

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

**TIBBİ CİHAZ ÜRETİMİ YAPAN BİR FİRMADA BÜTÜNLEŞİK
MEREC – CoCoSo YÖNTEMİ İLE TEDARİKÇİ SEÇİMİ**

HAZIRLAYAN

GÜLNİHAL ÖZEL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANKARA-2023

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

**TİBBİ CİHAZ ÜRETİMİ YAPAN BİR FİRMADA BÜTÜNLEŞİK
MEREC – CoCoSo YÖNTEMİ İLE TEDARİKÇİ SEÇİMİ**

HAZIRLAYAN

GÜLNIHAL ÖZEL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEZ DANIŞMANI

DR. ÖĞR. ÜYESİ PELİN TOKTAŞ

ANKARA-2023

BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Kalite Mühendisliği Anabilim Dalı, Kalite Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı çerçevesinde Gülnihal Özel tarafından hazırlanan bu çalışma, aşağıdaki jüri tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 16/06/2023

Tez Adı: Tıbbi Cihaz Üretimi Yapan Bir Firmada Bütünleşik MEREK – CoCoSo Yöntemi ile Tedarikçi Seçimi

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

İmza

Doç. Dr. Gerçek Budak (Başkan)- Yıldırım Beyazıt Üniversitesi

.....

Dr. Öğr. Üyesi Pelin Toktaş (Danışman)- Başkent Üniversitesi

.....

Doç. Dr. Gülin Feryal Can – Başkent Üniversitesi

.....

ONAY

.....

Prof. Dr. Ömer Faruk ELALDI

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Tarih: ... / ... /

BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

Öğrencinin Adı, Soyadı: Gülnihal Özel

Öğrencinin Numarası : 22110085

Anabilim Dalı : Kalite Mühendisliği Anabilim Dalı

Programı : Kalite Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans

Danışmanın Unvanı/Adı, Soyadı : Dr. Öğr. Üyesi Pelin Toktaş

Tez Başlığı : Tıbbi Cihaz Üretimi Yapan Bir Firmada Bütünleşik MEREC – CoCoSo Yöntemi ile Tedarikçi Seçimi

Yukarıda başlığı belirtilen Yüksek Lisans/Doktora tez çalışmamın; Giriş, Ana Bölümler ve Sonuç Bölümünden oluşan, toplam 48 sayfalık kısmına ilişkin, 14 /06 / 2023 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı %5'tir. Uygulanan filtrelemeler:

1. Kaynakça hariç
2. Alıntılar hariç
3. Beş (5) kelimedenden 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

Tarih: 14 / 06 / 2023

Öğrenci Danışmanı Unvan, Adı, Soyadı, İmza:

Dr. Öğr. Üyesi Pelin TOKTAŞ

.....

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleőmesinde, değerli bilgilerini benimle paylaőan saygıdeğer danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Pelin Toktaş'a teşekkür ederim.

Çalıőmamda gerekli kaynakları sağlayan, değerli tecrübelerini ve tez ile ilgili fikirlerini benimle paylaőan yöneticilerim ve çalışma arkadaőlarıma teşekkür ederim.

Tez sürecindeki destekleri ve kıymetli dostlukları için Buket őahin ve Merve Nil Yamandır' a teşekkür ederim.

Hayatıma girdiği andan itibaren, yapamayacağımı düőündüęüm her an kendime inanmamı sağlayan, beni asla yalnız bırakmayan, kahrımı çeken, tüm stresimi göğsünde yumuőatan sevgili eőim Durukan Sönmez'e sabrı, desteği, güzel kalbi ve bana sunduğu benzersiz sevgisi için çok teşekkür ederim.

Son olarak, hayatım boyunca beni her konuda destekleyen, ilgilerini ve őefkatlerini eksik etmeyen, eğitimim ve mutluluğum için her türlü fedakarlığı yapan kardeőim Elif Özel, sevgili annem Suna Özel ve canım babam Nedim Özel'e kendi ayaklarım üzerinde dururken elimi tutmayı asla bırakmadıkları için sonsuz teşekkür ederim.

ÖZET

Gülnihal ÖZEL

TIBBİ CİHAZ ÜRETİMİ YAPAN BİR FİRMADA BÜTÜNLEŞİK MEREC – COCOSO YÖNTEMİ İLE TEDARİKÇİ SEÇİMİ

Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Kalite Mühendisliği Anabilim Dalı

2023

Tıbbi cihaz sektörü çeşitli dinamikleri içinde barındıran ve dünyada hızla gelişen bir sektördür. Geliştirilen teknolojiler, sağlık hizmetlerinde teşhis ve tedavi uygulamalarına bağlı olarak devamlı gelişim göstermektedir. Bu değişime ayak uydurabilmeleri, artan rekabet ortamında varlıklarını sürdürebilmeleri için tıbbi cihaz üreticilerinin sürekli iyileştirme faaliyetleri içerisinde olmaları gerekmektedir. Endüstriyel alanda üretim yapan birçok firma için gerekli olan bu durum ürün güvenliği ve kalitesinin direkt olarak insan hayatına etkisi düşünüldüğünde tıbbi cihaz sektöründe daha da önem kazanmaktadır. Tıbbi cihaz üretimi yapan firmalarda ürünün tıbbi cihaz olmasının getirdiği yasal gereklilikler, kalite süreçleri kapsamında standartlar ve yönetmelikler çerçevesinde, onaylanmış kuruluş ve yetkili otoritelerce takip edilmektedir. MDR 2017/45 ile artan maliyetler ve yükümlülükler tıbbi cihaz üreticilerini süreçlerini sorgulamaya itmiştir. Bu çalışmada, tıbbi cihaz üretimi yapan bir firmada müşteri isteklerinin karşılanamadığı tespit edilmiş, teslim sürelerinin arttığı gözlemlenmiştir. Teslim süresinin artış sebepleri üzerinde yapılan değerlendirmede tedarikçi seçiminin etkin yürütülemediği tespit edilmiştir. Bu amaçla, firmanın sektör bilgisi ve odak grup değerlendirmeleri sonucunda 6 tedarikçi ve 6 kriter belirlenmiştir. Ele alınan tedarikçi seçimi probleminde tedarikçilerin sıralanması için yeni nesil çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerinden birisi olan Combined Compromise Solution (CoCoSo) yöntemi önerilmiştir. Tedarikçi seçim kriterlerinin ağırlıklandırılması için de Method Based on Removal Effects of Criteria (MEREC) ağırlıklandırma yöntemi kullanılmıştır. Bu çalışma ile tıbbi cihazlarda yeni nesil tedarikçi seçimi yöntem uygulaması gerçekleştirilmiştir. Tıbbi cihazlarda tedarikçi seçimi alanında yapılan çalışmaların yetersizliği düşünüldüğünde ilgili çalışmanın literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

ANAHTAR KELİMELEER: MEREC, CoCoSo, Tedarikçi Seçimi, Tıbbi Cihaz

ABSTRACT

Gülnihal ÖZEL

SUPPLIER SELECTION WITH THE INTEGRATED MEREC – COCOSO METHOD IN A COMPANY MANUFACTURING MEDICAL DEVICES

Başkent University Institute of Science

Master's of Quality Engineering with Thesis

2023

The medical device industry is a rapidly developing industry in the world that includes various dynamics. Developed technologies show continuous improvement depending on diagnosis and treatment applications in health services. In order to keep up with this change and to survive in an increasingly competitive environment, medical device manufacturers need to be in continuous improvement activities. This situation, which is necessary for many companies producing in the industrial field, gains even more importance in the medical device sector when the direct impact of product safety and quality on human life is considered. In companies producing medical devices, the legal requirements of the product being a medical device are followed by the notified bodies and authorized authorities within the framework of standards and regulations within the scope of quality processes. Increasing costs and liabilities with MDR 2017/45 have pushed medical device manufacturers to question their processes. In this study, it was determined that customer requests could not be met in a company producing medical devices, and it was observed that delivery times increased. In the evaluation made on the reasons for the increase in the delivery time, it was determined that the supplier selection could not be carried out effectively. For this purpose, 6 suppliers and 6 criteria were determined as a result of the company's sector knowledge and focus group evaluations. Combined Compromise Solution (CoCoSo) method, which is one of the new generation multi-criteria decision making (MCDM) methods, is proposed for ranking the suppliers in the supplier selection problem. Method Based on Removal Effects of Criteria (MEREC) weighting method was used for the weighting of supplier selection criteria. In this study, a new generation supplier selection method application in medical devices has been carried out. Considering the inadequacy of the studies in the field of supplier selection in medical devices, it is thought that the relevant study will contribute to the literature.

KEYWORDS: MEREC, CoCoSo, Suppler Selection, Medical Device

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iii
TABLolar LİSTESİ.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	vii
1.GİRİŞ	1
1.1.Çalışmanın Katkısı.....	3
2.LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	4
2.1.Tedarikçi Seçimi.....	7
2.2.MEREC	13
2.3.CoCoSo Yöntemi	18
3.ÖNERİLEN YÖNTEM	26
3.1.AŞAMA 1: MEREC Yöntemi İle Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi.....	27
3.2.Aşama 2: CoCoSo Yöntemi ile Alternatiflerin Sıralanması.....	30
4.ÖNERİLEN YÖNTEMİN UYGULAMASI	33
4.1.AŞAMA 1 UYGULAMA: MEREC Yöntemi ile Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi	39
4.2.AŞAMA 2 UYGULAMASI: CoCoSo ile Tedarikçilerin Nihai Sıralamalarının Elde Edilmesi.....	42
5.SONUÇ VE ÖNERİLER.....	45
KAYNAKÇA	49

TABLolar LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1 Farklı sektörlerde Tedarikçi Seçim Kriterleri ve Yöntemleri.....	11
Tablo 4.1 Yarı mamullerin 2022 yılı kullanım miktarları.....	38
Tablo 4.2 Tedarikçi Seçim Kriterleri ve Tipleri.....	39
Tablo 4.3 MEREC -Başlangıç Karar Matrisi.....	40
Tablo 4.4 MEREC için Normalize Başlangıç Karar Matrisi	40
Tablo 4.5 Alternatif tedarikçilerin genel performansı	41
Tablo 4.6 AŞAMA 1.4 Alternatif Tedarikçilerin Performansı Tablosu	41
Tablo 4.7 Mutlak Sapmaların Toplamı	42
Tablo 4.8 Kriterlerin nihai ağırlığı	42
Tablo 4.9 CoCoSo için Normalize Başlangıç Karar Matrisi	43
Tablo 4.10 : Ağırlıklı karşılaştırılabilirlik dizisinin toplamı.....	43
Tablo 4.11: Her bir alternatif tedarikçi için karşılaştırılabilirlik dizilerinin güç ağırlığının tamamı	43
Tablo 4.12 CoCoSo- Değerlendirme Stratejisi Puanları	44
Tablo 4.13 Alternatif Tedarikçilerin Puanları	44

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 3.1 Önerilen Yaklaşımın Adımları.....	26
Şekil 4.1 Balık Kılıcı Diyagramı.....	33

SİMGELER VE KISALTMALAR

AB	Avrupa Birliği
ABC	Activity-Based Costing
AHP	Analytic Hierarchy Process
ANP	Analytical Network Process
Ar-Ge	Araştırma-Geliştirme
ark	Arkadaşları
BWM	Best-Worst Method
CE	Conformite European
CoCoSo	Combined Compromise Solution
CoCoSo-G	Grey Combined Compromise Solution
CODAS	Combination distance-based assessment
COPRA	complex proportional assessment
COVID-19	Corona Virus Disease
CRITIC	Criteria Importance Through Intercriteria Correlation
ÇKAV	Çok Amaçlı Karar Verme
ÇKKV	Çok Kriterli Karar Verme
ÇNKV	Çok Nitelikli Karar Verme
DEA	Data Envelopment Analysis
DEMATEL	Decision Making Trial and Evaluation Laboratory
DSÖ	Dünya Sağlık Örgütü
EAMR	Evaluation by an Area-based Method of Ranking
EDAS	Evaluaiton based on Distance From Average Solution
ELECTRE	Elimination Et Choix Traduisant la Réalité
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis
FPP	fuzzy preference programming
FTOPSIS	Fuzzy Technique for order of Preference by similarity to ideal solution
FUCOM	Full Consistency Method
G7	Group of Seven
GKI	Global Knowledge Index
IDOCRIW	The Integrated Determination of Objective CRITERIA Weights
ISO	International Organization for Standardization
IVIFS	Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Set
LBWA	level based weight assessment
MABAC	multi-attributive border approximation area comparison
MAIRCA	MultiAtributive Ideal-Real Comperative Analysis Measurement of Alternativesand Ranking according to Compromise Solution
MARCOS	
MCDM	Multi Criteteria Decision Making
MCRAT	Multiple Criteria Ranking By Alternative Trace
MDR	Medical Device Regulation
MEREC	Method based on the Removal Effects of Criteria

MODM	Multi-Objective Decision Making
MOORA	Multi Objective Optimization on the basis of ratio analysis
OECD	Organisation for Economic Co-Operation and Development
PCA	Principal Component Analysis
PF-AHP	Pythagorean fuzzy analytic hierarchy process
PIPRECIA	Pivot Pairwise Relative Criteria Importance Assesment
QFD	Quality Function Deployment
q-ROF	q-Rung Orthopair Fuzzy
ROC	Rank Order Centroid
ROG	Radius of Gyration
RS	Remote Sensing
SD	Standard Deciation
SF-AHP	Spherical Fuzzy Analytic Hierarchy Process
SF-WASPAS	Spherical Fuzzy Weighted Aggregated Sum Product Assessment
SMAA	Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis
SMART	Simple Multi-Attribute Rating Technique
SWARA	Step-Wise Weight assessment ratio anlaysis
TFHS	Triangular fuzzy hesitant sets
TOPSIS	Technique for order of Preference by similarity to ideal solution
VIKOR	višekriterijumsko kompromisno rangiranje
VMI	Vendor-Managed Inventory

1. GİRİŞ

Tıbbi cihaz sektörü çeşitli dinamikleri içinde barındıran ve dünyada hızla gelişen bir sektördür. Geliştirilen teknolojiler, sağlık hizmetlerinde teşhis ve tedavi uygulamalarına bağlı olarak devamlı gelişim göstermektedir. Bu değişime ayak uydurabilmeleri, artan rekabet ortamında varlıklarını sürdürebilmeleri için tıbbi cihaz üreticilerinin sürekli iyileştirme faaliyetleri içerisinde olmaları gerekmektedir. Süreçlerin; verimli yürütülmesi, kesin ve etkili sonuçlar verebilmesi için sürekli iyileştirme faaliyetleri içerisinde olmaları gerekir Firma süreçlerini gözden geçirmeli, bir problem tespitinde gerekli aksiyonları alarak uygulamaya geçebilmeli, daha sonrasında, uyguladığı faaliyetlerin etkisini ve verimliliğini kontrol edebilmelidir. Endüstriyel alanda üretim yapan birçok firma için gerekli olan bu süreç ürün güvenliği ve kalitesinin direkt olarak insan hayatına etkisi düşünüldüğünde tıbbi cihaz sektöründe daha da önem kazanmaktadır.

Tıbbi cihaz üretimi yapan firmalarda ürünün tıbbi cihaz olmasının getirdiği yasal gereklilikler, kalite süreçleri kapsamında standartlar ve yönetmelikler çerçevesinde, onaylanmış kuruluş ve yetkili otoritelerce takip edilmektedir. İmalatçı cihazlarını piyasaya arz ederken veya hizmete sunarken cihazlarının ilgili Tüzük'ün gereklilikleri uyarınca tasarlanmış ve imal edilmiş olmalarını sağlamakla yükümlüdür. İlgili AB mevzuatı ve bu mevzuata uyumlu Sağlık Bakanlığı'nın yayınladığı yönetmeliklerde imalatçının yükümlülükleri belirtilmektedir. Medical Device Regulation 2017/45 (MDR 2017/45) sonrasında bu gereklilikler daha da artmış ve kalite yönetimi kritik önem kazanmıştır. MDR 2017/45 ile birlikte artan maliyetler ve yükümlülükler tıbbi cihaz üreticilerini süreçlerini sorgulamaya itmiştir. Tüm yasal gereklilikleri yerine getirirken aynı zamanda müşteri isteklerinin karşılanmasını sağlayabilmek üreticilerin pazar kaybı yaşamamaları için kritik hale gelmektedir. Üreticinin faaliyetleri ile müşteri beklentilerinin uyumu faaliyet başarısı için oldukça önemlidir.

2.06.2021 tarihli ve 31499 Mükerrer sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan Tıbbi Cihaz Yönetmeliği'ne göre, bir teşhis ya da tedavinin parçası olarak insan üzerinde endikasyon belirterek kullanılan, kullandıkları bölgelerde etkilerini fiziksel ya da mekanik yollarla gösteren ürünler tıbbi cihaz olarak değerlendirilmektedir. Tıbbi cihazlar, tanımında da belirtildiği üzere insan hayatına ve halk sağlığını etkileme potansiyeli olan riski yüksek

ürünlerdir. Bu nedenle bu cihazların bir tıbbi cihaz olmasının getirdiği yasal gereklilikler, standartlar ve yönetmelikler çerçevesinde onaylanmış kuruluşlar ve yetkili otoritelerce takip edilmektedir. Üreticilerin Avrupa Birliği (AB) üyesi ülkeler arasında ürünlerinin serbest dolaşımını sağlamak amacıyla ilgili AB mevzuatının şartlarını yerine getirmeleri gerekmektedir [1].

Tıbbi cihaz ve ekipmanlar kaliteli bir sağlık hizmeti için çok önemlidir. Bu amaçla, tıbbi cihaz üreticilerinin ilgili mevzuat ve standart gerekliliklerine uygun üretim yapıyor olması gerekir. Kalite yönetim sisteminin etkili bir şekilde yürütülmesi, bir üreticinin ürün ve hizmet kalitesini sürdürmesi ve iyileştirmesi için her zaman iyi bir strateji olarak görülmüştür [2].

Tıbbi cihazlarda kalite yönetim sistemi “ISO 13485 – Tıbbi Cihazlar Yönetim Sistemi” standardına uygun olacak şekilde yürütülmektedir. Bu standart, “ISO 9001 – Kalite Yönetim Sistemi” standardının tıbbi cihazlara uyumlaştırılmış versiyonu olarak tanımlanabilir. Medikal sektörde faaliyet gösteren kuruluşlar için kalite sistem şartlarını ortaya koyar. Kalite yönetim sisteminin etkin yürütülmesi ürün güvenliği ve performansını direkt olarak etkiler.

Ürün güvenliği ve performansından ödün vermeden müşteri isteklerine karşılık verebilmek üreticiler için oldukça önemlidir. Tıbbi cihaz üretiminde ürün güvenliği, hasta ve kullanıcı sağlığı düşünülerek bütün olarak değerlendirilmekte hammadde alımından itibaren ürün sınıfına bağlı olarak satış ve sonrasındaki takibine kadarki süreç izlenebilirlik olarak değerlendirilmektedir. İzlenebilirlik, siparişin geldiği anda başlar ve satışına ve sonrasında imhasına kadar devam eder. İlk kritik adımı ise hammadde/ yarı mamul tedarikçidir. Tedarikçi seçimi, ürün kalitesini ve güvenliğini doğrudan etkileyen unsurlardır. Hammadde/ yarı mamul tedarikçi firmanın kaynaklarının büyük bir kısmını kullanır ve organizasyonun başarısı için çok önemlidir. Diğer yandan ürün tıbbi cihaz olması bazı yasal gereklilikleri de beraberinde getirmektedir. Bu gereklilikler yetkili otoriteler ve onaylanmış kuruluşlarca denetlenmektedir. MDR 2017/45 sonrasında bu gereklilikler daha da artmış ve tedarikçi seçimi kritik önem kazanmıştır. Bu nedenle organizasyonun başarısı firmanın yalnızca satış rakamları ve kar oranları ile değil, ürün kalitesi ve izlenebilirlikteki başarısı ile de ölçülmektedir.

Bu çalışmada, tıbbi cihaz üretimi yapan bir firmada zamanında teslimat, daha kısa termin süresi gibi müşteri isteklerinin karşılanamadığı tespit edilmiş, teslim sürelerinin

arttığı gözlemlenmiştir. Teslim süresinin artış sebepleri üzerinde yapılan değerlendirmede tedarikçi seçiminin etkin yürütülemediği tespit edilmiştir. Tedarikçi seçiminde oldukça etkili olan kriterlerin çeşitliliği ve birden fazla alternatif arasından en doğru seçimi yapmak kolay değildir. Çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri birden fazla sayıda kriter ve alternatife sahip problemlere uygun çözüm önerisi getiren yöntemlerdir. Ele alınan tedarikçi seçimi probleminde ise tedarikçilerin sıralanması için yeni nesil ÇKKV yöntemlerinden birisi olan CoCoSo önerilmiştir. Tedarikçi seçim kriterlerinin ağırlıklandırılması için de MEREK ağırlıklandırma yöntemi kullanılmıştır.

Çalışmanın sonraki bölümlerinde ilk olarak literatür araştırması üzerinde durulmuştur. Sonrasında önerilen yöntem tanıtılmıştır. Akabinde vaka çalışmasının sunulduğu uygulama bölümü yer almaktadır.

