrobik toksinler gibi bakteri, mantar, virüs ve paraziter organizmalar da dahil olmak üzere çeşitli patojenler içerebildiklerinden dolayı, tıbbi atıkların oluşumundan bertarafına kadar geçen sürede, görev alan personel, cilt nüfuzu, cilt teması veya aerojenik yol gibi çeşitli yollarla bulaşıcı risklere maruz kalabilirler. Radyasyon yanıkları, kesici aletler tarafından yaralanmalar, atık su ile zehirlenme ve kirlilik, farmasötik ürünlerin, özellikle antibiyotiklerin ve sitotoksik ilaçların salınması yoluyla zehirlenme ve kirlilik, HIV ve hepatit gibi ciddi hastalıklara yol açabilecek birçok olumsuz etkiye sahiptir.

Bu oluşan fiziksel, kimyasal, biyolojik, çevresel ve sağlık açısından olumsuz etkileri en aza indirmek için öncelikle kaynağında tedbirler alınmalıdır. Sonraki yapılacak en önemli işlem ise bu olumsuz etkisi çok yüksek olan tıbbi atıkların bertarafını sağlamak ve bunu sağlayacak en uygun yöntemi geniş bir bakış açısından değerlendirerek seçmektir. Bu yüzden tıbbi atık bertaraf yönteminin seçilmesi oldukça önemli bir konudur.

Bu çalışmada, alternatif değerlendirmede kullanılan nitel ve nicel kriterlerin, insanın kararsız doğasına yakın esnek bir dilsel terim seti kullanılarak değerlendirilmesine imkân tanıyan HFLTS yöntemi ile basit işlem adımlarına sahip alt yaklaşım ve üst yaklaşım alanlarına uzaklığı belirlemeye yarayan sınır yaklaşım alanına uzaklığı ölçerek alternatif değerlendirmeye yarayan MABAC yöntemlerinden yeni bir ÇKKV yöntemi olan hibrid HFLTS&MABAC yöntemi geliştirilmeye çalışılmıştır.

Bu çalışmanın amacı, tıbbi atık bertaraf teknolojileri içerisinde birden fazla birbiriyle çelişen kriter göz önünde bulundurularak en uygun bertaraf yöntemini önerilen HFLTS&MABAC hibrid ÇKKV yöntemi ile seçmektir.

Bununla birlikte, diğer bir amaç, elde edilen sonuçları HFLTS&MABAC yöntemine benzer HFLTS&TOPSIS ve HFLTS&VIKOR hibrid yöntemlerinin sonuçları ile karşılaştırarak HFLTS&MABAC yönteminin doğruluğunun gösterilmesidir.

Ele alınan yöntemlerden HFLTS, serbest içerikli terim seti içermektedir ve bu, karar vericiye düşüncesini ifade etmede esneklik ve zenginlik sağlarken aynı zamanda insanın kararsız doğasına uygun cevaplar verebilmesine, yani tutarlılığının artmasına imkân tanımaktadır. Bu bakımdan bu çalışmada HFLTS temelli hibrid yöntemler kullanılmıştır ve önerilen yöntem sonuçları diğer hibrid yöntemlerle karşılaştırılarak etkili ve olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Karşılaştırmalı analiz sonucunda önerilen yaklaşımın tıbbi atık bertaraf teknolojisi için geçerli ve güvenilir bir yaklaşım olduğu ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır.

Bu tezin literatüre temel katkısı karmaşık karar verme problemleri için karar vericiler tarafından kullanılabilir etkin bir seçim yaklaşımı sunmasıdır. Önerilen bu yaklaşımın sağladığı diğer katkılar ise;

- HFLTS yöntemi ve MABAC yöntemlerinin birlikte kullanıldığı bir çalışmaya literatürde rastlanmamıştır.
- Seçilecek tıbbi atık bertaraf teknolojisi için elde edilen sonuçların kişi ya da kurumlara bilgi sağlaması açısından önemlidir.
- Önerilen yaklaşım sadece bertaraf sistemi ile ilgili değil aynı zamanda o sistemde çalışanları da göz önünde bulunduran, kapsamlı ve doğru sonuçlar veren bir çalışmadır.
- Önerilen bu yöntemin diğer yöntemlerden farkı, karar vericiye alternatif ve kriterleri değerlendirme aşamasında dilsel ifadeler arasında kıyaslamalar yaparak, serbest içerikli bir terim seti ile düşüncelerini kendi kararsız doğasına yakın bir şekilde ifade edebilmesine imkân vermesidir. Alternatifler için belirlediği sınır yaklaşım alanından uzaklıklarına göre sıralama yaparak etkin ve tutarlı bir sonuç bulmasıdır.

