

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SÜRDÜRÜLEBİLİR TEDARİK ZİNCİRİ İÇİN
TEDARİKÇİ SEÇİM VE DEĞERLENDİRME MODEL ÖNERİSİ
VE TEKSTİL SEKTÖRÜNDE UYGULAMA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hatice KASAP

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Mühendislik Yönetimi Bilim Dalı

NİSAN 2024

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SÜRDÜRÜLEBİLİR TEDARİK ZİNCİRİ İÇİN
TEDARİKÇİ SEÇİM VE DEĞERLENDİRME MODEL ÖNERİSİ
VE TEKSTİL SEKTÖRÜNDE UYGULAMA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hatice KASAP

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Mühendislik Yönetimi Bilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Tülay KORKUSUZ POLAT

NİSAN 2024

Hatice KASAP tarafından hazırlanan “Sürdürülebilir Tedarik Zinciri için Tedarikçi Seçim ve Değerlendirme Model Önerisi ve Tekstil Sektöründe Uygulama” adlı tez çalışması 24.04.2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Mühendislik Yönetimi Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Jüri Başkanı :	Doç. Dr. Ayten YILMAZ YALÇINER
	Sakarya Üniversitesi
Jüri Üyesi :	Doç. Dr. Tülay KORKUSUZ POLAT
	Sakarya Üniversitesi
Jüri Üyesi :	Dr. Öğr. Üyesi Yasin KIRELLİ
	Kütahya Dumlupınar Üniversitesi



ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliğine ve Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesine uygun olarak hazırlamış olduğum “Sürdürülebilir Tedarik Zinciri için Tedarikçi Seçim ve Değerlendirme Model Önerisi ve Tekstil Sektöründe Uygulama” başlıklı tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın tüm aşamalarında yukarıda belirtilen yönetmelik ve yönergeye uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, bu tezi başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve 20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince Sakarya Üniversitesi’nin abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Enstitü tarafından belirlenmiş ölçütlere uygun rapor alındığını, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun ortaya çıkması halinde doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi beyan ederim.

(24/04/2024).

(imza)

Hatice KASAP





Anneme



TEŐEKKÖR

Tez çalışmamda beni destekleyen ve yönlendiren değerli danışman hocam Doç. Dr. Tülay KORKUSUZ POLAT’a teőekk r ederim. Hayatım boyunca hep yanımda olan en büyük motivasyon kaynağım aileme sonsuz sevgi ve teőekkürlerimi sunarım.

Hatice KASAP



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	v
TEŞEKKÜR	ix
İÇİNDEKİLER	xi
KISALTMALAR	xiii
SİMGELER	xv
TABLO LİSTESİ	xvii
ŞEKİL LİSTESİ	xix
ÖZET	xxi
SUMMARY	xxiii
1. GİRİŞ	1
2. Literatür TARAMASI	3
2.1. Tedarik Zinciri Entegrasyonu ve Tedarikçi Seçimi	3
2.2. Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Yönetimi	5
2.3. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri	6
2.4. Sürdürülebilir Tedarikçi Seçiminde Kullanılan Yöntemler	7
2.5. Sezgisel Bulanık TOPSIS Metodu Uygulama Adımları	15
2.6. SWARA Metodu Uygulama Adımları	19
2.7. COPRAS Metodu Uygulama Adımları	21
2.8. WASPAS Metodu Uygulama Adımları	22
3. UYGULAMA	25
3.1. Giriş	25
3.2. Sürdürülebilirlik Değerlendirme Kriterlerinin Belirlenmesi	26
3.3. Alternatiflerin Sürdürülebilirlik Kriterlerine Göre Değerlendirilmesi	28
3.4. Tedarikçi Seçim Kriterlerinin Belirlenmesi	29
3.5. Sezgisel Bulanık TOPSIS ile Tedarikçi Değerlendirmesi	30
3.6. SWARA Yöntemi ile Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi	38
3.7. COPRAS Yöntemi ile Tedarikçi Seçimi	41
3.8. WASPAS Yöntemi ile Tedarikçi Seçimi	46
4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	51
KAYNAKLAR	55
ÖZGEÇMİŞ	59