1.1. Çalışmanın Katkısı

Bu çalışmanın mevcut literatüre katkısı aşağıdaki gibidir:

- I. Bu çalışma tıbbi cihaz üreticisinde tedarikçi seçimi problemini kapsamlı bir şekilde ele almıştır. Yapılan literatür çalışmasında sağlık endüstrisinde tedarikçi seçim problemlerinin olduğu ancak tıbbi cihaz sektöründe yapılan çalışmaların yetersiz olduğu görülmüştür. YÖK Tez Arama üzerinde yapılan değerlendirmede, tedarikçi seçimi ile ilgili 174 çalışma olduğu ve bunların yalnızca 4 tanesinin sağlık sektörünü kapsadığı görülmüştür. Sağlık sektörü her ne kadar tıbbi cihaz sektörü ile iç içe geçmiş sektörler olsalar da farklı iki endüstri olduğu da atlanmamalıdır. Yapılan çalışmanın bu anlamda literatüre katkı sağlayacağı öngörülmektedir.
- II. MEREK-CoCoSo yöntemlerinin farklı alanlarda birlikte kullanıldığı görülse de, tıbbi cihaz sektöründe tedarikçi seçimi için MEREK-CoCoSo yöntemi ilk kez uygulanmaktadır.
- III. Kriterler belirlenirken MDR 2017/45 ile birlikte üreticilerin tedarikçilerin kalite belgelerine sahip olmaları ve bu belgenin mevcudiyet yılı dikkate alınmıştır. Tedarikçi seçiminde literatürde karşılaşılan kriterlerden farklı olarak sonraki çalışmalarda dikkate alınması beklenen bir kriter değerlendirmeye alınmıştır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu çalışma tıbbi cihazlarda tedarikçi seçimi problemini ele almaktadır. Tedarikçi seçim problemleri birçok kriterin değerlendirildiği bir süreci kapsamaktadır. İmalatçı, cihazlarını piyasaya arz ederken veya hizmete sunarken cihazlarının ilgili tüzüğün gereklilikleri uyarınca tasarlanmış ve imal edilmiş olmalarını sağlamakla yükümlüdür. MDR 2017/45 ile birlikte ürün güvenlik ve performans gerekliliklerinin maliyetleri ve belgelendirme maliyetlerinde ciddi bir artış gözlemlenmektedir. Bu durum küçük ve orta ölçekli üreticiler başta olmak üzere tüm tıbbi cihaz üreticilerini ciddi oranda etkilemektedir. CE belgesi gereken tüm ülkelerde yaşanan bu durum ülkemizde yaşanan ekonomik kriz ile birlikte daha da vurucu hale gelmiştir. Maliyetlerdeki artışın yanında onaylanmış kuruluş sayıları azalmış bu durum az sayıdaki onaylanmış kuruluşlara başvurularda yığılmaya ve beraberinde belgelendirme sürelerinin uzamasına neden olmuştur. Bu koşullarda devam etmeye karar veren üretici için maliyet ve zaman kritik önem kazanmıştır. Sürecin titizlikle incelenmesi hata ve ihmal olasılığının minimize edilmesi üretici için zorunluluk haline gelmiştir. Bu gerekliliklerin ve firma kriterlerinin getirdiği tüm etkenler karar verme sürecini zorlaştırmaktadır. Bu nedenle, belirlenen problemin çözümünde birden fazla kriterin dikkate alındığı durumlarda karar vermek için kullanılan ÇKKV yöntemleri üzerinde durulmuştur.

Karar verme, birden fazla alternatifin arasında seçim yapma eylemidir. Alternatiflerin sayısı arttıkça karar verme süresinin artması muhtemeldir. Bununla birlikte verilen kararın doğruluğu her zaman tartışmalı bir konudur.

Son yıllarda oldukça dikkate alınan Çok Kriterli Karar Verme, disiplinler arası oldukça kullanılan bir alandır. Çok nitelikli karar verme (ÇNKV) ve çok amaçlı karar verme (ÇAKV) olarak iki kategoride değerlendirilir. ÇNKV sınırlı sayıda ve önceden belirlenmiş alternatiflerin içerisinde en iyi alternatifin seçiminde kullanılmaktadır. ÇAKV ise sonsuz ya da çok geniş seçenekler arasında seçim yaparken kullanılır. Birden fazla hedefi optimize ederek karar vericilerin ihtiyacına yönelik çalışma sağlar [3].

E. Roszkowska, çalışmasında Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinin değerlendirme adımlarından bahsetmiş ve bu adımlar şunlardır:

- i. Alternatiflerin ve kriterlerin tanımlanması

ii. Her ölçüt için ağırlıkların belirlenmesi

iii. Bireysel performans puanlarının ataması

iv. Alternatiflerin, tüm kriterler üzerindeki toplam performanslarının değerlendirilmesi [4].

Araştırmacılar süreç içerisinde bu dört adımı geliştirmeye ve farklı ihtiyaçları karşılamaya yönelik çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. Bu adımlardan kriter ağırlıklandırma da üzerinde çokça çalışma yapılan bir alandır. Bu amaçla oluşturulan yöntemler zamanla subjektif, objektif ve hibrit ağırlıklandırma yöntemleri olarak üç kategori altında toplanmıştır. Alfares ve Dufuaa yaptıkları çalışmada, öznel yöntemlerde en büyük dezavantajın kriter sayısının artışının tercihlerin doğruluğu üzerinde negatif bir etki oluşturması olduğundan bahsetmiştir [5]. Objektif yöntemlere geldiğimizde kriter ağırlıklarının belirlenmesinde karar vericilerin bir etkisinin olmadığı belirtilmiştir [6]. Hibrit yöntemler ise subjektif ve objektif yöntemlerin birlikte kullanılmasına dayalı yöntemlerdir.

Çok kriterli karar verme yöntemleri, birden fazla kriterin dikkate alındığı karar verme süreçlerinde kullanılan tekniklerdir. Bu yöntemler, bir kararın verilmesi için birden fazla kriterin dikkate alınması gerektiği durumlarda kullanılır. Bazı çok kullanılan karar verme yöntemleri arasında Analytic Hierarchy Process (AHP), Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS), Elimination Et Choix Traduisant la Réalité (ELECTRE), Decision Making Trial and Evaluation Laboratory (DEMATEL) gibi yöntemler yer alır:

- AHP; Bu yöntemde, her bir kriterin ve alternatifin performansının değerlendirilmesi için matematiksel bir yapı oluşturulur ve bu yapı kullanılarak en iyi alternatif belirlenir.
- TOPSIS ; karar vericinin belirli bir amaç için bir dizi alternatif arasından seçim yapmasına yardımcı olan bir yöntemdir. Bu yöntemde, alternatiflerin her kriter için performansı hesaplanır ve en iyi alternatif belirlenir.
- ELECTRE ; Bu yöntem, alternatiflerin farklı kriterler altında performanslarının ölçüldüğü bir karar verme süreci için tasarlanmıştır. Alternatiflerin birbirleriyle karşılaştırılması ve seçilmesi için bir karar matrisi kullanılır.

- DEMATEL (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory); bir sistemi oluşturan farklı faktörlerin birbirleriyle olan etkileşimlerini analiz etmek için kullanılan bir yöntemdir.

Bu yöntemlerin seçimi, karar verici tarafından dikkate alınan faktörlere ve karar verme sürecine bağlıdır.

Yeni nesil çok kriterli karar verme yöntemlerine geldiğimizde, geleneksel yöntemlerin bir adım ötesine geçerek, karar verme sürecinde daha fazla karmaşıklık, belirsizlik ve belirsizlikle başa çıkmak için tasarlanmıştır. Bunlara örnek olarak yaygın kullanılan, Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (Bulanık AHP), Gri İlişkisel Analiz, Çok Amaçlı Karar Verme (ÇAKV) ve Veri Zarflama Analizi verilebilir. Bu yeni nesil çok kriterli karar verme yöntemleri, geleneksel yöntemlere göre daha esnek, dinamik ve belirsizlikle başa çıkabilme yeteneğine sahip olduğu için, günümüzde birçok sektörde kullanılmaktadır.

ÇKKV yöntemlerinin yaklaşık 50 yıllık geçmişi düşünüldüğünde oldukça kısa bir geçmişe sahip olduğu görülmektedir. Bu süre içerisinde araştırmacılar arasında oldukça popüler hale gelmiştir [3].

ÇKKV, yöneylem araştırmasında sıklıkla kullanılan bir alandır [7]. Çok nitelikli ve çok amaçlı karar verme terimleri sıklıkla bu alanda kullanılmaktadır. ÇKAV, bir dizi çelişkili hedefin aynı anda gerçekleştirilemeyeceği durumlarda kullanılan bir yaklaşımdır. Genelde karar vericinin tercihlerini ve hedefler ile nitelikler arasındaki ilişkileri dikkate alır. Çok Nitelikli Karar Verme (ÇNKV) ise, ölçülebilir özelliklere göre karakterize edilen farklı biren fazla alternatif arasından bir seçim yapma problemi ile ilgilidir. Bu yöntem, kriter önelliğinin varlığı nedeniyle nitel bir yaklaşımdır [8].

ÇNKV sınırlı sayıda ve önceden belirlenmiş alternatiflerin içerisinde en iyi alternatif seçiminde kullanılmaktadır. ÇAKV ise sonsuz ya da çok geniş seçenekler arasında seçim yaparken kullanılır. Birden fazla hedefi optimize ederek karar vericilerin ihtiyacına yönelik çalışma sağlar [3].

Kriterlerin ağırlıklandırması bazı avantaj ve dezavantajı beraberinde getirmektedir. Kriter ağırlıklandırmasının farklı bakış açıları ile zenginleştirilmesi avantaj olarak gösterilebilirken, bu bakış açılarının ağırlıklandırmayı yapan kişilerin bilgi ve bakış açıları ile sınırlı bir çerçevede ilerlemesi ise dezavantaj olarak gösterilebilir [9].

Son yıllarda oldukça dikkate alınan ÇKKV yöntemleri, disiplinler arası oldukça kullanılan bir alandır.

Azhar ve ark. 2021 yılında yayınlanan çalışmalarında problemi ÇKKV yöntemleri ile küçük parçalara bölerek daha net görülebileceğini öne sürmüşlerdir. ÇKKV yöntemleri işletme, ekonomi, tıp, çevre ve enerji gibi birçok alanda uygulanabilmektedir. Bu yöntemlerin doğru entegrasi karar vericilerin sağlam sonuçlar elde etmesine yardımcı olur [10]. ÇKKV yöntemleri bu özellikleri ile tedarikçi seçimi problemleri için uygun çözüm önerileri sunmaktadır.

2.1. Tedarikçi Seçimi

ÇKKV yöntemleri, birçok kriterin dikkate alındığı durumlarda karar vermek için kullanılmaktadır. Bu çalışmada ele alınan tedarikçi seçimi de birçok kriterin değerlendirildiği bir süreçtir. Bu nedenle, ÇKKV yöntemleri, tedarikçi seçiminde kullanılabilecek etkili bir araç olarak görülmektedir. Bu yöntemler, tedarikçilerin performanslarını değerlendirmek için birden fazla kriteri kullanarak karar verme sürecini daha bilimsel ve objektif hale getirmektedir. Ayrıca, tedarikçi seçiminde karar verme sürecini daha sistematik ve verimli hale getirirler. Bu şekilde düşünen birçok araştırmacı, tedarikçi seçim problemlerini çözümlmek için sıklıkla ÇKKV yöntemlerinden faydalanmışlardır. Azhar ve ark. yayınlarında ÇKKV yöntemlerinin tedarikçi seçimlerinde kullanılabilecek bir yöntem olduğundan bahsetmişlerdir [10]. Yazdani ve ark. ise benzer yaklaşımları ÇKKV yöntemlerini yeşil tedarik zinciri yöntemine odaklanılan çalışmalarında uygulamışlardır [11].

Zaman içerisinde problemin ihtiyacına yönelik çalışmalar artmış, yeni yöntem önerileri ve farklı kullanım alanları akademik çalışmalara konu olmuştur. Bu alanda en yaygın kullanılan yöntemler arasında, AHP, TOPSIS ve VIKOR örnek gösterilebilir.

Tedarikçi seçimi, bir şirketin başarısı ve sürdürülebilirliği için son derece önemlidir. Doğru tedarikçi seçimi, şirketlerin müşterilerine yüksek kaliteli ürün ve hizmetler sunmalarına, maliyetleri düşürmelerine ve rekabet avantajı elde etmelerine yardımcı olabilir.

Liao ve Kao, doğru tedarik seçiminin satın alma maliyetini düşürerek rekabet şartlarında firmayı ileriye taşıyacağına ve müşteri memnuniyetini arttıracığı görüşünde olduklarını belirtmişlerdir [12].

Bai ve Sarkis, 2010 yılında yayınladıkları çalışmada tedarikçi seçim yönetimi ve firma içerisindeki uygulamaların başarısının firmanın değerini ve kamu imajını endüstriyel anlamda desteklemek için oldukça önemli olduğunu vurgulamışlardır [13].

Behzadian ve ark. 2012 yılında tedarikçilerin artan rekabet şartlarında ürün üretimindeki etkisinden ve toplam ürün maliyetlerinin %80'inin satın alınan malzeme ve hizmetlerin oluşturduğundan bahsetmiştir [14].

Başkese ve Şakra, tedarikçi seçimini, firmaların tedarikçilerin potansiyelinin uzun vadede şirkete katkısı düşünülerek aldıkları stratejik bir karar olarak belirtmişlerdir [15].

Jain ve ark. 2018 yılında yaptıkları çalışmada günümüzde tedarikçi seçiminin geçmiş yıllara oranla çok daha fazla kritere bağlı değerlendirilmesi gerekliliğini vurgulamış, firmaların bu kriterleri kendi stratejilerine göre gözden geçirmesinin önemini vurgulamıştır. Ayrıca bu değerlendirmelerin sektörden sektöre farklılık göstereceğini dolayısıyla firmaların tedarikçi seçim yöntemlerini uygularken tek bir doğru strateji olmadığının farkında olmaları gerektiğinin altını çizmişlerdir [16].

Jain, Banejee ve ark. tedarik zincir yönetiminin başarısının önemini farkına varıp bu konuda gelişmeye açık olan firmaların rekabet avantajı elde ederek küresel pazarda başarılı olacakları görüşündedir [17].

Kuruluşların en kritik ve kompleks kararlardan birinin doğru tedarikçiyi seçmek ve bu seçimin tedarik zinciri yönetiminin en önemli adımı olduğundan bahsetmiştir [18].

Li ve ark, bir tekstil üreticisinde tedarikçi seçim problemine DEMATEL tabanlı ANP yöntemi kullandıkları bir yöntem önerisi sunmuş, firmaların hammadde alımına sermayelerinin yaklaşık %65-70'ini ayırdıkları belirtmişlerdir [19]. Bu durum tedarikçi seçiminin önemini vurgular niteliktedir.

Rashidi ve ark. tedarikçi seçiminin kuruluş içerisinde birbirinden farklı konularda etkilerinin olduğundan bahsetmiş. Toplam kalite yönetimi, satın alma, stratejik ilişkiler kurma, müşteri ilişkileri, envanter ve üretim planlama, performans, nihai ürüne etkisi olmak üzere birçok konuda doğrudan etkisi olduğunu ve bu etkinin yapılan çalışmalar ile

kabul edildiğini belirtmiş, ilgili literatürleri çalışmasında sunmuştur. Rashidi ve ark yine aynı makalede sağlık hizmetleri endüstrilerinde tedarikçi seçimi uygulamaları alanındaki çalışmaların eksikliğinden bahsetmiştir [20].

Tedarikçi seçiminin önemi, firma içerisindeki farklı proseslerin farklı aşamalarında tedarikçi seçiminin kritik öneme sahip olduğunun farkına varılması ile vurgulanmaktadır. Tıbbi cihazlarda tedarikçi seçimine gelindiğinde ürünlerin direkt olarak insan hayatını etkilediği göz önüne alındığında bu önem daha da artmaktadır. Üretimi yapılan ürünün hammadde seçimi ürün güvenliği ve performansını doğrudan etkileyen önemli bir unsurdur. Müşterilerin taleplerinin artması ile birlikte firmanın bu talebe karşılık verebilmesi için tedarik miktarının artırması gerekir. Bu durum tedarikçiler ile ilişkilerin çok daha bağımlı hale gelmesine neden olur. Bu durum tedarik sürecinin etkin yürütülebilmesinin önemini vurgular niteliktedir.

Manucharyan 2021 yılında yaptığı literatür derlemesinde, iyi tedarikçi seçiminin öneminin son zamanlarda arttığını vurgulamıştır. Bunun en büyük sebebinin firmaların bu konudaki bilinçlerinin artmasından kaynaklandığını düşünmektedir. Organizasyon becerisini arttırmak, artan rekabet ortamına uyum sağlamak ve müşteriler için değeri en üst seviyeye arttırmak amacıyla firmaların tedarikçileri ile işbirliği içine girmeye başladığından bahsetmiştir. Yeni dönem tedarikçi sistemine ayak uydurmak isteyen firmaların bakış açısı bu yönde değişmiş çeşitli kriterleri göz önünde bulundurarak karar verme süreçlerini gerçekleştirmeye başlamışlardır [21].

Firmalarda bu alanda bilinç arttıkça tedarikçi seçimi kararı sadece maliyet temelli bir seçim olmaktan çıkmış çok kriterli bir problem haline gelmiştir. Tedarikçi seçim problemlerinde ÇKKV yöntemlerinin kullanımı artmıştır.

Yapılan literatür araştırmalarında sağlık sektöründe tedarik yönetimi ile ilgili çalışmalar olsa da tıbbi cihaz endüstrisinde tedarik yönetimi ile ilgili çalışmaların yetersiz olduğu görülmüştür. Geliştirmeye ihtiyaç duyulan bir alan olduğu sonucuna varılmıştır.

Tedarikçi seçimi yapılırken nelere dikkat edilmesi gerektiği ise ayrı bir araştırma konusudur. Sektörün ve firmanın ihtiyaçlarına, beklentilerine ve vizyonuna göre değişiklik gösterebilmektedir. Kriterlerin doğru belirlenmesi tedarikçi seçiminin başarılı olabilmesi için oldukça kritik bir adımdır. Tıbbi cihaz endüstrisine geldiğimizde ise ürün kalitesi ve

güvenliğini etkileyen bu adımın etkin yürütülmesi oldukça önemlidir ve bu alan araştırmacılar için araştırma konusu olmuştur.

Tıbbi cihaz sektörü COVID-19 sonrası önemi en çok vurgulanan sektörlerden biri olmuştur. Bu durum beraberinde tedarik zincirinde yaşanan problemlerin üzerinde araştırmacıları çalışmaya itmiştir. Tedarik zincirinde yaşanan problemlerin başında tedarikçi seçim problemi gelmektedir [22].

Ghadimi ve Heavey 2014 yılında yayınladıkları makalede literatürde tıbbi cihaz endüstrisinde tedarikçi seçiminin neredeyse ihmal edildiğinden bahsetmişlerdir. Literatürde mevcut olan kriterlerin tıbbi cihaz sektöründe tedarikçi seçimi için %100 uygun olmayabileceğinden bilgisini vermişlerdir. Sürdürülebilir tedarikçi seçimi üzerine bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Ghadimi yaptığı çalışmada tedarikçi seçim probleminin tedarik zincir yönetimi için en önemli araştırma konusu olduğunu vurgulamıştır. Yazarlar tıbbi cihaz sektöründe tedarikçi seçimi üzerine yapılan çalışmaların sayıca az olmasının firmaların gizlilik kaygısından kaynaklandığını öne sürmüştür. Yaptıkları çalışmada tedarikçi seçim sürecinin adımların; potansiyel tedarikçileri belirleme, kriter ve alt faktörlerin belirlenmesi, firma gerekliliklerinin toplanması ve toplanan gerekliliklerin sınıflandırılmasının ardından son olarak potansiyel tedarikçilerin sıralanması olarak uygulamışlardır. Ghadimi ve Heavey bu çalışmada sürdürülebilir tedarikçi seçimini çevresel, ekonomik ve sosyal ana başlıkları altında değerlendirmişlerdir. Bunun yanında tıbbi cihaz üreticisi firmanın ISO 13485-Kalite Yönetim Sistemi Standardının getirdiği gerekliliklerini yönetmelik, şirketin ürün üzerindeki sorumlulukları, satış sonrası izlenebilirlik, depolama ve lojistik başlıkları altında değerlendirmişlerdir [23].

Ghadimi ve arkadaşlarının 2019 yılında yaptıkları çalışmada, Multi-Agent System (MAS) yöntemi geliştirmiş tıbbi cihaz üreticisi üzerinde bu yöntemin uygulamasını göstermiştir [24].

Günümüzde tıbbi cihaz sektörünün bağlı olduğu yasal yükümlülükler çerçevesinde tüketicilerin değişen tutumları ile birlikte firmaların bakış açıları değişmiş, yalnızca finansal kâr odaklı çalışmaların yeterli olmadığı anlaşılmıştır.

