

**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KALİTE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
KALİTE MÜHENDİSLİĞİ TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**MEREC VE CoCoSo YÖNTEMLERİ İLE BUHARLI
STERİLİZATÖRLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

HAZIRLAYAN

EKİN GÖZÜBÜYÜK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANKARA – 2024

**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KALİTE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
KALİTE MÜHENDİSLİĞİ TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**MEREC VE CoCoSo YÖNTEMLERİ İLE BUHARLI
STERİLİZATÖRLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

HAZIRLAYAN

EKİN GÖZÜBÜYÜK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEZ DANIŞMANI

DOÇ. DR. GÜLİN FERYAL CAN

ANKARA – 2024

BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Kalite Mühendisliği Anabilim Dalı Kalite Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı çerçevesinde Ekin GÖZÜBÜYÜK tarafından hazırlanan bu çalışma, aşağıdaki jüri tarafından Yüksek Lisans / Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 23 / 05 / 2024

Tez Adı: MEREC ve CoCoSo Yöntemleri ile Buharlı Sterilizatörlerin Değerlendirilmesi

Tez Jüri Üyeleri (Unvanı, Adı - Soyadı, Kurumu)

İmza

Doç.Dr.Burcu YILMAZ KAYA, Gazi Üniversitesi

.....

Doç.Dr.Gülin Feryal CAN, Başkent Üniversitesi

.....

Öğr.Üyesi Dr. Pelin TOKTAŞ, Başkent Üniversitesi

.....

ONAY

Prof. Dr. Dilek ÇÖKELİLER SERDAROĞLU

Enstitü Müdürü

Tarih: ... / ... /

BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS / DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

Tarih: 11 / 06 / 2024

Öğrencinin Adı, Soyadı: Ekin GÖZÜBÜYÜK

Öğrencinin Numarası: 22110194

Anabilim Dalı: Kalite Mühendisliği

Programı: Kalite Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans

Danışmanın Unvanı/Adı, Soyadı: Doç. Dr. Gülin Feryal CAN

Tez Başlığı: MEREC ve CoCoSo Yöntemleri ile Buharlı Sterilizatörlerin Değerlendirilmesi

Yukarıda başlığı belirtilen Yüksek Lisans/Doktora tez çalışmamın; Giriş, Ana Bölümler ve Sonuç Bölümünden oluşan, toplam 77 sayfalık kısmına ilişkin, 11 / 06 / 2024 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 8'dir. Uygulanan filtrelemeler:

1. Kaynakça hariç
2. Alıntılar hariç
3. Beş (5) kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

“Başkent Üniversitesi Enstitüleri Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Usul ve Esaslarını” inceledim ve bu uygulama esaslarında belirtilen azami benzerlik oranlarına tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Öğrenci İmzası:.....

ONAY

Öğrenci Danışmanı

Doç. Dr. Gülin Feryal CAN

Tarih: 11 / 06 / 2024

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın hazırlanmasında bana her türlü desteği sağlayan ve yol gösteren danışman hocam Doç. Dr. Gülin Feryan CAN'a en içten teşekkürlerimi sunarım. Kendisinin bilgi ve tecrübesiyle bana kattıkları, bu çalışmanın her aşamasında büyük önem taşımaktadır.

Ayrıca, çalışmalarım boyunca bana maddi ve manevi destek veren, sabır ve anlayışla yanımda olan sevgili aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Onların desteği olmadan bu çalışmayı tamamlamak mümkün olamazdı.

Bu vesileyle, çalışmamı destekleyen ve katkıda bulunan herkese teşekkür eder, minnettarlığımı ifade etmek isterim.

ÖZET

Ekin GÖZÜBÜYÜK

MEREC VE CoCoSo YÖNTEMLERİ İLE BUHARLI STERİLİZATÖRLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Kalite Mühendisliği Anabilim Dalı

2024

Tıbbi uygulamalar, gıda sektörü gibi birçok farklı alanda kullanılan buharlı sterilizatörler, mikroorganizmaları yok ederek insan hayatını koruma yönünde kritik bir rol oynamaktadır. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte buharlı sterilizatörlerde de önemli gelişmeler yaşanmaktadır. Farklı firmalar, üstün özelliklere sahip modeller geliştirerek kullanıcıların değişen taleplerine cevap vermektedirler. Bu kapsamda, amaca uygun buharlı sterilizatör seçiminin yapılması oldukça önemlidir. Söz konusu seçimi yapabilmek için de, farklı modellerin ortak kriterler dikkate alınarak değerlendirilmesi gerekmekte ve bu durum seçim sürecini zorlaştırabilmektedir. Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinin kullanımı, karmaşık olan bu seçim sürecini kolay yürütülebilen ve sistematik bir yapıya kavuşturmaktadır. Çalışmada, 7 farklı büyük kapasiteli buharlı sterilizatör modeli, 7 kriter dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Buharlı sterilizatör alternatifleri belirlenirken aynı amaca uygun, benzer özelliklere sahip büyük kapasiteli buharlı sterilizatör modelleri seçilmiştir. Ortak kriterlerin belirlenmesi esnasında müşteri beklentileri doğrultusunda tasarım kriterleri dikkate alınmıştır. Buna göre, değerlendirme kriterlerinin önem ağırlıkları Kriterlerin Kaldırma Etkilerine Dayalı Yöntem (Method Based on the Removal Effects of Criteria - MEREC) yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Alternatifleri oluşturan buharlı sterilizatörler ise, Kombine Uzlaşma Çözümü (Combined Compromise Solution - CoCoSo) yöntemi uygulanarak değerlendirilmiştir. MEREC-CoCoSo entegrasyonunun kullanılması ile her bir buharlı sterilizatör alternatifinin, belirlenen ortak kriterlere göre performansı objektif bir şekilde karşılaştırılmış ve en iyi buharlı sterilizatör alternatifi seçilmiştir. Ayrıca, önerilen entegrasyonunun kullanılması ile buharlı sterilizatör seçimi için literatüre yeni bir yaklaşım sunulmuştur. Bu yenilikçi yaklaşım sayesinde, karar verme süreci daha hızlı, kolay ve objektif bir hale getirilmiştir. Böylece, insan sağlığı ve güvenliğini ön planda tutabilmek amacıyla seçim süreci için daha etkin bir yöntem geliştirilmiştir. Çalışmanın bulguları, farklı

sektörlerdeki sterilizasyon süreçlerinde dikkate alınabilir ve farklı amaçlarla gerçekleştirilen sterilizatör seçimleri için de bir çözüm sağlayabilir.

ANAHTAR KELİMELEER: Buharlı Sterilizatör, MEREC, CoCoSo, ÇKKV

ABSTRACT

Ekin GÖZÜBÜYÜK

EVALUATION OF STEAM STERILIZERS WITH MEREC AND CoCoSo METHODS

Baskent University Institute of Science

Quality Engineering Department

2024

Steam sterilizers, used in various fields such as medical applications and the food industry, play a critical role in protecting human life by eliminating microorganisms. With advancements in technology, significant developments have also occurred in steam sterilizers. Different companies are developing models with superior features to meet the changing demands of users. In this context, selecting an appropriate steam sterilizer is crucial. To make this selection, it is necessary to evaluate different models based on common criteria, which can complicate the selection process. The use of Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods facilitates this complex selection process by providing a systematic and manageable structure. In this study, seven different large capacity steam sterilizer models were evaluated using seven criteria. When selecting alternatives to steam sterilizers, large-capacity steam sterilizer models with the same purpose and similar features were chosen. During the determination of common criteria, design criteria were taken into account in line with customer expectations. The importance weights of the evaluation criteria were determined using the Method Based on the Removal Effects of Criteria (MEREC). The steam sterilizers, forming the alternatives, were evaluated using the Combined Compromise Solution (CoCoSo) method. By integrating the MEREC-CoCoSo methods, the performance of each steam sterilizer alternative was objectively compared based on the specified common criteria, and the best steam sterilizer alternative was selected. Additionally, the proposed integration introduces a new approach to the literature for steam sterilizer selection. This innovative approach makes the decision-making process faster, easier, and more objective. Thus, a more effective method has been developed for the selection process, prioritizing human health and safety. The findings of this study can be considered in sterilization processes across different sectors and can provide a solution for sterilizer selections performed for various purposes.

KEYWORDS: Steam Sterilizer, MEREC, CoCoSo, MCDM

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
TABLolar LİSTESİ	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	viii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Buharlı Sterilizatörlerin Çalışma Sistemleri ve Buharlı Sterilizatör Çeşitleri	3
1.2. Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV)	7
2. LİTERATÜR TARAMASI	10
2.1. MEREC Yöntemine Yönelik Literatür Araştırması.....	10
2.2. CoCoSo Yöntemine Yönelik Literatür Araştırması.....	27
3. UYGULAMA.....	41
3.1. Firma Tanımı.....	41
3.2. Problemin Tanımı.....	41
3.3. Önerilen MEREC-CoCoSo Entegrasyonu	42
3.4. Buharlı Sterilizatör Seçiminde MEREC ve CoCoSo Yöntemlerinin Uygulanması.....	48
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	60
KAYNAKÇA.....	62

TABLÖLER LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 3.1. Başlangıç karar matrisi $[X]$	49
Tablo 3.2. Normalize başlangıç karar matrisi (h_{ij} değerleri).....	50
Tablo 3.3. Alternatiflerin genel performans değerleri (S_i değerleri).....	51
Tablo 3.4. Alternatiflerin yeni performans düzeyleri (S'_{ij} değerleri).....	52
Tablo 3.5. Kriterlerin karar üzerindeki toplam etkileri (E_j değerleri).....	52
Tablo 3.6. Kriterlerin nihai ağırlıkları (w_j değerleri)	53
Tablo 3.7. Başlangıç karar matrisi $[X]$	54
Tablo 3.8. Normalize başlangıç karar matrisi (r_{ij} değerleri).....	55
Tablo 3.9. Ağırlıklandırılmış normalize matris ve S_i değerleri.....	55
Tablo 3.10. Ağırlıklandırılmış normalize matris ve P_i değerleri.....	56
Tablo 3.11. k_{ia} değerleri.....	57
Tablo 3.12. k_{ib} değerleri.....	57
Tablo 3.13. k_{ic} değerleri.....	57
Tablo 3.14. Alternatiflerin performans düzeyleri (k_i değerleri).....	58

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Karar verme süreci adımları [19]	9
Şekil 3.1. MEREK-CoCoSo entegrasyonu uygulama adımları	43
Şekil 3.2. Kriterlerin nihai ağırlığı.....	53
Şekil 3.3. Alternatiflerin performans düzeyleri	58

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

AHP	Analytic Hierarchy Process
ANOVA	Analysis of Variance
ANP	Analytic Network Process
ARAS	Additive Ratio Assessment
AW	Average Weight
B	Fayda Türü Kriter Sayısı
BWM	Best Worth Method
CILOS	Criterion Impact Loss
CLGT	Conditional Logit
CoCoSo	Combined Compromise Solution
CoCoSo-G	Grey Based-CoCoSo
CoCoSo-mGqNN	M-Generalised q-Neutrosophic Extension of CoCoSo
CODAS	Combinative Distance Based Assessment
COPRAS	Complex Proportional Assessment
CPT	Cumulative Prospect Theory
CRADIS	Compromise Ranking of Alternatives From Distance to Ideal Solution
CRITIC-TOPSIS	Criteria Importance Through Intercriteria Correlation – TOPSIS
ÇKKA	Çok Kriterli Karar Analizi
ÇKKV	Çok Kriterli Karar Verme
DEA	Data Envelopment Analysis
DNMA	Double Normalization-Based Multi-Aggregation
EAMR	Area-Based Method of Ranking
EDAS	Evaluation Based on Distance from Average Solution
ELECTRE I	Elimination and Choice Expressing Reality I
ELECTRE II	Elimination and Choice Expressing Reality II
EW	Entropy Weight
EtO	Etilen Oksit
FAHP	Fuzzy Analytic Hierarchy Process
FUCOM	Full Consistency Method
F-ARAS	Fuzzy ARAS
F-MABAC	Fuzzy MABAC
F-MAIRA	Fuzzy MAIRA
F-MARCOS	Fuzzy MARCOS
F-MCRAT	Fuzzy MCRAT
F-RAMS	Fuzzy RAMS
F-SWARA	Fuzzy SWARA
F-TOPSIS	Fuzzy TOPSIS
F-VIKOR	Fuzzy VIKOR
GAM	Geosite Assessment Model

GKI	Global Knowledge Index
GRA-DEMATEL	Grey Relational Analysis-DEMATEL
[N]	Normalize Matris
<i>H</i>	Maliyet Türü Kriter Sayısı
HFL-ELECTRE	Hesitant Fuzzy Linguistic-ELECTRE
I2TL	Interval 2-Tuple Linguistic
IDOCRIW	Integrated Determination of Objective Criteria Weights
IF-COPRAS	Intuitionistic Fuzzy COPRAS
IF-MEREC	Intuitionistic Fuzzy MEREC
IF-WASPAS	Intuitionistic Fuzzy WASPAS
I-MEREC	Improved MEREC
IoT	Internet of Things
IRN-CoCoSo	Interval Rough Number-CoCoSo
IVFFS	Interval-Valued Fermatean Fuzzy Set
IVF-SWARA	Interval-Valued Fuzzy-SWARA
kW	Kilowatt
LBWA	Level Based Weight Assessment
LİB	Lityum İyon Batarya
LODECI	Logarithmic Decomposition of Criteria Importance
LOPCOW	Logarithmic Percentage Change-Driven Objective Weighting
<i>m</i>	Kriter Sayısı
MABAC	Multi-Attributive Border Approximation Area Comparison
MAIRCA	Multi-Attributive Ideal–Real Comparative Analysis
MARCOS	Measurement of Alternatives and Ranking According to the Compromise Solution
MASWIP	Weighting Integrated Procedure
MAUT	Multi-Attribute Utility Theory
MCRAT	Multiple Criteria Ranking by Alternative Trace
MEREC	Method Based on the Removal Effects of Criteria
MEREC-G	MEREC the Geometric Mean
MEREC-PIV	MEREC- Proximity Indexed Value
MOORA	Molti-Objective Optimization Ratio Analysis
mGqNNs	m-Generalized q-Neutrosophic Sets
MULTIMOORA	Multi-Objective Optimization Ratio Analysis with Full Multiplicative Form
MW	MEREC Weight
<i>n</i>	Alternatif Sayısı
NE-BWM	Neutrosophic Enhanced Best–Worst Method
ORESTE	Organisation, Rangement et Synth`Ese de Donn`Ees Relarionnelles
PARIS	Preference Analysis for Reference Ideal Solution
PEG	Pareto-Edgeworth Grierson

PF-MEREC-RS	Pythagorean Fuzzy-MEREC-Runk Sum
PF-PSI	Picture Fuzzy - Preference Selection Index
PFS	Pythagorean Fuzzy Set
PIV	Proximity Indexed Value
PROMETHEE I	Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation I
PROMETHEE-GAIA	Preference Ranking Organisation Method for Enrichment Evaluation-Geometrical Analysis for Interactive Aid
PSI	Preference Selection Index
PWA	Power Weighted Average
QFD	Quality Function Deployment
q-ROF-MEREC-RS-DNMA	q-Rung Orthopair Fuzzy Sets-MEREC-RS-DNMA
q-ROFN	q-Rung Orthopair Fuzzy Numbers
q-ROFS	q-Rung Orthopair Fuzzy Set
q-ROFWG	q-Rung Orthopair Fuzzy Weighted Geometric
RAFSI	Ranking of Alternatives through Functional mapping of Criterion sub-intervals into a Single Interval
RAMS	Ranking Alternatives Based on Median Similarity
RATMI	Ranking the Alternatives Based on the Trace to Median Index
REC	Removal Effects of Criteria
ROV	Range of Value
RPN	Risk Priority Number
RS	Ranking Sum
SAM	Similarity Aggregation Method
SAPEVO-M	Simple Aggregation of Preferences Expressed by Ordinal Vectors—Multi Decision Makers
SAW	Simple Additive Weighting
SF-AHP	Spherical Fuzzy Analytical Hierarchy Process
SFS	Spherical Fuzzy Sets
SMFRA	Similarity Membership Function Reduction Algorithm
SVN-MASWIP-COPRAS	SVN-Weighting Integrated Procedure-COPRAS
SVNN	Single-Valued Neutrosophic Numbers
SVNSs	Single-Valued Neutrosophic Sets
SWARA II	Stepwise Weight Assessment Ratio Analysis II
T2NN	Type-2 Neutrosophic Numbers
TN-DEMATEL-EDAS	Trapezoidal Neutrosophic-Decision Making Trial and Evaluation Laboratory-EDAS
TODIM	Interactive and Multiple Attribute Decision Making
TOPSIS	Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution
VIKOR	Vlsekriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje
WASPAS	Weighted Aggregated Sum Product Assessment
WEDBA	Weighted Euclidean Distance based approach

WISP-S	Simplified Simple Weighted Sum Product
WSM	Weighted Sum Model
[X]	Başlangıç Karar Matrisi
A_i	Çalışmada Kullanılan Alternatifler
C_i	Çalışmada Kullanılan Kriterler
E_j	Kriterin Karar Sürecinde Çıkarılmasının Etki Düzeyi
n_{ij}	Normalize Matris Elemanları
H_2O_2	Gaz Plazma
CH_2O	Formaldehit
CH_3CO_3H	Perasetik Asit
P_i	i alternatifine ait ağırlıklandırılmış bütünleşik toplam çarpım değerlendirmesi
S_i	i alternatifine ait normalize değerlerin toplamı
k_i	Alternatiflere ait nihai performans değerleri
k_{ia}	Alternatiflere ait S_i ve P_i puanlarının toplamlarının aritmetik ortalaması
k_{ib}	Alternatiflere ait en iyiye kıyasla S_i ve P_i görelî puanlarının toplamı
k_{ic}	Alternatiflere ait S_i ve P_i puanlarının dengeli uzlaşması
r_{ij}	Normalize kriter ağırlıkları
w_i	Kriterlerin nihai ağırlıkları
x_{ij}	Başlangıç karar matrisi elemanları

1. GİRİŞ

Sterilizasyon genelde mantarlar, bakteriler, virüsler, sporlar dahil tüm mikroorganizmaları yüzeylerde, ekipmanlarda, gıdalarda, ilaçlarda veya biyokültür ortamlarında tamamen öldürebilen bir işlem olarak tanımlanabilir. Sterilizasyon, farklı sektörde kullanılsa da, uygulandığı en önemli alanlar arasında medikal ve cerrahi alanlar yer almaktadır [1].

Sterilizasyonun amacına ve sterilize edilecek malzemeye bağlı olarak farklılaşan sterilizasyon yöntemleri vardır. Sterilizasyon yöntemi, malzemelere ve cihazlara zarar vermeyecek şekilde seçilir. Pratikte uygulanan sterilizasyon yöntemleri; etilen oksit (EtO) sterilizasyonu, formaldehit (CH₂O) sterilizasyonu, gaz plazma (H₂O₂) sterilizasyonu, perasetik asit (CH₃CO₃H) sterilizasyonu, gama radyasyon sterilizasyonu ve e-beam sterilizasyonu, kuru hava sterilizasyonu ve buharlı sterilizasyondur. Çalışmada, buharlı sterilizasyon süreci kapsamında uygulama yapılmış ve buharlı sterilizatör seçim süreci kapsamında etkin bir yaklaşımın geliştirilmesi amaçlanmıştır. Buharlı sterilizatörlerin dikkate alınmasının sebebi, bu sterilizasyon yönteminin ekonomik olması, kısa sürmesi, toksik olmaması ve çevre için güvenli olmasıdır [1].

Otoklav olarak da bilinen buharlı sterilizatör, endüstride en çok kullanılan sterilizasyon yöntemlerinden biridir. Otoklav, bakteri, virüs ve hatta ısıya dayanıklı endosporlar gibi mikroorganizmaları öldürmek için basınç altında doymuş buhar oluşturarak ürünleri sterilize eden bir cihazdır. Sterilizasyon sürecindeki kaynama işlemi sırasında meydana gelen önemli miktarda buharlaşma nedeniyle, normal koşullar altında suyu açık bir kapta kaynama noktasının üzerinde ısıtmak imkânsızdır. Ancak kapalı bir kapta suyun kaynama sıcaklığını yükseltmek mümkündür. Otoklav, kapalı bir kap olmakla birlikte, buharın gücünü kullanan büyük bir düdüklü tencere formundadır. Bu kapsamda otoklav içindeki buhar, yüksek basınç altında yüksek sıcaklıklara ulaşarak ısı içeriğini ve sterilizasyon gücünü arttırabilir [2].

Buharlı sterilizatörler, tıbbi uygulamalar, gıda sektörü gibi bir çok farklı alanda mikroorganizmaları öldürmek amacıyla kullanılmaktadır ve insan sağlığı için kritik bir öneme sahiptir. Bu amaçla buharlı sterilizatör üreticilerinin, performansı yüksek cihazlar

geliştirmeleri ve kullanıcıların da amaca uygun buharlı sterilizatör seçimini etkin bir şekilde yapabilmeleri oldukça önemlidir. Bu çalışmada, 7 farklı firma tarafından geliştirilen büyük kapasiteli buharlı sterilizatörün karşılaştırılmasında 7 ortak kriter belirlenerek, en iyi performansa sahip buharlı sterilizatörün seçimi gerçekleştirilmiştir. Buharlı sterilizatör alternatifleri belirlenirken aynı amaca uygun, benzer teknik özelliklere sahip büyük kapasiteli buharlı sterilizatörler dikkate alınmıştır. Ortak kriterler belirlenirken, buharlı sterilizatör üretimi yapan bir firmada müşteri beklentileri satış ekibi tarafından toplanmıştır. Satış ekibi tarafından sağlanan bu bilgiler tasarım ekibi tarafından değerlendirilerek tasarım gereksinimi ve tasarım girdisi olarak değerlendirilerek kriterler belirlenmiştir. Seçim sürecinde, Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yaklaşımları olan, Kriterlerin Kaldırma Etkilerine Dayalı Yöntem (Method Based on the Removal Effects of Criteria - MEREC) ve Kombine Uzlaşma Çözümü (Combined Compromise Solution - CoCoSo) yöntemlerinden faydalanılmıştır.

Buharlı sterilizatör seçiminde ÇKKV yöntemlerinden yararlanılmasının sebebi, seçim probleminin bir karar problem olması ve birden fazla buharlı sterilizatörün belirli kriterlere göre değerlendirmesinin gerekmesidir. Bununla birlikte, ÇKKV sürecinde kriter ağırlıklarının belirlenmesi, karar (sonuç) üzerinde etkili olduğu için önemli bir aşamadır. Bu aşamanın objektif bir şekilde gerçekleştirilmesi de seçim sonucunu etkilemektedir. Bu aşamada öznellik söz konusu olduğunda, elde edilen seçim sonuçları da karar vericilerin değerlendirmelerinden etkilenmektedir. Bu nedenle çalışmada yeni nesil objektif kriter ağırlıklandırma yöntemlerinden biri olan MEREC yönteminin kullanılması tercih edilmiştir. MEREC, 2021 yılında Ghorabae vd. tarafından geliştirilmiştir. Yöntemde kriter ağırlıkları hesaplanırken, kriterlerin karar sürecinden teker teker çıkarılması durumunda, karar üzerindeki etkileri dikkate alınır. Diğer bir deyişle, kriterler birer birer karar sürecinden çıkarılarak, alternatiflerin genel performans düzeylerindeki değişim gözlemlenmektedir. Buna göre, kriter ağırlıklarını hesaplamak için her bir kriterin karar sürecinden çıkarılmasıyla, alternatiflerin performans düzeyleri üzerinde yarattıkları toplam etki dikkate alınmaktadır [3-4]. MEREC yönteminin uygulanması için uzman değerlendirmesine ihtiyaç duyulmaz. MEREC yöntemi, diğer yöntemlerden farklı olarak karar matrisindeki girdiler (veriler) arasındaki ilişkiyi ve bu ilişkinin alternatiflerin performans düzeyleri üzerindeki etkisini dikkate alır. Diğer bir deyiş ile MEREC'in temelinde nedensellik yatmaktadır. MEREC yönteminde, her bir kriteri ağırlıklandırmanın yanı sıra, karar vericilerin bazı

kriterleri karar verme sürecinden çıkarabilmeleri ve sonuçları gözlemleyebilmeleri de sağlanır [3].

Çalışmada, büyük kapasiteli buharlı sterilizatörleri karşılaştırmak ve seçim sonucunu belirlemek amacıyla kullanılan CoCoSo yöntemi, Yazdani vd. (2019) tarafından geliştirilmiştir. CoCoSo, Gri İlişkisel Analiz (Grey Relational Analysis-GRA) ve Ağırlıklı Birleştirilmiş Toplam Ürün Değerlendirmesi (Weighted Aggregated Sum Product Assessment-WASPAS) yöntemlerinin entegrasyonuna dayanmaktadır [5]. Yöntemde, ilk olarak farklı toplama veya birleştirme operatörleri aracılığı ile farklı açılardan alternatiflerin fayda değerleri bulunur. Sonrasında ise, uzlaşık bir çözüm sağlamak için her bir alternatifin fayda değerini belirlemek amacıyla birleştirme fonksiyonu kullanılır CoCoSo yöntemi, iki farklı yaklaşımı uygulama prosedüründe içerdiği için diğer yöntemlere göre daha tutarlı sonuçlar üretebilmektedir [6]. CoCoSo yöntemi, negatif değerlerin olduğu bir karar matrisinde bile, özel bir dönüşüme gerek duymadan işlemleri gerçekleştirmeye olanak sağlamaktadır [7]. CoCoSo, gri değişkenlerle genişletilebilir ve alternatifler hakkında daha az nicel bilgi ile çalışmanın zorunlu olduğu belirsiz karar problemlerinin çözümünde de kullanılabilir [6].

Çalışmanın diğer bölümlerinin organizasyonu ise şu şekildedir: İkinci bölümde, MEREC ve CoCoSo yöntemlerinin kullanıldığı araştırmalara ilişkin literatür taramasına yer verilmiştir. Üçüncü bölümde, ÇKKV problemi hakkında bilgi verilerek MEREC ve CoCoSo yöntemlerinin uygulama adımları anlatılmıştır. Aynı bölümde, buharlı sterilizatörlerin değerlendirilmesi için önerilen MEREC-CoCoSo entegrasyonunun uygulaması paylaşılmıştır. Dördüncü bölümde, uygulama sonuçlarına yer verilmiş, çalışmanın sınırlarından ve gelecek dönemlerde yapılabilecek çalışmalardan bahsedilmiştir.

1.1. Buharlı Sterilizatörlerin Çalışma Sistemleri ve Buharlı Sterilizatör Çeşitleri

Buharlı sterilizasyon, mikroorganizmaları öldürmek için ısı kullanan bir sterilizasyon yöntemidir. Bu yöntemde, doymuş su buharı, mikroorganizmaları yok etmek için gereken yüksek sıcaklıklara ulaşmak için kullanılır. Buhar, ısıyı çok etkili bir şekilde taşıdığı için sterilizasyonda oldukça kullanışlıdır. Buhar, daha soğuk yüzeylere nüfuz edebilir. Daha soğuk bir yüzeyle temas ettiğinde anında suda yoğunlaşarak kıvrımların yer değiştirmesine

ve buhar hacminde bir düşüşe neden olur. Bu durum, yoğuşma noktasında negatif basınç oluşturarak daha fazla yoğuşma için bölgeye daha fazla buhar çeker. Bu yoğuşma, sıcaklık dengesine ulaşıncaya ve doymuş bir buhar ortamı oluşana kadar, yoğuşma yüzeyindeki sıcaklık mevcut buharın sıcaklığından düşük olduğu sürece devam eder. Daha fazla nem varsa daha fazla ısı taşınabilir; bu nedenle, buhar en verimli ısı taşıyıcılarından biridir. Nemli ısı, temel protein yapılarının pıhtılaşma sürecini tetikleyerek ve hücreyi yaşayamaz hale getirerek mikroorganizmaları öldürür [2].