Sonuç olarak, tez kapsamında ne sürülen yeni bir hibrid çok kriterli HFLTS&MABAC yönteminin, tıbbi atık bertaraf teknolojisi seçim probleminde etkili sonuçlar veren bir

yaklaşım olduğu görülmüştür. Bu önerilen yöntem, diğer birçok karmaşık yapıdaki karar verme problemlerinde de uygulanabilecek nitelikte bir yöntemdir.

HFLTS yönteminin temeli bulanık kümeye dayanmaktadır. Tıbbi atık bertaraf teknolojisi seçimi ve diğer birçok karmaşık karar verme problemlerini çözmede, temeli bulanık küme teorisine dayanan Sezgisel bulanık kümeler, Aralık değerli sezgisel bulanık kümeler ve bulanık küme yöntemini kullanarak karşılaştırmalı analizlerini yapmak gelecekte yapılacak çalışmalar arasındadır.



KAYNAKLAR

- Adem, A. and Dağdeviren, M., 2016. A Life Insurance Policy Selection via Hesitant Fuzzy Linguistic Decision Making Model. *Procedia Computer Science*, 102, 398-405.
- Aktas, A. and Kabak, M., 2016. A Model Proposal for Locating Wind Turbines. *Procedia Computer Science*, 102, 426-433.
- Atanassov, K. T., 1999. Intuitionistic fuzzy sets. *Intuitionistic fuzzy sets*, Springer, 1-13
- Aydoğan, Ö., Varank, G. and Bilgili, M. S., 2011. Medical Waste Management in Gaziantep. *Sigma*, 3, 132-140.
- Balkuvar, I., 2015. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden AHP ve VIKOR ile Tablet Seçimi Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Beg, I. and Rashid, T., 2013. TOPSIS for hesitant fuzzy linguistic term sets. *International Journal of Intelligent Systems*, 28(12), 1162-1171.
- Božanić, D. I., Pamučar, D. S. and Karović, S. M., 2016. Use of the fuzzy AHP-MABAC hybrid model in ranking potential locations for preparing laying-up positions. *Vojnotehnički glasnik*, 64(3), 705-729.
- Brent, A. C., Rogers, D. E., Ramabitsa-Siimane, T. S., and Rohwer, M. B., 2007. Application of the analytical hierarchy process to establish health care waste management systems that minimise infection risks in developing countries. *European Journal of Operational Research*, 181(1), 403-424.
- Chen, Z.-S., Chin, K.-S., Li Y.-L. and Yang, Y., 2016. Proportional hesitant fuzzy linguistic term set for multiple criteria group decision making. *Information Sciences*, 357, 61-87.
- Chen, Z.-S., Chin, K.-S., Mu, N.-Y., Xiong, S.-H., Chang, J.-P. and Yang, Y., 2017. Generating HFLTS possibility distribution with an embedded assessing attitude. *Information Sciences*, 394, 141-166.
- Ciplak, N., 2015. Assessing future scenarios for health care waste management using a multi-criteria decision analysis tool: A case study in the Turkish West Black Sea Region. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 65(8), 919-929.
- Ciplak, N., 2015. Assessing future scenarios for health care waste management using a multi-criteria decision analysis tool: A case study in the Turkish West Black Sea Region. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 65(8), 919-929.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/01/20170125-2.htm>.
- Da, T. and Xu, Y., 2016. Evaluation on connectivity of urban waterfront redevelopment under hesitant fuzzy linguistic environment. *Ocean & Coastal Management*, 132, 101-110.
- Kilic Delice, E., Can, G. F., 2017. A Stochastic Approach for Failure Mode and Effect Analysis, *RAIRO-Operation Research*.
- Diaz, L., Savage, G. and Eggerth, L., 2005. Alternatives for the treatment and disposal of healthcare wastes in developing countries. *Waste Management*, 25(6), 626-637.