KISALTMALAR

AHP	: Analitik Hiyerarşi Prosesi
AQL	: Kabul Edilebilir Kalite Limiti
ARAS	: Eklemeli Oransal Değerlendirme
BWM	: En İyi - En Kötü Yöntemi
COPRAS	: Karmaşık Oransal Değerlendirme
CSR	: Kurumsal Sosyal Sorumluluk
CRITIC	: Kriterler Arası Korelasyon Yoluyla Kriterlerin Önem Tespiti
EDAS	: Ortalama Çözüm Uzaklığına Dayalı Değerlendirme
ERP	: Kurumsal Kaynak Planlama
GSCF	: Küresel Tedarik Zinciri Forumu
KKD	: Kişisel Koruyucu Donanım
KOBİ	: Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmeler
KV	: Karar Verici
MABAC	: Çok Nitelikli Sınır Yaklaşım Alanı Karşılaştırması
OECD	: Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü
SAQ	: Kendini Değerlendirme Soru Listesi
SWARA	: Adım Adım Ağırlık Değerlendirme Oranı Analizi
TOPSIS	: İdeal Çözüme Benzerlik Bakımından Sıralama Performansı Tekniği
WASPAS	: Ağırlıklandırılmış Bütünleşik Toplam Çarpım Değerlendirmesi



SİMGELER

A	: Alternatif
A⁺	: Pozitif sezgisel ideal çözüm kümesi
A⁻	: Negatif sezgisel ideal çözüm kümesi
C	: Kriter
C*	: Yakınlık katsayısı
D	: Karar matrisi (Sezgisel Bulanık TOPSIS)
F	: Karar matrisi (COPRAS)
G	: Normalleştirilmiş karar matrisi (COPRAS)
i	: Alternatif sayısı
j	: Kriter sayısı
m	: Karar verici sayısı
N	: Normalleştirilmiş karar matrisi
n	: Normalize değer
P_c	: Önem puanlarının ortalaması
Q_i	: Toplam göreceli anlamlılık değeri
S	: İdeal ayırım ölçümü
U	: Fayda derecesi
W	: Ağırlık
X	: Optimum değer
g	: Sezgisel bulanık sayı



TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1. Sürdürülebilir tedarikçi seçiminde literatürde kullanılan metotlar.	13
Tablo 2.2. Uygulamada kullanılan yöntemlerin literatürde yer aldığı çalışmalar.	14
Tablo 3.1. Sürdürülebilir Üretim Değerlendirme Hatice Modeli.	26
Tablo 3.2. Tedarikçilerin sürdürülebilirlik kriterlerine göre değerlendirilmesi.	28
Tablo 3.3. Tedarikçi seçim kriterlerinin tanımı.	29
Tablo 3.4. Karar matrisi.	30
Tablo 3.5. Normalleştirilmiş karar matrisi.	31
Tablo 3.6. Bulanık karar matrisi.	32
Tablo 3.7. Sezgisel bulanık karar matrisi.	33
Tablo 3.8. Kriter puanlama tablosu.	33
Tablo 3.9. Kriter ağırlıkları tablosu.	34
Tablo 3.10. Ağırlıklandırılmış sezgisel bulanık karar matrisi.	35
Tablo 3.11. Pozitif ve negatif sezgisel bulanık ideal ayırım ölçümleri.	37
Tablo 3.12. Alternatiflerin yakınlık katsayıları.	37
Tablo 3.13. Alternatiflerin sıralaması.	38
Tablo 3.14. Uzmanların belirlediği önem dereceleri.	38
Tablo 3.15. Tedarik Zinciri Yöneticisi kriter ağırlığı tablosu.	40
Tablo 3.16. Sürdürülebilirlik Uzmanı kriter ağırlığı tablosu.	40
Tablo 3.17. Müşteri İlişkileri Yöneticisi kriter ağırlığı tablosu.	40
Tablo 3.18. Kalite Müdürü kriter ağırlığı tablosu.	40
Tablo 3.19. Son kriter ağırlığı tablosu.	41
Tablo 3.20. COPRAS başlangıç matrisi.	41
Tablo 3.21. COPRAS normalize karar matrisi.	42
Tablo 3.22. COPRAS ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi.	43
Tablo 3.23. COPRAS yöntemine göre tedarikçi sıralaması.	45
Tablo 3.24. WASPAS başlangıç matrisi.	46
Tablo 3.25. Kriterlerin yönüne göre optimum değerleri.	46
Tablo 3.26. Normalize matris.	47
Tablo 3.27. Alternatiflerin sıralanması.	49
Tablo 4.1. Tedarikçi alternatif değerlendirme kıyaslaması.	51