Basınç altında, doymuş buhar tipik olarak yüksek sıcaklıklara ulaşır (örneğin, 15 inç kare başına pound (Pounds Per Square Inch-psi)'da 121°C). Sterilizasyonu tamamlamak için gereken süre, sıcaklık ve doymuş basınç arttıkça azalır ve tersi durumda da, sıcaklık ve basınç düştükçe azalır. Malzemenin, besin maddesinin, polimerin ve diğer maddelerin bozulmasını veya hasar görmesini önlemek için daha düşük sıcaklıklardan (örneğin 105-120°C) yararlanılabilir. Daha hızlı sterilizasyon için daha yüksek sıcaklıklar (örneğin 132–138°C) kullanılabilir [8].

Buhar sterilizasyonu 250°F (121°C), 270°F (132°C) ve 275°F (135°C) dahil olmak üzere çeşitli sıcaklıklarda gerçekleştirilir. Bununla birlikte, en sık kullanılan iki buharlı sterilizasyon sıcaklığı 121°C (250°F) ve 132°C'dir (270°F) [2].

Buharlı sterilizasyonda basınç, sıcaklık, zaman, nem ve havanın uzaklaştırılması olmak üzere 5 temel parametre bulunmaktadır.

Basınç: Mikroorganizmaları hızlı bir şekilde yok etmek için gereken yüksek sıcaklıklara ulaşmak amacıyla basınç kullanılır. Atmosfer basıncında su 100°C'de kaynar; daha düşük basınçta daha düşük sıcaklıklarda kaynar ve daha yüksek basınçta, daha yüksek sıcaklıklarda kaynar. Su, 1 barlık aşırı buhar basıncında (100.000 Pascal'a eşit, kabaca deniz seviyesindeki atmosfer basıncına eşit, International System of Units (SI) olmayan bir basınç birimi) yaklaşık 121°C'de kaynar. Bu, otoklavın normalde mümkün olandan daha yüksek sıcaklıklar üretmesini sağlar. Yeterli zaman ve doğru koşullar verildiğinde, bu tür sıcaklıklar bakteriyel endosporları öldürebilir [9].

Sıcaklık: Mikrop öldürücü etkinliğe ulaşmak için belirli sıcaklıkların elde edilmesi gerekir. Mikropları yok etmek için belirli bir süre boyunca belirli sıcaklıkların korunması gerekir. Ayrıca sıcaklığın artırılması, sterilizasyon için gereken süreyi azaltır, bu da sıcaklık ile ısıtma işlemi süresi arasında ters bir ilişki olduğunu gösterir [10].

Zaman: Tüm organizmalar aynı anda ölmediği için maruz kalma (sterilizasyon) süresi çok önemlidir. Sabit sıcaklıklardaki sterilizasyon zaman dilimleri, ürünün türüne (örn. metal mi kauçuk mu, plastik mi), ürünün ambalajlı mı yoksa ambalajsız mı olduğuna ve sterilizatör tipine bağlı olarak farklılık gösterir [11].

Nem: Buharın nüfuz etme gücü yüksektir ve çeşitli proteinleri denatüre edebilir. Bu nedenle nem (doymuş buhar), sterilizasyon sürecinin önemli bir unsurudur [11].

Havanın Uzaklaştırılması: Buhar sterilizasyonunun önündeki en önemli engel havadır. Sterilizasyon öncesinde, kaptaki havanın boşaltılması gerekir. Yetersiz hava tahliyesi sterilizasyonun başarısız olmasına neden olabilir. Buhardaki havanın fazla olması basıncı düşürerek sterilizasyon sürecini verimsiz hale getirebilir [11].

Buharlı sterilizasyon döngüsü temel olarak aşağıda tanımlanan 3 aşamadan oluşur:

- 1. Ön Hazırlama:** Bu aşamada, sterilizatör haznesinden hava boşaltılır ve yük, alternatifli vakum ve basınç darbeleri kullanılarak nemlendirilir.
- 2. Uygulama:** Bu aşamada, hazne sıcaklığı yükseltilir ve kullanıcı tarafından seçilen süre boyunca programlanmış sterilize edici sıcaklıkta tutulur.
- 3. Son Hazırlama:** Kuru yük bu aşamada soğutulur ve kurutulur veya sıvı yük soğutulur. Hazne basıncı ise atmosfere göre ayarlanır [12].

Buharlı sterilizasyonda kullanılan farklı türlerde buharlı sterilizatör vardır. Sterilizasyon ünitesinin büyüklüğüne ve steril edilecek malzemeye göre buharlı sterilizatörler sınıflandırılabilir. EN 13060:2014+A1:2018 standardına göre sterilizatör hücresi 60 litreden az ve bir sterilizasyon ünitesi (300 mm x 300 mm x 600 mm) barındıramayan sterilizatörler küçük kapasiteli buharlı sterilizatör sınıfına girmektedir. Bu standarta göre buharlı sterilizatörler steril edilecek olan yüke göre sterilizasyon çevrim tipine uyum olarak, N, B ve S olarak tanımlanmıştır. EN 285:2015+A1:2021 standardına göre ise

sterilizatör hücresi 60 litreden fazla ve bir sterilizasyon ünitesi (300 mm x 300 mm x 600 mm) barındırabilen sterilizatörler büyük bir otoklav sınıfına girmektedir. Büyük kapasiteli buharlı sterilizatörler tek kapılı/çift kapılı, dik tip/yatay tip olarak farklı modellere sahiptir. Bunlardan bazıları N tipi buharlı sterilizatör, B tipi buharlı sterilizatör, S tipi buharlı sterilizatör, yerçekimi deplasmanlı buharlı sterilizatör, yüksek hızlı ön vakum ve masaüstü buharlı sterilizatörlerdir. Aşağıda söz konusu buharlı sterilizatörlerden kısaca bahsedilmiştir.

N tipi buharlı sterilizatör: N-tipi sterilizatörler, pasif sistemler (aynı zamanda yerçekimi, vakumsuz veya aşağı doğru yer değiştirme sistemleri olarak da bilinir) olarak sınıflandırılan en yaygın otoklavlardır. Sterilizasyon odasına buhar verildiğinde, genellikle doymamış ve doymuş havayı bir havalandırma deliğinden dışarı çıkmaya zorlarlar. N döngüsü ambalajsız, katı cihazların sterilize edilmesi için uygundur [13].

B tipi buharlı sterilizatör: Bu tür ön vakumlu sterilizatörler tipik olarak, buharla basınçlandırılmadan önce sterilizasyon odasındaki havayı çıkarmak için bir vakum oluşturan bir pompa ile donatılmıştır. Bu yöntem, tüm cihaz yükü boyunca daha hızlı ve etkili buhar nüfuzuna olanak sağlar. B tipi buharlı sterilizatörler, sarılı veya ambalajsız katı, içi boş ve gözenekli aletleri sterilize etmek için kullanılabilir [13].

S tipi buharlı sterilizatör :S tipi, vakum veya buhar darbesi yoluyla cebri hava tahliyesini kullanır. Vakum pompası olmadan pozitif basınçlı darbe teknolojisi, sterilizasyon odasındaki havayı ortadan kaldırır. Oda, havayı bir valf aracılığıyla dışarı iten basınçlı buharla doldurulur. Odaya basınç uygulandıktan sonra atmosfere yakın seviyelere kadar havalandırılır. Bu prosedür, etkili hava tahliyesi sağlanana kadar birkaç kez gerçekleştirilir. S-tipi ambalajlanmamış katılar, gözenekli, içi boş, tek ambalajlı ürünler ve çok katmanlı ambalajlı ürünler için uygun bir yöntemdir [13].

Yerçekimi deplasmanlı buharlı sterilizatör: Bu yaklaşımda buhar, sterilizasyon odasının üstünden veya yanlarından girer ve buhar havadan daha hafif olduğu için havayı tahliye deliği yoluyla odanın tabanından dışarı doğru iter. Yerçekimi deplasmanlı otoklavlar tipik olarak laboratuvar ortamını, suyu, farmasötik maddeleri, kontrollü tıbbi atıkları ve yüzeylerinde doğrudan buhar teması olan gözeneksiz ürünleri işlemek için kullanılır. Bu yöntem aynı zamanda, çoğunlukla sıvı ürün sterilizasyonunda kullanılır. Yetersiz hava tahliyesi nedeniyle, yer çekimi deplasmanlı sterilizatörlerin gözenekli malzemelere daha

uzun nüfuz etme süresi vardır. Yerçekimi sterilizatörü, sterilizatördeki ve sterilize edilen öğelerdeki tüm havayı çıkarmak için yerçekimiyle çalışan bir pasif hava çıkarma döngüsü kullanır. Sterilizasyon odasındaki havanın tamamı giderilene kadar sterilizasyon gerçekleşemez [8-10-14].

Yüksek hızlı ön vakumlu sterilizatör: Yüksek hızlı ön vakumlu sterilizatörler, sterilizasyon odasındaki havayı çıkarmak ve buharı kabul etmeden önce yüklemek için bir vakum pompasına (veya ejektöre) sahip olmaları dışında, yerçekimi deplasmanlı sterilizatörlere benzerler. Vakum pompasının kullanılması, gözenekli yüklere bile pratik olarak hızlı buhar nüfuzuna izin verme avantajına sahiptir [15].

Masaüstü sterilizatör: Kliniklerde ve diş muayenehanelerinde yaygın olarak küçük masaüstü sterilizatörler kullanılır. Bu sterilizatörler, damıtılmış veya deiyonize sudan oluşan kendi buharlarını üretirler [14].

Tez çalışmasında alternatif olarak belirlenen buharlı sterilizatörler EN 285:2015+A1:2021 standardına göre tasarlanmış büyük kapasiteli, çift kapılı buharlı sterilizatörlerdir. Büyük kapasiteli buharlı sterilizatörler de hücre hacmi değişkenlik gösterebilir. Örneğin aynı üreticinin hücre hacmi 300, 400 ve 500 litre olmak üzere büyük kapasiteli çift kapılı 3 farklı buharlı sterilizatör modeli olabilir. Tez çalışmasında da alternatif seçimi yapılırken tüm buharlı sterilizatör modellerinde hücre hacimlerinin birbirlerine yakın, benzer kapasitelerde olmasına dikkat edilmiştir. Büyük kapasiteli buharlı sterilizatörler genellikle hastanelerin sterilizasyon üniteleri gibi sterilizasyon işleminin sık ve yüksek kapasitede yapıldığı alanlarda kullanılmaktadır.

1.2. Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV)

Bireylerin, örgütlerin çeşitli amaç ve/veya hedefleri; bunlara ulaşmalarını sağlayacak farklı alternatifleri mevcuttur. Bu farklı alternatifler arasından seçim yapılması, “karar” olarak tanımlanmaktadır. Karar verme süreci, ulaşılabilecek sonuçların bireyle, grupla, organizasyonla ve/veya kararın rutin bir konuyla ilişkili olup olmamasına bağlı olarak farklılaşabilmektedir. Bireyler/örgütler her zaman kendileri için en avantajlı seçimi yapmak isterler. Çoğu zaman rutin kararlar vermek durumunda kalan bireyler, bu süreçte ağırlıklı olarak, sezgisel yaklaşımları benimserken; bir işletme ya da grubu ilgilendiren durumlarda

sezgisel yaklaşımların yerini bilimsel temellere dayalı yaklaşımlar almaktadır. Karar verme sürecinde ulaşılabilecek sonuçlar, karar vericilerin deneyimlerine, kişisel fikirlerine, stratejik amaçlarına bağlı olduğu gibi, birçok nicel ve nitel kriterin de sürece dâhil edilmesine bağlı olarak farklılaşabilmektedir [16-17].

ÇKKV veya Çok Kriterli Karar Analizi (ÇKKA), birden fazla kriterin optimize edildiği mümkün çözüm setleri içerisinde, en iyi alternatifin seçildiği bir yaklaşım olarak tanımlanabilir. ÇKKV problemlerinde, bir dizi alternatifin, bir dizi kriter temelinde seçilmesi gereken durumlarda karşılaşırlar. ÇKKV üzerine ilk araştırmalar, 18. yüzyılın ortalarında, Benjamin Franklin tarafından yapılmıştır. Birçok bilim adamı, 1950'lerden beri, karar problemlerini yapılandırmaya ve alternatiflerden tercihler oluşturmaya yardımcı olması için, ÇKKV yöntemlerinin matematiksel modelleme yeteneğini incelemişlerdir. Bir ÇKKV probleminde en iyi çözüme ulaşmak için, farklı ÇKKV yöntemleri kullanılabilir. Karar vericinin çözüme başlarken karşılaşılabileceği problemlerden birisi de, hangi yöntemin uygun yöntem olduğunun belirlenmesidir [17-18].

ÇKKV sürecinin uygulama adımları, Şekil 1.1.'de sunulmuştur.



Şekil 1.1. Karar verme süreci adımları [19]

Literatürde farklı araştırmacılar tarafından geliştirilen, farklı ÇKKV yaklaşımları bulunmaktadır. Bu yöntemler arasındaki temel farklar, problemin karmaşıklık düzeyi, kriterler için kullanılan ağırlıklandırma yöntemleri, tercihlerin değerlendirme kriterlerini temsil etme şekli, dikkate alınan verilerin belirsizlik içermesi ve son olarak, veri toplama şekli ile ilgilidir. Farklı ÇKKV yöntemlerinin, farklı avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır [18].

2. LİTERATÜR TARAMASI

Literatür araması yapılırken MEREC ve CoCoSo yöntemleri kullanılan çalışmalar taranmıştır. MEREC yöntemi kullanılan 48 çalışma, CoCoSo yöntemi kullanılan 48 çalışma incelenmiştir. Literatürde buharlı sterilizatörlerin değerlendirilmesine yönelik bir literatür çalışması bulunamamıştır.

2.1. MEREC Yöntemine Yönelik Literatür Araştırması

Bu bölümde, literatürde (Method Based on the Removal Effects of Criteria - MEREC) yöntemi kullanılarak yapılan çalışmalara değinilmiş ve bu çalışmalar incelenerek, MEREC yönteminin uygulandığı farklı karar problemleri ve yöntemin geliştirilmesi kapsamında geline aşama belirlenmiştir.

Ghorabae vd. [3] çalışmalarında, MEREC yöntemini literatürde ilk defa tanıtmışlardır. Çalışmada, 10 alternatif ve 7 kriterden oluşan bir karar problemi üzerinden MEREC yöntemi adımlarının uygulanması anlatılmıştır. MEREC yöntemi ile elde edilen sonuçlar farklı ağırlıklandırma yöntemleri ile kıyaslanarak değerlendirilmiştir.

Bektaş [4] çalışmasında, Türk sigorta sektörünün 2002-2021 dönemi performansını değerlendirmiştir. Çalışmada iki farklı kriter ağırlıklandırma yöntemi ve iki farklı performans değerlendirme yöntemi olmak üzere toplam dört farklı yöntem kullanılmıştır. Kriterlerin ağırlıklandırılmasında MEREC ve Logaritmik Yüzde Değişimi Tabanlı Nesnel Ağırlıklandırma (Logarithmic Percentage Change-Driven Objective Weighting - LOPCOW) yöntemlerinden faydalanılmıştır. Performans değerlendirmesinde Kombine Uzlaşma Çözümü (Combined Compromise Solution - CoCoSo) ve Ortalama Çözümünden Uzaklığa Dayalı Değerlendirme (Evaluation Based on Distance from Average Solution - EDAS) yöntemleri kullanılmıştır. Çalışmada ortak ağırlıklandırma yöntemi kullanılarak her iki objektif kriter ağırlıklandırma yönteminden elde edilen sonuçlar birleştirilmiştir. Böylece daha kararlı ve istikrarlı bir objektif kriter ağırlıklandırılması elde edildiği görülmüştür.

Ulutaş [20] çalışmasında, bir tekstil atölyesinde transpalet seçimi için MEREC ve Sadeleştirilmiş Basit Ağırlıklı Toplam Ürün (Simplified Simple Weighted Sum Product - WISP-S) yöntemlerini kullanmıştır. 6 alternatif ve 7 kriterin dikkate alındığı çalışmada, MEREC yöntemi ile kriterler ağırlıklandırılarak; WISP-S yöntemi ile alternatifler

sıralanmıştır. WISP-S yöntemi ile bulunan sonuçlar, Değer Aralığı (Range of Value - ROV) ve Ağırlıklı Toplam Ürün Değerlendirmesi (Weighted Aggregated Sum Product Assessment - WASPAS) yöntemleri ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Yeni geliştirilen WISP-S yönteminin doğru sonuçlara ulaşip ulaşmadığını kontrol etmek için ROV ve WASPAS yöntemleri kullanılmıştır. Elde edilen bulgulara göre, ROV ve WASPAS yöntemlerinin sonuçları ile WISP-S yönteminin sonuçlarının aynı çıktığı görülmüştür.

Toslak vd. [21] çalışmalarında, bir lojistik şirketi olan Ekol Lojistik 4.0 işletmesinin Fortune 500 Türkiye internet sitesindeki, 2010-2020 yılları arasındaki verilerini kullanarak; yıllara göre performansı nı değerlendirmişlerdir. Çalışmada 11 alternatif, 8 kriter dikkate alınmıştır. Şirketin yıllara göre performansı değerlendirilirken sekiz kriter göz önüne alınacaktır. Belirlenen kriterler şunlardır: Net Satış, Net Satış Değişimi, Faiz, Vergi Öncesi Kâr, Faiz, Vergi Öncesi Kâr Değişimi, Aktif Toplam, Özkaynak, İhracat, ve Çalışan Sayısı. MEREC yöntemi ile bu kriterler ağırlıklandırılırken, Ağırlıklı Öklidyen Mesafe Tabanlı Yaklaşım (Weighted Euclidean Distance Based Approach - WEDBA) yöntemi ile alternatifler sıralanmıştır. WEDBA yönteminin sonuçları, Çok Amaçlı Optimizasyon Oran Analizi (Multi-Objective Optimization Ratio Analysis - MOORA), WASPAS ve ROV yöntemleri sonuçları ile Spearman Korelasyonu kullanılarak karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, WEDBA yönteminin sonuçlarının, diğer yöntemlerinin sonuçları ile yüksek benzerlik gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca, WEDBA yöntemi sonuçlarının kriter ağırlıklarındaki değişikliklerden etkilendiği de, duyarlılık analizi yapılarak ortaya konulmuştur.

Shanmugasundar vd. [22] çalışmalarında, püskürme boyama robotu seçimi için 12 alternatif ve 8 kriter değerlendirmişlerdir. Bu değerlendirmede, MEREC yöntemi ile kriterler ağırlıklandırılarak; Kombinatif Mesafe Tabanlı Değerlendirme (Combinative Distance Based Assessment - CODAS), Karmaşık Oransal Değerlendirme (Complex Proportional Assessment - COPRAS), CoCoSo, Çoklu Nitelik Sınır Yaklaşımı Alan Karşılaştırması (Multi-Attributive Border Approximation Area Comparison - MABAC) ve Vlselterijumska Optimizacija ve Uzlaşma Çözümü (Vlsekraterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje - VIKOR) yöntemleri ile alternatifler sıralanmıştır. Analizde kullanılan kullanılan 5 ÇKKV tekniğini arasında yüksek derecede bir korelasyon olduğu görülmüştür.

Le [23] çalışmasında, SNCM439 çeliğinin frezeleme süreci için farklı kesici takım ve kesme modu alternatiflerini değerlendirmiştir. Bu deneysel çalışmada, 3 adet kesici takım parametresi (parça sayısı, kesici parça malzemesi ve uç yarıçapı) ve 3 adet kesme modu parametresi (kesme hızı, ilerleme hızı ve kesme derinliği) her deneyde değiştirilmiştir. 27 alternatif ve 6 kriterin bulunduğu bu çalışmada, kriterler Entropi yöntemi (EW), Ortalama Ağırlıklandırma (Average Weight-AW) yöntemi ve MEREC yöntemi ile ağırlıklandırılarak; Preference Analysis for Reference Ideal Solution (PARIS) yöntemi kullanılarak alternatifler sıralanmıştır. 3 farklı kriter ağırlıklandırma yöntemi ile farklı alternatif sıralamaları elde edilmiştir. Sıralamalardaki tutarlılık, GINI indeksi ile değerlendirilmiştir. PARIS yönteminin 3 farklı ağırlıklandırma yöntemi ile kombinasyonu 27 farklı sıralama seçeneği ile sonuçlanmıştır. Ayrıca, PARIS yöntemini diğer ÇKKV yöntemlerinden ayıran özelliğin 3 farklı normalizasyon yönteminin kullanılması olduğu görülmüştür.

Le vd. [24] çalışmalarında, SKD11 takım çeliğinin dış taşlaması için en iyi işleme modunun belirlenmesi amacıyla ÇKKV yöntemlerinden faydalanmışlardır. 16 kriter ve 6 alternatif ile gerçekleştirilen çalışmada, Taguchi yöntemi uygulanarak deney tasarımı yapılmış ve deney tasarımında L16 ortogonal dizisi kullanılmıştır. Kriterlerin ağırlıkları hesaplanırken, hem entropi hem de MEREC yöntemleri kullanılmıştır. Alternatiflerin sıralanmasında, MABAC yöntemi uygulanarak, sonuçlarını doğrulamak için İdeal Çözüme Benzerlik Tercih Sıralaması Tekniği (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution - TOPSIS) ve Uzlaşma Çözümüne Göre Alternatiflerin Ölçülmesi ve Sıralanması (Measurement of Alternatives and Ranking According to the Compromise Solution - MARCOS) olmak üzere iki yöntem uygulanmıştır. Elde edilen sıralamalar arasındaki ilişki derecesini karşılaştırmak için ise, Spearman'ın sıra korelasyonundan faydalanılmıştır. Çalışmanın sonucunda, üç yöntemin de üçüncü alternatifin uygun seçenek olduğunu belirlediği görülmüştür. Ayrıca, Spearman'ın sıra korelasyon katsayısının, farklı sıralama yöntemleri arasındaki korelasyonu değerlendirmede son derece faydalı olduğu tespit edilmiştir.

Ünlü vd. [25] çalışmalarında, COVID-19 öncesi ve sırasında Türkiye'de faaliyet gösteren ticari bankaların banka etkinliğini ve verimliliğini değerlendirmek için çeşitli ÇKKV yöntemlerini kullanmışlardır. Banka etkinliğini ve üretkenliğini değerlendirmek için 12 alternatif ve 12 kriter belirlenmiştir. Subjektif bir kriter ağırlıklandırma yöntemi olarak Adım Adım Ağırlık Değerlendirme Oran Analizi II (Stepwise Weight Assessment Ratio

Analysis II - SWARA II), objektif bir kriter ağırlıklandırma yöntemi olarak da MEREC kullanılmıştır. Bankaların sıralanması amacıyla MARCOS yöntemi uygulanmıştır. Bu çalışmada, kriterlerin hem öznel hem de nesnel ağırlıkları dikkate alınmıştır. Elde edilen sıralama sonuçları EDAS, VIKOR, TOPSIS, Toplam Oran Değerlendirmesi (Additive Ratio Assessment - ARAS), COPRAS, WASPAS, CODAS ve Yakınlık İndeksi Değeri (Proximity Indexed Value - PIV) yöntemleri kullanılarak karşılaştırılmıştır. Sekiz ÇKKV yönteminde de, SWARA II-MEREC kullanılarak elde edilen aynı kriter ağırlıkları kullanılmıştır. Elde edilen Spearman Korelasyon değerleri, önerilen yaklaşımın sonuçlarının geçerli olduğunu göstermiştir. Böylece, önerilen yaklaşımın güvenilirliği ve tutarlılığı doğrulanmıştır.

Hezam vd. [26] çalışmalarında, alternatif yakıtlı araçları sıralamak ve seçmek için bir karar analizi çerçevesi sunmayı amaçlamışlardır. Alternatif yakıtlı araçların seçiminde, 5 alternatif ve 15 kriter belirlenmiştir. Çalışmada, alternatif yakıtlı araçları değerlendirmek için Sezgisel Bulanık MEREC (Intuitionistic Fuzzy MEREC - IF-MEREC) ile Sıralama Toplamı (Ranking Sum - RS) ve Çift Normalizasyonlu Çoklu Toplama (Double Normalization-Based Multi-Aggregation - DNMA) entegrasyonu kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan IF-MEREC-RS-DNMA'dan elde edilen sonuçlar, Sezgisel Bulanık COPRAS (Intuitionistic Fuzzy COPRAS - IF-COPRAS) ve Sezgisel Bulanık WASPAS (Intuitionistic Fuzzy WASPAS - IF-WASPAS) yöntemlerinin sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada, MEREC yöntemiyle objektif ağırlıkların ve RS yöntemiyle sübjektif ağırlıkların dikkate alınması sonucunda, DNMA ile elde edilen sıralama sonuçlarının daha tutarlı bir hale geldiği belirlenmiştir.

Mishra vd. [27] çalışmalarında, 5 farklı akü enerjisi depolama sistemini teknik, ekonomik, çevresel ve sosyal yönler dikkate alınarak belirlenen 13 kriter ile değerlendirmişlerdir. Bu değerlendirmede, sezgisel bulanık küme yaklaşımı ile MEREC, RS ve MARCOS yöntemlerinin birleştirilmesiyle entegre bir ÇKKV yaklaşımı geliştirilmiştir. IF-MEREC-RS yaklaşımı kriterlerin nesnel ve öznel ağırlıklarını birleştirerek, birleşik ağırlığı bulmak için kullanılmıştır. MARCOS yöntemi ise, alternatifleri sıralamak için uygulanmıştır. IF-MEREC-RS-MARCOS yaklaşımının sonuçları IF-COPRAS ve IF-WASPAS yöntemleri ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada, yeni bir bütünleşik ağırlıklandırma yöntemi önerilmiştir. Bu yöntemin, IF-MEREC yöntemi ile objektif ağırlıklar ve IF-RS yaklaşımı ile sübjektif ağırlıkların belirlenmesine izin verdiği görülmüştür. Çalışmada

önerilen yöntemin, IF-MARCOS yöntemini IF-COPRAS ve IF-WASPAS yöntemlerinden elde edilen sonuçlara benzer sonuçlar ürettiği belirlenmiştir.

Marinkovic vd. [28] çalışmalarında, yol yapılarının stabilize katmanlarının üretiminde atık ve geri dönüştürülmüş malzeme karışımlarının kullanımı incelenmişlerdir. Çalışmada, 7 farklı malzeme karışımı alternatifi, 3 kriter dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Kriter ağırlıkları MEREC yöntemi ile bulunmuş, alternatiflerin sıralaması ise, CoCoSo yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonunda, yol yapımında kullanılmak üzere en yüksek kaliteli malzeme karışımı belirlenmiştir.