- Dong, Y., Chen, X. and Herrera, F., 2015. Minimizing adjusted simple terms in the consensus reaching process with hesitant linguistic assessments in group decision making. *Information Sciences* 297, 95-117.
- Dursun, M., Karsak, E. E. and Karadayi, M. A., 2010. Fuzzy Group Decision Making for Health-Care Waste Management. *Journal of Management & Engineering Integration*, 3(2), 54.
- Dursun, M., Karsak, E. E. and Karadayi, M. A., 2011. A fuzzy multi-criteria group decision making framework for evaluating health-care waste disposal alternatives. *Expert Systems with Applications*, 38(9), 11453-11462.
- Dursun, M., Karsak, E. E. and Karadayi, M. A., 2011. Assessment of health-care waste treatment alternatives using fuzzy multi-criteria decision making approaches. *Resources, Conservation and Recycling*, 57, 98-107.
- Ersöz, F. and Kabak, M., 2010. Savunma Sanayi Uygulamalarında Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Literatür Araştırması. *Savunma Bilimleri Dergisi*, 9(1), 97-125.
- Estrella, F. J., Rodriguez, R. M., Espiniila, M. and Martinez, L., 2014. On the use of hesitant fuzzy linguistic term set in Flintstones. *Fuzzy Systems (Fuzz-IEEE), 2014 IEEE International Conference on, IEEE*.
- Fahmi, A., Kahraman, C. and Bilen, Ü., 2016. ELECTRE I Method Using Hesitant Linguistic Term Sets: An Application to Supplier Selection. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 9(1), 153-167.
- Farhadinia, B., 2016. Multiple criteria decision-making methods with completely unknown weights in hesitant fuzzy linguistic term setting. *Knowledge-Based Systems* 93, 135-144.
- Gigović, L., Pamučar, D., Božanić, D. and Ljubojević, S., 2017. Application of the GIS-DANP-MABAC multi-criteria model for selecting the location of wind farms: A case study of Vojvodina, Serbia. *Renewable Energy*, 103, 501-521.
- Gou, X. and Xu, Z., 2016. Novel basic operational laws for linguistic terms, hesitant fuzzy linguistic term sets and probabilistic linguistic term sets. *Information Sciences*, 372, 407-427.
- Gou, X. and Xu, Z., 2016. Novel basic operational laws for linguistic terms, hesitant fuzzy linguistic term sets and probabilistic linguistic term sets. *Information Sciences*, 372, 407-427.
- Gou, X., Liao, H., Xu Z. and Herrera, F., 2017. Double hierarchy hesitant fuzzy linguistic term set and MULTIMOORA method: A case of study to evaluate the implementation status of haze controlling measures. *Information Fusion*, 38, 22-34.
- Herrera-Viedma, E., Martinez, L., Mata, F. and Chiclana, F., 2005. A consensus support system model for group decision-making problems with multigranular linguistic preference relations. *IEEE Transactions on fuzzy Systems*, 13(5), 644-658.
- Huang, H.-C. and Yang, X., 2014. Pairwise comparison and distance measure of hesitant fuzzy linguistic term sets. *Mathematical Problems in Engineering*.
- Hwang, C.-L. and Yoon, K., 2012. Multiple attribute decision making: methods and applications a state-of-the-art survey. Springer Science & Business Media.