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1. Önerilen sürdürülebilir tedarikçi seçim modeli akış şeması..... 25





SÜRDÜRÜLEBİLİR TEDARİK ZİNCİRİ İÇİN TEDARİKÇİ SEÇİM VE DEĞERLENDİRME MODEL ÖNERİSİ VE TEKSTİL SEKTÖRÜNDE UYGULAMA

ÖZET

Sürdürülebilir ve çevre dostu üretim, dünyanın sınırlı kaynaklarının korunmasında ve gelecek nesillere daha sağlıklı ve yaşanabilir bir çevre bırakılmasında önemli bir role sahiptir. Bu bağlamda ortaya çıkan sürdürülebilir tedarik zinciri; doğa, üreticiler, tüketiciler ve çalışanlar gibi tüm paydaşların haklarını ve sağlığını korumayı amaçlayan ilkelere dayanmaktadır. Bu çalışmada sürdürülebilir tedarik zinciri için tekstil endüstrisindeki bir ana fabrikanın tedarikçi seçiminde çok kriterli karar verme yöntemlerinden Sezgisel Bulanık TOPSIS, SWARA, COPRAS ve WASPAS kullanılarak bir tedarikçi değerlendirme ve seçim modeli önerilmektedir. Önerilen model, öncelikle tedarikçileri belirlenen küresel sürdürülebilirlik kriterlerine göre puanlandıran; ardından bunları fiyat, kalite, zamanında teslimat gibi seçim kriterleriyle birleştiren entegre bir yaklaşımı temsil etmektedir.

Çalışmanın amacı; bir tekstil fabrikasının tedarikçi seçimi için sürdürülebilirlik kriterlerinin belirlenmesi, değerlendirme modeli oluşturulması, oluşturulan modele göre tedarikçilerin puanlandırılması, değerlendirmeden alınan puanın kalite, maliyet, zamanında teslimat, referans müşteri portföyü gibi diğer seçim kriterlerine entegre edilerek farklı departmanlardan uzmanların; Tedarik Zinciri Yöneticisi, Sürdürülebilirlik Uzmanı, Müşteri İlişkileri Yöneticisi ve Kalite Müdürünün kriterleri önem derecesine göre sıralamasıyla beraber karar verme yöntemleri adımlarını uygulayarak tedarikçi seçim değerlendirme önerisi sunmaktır.

Kriter kapsamı sosyal, çevresel, ekonomik ve izlenebilirlik olarak belirlenmiştir. Sosyal yönetim kapsamında işe alımlarda ayrımcılık yapılmaması, çocuk işçi çalıştırılmaması, çalışanlar arasında ayrımcılık yapılmaması, taciz ve şiddetin önlenmesi, cinsiyet eşitliği, örgütlenme özgürlüğü, çalışma süresinin uygunluğu, kanunlara ve yasal gerekliliklere uygunluk, adil ücretlendirme, çalışan haklarının korunması, yolsuzluğun ve rüşvetin önlenmesi gibi maddeler mevcuttur. Sosyal taahhüt ise sosyal yönetimin varlığının somut şekilde anlatılmasına ve kanıtlanabilirliği üzerinedir. Sosyal taahhüt, sosyal yönetimdeki kavramlara ait politika ve prosedürleri içerir. Bu prosedürler net, güncel, yazılı ve tüm çalışanların görebileceği şekilde yayınlanmış ve ulaşılabilir olmalıdır. Çalışan sağlığı ve güvenliği, gerekli Kişisel Koruyucu Donanımların (KKD) çalışanlara ücretsiz temini ve kullanımlarının kontrolünü, risk ve acil durum planlarını içerir. Çalışanlara işe girişte ve çalıştığı süre boyunca periyodik eğitimler verilmeli ve eğitim kayıtları tutulmalıdır. Atık yönetim sistemi, çevre yönetim sistemi ve kimyasal yönetim sistemi temelde kullanılan enerjinin ölçülmesi, tasarruf için gerçekçi hedeflerin belirlenmesi ve takibini, zararlı kimyasal listesinde yer almayan kimyasalların kullanımını, kullanım takibini ve kimyasal ile çalışacak çalışanların bilinçlendirilmesini, kimyasal ve atık depolama alanının mevzuatlara uygun olmasını, tüm çevresel aktivite ve varlıkların yasal gerekliliklere ve izinlere