Forouzeshnejad 2023 yılında yaptığı çalışmada, tıbbi cihaz endüstrisinde çeviklik ve sürdürülebilirlik için en önemli kriter olarak çeviklik ve sürdürülebilirliğin öncelikli

olduğuna ve esneklik, maliyet, güvenilirlik, akıllı fabrika ve kalitenin iste akabinde belirlenen önemli kriterler olduğu çıkarımını yapmıştır [25].

Tıbbi cihaz sektöründe üretim yapan tüm şirketlerin ISO 13485- Kalite Yönetim Sistemi Standardı'na uymaları gerekmektedir. Bu standart üreticilerin, önceden onaylanmış bir liste üzerinden tedarikçi seçimi yapmalarını gerektirir. Bu durum, firmaların, yetkili kuruluşlarca kabul edilen, onaylı tedarikçiler listesinin dışına çıkılamayacağı anlamına gelerek, üreticileri kısıtlar niteliktedir.

Tıbbi cihaz sektöründe tedarikçi seçimi bu nedenle oldukça kritiktir. Tedarikçi seçimi sürecinde karar verme, birçok kriter kullanılması ve bu kriterlerin birbirleri ile çelişmesi nedeniyle kolay bir süreç değildir.

Tablo 2.1 Farklı sektörlerde Tedarikçi Seçim Kriterleri ve Yöntemleri

Sıra	Yazar	Alan	Yöntem	Kriterler	Referans
1	Song ve ark. 2017	Güneş Enerjisi, Klima Üreticisi	İkili karşılaştırma, DEMATEL (karar verme deneme ve değerlendirme laboratuvarı)	<u>Ekonomik kriterler:</u> Kalite, teslimat, maliyet fiyatı. <u>Çevre kriterleri:</u> Çevre yönetim sistemi, kaynak tüketimi, çevre dizaynı, azaltın- yeniden kullanın ve geri dönüştürün <u>Sosyal Kriterler:</u> İş sağlığı ve güvenliği, çalışan hakları ve refahı, eğitim ve toplum gelişimi	[26]
2	Nguyen ve ark. 2022	Çelik imalat endüstrisi	Veri Zarflama Analizi SF-AHP (küresel bulanık analitik hiyerarşi süreci), SF-WASPAS (küresel bulanık ağırlıklı toplam ürün değerlendirilmesi)	<u>Ekonomik kriterler:</u> Üretim tesisleri, teknolojik ve finansal yeterlilik, teslim süresi, esneklik, nakliye maliyeti, teslimat, ürün fiyatı, kalite. <u>Çevresel kriterler:</u> Çevresel maliyetler, Çevre Yönetim Sistemleri, Yeşil ARGE ve yenilik. <u>Sosyal Kriterler:</u> Sağlık ve güvenlik, müşteri memnuniyeti, paydaşların memnuniyeti, çalışanların çıkarları ve hakları	[27]
3	Banaeian ve ark. 2018	Tarım- Gıda Endüstrisi	TOPSIS, VIKOR ve GRA	Zamanında teslimat, satış sonrası servis, tedarik kapasitesi, kalite, fiyat	[28]
4	Abdel-Basset ve ark. 2018	Dağıtım Şirketi	DEMATEL	Maliyet, teslimat süresi, kalite, yenilik, itibar, konum, müşterilere yanıt	[29]
5	Yazdani ve ark. 2017	Gıda Endüstrisi	DEMATEL, QFD (Kalite Fonksiyon Yönelimi) , COPRA (karmaşık orantılı değerlendirme)	Fiyat, kalite, teslimat performansı, markalaşma, itibar, esneklik, maliyet	[11]

6	Memari ve ark. 2019		TOPSIS	<p><u>Ekonomik kriterler:</u> Kalite, esneklik, fiyat, teslim süresi, ilişki, maliyet, teknik yeterlilik, lojistik maliyetler, tersine lojistik, ret oranı.</p> <p><u>Çevresel kriterler:</u> Çevre yönetim sistemi, kaynak tüketimi, ekotasarım, geri dönüşüm, ekolojik etkilerin kontrolü, atık su, enerji tüketimi, yeniden kullanım, hava emisyonları, çevresel davranış kuralları.</p> <p><u>Sosyal kriterler:</u> Paydaşların katılımı, personel eğitimi, sosyal yönetim taahhüdü, sağlık ve güvenlik, paydaş ilişkileri</p>	[30]
7	Željko Stević ve ark.	Sağlık Endüstrisi	MARCOS	Fiyat, kalite, ürün yelpazesi genişliği, zamanında teslimat, yenilikçilik, organizasyon ve yönetim, güvenilirlik, itibar, iş ve işçi güvenliği, bilgi tedariği, çalışan hakları, eğitim, yasaya uyum, çevresel yeterlilikler, çevre yönetim sistemi, geri dönüşüm, kirlilik Kontrolü, yeşil ARGE, yeşil ürün, sahip olunan ISO Standardı sayısı.	[31]
8	Alireza Fallahpour ve ark. , 2017	Tekstil	Anket, FPP, FTOPSIS	Maliyet, kalite, tedarik ve servis, esneklik, çevre yönetim sistemi, yeşil ürün, yeşil depolama, ekotasarım, yeşil taşıma, yeşil teknoloji, çalışan hakları, iş sağlığı ve güvenliği, destekleyici aktiviteler.	[32]
9	Morteza Yazdani ve ark. 2019	İnşaat	DEMATEL, BWM, CoCoSo-G	Tasarım, sera gazı kirliliği, dağıtım ve esneklik, yanıt verebilirlik ve iletişim, mali durum, teklif edilen fiyat, çevre yönetim sistemi.	[33]
10	Vipul Jain ve ark, 2016	Otomativ	AHP, TOPSIS	Ürün kalitesi, fiyat, ilişki kalitesi, üretim kapasitesi, zamanında teslimat, garanti, çevre performansı, tedarikçi marka ismi.	[16]
11	Morteza Yazdani ve ark. 2020	Sağlık Endüstrisi	DEMATEL, BWM	Fiyat, envanter kapasitesi, parti hacmi, esneklik, teknoloji kullanımı, kalite.	[34]
12	Detcharat Sumrit, 2020	Sağlık Endüstrisi	VMI FUZZY DELPHI SWARA COPRAS	Geçmiş teslimat performansı, kurumsal güven, yatırım maliyeti, bilgi alışverişi ve paylaşımı, devamlı gelişme, tedarik zinciri süreç entegrasyonu, bilgi teknolojileri hazırlığı, ayrılmış kaynaklar, uzamsal karmaşıklık, ön bilgi ve deneyim, risk/ödül paylaşı	[35]
13	Göncü ve Çetin 2022	Sağlık işletmeleri	DEMATEL ANP	Fiyat, kalite, lojistik, İSG	[36]

2017 yılından itibaren tedarikçi seçiminde kullanılan yöntem uygulamalarını içeren makaleler incelenmiş, farklı alanlarda tedarikçi seçiminde kullanılan yöntemler ve kriter seçimleri değerlendirilmiştir. Seçilen çalışmalar alan, yöntem ve kriter bazında Tablo 2.1’de değerlendirilmiştir.

2.2. MEREC

Her kriterin teorik olarak belirli bir öneme ve değere sahip olduğu kabul edilir. Bu konu yıllar içerisinde dikkat çeken bir araştırma konusu olmuş, araştırmacıları kriter ağırlığı belirleme üzerine çalışmaya itmiştir. Bu çalışmalar sonucunda birçok teknik geliştirilmiştir. Son araştırmalar subjektif, objektif ve hibrit ağırlıklandırma yöntemleri olmak üzere üç kategoriye ayrılabilen bu teknikleri ortaya koymaktadır [9].

- I. Subjektif Yöntemler; Genellikle karar vericilerin algılarına, bilgi düzeylerine ve teknik yeteneklerine bağlı olarak oluşturulan karar kriterlerinin öznel nedenlerle belirlenmesi ile elde edilen yöntemlerdir [37].

AHP, Delphi, DEMATEL, SMART gibi yöntemler subjektif ağırlıklandırma yöntemlerine örnek verilebilir.

Bu yöntemlerin en zayıf noktası, kriter sayısının artması ile yöntem başarısının azalması olarak gösterilebilir [5].

- II. Objektif Yöntemler; Bu yöntemlerde kriter ağırlığı öznel nedenlerden etkilenmez. Karar vericilerin kararları dışarı bırakılır [38]. Karar matrisi üzerinden yapılan hesaplamalar ile ağırlıklandırma işlemi gerçekleştirir. Ölçülebilir değerlere dayandığından doğruluğu ile ilgili şüphelere yer bırakmaz. Subjektif yöntemlerin uygulanmadığı durumlarda, karar vericilerin etkisi devre dışı bırakılmak istendiğinde tercih edilir [37].

Entropy, TOPSIS, CRITIC, SD (Standard Deviation), MEREC objektif ağırlıklandırma yöntemlerine örnek gösterilebilir [6].

- III. Hibrit Yöntemler; Objektif ve subjektif yöntemlerin birlikte kullanıldığı entegre yöntemlerdir. Karar vericilerin etkisini ve karar matrisinden edindiği verileri birlikte kullanır. Bu nedenle daha etkili olduğu söylenebilir [9]. Bu çalışmada, tıbbi cihazlarda tedarikçi seçimi problemine çözüm önerisi sunmaktadır. Tedarikçi seçiminde belirlenen kriterlerin ağırlıklandırılması

için yöntemler araştırıldığında MEREC yöntemi, kriter ağırlıklandırmada kullanılan yeni nesil bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Bunun yanında karar verme yöntemleri ile uyumlu çalışan bir yöntemdir. Bu nedenle bu çalışmada MEREC yöntemi üzerinde durulmuştur.

MEREC yöntemi ilk olarak 2021 yılında Keshavarz-Ghorabae ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, objektif kriter ağırlıklandırma yöntemi olarak tanıtılmıştır. Bu yöntem, her bir kriterin alternatiflerin genel performansı üzerindeki etkisini hesaplamak için kriter ağırlıklarını kullanır. Aynı zamanda, alternatiflerin genel ve kısmi performansını ölçmek için logaritmik bir fonksiyon kullanır. MEREC, alternatiflerin performansı üzerinde daha büyük bir etkiye sahip olan kriterlere daha fazla ağırlık verir [39].

Her bir kriter için her bir alternatifin performansındaki değişikliklerden faydalanarak ağırlıklarının belirlenmesi MEREC ile sağlanabilmektedir. Eğer bir kriterin performansında daha fazla varyasyon varsa, bu kritere daha yüksek bir ağırlık verilir. MEREC yöntemi çıkış makalesinin ardından birçok alanda araştırma konusu olmuştur.

Termik santral için kömür tedarikçisi seçimi üzerinde yapılan bir çalışmada MEREC kullanılmış, MCRAT (Multiple Criteria Ranking By Alternative Trace) ile birlikte uygulaması yapılmıştır [40].

Trung ve Thinh yaptıkları bir çalışmada kendi eksenini etrafında dönen iş parçası üzerinde kesici takım kullanımını prensibine dayanan tornalama işlemi üzerine on altı deney yapmış, yaptıkları deneylerin kesme hızı, ilerleme hızı ve kesme derinliği parametrelerinin yüzey pürüzsüzlüğüne ve malzeme kaldırma oranına etkilerini değerlendirmede dört farklı ÇKKV yöntemi kullanmış, kriterlerin ağırlıklarını Entropi ve MEREC ile belirlemiştir [41].

Dağıtım merkezlerinin konumlarına karar vermek üzere yapılan çalışmada, Keshavarz-Ghorabae, Stepwise Weight Assessment Ratio Analysis II (SWARA II) , Weighted Aggregated Sum Product Assessment (WASPAS) ve MEREC yöntemlerini birlikte kullanmıştır. Çalışma öznel ve objektif olarak iki farklı şekilde belirlenen ağırlıkları içeren bir karar matrisi üzerinden ilerlemiştir [39].

Bu yöntem, kriter ağırlıklarını belirlemek için, her bir kriterin, alternatiflerin genel performansını nasıl etkilediğini göz önünde bulundurur. Bir kriterin kaldırılması, alternatiflerin genel performansını önemli ölçüde etkilediğinde, bu kritere daha fazla

ağırlık verilir. Ancak bu yöntem, sadece karar matrisinin verilerinin sayısal değerler biçiminde olduğu kesin değerlendirmelere odaklanmaktadır [9].

MEREC, lojistik firmalarının karar verme süreçlerinde [39] , verilerin sınıflandırması için karar verme süreçlerinde [42], ulaşım planlarının COVID-19' uyarlanmasına dair karar verme aşamalarında CoCoSo yöntemi ile birlikte [43] olmak üzere bir çok farklı alanda uygulanmıştır.

Rani ve ark'nın 2021 yılında gıda atıklarının arıtılması üzerine yaptıkları çalışmada farklı ÇKKV yöntemleri ile birlikte kriter ağırlandırma için MEREC kullanmışlardır [44].

Nguyen ve ark. 2022 yılında yaptıkları çalışmada MARCOS, TOPSIS VE MAIRA yöntemlerini kullanarak ÇKKV problemi üzerinde çalışmış, kriter ağırlıklandırmasında ise MEREC'i başarılı bir şekilde kullanmışlardır [45].

Nicolalde ve ark. 2022 yılında bir aracın tavanına uygulanacak malzeme seçiminde ÇKKV yöntemlerinden Višekriterijumsko Kompromisno Rangiranje (VIKOR), Complex Proportional Assessment (COPRAS) VE TOPSIS' i kullanmış, ağırlıklandırmayı Entropy ve MEREC kullanarak hesaplamışlardır [46].

Shanmugasundar ve arkadaşları, robot kullanımının endüstriyel alanlarda giderek daha fazla yer aldığına dikkat çekmiş, robot çeşitleri arasından en uygun seçimi yapmak üzere gerçekleştirmişlerdir. Ağırlıklandırma MEREC yöntemi ile yapılmış, CODAS(ombination distance-based assessment), COPRAS, CoCoSo, Multi-attributive Border Approximation Area Comparison (MABAC) ve VIKOR yöntemleri ile karar verme süreci tamamlanmıştır [47].

2022 yılında, Yu ve arkadaşları tarafından rüzgar enerjisinin sürdürülebilirliğine dikkat çeken çalışmada ey uygun rüzgar türbinin seçmek üzere ÇKKV yöntemleri kullanılmıştır. Kriter ağırlıklara MEREC ve SWARA II ile ulaşılmış, CoCoSo ile alternatifler sıralanmıştır. Vaka çalışması ile yöntem önerisinin etkinliği değerlendirilmiştir [48].

Nicolalde ve arkadaşları, 2022 yılında yaptıkları çalışmada, otomobillerde yaşanan ısı değişikliğine en iyi uyum sağlayacak tavan malzemesinin seçiminde ÇKKV yöntemlerinden faydalanmışlardır. Ağırlıklandırma yöntemi olarak Entropi ve MEREC,

nihai seçimi yapmak için ise VIKOR, COPRAS ve TOPSIS yöntemlerinden faydalanmışlardır [46].

Do ve Nguyen yaptıkları bir çalışmada, karar verme süreçlerinde kriter ağırlıklandırma adımının öneminden bahsetmiş, tornalama işleminde çözüm sıralaması probleminde CoCoSo, MABAC, MAIRCA, EAMR ve TOPSIS yöntemleri ile birlikte MEREC, EQUAL, ROC, RS ve FUCOM olmak üzere beş farklı ağırlıklandırma yöntemini kullanmıştır [49].

Trung, 2022 yılında, veri normalleştirme üzerine yaptığı çalışmada karar verme yöntemi olarak MARCOS kullanmıştır. MEREC ve Entropi yöntemlerini ise ağırlıklandırma yöntemi olarak uygulamıştır [50].

Saidin ve arkadaşları 2023 yılında, bulanık MEREC üzerine bir çalışma sunmuştur. ÇKKV problemlerinde yaşanan belirsizlik sorununa çözüm olarak sundukları bulanık MEREC yöntemi, akademik personel değerlendirilmesinde kullanılarak örneklendirilmiştir [9].

Behera ve Beura, tedarik zincir yönteminin önemine dikkat çekmiş ve tedarikçi seçimi problemi çözmek üzere AHP – TOPSIS entegrasyonu kullanmış kriter ağırlıklandırması için MEREC yönteminden yararlanmışlardır [51].

Ayan ve arkadaşları, 2023 yılında MEREC yönteminin de aralarında bulunduğu çeşitli ağırlıklandırma yöntemlerini karşılaştırdıkları bir çalışma yapmışlardır. Yazarlar, MEREC yönteminin kriterler arasında en etkili olanın en yüksek ağırlığı aldığından bahsetmiştir. Bunun yanında karar matrisi değerlerinin sıfırdan büyük olması gerekliliğini diğer yöntemler ile farklarından biri olarak göstermiştir. En büyük avantajının ise hesaplamaların kolay anlaşılır ve basit olması nedeniyle uygulama kolaylığı olduğunu belirtmiştir [52].

Chaurasiya ve Jain'in, Sağlık hizmetlerinde bilgi teknolojisi hizmeti seçimi üzerine yaptıkları bir çalışmada en iyi yazılım seçimi için ÇKKV yöntemleri kullanılmıştır. Ağırlıklar MEREC ve SWARA ile belirlenmiş, alternatiflerin sıralaması MARCOS yöntemi ile elde edilmiştir [53].

M.Keshavarz-Ghorabae 2023 yılında yaptığı çalışmada sürdürülebilir tedarikçi seçimi ve değerlendirmesi problemini ele almış ROG (Radius of Gyration) ve SMART

(Simple Multi-Attribute Rating Technique) yöntemlerini entegre kullanmış kriter ağırlıklarını elde etmek için ise MEREC yönteminden yararlanmıştır [54].

Yeni nesil ÇKKV yöntemi olan MEREC (Multi-Criteria Decision Making for the Evaluation of Alternatives) yöntemi, birden fazla kriterin göz önünde bulundurulması gerektiği durumlarda kullanılır ve alternatif seçeneklerin değerlendirilmesinde yardımcı olur. Her bir kriterin ağırlıklandırılmasında kullanılması amaçlanmaktadır.

MEREC yöntemi, birçok farklı alanda kullanılabilir ve çeşitli karar verme sorunlarının çözümünde yardımcı olabilir. Bazı örnekler şunlardır:

- İşletme: MEREC yöntemi, işletmelerde farklı alternatifler arasında seçim yapmak için kullanılabilir. Örneğin, üretim süreçlerinde kullanılan farklı makinelerin performansı değerlendirilirken veya yeni bir yatırım fırsatının seçimi yapılırken MEREC yöntemi kullanılabilir.
- Finans: Yatırım portföylerinin oluşturulması veya finansal ürünlerin seçimi gibi finansal kararlar alınırken, MEREC yöntemi kullanılabilir. Bu yöntem, farklı yatırım araçları veya finansal ürünler arasında seçim yapmak için kullanılabilir.
- Mühendislik: Mühendislikte, bir projenin farklı tasarım alternatifleri arasında seçim yapmak için MEREC yöntemi kullanılabilir. Örneğin, bir inşaat projesinde farklı yapı malzemelerinin değerlendirilmesi veya bir makine tasarımında farklı bileşenlerin seçimi için MEREC yöntemi kullanılabilir.
- Sağlık: Sağlık sektöründe, hastane ekipmanlarının seçimi veya sağlık hizmetlerinin sunumu gibi kararlar alınırken MEREC yöntemi kullanılabilir.

Bu örneklerin yanı sıra, MEREC yöntemi, çevre yönetimi, kamu politikası, enerji sektörü ve tarım gibi birçok farklı alanda kullanılabilmektedir.

Araştırmalar, yeni nesil bir ÇKKV yöntemi olan MEREC'in farklı birçok alanda karar verme problemlerinde kullanıldığı görülmüştür. Bununla birlikte, MEREC yönteminin hala araştırmaya açık bir yöntemdir. Tıbbi cihaz endüstrisinde tedarikçi seçimi problemlerinde MEREC uygulamasına rastlanmamıştır.

MEREC kriter ağırlıklandırma için kullanılabilen etkin bir yöntem olsa da nihai sıralamayı elde etmek için yeterli değildir. Alternatiflerin sıralamasını elde etmek üzere araştırmanın bundan sonraki bölümünde CoCoSo yöntemi üzerinde durulmuştur.

2.3. CoCoSo Yöntemi

Ele alından tıbbi cihazlarda tedarikçi seçimi probleminde kriter ağırlıklarının belirlenmesinden sonraki adımda alternatiflerin nihai sıralamasını elde etmek üzere CoCoSo yöntemi ile ilgili literatür araştırması yapılmıştır

CoCoSo yöntemi, bir hedefe ulaşmak için birden çok seçenek arasından seçim yapmanın gerektiği durumlarda kullanılır. Bu yöntem, farklı kriterleri önceliklendirme yapmadan, çeşitli çözümlerin birleşimini kullanarak sonuçları birleştirir. Özellikle ekonomi, mühendislik, bilgi teknolojileri ve sağlık gibi birçok sektörde kullanılır.

Son yıllarda, çözümü birden çok kritere ve alternatife bağlı konuları ele almak için birçok geleneksel karar yaklaşımı sunulmuştur. Bu yaklaşımlardan biri olan CoCoSo, ilk olarak 2019 yılında Yazdani ve ark. tarafından tanıtılmıştır.