- Jiang, Y., 2007. An approach to group decision making based on interval fuzzy preference relations. *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 16(1), 113-120.
- Karadayı, M. A., 2009. Evaluating Health-Care Waste Disposal Alternatives for Istanbul Using Fuzzy Multi-Criteria Decision Making Approaches. PhD, Galatasaray University, Istanbul.
- Karagiannidis, A., Papageorgiou, A., Perkoulidis, G., Sanida, G. and Samaras, P., 2010. A multi-criteria assessment of scenarios on thermal processing of infectious hospital wastes: a case study for Central Macedonia. *Waste management*, 30(2), 251-262.
- Karnik, N. N., Mendel, J. M. and Liang, Q., 1999. Type-2 fuzzy logic systems. *IEEE transactions on Fuzzy Systems*, 7(6), 643-658.
- Kenger, M. D., 2017. Banka Personel Seçiminin Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden Entropi Temelli Maut, Aras ve Gri İlişkisel Analiz Yöntemleri ile Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli.
- Khishtandar, S., Zandieh, M. and Dorri, B., 2016. A multi criteria decision making framework for sustainability assessment of bioenergy production technologies with hesitant fuzzy linguistic term sets: The case of Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
- Lee, C. and Huffman, G. L., 1996. Medical waste management/incineration. *Journal of Hazardous Materials*, 48(1-3), 1-30.
- Liang, X., Wei, C. and Cheng, X., 2016. Entropy Measures for Extended Hesitant Fuzzy Linguistic Term Sets and Their Applications. *International Symposium on Knowledge and Systems Sciences*, Springer.
- Liao, H. and Xu, Z., 2015. Approaches to manage hesitant fuzzy linguistic information based on the cosine distance and similarity measures for HFLTSS and their application in qualitative decision making. *Expert Systems with Applications*, 42(12), 5328-5336.
- Liao, H., Xu, Z. and Zeng, X.-J., 2014. Distance and similarity measures for hesitant fuzzy linguistic term sets and their application in multi-criteria decision making. *Information Sciences*, 271, 125-142.
- Liao, H., Xu, Z. and Zeng, X.-J., 2015. Hesitant fuzzy linguistic VIKOR method and its application in qualitative multiple criteria decision making. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 23(5), 1343-1355.
- Liu, H. and Rodríguez, R. M., 2014. A fuzzy envelope for hesitant fuzzy linguistic term set and its application to multicriteria decision making. *Information Sciences*, 258, 220-238.
- Liu, H.-C., Wu, J. and Li, P., 2013. Assessment of health-care waste disposal methods using a VIKOR-based fuzzy multi-criteria decision making method. *Waste management*, 33(12), 2744-2751.
- Liu, H.-C., You, J.-X. and Duan, C.-Y., 2017. An integrated approach for failure mode and effect analysis under interval-valued intuitionistic fuzzy environment. *International Journal of Production Economics*.
- Liu, H.-C., You, J.X., Lu, C. and Chen, Y.Z., 2015. Evaluating health-care waste treatment technologies using a hybrid multi-criteria decision making model. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 932-942.