uyumluluğunu kapsar. Ekonomik faktörler tedarikçinin maliyet stabilitesini ve tedarik esnekliğini sağlayabilmesi ile ilgilidir. İzlenebilirlik ise sektörde uygulamasına en çok önem verilen kriterlerdendir. Tüm bu gerekliliklerin sağlandığına dair prosedürleri, kayıtları, irsaliye ve faturaları, üretimde kullanılan formları, ERP verilerini, ihtiyaç duyulursa kamera kayıtlarını, çalışanlarla yapılan görüşmeleri içerir.

Birinci uygulamada kriter ağırlıklandırma için çok kriterli karar verme yöntemlerinden Sezgisel Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmış, yine Sezgisel Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılarak tedarikçi sıralaması yapılmıştır. İkinci uygulamada kriter ağırlıklandırmada SWARA yöntemi, tedarikçi seçiminde COPRAS yöntemi kullanılmıştır. Üçüncü uygulamada ise kriter ağırlıklandırma için SWARA yöntemi, tedarikçi seçiminde WASPAS yöntemi kullanılmıştır ve elde edilen sonuçlar kıyaslanmıştır. Sürdürülebilirlik değerlendirme modeli detaylandırılarak literatürde yeni bir yaklaşım sunulmuştur.



SUPPLIER SELECTION AND EVALUATION MODEL FOR A SUSTAINABLE SUPPLY CHAIN: A STUDY IN THE TEXTILE INDUSTRY

SUMMARY

Sustainable and environmentally friendly production has an essential role on protecting the world's limited resources and contributing to a healthier and more livable environment for future generations. The sustainable supply chain emerging from this context is based on principles that aim to protect the rights and health of all the stakeholders; such as nature, producers, consumers, and employees. This study proposes a supplier evaluation and selection model using multicriteria decision making methods; Intuitionistic Fuzzy TOPSIS, SWARA, COPRAS and WASPAS in the supplier selection of a main factory in the textile industry for a sustainable supply chain. The proposed model represents an integrated approach by firstly scoring suppliers according to determined global sustainability criteria and then combining them with selection criteria such as price, quality, and on-time delivery.

The global demand for sustainability awareness has increased significantly in recent years. Several brands have its own label for the garments it claims to be sustainable. But it is not enough to just labelling the clothes 'organic' or 'made from recycled material' on the product. It must be provided all the necessary criteria on the whole process from raw materials to the final product to claim it is a 'sustainable garment'. Brands bear the responsibility of being able to show and prove to the end consumer which companies are involved in the production of the products they declare as sustainable. Main manufacturer in textile industry has cutting, sewing, ironing, packing production processes basically. Just as the brand has a responsibility to the customer, there is a chain in which the main manufacturer is also responsible to the brand, and the suppliers and subcontractors of the main manufacturer are responsible to the main manufacturer; the main manufacturer that sells the product to the brand proceeds by checking and auditing that its own supply chain meets the required conditions in order to ensure transparency and traceability.

If a transaction is made during the production journey of a garment, the company in which this transaction takes place must also meet the sustainability criteria; like the printing factory where the printed piece is made, the embroiderer where the embroidered piece is made, or washing company. Therefore, multicriteria decision making methods are suitable for a supplier selection and evaluation model; and this study proposes an integrated approach by scoring suppliers according to determined global sustainability criteria and then combining them with selection common criteria such as price, quality, and on-time delivery in this respect.