Yazdani ve ark., mevcut yöntemlerin artı ve eksiklerini yayınlarında tartışmış, tanıttıkları yöntemi bu yöntemler ile karşılaştırmışlardır. İlgili yayında Yazdani ve arkadaşlarının önerdiği yöntem ile performans derecelerinin her birinin ideale olan uzaklığı ölçülür. Önerdiği yöntemin VIKOR ile benzer olduğundan bahseden Yazdani ve ark. yeni yöntemde farklı bir ağırlık gücünü kullanarak sonuca ulaşmışlardır. Bunlara ek olarak toplama stratejisi puanları hesaplanarak nihai sıralamayı belirlemişlerdir [33]. CoCoSo adını verdikleri bu yöntem, sonrasında araştırmacıların çalışma konusu olmuştur.

Ecer ve ark. , tanıtılan bu yeni yöntemi, petrol ihraç eden ülkeler organizasyonunun 10 boyutta 41 sürdürülebilir kalkınma değerlerine göre değerlendirilmesinde kullanmıştır. Sonuçları mevcut çok kriterli karar verme yöntemlerine göre karşılaştırmış, CoCoSo nun etkinliğini ortaya koymuşlardır [55].

Stok yönetiminin önemini vurgulayan çalışmada, CoCoSo yöntemi ABC analizi ve FUCOM (Full Consistency Method) ile birlikte uygulanmıştır. Tedarikçi alternatiflerinin sıralanması CoCoSo ile elde edilmiştir [56].

Wen ve arkadaşları, 2019 yılında ilaçların lojistik risklerini minimumda tutmak amacıyla soğuk zincir tedarikçilerinin değerlendirmişlerdir. Bu problemi çözmek üzere, kriter ağırlıklandırmasını yapmak üzere SWARA yöntemini, tedarikçilerin nihai

sıralamalarını yapmak üzere ise CoCoSo yöntemlerini birlikte kullandıkları bir çalışma yapmışlardır. Yöntem uygulaması da içeren bu çalışmada CoCoSo yönteminin güvenilir sonuçlar verdiğini vurgulamış, geliştirilmiş CoCoSo yöntemleri kullanmıştır [57].

Wen ve arkadaşları, 2019 yılında yaptıkları çalışmada lojistik hizmet sağlayıcısı seçim problemi üzerinde çalışmıştır. Bu ÇKKV probleminin çözümünde CoCoSo yönteminden faydalanmışlardır. CoCoSo yönteminin, kriter ağırlık dağılımındaki değişimine daha az duyarlı oluşu karar verme sonuçlarının tutarlılığı açısından iyi bir özellik olarak yorumlanmıştır [57].

Yazdani ve arkadaşları, inşaat sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın tedarikçi seçim problemini ele almış, CoCoSo yönteminin gri numaralı uygulamasını (CoCoSo-G) kullanarak tedarikçi performanslarını ölçmeyi amaçlamıştır [33].

Tedarikçi seçiminin endüstriyel kuruluşlardaki önemine dikkat çeken Zolfani ve ark. Best Worst Method (BWM) ve CoCoSo yöntemlerini birlikte kullandıkları çelik endüstrisinde bir uygulama gerçekleştirmişlerdir [58].

Mermer tozu ve uçucu külün beton karışımlarına etkisini inceleyen Bagal ve ark. , CODAS ve CoCoSo yöntemlerini süreç parametrelerinin en uygun hale getirilmesi için kullanmışlardır. Çalışma sonuçlarının ikili karşılaştırma matrisi üzerinde değerlendirilmiştir [59].

Barua ve ark. hibrit doğal elyaf takviyeli nano sic parçacık kompozitinin mekanik davranışını değerlendirdikleri bir çalışma sunmuşlardır. Bu çalışmada CoCoSo yöntemi ile proses parametrelerinin karar verme sürecine katkı sağlanması hedeflenmiştir [60].

Otomobil endüstrisi alanında gerçekleşen çalışmada, farklı spesifik özelliklere sahip beş alternatif araç en uygun binek araç seçimi için değerlendirilmiştir. Kriter ağırlıklandırması CRITIC yöntemi ile elde edilirken alternatifler CoCoSo ile sıralanmıştır. Sonuçlar diğer ÇKKV yöntemleri ile doğrulanmıştır [61].

Tedarik zincirinin önemini vurgulayan Biswas, 2020 yılında yaptığı çalışmada, Hindistan'da faaliyet gösteren bir sağlık kuruluşunun tedarik zincir problemini ele almıştır. Bu çalışmada PIPRECIA (PIVot Pairwise RElative Criteria Importance Assessment) ile kriter ağırlıklarını belirlerken MABAC, MARCOS ve CoCoSo kullanarak üç farklı sıralama elde etmiştir. Bu üç yöntemin tutarlı sonuç verdiği görülmüştür [62].

Tedarik zincir yönetimi üzerinde yapılan bir diğer çalışmada bulanık BWM ile ağırlıklar belirlenirken CoCoSo ve Bonferroni entegrasyonu ile en uygun tedarikçi seçimi sağlanmıştır [63].

Kharwar ve arkadaşlarının 2020 yılında yaptıkları çalışmada nanokompozitlerin işlenmesi sırasında çeşitli tepkilerin optimize edilmesi için CoCoSo ve PCA birlikte kullanılmıştır [64].

Çevrimiçi bulut sistemi sağlayıcıların seçimi problemi ele alınan çalışmada Lai ve ark. geliştirilmiş CoCoSo yöntemi kullanmışlardır. Maksimum varyansa sahip olan bu geliştirilmiş CoCoSo yöntemini problem çözümünde uygulamışlardır [65].

Soğuk zincir hizmet sağlayıcılarının seçimi problemini çözmek üzere Pisagor bulanık bakış açısı ile geliştirilmiş CoCoSo yöntemi kullanılan çalışma Liao ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen yöntem etkinliği soğuk zincir hizmet sağlayıcıları üzerinde uygulanmıştır [66].

Mi ve Liao 2020 yılında yaptıkları çalışmada, yenilenebilir enerji yatırımları için SMAA- CoCoSo yöntemini önermişlerdir. SMAA, stokastik çok kriterli kabul edilebilirlik analizidir. Bu iki yöntemin karar vericilerin sonuca etkisini azaltacağı ve orijinal CoCoSo yönteminin kullanımını genişleteceği öngörülmektedir. Vaka analizi ile önerilen yöntemin etkinliği gösterilmiştir [67].

Pisagor bulanık tabanlı CoCoSo yöntemi üzerinde duran Peng ve ark. bu yöntemi 5G endüstrisi uygulamasını gerçekleştirmişlerdir. Önerilen yöntemin avantajlarını çalışma içerisinde sunmuşlardır [68].

2020 yılında Peng ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, finansal risklerin değerlendirilmesinin önemi üzerinde durulmuş, bu alanda karşılaştıkları karşılaştırma probleminin çözümü için CRITIC ve CoCoSo yöntemini birlikte kullanmışlardır. Ağırlıkları CRITIC yöntemi ile belirleyen Peng ve Ark. istenen alternatifi elde etmede güçlü bir sığaya sahip olduğu öne sürülen CoCoSo temelli q-ROF yöntemini probleme uygulamışlardır [69].

Nadir toprak endüstrisinin önemine dikkat çeken Peng ve Smanrandache 2020 yılında yaptıkları çalışmada ilgili endüstrinin güvenliğini incelemişlerdir. Çin'de yapılan çalışmada 12 farklı kritere göz önüne alınarak yapılan çalışmada ağırlıklandırmaları

belirlemek üzere CRITIC yöntemi kullanılırken düşük ayrımcılık probleminin çözümü için CoCoSo kullanılmıştır. Geliştirilen yöntem doğrulaması yapılmıştır [70].

Avrupa birliği ülkelerinin sürdürülebilir kalkınma hedeflerine göre konumlarının belirlenmesinde CoCoSo ve Shannon Entropi yöntemleri kullanılmıştır [71].

Türkiye'nin Sivas ilçesinde lojistik merkezi seçimi probleminde entegre bulanık SWARA ve CoCoSo yöntemi önerilmiştir. Çalışma sonuçları diğer ÇKKV yöntemlerinden sık kullanılan birkaçı ile karşılaştırılmış, sonuçlar teyit edilmiştir [72].

Lojistik merkezlerinin seçim problemini ele alan M.Yazdani ve arkadaşları 2020 yılında, lojistik hizmet sağlayıcıları arasından seçim yapmak üzere veri zarflama ile entegre ettiği CoCoSo yöntemini kullanmıştır [73].

Çin'de giderek önem kazanan konut dekorasyonu, bu konudaki tedarikçilerin seçiminin de önemini arttırmıştır. İlgili tedarikçi seçimi problemi için Zhang ve arkadaşları BWM ve CoCoSo yöntemlerini kullandıkları vaka uygulamasını da içeren bir çalışma yayınlamışlardır [74].

Zolfani ve ark. 2020 yılında yaptıkları çalışmada hastane konumunun seçimi problemini ele almışlardır. Bu çalışmada CRITIC yöntemi birlikte kullanılarak gri tabanlı karar verme yöntemi önerilmiştir. Önerilen yöntem İstanbul'da bir vaka çalışması ile desteklenmiştir [34].

2020 yılında Alrasheedi ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada imalat sektöründe sürdürülebilir yeşil imalat belirtilerini değerlendirmek üzere CoCoSo ve IVIFS (Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Set) yöntem önerisi sunmuşlardır [75].

Altıntaş, 2020 yılında yaptığı çalışmada G7 ülkelerinin 2020 yılı Küresel Bilgi Endeksi (GKI) bileşenlerine ait en son ve güncel değerler kullanılarak ülkelerin bilgi performansları CoCoSo kullanılarak değerlendirmiştir [76].

Trafik sıkışıklığı problemini ele alan çalışmada 6 farklı trafik yönetimi sisteminin 4 ana kriter, 13 alt kriter ile değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla Deveci ve arkadaşları, logaritmik yöntem ve Power Heronian ile geliştirilen CoCoSo yöntemi kullanmışlardır [77].

Doğrusal ekonomi modelini döngüsel ekonomi modeline çevirmek üzere yapılan çalışmada CoCoSo ile değerlendirme yapılmıştır [78].

Kieu ve arkadaşları, 2021 yılında, gıda sektöründe tespit ettikleri çabuk bozulan gıdaların dağıtım yerlerinin seçimi problemi üzerinde durmuşlardır. Bu çalışmada küresel bulanık AHP ve CoCoSO yöntemlerini entegre kullandıkları bir yöntem önerisinde bulunmuş ve vaka çalışması yapmışlardır [79].

Dairesel tedarik zincirinin performans sonuçlarını değerlendirebilmeyi amaçlayan çalışmada, Lahane ve Kant, Pisagor bulanık AHP ve yine Pisagor bulanık CoCoSo yöntemleri üzerinde durmuşlardır. İki aşamalı bu değerlendirmede Pisagor bulanık AHP ile ağırlıklandırma yapılırken Pisagor bulanık CoCoSo ile sıralama yapılmıştır [80].

Luo ve arkadaşları 2021 yılında turizm sektöründe cazibe merkezlerinin seçimlerini değerlendiren bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada IDOCRIW (The Integrated Determination of Objective CRiteria Weights) ve CoCoSo birlikte kullanılmıştır [81].

2021 yılında Peng ve arkadaşları, CRITIC ve CoCoSo yöntemlerini birlikte kullanarak akıllı sağlık yönetimi üzerinde bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Önerilen yöntemin etkinliği analizler ile açıklanmıştır [82].

Peng ve Luo, Çin'in finansal alanda borsa balonu uyarısı amacıyla karar verme yöntemi üzerine bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada Renyi entropi yöntemi ile ağırlıklandırma yapılırken CoCoSo ile karar verme planlanmıştır. Sezgisel sorunlara fırsat vermemesi önerilen yöntemin avantajları arasında gösterilmiştir [83].

Madencilik faaliyetlerin neden olduğu çevre kirliliğine karşı arıtma sistemlerinin değerlendirildiği çalışmada TOPSIS, VIKOR, MOOSRA, WASPAS ve CoCoSo yöntemleri kullanılmıştır. Bu değerlendirme için kriterler belirlenmiş ve sonuçlar analiz edilmiştir [84].

Topal 2021 yılında yaptığı çalışmada, enerji sektöründe faaliyet gösteren firmaların finansal performanslarını değerlendirmiştir. Bu çalışma özellikle elektrik üreticileri üzerinde gerçekleşmiştir. Topal, belirlenen kriterlerin ağırlığını Entropi yöntemi ile bulurken CoCoSo ile sıralama yapmıştır [85].

Torkayesh ve arkadaşları, sürdürülebilirlik başarımlarını değerlendirdiği bir çalışma yayınlamışlardır. Yediler grubu' na dahil olan ülkeler özelinde gerçekleşen çalışmada

ülkelerin performansları CRITIC, Shannon'ın Entropi yöntemi ve CoCoSo' nun birlikte kullanıldığı bir yöntem önerisi sunulmuştur [86].

Ürünlerin yalnızca kalitesi değil zamanında teslimat özelliğinin de önemli olduğunu vurgulayan Ulutaş ve arkadaşları, 2021 yılında, PIPRECIA, PSI ve CoCoSo yöntemlerini kullanarak, giyim sektöründe faaliyet gösteren firmaların nakliye organizasyonlarını değerlendirdiği bir çalışma gerçekleştirmiştir [71].

2021 yılında inşaat sektöründe yapılan çalışmada yalıtım malzemesi seçiminde PSI-CRITIC tabanlı CoCoSo yöntemi kullanılmıştır. Ulutaş ve arkadaşları, kullanılan yöntemin ticari olarak uygulanabilir olduğunu vurgulamış, sonuçların etkinliğini finansal ve mühendislik açısından değerlendirmişlerdir [71].

Yazdani ve arkadaşları 2021 yılında F-FMEA-CoCoSo adı ile yeni bir yöntem önerisi buldukları bir çalışma yayınlamışlardır. Bu çalışmada TFHS (triangular fuzzy hesitant sets), FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) ve CoCoSo yöntemlerini birlikte kullanarak yeni birçok kriterli karar verme yaklaşımı önermişlerdir. Önerdikleri yeni yöntemin etkinliğini vaka çalışması yapmışlardır [87].

Sağlık sektörünün bir değerlendirmesini sunmak üzere, 2021 yılında Torkayesh ve arkadaşları bir çalışma yayınlamışlardır. Bu çalışmada, ağırlıkları belirlemek için BWM ve LBWA (Level Based Weight Assessment), bu ağırlıklara göre bir değerlendirme yapmak için ise CoCoSo kullanmışlardır [86].

Yousefi ve arkadaşları, 2021 yılında üretim sürecinde meydana gelen hataların değerlendirilmesi ve önceliklerinin belirlenmesini sağlamak üzere temeli z sayı teoremine dayanan Z-CoCoSo ve Z-FUCOM (Full Consistency Method) olmak üzere iki yaklaşım önermişlerdir. Yeni yöntemlerin kullanıldığı otomotiv endüstrisinde gerçekleşen bir vaka çalışması ile birlikte sunulmuştur [88].

2022 yılına gelindiğinde, Peng ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada nesnelere interneti endüstrisinde faaliyet gösteren firmaların değerlendirmesini CRITIC ve CoCoSo kullanarak gerçekleştirmişlerdir [89].

CoCoSo, fayda temelli bir karar yöntemi olarak, birden çok açıdan nihai bir uzlaşma sonucu elde etmek ve birden çok çözümü birleştirmek için entegre bir işlev kullanır. Bu da nihai karar sonuçlarının tutarlılığını ve kararlılığını daha da artırır. CoCoSo, basit çalışma

ve yüksek esneklik avantajlarıyla, farklı belirsizlik ortamlarında geniş bir kullanım alanı bulmuş ve pratik problem değerlendirmesi için kullanılmıştır [90].

2022 yılında D. Wei ve ark. BWM-Entropi tabanlı CoCoSo kullanarak yeşil tedarikçi seçimi uygulaması gerçekleştirmişlerdir [90].

Nguyen ve arkadaşları 2022 yılında PF-AHP (Pythagorean fuzzy analytic hierarchy process) ve PF-CoCoSo (Pythagorean fuzzy compromised solution) entegre etmiştir. İlk kez önerilen bu yöntem ilerleyen yapay zeka teknolojisinin telekomünikasyon sektöründeki kullanımını vaka çalışması olarak sunmuştur [45].

Karayolu ulaşım sistemlerinin devamlılığına yönelik OECD ülkeleri baz alınarak yapılan çalışmada entropi ve CoCoSo kullanılmıştır. Bu çalışma ile hükümetlere, yasa yapıcılara ve şirketlere yeni ve daha verimli bir kara yolu taşımacılığı yaklaşımı sunulmuştur [91].

Her geçen yıl hızla Büyüyen Vietnam gıda pazarında sıklıkla kullanılan, kıvam verici Xanthan macunu temini için gerekli tedarikçiyi sağlamak üzere yapılan çalışmada FAHP ve CoCoSo yöntemi kullanılmıştır [45].

Yazdani ve ark. önerdikleri CoCoSo yönteminin performansını, duyarlılık analizi yaparak ve diğer yöntemlerle karşılaştırarak doğrulamıştır. WASPAS ve VIKOR yöntemleri ile uyumlu sonuç veren yöntem ÇKKV uygulamaları için yeterli olduğu belirtilmiştir. Geliştirilen metodolojiler ile karar verme alanındaki yöntemlerin entegre kullanılmaları birlikte bu çalışmaların literatüre değer katacağı düşünülmektedir. Organizasyonların, endüstrilerin ve araştırmacıların bu alandaki ihtiyaçlarını karşılanması için yöneylem araştırmaların sürekli gelişim içerisinde olması gerektiği vurgulanmıştır.

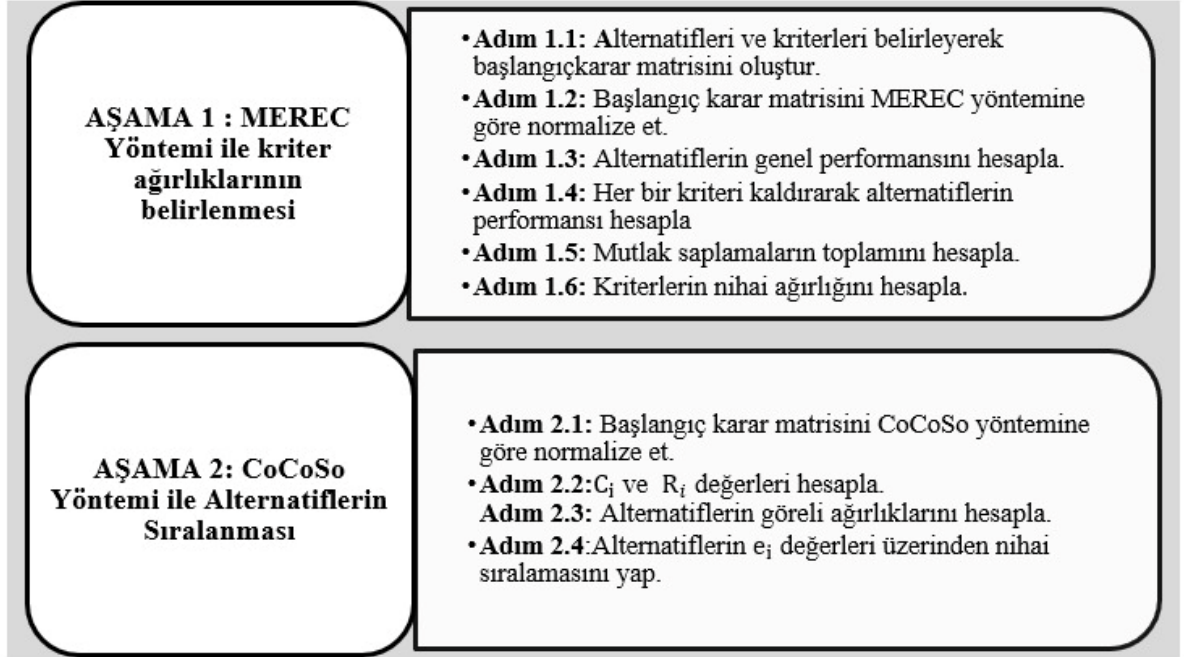
CoCoSo yöntemi birden çok kriteri dikkate alarak farklı tedarikçileri değerlendirmede ve tedarikçiler arasından en uygun seçimi yapma konusunda kullanıcılara yardımcı olması beklenen bir yöntemdir. Bu nedenle tedarikçi seçimi problemlerinde karar verme aracı olarak CoCoSo yöntemi araştırmacılar için çalışma konusu olmuştur.

Yapılan literatür araştırmaları değerlendirildiğinde görülmüştür ki, yeni nesil çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan CoCoSo, tanıtıldığı ilk çalışmanın ardından bir çok alanda karar verme aracı olarak kullanılmış, geliştirilmeye açık başarılı bir yöntemdir. Tedarikçi seçimi problemlerindeki uygulamaları incelendiğinde etkin ve tutarlı

sonuçlar elde edildiği görülmüştür. Buna karşın CoCoSo' nun tıbbi cihazlarda tedarikçi seçimi problemlerinde kullanımına rastlanmamıştır. Literatürün bu alandaki açığı bu çalışmada motivasyon konusu olmuştur.