Nguyen vd. [29] çalışmalarında, iç taşıma için gerçekleştirilen bileme prosesinin etkinliğini artırmayı amaçlamışlardır. Çalışmayı gerçekleştirmek için ince giydirme derinliği ve süresi, kaba giydirme derinliği ve süresi, kuru giydirme ve giydirmelerle hızı olmak üzere altı giriş parametresi kullanılarak deney tasarımı yapılmıştır. Deney tasarımı, L16 ortogonal diziler kullanılarak; Taguchi yöntemine göre gerçekleştirilmiştir. Kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi amacıyla MEREC ve Entropi yöntemleri kullanılmıştır. Çalışmada, minimum yüzey pürüzlülüğü ve maksimum kaldırma oranını aynı anda elde edebilmesi için TOPSIS, MARCOS, Bölge Tabanlı Sıralama Yöntemi (Area-based Method of Ranking - EAMR) ve Çoklu Nitelik İdeal-Gerçek Karşılaştırmalı Analiz (Multi-Attributive Ideal-Real Comparative Analysis - MAIRCA) yöntemleri farklı deneylerin karşılaştırılması için uygulanmıştır. Çalışma sonunda, TOPSIS, MARCOS, EAMR ve MAIRCA olmak üzere dört sıralama yönteminin kullanılmasının ve kriter ağırlıklandırmasında MEREC veya Entropi yöntemlerinin uygulanmasının, sonuçları etkilemediği görülmüştür.

Nguyen vd. [30] çalışmalarında, 90CrSi takım çeliğinden silindirik şekilli parçaların toz karışımı elektrik deşarjıyla işlenmesi sürecinin etkinliğini artırmayı amaçlamışlardır. Araştırma kapsamında, toz konsantrasyonu, puls süresi, puls kapalı zamanı, puls akımı ve ana gerilim gibi giriş işlem parametreleri dikkate alınmıştır. Deney tasarımı aşamasında Taguchi yöntemi kullanılmıştır. Minimum yüzey pürüzlülüğü ve maksimum malzeme kaldırma hızını eş zamanlı olarak sağlamak amaçlanmıştır. Çalışmada, MEREC yöntemi kullanılarak kriterlerin ağırlıkları hesaplanmış, MARCOS, TOPSIS ve MAIRCA yöntemleri uygulanarak deney sonuçları karşılaştırılmıştır. Çalışma sonunda, MARCOS, TOPSIS ve MAIRCA olmak üzere üç yöntem kullanıldığında, alternatiflerin sıralamalarında farklılık

olduğu görülmüştür. Ancak, en iyi alternatifin her üç yöntemde de değişmediği belirlenmiştir. Ayrıca, MAIRCA ve TOPSIS yöntemlerin oldukça benzer sonuçlar verdiği ve birbirinin yerine kullanılabilecekleri vurgulanmıştır.

Özdağoğlu vd. [31] çalışmalarında, uçuş okullarının uçak seçim kriterlerini belirleyerek, söz konusu kriterlerin ağırlıklarını bulmak ve uçuş okullarında tercih edilen uçak alternatifleri arasından en uygun olanını seçmeyi amaçlamışlardır. Çalışmada, 5 alternatif ve 12 kriter kullanılmıştır. Kriter ağırlıklarının bulunmasında MEREC yöntemi, uçakların sıralanmasında da CoCoSo yöntemi kullanılmıştır.

Makki vd. [32] çalışmalarında, Fuzzy MEREC Geometrik Ortalama (Fuzzy MEREC the Geometric Mean – Fuzzy MEREC-G) ve bulanık İzleme Medyan İndeksine Dayalı Alternatiflerin Sıralanması (Ranking the Alternatives Based on the Trace to Median Index - RATMI) yöntemlerini birleştiren hibrit bir bulanık ÇKKV yaklaşımı sunmuşlardır. Çalışmada bulanık MEREC-G yöntemi, kriter ağırlıklarını belirlemek için kullanılmıştır. Bulanık RATMI yöntemi ise, alternatifleri sıralamak için kullanılmıştır. Çalışmada, 8 kriter ve 6 alternatiften faydalanılmıştır. Elde edilen sonuçlar, Fuzzy ARAS (F-ARAS), Fuzzy MARCOS (F-MARCOS), Fuzzy TOPSIS (F-TOPSIS), Fuzzy MABAC (F-MABAC), Fuzzy VIKOR (F-VIKOR) ve Fuzzy MAIRA (F-MAIRA), Fuzzy Multiple Criteria Ranking by Alternative Trace (F-MCRAT) ve Fuzzy Ranking Alternatives Based on Median Similarity (F-RAMS) yöntemleri ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Önerilen hibrit ÇKKV yaklaşımının geçerliliği ve duyarlılığı değerlendirilmiştir. Analiz sonucunda, önerilen yaklaşımın alternatif sıralamalarındaki kriter ağırlıklarında ortaya çıkan değişiklikleri yansıtacak kadar hassas olduğu ve tutarlı sıralamalar üretebildiği görülmüştür.

Sharma vd. [33] çalışmalarında, ultrason ve histopatolojik görüntülerden tiroid kanseri teşhisini iyileştirmek için derin öğrenme, meta-sezgisel ve Çok Kriterli Karar Verme (MCDM) algoritmalarına dayalı bir çerçeve geliştirmeyi amaçlamışlardır. Çalışmada, MEREC-TOPSIS yöntemi ile tiroid kanseri tespiti için çeşitli makine öğrenimi modellerinin performansı ölçülmüştür. Alternatif olarak ultrason ve histopatolojik olmak üzere 2 veri seti ve 3 kriter kullanılarak sonuçlar değerlendirilmiştir. Önerilen entegre MEREC-TOPSIS yöntemi ile tiroid kanseri tespiti için en iyi performanslı makine öğrenimi modeli belirlenmiştir. Swin Transformer, PCA ve FOX optimizasyon algoritması kullanılarak elde

edilen model hem ultrason hem de histopatolojik veri setlerinde en yüksek doğruluk oranlarını elde edildiği görülmüştür.

Gamal vd. [34] çalışmalarında, optimal otonom araç seçme sorununu çözmek için ÇKKV yöntemi kullanmışlardır. Çalışmada 8 kriter belirlenmiş ve bu kriterleri değerlendirmek ve önceliklendirmek için Type-2 Neutrosophic Numbers (T2NN) MEREC yönteminden faydalanılmıştır. 4 alternatifi sıralamak için ise, Type-2 Neutrosophic Numbers (T2NN) CoCoSo yöntemi kullanılmıştır. T2NN–MEREC–CoCoSo yöntemi ile bulunan otonom araç sıralamaları, T2NN–MEREC&F–VIKOR ve T2NN–MEREC&F–TOPSIS yöntemlerinden elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Önerilen yaklaşımın gücünü ve tutarlılığını kanıtlamak için çalışma sonuçları üzerinde duyarlılık ve karşılaştırma analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçları incelendiğinde, birkaç durumda sıralamalarda küçük değişiklikler olsa da, alternatiflerin sıralamalarının kararlı olduğu görülmüştür.

Abdulaal vd. [35] çalışmalarında, yüksek öğretim kurumlarında finansal sürdürülebilirlik planı kapsamındaki yatırım girişimlerini önceliklendirmek için hibrit bir ÇKKV yaklaşımı kullanmışlardır. MEREC-G yöntemi ile belirlenen 9 kriter ağırlıklandırılmış, 33 alternatif ise RATMI yöntemi ile sıralanarak elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Çalışma literatürde, MEREC-G ve RATMI'yi entegre eden ilk çalışmadır.

Esangbedo vd. [36] çalışmalarında, karbon azaltma sorunlarını çözmek amacıyla gri-MEREC-MAIRCA yönteminden faydalanmışlardır. Çalışmada, 6 şirket alternatif olarak belirlenmiş ve 19 kriter kullanılmışlardır. Kriter ağırlıklandırma için MEREC yöntemi, alternatif sıralaması için ise, MAIRCA yöntemi kullanılmıştır. Önerilen yöntem kullanılarak edilen sıralama sonuçları, TOPSIS ve Ağırlıklı Toplam Modeli (Weighted Sum Model - WSM) yöntemlerinden elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Üç farklı yöntemin de, şirketlerin karbon azaltma planlarını sıralamada benzer sonuçlar verdiği görülmüştür. Spearman'ın rho korelasyonu, Kendall'ın Tau B korelasyonu, ağırlıklı korelasyonlar yöntemlerin ürettikleri sonuçlar arasında güçlü bir benzerlik olduğunu göstermiştir.

Ayan vd. [37] çalışmalarında, Kriter Etki Kaybı (Criterion Impact Loss - CILOS), Nesnel Kriter Ağırlıklarının Entegrasyonu (Integrated Determination of Objective Criteria Weights - IDOCRIW), Tam Tutarlılık Yöntemi (Full Consistency Method - FUCOM), Seviye Tabanlı Ağırlık Değerlendirmesi (Level Based Weight Assessment - LBWA), Sıra Vektörleri Tarafından İfade Edilen Tercihlerin Basit Birleştirilmesi - Çoklu Karar Vericiler (Simple Aggregation of Preferences Expressed by Ordinal Vectors—Multi Decision Makers - SAPEVO-M) ve MEREC olmak üzere birkaç yeni ağırlıklandırma tabanlı yöntemin incelemesini gerçekleştirmişlerdir. Belirlenen anahtar kelimeler WoS ve Scopus veritabanlarında aranarak 160 yayın incelenmiştir. Çalışmada, yayınlarda kullanılan ağırlıklandırma yöntemleri oranları değerlendirilmiştir. En etkili araştırmaların, bu araştırmalarda kullanılan yöntemle göre değiştiği görülmüştür. Yüksek atıf alan yayınlar incelendiğinde, yayınlardaki araştırmacıların kim olduklarının yanı sıra, SAPEVO-M yöntemi hariç olmak üzere, yöntemlerin bulanık uygulamalarının ilgi çektiği görülmüştür. Çalışmaların işletme ekonomisi, çevre ve mühendislik gibi çeşitli alanlarda farklı uygulamaları içerdiği belirlenmiştir. Ayrıca, MEREC yönteminin en fazla mühendislik alanında kullanıldığı görülmüştür. Çalışmalarda en çok kullanılan ağırlıklandırma yöntemi ENTROPY olup, bu yöntemle birlikte MEREC, CILOS ve IDOCRIW yöntemlerinin de sıklıkla kullanıldığı belirlenmiştir. Sıralama yöntemleri açısından ise, MEREC'in çoğunlukla TOPSIS ve MARCOS yöntemleriyle birlikte kullanıldığı görülmüştür.

Ghorabae [38] çalışmalarında, tedarikçi değerlendirme, seçim ve sipariş tahsisi problemini çözmeyi amaçlamışlardır. Kriterlerin öznel ağırlıklarının belirlenmesinde SMART yöntemi, nesnel ağırlıklandırma için ise MEREC yönteminden faydalanılmıştır. Tedarikçilerin performansını değerlendirmek için WASPAS yöntemi kullanılarak Radius of Gyration (ROG) yöntemi ile tedarikçiler sıralanmıştır. Çalışmada 15 kriter ve 8 alternatif kullanılmıştır. Bu yöntemler sırasıyla Basit Katkı Ağırlıklandırma (Simple Additive Weighting - SAW), Karma Oranlamalı Entegre yöntem ile elde edilen sıralama sonuçları COPRAS, TOPSIS, VIKOR, EDAS ve Tam Çarpımsal Form ile Çok Amaçlı Optimizasyon Oran Analizi (Multi-Objective Optimization Ratio Analysis with Full Multiplicative Form - MULTIMOORA) yöntemleri ile elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Sonuçlar arasındaki ilişkinin gücünü ölçmek için çalışma, Spearman'ın sıra korelasyon katsayısı kullanılmıştır. Sonuçlar, önerilen yaklaşımın sürdürülebilirlik kriterlerine göre uygun tedarikçileri seçmekte ve sipariş miktarlarını tahsis etmekte etkili olduğunu

göstermiştir. Yapılan duyarlılık analizi ise, önerilen metodolojinin tutarlı olduğunu ve kriterlerin ağırlığındaki değişikliklerle başa çıkabildiğini göstermiştir.

Saidin vd. [39] çalışmalarında, ÇKKV problemlerinde nesnel kriter ağırlıklarını belirlemek için bulanık bir yöntem sunmayı amaçlamışlardır. Çalışmada 13 alt kriterden oluşan 4 ana kriter ve 15 alternatif kullanılmıştır. Fuzzy MEREC (F-MEREC) yöntemi ile kriterler ağırlıklandırılmıştır. F-MEREC yönteminden elde edilen sonuçlar MEREC, Entropi ve Statistical Variance ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Sonuçlar arasındaki korelasyon katsayısı değerleri, F-MEREC'in kriter ağırlıklarının Entropi ve Statistical Variance yöntemlerinin eğilimini daha fazla takip ettiğini göstermiştir. F-MEREC sonuçlarını doğrulamak için bir karşılaştırma yapılmıştır. Ardından, aykırı değer testi ile sonuçların tutarlılığı incelenmiştir. Test sonuçlarına göre, F-MEREC'in kriter ağırlıklarının aykırı değerlerin varlığından en az etkilenen yöntem olduğu görülmüştür. Başka bir deyişle, veri setinde aykırı değerler olduğunda dahi, F-MEREC ağırlıklarının çoğunlukla kararlı ve tutarlı olduğu görülmüştür.

Ulutaş vd. [40] çalışmalarında, enerji verimliliğini korumak için inşaatlarda kullanılan doğal lif yalıtım malzemeleri hakkında bilgi sağlamayı ve en verimli doğal lif yalıtım malzemesini önermeyi amaçlamışlardır. Çalışmada Preference Selection Index (PSI), MEREC, LOPCOW ve MCRAT yöntemleri entegre edilmiştir. 20 yalıtım malzemesi alternatif olarak kullanılmış ve 9 kriter belirlenmiştir. MARCOS, ARAS ve Uzaklığa Dayalı Uzlaşma Alternatiflerinin Sıralanması (Compromise Ranking of Alternatives from Distance to Ideal Solution - CRADIS) teknikleri, geliştirilen yaklaşım ile karşılaştırılarak sonuçlar değerlendirilmiştir. Geliştirilen yaklaşımın bulguları ile diğer ÇKKV tekniklerinden elde edilen bulgular arasında anlamlı bir korelasyon olduğu görülmüştür. Sonuç olarak, önerilen yaklaşımın güvenilir sonuçlar ürettiği tespit edilmiştir.

Fattouch vd. [41] çalışmalarında, Robotik İnterneti Nesnelere Duyarlı İş Süreci (Internet of Robotics Things-Aware Business Process - IoRT-Aware BP) dış kaynak kullanımı için bir karar verme yaklaşımı sunulmasını amaçlamışlardır. Bu kapsamda, 4 kriter belirlenerek MEREC yöntemine dayalı ELECTRE IS yöntemi kullanılmıştır. MEREC yöntemi ile kriterler ağırlıklandırılmıştır. ELECTRE IS yöntemi ise belirlenen 14 alternatif arasından seçim yapmak amacıyla kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan yöntemin sonuçları Gerçekliği İfade Eden Eleme ve Seçim I (Elimination and Choice Expressing Reality I -

ELECTRE I), ELECTRE II, Tercih Sıralama Organizasyon Yöntemi I (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation I - PROMETHEE I) yöntemleri ve uzman sonuçları ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Çalışma sonunda, ELECTRE IS yönteminin, uzman bilgisini karar verme sürecine dahil ederek daha tutarlı sonuçlar elde etmeyi sağladığı sonucuna varılmıştır.

Mishra vd. [42] çalışmalarında, düşük karbon turizm stratejilerinin değerlendirilmesini amaçlamışlardır. İlk olarak sosyal, ekonoik ve çevresel yönlerinin ve göstergelerin görelî önemini belirlemek için MEREC yönteminden faydalanılmıştır. İkinci olarak uzmanlar, her bir sosyal, ekonomik ve çevresel gösterge için dilsel değerlendirmeler yapmış ve uzmanların değerlendirmelerindeki belirsizlik ve tutarsızlığı temsil etmek için Tek Değerli Neutrosophic Sayılara (Single-Valued Neutrosophic Numbers - SVNN) kullanılmıştır. Dombi operatörleri, her bir alternatif için SVNN'leri tek bir genel değerlendirmede toplamak için kullanılmıştır. Son olarak ise MULTIMOORA yöntemi kullanılarak alternatifler önceliklendirilmiştir. Çalışmada 6 alternatif ve 14 kriter kullanılmıştır. SVNN-MEREC-MULTIMOORA entegre yöntemi ile elde edilen sonuçlar SVN-TOPSIS, SVN-COPRAS, SVN-WASPAS ve Zhang yöntemleri ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Çalışmada, geliştirilen SVNS-MEREC-MULTIMOORA metodolojisinin tutarlılığını doğrulamak için duyarlılık analizi de gerçekleştirilmiştir.

Simic vd. [43] çalışmalarında, kentsel ulaşımın iklim değışikliğı etkilerini hafifletmeyi amaçlayan sürdürülebilir politikaların önceliklendirilmesi için ÇKKV yöntemlerini kullanmışlardır. İlk aşamada, T2NN-MEREC ile kriterlerin nesnel önemi belirlenmiştir. İkinci aşamada, T2NN-MARCOS ile alternatifler sıralanmıştır. 15 kriter ve 4 alternatif üzerine bir çalışma yürütülmüştür. T2NN-MEREC-MARCOS yöntemi ile elde edilen sonuçlar T2NN-TOPSIS ve T2NN-WASPAS yöntemleri ile elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Duyarlılık analizi, T2NN-MEREC-MARCOS yaklaşımının yüksek tutarlılığa sahip olduğunu doğrulamıştır. Ayrıca, karşılaştırma analizi sonucunda, sunulan hibrit modelin güvenilir çözümler üretebileceğı görülmüştür.

Yadav vd. [44] çalışmalarında, 5G heterojen ağ ortamında Internet of Things (IoT) uygulamaları için en uygun ağın seçilmesi amacıyla entegre bir ÇKKV yöntemi kullanmışlardır. Çalışmada kriter ağırlıklandırma için Improved MEREC (I-MEREC) yöntemine ve alternatif sıralama için TOPSIS yöntemi entegre edilmiştir. Belirlenen 8

alternatif ve 10 kriter I-MEREC-TOPSIS yöntemi ile değerlendirilmiştir. Ardından elde edilen sonuçlar Kriterler Arası Korelasyon Yoluyla Kriterlerin Önemi (Criteria Importance Through Intercriteria Correlation - TOPSIS (CRITIC-TOPSIS)), Entropi-TOPSIS, SVP-TOPSIS ve MEREC-TOPSIS yöntemlerinin sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır.

Zorlu vd. [45] çalışmalarında, çeşitli arazi biçimlerinin jeolojik miras potansiyelini nicel yöntemlerle değerlendirmeyi amaçlamışlardır. 13 alternatif ve 5 kriter belirlenerek değerlendirme Jeosit Değerlendirme Modeli (Geosite Assessment Model - GAM) ve MEREC tabanlı Tercih Sıralama Organizasyon Yöntemi-Geometrik Analiz için Etkileşimli Yardım (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation-Geometrical Analysis for Interactive Aid - PROMETHEE-GAIA) yöntemlerinin entegre kullanımı ile gerçekleştirilmiştir. Jeositlerin değerini belirlemek için GAM kriterleri kullanılmıştır. Bu kriterler MEREC tekniği ile ağırlıklandırılmıştır. Ardından alternatifler ağırlıklı kriterlere göre PROMETHEE-GAIA tekniği ile sıralanmıştır. MEREC ve PROMETHEE-GAIA yöntemlerinin, daha kapsamlı, objektif ve karar vermeye yönelik değerlendirmeler yapılmasını sağladığı görülmüştür.

Haq vd. [46] çalışmalarında, sürdürülebilir malzeme seçimi problemi için üç karar vericinin değerlendirmelerini dikkate alarak, Tek Değerli Nötrosifik Kümeler (Single-Valued Neutrosophic Sets - SVN-Ss) ile MEREC ve MARCOS yöntemlerini genişletmişlerdir. Bu kapsamda, 11 kriter ve 17 alternatif çalışmada değerlendirilmiştir. Çalışmada kullanılan SVN-MEREC-MARCOS yönteminden elde edilen sonuçlar SVN-TOPSIS, SVN-MULTIMOORA, COPRAS, TOPSIS, VIKOR, Koşullu Logit (Conditional Logit - CLGT), Etkileşimli ve Çok Nitelikli Karar Verme (Interactive and Multiple Attribute Decision Making - TODIM) ve PROMETHEE-II yöntemlerinden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

Goswami vd. [47] çalışmalarında, Hindistan'da yenilenebilir enerji santrali seçimine ilişkin gerçek zamanlı bir ÇKKV problemini ele almışlardır. Amaç, entegre MEREC Yakınlık İndeksi Değeri (MEREC-Proximity Indexed Value - MEREC-PIV) yöntemi ile 6 kritere dayanarak Hindistan'da kurulması gereken uygun yenilenebilir enerji santralini önermektir. Çalışmada, 5 alternatif yenilenebilir enerji kaynağı dikkate alınarak, en uygun olan enerji kaynağı PIV yardımıyla seçilmiş ve MEREC, 6 kriterin nesnel ağırlıklarını belirlemek için kullanılmıştır. Alternatif sıralaması duyarlılık analizi ile doğrulanmıştır.

Çalışmada kullanılan PIV yönteminin, diğer ÇKKV yöntemlerine göre çok daha kesin ve tutarlı sonuçlar sağladığı görülmüştür. PIV yönteminde sıra değişimi sorunu yoktur ve sıralamalar daha stabildir. TOPSIS, COPRAS, SAW, ARAS vb. gibi yöntemlerde, kriter ağırlıklarının ilerini değişmesiyle birlikte, alternatif sıralamalarının değişebileceği görülmüştür.

Mishra vd. [48] çalışmalarında, enerji depolama teknolojilerinin değerlendirilmesi amaçlamışlardır. enerji depolama teknolojileri seçim sürecindeki belirsizlik hesaba katılarak SVNS altında MEREC ve EDAS yöntemleri birleştirilerek entegre bir ÇKKV yöntemi kullanılmıştır. Karar uzmanlarının ağırlıklarını türetmek için puan fonksiyonu ve diverjans ölçüsüne dayalı bir SVN diverjans ölçüsü kullanılmıştır. Ardından, MEREC yöntemi, kriterlerin nesnel ağırlıklarını belirlemek için SVNS bağlamında genişletilmiştir. Daha sonra, SVNS ortamında alternatifleri değerlendirmek ve önceliklendirmek için SVN-diverjans ölçüsü ve MEREC yönteminin birleşimi ile genişletilmiş bir EDAS yöntemi kullanılmıştır. 4 kriter ve 15 alternatif ile gerçekleştirilen çalışmada elde edilen sonuçların doğrulaması duyarlılık analizi yapılarak gerçekleştirilmiştir. SVN-MEREC-EDAS sonuçları SVN-TOPSIS, SVN-WASPAS, SVN-CoCoSo, SVN-WSM ve SVN-Weighted Product Model (SVN-WPM) yöntemlerinden elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır.

Song vd. [49] çalışmalarında, siber-fiziksel sistemlerin ve IoT'nin dijital ekonomiye entegrasyonu ile ilgili modern teknolojiler için yeni bir alan sunmayı amaçlamışlardır. Çalışmada, 17 alternatif ve 6 kriter belirlenmiştir. Çözüm sürecinde, Pisagor Bulanık-MEREC-Sıralama Toplamı (Pythagorean Fuzzy-MEREC-Rank Sum - PF-MEREC-RS) ve PF-DNMA yöntemleri birleştirilmiştir. PF-MEREC-RS yöntemi ile kriterlerin öznel ve nesnel ağırlıkları hesaplanmıştır. PF-DNMA yöntemi ile alternatifler sıralanmıştır. Çalışmada kullanılan entegre yöntemin sonuçları PF-TOPSIS, PF-WSM, PF-WPM ve PF-WASPAS yöntemlerinin sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Sonuçların tutarlılığını kanıtlamak için duyarlılık analizi yapılmıştır. Çalışma sonunda önerilen yöntemin uzman görüşlerine ve objektif ağırlıklandırmaya dayalı karar verme süreçlerinde faydalı olabileceği belirtilmiştir.

Tanrıverdi vd. [50] çalışmalarında, 56 havayolundan elde edilen verileri kullanarak 2017-2021 yıllarını kapsayan pandemi öncesi, sırası ve sonrasında COVID-19 krizinin havayollarının sürdürülebilirlik performansı üzerindeki çok boyutlu etkilerini incelemiştir. Çalışmada, MEREC-CoCoSo/Borda yöntemleri kullanılmıştır. İlk olarak,

MEREC yöntemi ile kriterler ağırlıklandırılmıştır. Ardından, seçilen 56 alternatif CoCoSo yöntemi ile sıralanmıştır. Borda yöntemi farklı kriterlere göre elde edilen performans sıralarını tek bir toplam sıralama haline getirmek amacıyla performans sıralarını birleştirmek için kullanılmıştır. Duyarlılık analizi ile sıralama sonuçlarının istikrarı kontrol edilmiştir. Elde edilen sıralama sonuçları, MABAC, MAIRCA ve TOPSIS yöntemlerinden elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, MEREC-CoCoSo/Borda yaklaşımının, seçilen sürdürülebilirlik kriterlerinin ağırlığı ve havayollarının genel performans sıralamaları açısından tutarlı, geçerli ve anlamlı sonuçlar ürettiği görülmüştür.

Yang vd. [51] çalışmalarında, Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmelerin (KOBİ) Endüstri 4.0'a geçişlerine yardımcı olmak için politika önerileri sunmak amacıyla q-rung ortopair bulanık kümeler-MEREC-RS-DNMA (q-rung orthopair fuzzy sets-MEREC-RS-DNMA - q-ROF-MEREC-RS-DNMA) adı verilen entegre bir ÇKKV yöntemini kullanmışlardır. q-ROF-MEREC-RS yöntemi, KOBİ'ler için Endüstri 4.0'da sürdürülebilir akıllı üretim sistemleri kapsamındaki bilgi ve dijital teknolojilerin benimsenmesine ilişkin kriterlerin öznel ve nesnel ağırlıklarını hesaplamak amacıyla kullanılmıştır. q-ROF-DNMA modeli, endüstrilerin tercihlerini, KOBİ'ler için Endüstri 4.0'da sürdürülebilir akıllı üretim sistemleri için bilgi ve dijital teknolojilerin benimsenmesine ilişkin farklı politikaları değerlendirmek amacıyla kullanılmıştır. Çalışmada 28 kriter ve 6 alternatif kullanılmıştır. q-ROF-WSM, q-ROF-WPM, q-ROF-WASPAS, q-ROF-TOPSIS yöntemlerinden elde edilen sonuçlar ile önerilen yaklaşımdan elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Das vd. [52] çalışmalarında, iki plazma ark kesme işleminin optimizasyonu için ÇKKV yöntemlerinden faydalanmışlardır. Çalışmada PIV, EAMR, Pareto-Edgeworth Grierson (PEG) ve Alternatiflerin Tek Bir Aralık İçinde Fonksiyonel Eşleme ile Sıralanması (Ranking of Alternatives through Functional Mapping of Criterion Sub-intervals into a Single Interval - RAFSI) olmak üzere 4 alternatif sıralama yöntemi kullanılmıştır. Belirlenen 4 ÇKKV yönteminin optimizasyon performansı üzerinde kriter ağırlıklarının etkilerini incelemek için CRITIC ve MEREC olmak üzere 2 objektif kriter ağırlıklandırma yöntemi uygulanmıştır. Hesaplanan Gini endeksleri de, 4 ÇKKV yönteminin sıralama performanslarının benzer olduklarını doğrulamıştır.

Narayanamoorthy vd. [53] çalışmalarında, fotovoltaik güneş enerjisi santrali için yer seçimi problemini ÇKKV yöntemleri ile çözmüşlerdir. Fotovoltaik güneş enerjisi santrali için MEREC ve MULTIMOORA yöntemlerine dayalı, hibrit bir ÇKKV yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada, 6 kriter ve 5 alternatif bulunmaktadır. MEREC yaklaşımı, her bir kriterin ağırlığını hesaplamak için kullanılırken, MULTIMOORA alternatiflerin sıralamasını bulmak için kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar, WASPAS, TOPSIS, SAW, ARAS ve VIKOR yöntemlerinin sonuçları ile karşılaştırılarak doğrulanmıştır. Sonuçlar, önerilen yöntemin tutarlı ve güvenilir olduğunu göstermiştir.