Criteria scopes are indicated as social, environmental, economic and traceability. Social scope involves social management, social commitment, employee's health and safety, gender equality, not allowing child and forced labor, equal treatment to all the employees, respect and preserving rights of stakeholders, legally balanced wages and working hours, employee's training, compliance with legal governance requirements,

preventing discrimination and bribery. Environmental scope comprises accredited and valid Environment Management Systems and Waste Management Systems; monitoring using energy consumptions and chemical substances. Economic scope signifies capability to produce requested order quantities by clients, providing stability of cost and enhancement of supply flexibility. Traceability scope considers transparency of the documents and records and verifiability of practices in the direction of written policies and procedures. Most of the studies focus on environmental, social and economic assessment practices. In addition to these three dimensions of sustainability, this study suggests taking the traceability criteria into account. Creating and maintaining a sustainable supply chain is based on evaluation and auditing the tiers of procurement and production companies, this proves traceability concept has highly important. This study proposes a supplier evaluation and selection model using multicriteria decision making methods; Intuitionistic Fuzzy TOPSIS, SWARA, COPRAS and WASPAS. First of all, the criteria were weighted, and supplier selection was made with Intuitionistic Fuzzy TOPSIS. In the second method, supplier selection was made with COPRAS, criteria weighted with SWARA. In the third method, supplier selection was made with WASPAS using the weighted values in SWARA. A new approach is presented in the literature by detailing the sustainability assessment model.

As the conclusion of this study; the fact that the supplier ranking according to the Intuitionistic Fuzzy TOPSIS, SWARA+ COPRAS, and SWARA+ WASPAS selection; all three results are the same shows that the results of the method are consistent. Accordingly, Supplier B is the most suitable option. Recommendations for the suppliers not selected:

- Supplier audit and evaluation results can be shared with the supplier to improve them. Guidance can be given as follows regarding the points found inadequate according to the sustainability evaluation criteria.
- Brand standards and Code of Conduct can be shared with suppliers, and information on which sources they can get the new version of the documents can be provided so that they can be informed about updates.
- Web-based training can be organized. The training content may include details about the features that must be provided to be a sustainable supplier, how the company can adapt the standards with the employees, and the expected criteria. This type of training will be beneficial as the supplier can access it anytime. A list of questions can be included at the end of the training to check whether the training has achieved its purpose.
- Brands organize information sessions at specific periods. Suppliers through the main manufacturer may also be invited to these sessions. In this way, suppliers can be motivated to adopt a common goal and responsible production approach, gain a comprehensive perspective, and work in coordination by being instrumental in personally listening to the relevant institution's expectations.
- With the Self-Assessment Questionnaire (SAQ) containing the actual evaluation questions, the supplier can critically examine his company in line with the determined criteria before the audit and act accordingly. Thus, when suppliers are already working with a brand and would like to add another brand to their customer portfolio, they can take these lists of questions and focus on the issues they need to improve.

- The supplier may be directed to receive audits from third-party audit firms. Such audits are helpful to show as a reference audit result to the brand. What needs to be considered here is that the main manufacturer informs the supplier about which audit result the customer brand considers valid, which third-party inspection organizations are accredited, and which certificates the auditor should have.
- Supplier training sessions and supplier audits can be organized.

The main significant novelty and contributions of this study are summarized as follows:

- A new supplier selection model is suggested through a sustainability perspective. The proposed model represents a two-phased integrated approach by firstly scoring suppliers according to determined global sustainability criteria and then combining them with selection criteria such as price, quality, and on-time delivery.
- Sustainable criteria are explained with detailed sub-criteria one by one and describe what is included and how decision-makers can evaluate the alternatives by using the model.
- The proposed model is a research and application study any factory can use and adapt to its supplier selection process.
- A new “traceability” criterion, which includes transparency and verifiability, is proposed for sustainable supplier selection. The literature identifies sustainable criteria scopes as economic, environmental, ethical, and social. The proposed model adds new criteria to fill this gap and emphasizes providing and controlling the supply chain.
- A new sustainable evaluation criteria list is created based on global textile standards, which the proposed model in sustainable supplier selection uses to evaluate alternative suppliers in terms of sustainability.
- All the criteria are based on quantitative values and statistics. This study explains how to turn the criteria into numerical objective values interpreted as subjective in literature.
- The proposed model successfully solves multicriteria decision making problems in evaluating and selecting the sustainable supplier selection for a sustainable supply chain with intuitionistic fuzzy TOPSIS, SWARA, COPRAS, and WASPAS methods.
- This study considers giving recommendations and sharing the experience with the suppliers not selected to leverage and improve them to contribute and create a more sustainable supply chain.