3. ÖNERİLEN YÖNTEM

Bu çalışmada ÇKKV değerlendirme adımları kullanılarak, bir tıbbi cihaz üreticisinde tespit edilen tedarikçi seçimi sorunu ele alınmıştır. Öncelikle, firmanın sektör bilgisi ve odak grup değerlendirmeleri ile alternatifler ve kriterler belirlenmiştir. Yapılan literatür araştırması sonrasında yeni nesil ÇKKV yöntemlerinden MEREC- CoCoSo entegrasyonunun probleme uygulanmasına karar verilmiştir. MEREC yöntemi ile belirlenen kriterlerin ağırlıkları belirlenirken, CoCoSo ile alternatiflerin sıralanacaktır. Sonuçların odak grup ile değerlendirilmesi planlanmıştır. Önerilen yaklaşımın adımları Şekil 1’de verilmektedir.



Şekil 3.1 Önerilen Yaklaşımın Adımları

Araştırmalar, CoCoSo' nun çok kriterli karar verme yöntemleri arasında yeni nesil bir yöntem olduğunu, geliştirilmeye ve uygulanmaya açık olduğunu göstermektedir. Bu yöntem başarılı sonuçlar veren bir yöntemdir [33]. Ancak, bu çalışmanın odaklandığı tıbbi cihaz endüstrisinde tedarikçi seçimi konusunda daha önce CoCoSo yöntemi uygulanmasına rastlanmamıştır. Bu nedenle, bu çalışmada CoCoSo yöntemi uygulanmasına karar verilmiştir.

Kriter ağırlıklandırması için ise MEREC yöntemi kullanılmıştır. Farklı alanlarda yapılan çalışmalar, MEREC-CoCoSo entegrasyonunun başarılı uygulamalarına rastlanmıştır. Ancak, tıbbi cihaz sektöründe tedarikçi seçimi yapılmış önceki çalışmalara rastlanmamıştır. Bu bağlamda, yapılan çalışmanın literatüre katkı sağlayacağı öngörülmektedir.

3.1. AŞAMA 1: MEREC Yöntemi ile Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi

MEREC yöntemi, Karar verme sürecinde kullanılan kriterlerin, sonuç üzerindeki etkilerini belirlemek ve önemli kriterlerin belirlenmesine yardımcı olmak amacıyla kullanılır. Bu yöntemde, karar verme sürecinde kullanılan kriterlerin sırasıyla kaldırılması ve her bir kriterin kaldırılmasının sonuç üzerindeki etkisi değerlendirilir. Her kriterin kaldırılmasıyla elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak, hangi kriterlerin sonuç üzerinde daha fazla etkili olduğu belirlenmeye çalışılır. Bu sayede, en etkili kriterler belirlenerek karar verme sürecine katkıda bulunması hedeflenir. MEREC, özellikle çok kriterli karar verme problemlerinde kriterlerin önem sıralamasını belirlemek için kullanışlıdır. MEREC ile birlikte karar verme sürecindeki kriterlerin önem sıralamasını belirlemek için birçok farklı teknik kullanılabilir.

MEREC yöntemi, bir tedarikçinin seçilmesinde dikkate alınması gereken faktörleri belirler ve bu faktörlere ağırlık vererek bir puanlama sistemi oluşturur. Bu faktörler genellikle fiyat, kalite, teslimat süresi, ürün çeşitliliği, tedarikçinin finansal durumu ve müşteri hizmetleri gibi unsurları içerir.

Yöntemin çıkış makalesinde tanımlanan adımlar aşağıda verilmiştir [39].

Adım 1.1: Önerilen yöntemin ilk adımında, alternatifler ($A_i, i=1,2, \dots, n$) ve kriterler ($k_j, j = 1,2, \dots, m$) belirlendikten sonra Eşitlik 3.1 'e göre başlangıç karar matrisi (G) oluşturulur.

Eşitlik 3.1'de $g_{(i,j)}$, $i=1,2, \dots, n, j = 1,2, \dots, m$ i , alternatif, j , kriter için aldığı değeri göstermektedir.

$$G = \begin{bmatrix} g_{(1,1)} & g_{(1,2)} & \cdots & g_{(1,j)} & \cdots & g_{(1,m)} \\ g_{(2,1)} & g_{(2,2)} & \cdots & g_{(2,j)} & \cdots & g_{(2,m)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ g_{(i,1)} & g_{(i,2)} & \cdots & g_{(i,j)} & \cdots & g_{(i,m)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ g_{(n,1)} & g_{(n,2)} & \cdots & g_{(n,j)} & \cdots & g_{(n,m)} \end{bmatrix} \quad (3.1)$$

Adım 1.2: Başlangıç karar matrisini MEREC yöntemine göre normalize et.

Bu adımda Eşitlik 3.1’de verilen başlangıç karar matrisinin elemanları Eşitlik 3.2 kullanılarak normalize edilir.

$$d_{(i,j)} = \begin{cases} \frac{\min_k g_{(k,j)}}{g_{(i,j)}} & , j \in A \\ \frac{g_{(i,j)}}{\max_k g_{(k,j)}} & , j \in B \end{cases} \quad (3.2)$$

Eşitlik 3.2’de normalize başlangıç karar matrisinin elemanları $d_{(i,j)}$; $i = 1,2,\dots,n$, $j = 1,2,\dots,m$ ile gösterilir. A kümesi, fayda tipi kriterlerin indis kümesini, B kümesi de maliyet tipi kriterlerin indis kümesini göstermektedir.

Adım 1.3: Alternatiflerin genel performansını hesapla.

Bu adımda eşit kriter ağırlıklarına sahip logaritmik bir ölçü kullanılarak alternatiflerin genel performansı elde edilir. Bu ölçü Eşitlik 3.3’ te verilen formüle dayanmaktadır.

Adım 1.2’de hesaplanan normalize değerler kullanılarak her bir alternatifin performansı Eşitlik 3.3’teki gibi hesaplanır.

$$Y_i = \ln \left(1 + \left(\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m |\ln(d_{(i,j)})| \right) \right) \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3.3)$$

Eşitlik 3.3'te verilen Y_i , alternatiflerin genel performansını göstermektedir.

Adım 1.4: Her bir kriteri kaldırarak alternatiflerin performansını hesapla. Adım 1.3'tekine benzer logaritmik bir ölçü kullanılarak bu işlem yapılır. 2.adım ile bu adım arasındaki fark alternatiflerin performanslarının her bir kriterin ayrı etkisine dayalı olarak hesaplanmasıdır.

Bu nedenle m kriter sayısı ile ilişkili m performans seti vardır. j 'inci kriterin çıkarılması ile ilgili olarak i 'inci alternatifin performansı Y'_{ij} ile gösterilir ve Eşitlik 3.4'teki gibi hesaplanır.

$$Y'_{ij} = \ln \left(1 + \left(\frac{1}{m} \sum_{k, k \neq j} |\ln(d_{(i,k)})| \right) \right) \quad i = 1, 2, \dots, n; \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (3.4)$$

Adım 1.5: Mutlak sapmaların toplamını hesapla.

Adım 1.3 ve Adım 1.4'te hesaplanan Y_{ij} ve Y'_{ij} değerlerine göre j 'inci kriterin kaldırma etkisi hesaplanır. Eşitlik (3.5) kullanılarak her bir kriterin kaldırma etkisi Z_j hesaplanır. Kaldırma etkisi ile ağırlıklar, kriterlere etkisi ile orantılı olarak belirlenmektedir.

$$Z_j = \sum_{i=1}^m |Y'_{ij} - Y_i| \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (3.5)$$

Adım 1.6 : Kriterlerin nihai ağırlığı hesapla.

Adım 1.5'te hesaplanan Z_j kaldırma etkileri kullanılarak her bir kriterin ağırlığı belirlenir.

h_j , j 'inci kriterin ağırlığı olmak üzere Eşitlik (3.6)'daki gibi hesaplanır.

$$h_j = \frac{Z_j}{\sum_k Z_k}, \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (3.6)$$

MEREC yöntemi ile belirlenen kriter ağırlıkları CoCoSo yönteminde kullanılarak alternatiflerin nihai sıralaması elde edilecektir.

3.2. Aşama 2: CoCoSo Yöntemi ile Alternatiflerin Sıralanması

CoCoSo yöntemi, basit ve üstel ağırlıklandırma esasına dayanmaktadır. Daha önce MEREC yöntemi için belirlenen tedarikçiler ve seçim kriterleri için aşağıdaki adımlar izlenir:

Adım 2.1: Başlangıç karar matrisini CoCoSo yöntemine göre normalize et.

Kriterlerin fayda tipi ya da maliyet tipi olmasına göre Eşitlik (3.7) kullanılarak başlangıç karar matrisi normalize edilir.

$$d_{(i,j)}^* = \begin{cases} \frac{g_{(i,j)} - \min_i g_{(i,j)}}{\max_i g_{(i,j)} - \min_i g_{(i,j)}}, & j \in A \\ \frac{\max_i g_{(i,j)} - g_{(i,j)}}{\max_i g_{(i,j)} - \min_i g_{(i,j)}}, & j \in B \end{cases} \quad (3.7)$$

Eşitlik (3.7)'deki $d_{(i,j)}^*$, CoCoSo yöntemine göre normalize edilmiş başlangıç karar matrisinin elemanlarını temsil etmektedir.

Adım 2.2: C_i ve R_i değerlerini hesapla.

Ağırlıklı karşılaştırılabilirlik dizisinin toplamı C_i , $i = 1, \dots, n$ ile ifade edilir. Eşitlik (3.8) kullanılarak hesaplanır. Her bir alternatif için karşılaştırılabilirlik dizilerinin güç ağırlık miktarı R_i , $i = 1, \dots, n$ olarak ifade edilir ve Eşitlik (3.9) ile hesaplanmaktadır.

$$C_i = \sum_{j=1}^m (h_j d_{(i,j)}^*), \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3.8)$$

$$R_i = \sum_{j=1}^m (d_{(i,j)}^*)^{h_j}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3.9)$$

Adım 2.3: Alternatiflerin görelî ağırlıklarını hesapla.

Alternatiflerin görelî ağırlıklarının hesaplanması için öncelikle üç değerlendirme puanı elde edilir.

Birinci değerlendirme puanı (e_{ia}), ağırlıklı toplam yöntemi ve ağırlıklı çarpım yöntemlerinin toplamalarının aritmetik ortalamasını ifade eder ve Eşitlik (3.10)'daki gibi hesaplanır.

$$e_{ia} = \frac{R_i + C_i}{\sum_{i=1}^n (R_i + C_i)}, \quad (3.10)$$

İkinci değerlendirme puanı (e_{ib}), ağırlıklı toplam yöntemi ve ağırlıklı çarpım yöntemlerinin en iyiye göre göreceli skorlarının toplamını ifade eder ve hesaplamak için Eşitlik (3.11) kullanılır.

$$e_{ib} = \frac{C_i}{\min_i C_i} + \frac{R_i}{\min_i R_i}, \quad (3.11)$$

Eşitlik (3.12)'deki hesaplanan üçüncü değerlendirme puanı (e_{ic}), ağırlıklı toplam ve ağırlıklı çarpım yöntemlerinin λ ile dengelenmesiyle Eşitlik (3.12)'deki gibi hesaplanır. Ağırlık derecesi olan λ genellikle 0,5 olarak alınır.

$$e_{ic} = \frac{\lambda(C_i) + (1 - \lambda)(R_i)}{(\lambda \max_i C_i + (1 - \lambda) \max_i R_i)}, \quad 0 \leq \lambda \leq 1 \quad (3.12)$$

Adım 2.4: Alternatiflerin e_i değerleri üzerinden nihai sıralamasını yap.

Alternatiflerin nihai sıralamasını elde etmek için Adım 2.3'teki hesaplamalardan yararlanılır. Bu hesaplamalar Eşitlik (3.13)'te kullanılarak e_i , $i = 1, 2, \dots, n$ değerleri hesaplanır

$$e_i = (e_{ia}e_{ib}e_{ic})^{\frac{1}{3}} + \frac{1}{3}(e_{ia} + e_{ib} + e_{ic}), \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3.13)$$

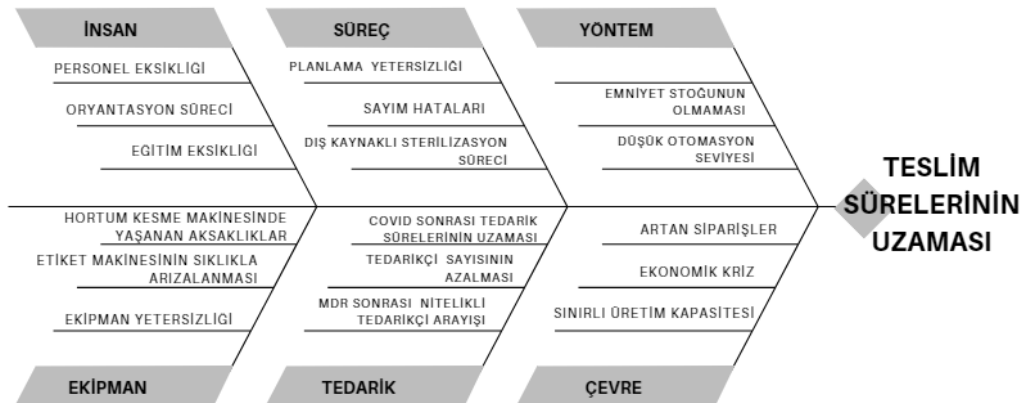
En büyük e_i değerine sahip alternatif ilk sırada olacak şekilde alternatiflerin nihai sıralaması elde edilir.

4. ÖNERİLEN YÖNTEMİN UYGULAMASI

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) Öncelikli Tıbbi Cihazlar Projesinde düşük ve orta gelirli ülkelerde sağlık hizmeti sunumundaki sorunlar için iki potansiyel neden önermektedir. Bu nedenlerden ilki yüksek kâr potansiyeli olarak gördüğü yüksek gelirli ülke ekonomilerini hedeflemesi, ikincisi ise tıbbi cihazların makul bir şekilde tedarik edilememesi ile ilgili sorunlardır [92]. Bu durum tıbbi cihaz sektöründe faaliyet gösteren özellikle orta ve küçük ölçekli firmalar için tedarikçi seçimini daha da önemli hale getirmektedir.

Bu çalışmada önerilen yöntem, infüzyon ve uzatma setleri üzerinde 25 yılı aşkın bir süredir faaliyet gösteren, MDR 2017/45 hazırlıkları içerisinde olan tıbbi sarf malzeme üreticisi bir firmada tedarikçi seçim probleminde uygulanmıştır. Uzatma setleri, tıbbi amaçlı bir sıvının (serum, ilaç, vitamin gibi) sıvı kaynağından bir katetere sıvının vücuda girmesi amaçlanarak aktarılmasına ve/veya insan vücuduna halihazırda takılmış bir kateterden vücut sıvılarının bir toplama kabında toplanmasında sıvı taşıyıcı bağlantı elemanı olarak kullanılırlar. İnfüzyon setleri ise, kritik bakım yapan ve IV ilaç uygulamalarının gerçekleştiği tüm sağlık kuruluşlarında hastalara güvenli bir şekilde intravenöz ilaç ve sıvı transferi amacıyla kullanılır. Uzatma setlerinden farklı olarak ihtiyaca yönelik modeline göre filtre, damla odası, valf vb. ara eleman içeren ürünlerdir.

Siparişe göre üretim yapan firmada siparişlerin zamanında teslim edilemediği tespit edilmiştir. Teslim sürelerinin uzamasının nedenleri Şekil 4.1’de verilen balık kılıçığı diyagramı üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 4.1 Balık Kılıçığı Diyagramı

Şekil 4.1'deki balık kılıçığı diyagramındaki nedenlerin tespiti için firma çalışanlarının arasından belirlenen, mühendislerin ve üretim şefinin de aralarında bulunduğu bir odak grup oluşturulmuştur. Bu odak grup, yönetici olarak görev yapan iki endüstri mühendisi, kalite yönetimi ile ilgilenen bir biyomedikal mühendisi, ilgili firmada 20 yıllık tecrübesi olan bir üretim şefi, her biri 6 yıl tecrübeli bir üretim elemanı ve bir satın alma sorumlusundan oluşmaktadır. Odak grup tarafından teslim sürelerinin uzamasının olası nedenleri firmanın alt yapısı ve şartları göz önünde bulundurularak; insan, süreç, yöntem, malzeme, ekipman ve çevre başlıkları altında toplanmıştır. Her bir başlık üzerinde yapılan beyin fırtınası sonucunda alt nedenler belirlenmiştir.

- İnsan faktörü, çalışanların, dolaylı ya da doğrudan etkisini kapsamaktadır. Üretimde görev alan operatörlerin yeterince eğitim alamaması, yeni elemanların oryantasyon süreci ve üretim elemanlarının düzenli eğitimlerinin eksikliği insan faktörünün alt nedenlerindedir. Firma, tıbbi cihaz üretimini, yasal gerekliliklerin getirdiği özel koşulların sağlandığı temiz oda şartlarında gerçekleştirmektedir. Temiz oda şartlarının sağlanması elemanların bu konuda eğitimi olması ile de doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle düzenli eğitime önem verilmesi gerekmektedir.

- Süreç faktörü; siparişin gelişinden müşteriye teslimatına kadar olan adımları kapsamaktadır. Siparişin gelişi ile birlikte sipariş üretim planına alınmaktadır. Üretim süreci genel hatları ile sırasıyla; sipariş, üretim/ montaj, paketlenme, sayım, kutuluma ve sterilizasyon, adımlarından oluşmaktadır. Sterilizasyondan gelen ürünler kontrol edilerek teslimat için ayrılır. Bu süreçte, üretim planında yapılan aksaklıklar, sayımda yapılan hatalar, sterilizasyon sürecinin dış kaynaklı yürütülmesinin getirdiği olası gecikmeler süreç içerisinde yaşanan sorunlardır.

- Yöntem faktörü; üretim gerçekleştirilirken firmanın uyguladığı prosedürlerin etkisini kapsamaktadır. Firma sipariş üzerine, sipariş edilen miktar kadar üretim yapmaktadır. Üretimin büyük bir çoğunluğu insan gücü ile ilerlemektedir. Emniyet stoğunun olmaması, düşük otomasyon seviyesine bağlı olarak insan hatasına açık üretimin gerçekleşmesi teslimat sürelerini uzatmaktadır.

- Ekipman faktörü; üretimde kullanılan ekipmanların sürece etkisini kapsamaktadır. Temiz oda içerisinde firmaya özel üretilen hortum kesme makinesi, paketlenme makinesi ve

etiket makinesi bulunmaktadır. Kısıtlı üretim alanı bulunan firmada bu ekipmanlar üretimin devamı için azami önem taşımaktadır. Ekipman yetersizliği, hortum kesme makinesi ve etiketleme makinesinde sıklıkla yaşanan aksaklıklar ekipman faktörünün alt nedenleri arasındadır.

- Tedarik faktörü; üretimi gerçekleştirilen ürünler için tüm satın alma süreçlerini kapsar. Bu süreçte yaşanan problemlerden en önemlisi dünya genelinde COVID-19 pandemisi sonrası hammadde ve yarı mamul tedarikçisinde yaşanan aksaklıklar olarak gösterilebilir. Firmanın hammadde üretimini bünyesinde bulundurmaması, üretim prosesinin yalnızca montaj, paketleme ve sterilizasyon işlemlerini kapsaması yarımamul tedarikçisini kritik bir noktaya taşımaktadır. Tedarikçi sayılarının azalmasıyla ulaşılabilirliği de etkilemiştir. Yarı mamul tedarikçisinde yaşanan bir gecikmenin üretimin aksamasına ürüne bağlı olarak üretimin durmasına neden olması kaçınılmazdır. Bunların yanında tıbbi cihaz sektöründe yeni bir yönetmelik yayınlanmış üreticileri ciddi oranda etkilemiştir. MDR 2017/45 ile birlikte tıbbi cihaz üretimi yapan firmaların tedarikçilerinin bu yönetmeliğe uygunluğunu değerlendirme zorunluluğu gelmiştir. Bu durum üreticileri nitelikli tedarikçi arayışına sokmuştur.

- Çevre Faktörü; firmanın içerisinde bulunduğu fiziksel ve ekonomik şartların getirdiği nedenleri kapsamaktadır. Ülke ve dünya genelinde yaşanan ekonomik kriz, üreticileri ve alım güçlerini oldukça etkilemiştir. Bunun yanında firmanın siparişlerinde bir önceki yıla kıyasla ciddi bir artış gerçekleşmiştir. Ancak firma, konumu ve yerleşkesi sebebiyle kısıtlı bir üretim tesisine sahiptir. Bu durumun artan siparişler ile birleştiğinde teslim sürelerinin artmasına neden olduğu görülmüştür.