Najafi vd. [54] çalışmalarında, yapay sinir ağlarını, özellik seçimi yöntemlerini ve ÇKKV tekniklerini kullanarak kalp hastalığını teşhis eden etkin ve doğru bir sistem geliştirmeyi amaçlamışlardır. Kriter ağırlıklandırma için MEREC ve Best Worst Method (BWM) yöntemleri entegre edilerek kullanılmıştır. 15 alternatifi değerlendirmek için ise, ELECTRE III yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar, duyarlılık analizi ile doğrulanmış ve MARCOS, TOPSIS, EDAS, CODAS, PROMETHEE II yöntemlerinin sonuçları ile karşılaştırılmıştır. MEREC-BWM yönteminin, uzman bilgisini ve alternatiflerin kriterlere göre aldıkları değerleri dikkate alarak güvenilir bir ağırlıklandırma sağladığı görülmüştür. Geliştirilmiş ELECTRE III'ün, diğer ÇKKV yöntemlerine kıyasla daha hassas ve güvenilir bir yöntem olduğu ve bu yöntemin, alternatiflerin net bir şekilde sıralanmasını sağlayarak, karar vericilere doğru bilgi sunduğu görülmüştür.

Deveci vd. [55] çalışmalarında, iklim değişikliğine dayanıklı ulaşım ağları problemi için entegre bir ÇKKV kullanılmışlardır. 3 farklı alternatif ve 12 alt kriter tanımlanarak çalışma gerçekleştirilmiştir. Hamacher Aggregation Operatorü, alternatiflerin kriterlere göre performans değerlerini dikkate alarak, alternatifleri sıralamak için kullanılmıştır. Karar vericilerin değerlendirmelerindeki belirsizliğin daha iyi modelenebilmesi amacıyla Aralık Değerli Fermatean Bulanık Küme (Interval-Valued Fermatean Fuzzy Set - IVFFS) kullanılmıştır. IVFFS ortamında MEREC, RS ve MULTIMOORA olmak üzere 3 ÇKKV yöntemi birleştirilerek, entegre bir yöntem sunulmuştur. Sunulan entegrasyonun uygulanabilirliği ve etkinliği bir vaka çalışması ile test edilmiştir. IVFF-MEREC-RS-MULTIMOORA yönteminin doğruluğunu test etmek için duyarlılık analizi yapılmıştır. Çalışmada elde edilen sonuçlar, IVFF-TOPSIS, IVFF-WSM ve IVFF-WASPAS yöntemlerinden elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır ve önerilen yaklaşımın güçlü yanları ortaya konmuştur.

Mishra vd. [56] çalışmalarında, lityum iyon batarya (LİB) üretim tesisi için uygun lokasyonu seçmeyi amaçlamışlardır. Karar verme görüşlerindeki belirsizliği modelleyebilmek ve hatalı tesis lokasyon değerlendirmelerinden kaçınmak için SVNS'ler kullanılmıştır. İlk olarak, tek değerli nütrozofik bilgileri birleştirmek için, olağanüstü özellikleri ile birlikte bazı Arşimed-Dombi operatörleri geliştirilmiştir. SVN-MEREC ve SVN-SWARA yöntemleri ile 18 kriter nesnel ve öznel ağırlıklandırılmıştır. Ardından lokasyon seçeneklerini önceliklendirmek için DNMA yöntemi kullanılarak belirlenen 6 alternatif sıralanmıştır. SVN-MEREC-SWARA-DNMA yöntemi ile elde edilen sonuçlar SVN-COPRAS, SVN-MULTIMOORA ve SVN-WASPAS yöntemlerinden elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, SVN-MEREC-SWARA-DNMA yönteminin, mevcut yöntemlerden daha güvenilir ve gerçekçi sonuçlar vererek sürdürülebilir enerji kaynağı seçimi gibi karmaşık karar verme süreçlerinde kullanılabileceği görülmüştür. LİB üretim yeri seçimi için dört ana unsur ve on sekiz değerlendirme parametresinden oluşan kapsamlı karar verme yöntemi, üretim süreçlerinin optimizasyonuna yardımcı olmuştur. SVNS temelli üç aşamalı bütünleşik metodoloji, belirsiz koşullar altında en uygun LİB üretim yeri tespitinde kolay ve esnek bir yaklaşım sunmuştur. MEREC-SWARA ağırlıklandırma yöntemi, değerlendirme parametrelerinin en az önyargı ile objektif, sübjektif ve bütünleşik ağırlıklarını belirlemiştir. Geliştirilmiş SVN-DNMA yaklaşımı, LİB üretim yeri alternatiflerini yüksek doğrulukla önceliklendirdiği görülmüştür.

Nicolalde vd. [57] çalışmalarında, ÇKKV yöntemleri kullanılarak bir aracın tavanında kullanılabilecek en iyi malzemeyi seçmeyi amaçlamışlardır. Çalışmada, 5 kriter ve 20 alternatif kullanılmıştır. Kriter ağırlıklandırması için MEREC ve Entropi yöntemleri kullanılarak, alternatifler VIKOR, COPRAS ve TOPSIS yöntemleri ile sıralanmıştır. VIKOR, COPRAS ve TOPSIS yöntemlerinden elde edilen sonuçlar, önerilen yöntemin ürettiği sıralamalarla karşılaştırılmış ve karşılaştırmada, Spearman Korelasyon Katsayısı kullanılmıştır. Çalışmanın sonunda önerilen yöntemin güvenilir sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

Behera vd. [58] çalışmalarında, uygun tedarikçi seçimi problemi için ÇKKV yöntemlerinden faydalanmışlardır. Çalışma kapsamında, 7 kriter ve 5 alternatif dikkate alınmıştır. İlk olarak; Analitik Hiyerarşi Prosesi (Analytic Hierarchy Process - AHP) ve MEREC olmak üzere 2 ÇKKV yöntemi kriterleri ağırlıklandırmak için kullanılmıştır. Ardından PIV ve TOPSIS yöntemleri kullanılarak alternatifler sıralanmış, iki farklı

yöntemden elde edilen sıralamalar karşılaştırılmıştır. Çalışmada farklı ÇKKV yöntemlerinin kullanılması, karar verme sürecini daha kapsamlı ve güvenilir hale getirmiştir. Karşılaştırma sonucunda PIV yönteminin doğru sonuçlar verdiği görülmüştür.

Hezam vd. [59] çalışmalarında, biyoenerji üretim teknolojilerini değerlendirmek ve aralarından en uygun ve sürdürülebilir alternatifi seçmeyi amaçlamışlardır. Bu problemin çözümü için kriter ağırlıklandırmasında MEREC, SWARA ve Ağırlıklandırma Entegre Prosedürü (Weighting Integrated Procedure – MASWIP) kullanılmıştır. Ardından alternatif değerlendirmesi için COPRAS yöntemi kullanılmıştır. 14 kriter ve 6 alternatif ile çalışma gerçekleştirilmiştir. SVN-MASWIP-COPRAS entegre yönteminden elde edilen sonuçların doğruluğunu kanıtlamak için duyarlılık analizi yapılmıştır. SVN-TOPSIS, SVN-WASPAS, SVN-WSM, SVN-WPM, Hesitant Fuzzy Linguistic-ELECTRE (HFL-ELECTRE), IF-SWARA-COPRAS, Trapezoidal Neutrosophic-Decision Making Trial and Evaluation Laboratory-EDAS (TN-DEMATEL-EDAS) yöntemleri ile sonuçlar karşılaştırılmış ve değerlendirilmiştir. SVN-MASWIP-COPRAS yönteminden elde edilen sonuçların tutarlı olduğu görülmüştür. Ayrıca önerilen yöntemin kriter veya alternatif sayısı çok fazla olduğu karmaşık karar verme problemleriyle başa çıkabileceği sonucuna varılmıştır.

Dargahi vd. [60] çalışmalarında, kentsel hizmetlere erişim probleminin çözümü için ÇKKV yöntemlerinden faydalanmışlardır. Çalışmada 14 kriter incelenmiştir. Kriterler MEREC yöntemi kullanarak ağırlıklandırılmış ve ardından belirlenen 10 alternatif MARCOS, COPRAS ve MABAC ÇKKV yöntemleri kullanılarak sıralanmıştır. Bu yöntemlerin her biri farklı sonuçlar verdiği için bunları birleştirmek amacıyla için Ortalama Sıralama (Average Rank - AR), BORDA ve COPELAND yöntemleri kullanılmıştır.

Yu vd. [61] çalışmalarında, uygun deniz rüzgar türbinini seçmek için hibrit bir ÇKKV yöntemi kullanmışlardır. Bu kapsamda, Interval 2-Tuple Linguistic (I2TL) modelini, Güç Ağırlıklı Ortalama (Power Weighted Average - PWA) operatörünü, SWARA II, MEREC, Kümülatif Beklenti Teorisi (Cumulative Prospect Theory - CPT) ve CoCoSo yöntemi entegre edilmiştir. 3 ana kriter, 9 alt kriter ve 4 alternatif belirlenmiştir. İlk olarak, iki aşamalı bir prosedüre dayanarak rüzgar türbini seçimi için daha gerçekçi ve bütünsel bir değerlendirme kriterleri belirlenmiştir. Ardından, uzmanların öznel yargılarını nicel bilgilere dönüştürmek için I2TL değişkenleri kullanılmış ve bireysel değerlendirmeler benzerlik ölçüsüne dayalı PWA operatörü ile birleştirilmiştir. SWARA II ve MEREC yöntemleri ile

entegre edilen bir ağırlıklandırma yöntemi kullanılarak kriter ağırlıkları elde edilmiştir. Sonraki adımda, CPT'ye dayalı CoCoSo yöntemi alternatifleri sıralamak için uygulanmıştır. Çalışmada kullanılan entegre yöntemin uygulanabilirliğini göstermek için gerçek bir vaka çalışması yürütülmüştür. Son olarak, yöntemin geçerliliği ve güvenilirliği duyarlılık ve karşılaştırma analizleri yoluyla incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar CODAS, PROMETHEE, COPRAS, MOORA ve VIKOR'dan elde edilen sonuçlarla karşılaştırmıştır. SWARA II ve MEREC yöntemlerini birleştiren yeni bir entegre ağırlıklandırma yöntemi kullanılarak, hem nicel veriler hem de, uzman görüşleri dikkate alınarak kriterlere daha güvenilir ve gerçekçi ağırlıklar atanmıştır. Duyarlılık ve karşılaştırma analizlerinin sonucunda ise, geliştirilen ÇKKV yönteminin, seçim problemlerini çözmek için etkili ve güvenilir bir yaklaşım olduğu kanıtlanmıştır.

Saraji vd. [62] çalışmalarında, yalın, çevik, esnek ve yeşil tedarik zinciri benimsenmesindeki zorlukları değerlendirmişlerdir. Bu amaçla, zorlukları belirlemek için 15 uzmanın katıldığı bir anket uygulanmıştır. Ardından, SFS'leri MEREC-TOPSIS yöntemlerine entegre ederek, belirlenen zorlukların objektif önem ağırlıkları belirlenmiş ve 5 ilaç şirketinin yalın, çevik, esnek ve yeşil tedarik zinciri benimsenmesi kapsamındaki zorluklarla başa çıkma performansları değerlendirilmiştir. Önerilen yöntemin uygulanabilirliğini ve tutarlılığını değerlendirmek için duyarlılık analizleri yapılmıştır. Önerilen yöntemin ürettiği sonuçlar, SF-WPM, SF-WSM ve SF-WASPAS yöntemlerinden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır ve önerilen yöntemin üstünlüğü kanıtlanmıştır. Karşılaştırma ve duyarlılık analizlerine göre, önerilen SF-MEREC-TOPSIS yönteminin, ÇKKV problemleriyle etkili bir şekilde başa çıkabildiği sonucuna varılmıştır.

Ahmad vd. [63] çalışmalarında, esnek üretim sistemlerinin performansının çeşitli girdi değişkenlerine bağlı olarak değerlendirilmesini amaçlamışlardır. Taguchi'nin L9 ortogonal dizisine göre değişkenlerin farklı kombinasyonları için dokuz model belirlenmiş ve modeller, üç performans ölçütüne göre karşılaştırılmıştır. Seçim sürecinde, entegre MEREC-MARCOS yöntemi kullanılmıştır. Son olarak, çalışmada elde edilen optimal çözüm, doğrulama testi yapılarak doğrulanmıştır.

Yu vd. [64] çalışmalarında, açık deniz rüzgar enerjisi santrali sahası seçimi problemini 6 ana kriter, 23 alt kriter ve 5 alternatif sahayı dikkate alarak çözmüşlerdir. İlk olarak, I2TL ile dilsel bilgiyi işlenebilir hale getirmişler ve bilgilerin kaybolması ve bozulmasını

önlemişlerdir. İkinci olarak, bireysel değerlendirmelerdeki farklılıkların tutarlılık üzerindeki etkisinin ihmal edilmesinden kaynaklanan hataları azaltarak, Benzerlik Toplama Yöntemi (Similarity Aggregation Method – SAM) ile farklı görüşler bir araya getirilmiştir. Ardından, basitleştirilmiş BMW (Simplified BMW – SBWM) ve MEREC yöntemleri entegre edilerek kriterlerin ağırlıkları elde edilmiştir. Sahaların sıralanmasında I2TL-PIV yöntemi kullanılmıştır. Son olarak, önerilen yöntemin uygulanabilirliği Çin'deki bir örnek olay dikkate alınarak gösterilmiş ve duyarlılık analizleri ile yöntemin ürettiği sonuçların tutarlılığı incelenmiştir. Önerilen yöntemden elde edilen sonuçlar, CODAS, VIKOR, COPRAS, İlişkisel Verilerin Organizasyonu ve Sıralaması (Organisation Rangement et Synth`Ese de Donn`Ees Relarionnelles - ORESTE), MABAC, PROMETHEE, TOPSIS ve SAW olmak üzere 8 ÇKKV yöntemiyle karşılaştırmıştır. Çalışma sonunda önerilen yöntemin, hem uzmanların bireysel değerlendirmelerindeki tutarlılığı dikkate alan bir yöntem olması sebebiyle, sıralama sonuçlarında da stabilitenin sağlandığı görülmüştür.

Wang vd. [65] çalışmalarında, endüstri 4.0 çağında yükseköğretim kurumlarının dijital dönüşümü sürecindeki itici güçleri değerlendirmeyi amaçlamışlardır. Çalışmada 5 alternatif ve 27 kriter kullanılmıştır. İlk olarak, uzmanlarla yapılan görüşmeler yoluyla kapsamlı bir anket yapılmıştır. MEREC-SWARA-CoCoSo modelleri temel alınarak q-ROF yöntemi kullanılarak entegre bir ÇKKV yaklaşımı önerilmiştir. Önerilen yaklaşımda, q-ROF-MEREC nesnel ağırlıkları q-ROF-SWARA, öznel ağırlıkları bulmak için kullanılmıştır. q-ROF-CoCoSo yöntemi ile alternatifler değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar q-ROF-WSM, q-ROF-WPM, q-ROF-WASPAS ve q-ROF-COPRAS yöntemleri ile karşılaştırılarak doğrulanmıştır.

2.2. CoCoSo Yöntemine Yönelik Literatür Araştırması

Bu bölümde, literatürde, Kombine Uzlaşma Çözümü (Combined Compromise Solution - CoCoSo) yöntemi kullanılarak yapılan çalışmalara değinilmiş ve bu çalışmalar incelenerek, CoCoSo yönteminin uygulandığı farklı karar problemleri ve yöntemin geliştirilmesi kapsamında gelinen aşama belirlenmiştir.

Yazdani vd. [4] çalışmalarında, alternatif sıralama yöntemi olan CoCoSo yönteminin tanıtımını gerçekleştirmişlerdir. CoCoSo yaklaşımının performansını incelemek için Fransa'daki lojistik ve nakliye şirketlerinin değerlendirilmesinde, 7 alternatif ve 5 kriter

belirlenerek gerçek bir sorun ele alınmıştır. CoCoSo yönteminin sonuçları WASPAS, VIKOR, TOPSIS, CODAS, MOORA, COPRAS ve EDAS yöntemlerinin sonuçları ile Spearman Korelasyonu kullanılarak karşılaştırılmış ve değerlendirilmiştir. Karşılaştırma analizlerinde CoCoSo yönteminin tutarlılığı onaylanmıştır. Sonuçların, diğer ÇKKV yaklaşımlarının sonuçlarıyla benzerliğinin oldukça yüksek olduğu görülmüştür.

Altıntaş [66] çalışmasında, CoCoSo yöntemi ile G7 ülkelerinin en son ve güncel olan 2020 yılı Küresel Bilgi Endeksi (Global Knowledge Index - GKI) bileşenlerine ait değerler üzerinden performanslarını değerlendirmiştir. Çalışmada 7 alternatif ve 7 kriter kullanılarak alternatifler CoCoSo yöntemi ile sıralanmıştır. Bu sıralamanın sonuçları EDAS, TOPSIS ve GIA yöntemlerinden elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Araştırmada ayrıca, ülkelerin bilgi performans (GKI) ve CoCoSo yöntemi kapsamında hesaplanan ülkelerin bilgi performans değerleri EDAS, TOPSIS, GIA yöntemleri ile tespit edilen değerlerle karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmada, Pearson korelasyon katsayısı kullanılmıştır. Bulgulara göre, CoCoSo yönteminin tüm yöntemler ile anlamlı, pozitif yönde ve yüksek seviyede ilişkili sonuçlar ürettiği gözlenmiştir.

Ulutaş vd. [67] çalışmalarında, lojistik merkezi seçimi için kriter ağırlıklandırma F-SWARA ve alternatif sıralamada CoCoSo yöntemleri kullanmıştır. Çalışmada 12 alternatif ve 11 kriter dikkate alınmıştır. CoCoSo yönteminin sonuçları COPRAS, VIKOR, ARAS, MOORA ve MABAC yöntemlerinin sonuçları ile karşılaştırılarak CoCoSo tarafından üretilen sıralamaların güvenilirliği test edilmiştir. Ayrıca kriter ağırlıkları değiştirilerek sonuçlardaki olası değişiklikler değerlendirilmiştir. Spearman korelasyon katsayıları, CoCoSo yönteminden elde edilen sıralama sonuçlarının COPRAS, VIKOR, ARAS, MOORA ve MABAC yöntemlerinden elde edilen sıralama sonuçları ile yüksek düzeyde ilişkili olduğunu göstermiştir. Ayrıca, duyarlılık analizi yapılarak, kriter ağırlıklarındaki değişimlere bağlı olarak, CoCoSo yöntemindeki sıralamaların kısmen değiştiği görülmüştür.

Barua vd. [68] çalışmalarında, farklı hibrit doğal elyaf takviyeli Nano SiC parçacık kompozit malzemelerin mekanik özelliklerini araştırmışlardır. 9 alternatif ve 3 kriterin bulunduğu çalışmada deneyler, Taguchi methoduna göre gerçekleştirilmiştir. Deneysel sonuçların analiz edilmesi ve önemli faktörlerin belirlenmesi için Analysis of Variance (ANOVA) kullanılmıştır. Çalışmada, CoCoSo yöntemi, farklı kompozit malzemelerin mekanik davranışlarının karşılaştırılması için kullanılmıştır. Sadece CoCoSo yöntemi

kullanılarak belirlenen malzeme sıralama sonuçlarının, Taguchi tabanlı CoCoSo yöntemi yaklaşımıyla belirlenen sonuçlara yakın olduğu görülmüştür.

Popovic [69] çalışmasında, ÇKKV yöntemlerinin kullanımı ile personel seçiminde en iyi adayın belirlenmesini amaçlamıştır. Bu amaçla, kriterler ağırlıklarının belirlenmesinde SWARA yöntemi kullanılmış, alternatiflerin sıralanması ise CoCoSo yöntemi ile elde edilmiştir. Çalışma 30 alternatif ve 6 kriter ile gerçekleştirilerek sonuçlar değerlendirilmiştir. Önerilen yaklaşımın, pratikte çalışanlar veya değerlendirme sürecine dahil olan yöneticiler için basit ve anlaşılır nitelikte olduğu görülmüştür. Önerilen yaklaşımın uygulanması, yöneticilerin personel seçim kararlarını etkin bir şekilde vermelerini sağlamıştır. CoCoSo yönteminin, yeni geliştirilmiş olmasına rağmen, oldukça faydalı ve güvenilir olduğunu kanıtlamıştır.

Görçün vd. [70] çalışmalarında, BWM ve CoCoSo yöntemleri kullanarak kentlerin raylı sistem performanslarının karşılaştırmışlardır. BWM yaklaşımı ile karar vericilerin en iyi ve en kötü tercihleri göz önünde bulundurularak kriter ağırlıkları belirlenmiş ve CoCoSo yöntemi ile performanslarına göre alternatiflerin sıralanması gerçekleştirilmiştir. 30 alternatif ve 13 kriter ile gerçekleştirilen bu çalışmada, elde edilen sonuçlar Multi-Attribute Utility Theory (MAUT), MAIRCA ve MABAC yöntemlerinin sonuçları ile karşılaştırılarak sıralama sonuçları arasındaki benzerlikler ve farklılıklar değerlendirilmiştir. Uygulanan bu farklı ÇKKV teknikleri ile önerilen hibrit modelin sıralama sonuçları arasındaki ilişki Spearman korelasyon katsayısına göre değerlendirilmiş ve önerilen yöntemin sunduğu sıralamalar ile diğer yöntemlerin sıralamaları arasında yüksek bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca yapılan duyarlılık analizi sonucunda, önerilen hibrit modelin uygulanabilir ve güvenilir bir yaklaşım olduğu sonucuna varılmıştır.

Turskis vd. [71] çalışmalarında, inşaat alanındaki güçlendirme stratejisi seçim kararlarının etkinliğini artırmayı amaçlamışlardır. Çalışmada CoCoSo yönteminin m-generalized q-neutrosophic sets (mGqNNs) ortamı altında yeni bir uzantısı olan M-generalised q-neutrosophic extension of CoCoSo (CoCoSo-mGqNN) tasarlanmıştır. 9 alternatif ve 5 kriter ile çalışma gerçekleştirilerek sonuçlar değerlendirilmiştir. Önerilen CoCoSo-mGqNN yönteminin farklı türden belirsizlikleri tutarlı bir şekilde ele aldığı görülmüştür.

Midyanti vd. [72] çalışmalarında, Yetimhanelerin seçiminde CoCoSo, ARAS ve VIKOR olmak üzere üç yöntemi karşılaştırmışlardır. 27 alternatif ve 8 kriter ile gerçekleştirilen çalışmada üç yöntemin ürettiği sıralama sonuçları Spearman korelasyonu kullanılarak karşılaştırılmıştır. Çalışmada, kullanılan her yöntemin farklı bir sıralama sunduğu görülmüştür. Spearman korelasyon katsayısı değerleri, VIKOR-CoCoSo arasında çok zayıf, VIKOR-ARAS arasında zayıf ve CoCoSo-ARAS arasında çok zayıf bir korelasyon olduğunu göstermiştir. Bu sonuç, kullanılan yöntemler arasında anlamlı bir ilişki olmadığını ortaya koymuştur.

Peng vd. [73] çalışmalarında, finansal risk değerlendirmesi için ÇKKV yöntemlerinin kullanılmasını amaçlamışlardır. Çalışmada 5 alternatif ve 7 kriter kullanılmıştır. Kriterler objektif ağırlıklandırma yöntemi olan CRITIC ile ağırlıklandırılmıştır. Alternatiflerin sıralanmasında ise, q-rung orthopair fuzzy set (q-ROFS) tabanlı CoCoSo yöntemi kullanılmıştır. Önerilen yöntemin kullanılabilirliğini ve üstünlüğünü doğrulamak için, mevcut bazı ÇKKV yöntemleri kullanılarak değerlendirme yapılmıştır. Çalışmada, hem objektif hem de sübjektif bilgiyi dikkate almak için CRITIC ve linear weighted integrated yöntemine dayalı birleşik ağırlık yöntemi geliştirilmiştir.

Yazdani vd. [74] çalışmalarında, bir inşaat şirketi için tedarikçilerin performansını ölçmek amacıyla CoCoSo-G olarak adlandırılan, gri sayılarla birleştirilmiş CoCoSo yöntemini kullanmışlardır. 10 alternatif ve 7 kriter bulunan çalışmada, tedarikçi değerlendirme kriterlerinin önem düzeyleri DEMATEL ve BWM yöntemleri ile belirlenmiştir. CoCoSo-G yöntemi ise, alternatifleri sıralamak için kullanılmıştır. CoCoSo-G ile elde edilen sonuçlar, COPRAS yöntemiyle elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

Demir vd. [75] çalışmalarında, sürdürülebilir kentsel hareketlilik alternatifi için pratik bir çerçeve sağlamayı amaçlamışlardır. Çalışmada, Ana ve alt kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesinde F-FUCOM yöntemi kullanılmıştır. Alternatifleri sıralamak içinise, F-CoCoSo yöntemi uygulanmıştır. Çalışmada, 5 alternatif ve 23 kriter kullanılarak bulunan sonuçlar değerlendirilmiştir. Önerilen F-FUCOM&F-CoCoSo yönteminin güvenilirliğini belirlemek için F-TOPSIS, F COPRAS, F-ARAS ve F-MOORA yöntemleri ile karşılaştırma yapılmıştır. Ayrıca, elde edilen sıralama sonuçlarının tutarlılıklarını belirlemek için duyarlılık analizi yapılmıştır.

Simic vd. [76] çalışmalarında, ulaşım planlamasını COVID-19 salgınına uyarlamak için entegre Fermatean bulanık yaklaşımı geliştirmişlerdir. Bulanık Fermatean MEREC (Fuzzy Fermatean - FFS-MEREC) yöntemi ile 4 ana kriter ve 17 alt kriter ağırlıklandırılmıştır. Belirlenen 5 alternatif, CoCoSo (Fuzzy Fermatean - FFS-CoCoSo) ile sıralanarak, Bulanık Fermatean TOPSIS (FFS-TOPSIS), Bulanık Fermatean WASPAS (FFS-WASPAS) ve Bulanık Fermatean WPM (FFS-WPM) yöntemleriyle sonuçları açısından karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalı analizi sonucunda, önerilen entegre yöntemin yüksek güvenilirliğe sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, duyarlılık analizi ile önerilen yöntemin tutarlı sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

Dwivedi vd. [77] çalışmalarında, karbürülenmiş çelik için en düşük maliyetle en iyi performansı sağlayan uygun malzemenin seçimini amaçlanmıştır. Çalışmada 6 kriterin ağırlıklandırılması için Shannon entropi yöntemi kullanılarak 7 alternatif CoCoSo yöntemi ile sıralanmış ve değerlendirilmiştir.

Ghasemi vd. [78] çalışmalarında, Tahran'daki kentsel yeşil alanların mekansal dağılım desenini ÇKKV yöntemleri ile analiz etmişlerdir. Çalışmada, 11 alternatif ve 5 kriter dikkate alınmıştır. Uzmanların görüşlerini analiz etmek ve her bir kriterin ağırlığını hesaplamak için Analitik Ağ Süreci (Analytic Network Process - ANP) yöntemi kullanılarak CoCoSo yöntemi ile alternatifler sıralanmış ve değerlendirilmiştir.