1. GİRİŞ

Dünyanın doğal kaynaklarının hızla tükenmesinden duyulan endişe ve sonraki nesillere daha yaşanabilir bir çevre bırakma hedefi, toplumda sürdürülebilirlik kavramına olan farkındalığı sağlamıştır. Bu farkındalığa dikkat çeken ve bu yönde aksiyon alan markaların doğaya zarar vermeyen çevreci üretime ve ürünlere verdiği önem giderek artmaktadır. Böylece piyasada birçok marka, ürünleri üzerinde çevre dostu etiketleri kullanmaya başlamıştır. Ancak bir tekstil ürününün sürdürülebilir olması için ürün üzerinde sadece “organiktir” ya da “geri dönüştürülmüş malzemeden üretilmiştir” ifadelerinin yer alması yeterli değildir. Bir ürünün “sürdürülebilir” olması için hammaddeden son ürüne kadar bir bütün olarak sürecin tamamında gerekli şartların sağlanmış olması gerekmektedir. Markalar, sürdürülebilir olarak deklare ettiği ürünler için nihai tüketiciye, müşterinin satın aldığı ürünün üretimi aşamalarında hangi firmalarda ne işlem gördüğünü gösterebilme ve ispatlayabilir olma sorumluluğunu taşır. Ana üretici; tekstil sektörü için kesim, dikim, ütü-paket fabrikasıdır. Markanın müşteriye sorumluluğu olduğu gibi ana üreticinin de markaya, ana üreticinin tedarikçileri ve fasonlarının da ana üreticiye karşı sorumlu olduğu bir zincir vardır; şeffaflık ve izlenebilirliği sağlayabilmek adına markaya ürünün satışını yapan ana üretici kendi tedarik zincirinin de gereken şartları sağladığını kontrol ederek ilerler. Örneğin bir tişört üretimi sırasında baskılı parçanın yapıldığı baskıcı, nakışlı parçanın yapıldığı nakışçı veya dikimden sonra yıkama, eskitme vb. işlem yapılıyorsa bu işlemin gerçekleştiği firmanın da sürdürülebilirlik şartlarını sağlıyor olması gerekmektedir. Ancak bu şekilde tam anlamıyla “sürdürülebilir üretim” den bahsedilebilir.

Sürdürülebilir tedarik zinciri; doğa, üretici, tüketici, çalışanlar gibi tüm paydaşların haklarını ve sağlığını korumayı amaçlayan ilkelere sahiptir. Bu çalışmada tekstil sektöründe bir ana fabrika için tedarikçi seçiminde global tekstil standartlarında sürdürülebilirlik kriterlerini göz önünde bulundurarak tedarikçi seçim değerlendirmesi yapılmıştır. Çalışmanın amacı; bir tekstil fabrikasının tedarikçi seçimi için sürdürülebilirlik kriterlerinin belirlenmesi, değerlendirme modeli

oluşturulması, oluşturulan modele göre tedarikçilerin puanlandırılması, değerlendirmeden alınan puan kalite, maliyet, zamanında teslimat, referans müşteri portföyü gibi diğer seçim kriterlerine entegre edilerek tedarikçi seçim değerlendirme nerisi sunmaktır. Çalışmada üç farklı uygulama yapılmıştır. Birinci uygulamada kriter ağırlıklandırma için çok kriterli karar verme yöntemlerinden Sezgisel Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmış, yine Sezgisel Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılarak tedarikçi sıralaması yapılmıştır. İkinci uygulamada kriter ağırlıklandırmada SWARA yöntemi, tedarikçi seçiminde COPRAS yöntemi kullanılmıştır. nc uygulamada ise kriter ağırlıklandırma için SWARA yöntemi, tedarikçi seçiminde WASPAS yöntemi kullanılmıştır ve elde edilen sonuçlar kıyaslanmıştır. Sürdürülebilirlik değerlendirme modeli detaylandırılarak literatürde yeni bir yaklaşım sunulmuştur.