Şekil 2’de verilen Balık kılçığı diyagramı üzerinden tüm alt nedenler ile birlikte yapılan değerlendirmede firmanın kısıtlı üretim tesisi konusunda atabileceği adımların 5 yıllık planda olduğu ancak şu an için bu ekonomik koşullar altında bir adım atılamayacağı kararına varılmıştır. Teslim sürelerinin uzamasının temel sebebinin üretimde kullanılan hammaddelerin/yarı mamullerin tedarik süreçlerinde yaşanan aksaklıklar olduğu sonucuna varılmıştır. Hammaddelerin tedarikçisinde yaşanan sıkıntıların çözülmesi durumunda teslim sürelerindeki aksaklıkların büyük ölçüde azalacağı öngörülmüştür. Bununla birlikte, tüm AB üye ülkelerinde bulunan ve AB ‘de satış yapabilmeyi hedefleyen tüm üreticilerin öncelikli gündemini oluşturan MDR 2017/45’in getirdiği gerekliliklerin karşılanabilmesinin önemi vurgulanmıştır.

Günümüzde COVID-19 pandemisi sonrası yaşanan tedarik sorunlarının artması artan maliyetler ve ekonomik kriz ortamı tedarikçi seçiminin önemini arttırmıştır. Tedarikçi seçimi, bir firmanın kaynak yönetimini önemli ölçüde etkileyen, ürün kalitesini ve maliyetini doğrudan etkileyen bir değerlendirmeyi kapsamaktadır. Tedarikçi seçiminin etkin sürdürülememesi üretim süreçlerinin aksamasına, temin tarihinin uzamasına ve artan rekabet ortamında pazar kaybına neden olabilmektedir. Aynı zamanda bu durum kâr-zarar dengesini doğrudan etkilemektedir. Özellikle tıbbi cihaz sektöründe bu durumun öneminin arttığı görülmektedir. Doğru tedarikçi seçimi ürün kalitesini doğrudan etkileyen bir kriterdir ve tıbbi cihaz üretiminde ürün kalitesi ve güvenliği hayati önem taşıyan bir unsurlardır. Firmanın finansal kaynakların büyük bir kısmını kullanır ve organizasyonun başarısı için çok önemlidir. Bunların yanında ürünün bir tıbbi cihaz olmasının getirdiği yasal gereklilikler, standartlar ve yönetmelikler çerçevesinde onaylanmış kuruluşlar ve yetkili otoritelerce takip edilmektedir. MDR 2017/45 sonrasında bu gereklilikler daha da artmış ve tedarikçi seçimi kritik önem kazanmıştır.

Tedarikçi seçimi tıbbi cihaz üretimi gerekliliklerin ilk adımı olarak düşünülebilir. Diğer sektörlerden farklı olarak tıbbi cihaz sektöründe tedarikçiler, belgelendirme aşamasında onaylanmış kuruluş tarafından onaylanır. Sonraki zamanlarda firmanın bu listeye sadık kalması beklenir. Bir değişiklik olması durumunda, ilgili yönetmelik gereğince firma tarafından değerlendirilerek onaylanmış kuruluşa bildirilmeli ve mutlaka onay alınmalıdır. Bu süreç firmalarda zaman kaybına neden olmaktadır. Getirdiği zaman kaybının yanında, tedarik yapılan yarı mamul/hammaddelerin testlerinin yapılması gerekmekte, üretiminde kullanılan ürünlerin güvenlik ve performansında negatif bir etkiye neden olmayacağı firma tarafından analizler ile kanıtlanması gerekmektedir. Hammadde ve yarı mamuller için gerekli test ve analiz maliyetlerinin ciddi oranda artması ile birlikte doğru tedarikçi seçiminin önemi daha da artmıştır. Maliyet boyutunun yanında MDR 2017/45, üretici ve tedarikçileri zaman kaybı yaşamamak için iş birliği yapmaya itmektedir. Bu nedenle müşteri ilişkilerinin önemi artmıştır.

Firmada oluşturulan odak grubun teslim süresinin artış sebepleri üzerinde yapılan değerlendirmeleri sonucunda tedarikçi seçiminin etkin yürütülemediği sonucuna ulaşılmıştır.

Kriterlerin seçimi yapılırken, başlangıçta, 'Supplier Selection', 'Supplier selection medical device', 'Supplier selection desicion making' anahtar kelimeleri ile 2017-2023

yılları arasında olmak üzere tarama yapılmıştır. Yapılan taramada çalışmaya katkısı olabilecek makaleler uzman görüşlerince seçilmiştir. Seçilen makaleler Tablo 2.1’de verilmiştir.

Tablo 2.1’de, 2017 yılından itibaren tedarikçi seçiminde kullanılan yöntem uygulamalarını içeren makaleler incelenmiş, farklı alanlarda tedarikçi seçiminde kullanılan yöntemler ve kriter seçimleri değerlendirilmiştir. Seçilen çalışmalar alan, yöntem ve kriter bazında değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmede, fiyat, kalite, maliyet ve teslimat kriterlerinin çalışma alanı fark etmeksizin öne çıktığı gözlenmiştir. Müşteri memnuniyet, esneklik gibi kriterlerin ise sıklıkla seçildiği görülmüştür. Tıbbi cihaz endüstrisinde tedarikçi seçimi ele alındığında odak grup ile yapılan değerlendirmede kalite, fiyat, maliyet ve teslimat süresi kriterler arasına alınmış, MDR 2017/45 ile birlikte müşteri ilişkilerinin eklenmesine karar verilmiştir. Bunların dışında ürünün tıbbi cihaz olmasının getirdiği gereklilik firmaların kalite belgelerini önemli kılmıştır. Kalite belgelerinin mevcudiyet yılı son olarak kriterlere eklenmiştir. Yeni yönetmeliğin uygulamaya alındığı ve tüm tıbbi cihaz üreticilerinin bu yönetmeliğe uygun belge yenileme dönemine girmeleri kalite belgesinin yılının önemli bir kriter olarak değerlendirilmesine neden olmuştur. Tıbbi cihaz üreticileri yıllık rutin denetimler ile denetlenmektedir. Belgelendirilen firma tedarikçilerini denetlemekle ve gerektiğinde onaylanmış kuruluşlarının denetlemesine imkân sağlamakla yükümlüdür. Kalite belgesinin uzun süre olması tedarikçinin belgelendirme faaliyetlerindeki başarısını ve tecrübesini göstermektedir. Belirlenen kriterler, açıklamaları ve kriter tipleri Tablo 4.2’de verilmiştir. Kriterler fayda tipi ise A, maliyet tipi ise B ile gösterilmektedir. Kriterler; ürün kalitesi (k_1), kalite belgesi yılı (k_2), tedarik süresi (k_3), fiyat (k_4), nakliye masrafları (k_5) ve müşteri ilişkileri (k_6) şeklinde belirlenmiştir.

Tedarikçi seçimi yapılacak ürün seçimi için öncelikle firmanın 2022 yılında yapılan üretim miktarları referans alınmıştır. Firma 2022 yılında 98 farklı model üründen 856.613 adet ürün üretimi ve satışı gerçekleştirmiştir. Üretimi ve satışı yapılan 856.613 adet üründe kullanılan yarı mamul sayıları Tablo 4.1’te verilmiştir.

Tablo 4.1 Yarı mamullerin 2022 yılı kullanım miktarları

Yarı Mamul	Ürün miktarı
Damla Odası	73.793
Hortum	856.613
Klemp	194.764
Enjeksiyon Portu	202
Lüer	842.081
Kapak	842.081
Filtre	113.142
İğnesiz Enjeksiyon Valfi	21.882
Üç Yollu Musluk	4.050
Y Konnektör	61.990
Spike	29.343
Çek Valf	68.632
Adaptör	14.532

Firmanın 2022 yılına ait tedarik süreçleri incelendiğinde, en çok hortum, klemp, lüer ve üç yollu musluk tedariklerinde gecikmeler yaşandığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, bu yarı mamullerden hortumda sıklıkla kirlilik gözlemlenmiştir. Tedariği yapılan yarı mamullerin yeterince temiz gelmemesi bir ön kontrol işlemi gerektirmekte ve üretim sürecinin uzamasına neden olmaktadır. Bu durum üretim süreçlerini direkt olarak etkilemektedir. Emniyet stoğu buldurmamayan ve sipariş üzerine üretim yapan firmada hortum tedariklerinde yaşanan bu gecikmeler teslimat süresinde uzamaya neden olmaktadır. Aynı zamanda tıbbi cihaz üreticisi olmanın getirdiği yasal gereklilikler firmanın tedarik süreçlerini sınırlandırmaktadır. MDR 2017/45 ile birlikte yeniden belgelendirme hazırlığı içerisinde olan firma bu süreçte tedarikçilerini gözden geçirmek istemektedir. Tedarik süreçlerinde yaşanan sıkıntılar odak grup tarafından değerlendirildiğinde mevcut hortum tedarikçisine alternatif arayışı içerisinde girilmiştir.

Tablo 4.1'e göre, hortumun 2022 yılında en çok kullanılan yarı mamul olduğu görülmektedir. Hortum infüzyon ve uzatma setleri için ürün kullanım amacı düşünüldüğünde en kritik parçalardan biridir. Sıralamada hemen sonrasında gelen lüer ve kapağın ürünlerin kullanım amacı düşünüldüğünde hortum kadar kritik ürünler olmadığı tespit edilmiştir. Hortumlar uzatma ve infüzyon setlerinin birincil elemanıdır. Hortum tedariklerinde yaşanan herhangi bir sorunda üretim sürecinin direkt olarak etkilenmesi beklenmektedir. Tedariği yapılan hortumlarda sıklıkla karşılaşılan kirlilik problemi üretim süreçlerinde aksamaya neden olmaktadır. Tüm bu nedenlerin odak grup tarafından değerlendirilmesi üzerine tedarikçi seçimi probleminde ele alınacak tedarikçi alternatiflerinin hortum üreticileri arasından seçilmesine karar verilmiştir. Üretimi yapılan

ürünlerde birçok farklı hortum kullanılmaktadır. Bu çalışmada 2022 yılında en fazla kullanılan hortum çeşidi baz alınmıştır.

4.1. Aşama 1 Uygulama: MEREC Yöntemi İle Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi

Yapılan literatür araştırmaları ve odak grup değerlendirmeleri sonucunda 6 alternatif tedarikçi ($t_i, i = 1, 2, \dots, 6$) ve bu tedarikçileri değerlendirmek üzere 6 kriter ($k_j, j = 1, 2, \dots, 6$) belirlenmiştir. Kriterler, kriterlerin açıklamaları ve kriter tipleri Tablo 4.2’de verilmiştir.

Tablo 4.2 Tedarikçi Seçim Kriterleri ve Tipleri

k_j	Kriter	Açıklama	Kriter Tipi
k_1	Ürün Kalitesi	Yarı mamulün hammadde ve performans kalitesini ifade eder. Karar matrisinde puanlaması yapılırken odak grup tarafından 100 üzerinden performans puanı verilerek değerlendirilmiştir.	A
k_2	Kalite Belgesi Yılı	Tedarikçi firmanın kalite belgesine kaç yıldır sahip olduğunu ifade eder. Firmaların bu belgeye sahip olma süreleri standart gerekliliklerine uygun üretim yaptıkları yılı gösterir. Karar matrisinde puanlaması yapılırken kalite belgesinin ilk veriliş yılı esas alınmıştır.	A
k_3	Tedarik Süresi	Tedarik süresinin hafta cinsinden değeridir. Firmaların yarı mamul/hammadde siparişi sonrası verdikleri termin tarihidir.	B
k_4	Fiyat	Tedariği yapılacak olan ürünün TL cinsinden metre başına maliyetini ifade eder. Karar matrisinde ürünlerin Ocak 2023 tarihli güncel fiyatlarına yer verilmiştir.	B
k_5	Nakliye Masrafları	Yarı mamul tedariğinde fatura edilen taşıma masraflarını ifade eder. Firmalar ile yapılan nakliye anlaşmaları farklılık göstermektedir. Bazı firmalar bu ücreti fiyata dahil ederken bazı firmalar kargo ile gönderim yapmaktadır. Nakliye maliyetlerindeki farklılık kargo ile gönderim, gümrük masrafları (ithal ürün ise) gibi nedenlerle farklılık göstermektedir. Karar matrisinde Türk Lirası cinsinden değerleri gösterilmektedir.	B
k_6	Müşteri	Firmaların tedarik süresi ve sonrasında iş	A

İlişkileri birliğine yatkınlığını ifade eder. Odak grup ile yapılan değerlendirmede firmanın geçmiş tecrübeleri de göz önünde bulundurularak 100 üzerinden puanlandırılmıştır.

Adım 1.1: Alternatifleri ve kriterleri belirleyerek başlangıç karar matrisini oluştur.

Firmanın geçmiş tecrübeleri ve sektör bilgisi ile 6 adet tedarikçi alternatifi belirlenmiştir. Firma gizliliği nedeni ile tedarikçiler, uygulamanın sonraki adımlarında t_i , $i = 1,2, \dots, 6$ ile gösterilecektir.

Önerilen yöntemin ilk adımında, alternatifler (t_i , $i=1,2, \dots, 6$) ve kriterler (k_j , $j = 1,2, \dots, 6$) belirlendikten sonra Eşitlik (3.2) ile başlangıç karar matrisi (G) oluşturulur. Başlangıç karar matrisi Tablo 4.3’de verilmiştir.

Tablo 4.3 MEREC -Başlangıç Karar Matrisi

	$k_1 \in A$	$k_2 \in A$	$k_3 \in B$	$k_4 \in B$	$k_5 \in B$	$k_6 \in A$
t_1	90,0000	13,0000	2,0000	1,2300	1,0000	100,0000
t_2	80,0000	20,0000	2,0000	1,0400	200,0000	65,0000
t_3	100,0000	19,0000	4,0000	0,7300	10000,0000	65,0000
t_4	65,0000	10,0000	2,0000	0,9400	500,0000	80,0000
t_5	85,0000	8,0000	1,0000	1,7600	300,0000	70,0000
t_6	50,0000	5,0000	1,0000	0,8300	150,0000	75,0000

Adım 1.2: Başlangıç karar matrisini MEREC yöntemine göre normalize et.

Bu adımda Eşitlik (3.1) ‘de verilen başlangıç karar matrisinin elemanları Eşitlik (3.2) kullanılarak normalize edilir. Normalize edilen değerler Tablo 4.4’de verilmiştir.

Eşitlik 3.2 ‘de normalize başlangıç karar matrisinin elemanları $d_{i,j}$; $i = 1,2, \dots, 6$, $j = 1,2, \dots, 6$ ile gösterilir.

Tablo 4.4 MEREC için Normalize Başlangıç Karar Matrisi

	$k_1 \in A$	$k_2 \in A$	$k_3 \in B$	$k_4 \in B$	$k_5 \in B$	$k_6 \in A$
t_1	0,5556	0,3846	0,5000	0,6989	0,0001	0,6500
t_2	0,6250	0,2500	0,5000	0,5909	0,0200	1,0000
t_3	0,5000	0,2632	1,0000	0,4148	1,0000	1,0000
t_4	0,7692	0,5000	0,5000	0,5341	0,0500	0,8125

t_5	0,5882	0,6250	0,2500	1,0000	0,0300	0,9286
t_6	1,0000	1,0000	0,2500	0,4716	0,0150	0,8667

Adım 1.3: Alternatif tedarikçilerin genel performansını hesapla.

Bu adımda eşit kriter ağırlıklarına sahip logaritmik bir ölçü kullanılarak alternatif tedarikçilerin genel performansı ($Y_i, i = 1, 2, \dots, 6$) elde edilir. Bu ölçü Eşitlik (3.3)'te verilen formüle dayanmaktadır. Elde edilen sonuçlar Tablo 4.5'te verilmiştir.

Tablo 4.5 Alternatif tedarikçilerin genel performansı

	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6
Y_i	1,1116	0,7722	0,3952	0,6488	0,6904	0,7324

Adım 1.4: Her bir kriteri kaldırarak alternatif tedarikçilerin performansını hesapla.

Adım 1.3'dekine benzer logaritmik bir ölçü kullanılarak bu işlem yapılır. 2.adım ile bu adım arasındaki fark alternatif tedarikçilerin performanslarının her bir kriterin ayrı etkisine dayalı olarak hesaplanmasıdır

Bu nedenle m kriter sayısı ile ilişkili m performans seti vardır. j 'inci kriterin çıkarılması ile ilgili olarak i 'inci alternatifin performansı Y'_{ij} ile gösterilir ve Eşitlik (3.4) ile hesaplanır. Hesaplama sonuçları Tablo 4.6'da verilmiştir.

Tablo 4.6 AŞAMA 1.4 Alternatif Tedarikçilerin Performansı Tablosu

Y'_{ij}	$k_1 \in A$	$k_2 \in A$	$k_3 \in B$	$k_4 \in B$	$k_5 \in B$	$k_6 \in A$
t_1	1,0789	1,0578	1,0729	1,0918	0,4083	1,0877
t_2	0,7354	0,6594	0,7174	0,7309	0,4138	0,7722
t_3	0,3142	0,2329	0,3952	0,2912	0,3952	0,3952
t_4	0,6257	0,5865	0,5865	0,5926	0,3464	0,6305
t_5	0,6451	0,6504	0,5673	0,6904	0,3437	0,6842
t_6	0,7324	0,7324	0,6147	0,6703	0,3222	0,7209

Adım 1.5: Mutlak sapmaların toplamını hesapla.

Adım 1.3 ve Adım 1.4'te hesaplanan Y_{ij} ve Y'_{ij} değerlerine göre j 'inci kriterin kaldırma etkisi hesaplanır. Eşitlik 3.5 kullanılarak her bir kriterin kaldırma etkisi Z_j hesaplanır. Hesaplama sonuçları Tablo 4.8'te verilmiştir.

Tablo 4.7 Mutlak Sapmaların Toplamı

	k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	k_6
Z_j	0,2191	0,4314	0,3967	0,2835	2,1211	0,0599

Adım 1.6: Kriterlerin nihai ağırlığını (h_j) hesapla.

Adım 1.5'te hesaplanan Z_j kaldırma etkileri kullanılarak her bir kriterin ağırlığı belirlenir.

h_j , j 'inci kriterin ağırlığı olmak üzere Eşitlik (3.6)'daki gibi hesaplanır. Sonuçlar Tablo 4.6'da verilmiştir.

Tablo 4.8 Kriterlerin nihai ağırlığı

	k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	k_6
h_j	0,0624	0,1228	0,1130	0,0807	0,6040	0,0171
Sıralama	5	2	3	4	1	6

Ağırlıkları MEREC kullanılarak hesaplandıktan sonra CoCoSo yöntemi ile nihai sıralama yapılmıştır.

4.2. Aşama 2 Uygulaması: CoCoso İle Tedarikçilerin Nihai Sıralamalarının Elde Edilmesi

Adım 2.1: Başlangıç karar matrisini CoCoSo yöntemine göre normalize et.

Kriterlerin fayda tipi ya da maliyet tipi olmasına göre Eşitlik (3.7) kullanılarak başlangıç karar matrisi normalize edilir.

CoCoSo yöntemine göre normalize edilen matris Tablo 4.9'da verilmiştir.

Tablo 4.9 CoCoSo için Normalize Başlangıç Karar Matrisi

	$k_1 \in A$	$k_2 \in A$	$k_3 \in B$	$k_4 \in B$	$k_5 \in B$	$k_6 \in A$
t_1	0,8000	0,5333	0,6667	0,5146	1,0000	1,0000
t_2	0,6000	1,0000	0,6667	0,6990	0,9801	0,0000
t_3	1,0000	0,9333	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000
t_4	0,3000	0,3333	0,6667	0,7961	0,9501	0,4286
t_5	0,7000	0,2000	1,0000	0,0000	0,9701	0,1429
t_6	0,0000	0,0000	1,0000	0,9029	0,9851	0,2857

Adım 2.2: C_i ve R_i değerlerini hesapla.

Ağırlıklı karşılaştırılabilirlik dizisinin toplamı C_i , $i = 1, \dots, n$ ve her bir alternatif tedarikçi için karşılaştırılabilirlik dizilerinin güç ağırlık miktarı R_i , $i = 1, \dots, n$ olarak gösterilir.

MEREC yöntemi elde edilen ağırlıklar (h_j), Eşitlik (3.8) ve Eşitlik (3.9)'de kullanılarak, sırasıyla R_i ve C_i değerleri hesaplanmıştır. R_i ve C_i değerleri, Tablo 4.10 ve Tablo 4.11'de verilmiştir.

Tablo 4.10 : Ağırlıklı karşılaştırılabilirlik dizisinin toplamı

	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6
C_i	0,8533	0,8840	0,2578	0,7804	0,7696	0,7857

C_i değerleri gri ilişkisel yaklaşıma, R_i ise WASPAS yöntemine göre elde edilir.

Tablo 4.11: Her bir alternatif tedarikçi için karşılaştırılabilirlik dizilerinin güç ağırlığının tamamı

	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6
R_i	5,8149	4,8833	2,9916	5,6936	4,7478	3,9616

Adım 2.3: Alternatif tedarikçilerin görel ağırlıklarını hesapla.

Değerlendirme puanları e_{ia} , e_{ib} ve e_{ic} sırasıyla Eşitlik (3.10), Eşitlik (3.11) ve Eşitlik (3.12)'ye göre hesaplanmış ve hesaplama sonuçları Tablo 4.12'da verilmiştir. Eşiklik (3.12)'deki λ değeri 0,5 olarak alınmıştır.