Dwivedi vd. [79] çalışmalarında, Birlik bölgelerinin sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin performansını analiz etmek için Shannon Entropi ve CoCoSo yöntemini kullanmışlardır. Kriter ağırlıklarının belirlenmesi için Shannon Entropi yaklaşımı uygulanmış, değerlendirilen birlik bölgelerinin sıralaması için CoCoSo yöntemi kullanılmıştır. 16 kriter ve 8 alternatif bulunan çalışmada sonuç olarak, kullanılan CoCoSo ve Shannon Entropi yöntemlerinin, birlik bölgelerinin sürdürülebilir kalkınma hedeflerini gerçekleştirmedeki performans değerlendirmeleri açısından etkili olduğu görülmüştür.

Xia vd. [80] çalışmalarında, öncelikle sürdürülebilir tarımsal tedarik zinciri finansmanı için bir risk gösterge sistemi oluşturmayı amaçlamışlardır. Çalışmada, 7 alternatif finansman stratejisi ve 26 kriter belirlenerek Neutrosophic Gelişmiş En İyi-Kötü Yöntemi (Neutrosophic Enhanced Best–Worst Method - NE-BWM) ve CoCoSo yöntemlerinin bir entegrasyonu kullanılmıştır. Sonuçlar, TOPSIS yönteminin sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

Sonuç olarak, NE-BWM-CoCoSo yöntemi, orijinal TOPSIS yöntemi ile karşılaştırıldığında, NE-BWM-CoCoSo yönteminin daha ayrıştırıcı sonuçlar ürettiği görülmüştür. Başka bir deyişle, NE-BWM-CoCoSo yöntemi, sıralamalar arasındaki farkları TOPSIS yönteminden daha iyi ortaya koymuştur. Bunun nedeni, NE-BWM-CoCoSo yönteminin üç toplama stratejisi kullanırken, TOPSIS yönteminin yalnızca bir toplama stratejisine sahip olmasıdır. Bu nedenle, NE-BWM-CoCoSo yönteminin sıralama sonuçlarının daha net ve daha güvenilir olduğu görülmüştür.

Wei vd. [81] çalışmalarında, yeşil tedarikçileri değerlendirmek için CoCoSo ve FFS'ye dayanan entegre bir ÇKKV yaklaşımı kullanılmışlardır. Kriterlerin öznel ve nesnel ağırlıkları sırasıyla BWM ve Entropi yöntemleriyle hesaplanmıştır. CoCoSo ve BWM-Entropy'yi temel alan ÇKKV yöntemi ile yeşil tedarikçi alternatifleri sıralanmıştır. Çalışmada, 6 alternatif ve 5 kriter kullanılmıştır. Önerilen metodolojinin etkinliğini ve uygulanabilirliğini değerlendirmek için farklı Fermatean bulanık karar yaklaşımlarıyla bir karşılaştırma yapılmıştır. FF-TOPSIS, FF-WASPAS, FF-WPM, FF-VIKOR, FF-ARAS ve FF-SAW yöntemleri ile önerilen yaklaşımın sonuçları karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Karşılaştırma sonuçları, önerilen yöntemin uzmanların en tatmin edici tedarikçiyi seçebilmeleri konusunda etkili olduğunu göstermiştir.

Basset vd. [82] çalışmalarında, ağ güvenliği iletişimi kapsamında izinsiz giriş tespit sistemlerinin değerlendirilmesini amaçlamışlardır. Çalışmada, uzman değerlendirmelerindeki belirsizliği modellemek için q-rung orthopair fuzzy sets (q-ROFS) ve q-rung orthopair fuzzy numbers (q-ROFN) kullanılmıştır. Ayrıca, uzman görüşlerinin birleştirilmesi amacıyla q-rung orthopair fuzzy weighted geometric (q-ROFWG) mean operatörü kullanılmıştır. Kriterlerin ağırlıklarını belirlemek için q-ROF Entropi yöntemi uygulanmıştır. Ardından, 6 alternatifi değerlendirmek için q-ROF-CoCoSo yöntemi uygulanmıştır. Önerilen yaklaşımın tutarlılığını doğrulamak için bulanık AHP-TOPSIS yaklaşımlarıyla karşılaştırma yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar, önerilen yöntemin uygulanabilir ve etkin olduğunu doğrulamıştır.

Thanh [83] çalışmasında, Vietnam'daki katı atıktan enerji üretim tesisi konumunu değerlendirmek ve seçmek için bulanık bir ÇKKV modeli kullanılmıştır. Belirlenen 15 kriterin göreceli ağırlığını analiz etmek için Fuzzy Analytic Hierarchy Process (F-AHP) yöntemi kullanılmıştır. Belirlenen 5 alternatifi sıralamak için ise CoCoSo modeli

kullanılarak sonuçlar değerlendirilmiştir. Son olarak, önerilen modelin güvenilir olduğu duyarlılık analizi ile gösterilmiştir.

Wang vd. [84] çalışmalarında, karayolu ulaşım sistemlerinin sürdürülebilir gelişimini değerlendirmeyi ve karşılaştırmayı amaçlamışlardır. 14 alternatif ve 12 kriter belirlenerek entegre bir yöntem olan Entropi-CoCoSo yöntemi kullanılmıştır. Entropi yöntemi ile karar kriterlerinin ağırlığı tanımlanmıştır. Alternatifler ise CoCoSo yöntemi ile sıralanarak karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, duyarlılık analizi ile önerilen modelin güvenilirliği ve etkinliği kanıtlanmıştır.

Wang vd. [85] çalışmalarında, kimya sektöründe sürdürülebilirlik performanslarına göre olası tedarikçilerin seçilmesini amaçlamışlardır. Çalışma 5 alternatif ve 15 kriter ile gerçekleştirilmiştir. Kriter ağırlıklarını belirlemek için SF-AHP yöntemi kullanılmıştır. Tedarikçi seçiminde için ise CoCoSo yöntemi kullanılmıştır. Entegre Küresel Bulanık AHP (Spherical Fuzzy-AHP - SF-AHP) ve CoCoSo modeli ile elde edilen sonuçları kontrol etmek için 6 farklı ÇKKV alternatif sıralama yöntemi dikkate alınmıştır. Önerilen yöntemden elde edilen sonuçlar MABAC, WASPAS, EDAS, ARAS, MARCOS, SAW yöntemleri ile elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Tüm karşılaştırma yöntemlerinin benzer bir sıralama sağladığı ve önerilen yöntemle elde edilen sonucun doğrulandığı görülmüştür. Duyarlılık analizi ile önerilen modelin güvenilirliğini ve etkinliği kanıtlanmıştır.

Ali vd. [86] çalışmalarında, Teknoloji 4.0 odaklı depolama uygulamalarını ve performansını incelemişlerdir. Çalışmada uzmanların görüşlerini değerlendirmek için two-fold fuzzy Delphi yöntemi kullanılmıştır. 9 kriterin ağırlıklarının uzmanların görüşlerine göre belirlenmesi için BWM yöntemi kullanıştır. Belirlenen 13 alternatif, CoCoSo yöntemi ile değerlendirilmiştir. Duyarlılık analizi ile önerilen yöntemin istenen sonuçları elde etmek için güvenilir, sağlam ve tutarlı olduğu sonucuna varılmıştır.

Shaaban vd. [87] çalışmalarında, Statik değişken kompensatör ve güç sistemi stabilizatörlerinin parametrelerini optimize etmek için ÇKKV yöntemlerinden faydalanmışlardır. Bu optimizasyon için Benzerlik Üyelik Fonksiyonu Azaltma Algoritması (Similarity Membership Function Reduction Algorithm - SMFRA), REC ve CoCoSo yöntemleri entegre edilmiştir. Çalışmada 30 alternatif ve 10 kriter kullanılmıştır. Önerilen

yöntem ile elde edilen sonuçlar WASPAS, CODAS, EDAS ve TOPSIS yöntemleri ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. önerilen SMFRA yönteminin sonuçları, diğer yerleşik ÇKKV yöntemlerinin sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonuçları ile önerilen yöntemin tutarlı olduğu görülmüştür. Çalışmada, kriterlerin sayısının azalmasının sıralama üzerindeki etkisini araştırmak için farklı kriter setleri kullanılmıştır. Sonuç olarak, kriterlerin sayısının azalmasının sıralama üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığı görülmüştür. Ayrıca farklı kriter ağırlıklandırma yöntemleri kullanılarak elde edilen kriter ağırlıklarının alternatif sıralaması üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, kullanılan kriter ağırlıklandırma yöntemlerinin sıralamalar üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu görülmüştür. Duyarlılık analizi sonuçları ile önerilen yöntemin tutarlı ve güvenilir bir yöntem olduğunu görülmüştür.

Wang vd. [88] çalışmalarında, atık giyim geri dönüşümünün etkinliğini ve sürdürülebilirliğini artırmak için ÇKKV yöntemi kullanmışlardır. Çalışmada 5 alternatif ve 6 kriter kullanılmıştır. Pythagorean Fuzzy CoCoSo yöntemi atık giyim geri dönüşüm kanalı seçim probleminde en uygun atık giyim geri dönüşüm kanalını seçmek için kullanılmıştır. Önerilen yöntem ile elde edilen sonuçlar TOPSIS, WASPAS, MULTIMOORA, CoCoSo ve VIKOR ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmış. Duyarlılık analizi ve karşılaştırmalı çalışma ile yöntemin tutarlı olduğu görülmüştür.

Thanh vd. [89] çalışmalarında, gıda endüstrisinde tedarikçi seçimi amacıyla ÇKKV yöntemlerinden faydalanmışlardır. 10 alternatif ve 12 kriterin bulunduğu çalışmada F-AHP yöntemi ve CoCoSo yöntemleri kullanılarak tedarikçi seçimi için entegre bir yöntem geliştirilmiştir. Sonuç olarak F-AHP ve CoCoSo yöntemlerinin birlikte kullanılması yöntemin güvenilir ve tutarlı olduğunu göstermiştir.

Stanujkic vd. [90] çalışmalarında, Simple WISP ve farklı ÇKKV yöntemlerinin karşılaştırmasını gerçekleştirmişlerdir. Karşılaştırma, literatürden alınan gerçek bir karar verme problemi üzerinde yapılmıştır. Simple WISP yöntemi ile elde edilen sonuçlar, TOPSIS, SAW, ARAS, WASPAS ve CoCoSo yöntemleri ile elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, önerilen WISP yöntemi ile WASPAS, ARAS, SAW ve TOPSIS yöntemleri arasında yüksek bir benzerlik olduğu görülmüştür.

Majidi vd. [91] çalışmalarında, İran'ın 5 önemli limanını ele alarak bu limanların sürdürülebilirliğini incelemişlerdir. Bu 5 alternatif için 20 kriter belirlenerek kriterler SWARA yöntemi ile ağırlıklandırılmıştır. Ardından alternatif sıralaması CoCoSo, MARCOS ve TOPSIS ile gerçekleştirilerek elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Duyarlılık analizi ile belirsiz koşullarda elde edilen çözümün tutarlı olduğu görülmüştür.

Banihashemi vd. [92] çalışmalarında, bir inşaat proje süresini, maliyetini ve çevresel etkilerini en aza indirmeyi amaçlamışlardır. Çalışmada 5 alternatif ve 16 kriter kullanılmıştır. Çevresel etkileri araştırmak için Leopold matrisi yöntemi kullanılmıştır. Proje faaliyetlerinin çevresel etkileri belirlendikten sonra, zaman ve maliyet kriterleri de dikkate alınarak, CoCoSo yöntemi ile en iyi proje uygulama yöntemi seçilmiştir.

Baczkiwicz vd. [93] çalışmalarında, bir tüketici karar destek sisteminin ana bileşeni olarak, verilen alternatifler arasından en uygun ürünlerin seçilmesi için ÇKKV yöntemleri kullanmışlardır. Çalışmada belirlenen 12 kriterin ağırlıklandırılması CRITIC yöntemi ile yapılmıştır. Belirlenen 20 alternatif sıralaması için ise TOPSIS-COMET yöntemi ile yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar CoCoSo, EDAS, MAIRCA ve MABAC ile karşılaştırılmıştır. Tüm alternatif sıralama yöntemleri CRITIC ağırlıklandırma yöntemi ile birleştirilmiştir. Bu ÇKKV yöntemleri ile elde edilen sıralamalar arasındaki uyumu belirlemek için r_w ve W_S korelasyon katsayılarını içeren bir duyarlılık analizi yapılmıştır. Tüm alternatifler için sıralama korelasyonları araştırıldığında farklı sonuçlar elde edilmiştir. Tüm set için en düşük korelasyon değerleri, EDAS yöntemi ile elde edilen sonuçlarda gözlenmiştir. Kullanılan ÇKKV yöntemlerinin sıralamaları Copeland stratejisi ile entegre edilmiştir, Böylece uygulanan ÇKKV yöntemlerinin güvenilir bir alternatif sıralama oluşturduğu görülmüştür.

Rani vd. [94] çalışmalarında, yenilenebilir enerji kaynağı seçimi problemi için SWARA ve CoCoSo yöntemlerine dayalı entegre bir yöntem kullanmayı amaçlamışlardır. Önerilen yaklaşımda, kriter ağırlıkları SWARA metodu ile belirlenerek ve en uygun yenilenebilir enerji kaynağı alternatifi SVN-CoCoSo ile belirlenmiştir. Çalışmada 4 alternatif ve 10 kriter kullanılmıştır. Elde edilen sıralama sonuçları SVN-TOPSIS, SVN-VIKOR ve SVN-WASPAS yöntemleri ile elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak , geliştirilen yöntemin tutarlılığı, önceki yöntemlerle karşılaştırma ve duyarlılık analizi yapılarak kanıtlanmıştır.

Kieu vd. [95] çalışmalarında, tarımsal tedarik zincirinin verimliliğini artırmak için bir dağıtım merkezi konum seçimi yapmayı amaçlamışlardır. Önerilen model daha sonra, Vietnamlı Mekong Deltasında yetişen tatlı patates ürününün sayısal vaka çalışmasına uygulanmıştır. Çalışmada 12 alternatif SF-AHP yöntemi ile ağırlıklandırılmıştır. 5 kriter ise CoCoSo yöntemi ile sıralanmıştır. Karşılaştırma analizi ile CoCoSo yönteminin tutarlılığı kanıtlanmıştır.

Mishra vd. [96] çalışmalarında, en uygun sürdürülebilir üçüncü taraf tersine lojistik sağlayıcısını seçmek için CoCoSo yöntemine dayalı hibrit bir yaklaşım sunmuşlardır. Çalışmada öncelikle karar vericiler, her kriter için HFS'ler kullanarak belirsiz veya tutarsız bilgi ve niteliksel verileri ifade etmiştir. Daha sonra, her kriter için ağırlıklar hesaplanmıştır. Ardından CoCoSo yaklaşımı kullanılarak alternatifler sıralanmıştır. 6 alternatif ve 13 kriter ile gerçekleştirilen çalışmada HF-CoCoSo yöntemi ile elde edilen sonuçlar HF-TOPSIS ve HF-COPRAS yöntemleri ile elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır.

Stanujkic vd. [97] çalışmalarında, Avrupa Birliği ülkelerinin sürdürülebilir kalkınma hedeflerine göre konumunu tanımlamak için ÇKKV yöntemleri uygulamışlardır. 27 alternatif ve 17 kriter bulunan çalışmada alternatif sıralaması CoCoSo yöntemi yapılmıştır. Kriter ağırlıklandırması ise Shannon Entropy yöntemleri ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar WASPAS ve SAW methoduyla elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada elde edilen sonuçların diğer araştırmacıların sonuçlarıyla benzerlik göstermesi, kullanılan yöntemin uygunluğunu ve elde edilen verilerin doğruluğunu kanıtlamıştır. Diğer kanıtlanmış ÇKKV yöntemleriyle karşılaştırma yapılması ile önerilen yöntemin güvenilir olduğu görülmüştür.

Zolfani vd. [98] çalışmalarında, CRITIC ve Grey Based-CoCoSo (CoCoSo-G) yöntemleri kullanılarak COVID-19 hastaları için geçici bir hastane konum seçimi önerilmişlerdir. Önerilen ÇKKV yöntemi İstanbul için kullanılarak bir vaka çalışması yapılmıştır. Çalışmada 5 alternatif ve 10 kriter bulunmaktadır. CoCoSo-G yöntemi ile alternatifler sıralanmıştır.

Erceg vd. [99] çalışmalarında, depolama sistemindeki stok yönetimi için ABC yönteminin FUCOM ve CoCoSo ile entegrasyonunu (ABC-FUCOM-Interval Rough-CoCoSo) içeren bir yöntem kullanmışlardır. Çalışma 23 alternatif ve 9 kriter ile

gerçekleştirilmiştir. ABC yöntemi ile ürünler önemlerine göre üç kategoriye ayrılmıştır. FUCOM yöntemi ile kriterler ağırlıklandırılmıştır. Interval Rough Number-CoCoSo (IRN-CoCoSo) yöntemi her ürün kategorisi için en uygun tedarikçileri belirlemek için kullanılmıştır. Duyarlılık analizi ile elde edilen sonuçların tutarlı olduğu görülmüştür. Spearman korelasyon katsayısı hesaplanarak ve sıralamalar arasında çok yüksek bir korelasyon olduğu görülmüştür. IRN-CoCoSo ile elde edilen sonuçlar IRN-WASPAS, IRN-MABAC ve IRN-MAIRCA yöntemleri ile elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılarak önerilen yöntem doğrulanmıştır.

Wen vd. [100] çalışmalarında, ilaç soğuk zinciri lojistik tedarikçilerini seçmek, ilaçların kalitesini sağlamak ve taşıma ve depolama risklerini azaltmak için ÇKKV yöntemleri kullanmışlardır. SWARA ve CoCoSo yöntemlerinin Probabilistic Linguistic (PL) ortamında birleştirilmesine dayalı entegre bir yöntem önerilmiştir. 6 alternatif ve 8 kriter belirlenmiştir. PL-SWARA yöntemi ile kriterler ağırlıklandırılmıştır. PL-CoCoSo yöntemi ile alternatifler sıralanmıştır. PL-CoCoSo yöntemi ile CoCoSo, HFL-CoCoSo ve PL-MULTIMOORA sonuçları karşılaştırılmıştır. HFL-CoCoSo yöntemiyle elde edilen sıralama sonuçları PL-CoCoSo yöntemiyle elde edilen sonuçlarla aynı olduğu görülmüştür.

Ersoy [101] çalışmasında, Normalizasyon tekniklerinin farklı senaryolar altında CoCoSo yöntemi sonuçları üzerindeki etkisini ortaya koymayı amaçlamıştır. ÇKKV sonuçları üzerinde normalizasyon tekniklerinin etkisi incelenmiştir. Bu inceleme için 6 alternatif ve 6 kriter içeren 7 farklı veri seti oluşturulmuştur. Oluşturulan 7 farklı veri setine 6 farklı normalizasyon tekniği uygulanmış ve sonuçlar korelasyon analizine tabi tutulmuştur. Çalışmada farklı normalizasyon tekniklerinin CoCoSo yöntemi için uygunluğu test edilmiştir. Korelasyon analizi sonuçlarına göre, altı farklı normalizasyon tekniği ile elde edilen değerler arasında yüksek pozitif korelasyon tespit edilmiştir.

Lou vd. [102] çalışmalarında, karmaşık kamuoyu ortamlarında bilgi risklerinin yayılmasını değerlendirmek için ÇKKV yöntemlerinden faydalanmışlardır. Gri İlişkisel Analiz-DEMATEL (Grey Relational Analysis-DEMATEL - GRA-DEMATEL) yöntemi kriterler nesnel ağırlıklarını belirlemek için kullanılmıştır. Ardından kriterlerin öznel ağırlıklarını belirlemek için Delphi yöntemi kullanılmıştır. Bir ağırlık sentezi operatörü kullanılarak, kriterlerin öznel ve nesnel ağırlıkları birleştirilmiş ve nihai kriter ağırlıkları elde edilmiştir. Alternatifleri sıralamak için ise CoCoSo yöntemi kullanılmıştır. Çalışma 5 kriter

ve 5 alternatif ile gerçekleştirilerek sonuçlar değerlendirilmiştir. Önerilen yöntemin, duyarlılık analizi ile önerilen yöntemin tutarlılığı görülmüştür.

Abdelkader vd. [103] çalışmalarında, kamu özel ortaklık projelerinde en iyi özel ortakların seçim amacıyla entegre bir ÇKKV yöntemi kullanmışlardır. Çalışmada 20 alternatif ve 5 kriter bulunmaktadır. Kriterlerinin ağırlıklandırılması için FANP kullanılmıştır. Alternatifleri sıralamak için ise CoCoSo, WISP, MARCOS, CODAS, WASPAS, TOPSIS olmak üzere 6 farklı yöntemden yararlanılmıştır. 7 ÇKKV yönteminden elde edilen sıralamaları birleştirmek için Copeland algoritması kullanılmıştır. Copeland yöntemi ile bir alternatifin diğer alternatiflere göre göreceli üstünlüğünü ölçmek amaçlanmıştır. Copeland yöntemi kullanılarak elde edilen sıralama, diğer yöntemlerden elde edilen sıralamalarla karşılaştırılmıştır. 4 gerçek dünya vakası analizi ile önerilen yöntemin tutarlı olduğu görülmüştür.

Li vd. [104] çalışmalarında, risk değerlendirme sorunlarında insan bilişsel bilgilerini ele almak için Pisagor Bulanık Küme (Pythagorean Fuzzy Set - PFS) ve CoCoSo yöntemlerini entegre etmişlerdir. Önerilen yöntem ile bir sağlık hizmetleri atığı tehlike değerlendirme vakası kullanılarak risk değerlendirme sorunları ele alınmıştır. Elde edilen sonuçlar, tipik Risk Öncelik Numarası (Risk Priority Number - RPN) yaklaşımı, IFS yöntemi, PFS yöntemi ve CoCoSo yöntemi ile karşılaştırılmıştır.

Karami vd. [105] çalışmalarında, inşaat projelerinde müteahhit seçimi için Aralık Değerli Bulanık SWARA (Interval-Valued Fuzzy-SWARA - IVF-SWARA) ve IVF-CoCoSo olmak üzere iki ÇKKV yöntemi kullanmışlardır. Çalışmada 5 kriter ve 6 alternatif ele alınmıştır. IVF-SWARA yöntemi ile kriterler ağırlıklandırılmıştır. IVF-CoCoSo yöntemi ile alternatifler sıralanmıştır. Yapılan hassasiyet analizi ile önerilen yöntemlerin tutarlı ve güvenilir olduğu görülmüştür.

Rong vd. [106] çalışmalarında, Offshore rüzgar tarlası sahasının seçimi için entegre bir ÇKKV yöntemi kullanmışlardır. Belirlenen 10 kriterin nesnel ve öznel ağırlıklarının belirlenmesi için Resimli Bulanık-Tercih Seçim İndeksi (Picture Fuzzy - Preference Selection Index - PF-PSI) ve PF-SWARA yöntemleri kullanılmıştır. 5 alternatifin sıralaması ise CoCoSo yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. PF-PSI-SWARA-CoCoSo entegre yöntemi ile elde edilen sonuçlar PF-WASPAS, PF-COPRAS ve PF-CoCoSo yöntemleri ile elde edilen

sonuçlarda karşılaştırılmıştır. Önerilen yöntemin tutarlılığı parametre analizi ve karşılaştırmalı bir çalışma içeren deney analizi görülmüştür.

Barrios vd. [107] çalışmalarında, acil servislerin performansını değerlendirmek ve iyileştirmek için hibrit bir Fuzzy ÇKKV yöntemi sunmuşlardır. 8 ana kriter olmak üzere 35 alt kriter ve 6 alternatif ile çalışma gerçekleştirilmiştir. Kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesinde IF-AHP ve IF-DEMATEL yöntemleri birleşik olarak kullanılmıştır. Ardından alternatifleri sıralamak için CoCoSo yöntemi kullanılmış ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Chang vd. [108] çalışmalarında, geleneksel tedarikçi seçim yöntemlerinin sınırlamalarının üstesinden gelerek, değerlendirme kriterlerinin öznel ve objektif ağırlıklarını dikkate alarak doğru bir tedarikçi sıralaması gerçekleştirmeyi amaçlamışlardır. Bu amaçla kriterlerin hem öznel hem nesnel değerlendirebilmek için kriter ağırlıklandırma yöntemi olarak SWARA ve 2-tuple linguistic representation yöntemlerinin bir kombinasyonu kullanılmıştır. Çalışmada 5 kriter ve 5 alternatif kullanılmıştır. Alternatif sıralaması CoCoSo yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar SAW, entropi objektif ağırlıklandırma ve Typical CoCoSo yöntemleri ile karşılaştırılmıştır.

Wang vd. [109] çalışmalarında, acil durumlarda üretim ortamlarında akıllı teknolojilerin önceliklendirilmesi amacıyla ÇKKV yöntemlerinden faydalanmışlardır. 7 alternatif ve 10 kriter kullanılmıştır. Kriter ağırlıklarını belirlemek için SF-DEMATEL yöntemi kullanılmıştır. Ardından alternatif sıralaması için R-SF CoCoSo yöntemi kullanılmıştır. R-SF CoCoSo yöntemi ile elde edilen sonuçlar SF-TOPSIS ve SF-EDAS yöntemleri ile elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılarak sonuçlar değerlendirilmiştir. R-SF CoCoSo yöntemi ile SF EDAS yönteminin sonuçlar açısından oldukça benzer olduğu görülmüştür.

Xu vd. [110] çalışmalarında, geleneksel Kalite Fonksiyon Göçerimi (Quality Function Deployment - QFD) ile ilişkili eksiklikleri gidermek için SFS ve CoCoSo yöntemine dayalı yeni bir QFD yaklaşımı önermeyi amaçlamışlardır. 8 kriter ve 11 alternatif ile çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, uzmanlar tarafından sağlanan müşteri gereksinimleri ile mühendislik özellikleri arasındaki dilsel ilişki değerlendirmeleri SFS'ler tarafından tanımlanmış, müşteri gereksinimlerinin ağırlıkları DEMATEL yöntemiyle elde edilmiştir.

Mühendislik özelliklerinin önem sırası sıralamaları CoCoSo yöntemi ile belirlenerek sonuçlar değerlendirilmiştir. Karşılaştırma analizi ile, SFS ve CoCoSo yöntemine dayalı olarak önerilen QFD yaklaşımın tutarlı ve güvenilir olduğu sonucuna varılmıştır.

Le vd. [111] çalışmalarında, Malezya'da doğrudan kullanım jeotermal enerji konumu için konumları önceliklendirmek üzere 3 aşamalı bir ÇKKV yöntemi kullanmışlardır. İlk olarak, önerilen konumlar için fizibilite çalışması yapılmıştır. İkinci olarak, konumlar nicel göstergelere dayalı Veri Zarflama Analizi (Data Envelopment Analysis - DEA) modeli kullanılarak verimlilik açısından değerlendirilmiştir. Son olarak, SF-AHP ve SF-CoCoSo yöntemleri yüksek verimli konumlar sıralanmıştır. 3 ana kriter olmak üzere 12 alt kriter ve 24 alternatif ile çalışma gerçekleştirilmiştir ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

Pala [112] çalışmasında, ülkelerin sosyal ilerleme açısından kümeleme yapısını sunmayı ve üye devletleri ÇKKV yöntemleri ile değerlendirmeyi amaçlamıştır. İlk olarak, sosyal ilerleme açısından benzer olan AB üye devletlerini gruplamak için k-means algoritması kullanılmıştır. Ardından, Kriter Öneminin Logaritmik Ayrıştırılması (Logarithmic Decomposition of Criteria Importance - LODECI) yöntemi ile kriter ağırlıkları değerlendirilmiştir. Son olarak, üye ülkeleri sıralamak için CoCoSo-L kullanılmıştır. Sonuçlar, CoCoSo-L yönteminin uygun olduğunu göstermiştir.