- Liu, H.-C., You, J.-X., Lu, C. and Shan, M.-M., 2014. Application of interval 2-tuple linguistic MULTIMOORA method for health-care waste treatment technology evaluation and selection. *Waste Management*, 34(11), 2355-2364.
- Malakar, D., Gope, S. and Das, S., 2016. Correlation Measure of Hesitant Fuzzy Linguistic Term Soft Set and Its Application in Decision Making. *Proceedings of the 4th International Conference on Frontiers in Intelligent Computing: Theory and Applications (FICTA)*, Springer.
- Martinez, L., 2012. A fuzzy envelope for hesitant fuzzy linguistic term sets based on choquet integral. *Uncertainty Modeling in Knowledge Engineering and Decision Making: Proceedings of the 10th International FLINS Conference*, Istanbul, Turkey.
- Meng, F., Chen, X. and Zhang, Q., 2014. Multi-attribute decision analysis under a linguistic hesitant fuzzy environment. *Information Sciences*, 267, 287-305.
- Menteş, A., 2010. Açık Deniz Yapıları Bağlama Sistemlerinin Dizaynında Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Uygulanması, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Menteş, A., 2015. Manevra ve sevk sistemi seçiminde bulanık çok kriterli karar verme, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Montes, R., Sánchez, A. M., Villar, P. and Herrera, F., 2015. A web tool to support decision making in the housing market using hesitant fuzzy linguistic term sets. *Applied Soft Computing*, 35, 949-957.
- Montserrat-Adell, J., Agell, N., Sánchez, M., Prats, F. and Ruiz, F. J., 2016. Modeling group assessments by means of hesitant fuzzy linguistic term sets. *Journal of Applied Logic*.
- Onar, S. Ç., Büyüközkan, G., Öztayşi, B. and Kahraman, C. 2016. A new hesitant fuzzy QFD approach: An application to computer workstation selection. *Applied Soft Computing*, 46, 1-16.
- Pamuçar, D. and Ćirović, G., 2015. The selection of transport and handling resources in logistics centers using Multi-Attributive Border Approximation area Comparison (MABAC). *Expert Systems with Applications*, 42(6), 3016-3028.
- Peng, X. and Dai, J., 2016. Approaches to single-valued neutrosophic MADM based on MABAC, TOPSIS and new similarity measure with score function. *Neural Computing and Applications*, 1-16.
- Peng, X. and Yang, Y., 2016. Pythagorean fuzzy choquet integral based MABAC method for multiple attribute group decision making. *International Journal of Intelligent Systems*.
- Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2005. Tıbbi Atık Kontrol Yönetmeliği (TAKY). Resmi Gazete No. 25883, Ankara, Türkiye.
- Riera, J. V., Massanet, S., Herrera-Viedma, E. and Torrens, J., 2015. Some interesting properties of the fuzzy linguistic model based on discrete fuzzy numbers to manage hesitant fuzzy linguistic information. *Applied Soft Computing* 36, 383-391.
- Rodríguez, R. M. and Martínez, L., 2015. A Consensus Model for Group Decision Making with Hesitant Fuzzy Linguistic Information. *Intelligent Systems and Knowledge Engineering (ISKE)*, 10th International Conference on, IEEE.
- Rodríguez, R. M., Liu, H. and Martínez, L., 2014. A fuzzy representation for the semantics of hesitant fuzzy linguistic term sets. *Foundations of Intelligent Systems*, Springer, 745-757.

- Rodríguez, R. M., Martínez, L. and Herrera, F., 2013. A group decision making model dealing with comparative linguistic expressions based on hesitant fuzzy linguistic term sets. *Information Sciences*, 241, 28-42.
- Rodríguez, R. M., Martínez, L. and Herrera, F., 2012. Hesitant fuzzy linguistic term sets for decision making. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 20(1), 109-119.
- Roy, J., Chatterjee, K., Bandhopadhyay, A. and Kar, S., 2016. Evaluation and selection of Medical Tourism sites: A rough AHP based MABAC approach. *arXiv preprint arXiv:1606.08962*.
- Roy, J., Ranjan, A. and Debnath, A., 2016. An extended MABAC for multi-attribute decision making using trapezoidal interval type-2 fuzzy numbers. *arXiv preprint arXiv:1607.01254*.
- Senvar, O., Otay, I. and Bolturk, E., 2016. Hospital Site Selection via Hesitant Fuzzy TOPSIS. *IFAC-PapersOnLine* 49(12), 1140-1145.
- Shi, H., Liu, H.-C., Li, P. and Xu, X.-G., 2017. An integrated decision making approach for assessing healthcare waste treatment technologies from a multiple stakeholder. *Waste management*, 59, 508-517.
- Toksoy, M. E., 2012. Çok Nitelikli Karar Verme Yöntemleri ve VIKOR Yöntemi ile Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Topraklı, A. Y., Adem, A. and Dağdeviren, M., 2016. A Courthouse Site Selection Method Using Hesitant Fuzzy Linguistic Term Set: A Case Study for Turkey. *Procedia Computer Science*, 102, 603-610.
- Torra, V., 2010. Hesitant fuzzy sets. *International Journal of Intelligent Systems*, 25(6), 529-539.
- Umano, M., Hatono, I. and Tamura, H., 1998. Linguistic labels for expressing fuzzy preference relations in fuzzy group decision making. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics)*, 28(2), 205-218.
- United States Environmental Protection Agency (EPA). <https://www.epa.gov/rcra/medical-waste>.
- Üstün, H., 2012. Tıbbi atık Bertaraf Yöntemleri ve Karşılaştırılması Giresun İli Örnek Çalışması. Yüksek Lisans, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Kocaeli.
- Wang, H. and Xu, Z., 2015. Some consistency measures of extended hesitant fuzzy linguistic preference relations. *Information Sciences*, 297, 316-331.
- Wang, H. and Xu, Z., 2016. Total orders of extended hesitant fuzzy linguistic term sets: Definitions, generations and applications. *Knowledge-Based Systems*, 107, 142-154.
- Wang, J., Wang, J.-q. and Zhang, H.-y., 2016. A likelihood-based TODIM approach based on multi-hesitant fuzzy linguistic information for evaluation in logistics outsourcing. *Computers & Industrial Engineering*, 99, 287-299.
- Wang, J., Wang, J.-q., Zhang, H.-y. and Chen, X.-h., 2015. Multi-criteria decision-making based on hesitant fuzzy linguistic term sets: an outranking approach. *Knowledge-Based Systems*, 86, 224-236.
- Wang, J.-q., J. Wang, Q.-h. Chen, H.-y. Zhang, and Chen, X.-H., 2014. "An outranking approach for multi-criteria decision-making with hesitant fuzzy linguistic term sets." *Information Sciences* 280: 338-351.
- Wei, C., Zhao, N. and Tang, X., 2015. A novel linguistic group decision-making model based on extended hesitant fuzzy linguistic term sets. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 23(03), 379-398.