Tablo 4.12 CoCoSo- Değerlendirme Stratejisi Puanları

	$i = 1$	$i = 2$	$i = 3$	$i = 4$	$i = 5$	$i = 6$
e_{ia}	0,2057	0,1779	0,1002	0,1997	0,1702	0,1464
e_{ib}	5,2542	5,0617	2,0000	4,9307	4,5726	4,3724
e_{ic}	0,9954	0,8609	0,4851	0,9664	0,8236	0,7087

Adım 2.4: Alternatiflerin e_i değerleri üzerinden nihai sıralamasını yap.

Alternatiflerin nihai sıralamasını elde etmek için Adım 2.3'teki hesaplamalardan yararlanılır. Bu hesaplamalar Eşitlik 3.13'te kullanılarak e_i , $i = 1, 2, \dots, n$ değerleri hesaplanır.

Tablo 4.13 Alternatif Tedarikçilerin Puanları

	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6
e_i	3,1763	2,9521	1,3216	3,0158	2,7176	2,5109
Sıralama	1	3	6	2	4	5

Alternatif tedarikçilerin puanları Tablo 4.13'de verilmiştir. Bu tabloda sıralamalar büyükten küçüğe olacak şekilde numaralandırılarak gösterilmiştir.

Alternatif tedarikçilerin nihai sıralaması üzerine yapılan değerlendirmede en iyi tedarikçinin 1 numaralı tedarikçi olduğu sonucuna varılmıştır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tıbbi cihaz sektörü, içerisinde birçok parametre barındıran ve hızla büyüyen bir sektördür. Sürekli gelişen teknolojiler, sağlık hizmetlerinde teşhis ve tedavi uygulamalarının ilerlemesine katkıda bulunmaktadır. Tıbbi cihaz üreticileri, artan rekabet ortamında varlıklarını sürdürebilmek ve bu değişime ayak uydurabilmek için firma bünyesinde sürekli olarak iyileştirme faaliyetleri yürütmelidir. Firma, süreçlerini gözden geçirmeli, sorunları belirleyip gerekli önlemleri alarak uygulamaya koymalı, uygulanan faaliyetlerin etkisini ve verimliliğini kontrol etmelidir. Bu süreç, tıbbi cihaz sektöründe ürün güvenliği ve kalitesinin insan hayatına doğrudan etkisi düşünüldüğünde daha da önem kazanmaktadır, çünkü birçok firma endüstriyel alanda üretim yapmaktadır.

Tıbbi cihaz üretimi yapan firmalarda ürünün tıbbi cihaz olmasının getirdiği yasal gereklilikler, kalite süreçleri kapsamında standartlar ve yönetmelikler çerçevesinde, onaylanmış kuruluş ve yetkili otoritelerce takip edilmektedir. İmalatçı cihazlarını piyasaya arz ederken veya hizmete sunarken cihazlarının ilgili yönetmeliğin gereklilikleri uyarınca tasarlanmış ve imal edilmiş olmalarını sağlamakla yükümlüdür. İlgili AB mevzuatı ve bu mevzuata uyumlu Sağlık Bakanlığı'nın yayınladığı yönetmeliklerde imalatçının yükümlülükleri belirtilmektedir. MDR 2017/45 ile birlikte artan maliyetler ve yükümlülükler tıbbi cihaz üreticilerini süreçlerini sorgulamaya itmiştir. Tüm yasal gereklilikleri yerine getirirken aynı zamanda müşteri isteklerinin karşılanmasını sağlayabilmek üreticilerin pazar kaybı yaşamamaları için kritik hale gelmektedir. Üreticinin faaliyetleri ile müşteri beklentilerinin uyumu faaliyet başarısı için oldukça önemlidir.

Üreticiler için, ürün güvenliği ve performansından ödün vermeden müşteri taleplerine cevap verebilmek son derece önemlidir. Tıbbi cihaz üretimi sürecinde, ürün güvenliği hasta ve kullanıcı sağlığı göz önünde bulundurularak bir bütün olarak değerlendirilmektedir. Bu süreç, hammadde alımından itibaren ürün sınıfına bağlı olarak satış ve sonrasındaki takip sürecini kapsar ve izlenebilirlik olarak değerlendirilir. İlenebilirlik, siparişin geldiği anda başlar ve satışına ve sonrasında imhasına kadar devam eder. İlk kritik adımı ise hammadde/yarı mamul tedarikidir.

Bu çalışma bir tıbbi cihaz üreticisi olan ve sarf malzeme üreten bir firmada yaşanan tedarikçi seçimi problemini ele almıştır. İlk olarak firmada, zamanında teslimat, daha kısa

termin süresi gibi müşteri isteklerinin karşılanamadığı tespit edilmiş, teslim sürelerinin arttığı gözlemlenmiştir. Firma çalışanlarından oluşan odak grup belirlenerek nedenleri balık kılçığı diyagramı üzerinde tartışılmıştır. İnsan, proses, yöntem, ekipman, tedarik ve çevre faktörleri çerçevesinde alt nedenler belirlenmiştir. Bu değerlendirme sonucunda, teslim sürelerinde yaşanan temel sebebin tedarik süreçlerinde yaşanan aksaklıklar olduğu sonucuna varılmıştır. Tedarikte yaşanan sıkıntıların çözülmesi halinde planlamalardaki aksaklıkların büyük ölçüde azalacağı öngörülmektedir. Bunun yanında MDR 2017/45'e hazırlık aşamasında olan firma için bu sorunun çözülmesinin sonraki süreçlere katkısının oldukça fazla olacağı öngörülmektedir.

Bu çalışmada, bir tıbbi cihaz üreticisinde tespit edilen tedarikçi seçimi sorunu, ÇKKV yöntemlerini kullanarak ele alınmıştır. Tedariği üzerinde uygulama gerçekleştirilecek yarı mamul seçilirken firmanın 2022 yılı üretim verileri referans alınmıştır. Hortumun 2022 yılında satışı yapılan her üründe kullanıldığı görülmüştür. Sıralamada hemen sonrasında gelen lüer ve kapağın ürünlerin kullanım amacı düşünüldüğünde hortum kadar kritik olmadıkları tespit edilmiştir. Hortumlar uzatma ve infüzyon setlerinin birincil elemanı olarak bilinmektedir. Hortum tedariginde yaşanan herhangi bir sorunda üretim sürecinin direkt olarak etkilenmesi beklenmektedir. Bu nedenle tedarikçi seçimi probleminde ele alınacak tedarikçi alternatifleri hortum üreticileri arasından seçilmesine karar verilmiştir.

İlk olarak, firmanın sektör bilgisi ve odak grup değerlendirmeleri kullanılarak alternatifler ve kriterler belirlenmiştir. Kriterler belirlenirken literatür araştırması yapılmış, birçok sektörde tedarikçi seçim problemini ele alan yayımlar incelenmiştir. Bu incelemede seçilen çalışmalar alan, yöntem ve kriter bazında değerlendirilmiştir. Odak grup ile birlikte yapılan değerlendirmede; Ürün Kalitesi (k_1), Kalite Belgelerinin yılı (k_2), Tedarik süresi (k_3), Fiyat (k_4), Nakliye Masrafları (k_5), Müşteri İlişkileri (k_6), olmak üzere 6 kriter belirlenmiştir.

Daha sonra, yeni nesil ÇKKV yöntemlerinden biri olan MEREC-CoCoSo entegrasyonu incelenmiş ve bu yöntemin soruna uygulanmasına karar verilmiştir. MEREC yöntemi ile her bir kriterin ağırlıkları belirlenirken, CoCoSo yöntemi alternatiflerin sıralaması için puanlama yapılabilmektedir. Sonuçlar, odak grup ile birlikte değerlendirilmiştir.

Öncelikle uygulamanın ilk adımı olan MEREK yöntemi sonuçları incelenmiş, kriter ağırlıkları; $h_1=0,0624$, $h_2=0,1228$, $h_3=0,1130$, $h_4=0,0807$, $h_5=0,6040$, $h_6=0,0171$ olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlara göre, nakliye masrafı en yüksek ağırlıklı kriter olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu kriterin sonuca etkisinin daha fazla olduğu belirlenmiştir. Sırasıyla belirtmek gerekirse kriter ağırlıkları; nakliye masrafları, kalite belgesinin yılı, tedarik süresi, fiyat, kalite ve son olarak müşteri ilişkileri şeklindedir.

Ağırlıkların belirlenmesinin ardından CoCoSo ile alternatiflerin sıralamaları elde edilmiştir. Bu amaçla karar matrisi üzerinden yapılan hesaplamalar ile normalizasyon matrisi elde edilmiştir. Normalizasyon matrisi oluşturulurken kriterlerin fayda ve maliyet tipi kriterler olmalarına göre farklı denklemler kullanılmıştır. Sonraki adımda ağırlıklı karşılaştırılabilirlik dizisinin toplamı ve karşılaştırılabilirlik dizisinin güç ağırlıklarının tamamı ve ayrıca her alternatif için karşılaştırılabilirlik dizisinin güç ağırlığının bir miktarı sırasıyla hesaplanır (C_i ve R_i değerleri). Sonrasında alternatiflerin görece ağırlıkları hesaplanmıştır. e_{ia} , e_{ib} ve e_{ic} olmak üzere 3 değerlendirme stratejisi puanı elde edilmiştir. Bu puanlar Tablo 4.12’de verilmiştir. Alternatiflerin e_i değerleri üzerinden nihai sıralaması yapılmıştır. Sonuçlar, $e_1=3,1763$, $e_2=2,9521$, $e_3=1,3216$, $e_4=3,0158$, $e_5=2,7176$, $e_6=2,5109$ olarak elde edilmiştir. Ulaşılan bu değerlere göre alternatiflerin nihai sıralamasında en iyi tedarikçinin 1 numaralı tedarikçi olduğu sonucuna varılmıştır. Aynı zamanda bu tedarikçi, 13 yıldır kalite belgesine sahip olduğu ve tedarik süresinin optimum olarak değerlendirilebilecek bir süre olan 2 hafta olduğu görülmektedir. Sonuçlar firma yöneticileri ve mühendislerinin de bulunduğu odak grup değerlendirmesinde sonuçların tutarlı olduğu görülmüştür. Çalışma öncesinde hortum tedariki yapılan firma ile sonuçlar karşılaştırıldığında önerilen tedarikçinin tedarik süresi, kalite belgesine sahip olma yılı ve nakliye masrafları ile avantaj sağladığı görülmektedir. Firma, bu çalışma sonuçlarına uygun olarak tedarikçi yenileme sürecine girmiştir. Odak grup ile yapılan değerlendirmede önerilen yöntemin objektif bir yöntem olmasının sürecin daha sistematik ilerlemesini sağlayacağı sonucuna ulaşılmıştır.

Bu çalışmanın mevcut literatüre katkısı aşağıdaki gibidir:

- I. Bu çalışma tıbbi cihaz üreticisinde tedarikçi seçimi problemini kapsamlı bir şekilde ele almıştır. Bu çalışma tıbbi cihaz üreticisinde tedarikçi seçimi problemini kapsamlı bir şekilde ele almıştır. Yapılan literatür çalışmasında sağlık endüstrisinde tedarikçi seçim problemlerinin olduğu ancak tıbbi cihaz sektöründe yapılan

çalışmaların yetersiz olduğu görülmüştür. YÖK Tez üzerinde yapılan değerlendirmede, tedarikçi seçimi ile ilgili 174 çalışma olduğu ve bunların yalnızca 4 tanesinin sağlık sektörünü kapsadığı görülmüştür. Sağlık sektörü her ne kadar tıbbi cihaz sektörü ile iç içe geçmiş sektörler olsalar da farklı iki endüstri olduğu da atlanmamalıdır. Yapılan çalışmanın bu anlamda literatüre katkı sağlayacağı öngörülmektedir.

- II. MEREC-CoCoSo yöntemlerinin farklı alanlarda birlikte kullanıldığı görülse de, tıbbi cihaz sektöründe tedarikçi seçimi için MEREC-CoCoSo yöntemi ilk kez uygulanmaktadır.
- III. Kriterler belirlenirken MDR 2017/45 ile birlikte üreticilerin tedarikçilerin kalite belgelerine sahip olmaları ve bu belgenin mevcudiyet yılı dikkate alınmıştır. Tedarikçi seçiminde literatürde karşılaşılan kriterlerden farklı olarak sonraki çalışmalarda dikkate alınması beklenen bir kriter değerlendirmeye alınmıştır.

Bu bağlamda ilgili çalışmanın literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Sonuçların tutarlılığı göz önüne alındığında çalışmanın tıbbi cihaz üreticileri açısından uygulanabilir olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu alandaki üreticilerin MDR 2017/45' e hazırlanırken tedarikçi seçimi süreçlerini önerilen yöntem önerisi ile gözden geçirmelerinin firmalara kaynaklarını doğru yönlendirmek adına katkı sağlayacağı öngörülmektedir. İlgili çalışma, tıbbi cihaz sınıfı yüksek olan ya da aktif cihaz üreticisi olarak faaliyet gösteren tıbbi cihaz üreticilerinin ürün özellikleri ve kullanım amacı dikkate alınarak kriter belirleme aşamasında karar vericilere yardımcı olabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

- [1] “TIBBİ CİHAZ YÖNETMELİĞİ Sayfa 2 / 143,” *Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumundan*.
- [2] T. W. Li, P. W. Tu, L. L. Liu, and S. I. Wu, “Assurance of medical device quality with quality management system: An analysis of good manufacturing practice implementation in Taiwan,” *Biomed Res. Int.*, vol. 2015, 2015, doi: 10.1155/2015/670420.
- [3] A. Singh and S. Kumar Malik, “Major MCDM Techniques and their application-A Review,” vol. 04, pp. 2–15, 2014, Accessed: Apr. 05, 2023. [Online]. Available: iosrjen.org.
- [4] E. Roszkowska, “Rank Ordering Criteria Weighting Methods – a Comparative Overview,” *Optimum. Stud. Ekon.*, no. 5(65), pp. 14–33, 2013, doi: 10.15290/OSE.2013.05.65.02.
- [5] H. K. Alfares and S. O. Duffuaa, “Simulation-Based Evaluation of Criteria Rank-Weighting Methods in Multi-Criteria Decision-Making,” *Int. J. Inf. Technol. Decis. Mak.*, vol. 15, no. 1, pp. 43–61, Jan. 2016, doi: 10.1142/S0219622015500315.
- [6] N. H. Zardari, K. Ahmed, S. M. Shirazi, and Z. Bin Yusop, “Weighting Methods and their Effects on Multi-Criteria Decision Making Model Outcomes in Water Resources Management,” 2015, doi: 10.1007/978-3-319-12586-2.
- [7] F. S. Abdulgader, R. Eid, and B. D. Rouyendegh, “Development of decision support model for selecting a maintenance plan using a fuzzy MCDM approach: A theoretical framework,” *Appl. Comput. Intell. Soft Comput.*, vol. 2018, 2018, doi: 10.1155/2018/9346945.
- [8] F. Torfi, R. Farahani, S. R.-A. soft computing, and undefined 2010, “Fuzzy AHP to determine the relative weights of evaluation criteria and Fuzzy TOPSIS to rank the alternatives,” *Elsevier*, vol. 10, no. 2, pp. 520–528, Mar. 2010, doi: 10.1016/j.asoc.2009.08.021.
- [9] M. S. Saidin, L. S. Lee, S. M. Marjugi, M. Z. Ahmad, and H. V. Seow, “Fuzzy

- Method Based on the Removal Effects of Criteria (MERECE) for Determining Objective Weights in Multi-Criteria Decision-Making Problems,” *Math. 2023, Vol. 11, Page 1544*, vol. 11, no. 6, p. 1544, Mar. 2023, doi: 10.3390/MATH11061544.
- [10] N. A. Azhar *et al.*, “Multi-Criteria Decision Making: A Systematic Review 5G Cognitive Network Slicing and Dynamic Radio Access Technology for Precision Agriculture and Hospital of the Future View project Assessing suitable communication technologies for smart grid using hybrid machine learning and multi criteria decision making algorithm. View project Send Orders for Reprints to reprints@benthamscience.net Multi-criteria Decision Making: A Systematic Review,” *Recent Adv. Electr. Electron. Eng.*, vol. 14, pp. 779–801, 2021, doi: 10.2174/2352096514666211029112443.
- [11] M. Yazdani, P. Chatterjee, E. K. Zavadskas, and S. Hashemkhani Zolfani, “Integrated QFD-MCDM framework for green supplier selection,” *J. Clean. Prod.*, vol. 142, pp. 3728–3740, Jan. 2017, doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2016.10.095.
- [12] C.-N. Liao and H.-P. Kao, “Supplier selection model using Taguchi loss function, analytical hierarchy process and multi-choice goal programming,” 2009, doi: 10.1016/j.cie.2009.12.004.
- [13] C. Bai and J. Sarkis, “Integrating sustainability into supplier selection with grey system and rough set methodologies,” *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 124, no. 1, pp. 252–264, Mar. 2010, doi: 10.1016/J.IJPE.2009.11.023.
- [14] M. Behzadian, S. Khanmohammadi Otaghsara, M. Yazdani, and J. Ignatius, “A state-of the-art survey of TOPSIS applications,” 2012, doi: 10.1016/j.eswa.2012.05.056.
- [15] A. Beşkese and A. Şakra, “A MODEL PROPOSAL FOR SUPPLIER SELECTION IN AUTOMOTIVE INDUSTRY,” pp. 11–18, 2010.
- [16] V. Jain, A. K. Sangaiah, S. Sakhuja, N. Thoduka, and R. Aggarwal, “Supplier selection using fuzzy AHP and TOPSIS: a case study in the Indian automotive industry,” *Neural Comput. Appl.*, vol. 29, no. 7, pp. 555–564, Apr. 2018, doi: 10.1007/s00521-016-2533-z.
- [17] J. K. Jain, S. Banerjee, J. Jain, G. S. Dangayach, and G. Agarwal, “Supply Chain

- Management: Literature Review and Some Issues Traffic accident forecasting using hybrid machine learning. , INRIA, Paris View project Agile Manufacturing: Model and Manpower Challenges View project Supply Chain Management: Literature Review and Some Issues,” 2010, Accessed: Apr. 15, 2023. [Online]. Available: researchgate.net/publication/268361779.
- [18] H. S. Heese, “Single versus multiple sourcing and the evolution of bargaining positions,” *Omega (United Kingdom)*, vol. 54, pp. 125–133, Jul. 2015, doi: 10.1016/J.OMEGA.2015.01.016.
- [19] Y. Li, · Ali Diabat, and C.-C. Lu, “Leagile supplier selection in Chinese textile industries: a DEMATEL approach,” *Ann. Oper. Res.*, vol. 287, pp. 303–322, 2020, doi: 10.1007/s10479-019-03453-2.
- [20] K. Rashidi, A. Noorizadeh, D. Kannan, and K. Cullinane, “Applying the triple bottom line in sustainable supplier selection: A meta-review of the state-of-the-art,” *J. Clean. Prod.*, vol. 269, Oct. 2020, doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2020.122001.
- [21] H. Manucharyan, “Multi-criteria decision making for supplier selection: a literature critique,” *Indep. J. Manag. Prod.*, vol. 12, no. 1, pp. 329–352, Feb. 2021, doi: 10.14807/ijmp.v12i1.1265.
- [22] A. Fallahpour, N. Kazemi, M. Molani, S. Nayeri, and M. Ehsani, “An Intelligence-Based Model for Supplier Selection Integrating Data Envelopment Analysis and Support Vector Machine,” *Iran. J. Manag. Stud.*, vol. 11, no. 2, pp. 2008–7055, 2018, doi: 10.22059/ijms.2018.237965.672750.
- [23] P. Ghadimi and C. Heavey, “Sustainable supplier selection in medical device industry: Toward sustainable manufacturing,” *Procedia CIRP*, vol. 15, pp. 165–170, 2014, doi: 10.1016/J.PROCIR.2014.06.096.
- [24] P. Ghadimi, C. Wang, M. K. Lim, and C. Heavey, “Intelligent sustainable supplier selection using multi-agent technology: Theory and application for Industry 4.0 supply chains,” *Comput. Ind. Eng.*, vol. 127, pp. 588–600, Jan. 2019, doi: 10.1016/J.CIE.2018.10.050.
- [25] A. A. Forouzeshejad, “Leagile and sustainable supplier selection problem in the Industry 4.0 era: a case study of the medical devices using hybrid multi-criteria