2. LİTERATÜR TARAMASI

2.1. Tedarik Zinciri Entegrasyonu ve Tedarikçi Seçimi

Tedarik zinciri yönetimi, doğru ürünün müşteriye doğru yer, zaman ve fiyatta ulaşmasını kapsayan malzeme, bilgi ve para akışının entegre yönetimidir [1].

Tedarik zinciri stratejisi olarak entegrasyon, firmaya rekabet üstünlüğü kazanma, operasyonel maliyetleri azaltma ve tedarik zincirindeki paydaşlarla koordinasyonu artırma avantajı sağlar. Tedarik zinciri yönetimi; tedarik, üretim ve dağıtım sistemlerinin giderek entegre bir sisteme dönüştüğü, ana üretici ve alt üreticilerin ortak stratejiler geliştirmelerine ve bunları rekabet avantajı sağlayacak şekilde yapılandırmalarına yardımcı olan ortak yönetim felsefesidir [23].

Tedarik zinciri yönetimi; satın alma, tedarik, dönüştürme ve tüm lojistik yönetimi faaliyetleriyle ilgili tüm süreçlerin planlanmasını ve yönetimini kapsar. Tedarikçiler, araçlar, üçüncü taraf hizmet sağlayıcılar ve müşteriler gibi tüm paydaşlarla koordinasyonu ve iş birliğini de içeriyor olması önem arz etmektedir. Esas itibarıyla tedarik zinciri yönetimi, şirketler içinde ve şirketler arasında arz ve talep yönetimi entegrasyonu sağlar. Tedarik zinciri yönetimi, şirketler içindeki ve arasındaki ana iş fonksiyonlarını ve iş süreçlerini uyumlu ve yüksek performanslı bir iş modeline bağlama konusunda birincil sorumluluğa sahip bütünleştirici bir fonksiyondur [26].

Küreselleşmeye yönelik mevcut eğilim, şirketlere yalnızca çeşitli fırsatlar sunmakla kalmamış, aynı zamanda birtakım zorluklar da getirmiştir. Küresel bazda şirketler, maliyet avantajı, hammadde kaynaklarına erişim veya uzmanlık becerileri ve yeteneklerini kazanabilmek gibi çeşitli nedenlerle ülkeler arasında depolar, üretim tesisleri ve dağıtım merkezleri kurmaktadır. Bununla birlikte tedarik zincirlerinin küreselleşmesi aynı zamanda birçok zorluğu da beraberinde getirmektedir; artan karmaşıklığı ve bununla ilişkili çeşitli riskleri içerebilir. Şirketler tedarik zinciri karmaşıklığını sıkı bir şekilde entegre edilmiş tedarik zincirleri aracılığıyla yönetmektedir. Tedarik zinciri entegrasyonu, bir şirketin tedarik zincirini yukarı ve aşağı yöndeki iş ortaklarıyla stratejik olarak bağlantı kurma ve hizalama derecesi olarak tanımlanabilir [41].

Entegre bir tedarik zincirinin işletilmesi, anahtar zincir süreçleri etkileyen sürekli bilgi akışını gerektirir. Bunlar, Küresel Tedarik Zinciri Forumu (GSCF) üyeleri tarafından şu şekilde tanımlanmaktadır:

- Müşteri ilişkileri yönetimi
- Müşteri hizmetleri yönetimi
- Talep yönetimi
- Sipariş karşılama
- Üretim akışı yönetimi
- Tedarik
- Ürün geliştirme ve ticarileştirme
- İadeler [9].

Satıcı/tedarikçi seçimi, organizasyonların diğer şirketleri tanımlaması, değerlendirmesi ve onlarla anlaşma yapması için bir karar verme sürecidir. Bu süreç, organizasyonun tedarik zinciri yönetimini başarmak için risk ve maliyeti azaltmak, rekabet gücünü, kârı ve kaliteyi en üst düzeye çıkarmak için birçok parametreyi içerir. Özellikle belirsiz ortamlarda en uygun tedarikçi ile çalışmak kuruluşlara çeviklik kazandırmaktadır. Literatürde kriterlere, alternatiflere ve diğer kısıtlamalara göre tedarikçi seçimine yönelik birçok metodoloji bulunmaktadır. En iyi tedarikçi seçim metodolojisinin seçilmesinde kriterler önem taşımaktadır. Kriterler uygulama alanına göre hem niceliksel hem de niteliksel olabilir. Literatürde tedarikçi seçim problemlerinde kullanılan en çok kullanılan kriterler; maliyet, kalite, güven, teslimat, sosyal sorumluluk, uygunluk, uzun vadeli ilişkiler, finansal tutarlılık, hızlı çözüm oluşturma kabiliyeti, risk yönetimi ve esnekliktir [8].