- WHO, 2015. Health-care waste. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs253/en/>.
- WHO, 2017. Health-care waste. http://www.who.int/topics/medical_waste/en/.
- Wu, Z. and Xu, J., 2016. Managing consistency and consensus in group decision making with hesitant fuzzy linguistic preference relations. *Omega*, 65, 28-40.
- Wu, Z. and Xu, J., 2016. Possibility distribution-based approach for MAGDM with hesitant fuzzy linguistic information. *IEEE transactions on cybernetics*, 46(3), 694-705.
- Wu, Z., 2015. Aggregation operators for hesitant fuzzy linguistic term sets with an application in MADM. *Control and Decision Conference (CCDC), 27th Chinese*, IEEE.
- Xue, Y. X., You, J. X., Lai, X.-D. and Liu, H.-C., 2016. An interval-valued intuitionistic fuzzy MABAC approach for material selection with incomplete weight information. *Applied Soft Computing*, 38, 703-713.
- Yavuz, M., Oztaysi, B., Onar, S. C. and Kahraman, C., 2015. Multi-criteria evaluation of alternative-fuel vehicles via a hierarchical hesitant fuzzy linguistic model. *Expert Systems with Applications*, 42(5), 2835-2848.
- Yu, S.-m., Wang, J. and Wang, J.-q., 2016. An interval type-2 fuzzy likelihood-based MABAC approach and its application in selecting hotels on a tourism website. *International Journal of Fuzzy Systems*, 1-15.
- Yu, W.-Y., Zhong, Q.-Y. and Zhang, Z., 2016. Fusing multi-granular unbalanced hesitant fuzzy linguistic information in group decision making. *Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE), 2016 IEEE International Conference on*, IEEE.
- Zadeh, L. A., 1965. Fuzzy sets. *Information and control*, 8(3), 338-353.
- Zadeh, L. A., 1971. Similarity relations and fuzzy orderings. *Information sciences*, 3(2), 177-200.
- Zhang, Y., Wang, Y. and Wang, J., 2013. Hesitant fuzzy linguistic multiple attribute decision making. *Information Fusion (FUSION), 2013 16th International Conference on*, IEEE.
- Zhang, Z. and Wu, C., 2014. On the use of multiplicative consistency in hesitant fuzzy linguistic preference relations. *Knowledge-Based Systems* 72, 13-27.

ÖZGEÇMİŞ

Tuba ADAR, 1992 yılında Erzurum'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Erzurum'da tamamladı. Lise öğrenimini Erzurum Mecidiye Anadolu Lisesi'nde 2010 yılında tamamladıktan sonra Atatürk Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümünden 2015 yılında bölüm ikinciliği derecesi ile mezun oldu. 2015 yılında Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans programına başladı. 2015 yılından bu yana Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya devam etmektedir.