3. UYGULAMA

3.1. Firma Tanımı

Tez kapsamında ele alınan buharlı sterilizatör üretimi yapan firma 1968 yılında Ankara’da kurularak 1976 yılında üretime başlamıştır. Firma laboratuvar ve sterilizasyon cihazları üretmektedir ve 100’den fazla ülkeye ihracat yapmaktadır. Fabrika bünyesinde son teknoloji ile donatılmış, talaşlı imalat bölümü, montaj hatları, boyahane, kalite kontrol laboratuvarı, ar-ge bölümü bulunmakta ve yaklaşık 200 personel çalışmaktadır. İlgili firma, laboratuvar ve sterilizasyon cihazları ile pazarda liderliğini korumayı ve yıllar içerisinde büyümeye devam etmeyi amaçlamaktadır. Kendi bünyesinde tasarlanan ve geliştirilmeye devam eden cihaz projeleri ile kullanıcıların isteklerini karşılamaya çalışmaktadır.

3.2. Problemin Tanımı

Hastanelerin sterilizasyon üniteleri, ameliyathaneler, diş hekimliği, ilaç ya da implant gibi tıbbi cihaz üretimi yapılan alanlarda kullanılan buharlı sterilizatörlerin seçiminde, doğru kararlar almak insan sağlığı açısından önem taşımaktadır. Gelişen teknoloji ile buharlı sterilizatör üreticileri, üstün özelliklere sahip buharlı sterilizatör tasarlama çabası içerisinde. Söz konusu arayışa ilişkin çözüm ise, günümüz teknolojisi ile üretilen buharlı sterilizatörlerin özellikleri bakımından karşılaştırılarak en iyi teknolojiye sahip olanı bulmak ve daha yüksek performanslı buharlı sterilizatörün hangi özellikleri taşıması gerektiğine karar vermektir. Bu nedenle, ÇKKV yaklaşımı, çok sayıda kriteri ve alternatifi değerlendirmek için buharlı sterilizatör seçiminde tercih edilmesi faydalı olan bir yaklaşımdır.

Bu çalışmada, hastanelerin sterilizasyon ünitelerinde kullanılan aynı amaca uygun ve benzer teknik özelliklere sahip 7 büyük kapasiteli buharlı sterilizatör modeli, karar verici ekip tarafından belirlenen 7 ortak kriterle göre değerlendirilmiştir. Bu ortak kriterler, müşteri beklentilerinden ve satış ekibine gelen veriler doğrultusunda tasarım ekibince değerlendirilerek belirlenmiştir. Üç uzman karar verici tarafından belirlenen bu kriterler şunlardır: Cihaz Kapasitesi, Hazır Program Sayısı, Özel Program Sayısı, Özel Program Sterilizasyon Süresi, Özel Program Sıcaklık Aralığı, Kurulu Güç ve Kayıt Hafızası.

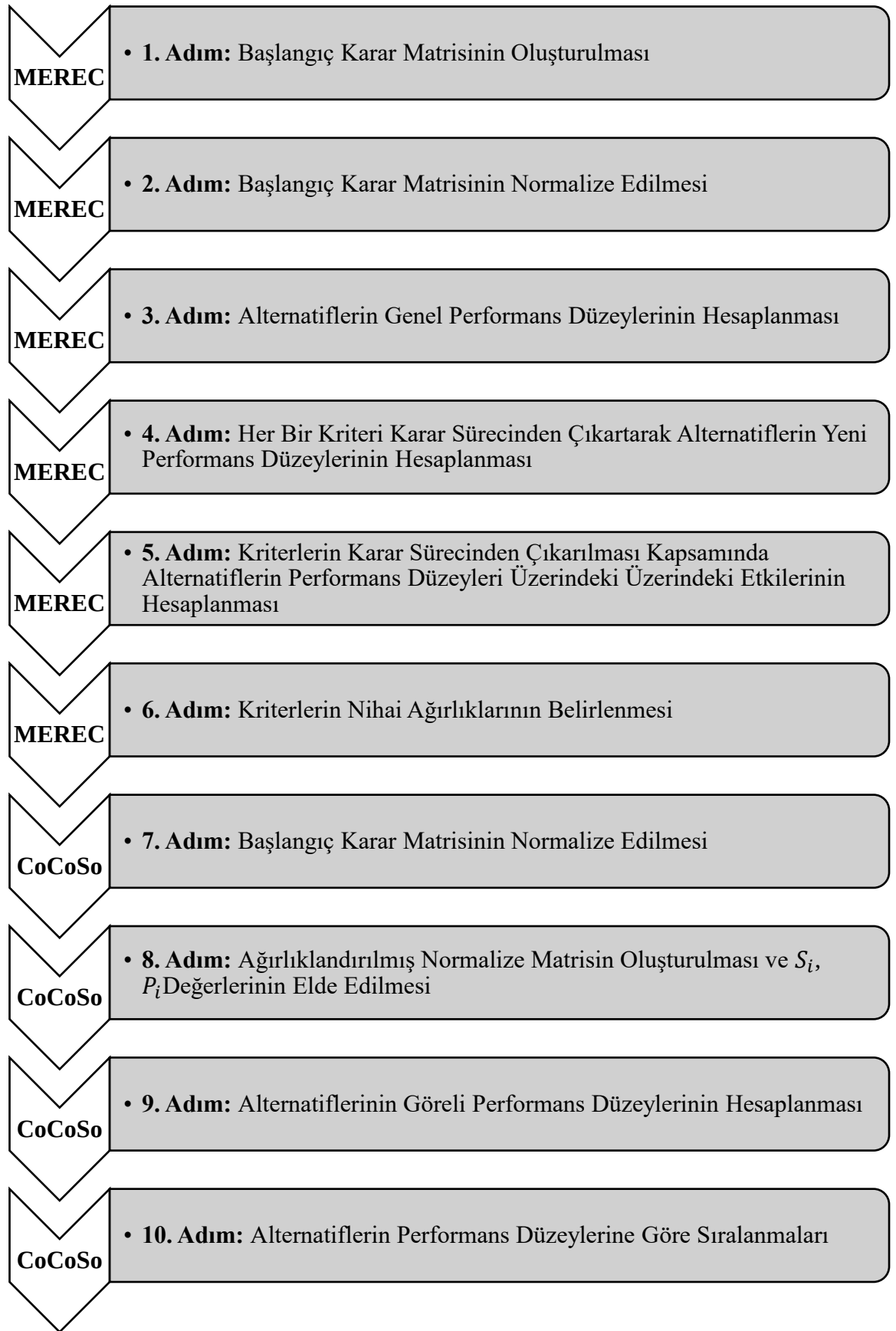
Seçilen tüm büyük kapasiteli buharlı sterilizatör alternatifleri belirli bir standartta benzer teknik özelliklere sahiptir. Seçilen buharlı sterilizatörler u özellikler ile sterilizasyon işlemelerinde yüksek performans ve güvenilirlik sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Cihazların kapasiteleri, program sayıları ve diğer teknik özellikler, genellikle benzer aralıklarda olup, kk farklılıklar göstermektedir. Bu durum, alternatiflerin genel olarak benzer nitelikte cihazlar olduklarını ve seçimin ince kriter farklılıklarına dayanarak yapılabileceğini göstermektedir.

En yüksek performanslı buharlı sterilizatörün belirlenmesi problemi, ÇKKV yapısına sahip bir problem olduğu için çalışmada, yeni nesil ÇKKV yöntemlerinden biri olan MEREC ile kriterlerin ağırlıkları hesaplanmış ve CoCoSo yöntemi ile buharlı sterilizatör alternatifleri sıralanmıştır. MEREC yöntemi, her bir kriterin karar üzerindeki etkisini minimum düzeye indirgeyerek kriter ağırlıklarını belirlerken, CoCoSo yöntemi, bu ağırlıkları kullanarak en uygun buharlı sterilizatör modelini seçmeye yardımcı olmuştur.

Bu yaklaşımlar sayesinde, karar vericiler hem objektif hem de sistematik bir şekilde buharlı sterilizatör seçiminde en uygun kararı verebilmişlerdir. Sonuç olarak, ÇKKV yöntemlerinin uygulanması, hastanelerde kullanılan buharlı sterilizatörlerin performansını artırmak ve dolayısıyla insan sağlığını koruma açısından büyük bir önem taşımaktadır.

3.3. Önerilen MEREC-CoCoSo Entegrasyonu

Çalışmada nerilen MEREC-CoCoSo entegrasyonunu uygulama adımlarına ait akış şeması aşağıdaki şekil 3.1.'de verilmiştir.



Şekil 3.1. MEREC-CoCoSo entegrasyonu uygulama adımları

Birinci aşama: MEREC yöntemi ile kriter ağırlıklarının belirlenmesi

Adım 1: Başlangıç Karar Matrisinin Oluşturulması

Bu adımda, her bir alternatifin her bir kritere ilişkin aldığı değerleri gösteren bir başlangıç karar matrisi $[X]$ oluşturulur. $[X]$ 'in her bir elemanı x_{ij} ile gösterilir ve bu elemanların MEREC yöntemine göre sıfırdan büyük olması gerekir ($x_{ij} > 0$). $[X]$ 'te negatif değerler varsa, uygun bir yöntem kullanılarak pozitif değerlere dönüştürülmelidir. n alternatif ve m kriterin olduğu bir başlangıç karar matrisi $[X]$ ile tanımlanır ve Eşitlik (3.1)'deki gibi gösterilir.

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix}; i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad (3.1.)$$

Adım 2: Başlangıç Karar Matrisinin Normalize Edilmesi

Bu adımda, $[X]$ içerisindeki farklı birimlerle ifade edilen değerleri ölçeklendirmek için basit doğrusal normalizasyon kullanılır. Normalize matris olan $[N]$ 'nin elemanları n_{ij} ile gösterilir. B , fayda türü kriterler kümesini ve H ise maliyet türü kriterler kümesini temsil eder. Normalizasyon amacıyla aşağıda yer alan Eşitlik (3.2) fayda ve maliyet türü kriterler için kullanılır.

$$n_{ij} = \begin{cases} \frac{\min x_{ij}}{x_{ij}}, (j \in B) \\ \frac{x_{ij}}{\max x_{ij}}, (j \in H) \end{cases} \quad (3.2)$$

Adım 3: Alternatiflerin Genel Performans Düzeylerinin Hesaplanması

Bu adımda, S_i ile gösterilen, alternatiflerin genel performans düzeylerini elde etmek için eşit kriter ağırlıklarını temsil eden, logaritmik bir ölçü uygulanır. S_i değerlerinin hesaplanması için Eşitlik (3.3) kullanılır.

$$S_i = \ln\left(1 + \left(\frac{1}{m} \sum_j |\ln(n_{ij})|\right)\right) \quad (3.3)$$

Adım 4: Her Bir Kriteri Karar Sürecinden Çıkartarak Alternatiflerin Yeni Performans Düzeylerinin Hesaplanması

Bu adımda, önceki adıma benzer şekilde yine logaritmik bir ölçü kullanılmaktadır. Bu adım ile 3. Adım arasındaki fark, alternatiflerin performans düzeylerinin her bir kriterin karar sürecinden ayrı ayrı çıkarılması sonucu yeniden hesaplanmasıdır. Bu nedenle her bir alternatif için n kriterle ilişkili n performans seti ortaya çıkmaktadır. j 'inci kriterin çıkarılmasının ardından, i 'inci alternatifin ortaya çıkan genel performans düzeyi S_{ij}' ile gösterilir S_{ij}' değerleri, Eşitlik (3.4) ile hesaplanır.

$$S_{ij}' = \ln\left(1 + \left(\frac{1}{m} \sum_{k, k \neq j} |\ln(n_{ik})|\right)\right) \quad (3.4)$$

Adım 5: Kriterlerin Karar Sürecinden Çıkarılması Kapsamında Alternatiflerin Performans Düzeyleri Üzerindeki Etkilerinin Hesaplanması

Bu adımda, Adım 3 ve Adım 4'ten elde edilen değerlere göre, j 'inci kriterin karar sürecinden çıkartılması nedeniyle alternatiflerin performans düzeyleri üzerinde yarattığı toplam etki hesaplanır. E_j , j 'inci kriterin karar sürecinden çıkarılmasının toplam etkisini göstermekle birlikte, Eşitlik (3.5) kullanılarak hesaplanır.

$$E_j = \sum_i |S_{ij}' - S_i| \quad (3.5)$$

Adım 6: Kriterlerin Nihai Ağırlıklarının Belirlenmesi

Bu adımda, her bir kriterin nihai ağırlığı, Adım 5'te hesaplanan E_j değerleri kullanılarak elde edilir. Aşağıda, Eşitlik (3.6)'da yer alan w_j , j 'inci kriterin ağırlığını ifade etmektedir.

$$w_j = \frac{E_j}{\sum_{k=1}^m E_k} \quad (3.6)$$

İkinci aşama: CoCoSo yöntemi ile alternatiflerin sıralanması

Adım 1: Başlangıç Karar Matrisinin Oluşturulması

Bu adımda, m alternatif ve n kriterden oluşan $[X]$, Eşitlik (3.7)'deki gibi oluşturulur. $[X]$ 'in her bir elemanı $x_{ij}; i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$ ile gösterilir.

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix}; i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad (3.7)$$

Adım 2: Başlangıç Karar Matrisinin Normalize Edilmesi

Bu adımda, fayda ve maliyet türü kriterler sırasıyla, Eşitlik (3.8) ve (3.9) kullanılarak normalize edilir.

$$\text{Fayda Türü Kriterler İçin Normalizasyon: } r_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{ij}^-}{x_{ij}^+ - x_{ij}^-} \quad (3.8)$$

$$\text{Maliyet Türü Kriterler İçin Normalizasyon: } r_{ij} = \frac{x_{ij}^+ - x_{ij}}{x_{ij}^+ - x_{ij}^-} \quad (3.9)$$

Burada, x_{ij}^- kriterlerin alternatiflere göre aldıkları değerler arasındaki minimum değeri, x_{ij}^+ kriterlerin alternatiflere göre aldıkları değerler arasındaki maksimum değeri göstermektedir.

Adım 3: Ağırlıklandırılmış Normalize Matrisin Oluşturulması ve S_i , P_i Değerlerinin Elde Edilmesi

S_i , i alternatifine ait ağırlıklı normalize değerlerin toplamını temsil eder ve gri ilişkisel yaklaşıma dayalı olarak, Eşitlik (3.10)'daki gibi hesaplanır. P_i değeri ise, Ağırlıklandırılmış Bütünleşik Toplam Çarpım Değerlendirmesi yönteminin (Weighted Aggregated Sum Product Assessment-WASPAS) çarpımsal özelliğine istinaden Eşitlik (3.11)'deki gibi elde edilir.

$$S_i = \sum_{j=1}^n (w_j r_{ij}) \quad (3.10)$$

$$P_i = \sum_{j=1}^n (r_{ij})^{w_j} \quad (3.11)$$

Adım 4: Alternatiflerin Göreli Performans Düzeylerinin Hesaplanması

Bu adımda, sırasıyla Eşitlik (3.12), (3.13) ve (3.14)'teki üç farklı strateji kullanılarak alternatifler değerlendirilir.

Eşitlik (3.12)'te yer alan k_{ia} ile S_i ve P_i puanlarının toplamalarının aritmetik ortalaması elde edilir.

Eşitlik (3.13)'te yer alan k_{ib} ile en iyiye kıyasla S_i ve P_i göreli puanlarının toplamı hesaplanır.

Eşitlik (3.14)'te yer alan k_{ic} ile S_i ve P_i puanlarının dengeli bir şekilde uzlaşması sağlanır. Burada, λ genellikle 0.5 olarak alınır ve karar vericiler tarafından seçilir.

$$k_{ia} = \frac{P_i + S_i}{\sum_{i=1}^m (P_i + S_i)} \quad (3.12)$$

$$k_{ib} = \frac{S_i}{\min S_i} + \frac{P_i}{\min P_i} \quad (3.13)$$

$$k_{ic} = \frac{\lambda(S_i) + (1 - \lambda)(P_i)}{(\lambda \max S_i + (1 - \lambda) \max P_i)}; 0 \leq \lambda \leq 1 \quad (3.14)$$

Adım 5: Alternatiflerin Performans Düzeylerinin Karşılaştırılması

Bu adımda, alternatiflere ait nihai performans değerleri (k_i), Eşitlik (3.15)'teki gibi hesaplanır. Elde edilen k_i değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanır. En büyük k_i , değerine sahip olan alternatif, aynı zamanda en iyi performansa sahip olan alternatiftir.

$$k_i = (k_{ia} k_{ib} k_{ic})^{1/3} + \frac{1}{3}(k_{ia} + k_{ib} + k_{ic}) \quad (3.15)$$

3.4. Buharlı Sterilizatör Seçiminde MEREC ve CoCoSo Yöntemlerinin Uygulanması

Birinci aşama: MEREC yöntemi ile buharlı sterilizatör kriter ağırlıklarının belirlenmesi

Adım 1: Başlangıç Karar Matrisinin Oluşturulması

MEREC ve CoCoSo yöntemlerinde Tablo 3.1’de verilen aynı $[X]$ ortak bir şekilde dikkate alınmaktadır. Çalışmada alternatifleri, yerli ve yabancı üreticilere ait 7 farklı buharlı sterilizatör modeli $(A_i; i = 1, \dots, 7)$ oluşturmaktadır. Çalışmada dikkate alınan buharlı sterilizatör değerlendirme kriterleri ise $(C_j; j = 1, \dots, 7)$ aşağıda tanımlanmıştır. Buharlı sterilizatör ile ilgili literatür çalışması bulunmadığından dolayı kriterler uzman görüşleri alınarak belirlenmiştir. Çalışmada, müşteri beklentileri ve güncel teknolojiler araştırılarak, satış ekibi tarafından veriler toplanmıştır. Ardından bu veriler tasarım ekibinden üç kişilik karar verici grubu tarafından değerlendirilerek 7 farklı tasarım kriteri belirlenmiştir. Çalışmaya katılan birinci uzman buharlı sterilizatör üretimi yapan bir fabrikada 10 yıldır Ar-Ge Mühendisi 5 yıldır ise Ar-Ge Müdürü olarak görev alan bir uzmandır. Çalışmaya katılan ikinci uzman 6 yıldır Ar-Ge Mühendisi Ürün Sorumlusu olarak görev alan bir uzmandır. Çalışmaya katılan üçüncü uzman 3 yıldır kalite kontrol ve Ar-Ge mühendisi olarak görev alan bir uzmandır. Aşağıda tanımlanan kriterler karar verici grubun görüşleri doğrultusunda belirlenmiştir.

- **Cihaz Kapasitesi (It) (C_1):** Cihaz kapasitesi, sterilize edilecek yükün miktarına ve türüne bağlı olarak belirlenmektedir. Büyük kapasiteli cihazlar, daha fazla yükü tek seferde sterilize edebilme imkanı sunar.
- **Hazır Program Sayısı (adet) (C_2):** Bu kriter, kullanıcıların farklı sterilizasyon ihtiyaçlarının karşılanması açısından önemlidir. Çok sayıda hazır program, farklı türde yükler için optimize edilmiş sterilizasyon döngüleri sunar. Kullanıcılara zaman kazandırır ve sterilizasyon işleminin daha güvenli ve etkili olmasını sağlar.
- **Özel Program Sayısı (adet) (C_3):** Kullanıcıların özel sterilizasyon ihtiyaçlarını karşılamak için önemlidir. Özel programlar, kullanıcıların belirli sıcaklık, süre ve diğer parametreleri seçmesine olanak tanır. Standart programlarla sterilize edilemeyen özel yükler için önemlidir.

- **Özel Program Sterilizasyon Süresi (dk) (C_4):** Bu kriter, özel programlarda kullanılabilecek sterilizasyon sürelerinin minimum ve maksimum değerlerini gösterir. Farklı ürün türleri ve sterilizasyon seviyeleri için farklı sterilizasyon süreleri gereklidir. Sterilizatörün esneklik ve farklı ihtiyaçlara uyum sağlayabilmesi açısından önemlidir. Kullanıcı özel program sterilizasyon süresini malzeme türüne göre isteğe bağlı olarak ayarlayabilmektedir. Çalışmada maksimum sterilizasyon süresi dikkate alınacaktır.
- **Özel Program Sıcaklık Aralığı ($^{\circ}\text{C}$) (C_5):** Özel programlar için önemli bir kriterdir. Geniş bir sıcaklık aralığı, farklı türde yükler için uygun sterilizasyon sıcaklıklarının seçilmesine olanak tanır. Özel programlarda kullanılabilecek sterilizasyon sıcaklıklarının minimum ve maksimum değerlerini gösterir. Kullanıcı özel program sterilizasyon sıcaklığını malzeme türüne göre isteğe bağlı olarak ayarlayabilmektedir. Çalışmada maksimum sıcaklık değeri dikkate alınacaktır.
- **Kurulu Güç (kW) (C_6):** Cihazın enerji tüketimini etkileyen önemli bir kriterdir. Daha yüksek kurulu güce sahip cihazlar, daha fazla enerji tüketir.
- **Kayıt Hafızası (Döngü) (C_7):** Sterilizasyon döngülerinin ve hata bilgilerinin kaydedilmesi için önemlidir. Geniş bir kayıt hafızası, daha fazla veri saklama imkânı sunar. Sterilizasyon işleminin izlenmesi ve belgelenmesi için gereklidir.

Tablo 3.1. Başlangıç karar matrisi [X]

		Kriterler (C_j)						
		C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7
Alternatifler (A_i)	A_1	580	8	50	99	136	50	1000
	A_2	565	8	22	100	141	45	200
	A_3	580	5	100	60	150	36	1000
	A_4	540	8	10	60	150	40	250
	A_5	550	7	20	100	141	48	1000
	A_6	584	6	15	60	150	43	500
	A_7	585	8	25	75	136	50	250

Tabloda verilen $x_{11} = 580$ değeri A_1 alternatifine ait C_1 kriteri olan cihaz kapasitesini ifade etmektedir. Buna göre A_1 alternatifinin cihaz kapasitesi 580 litredir.

Adım 2: Başlangıç Karar Matrisinin Normalize Edilmesi

C_1, C_2, C_3, C_4, C_5 ve C_7 fayda türü (B), C_6 ise maliyet türü (H) kriterlerdir. İkinci adımda oluşturulan $[X]$ 'teki her bir eleman, Eşitlik (3.2) kullanılarak normalize edilir. Aşağıdaki Eşitlik (3.16)'da, örnek olarak n_{11} değeri hesaplanmıştır.

$$n_{11} = \frac{540}{580} = 0,931 \quad (3.16)$$

Aşağıda yer alan Tablo 3.2'de, n_{ij} değerleri görülmektedir.

Tablo 3.2. Normalize başlangıç karar matrisi (n_{ij} değerleri)

		Kriterler (C_j)						
		C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7
Alternatifler (A_i)	A_1	0,931	0,625	0,200	0,606	1,000	1,000	0,200
	A_2	0,956	0,625	0,455	0,600	0,965	0,900	1,000
	A_3	0,931	1,000	0,100	1,000	0,907	0,720	0,200
	A_4	1,000	0,625	1,000	1,000	0,907	0,800	0,800
	A_5	0,981	0,714	0,500	0,600	0,965	0,960	0,200
	A_6	0,925	0,833	0,667	1,000	0,907	0,860	0,400
	A_7	0,923	0,625	0,400	0,750	1,000	1,000	0,800

Adım 3: Alternatiflerin Genel Performans Düzeylerinin Hesaplanması

S_i değerleri Tablo 3.3'te verilmiş ve örnek olması açısından S_1 değeri, Eşitlik (3.17)'deki gibi hesaplanmıştır.

$$S_1 = \ln(1 + \frac{1}{7}(|\ln(0,931)| + |\ln(0,625)| + |\ln(0,200)| + |\ln(0,606)| + |\ln(1,000)| + |\ln(1,000)| + |\ln(0,200)|)) \quad (3.17)$$

Tablo 3.3. Alternatiflerin genel performans değerleri (S_i değerleri)

		Kriterler (C_j)							S_i
		C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	
Alternatifler (A_i)	A_1	0,931	0,625	0,200	0,606	1,000	1,000	0,200	0,475
	A_2	0,956	0,625	0,455	0,600	0,965	0,900	1,000	0,246
	A_3	0,931	1,000	0,100	1,000	0,907	0,720	0,200	0,489
	A_4	1,000	0,625	1,000	1,000	0,907	0,800	0,800	0,135
	A_5	0,981	0,714	0,500	0,600	0,965	0,960	0,200	0,381
	A_6	0,925	0,833	0,667	1,000	0,907	0,860	0,400	0,232
	A_7	0,923	0,625	0,400	0,750	1,000	1,000	0,800	0,249

Tablo 3.3.'te verilen $S_1 = 0,475$ değeri A_1 alternatifinin eşit kriter ağırlığını ifade etmektedir.

Adım 4: Her Bir Kriteri Karar Sürecinden Çıkartarak Alternatiflerin Yeni Performans Düzeylerinin Hesaplanması

Dördüncü adımda Eşitlik (3.4) kullanılarak elde edilen S_{ij}' değerleri Tablo 3.4'te verilmiştir. Örnek olarak, S_{11}' aşağıdaki Eşitlik 3.18'deki şekilde hesaplanmıştır.

$$S_{11}' = \ln\left(1 + \frac{1}{7}(|\ln(0,625)| + |\ln(0,200)| + |\ln(0,606)| + |\ln(1,000)| + |\ln(1,000)| + |\ln(0,200)|)\right) \quad (3.18)$$

$$S_{11}' = 0.469$$

Aşağıda yer alan Tablo 3.4'te, S_{ij}' değerleri görülmektedir.

Tablo 3.4. Alternatiflerin yeni performans düzeyleri (S_{ij}' değerleri)

		Kriterler (C_j)						
		C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7
Alternatifler (A_i)	A_1	0,469	0,433	0,321	0,430	0,475	0,475	0,321
	A_2	0,241	0,192	0,154	0,187	0,242	0,234	0,246
	A_3	0,482	0,489	0,263	0,489	0,480	0,459	0,337
	A_4	0,135	0,075	0,135	0,135	0,123	0,107	0,107
	A_5	0,379	0,348	0,311	0,330	0,377	0,377	0,210
	A_6	0,223	0,211	0,185	0,232	0,221	0,215	0,123
	A_7	0,240	0,195	0,141	0,216	0,249	0,249	0,224

Tablo 3.4.'teki $S_{11}' = 0469$ değeri C_1 kriterinin yok sayılarak A_1 alternatifine ait genel performans değeridir.

Adım 5: Kriterlerin Karar Sürecinden Çıkarılması Kapsamında Alternatiflerin Performans Düzeyleri Üzerindeki Etkilerinin Hesaplanması

Eşitlik (3.3) ve Eşitlik (3.4) ile elde edilen değerlere göre, her bir kriterin karar sürecinden çıkarılmasının alternatiflerin genel performansı üzerindeki toplam etkisi hesaplanmıştır. Eşitlik (3.5)'e göre E_j değerleri Tablo3.5'te verilmiş ve örnek olarak E_1 değeri aşağıdaki Eşitlik 3.19'daki şekilde hesaplanmıştır.

$$E_1 = |0,469 - 0,475| + |0,241 - 0,246| + |0,482 - 0,489| + |0,135 - 0,135| + |0,379 - 0,381| + |0,223 - 0,232| + |0,240 - 0,249| \quad (3.19)$$

Tablo 3.5. Kriterlerin karar üzerindeki toplam etkileri (E_j değerleri)

E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6	E_7
0,038	0,264	0,697	0,188	0,040	0,091	0,639

Tablo 3.5.'te verilen $E_1 = 0,038$ değeri Adım 4 ve Adım 5'te elde edilen S_{ij}' ve S_i değerlerinin çıkarılarak hesaplanan A_1 alternatifinin genel performans üzerindeki toplam etki değeridir.