- decision making tool,” *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 30, pp. 13418–13437, 2023, doi: 10.1007/s11356-022-22916-x.
- [26] W. Song, Z. Xu, and H.-C. Liu, “Developing sustainable supplier selection criteria for solar air-conditioner manufacturer: An integrated approach,” 2017, doi: 10.1016/j.rser.2017.05.081.
- [27] T. L. Nguyen *et al.*, “A Novel Integrating Data Envelopment Analysis and Spherical Fuzzy MCDM Approach for Sustainable Supplier Selection in Steel Industry,” *Math. 2022, Vol. 10, Page 1897*, vol. 10, no. 11, p. 1897, Jun. 2022, doi: 10.3390/MATH10111897.
- [28] N. Banaeian, H. Mobli, B. Fahimnia, I. E. Nielsen, and M. Omid, “Green supplier selection using fuzzy group decision making methods: A case study from the agri-food industry,” *Comput. Oper. Res.*, vol. 89, pp. 337–347, Jan. 2018, doi: 10.1016/J.COR.2016.02.015.
- [29] M. Abdel-Basset, G. Manogaran, A. Gamal, and F. Smarandache, “A hybrid approach of neutrosophic sets and DEMATEL method for developing supplier selection criteria,” *Des. Autom. Embed. Syst.*, vol. 22, no. 3, pp. 257–278, Sep. 2018, doi: 10.1007/S10617-018-9203-6/METRICS.
- [30] A. Memari, A. Dargi, M. R. Akbari Jokar, R. Ahmad, and A. R. Abdul Rahim, “Sustainable supplier selection: A multi-criteria intuitionistic fuzzy TOPSIS method,” *J. Manuf. Syst.*, vol. 50, pp. 9–24, Jan. 2019, doi: 10.1016/J.JMSY.2018.11.002.
- [31] Ž. Stević, D. Pamučar, A. Puška, and P. Chatterjee, “Sustainable supplier selection in healthcare industries using a new MCDM method: Measurement of alternatives and ranking according to COMpromise solution (MARCOS),” *Comput. Ind. Eng.*, vol. 140, p. 106231, Feb. 2020, doi: 10.1016/J.CIE.2019.106231.
- [32] A. Fallahpour, E. Udony Olugu, S. Nurmaya Musa, K. Yew Wong, and S. Noori, “A decision support model for sustainable supplier selection in sustainable supply chain management,” *Comput. Ind. Eng.*, vol. 105, pp. 391–410, Mar. 2017, doi: 10.1016/J.CIE.2017.01.005.
- [33] 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,” *J. Civ. Eng. Manag.*, vol. 25, no. 8, pp. 858–874, Nov. 2019, doi: 10.3846/JCEM.2019.11309.
- [34] M. Yazdani, A. E. Torkayesh, and P. Chatterjee, “An integrated decision-making model for supplier evaluation in public healthcare system: the case study of a Spanish hospital,” *J. Enterp. Inf. Manag.*, vol. 33, no. 5, pp. 965–989, Dec. 2020, doi: 10.1108/JEIM-09-2019-0294/FULL/HTML.
- [35] D. Sumrit, “Supplier selection for vendor-managed inventory in healthcare using fuzzy multi-criteria decision-making approach,” *Decis. Sci. Lett.*, vol. 9, no. 2, pp. 233–256, 2020, doi: 10.5267/J.DSL.2019.10.002.
- [36] K. K. Göncü and O. Çetin, “A Decision Model for Supplier Selection Criteria in Healthcare Enterprises with Dematel ANP Method,” *Sustain. 2022, Vol. 14, Page 13912*, vol. 14, no. 21, p. 13912, Oct. 2022, doi: 10.3390/SU142113912.
- [37] H. Deng, C. Yeh, R. W.-C. & O. Research, and undefined 2000, “Inter-company comparison using modified TOPSIS with objective weights,” *Elsevier*, vol. 27, pp. 963–973, 2000, doi: 10.1016/S0305-0548(99)00069-6.
- [38] N. I. Nik Zahari and M. L. Abdullah, “Evaluation of Sustainable Development Indicators With Fuzzy TOPSIS Based on Subjective and Objective Weights,” *IIUM Eng. J.*, vol. 13, no. 1, Apr. 2012, doi: 10.31436/IIUMEJ.V13I1.223.
- [39] M. K.-G.-S. Reports and undefined 2021, “Assessment of distribution center locations using a multi-expert subjective–objective decision-making approach,” *nature.com*, Accessed: May 06, 2023. [Online]. Available: [nature.com/articles/s41598-021-98698-y](https://www.nature.com/articles/s41598-021-98698-y).
- [40] M. Gligoric, K. Urošević, D. Halilovic, M. Gligorić, S. Lutovac, and D. Halilović, “Optimal Coal Supplier Selection for Thermal Power Plant Based on MCRAT Method,” Accessed: May 07, 2023. [Online]. Available: [researchgate.net/publication/365471602](https://www.researchgate.net/publication/365471602).
- [41] D. Trung, & H. T.-A. in P. E., and undefined 2021, “A multi-criteria decision-making in turning process using the MAIRCA, EAMR, MARCOS and TOPSIS methods: A comparative study,” *researchgate.net*, vol. 16, no. 4, pp. 443–456, 2021,

doi: 10.14743/apem2021.4.412.

- [42] K. Sabaghian, K. Khamforoosh, and A. Ghaderzadeh, "Presentation of a new method based on modern multivariate approaches for big data replication in distributed environments," *PLoS One*, vol. 16, no. 7, p. e0254210, Jul. 2021, doi: 10.1371/JOURNAL.PONE.0254210.
- [43] V. Simić, I. Ivanović, V. Đorić, and A. E. Torkayesh, "Adapting Urban Transport Planning to the COVID-19 Pandemic: An Integrated Fermatean Fuzzy Model," *Sustain. Cities Soc.*, vol. 79, p. 103669, Apr. 2022, doi: 10.1016/J.SCS.2022.103669.
- [44] P. Rani, A. R. Mishra, A. Saha, I. M. Hezam, and D. Pamucar, "Fermatean fuzzy Heronian mean operators and MEREC-based additive ratio assessment method: An application to food waste treatment technology selection," *Int. J. Intell. Syst.*, vol. 37, no. 3, pp. 2612–2647, Mar. 2022, doi: 10.1002/INT.22787.
- [45] T. M. H. Nguyen, V. P. Nguyen, and D. T. Nguyen, "A new hybrid Pythagorean fuzzy AHP and COCOSO MCDM based approach by adopting artificial intelligence technologies," doi.org/10.1080/0952813X.2022.2143908, 2022, doi: 10.1080/0952813X.2022.2143908.
- [46] J. F. Nicolalde, M. Cabrera, J. Martínez-Gómez, R. B. Salazar, and E. Reyes, "Selection of a phase change material for energy storage by multi-criteria decision method regarding the thermal comfort in a vehicle," *J. Energy Storage*, vol. 51, p. 104437, Jul. 2022, doi: 10.1016/J.EST.2022.104437.
- [47] G. Shanmugasundar, G. Sapkota, R. Čep, and K. Kalita, "Application of MEREC in Multi-Criteria Selection of Optimal Spray-Painting Robot," *Process. 2022, Vol. 10, Page 1172*, vol. 10, no. 6, p. 1172, Jun. 2022, doi: 10.3390/PR10061172.
- [48] Y. Yu, S. Wu, J. Yu, Y. Xu, L. Song, and W. Xu, "A hybrid multi-criteria decision-making framework for offshore wind turbine selection: A case study in China," *Appl. Energy*, vol. 328, p. 120173, Dec. 2022, doi: 10.1016/J.APENERGY.2022.120173.
- [49] D. T. Do and N. T. Nguyen, "Applying Cocoso, Mabac, Mairca, Eamr, Topsis and Weight Determination Methods for Multi-Criteria Decision Making in Hole Turning

- Process,” *Stroj. Cas.*, vol. 72, no. 2, pp. 15–40, Nov. 2022, doi: 10.2478/SCJME-2022-0014.
- [50] D. D. Trung, “Development of data normalization methods for multi-criteria decision making: applying for MARCOS method,” *Manuf. Rev.*, vol. 9, 2022, doi: 10.1051/MFREVIEW/2022019.
- [51] D. Behera, S. B.-M. T. Proceedings, and undefined 2023, “Supplier selection for an industry using MCDM techniques,” *Elsevier*, Accessed: May 07, 2023. [Online]. Available: [sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785322071437](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785322071437).
- [52] B. Ayan, S. Abacıoğlu, and M. P. Basilio, “A Comprehensive Review of the Novel Weighting Methods for Multi-Criteria Decision-Making,” *Inf. 2023, Vol. 14, Page 285*, vol. 14, no. 5, p. 285, May 2023, doi: 10.3390/INFO14050285.
- [53] R. Chaurasiya and D. Jain, “A New Algorithm on Pythagorean Fuzzy-Based Multi-Criteria Decision-Making and Its Application,” *Iran. J. Sci. Technol. - Trans. Electr. Eng.*, pp. 1–16, May 2023, doi: 10.1007/S40998-023-00600-1/TABLES/15.
- [54] M. K.-G.- Mathematics and undefined 2023, “Sustainable Supplier Selection and Order Allocation Using an Integrated ROG-Based Type-2 Fuzzy Decision-Making Approach,” *mdpi.com*, Accessed: May 07, 2023. [Online]. Available: mdpi.com/2227-7390/11/9/2014.
- [55] F. Ecer, D. Pamucar, S. Zolfani, M. E.-J. of Cleaner, and undefined 2019, “Sustainability assessment of OPEC countries: Application of a multiple attribute decision making tool,” *Elsevier*, Accessed: May 19, 2023. [Online]. Available: [sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619331944](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619331944).
- [56] Ž. Erceg, V. Starčević, D. Pamučar, G. Mitrović, Ž. Stević, and S. Žikić, “A new model for stock management in order to rationalize costs: ABC-FUCOM-interval rough CoCoSo model,” *mdpi.com*, 2019, doi: 10.3390/sym11121527.
- [57] Z. Wen, H. Liao, E. Kazimieras Zavadskas, and A. Al-Barakati, “Selection third-party logistics service providers in supply chain finance by a hesitant fuzzy linguistic combined compromise solution method,” *tandfonline.com/action/authorSubmission?journalCode=rero20&page=instructions*, vol. 32, no. 1, pp. 4033–4058, Jan. 2019, doi: 10.1080/1331677X.2019.1678502.

- [58] S. H. Zolfani and M. Yazdani, “A structured framework for sustainable supplier selection using a combined BWM-CoCoSo model CALL FOR BOOK PROPOSALS View project 1st Indo-Serbian International Conference on Computational Intelligence for Engineering and Management Applications (CIEMA)-2022 View project,” 2019, doi: 10.3846/cibmee.2019.081.
- [59] D. Bagal, B. Naik, B. Parida, ... A. B.-I. C., and undefined 2020, “Comparative mechanical characterization of M30 concrete grade by fractional replacement of portland pozzolana cement with industrial waste using CoCoSo and,” *iopscience.iop.org*, Accessed: May 19, 2023. [Online]. Available: iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/970/1/012015/meta.
- [60] A. Barua, S. Jeet, D. Bagal, ... P. S.-I. J. I. T., and undefined 2019, “Evaluation of mechanical behavior of hybrid natural fiber reinforced nano sic particles composite using hybrid Taguchi-CoCoSo method,” *researchgate.net*, no. 10, pp. 2278–3075, 2019, doi: 10.35940/ijitee.J1232.0881019.
- [61] T. Biswas, P. Chatterjee, B. C.-O. research in, and undefined 2020, “Selection of commercially available alternative passenger vehicle in automotive environment,” *oresta.rabek.org*, Accessed: May 19, 2023. [Online]. Available: oresta.rabek.org/index.php/oresta/article/view/39.
- [62] S. B.-D. M. A. in M. and and undefined 2020, “Measuring performance of healthcare supply chains in India: A comparative analysis of multi-criteria decision making methods,” *dmame.rabek.org*, Accessed: May 19, 2023. [Online]. Available: dmame.rabek.org/index.php/dmame/article/view/133.
- [63] F. Ecer, D. P.-J. of cleaner production, and undefined 2020, “Sustainable supplier selection: A novel integrated fuzzy best worst method (F-BWM) and fuzzy CoCoSo with Bonferroni (CoCoSo’B) multi-criteria model,” *Elsevier*, Accessed: May 19, 2023. [Online]. Available: [sciencedirect.com/science/article/pii/S095965262032028X](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095965262032028X).
- [64] P. K. Kharwar, R. K. Verma, and A. Singh, “Neural network modeling and combined compromise solution (CoCoSo) method for optimization of drilling performances in polymer nanocomposites,” *J. Thermoplast. Compos. Mater.*, vol. 35, no. 10, pp. 1604–1631, Oct. 2022, doi: 10.1177/0892705720939165.

- [65] H. Lai, H. Liao, Z. Wen, ... E. Z.-E., and undefined 2020, "An improved CoCoSo method with a maximum variance optimization model for cloud service provider selection," *inzeko.ktu.lt*, Accessed: May 19, 2023. [Online]. Available: inzeko.ktu.lt/index.php/EE/article/view/24990.
- [66] H. Liao, R. Qin, D. Wu, M. Yazdani, and E. K. Zavadskas, "Pythagorean fuzzy combined compromise solution method integrating the cumulative prospect theory and combined weights for cold chain logistics distribution center selection," *Int. J. Intell. Syst.*, vol. 35, no. 12, pp. 2009–2031, Dec. 2020, doi: 10.1002/INT.22281.
- [67] X. Mi, H. L.-J. of C. Production, and undefined 2020, "Renewable energy investments by a combined compromise solution method with stochastic information," *Elsevier*, Accessed: May 19, 2023. [Online]. Available: sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620333965.
- [68] X. Peng, X. Zhang, and Z. Luo, "Pythagorean fuzzy MCDM method based on CoCoSo and CRITIC with score function for 5G industry evaluation," *Artif. Intell. Rev.*, vol. 53, no. 5, pp. 3813–3847, Jun. 2020, doi: 10.1007/S10462-019-09780-X.
- [69] X. Peng, H. H.-T. and E. Development, and undefined 2020, "Fuzzy decision making method based on CoCoSo with critic for financial risk evaluation," *journals.vilniustech.lt*, Accessed: May 19, 2023. [Online]. Available: journals.vilniustech.lt/index.php/TEDE/article/view/11920.
- [70] X. Peng, F. S.-J. of I. & Fuzzy, and undefined 2020, "A decision-making framework for China's rare earth industry security evaluation by neutrosophic soft CoCoSo method," *content.iospress.com*, Accessed: May 19, 2023. [Online]. Available: content.iospress.com/articles/journal-of-intelligent-and-fuzzy-systems/ifs200847.
- [71] A. Ulutaş *et al.*, "Selection of insulation materials with PSI-CRITIC based CoCoSo method," *Rev. la construcción*, vol. 20, no. 2, pp. 382–392, 2021, doi: 10.7764/RDLC.20.2.382.
- [72] A. Ulutaş, C. Karakuş, A. T.-J. of I. & Fuzzy, and undefined 2020, "Location selection for logistics center with fuzzy SWARA and CoCoSo methods," *content.iospress.com*, Accessed: May 19, 2023. [Online]. Available: content.iospress.com.

content.iospress.com/articles/journal-of-intelligent-and-fuzzy-systems/ifs191400.

- [73] M. Yazdani, P. Chatterjee, D. Pamucar, and S. Chakraborty, “Development of an integrated decision making model for location selection of logistics centers in the Spanish autonomous communities,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 148, Jun. 2020, doi: 10.1016/J.ESWA.2020.113208.
- [74] Z. Zhang, H. Liao, A. Al-Barakati, E. K. Zavadskas, and J. Antuchevičienė, “Supplier selection for housing development by an integrated method with interval rough boundaries,” *Int. J. Strateg. Prop. Manag.*, vol. 24, no. 4, pp. 269–284, Jun. 2020, doi: 10.3846/IJSPM.2020.12434.
- [75] M. Alrasheedi, A. Mardani, A. R. Mishra, D. Streimikiene, H. Liao, and A. H. Al-nefaie, “Evaluating the green growth indicators to achieve sustainable development: A novel extended interval-valued intuitionistic fuzzy-combined compromise solution approach,” *Sustain. Dev.*, vol. 29, no. 1, pp. 120–142, Jan. 2021, doi: 10.1002/SD.2136.
- [76] F. Fahri Altıntaş and J. Genel Komutanlığı -Yönetici, “G7 ülkelerinin bilgi performanslarının analizi: COCOSO yöntemi ile bir uygulama Analysis of knowledge performance of G7 countries: An application with the COCOSO method,” doi: 10.15637/jlecon.8.3.06.
- [77] M. Deveci, D. Pamucar, I. G.-S. C. and Society, and undefined 2021, “Fuzzy Power Heronian function based CoCoSo method for the advantage prioritization of autonomous vehicles in real-time traffic management,” *Elsevier*, Accessed: May 19, 2023. [Online]. Available: [sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670721001360](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670721001360).
- [78] S. Khan, A. H.-I. J. of Sustainable, and undefined 2021, “Investigation of circular economy practices in the context of emerging economies: a CoCoSo approach,” *Taylor Fr.*, vol. 14, no. 3, pp. 357–367, 2021, doi: 10.1080/19397038.2020.1871442.
- [79] P. Kieu, V. Nguyen, V. Nguyen, T. H.- Axioms, and undefined 2021, “A spherical fuzzy analytic hierarchy process (SF-AHP) and combined compromise solution (CoCoSo) algorithm in distribution center location selection: A case study in,”

mdpi.com, 2021, doi: 10.3390/axioms10020053.

- [80] S. Lahane, R. K.-W. Management, and undefined 2021, “A hybrid Pythagorean fuzzy AHP–CoCoSo framework to rank the performance outcomes of circular supply chain due to adoption of its enablers,” *Elsevier*, Accessed: May 21, 2023. [Online]. Available: [sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X21002853](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X21002853).
- [81] Y. Luo, X. Zhang, Y. Qin, Z. Yang, and Y. Liang, “Tourism Attraction Selection with Sentiment Analysis of Online Reviews Based on Probabilistic Linguistic Term Sets and the IDOCRIW-COCOSO Model,” *Int. J. Fuzzy Syst.*, vol. 23, no. 1, pp. 295–308, Feb. 2021, doi: 10.1007/S40815-020-00969-9.
- [82] X. Peng, R. Krishankumar, and K. S. Ravichandran, “A novel interval-valued fuzzy soft decision-making method based on CoCoSo and CRITIC for intelligent healthcare management evaluation,” *Soft Comput.*, vol. 25, no. 6, pp. 4213–4241, Mar. 2021, doi: 10.1007/S00500-020-05437-Y.
- [83] X. Peng and Z. Luo, “Decision-making model for China’s stock market bubble warning: the CoCoSo with picture fuzzy information,” *Artif. Intell. Rev.*, vol. 54, no. 8, pp. 5675–5697, Dec. 2021, doi: 10.1007/S10462-021-09954-6.
- [84] Z. Štirbanović, V. Gardić, D. Stanujkić, R. Marković, J. Sokolović, and Z. Stevanović, “Comparative MCDM Analysis for AMD Treatment Method Selection,” *Water Resour. Manag.*, vol. 35, no. 11, pp. 3737–3753, Sep. 2021, doi: 10.1007/S11269-021-02914-3.
- [85] A. T.-B. & M. S. A. International and undefined 2021, “Çok kriterli karar verme analizi ile elektrik üretim şirketlerinin finansal performans analizi: Entropi tabanlı Cocoso yöntemi,” *bmi.org*, Accessed: May 21, 2023. [Online]. Available: bmi.org/index.php/1/article/download/1794/1548.
- [86] A. Torkayesh, D. Pamucar, ... F. E.-S.-E. P., and undefined 2021, “An integrated BWM-LBWA-CoCoSo framework for evaluation of healthcare sectors in Eastern Europe,” *Elsevier*, Accessed: May 21, 2023. [Online]. Available: [sciencedirect.com/science/article/pii/S0038012121000446](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038012121000446).
- [87] M. Yazdani, A. Mohammed, C. Bai, A. L.-E. S. with, and undefined 2021, “A novel hesitant-fuzzy-based group decision approach for outsourcing risk,” *Elsevier*,

Accessed: May 21, 2023. [Online]. Available: [sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417421009271](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417421009271).

- [88] S. Yousefi, M. Valipour, M. G.-A. S. Computing, and undefined 2021, “Systems failure analysis using Z-number theory-based combined compromise solution and full consistency method,” *Elsevier*, Accessed: May 21, 2023. [Online]. Available: [sciencedirect.com/science/article/pii/S1568494621008243](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1568494621008243).
- [89] X. Peng and H. Garg, “Intuitionistic fuzzy soft decision making method based on CoCoSo and CRITIC for CCN cache placement strategy selection,” *Artif. Intell. Rev.*, vol. 55, no. 2, pp. 1567–1604, Feb. 2022, doi: 10.1007/S10462-021-09995-X.
- [90] D. Wei, D. Meng, Y. Rong, Y. Liu, H. Garg, and D. Pamucar, “Fermatean Fuzzy Schweizer–Sklar Operators and BWM-Entropy-Based Combined Compromise Solution Approach: An Application to Green Supplier Selection,” *Entropy 2022, Vol. 24, Page 776*, vol. 24, no. 6, p. 776, May 2022, doi: 10.3390/E24060776.
- [91] C. N. Wang, T. Q. Le, K. H. Chang, and T. T. Dang, “Measuring Road Transport Sustainability Using MCDM-Based Entropy Objective Weighting Method,” *Symmetry 2022, Vol. 14, Page 1033*, vol. 14, no. 5, p. 1033, May 2022, doi: 10.3390/SYM14051033.
- [92] K. Diaconu, Y. F. Chen, S. Manaseki-Holland, C. Cummins, and R. Lilford, “Medical device procurement in low- and middle-income settings: Protocol for a systematic review,” *Syst. Rev.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–11, Oct. 2014, doi: 10.1186/2046-4053-3-118/TABLES/4.