Adım 6: Kriterlerin Nihai Ağırlıklarının Belirlenmesi

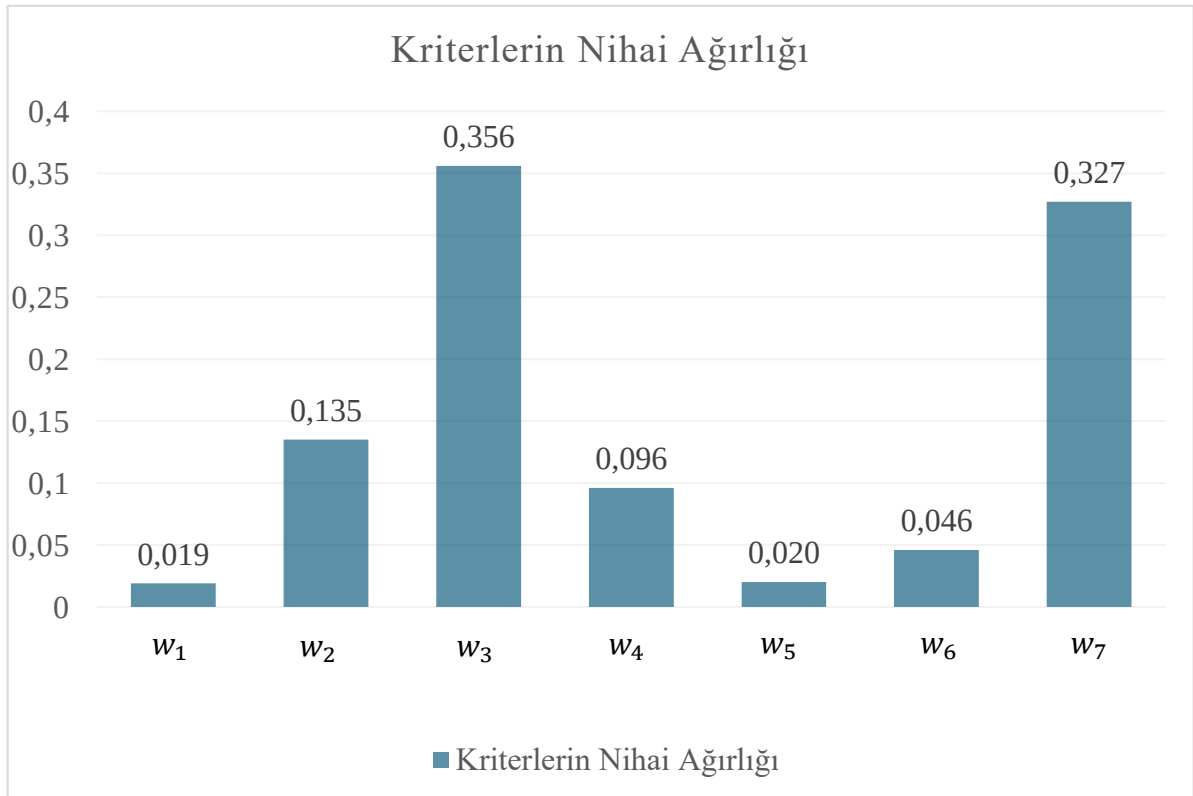
Beşinci adımda elde edilen E_j değerleri ile Eşitlik (3.6) kullanılarak kriterlerin nihai ağırlıkları w_j değerleri belirlenmiş ve Tablo 3.6'da verilmiştir. Örnek olarak, w_1 değeri Eşitlik 3.20'deki gibi hesaplanmıştır.

$$w_1 = \frac{0,038}{1,957} = 0,019 \quad (3.20)$$

Tablo 3.6. Kriterlerin nihai ağırlıkları (w_j değerleri)

w_1	w_2	w_3	w_4	w_5	w_6	w_7
0,019	0,135	0,356	0,096	0,020	0,046	0,327

Tablo 3.6.'da verilen $w_1 = 0,019$ değeri C_1 kriterinin nihai ağırlığını ifade etmektedir. Tüm kriterlere ait ağırlıklar (w_j değerleri) Şekil 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.2. Kriterlerin nihai ağırlığı

İkinci aşama: CoCoSo yöntemi ile buharlı sterilizatörlerin sıralanması

Adım 1: Başlangıç Karar Matrisinin Oluşturulması

MEREC yönteminde oluşturulan $[X]$, Tablo 3.7’de verildiği gibi CoCoSo yönteminde de aynı şekilde kullanılmaktadır.

Tablo 3.7. Başlangıç karar matrisi $[X]$

		Kriterler (C_j)						
		$C_1 \in B$	$C_2 \in B$	$C_3 \in B$	$C_4 \in B$	$C_5 \in B$	$C_6 \in H$	$C_7 \in B$
Ağırlıklar (w_j)		0,019	0,135	0,356	0,096	0,020	0,046	0,327
Alternatifler (A_i)	A_1	580	8	50	99	136	50	1000
	A_2	565	8	22	100	141	45	200
	A_3	580	5	100	60	150	36	1000
	A_4	540	8	10	60	150	40	250
	A_5	550	7	20	100	141	48	1000
	A_6	584	6	15	60	150	43	500
	A_7	585	8	25	75	136	50	250

Adım 2: Başlangıç Karar Matrisinin Normalize Edilmesi

Fayda (B) ve maliyet türü (H) kriterler sırasıyla, Eşitlik (3.8) ve Eşitlik (3.9) kullanılarak normalize edilmiş ve Tablo 3.8’de verilmiştir. Aşağıda örnek olarak r_{11} ve r_{16} değerleri sırasıyla Eşitlik 3.21 ve Eşitlik 3.22’de hesaplanmıştır.

$$r_{11} = \frac{580 - 540}{585 - 540} = 0,889 \quad (3.21)$$

$$r_{16} = \frac{50 - 50}{50 - 36} = 0 \quad (3.22)$$

Tablo 3.8. Normalize başlangıç karar matrisi (r_{ij} değerleri)

		Kriterler (C_j)						
		$C_1 \in B$	$C_2 \in B$	$C_3 \in B$	$C_4 \in B$	$C_5 \in B$	$C_6 \in H$	$C_7 \in B$
Ağırlıklar (w_j)		0,019	0,135	0,356	0,096	0,020	0,046	0,327
Alternatifler (A_i)	A_1	0,889	1,000	0,444	0,975	0,000	0,000	1,000
	A_2	0,333	1,000	0,133	1,000	0,192	0,357	0,000
	A_3	0,889	0,000	1,000	0,000	1,000	1,000	1,000
	A_4	0,000	1,000	0,000	0,000	1,000	0,714	0,063
	A_5	0,222	0,667	0,111	1,000	0,192	0,143	1,000
	A_6	0,978	0,333	0,056	0,000	1,000	0,500	0,625
	A_7	1,000	1,000	0,167	0,375	0,000	0,000	0,063

Adım 3: Ağırlıklandırılmış Normalize Matrisin Oluşturulması ve S_i , P_i Değerlerinin Elde Edilmesi

MEREC yöntemi ile elde edilen w_j değerleri ile normalize matris ağırlıklandırılmıştır. Eşitlik (3.10)'a göre S_i değerleri, Eşitlik (3.11)'e göre P_i değerleri bulunmuştur. Ağırlıklandırılmış normalize matris ve S_i , P_i değerleri sırasıyla Tablo 3.9 ve Tablo 3.10'da verilmiştir.

Tablo 3.9. Ağırlıklandırılmış normalize matris ve S_i değerleri

		Kriterler (C_j)							S_i
		$C_1 \in B$	$C_2 \in B$	$C_3 \in B$	$C_4 \in B$	$C_5 \in B$	$C_6 \in H$	$C_7 \in B$	
Ağırlıklar (w_j)		0,019	0,135	0,356	0,096	0,020	0,046	0,327	
Alternatifler (A_i)	A_1	0,017	0,135	0,158	0,094	0,000	0,000	0,327	0,731
	A_2	0,006	0,135	0,047	0,096	0,004	0,016	0,000	0,305
	A_3	0,017	0,000	0,356	0,000	0,020	0,046	0,327	0,766
	A_4	0,000	0,135	0,000	0,000	0,020	0,033	0,021	0,208
	A_5	0,004	0,090	0,040	0,096	0,004	0,007	0,327	0,567
	A_6	0,019	0,045	0,020	0,000	0,020	0,023	0,204	0,331
	A_7	0,019	0,135	0,059	0,036	0,000	0,000	0,021	0,270

Tablo 3.10. Ağırlıklandırılmış normalize matris ve P_i değerleri

		Kriterler (C_j)							P_i
		$C_1 \in B$	$C_2 \in B$	$C_3 \in B$	$C_4 \in B$	$C_5 \in B$	$C_6 \in H$	$C_7 \in B$	
Ağırlıklar (w_j)		0,019	0,135	0,356	0,096	0,020	0,046	0,327	
Alternatifler (A_i)	A_1	0,998	1,000	0,749	0,998	0,000	0,000	1,000	4,744
	A_2	0,979	1,000	0,488	1,000	0,968	0,954	0,000	5,388
	A_3	0,998	0,000	1,000	0,000	1,000	1,000	1,000	4,998
	A_4	0,000	1,000	0,000	0,000	1,000	0,985	0,405	3,390
	A_5	0,972	0,947	0,457	1,000	0,968	0,914	1,000	6,258
	A_6	1,000	0,862	0,358	0,000	1,000	0,969	0,858	5,046
	A_7	1,000	1,000	0,529	0,910	0,000	0,000	0,405	3,844

Adım 4: Alternatiflerinin Görelî Performans Düzeylerinin Hesaplanması

Eşitlik (3.12), (3.13) ve (3.14) kullanılarak sırasıyla k_{1a} , k_{1b} ve k_{1c} değerleri hesaplanmıştır. Aşağıda örnek olarak k_{1a} , k_{1b} ve k_{1c} değerleri sırasıyla Eşitlik 3.23, Eşitlik 3.24 ve Eşitlik 3.25'te hesaplanmıştır.

$$k_{1a} = \frac{4,744 + 0,731}{3,178 + 33,668} = 0,149 \quad (3.23)$$

$$k_{1b} = \frac{0,731}{0,208} + \frac{4,744}{3,390} = 4,912 \quad (3.24)$$

$$k_{1c} = \frac{0,5(0,731) + (1 - 0,5)(4,744)}{(0,5 * 0,766 + (1 - 0,5)6,258)} = 0,779 \quad (3.25)$$

Sırasıyla, Tablo 3.11, Tablo 3.12 ve Tablo 3.13'te k_{1a} , k_{1b} ve k_{1c} değerleri paylaşılmıştır.

Tablo 3.11. k_{ia} değerleri

Alternatifler (A_i)	S_i	P_i	k_{ia}	Sıralama
A_1	0,731	4,744	0,149	4
A_2	0,305	5,388	0,155	3
A_3	0,766	4,998	0,156	2
A_4	0,208	3,390	0,098	7
A_5	0,567	6,258	0,185	1
A_6	0,331	5,046	0,146	5
A_7	0,270	3,844	0,112	6

Tablo 3.12. k_{ib} değerleri

Alternatifler (A_i)	S_i	P_i	k_{ib}	Sıralama
A_1	0,731	4,744	4,912	2
A_2	0,305	5,388	3,055	5
A_3	0,766	4,998	5,156	1
A_4	0,208	3,390	2,002	7
A_5	0,567	6,258	4,573	3
A_6	0,331	5,046	3,079	4
A_7	0,270	3,844	2,432	6

Tablo 3.13. k_{ic} değerleri

Alternatifler (A_i)	S_i	P_i	k_{ic}	Sıralama
A_1	0,731	4,744	0,779	4
A_2	0,305	5,388	0,811	3
A_3	0,766	4,998	0,821	2
A_4	0,208	3,390	0,512	7
A_5	0,567	6,258	0,972	1
A_6	0,331	5,046	0,766	5
A_7	0,270	3,844	0,586	6

Adım 5: Alternatiflerin Performans Düzeylerinin Karşılaştırılması

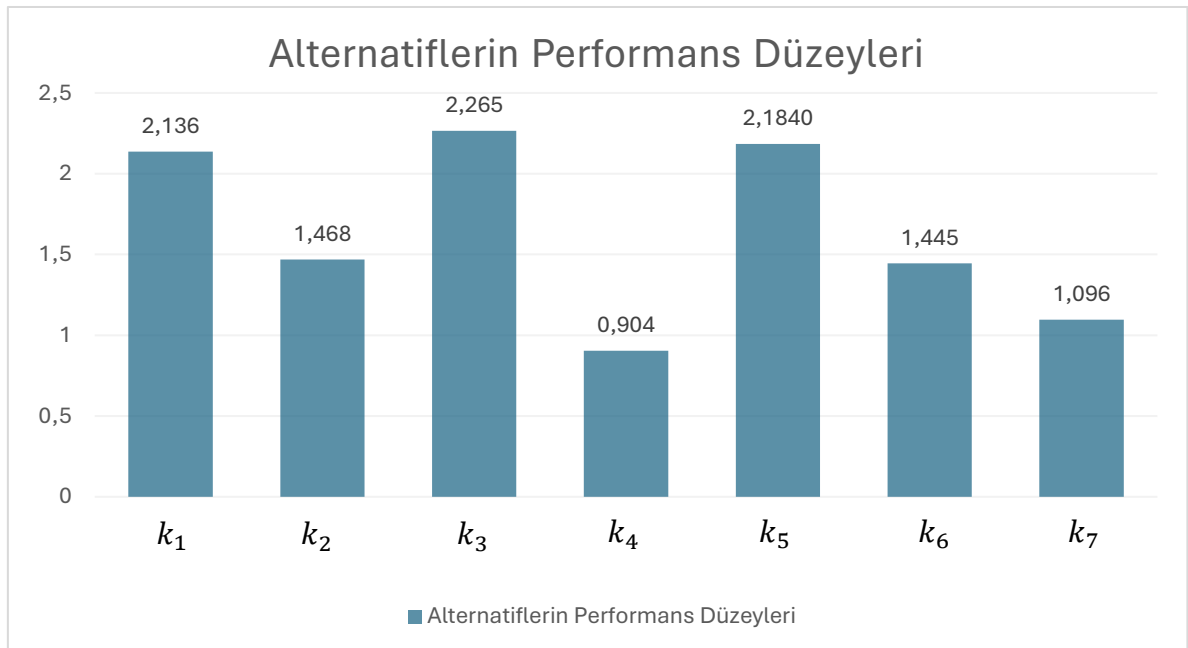
Buharlı sterilizatör alternatiflerine ait nihai performans değerleri (k_i) Eşitlik (3.15)'e göre elde edilerek büyükten küçüğe Tablo 3.13'te sıralanmıştır. Eşitlik 3.26'da örnek olarak, k_1 değeri hesaplanmıştır.

$$k_1 = (0,149 * 4,912 * 0,779)^{1/3} + \frac{1}{3}(0,149 + 4,912 + 0,779) = 2,136 \quad (3.26)$$

Tablo 3.14. Alternatiflerin performans düzeyleri (k_i değerleri)

Alternatifler (A_i)	k_{ia}	k_{ib}	k_{ic}	k_i	Sıralama
A_1	0,149	4,912	0,779	2,136	3
A_2	0,155	3,055	0,811	1,468	4
A_3	0,156	5,156	0,821	2,265	1
A_4	0,098	2,002	0,512	0,904	7
A_5	0,185	4,573	0,972	2,184	2
A_6	0,146	3,079	0,766	1,445	5
A_7	0,112	2,432	0,586	1,096	6

Alternatiflere ait performans düzeyleri (k_i değerleri) Şekil 3.3'te verilmiştir.



Şekil 3.3. Alternatiflerin performans düzeyleri

k_i değerlerine göre en iyi performansa sahip buharlı sterilizatör A_3 ’tür. Buharlı sterilizatör alternatiflerinin performans düzeylerine göre sıralamaları ise $A_3 > A_5 > A_1 > A_2 > A_6 > A_7 > A_4$ şeklindedir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında farklı firmalar tarafından geliştirilen üstün özelliklere sahip aynı amaca uygun, benzer teknik özelliklerde büyük kapasiteli buharlı sterilizatör modellerinin değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir. Bu değerlendirmenin amacı, buharlı sterilizatörler arasındaki farklılıkları tespit etmek ve en iyi buharlı sterilizatörü seçmektir. Bu amaca yönelik tez çalışmasında, buharlı sterilizatör değerlendirmesinde ÇKKV yöntemlerinden olan MEREC ve CoCoSo yöntemleri kullanılmıştır. MEREC yöntemi sayesinde, büyük kapasiteli buharlı sterilizatörler için belirlenen her bir ortak kriterin önem ağırlığı belirlenerek karar verme sürecine objektiflik kazandırılmıştır. CoCoSo yöntemi sayesinde, her bir büyük kapasiteli buharlı sterilizatör modelinin ortak kriterlere göre performansı karşılaştırılarak en iyi buharlı sterilizatör modeli belirlenmiştir. MEREC-CoCoSo entegrasyonu uygulanırken, seçilen 3 karar verici ile büyük kapasiteli buharlı sterilizatörler için ortak kriterler belirlenmiştir. Müşteri beklentileri satış ekibi tarafından derlenerek ortak kriterler belirlenmiştir. Bu bilgiler tasarım ekibi tarafından analiz edilerek tasarım gereksinimi ve girdisi olarak değerlendirilmiş ve bu sayede kriterler netleştirilmiştir. Tez çalışmasında 7 farklı buharlı sterilizatör modeli, 7 kriter dikkate alınarak değerlendirilmiştir.

Çalışmada MEREC yöntemi sonuçlarına göre Özel Program Sayısı (C_3) kriterinin buharlı sterilizatör seçiminde en önemli kriter olduğu görülmüştür (Tablo 3.6). Özel program sayısı standard programlar ile sterilize edilemeyen yükler için önemlidir ve kullanıcıların özel sterilizasyon ihtiyaçlarını karşılarlar. CoCoSo yönteminin uygulanması ile buharlı sterilizatör alternatiflerine ait sıralama $A_3 > A_5 > A_1 > A_2 > A_6 > A_7 > A_4$ şeklinde bulunmuştur. Elde edilen sıralama sonucuna göre A_3 alternatifi ilk sırada yer almış, en iyi buharlı sterilizatör modeli olarak belirlenmiştir. A_4 alternatifi ise en son sırada yer almıştır. MEREC yönteminden elde edilen sonuçlara göre en önemli kriter olan Özel Program Sayısı (C_3) kriterinin, A_3 alternatifi için en yüksek A_4 alternatifi için ise en düşük değerde olduğu görülmüştür.

Bu çalışma kapsamında yapılan değerlendirmeler, genel sterilizasyon ihtiyaçlarına yönelik olarak gerçekleştirilmiştir. Ancak, özel olarak neyin sterilize edildiği ve bu sterilizasyonun hangi koşullar altında yapılacağı, seçilen buharlı sterilizatör modelinin etkinliğini doğrudan etkileyebilir. Örneğin, tıbbi cihazların sterilizasyonu için belirli

programlara sahip sterilizatörler gerekebilirken, laboratuvar malzemeleri veya endüstriyel parçalar için farklı özellikler önem kazanabilir. Çalışmanın bulgularına göre, en iyi buharlı sterilizatör modeli olarak belirlenen A_3 alternatifi, özel program sayısı bakımından en yüksek değerlere sahip olduğu için geniş bir sterilizasyon yelpazesine hitap edebilir. Ancak, bu sonuçların spesifik kullanım senaryolarına uygun olup olmadığını belirlemek için, sterilize edilmesi planlanan yüklerin özelliklerini ve ihtiyaçlarını dikkate alarak değerlendirme yapmak gerekmektedir. Dolayısıyla, mevcut koşullara ve sterilizasyon gereksinimlerine en uygun modeli seçmek için bu kriterlerin yanı sıra, spesifik kullanım ihtiyaçlarının da göz önünde bulundurulması önemlidir.

Bu çalışma kapsamında bazı sınırlamalar mevcuttur. Çalışmada, sadece 7 farklı buharlı sterilizatör modeli değerlendirilmiştir. Daha fazla modelin dahil edilmesi, sonuçların genelleştirilebilirliğini artırabilir. Değerlendirme kriterleri, 3 karar verici tarafından belirlenmiş olup; bu karar vericilerin uzmanlık düzeyleri ve bakış açıları sonuçları etkileyebilir. Farklı uzman grupların görüşleri alınarak, daha detaylı bir analiz gerçekleştirilebilir. Çalışmada kullanılan veriler, mevcut kaynaklardan elde edilmiştir. Verilerin doğruluğu ve güncelliği, sonuçların güvenilirliğini etkileyebilir. Özel program sayısı (C_3) kriterinin en önemli kriter olduğu sonucuna varılmıştır. Ancak, bu durum spesifik kullanım senaryolarında değişebilir ve bu kritere verilen önem, farklı uygulamalarda geçerli olmayabilir. Bununla birlikte, farklı kriter ağırlıklandırma yöntemleri (LOPCOW, AW, AHP) ve alternatif sıralama yöntemleri (TOPSIS, WASPAS, MAIRCA) kullanılarak elde edilen sonuçlar değerlendirilebilir.

KAYNAKÇA

- [1] M. Silindir, A. Y. Özer, “Sterilization methods and the comparison of E-beam sterilization with gamma radiation sterilization”, *Fabad Journal of Pharmaceutical Sciences*, vol. 34 no. 1, pp. 43–53, 2009.
- [2] J. A. Tantray, S. Mansor, R. F. C. Wani, N. U. Nissa, *Basic Life Science Methods: Chapter 4 - Principle and working of autoclave*, in *Basic Life Science Methods*. 1st ed., Academic Press, 2022, ch. 4, pp. 11-14.
- [3] M. Keshavarz-Ghorabae, M. Amiri, E. K. Zavadskas, Z. Turskis, J. Antucheviciene, "Determination of Objective Weights Using a New Method Based on the Removal Effects of Criteria (MERECE)," *Symmetry*, vol. 13, no. 4, p. 525, Mar. 2021, doi: 10.3390/sym13040525.
- [4] S. Bektaş, “Türk sigorta sektörünün 2002-2021 dönemi için MERECE, LOPCOW, COCOSO, EDAS ÇKKV yöntemleri ile performansının değerlendirilmesi”, *BDDK Bankacılık ve Finansal Piyasalar Dergisi*, vol. 16, no. 2, pp. 247-283, Aug. 2022, DOI: 10.46520/bddkdergisi.1178359
- [5] M. Yazdani, P. Zarate, E. K. Zavadskas, and Z. Turskis, "A Combined Compromise Solution (CoCoSo) Method for Multi-Criteria Decision-Making Problems," *Management Decision*, vol. 57, no. 9, pp. 2501-2519, Oct. 2019a, doi: 10.1108/MD-05-2017-0458.
- [6] M. Yazdani, Z. Wen, H. Liao, A. Banaitis, and Z. Turskis, "A Grey Combined Compromise Solution (CoCoSo-G) Method for Supplier Selection in Construction Management", *Journal of Civil Engineering and Management*, vol. 25, no. 8, pp. 858-874, Nov. 2019b, doi: 10.3846/jcem.2019.11309.
- [7] P. P. Dwivedi, S. K. Dubey, A. K. Sahu, "Application of Shannon Entropy and CoCoSo Methods in Selection of the Most Appropriate Engineering Sustainability Components", *Cleaner Materials*, vol. 5, no. 1, pp. 100118, 2022. doi: 10.1016/j.clema.2022.100118.

- [8] Rogers, W. J., "The Effects of Sterilization on Medical Materials and Welded Devices", *Joining and Assembly of Medical Materials and Devices*, pp. 79-130, 2013. doi: 10.1533/9780857096425.1.79.
- [9] Sandle, T., "Steam Sterilisation," in *Sterility, Sterilisation and Sterility Assurance for Pharmaceuticals*, 1st ed., Woodhead Publishing, 2013, pp. 60-85. doi: 10.1533/9780857096722.1.60
- [10] W.A. Rutala and D. J. Weber, "Disinfection, Sterilization, and Control of Hospital Waste," in *Mandell, Douglas, and Bennett's Principles and Practice of Infectious Diseases*, 8th ed., Philadelphia, PA: Elsevier Saunders, 2015, pp. 3294-3309.
- [11] W. A. Rutala and D. J. Weber, "Disinfection, Sterilization, and Control of Hospital Waste," in *Mandell, Douglas, and Bennett's Principles and Practice of Infectious Diseases*, 8th ed., Philadelphia, PA: Elsevier Saunders, 2015, pp. 3294-3309.
- [12] A.R. Talekar, A.G. Pise, "Systematic Approach of Autoclave Qualification: A Review," *International Journal of Medical and Pharmaceutical Sciences*, vol. 13, no. 9, 2023.
- [13] Freedman, G., "Sterilization and Disinfection," in *Contemporary Esthetic Dentistry*, J. I. Buonocore, Ed. Elsevier, pp. 740-756, 2012.
- [14] Japp, N. "High-Temperature Sterilization," *Perioperative Nursing Clinics*, vol. 5, no. 3, pp. 273-280, Sep. 2010.
- [15] J. Agalloco, "Steam sterilization," in *Parenteral Medications*, 4th ed., pp. 695-709, 2019.
- [16] A.S. Uludağ, H. Doğan, " Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Karşılaştırılmasına Odaklı Bir Hizmet Kalitesi Uygulaması", *Çankırı Karatekin University Journal of The Faculty of Economics*, vol. 6, no. 2, pp. 17-47, 2016.

- [17] E. Dalbudak, Rençber Ö.F., "Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri Üzerine Literatür İncelemesi", *GAUNIIBFD*, vol. 4, no. 1, pp. 1-16, May 2022.
- [18] H. Taherdoost, M. Madanchian, "Multi-Criteria Decision Making (MCDM) Methods and Concepts", *Encyclopedia*, vol. 3, no. 1, pp. 77-87, Jan. 2023.
- [19] D. Sabaei, J. Erkoyuncu, R. Roy, "A review of multi-criteria decision making methods for enhanced maintenance delivery", *Procedia CIRP*, vol. 37, pp. 30-35, 2015, DOI: 10.1016/j.procir.2015.08.086
- [20] A. Ulutaş, D. Stanujkic, D. Karabasevic, G. Popovic, S. Novaković, "Pallet truck selection with MEREC and WISP-S methods", *Strategic Management-International Journal of Strategic Management and Decision Support Systems in Strategic Management*, vol. 27, no. 4, pp. 023-029, 2022, DOI: 10.5937/StraMan2200013U
- [21] M. Toslak, B. Aktürk, & A. Ulutaş, "MEREC ve WEDBA yöntemleri ile bir lojistik firmasının yıllara göre performansının değerlendirilmesi", *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, no. 33, pp. 363-372, Jan. 2022, DOI: 10.31590/ejosat.1041106.
- [22] G. Shanmugasundar, G. Sapkota, R. Čep, K. Kalita, "Application of MEREC in multi-criteria selection of optimal spray-painting robot", *Processes*, vol. 10, no. 6, p. 1072, Jun. 2022, DOI: 10.3390/pr10061172
- [23] H.K. Le, "Multi-criteria decision making in the milling process using the PARIS method", *Engineering, Technology & Applied Science Research*, vol. 12, no. 5, pp. 9208-9216, Jul. 2022, DOI: 10.48084/etasr.5187
- [24] H.A. Le, X.T. Hoang, Q.H. Trieu, D.L. Pham, X.H. Le, "Determining the best dressing parameters for external cylindrical grinding using MABAC method", *Applied Sciences*, vol. 12, no. 16, p. 8287, Aug. 2022, DOI: 10.3390/app12168287
- [25] U. Ünlü, N. Yalçın, N. Avşarlıgil, "Analysis of efficiency and productivity of commercial banks in turkey pre-and during COVID-19 with an integrated MCDM

- approach”, *Mathematics*, vol. 10, no. 13, p. 2300, Jul. 2022, DOI: 10.3390/math10132300
- [26] I.M. Hezam, A.R. Mishra, P. Rani, F. Cavallaro, A. Saha, J. Ali, W. Strielkowski, D. Štreimikienė, “A hybrid intuitionistic fuzzy-MEREC-RS-DNMA method for assessing the alternative fuel vehicles with sustainability perspectives”, *Sustainability*, vol. 14, no. 9, p. 5463, May. 2022, DOI: 10.3390/su14095463
- [27] A.R. Mishra, D.K. Tripathi, F. Cavallaro, P. Rani, S.K. Nigam, A. Mardani, “Assessment of battery energy storage systems using the intuitionistic fuzzy removal effects of criteria and the measurement of alternatives and ranking based on compromise solution method”, *Energies*, vol. 15, no. 20, p. 7782, Oct. 2022, DOI: 10.3390/en15207782
- [28] M. Marinković, E.K. Zavadskas, B. Matić, S. Jovanović, D.K. Das, S. Sremac, “Application of wasted and recycled materials for production of stabilized layers of road structures”, *Buildings*, vol. 12, no. 5, p. 552, Apr. 2022, DOI: 10.3390/buildings12050552
- [29] H.Q. Nguyen, X.H. Le, T.T. Nguyen, Q.H. Tran, N.P. Vu, “A comparative study on multi-criteria decision-making in dressing process for internal grinding”, *Machines*, vol. 10, no. 5, p. 303, Apr. 2022a, DOI: 10.3390/machines10050303
- [30] H.Q. Nguyen, V.T. Nguyen, D.P. Phan, Q.H. Tran, N.P. Vu, “Multi-criteria decision making in the PMEDM process by using MARCOS, TOPSIS, and MAIRCA methods”, *Applied sciences*, vol. 12, no. 8, p. 3720, Apr. 2022b, DOI: 10.3390/app12083720
- [31] A. Özdağoğlu, B. Işıldak, M.K. Keleş, “MEREC Tabanlı CoCoSo yöntemiyle uçuş okullarının uçak seçimlerinin değerlendirilmesi”, *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, vol. 13, no. 2, pp. 708-719, Jun. 2022.

- [32] A.A. Makki, R.M.S. Abdulaal, “A Hybrid MCDM Approach Based on Fuzzy MEREC-G and Fuzzy RATMI”, *Mathematics*, vol. 11, no. 17, p. 3773. Sep. 2023, DOI: 10.3390/math11173773
- [33] R. Sharma, G.K. Mahanti, G. Panda, A. Rath, S. Dash, S. Mallik, R. Hu, “A framework for detecting thyroid cancer from ultrasound and histopathological images using deep learning, meta-heuristics, and MCDM algorithms”, *Journal of Imaging*, vol. 9, no. 9, p. 173, Aug. 2023, DOI: 10.3390/jimaging9090173
- [34] A. Gamal, M. Abdel-Basset, I.M. Hezam, K.M. Sallam, I.A. Hameed, “An Interactive Multi-Criteria Decision-Making Approach for Autonomous Vehicles and Distributed Resources Based on Logistic Systems: Challenges for a Sustainable Future”, *Sustainability*, vol. 15, no. 17, p. 12844, Aug. 2023, DOI: 10.3390/su151712844
- [35] R.M. Abdulaal, A.A. Makki, I.Y. Al-Filali, “A Novel Hybrid Approach for Prioritizing Investment Initiatives to Achieve Financial Sustainability in Higher Education Institutions Using MEREC-G and RATMI”, *Sustainability*, vol. 15, no. 16, p. 12635, Aug. 2023, DOI: 10.3390/su151612635
- [36] M.O. Esangbedo, M. Tang, “Evaluation of enterprise decarbonization scheme based on grey-MEREC-MAIRCA hybrid MCDM method”, *Systems*, vol. 11, no. 8, p. 397, Aug. 2023, DOI: 10.3390/systems11080397
- [37] B. Ayan, S. Abacioğlu, M.P. Basilio, “A comprehensive review of the novel weighting methods for multi-criteria decision-making”, *Information*, vol. 14, no. 5, p. 285, May. 2023, DOI: 10.3390/info14050285
- [38] M. Keshavarz-Ghorabae, “Sustainable supplier selection and order allocation using an integrated rog-based type-2 fuzzy decision-making approach”, *Mathematics*, vol. 11, no. 9, p. 2014, Apr. 2023, DOI: 10.3390/math11092014
- [39] M.S. Saidin, L.S. Lee, S.M. Marjugi, M.Z. Ahmad, H.V. Seow, “Fuzzy Method Based on the Removal Effects of Criteria (MEREC) for Determining Objective

- Weights in Multi-Criteria Decision-Making Problems”, *Mathematics*, vol. 11, no. 6, p. 1544, Mar. 2023, DOI: 10.3390/math11061544
- [40] A. Ulutaş, F. Balo, A. Topal, “Identifying the most efficient natural fibre for common commercial building insulation materials with an integrated PSI, MEREC, LOPCOW and MCRAT model”, *Polymers*, vol. 15, no. 6, p. 1500, Mar. 2023, DOI: 10.3390/polym15061500
- [41] N. Fattouch, I. Ben Lahmar, M. Rekik, K. Boukadi, “Decision-Making Approach for an IoRT-Aware Business Process Outsourcing”, *Digital*, vol. 2, no. 4, pp. 520-537, Nov. 2022, DOI: 10.3390/
- [42] A.R. Mishra, A. Saha, P. Rani, I.M. Hezam, R. Shrivastava, F. Smarandache, “An integrated decision support framework using single-valued-MEREC-MULTIMOORA for low carbon tourism strategy assessment”, *Ieee Access*, vol. 10, pp. 24411-24432, Mar. 2022, DOI: 10.1109/ACCESS.2022.3155171
- [43] V. Simic, I. Gokasar, M. Deveci, L. Švadlenka, “Mitigating climate change effects of urban transportation using a type-2 neutrosophic MEREC-MARCOS model”, *IEEE Transactions on Engineering Management*, vol. 71, pp. 3233-3249, 2024, doi: 10.1109/TEM.2022.3207375
- [44] A.K. Yadav, K. Singh, P.K. Srivastava, P.S. Pandey, “I-MEREC-T: Improved MEREC-TOPSIS scheme for optimal network selection in 5G heterogeneous network for IoT”, *Internet of Things*, vol. 22, 2023, DOI: 10.1016/j.iot.2023.100748
- [45] K. Zorlu, V. Dede, B.Ş. Zorlu, S. Serin, “Quantitative assessment of geoheritage with the GAM and MEREC-based PROMETHEE-GAIA method”, *Resources Policy*, vol. 84, 2023, DOI: 10.1016/j.resourpol.2023.103796
- [46] R.S.U. Haq, M. Saeed, N. Mateen, F. Siddiqui, M. Naqvi, J.B. Yi, S. Ahmed, “Sustainable material selection with crisp and ambiguous data using single-valued neutrosophic-MEREC-MARCOS framework”, *Applied Soft Computing*, vol. 128, Aug. 2022, DOI: 10.1016/j.asoc.2022.109546

- [47] S.S. Goswami, S.K. Mohanty, D.K. Behera, “Selection of a green renewable energy source in India with the help of MEREC integrated PIV MCDM tool”, *Materials today: proceedings*, vol. 52, pp. 1153-1160, 2022, DOI: 10.1016/j.matpr.2021.11.019
- [48] A.R. Mishra, D. Pamucar, P. Rani, R. Shrivastava, I.M. Hezam, “Assessing the sustainable energy storage technologies using single-valued neutrosophic decision-making framework with divergence measure”, *Expert Systems with Applications*, vol. 238, 2024, DOI: 10.1016/j.eswa.2023.121791
- [49] Z. Song, A.R. Mishra, S.P. Saeidi, “Technological capabilities in the era of the digital economy for integration into cyber-physical systems and the IoT using decision-making approach”, *Journal of Innovation & Knowledge*, vol. 8 no. 2, 2023, DOI: 10.1016/j.jik.2023.100356
- [50] G. Tanrıverdi, R. Merkert, Ç. Karamaşa, V. Asker, “Using multi-criteria performance measurement models to evaluate the financial, operational and environmental sustainability of airlines”, *Journal of Air Transport Management*, vol. 112, 2023, DOI: 10.1016/j.jairtraman.2023.102456
- [51] L. Yang, H. Zou, C. Shang, X. Ye, P. Rani, “Adoption of information and digital technologies for sustainable smart manufacturing systems for industry 4.0 in small, medium, and micro enterprises (SMMEs)”, *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 188, 2023, DOI: 10.1016/j.techfore.2022.122308
- [52] P.P. Das, S. Chakraborty, “A comparative assessment of multicriteria parametric optimization methods for plasma arc cutting processes”, *Decis. Anal. J.*, vol. 6, 2023, DOI: 10.1016/j.dajour.2023.100190
- [53] S. Narayanamoorthy, T.N. Parthasarathy, S. Pragathi, P. Shanmugam, D. Baleanu, A. Ahmadian, D. Kang, “The novel augmented Fermatean MCDM perspectives for identifying the optimal renewable energy power plant location”, *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, vol. 53, 2022, DOI: 10.1016/j.seta.2022.102488

- [54] A. Najafi, A. Nemati, M. Ashrafzadeh, S.H. Zolfani, “Multiple-criteria decision making, feature selection, and deep learning: A golden triangle for heart disease identification”, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 125, 2023, DOI: 10.1016/j.engappai.2023.106662
- [55] M. Deveci, I. Gokasar, A.R. Mishra, P. Rani, Z. Ye, “Evaluation of climate change-resilient transportation alternatives using fuzzy Hamacher aggregation operators based group decision-making model”, *Engineering applications of artificial intelligence*, vol. 119, 2023, DOI: 10.1016/j.engappai.2023.105824
- [56] A.R. Mishra, P. Rani, A. Saha, I. M. Hezam, F. Cavallaro, R.K. Chakraborty, “An extended DNMA-based multi-criteria decision-making method and its application in the assessment of sustainable location for a lithium-ion batteries’ manufacturing plant”, *Heliyon*, vol. 9, no. 3, 2023, DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e14244
- [57] J.F. Nicolalde, M. Cabrera, J. Martínez-Gómez, R.B. Salazar, E. Reyes, “Selection of a phase change material for energy storage by multi-criteria decision method regarding the thermal comfort in a vehicle”, *Journal of Energy Storage*, vol. 51, 2022, DOI: 10.1016/j.est.2022.104437
- [58] D.K. Behera, S. Beura, “Supplier selection for an industry using MCDM techniques”, *Materials Today: Proceedings*, vol. 74, pp. 901-909, 2023, DOI: 10.1016/j.matpr.2022.11.291
- [59] I.M. Hezam, A.R. Mishra, P. Rani, A. Saha, F. Smarandache, D. Pamucar, “An integrated decision support framework using single-valued neutrosophic-MASWIP-COPRAS for sustainability assessment of bioenergy production Technologies”, *Expert Systems with Applications*, vol. 211, 2023, DOI: 10.1016/j.eswa.2022.118674
- [60] F. Dargahi, J.I. Shamloo, “Investigating the realization of spatial justice based on multi-criteria decision-making methods in a metropolis in northwest Iran”, *Sustainable Cities and Society*, vol. 99, 2023, DOI: 10.1016/j.scs.2023.104986

- [61] Y. Yu, S. Wu, J. Yu, Y. Xu, L. Song, W. Xu, “A hybrid multi-criteria decision-making framework for offshore wind turbine selection: A case study in China”, *Applied Energy*, vol. 328, 2022, DOI: 10.1016/j.apenergy.2022.120173
- [62] M.K. Saraji, E. Rahbar, A.G. Chenarlogh, D. Streimikiene, “A spherical fuzzy assessment framework for evaluating the challenges to LARG supply chain adoption in pharmaceutical companies”, *Journal of Cleaner Production*, vol. 409, 2023, DOI: 10.1016/j.jclepro.2023.137260
- [63] S. Ahmad, M. Ali, Z.A. Khan, M. Asjad, “Investigating the effect of input variables on the performance of FMS followed by multi-response optimization: A simulation study”, *Materials Today: Proceedings*, vol. 64, pp. 1500-1503, 2022, DOI: 10.1016/j.matpr.2022.05.169
- [64] Y. Yu, S. Wu, J. Yu, H. Chen, Q. Zeng, Y. Xu, H. Ding, “An integrated MCDM framework based on interval 2-tuple linguistic: A case of offshore wind farm site selection in China”, *Process Safety and Environmental Protection*, vol. 164, pp. 613-628, 2022, DOI: 10.1016/j.psep.2022.06.041
- [65] K. Wang, B. Li, T. Tian, N. Zakuan, P. Rani, “Evaluate the drivers for digital transformation in higher education institutions in the era of industry 4.0 based on decision-making method”, *Journal of Innovation & Knowledge*, vol. 8, no. 3, 2023, DOI: 10.1016/j.jik.2023.100364
- [66] F. F. Altıntaş, “G7 ülkelerinin bilgi performanslarının analizi: COCOSO yöntemi ile bir uygulama”, *Journal of Life Economics*, Vol. 8, no. 3, pp. 337-347, 2021 DOI: 10.15637/jlecon.8.3.06
- [67] A. Ulutaş, C.B. Karakuş, A. Topal, “Location selection for logistics center with fuzzy SWARA and CoCoSo methods”, *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, vol. 38, no. 4, pp. 4693-4709, 2020, DOI: 10.3233/JIFS-191400
- [68] A. Barua, A. Jeet, D.K. Bagal, P. Satapathy, P.K. Agrawal, “Evaluation of mechanical behavior of hybrid natural fiber reinforced nano sic particles composite

- using hybrid Taguchi-CoCoSo method”, *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, vol. 8, no. 10, pp. 3341-3345, 2019, DOI: 10.35940/ijitee.J1232.0881019
- [69] M. Popović, “An MCDM approach for personnel selection using the CoCoSo method”, *Journal of process management and new technologies*, vol. 9, no. 3-4, pp. 78-88, 2021, DOI: 10.5937/jpmnt9-34876
- [70] Ö.F. Görçün, H. Küçükönder, “BWM ve CoCoSo Yöntemleri ile Kentlerin Ulaşım Performanslarının Karşılaştırmalı Analizi”, *İDEALKENT*, vol. 13, no. 36, pp. 824-856 2022, DOI: 10.31198/idealkent.1028556
- [71] Z. Turskis, R. Bausys, F. Smarandache, G. Kazakeviciute-Januskeviciene, E.K. Zavadskas, “M-generalised q-neutrosophic extension of CoCoSo method”, *International Journal of Computers Communications & Control*, vol. 17, no. 1, Feb. 2022, DOI: 10.15837/ijccc.2022.1.4646
- [72] D.M. Midyanti, R. Hidayati, S. Bahri, “Comparison of MCDM method for select orphanage”, *JITK*, vol. 6, no. 1, pp. 21-26, Aug. 2020, DOI: 10.33480/jitk.v6i1.1391
- [73] X. Peng, H. Huang, “Fuzzy decision making method based on CoCoSo with critic for financial risk evaluation”, *Technological and Economic Development of Economy*, vol. 26, no. 4, pp. 695-724., 2020, DOI: 10.3846/tede.2020.11920
- [74] M. Yazdani, Z. Wen, H. Liao, A. Banaitis, Z. Turskis, “A grey combined compromise solution (CoCoSo-G) method for supplier selection in construction management”, *Journal of Civil Engineering and Management*, vol. 25, no. 8, pp. 858-874, 2019, DOI: 10.3846/jcem.2019.11309
- [75] G. Demir, M. Damjanovic, B. Matovic, R. Vujadinovic, “Toward Sustainable Urban Mobility by Using Fuzzy-FUCOM and Fuzzy-CoCoSo Methods: The Case of the SUMP Podgorica”, *Sustainability*, vol. 14, p. 4972, 2022, DOI: 10.3390/su14094972

- [76] V. Simić, I. Ivanović, V. Đorić, A.E. Torkayesh, “Adapting urban transport planning to the COVID-19 pandemic: An integrated fermatean fuzzy model”, *Sustainable Cities and Society*, vol. 79, 2022, DOI: 10.1016/j.scs.2022.103669
- [77] P.P. Dwivedi, D.K. Sharma, “Application of Shannon entropy and CoCoSo methods in selection of the most appropriate engineering sustainability components”, *Cleaner Materials*, vol. 5, pp. 1–7, 2022, DOI: 10.1016/j.clema.2022.100118
- [78] K. Ghasemi, M. Behzadfar, K. Borhani, Z. Nouri, “Geographic information system based combined compromise solution (CoCoSo) method for exploring the spatial justice of accessing urban green spaces, a comparative study of district 22 of Tehran”, *Ecological Indicators*, vol. 144, 2022, DOI: 10.1016/j.ecolind.2022.109455
- [79] P.P. Dwivedi, D.K. Sharma, “Application of Shannon Entropy and COCOSO techniques to analyze performance of sustainable development goals: The case of the Indian Union Territories”, *Results in Engineering*, vol. 14, 2022, DOI: 10.1016/j.rineng.2022.100416
- [80] Y. Xia, H. Long, Z. Li, J. Wang, “Farmers’ credit risk assessment based on sustainable supply chain finance for green agriculture”, *Sustainability*, vol. 14, no. 19, Oct. 2022, DOI: 10.3390/su141912836
- [81] D. Wei, D. Meng, Y. Rong, Y. Liu, H. Garg, D. Pamucar, “Fermatean Fuzzy Schweizer–Sklar operators and BWM-entropy-based combined compromise solution approach: an application to green supplier selection”, *Entropy*, vol. 24, no. 6, p. 776, May. 2022, DOI: 10.3390/e24060776
- [82] M. Abdel-Basset, A. Gamal, K.M. Sallam, I. Elgendi, K. Munasinghe, A. Jamalipour, “An optimization model for appraising intrusion-detection systems for network security communications: Applications, challenges, and solutions”, *Sensors*, vol. 22, no. 11, p. 4123, May. 2022, DOI: 10.3390/s22114123

- [83] N. Van Thanh, “Optimal waste-to-energy strategy assisted by fuzzy MCDM model for sustainable solid waste management”, *Sustainability*, vol. 14, no. 11, p. 6565, May 2022, DOI: 10.3390/su14116565
- [84] C.N. Wang, T.Q. Le, K.H. Chang, T.T. Dang, “Measuring road transport sustainability using MCDM-based entropy objective weighting method”, *Symmetry*, vol. 14, no. 5, p. 1033, May. 2022, DOI: 10.3390/sym14051033
- [85] C.N. Wang, C.C. Chou, T.T. Dang, H.P. Nguyen, N.A.T. Nguyen, “Integrating triple bottom line in sustainable chemical supplier selection: a compromise decision-making-based spherical fuzzy approach”, *Processes*, vol. 10, no. 5, p. 889, Apr. 2022, DOI:
- [86] S.S. Ali, R. Kaur, “Exploring the impact of technology 4.0 driven practice on warehousing performance: a hybrid approach”, *Mathematics*, vol. 10, no. 8, p. 1252, Apr. 2022, DOI: 10.3390/math10081252
- [87] S.M. Shaaban, Y.I. Mesalam, “SVC parameters optimization using a novel integrated MCDM approach”, *Symmetry*, vol. 14, no. (4), p. 702, Mar. 2022, DOI: 10.3390/sym14040702
- [88] H. Wang, F. Zhang, K. Ullah, “Waste clothing recycling channel selection using a CoCoSo-D method based on sine trigonometric interaction operational laws with Pythagorean fuzzy information”, *Energies*, vol. 15, no. 6, p. 2010, Mar. 2022, DOI: 10.3390/en15062010
- [89] N.V. Thanh, N.T.K. Lan, “A new hybrid triple bottom line metrics and fuzzy MCDM model: Sustainable supplier selection in the food-processing industry”, *Axioms*, vol. 11, no. 2, p. 57, Jan. 2022, DOI: 10.3390/axioms11020057
- [90] D. Stanujkić, D. Karabašević, G. Popović, E.K. Zavadskas, M. Saračević, P.S. Stanimirović, A. Ulutaş, V.N. Katsikis, I. Meidute-Kavaliauskiene, “Comparative analysis of the simple WISP and some prominent MCDM methods: A Python approach”, *Axioms*, vol. 10, no. 4, p. 347, Dec. 2021, DOI: 10.3390/axioms10040347

- [91] A. Majidi, S.M. Mirzapour Al-e-Hashem, S.H. Zolfani, “Sustainability ranking of the Iranian major ports by using MCDM methods”, *Mathematics*, vol. 9, no. 19, p. 2451, Oct. 2021, DOI: 10.3390/math9192451
- [92] S.A. Banihashemi, M. Khalilzadeh, E.K. Zavadskas, J. Antucheviciene, “Investigating the environmental impacts of construction projects in time-cost trade-off project scheduling problems with CoCoSo multi-criteria decision-making method”, *Sustainability*, vol. 13, no. 19, Sep. 2021, DOI: 10.3390/su131910922
- [93] A. Bączkiewicz, B. Kizielewicz, A. Shekhovtsov, J. Wątróbski, W. Sałabun, “Methodical aspects of MCDM based E-commerce recommender system”, *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, vol. 16, no. 6, pp. 2192-2229, Sep. 2021, DOI: 10.3390/jtaer16060122
- [94] P. Rani, J. Ali, R. Krishankumar, A.R. Mishra, F. Cavallaro, K.S. Ravichandran, “An integrated single-valued neutrosophic combined compromise solution methodology for renewable energy resource selection problem”, *Energies*, vol. 14, no. 15, p. 4594, Jul. 2021, DOI: 10.3390/en14154594
- [95] P.T. Kieu, V.T. Nguyen, V.T. Nguyen, T.P. Ho, “A spherical fuzzy analytic hierarchy process (SF-AHP) and combined compromise solution (CoCoSo) algorithm in distribution center location selection: A case study in agricultural supply chain”, *Axioms*, vol. 10, no. 2, p. 53, Apr. 2021, DOI: 10.3390/axioms10020053
- [96] A. R. Mishra, P. Rani, R. Krishankumar, E. K. Zavadskas, F. Cavallaro, K.S. Ravichandran, “A hesitant fuzzy combined compromise solution framework-based on discrimination measure for ranking sustainable third-party reverse logistic providers”, *Sustainability*, vol. 13, no. 4, p. 2064, Feb. 2021, DOI: 10.3390/su13042064
- [97] D. Stanujkic, G. Popovic, E.K. Zavadskas, D. Karabasevic, A. Binkyte-Veliene, “Assessment of progress towards achieving Sustainable Development Goals of the “Agenda 2030” by using the CoCoSo and the Shannon Entropy methods: The case

- of the EU Countries”, *Sustainability*, vol. 12, no. 14, p. 5717, Jul. 2020, DOI: 10.3390/su12145717
- [98] H.S. Zolfani, M. Yazdani, A.E. Torkayesh, A. Derakhti, “Application of a gray-based decision support framework for location selection of a temporary hospital during COVID-19 pandemic”, *Symmetry*, vol. 12, no. 6, p. 886, May 2020, DOI: 10.3390/sym12060886
- [99] Z. Erceg, V. Starčević, D. Pamučar, G. Mitrović, Z. Stević, S. Žikić, “A new model for stock management in order to rationalize costs: ABC-FUCOM-interval rough CoCoSo model”, *Symmetry*, vol. 11, no. 12, p. 1527, Dec. 2019, DOI: 10.3390/sym11121527
- [100] Z. Wen, H. Liao, R. Ren, C. Bai, E.K. Zavadskas, J. Antucheviciene, A. Al-Barakati, “Cold chain logistics management of medicine with an integrated multi-criteria decision-making method”, *International journal of environmental research and public health*, vol. 16, no. 23, p. 4843, Dec. 2019, DOI: 10.3390/ijerph16234843
- [101] N. Ersoy, “Normalization procedures for cocoso method: a comparative analysis under different scenarios”, *Dokuz Eylül Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, vol. 22, no. 2, pp. 217-234, Dec. 2021, DOI: 10.24889/ifede.974252
- [102] Z. Luo, Y. Xue, J. Su, “Evaluating Information Risk Propagation in Complex Public Opinion Environments Based on the Improved Grey Relational Analysis—Decision Making Trial and Evaluation Laboratory Method”, *Systems*, vol. 11, no. 9, p. 472, Sep. 2023, DOI: 10.3390/systems11090472
- [103] M.E. Abdelkader, T. Zayed, H. El Fathali, G. Alfalah, A. Al-Sakkaf, O. Moselhi, “An Integrated Multi-Criteria Decision Making Model for the Assessment of Public Private Partnerships in Transportation Projects”, *Mathematics*, vol. 11, no. 16, p. 3559, Aug. 2023, DOI: 10.3390/math11163559

- [104] Z.S. Li, K.H. Chang, “A Novel Pythagorean Fuzzy Set–Based Risk-Ranking Method for Handling Human Cognitive Information in Risk-Assessment Problems”, *Systems*, vol. 11, no. 8, p. 402, Aug. 2023, DOI: 10.3390/systems11080402
- [105] S. Karami, S.M. Mousavi, J. Antucheviciene, “Enhancing contractor selection process by a new interval-valued fuzzy decision-making model based on SWARA and CoCoSo methods”, *Axioms*, vol. 12, no. 8, p. 729, Jul. 2023, DOI: 10.3390/axioms12080729
- [106] Y. Rong, L. Yu, “Decision support system for prioritization of offshore wind farm site by utilizing picture fuzzy combined compromise solution group decision method”, *Entropy*, vol. 25, no. 7, p. 1081, Jul. 2023, DOI: 10.3390/e25071081
- [107] M. Ortiz-Barrios, N. Jaramillo-Rueda, M. Gul, M. Yucesan, G. Jiménez-Delgado, J.J. Alfaro-Saiz, “A fuzzy hybrid MCDM approach for assessing the emergency department performance during the COVID-19 outbreak”, *International journal of environmental research and public health*, vol. 20, no. 5, p. 4591, Mar. 2023, DOI: 10.3390/ijerph20054591
- [108] K.H. Chang, “Integrating Subjective–Objective Weights Consideration and a Combined Compromise Solution Method for Handling Supplier Selection Issues”, *Systems*, vol. 11, no. 2, p. 74, Feb. 2023, DOI: 10.3390/systems11020074
- [109] C.N. Wang, T.D. Thi Pham, N.L. Nhieu, C.C. Huang, “Smart Technology Prioritization for Sustainable Manufacturing in Emergency Situation by Integrated Spherical Fuzzy Bounded Rationality Decision-Making Approach” *Processes*, vol. 10, no. 12, p. 2732, Dec. 2022, DOI: 10.3390/pr10122732
- [110] X.G. Xu, L. Zhang, L.X. Mao, & K. Li, “New Approach for Quality Function Deployment Using an Extended CoCoSo Method with Spherical Fuzzy Sets”, *Systems*, vol. 10, no. 6, p. 253, Dec. 2022, DOI: 10.3390/systems10060253
- [111] M.T. Le, N.L. Nhieu, T.D.T. Pham, “Direct-use geothermal energy location multi-criteria planning for on-site energy security in emergencies: a case study of

Malaysia”, *Sustainability*, vol. 14, no. 22, p. 15132, Nov. 2022, DOI: 10.3390/su142215132

- [112] O. Pala, “Assessment of the social progress on European Union by logarithmic decomposition of criteria importance”, *Expert Systems With Applications*, vol. 238, Sep. 2023, DOI: 10.1016/j.eswa.2023.121846