Günümüzün tedarik zincirlerinde birçok satın alım yapan firma, sorumlu kaynak kullanımını teşvik etmek için denetim mekanizmalarını kullanmaktadır. Walmart genellikle tedarikçilerini denetler ve gelecekte bir tedarikçiden alım yapılması, bu denetimlerin sonuçlarına bağlıdır. Başka bir örnek olarak Apple, yıllık Apple Tedarikçi Sorumluluğu raporlarını yayınlamaktadır. Bu raporlar tedarikçi listesini, denetim sonuçlarını ve eğitim programlarını açıklar. Apple, bu programların amacının tedarikçilerin fabrikalarındaki koşulları daha iyi izlemek ve iyileştirmek olduğunu ileri sürmektedir [44].

2.2. Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Yönetimi

Sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi, “Ürünlerin veya hizmetin, paydaşların gereksinimlerini karşılaması amacıyla tedarik, üretim ve dağıtım ile ilgili malzeme, bilgi ve sermaye akışlarının verimli ve etkin bir şekilde yönetilmesi; kısa ve uzun vadede kuruluşun kârlılığını, rekabet gücünü, esnekliğini arttırmak için organizasyonlar arası anahtar iş sistemleriyle tasarlanmış ekonomik, çevresel ve sosyal değerlendirmeleriyle bilinçli olarak bütünleştirilmiş koordine tedarik zinciri oluşumu” şeklinde ifade edilebilir [2].

Son zamanlarda odak firmalar tedarikçi sürdürülebilirliğini sadece risk yönetiminden ziyade bir fırsat olarak görmeye başlamıştır. Sorumlu bir şekilde üretilen ve kaynakları sorumlu bir şekilde tedarik edilen ürünlere olan ilgi arttıkça şirketler tedarikçi sürdürülebilirliğini bir pazarlama ve rekabet avantajı sağlamada da kullanabilir (örneğin, ürünlerin üzerindeki Fair Trade (Adil Ticaret) etiketleri). Odak firmalar, düşüncelerini organizasyonel sınırlar içinde kısıtlamak yerine, tedarik zincirini bir bütün olarak ele aldıklarında sürdürülebilir operasyonlardaki maliyet tasarrufu fırsatlarını (örneğin enerji tüketiminin azaltılması, atıkların azaltılması) daha verimli bir şekilde gerçekleştirebilmektedirler. Odak firmalar aynı zamanda tedarikçiler ve toplum da dahil olmak üzere tüm şirket paydaşlarına hizmet etmeye odaklanan, gelişen kurumsal değerlerin ışığında tedarikçi sürdürülebilirliğini de takip etmektedir. Sonuç olarak tedarikçi sürdürülebilirliğinin nasıl ölçüleceğini, analiz edileceğini, iyileştirileceğini, yönetileceğini ve odak firmaya doğrudan ve dolaylı faydaların neler olduğunu araştıran çalışmalara artan bir ilgi vardır. Bu araştırma alanına Sürdürülebilir Tedarikçi Yönetimi adı verilmektedir [29].

Sürdürülebilirlik arayışı, küresel tedarik zincirlerinin karşı karşıya olduğu bazı modern zorluklarla başa çıkmada giderek daha etkili bir strateji olarak kabul edilmektedir. Rekabet gücünün ve finansal performansın artmasını sağlar ve firmalara potansiyel iş risklerinin sonuçlarını hafifletmek için entelektüel sermaye üretir. Sürdürülebilirlik, kuruluşların mevcut kararlarının doğal çevrenin, toplumların ve iş dünyasının gelecekteki durumu üzerindeki etkisinin derecesi olarak düşünülebilir. Bu kapsamlı tanımla sürdürülebilirlik stratejileri, tedarik zincirlerini daha sürdürülebilir hale getirmek için gereken yatırım maliyetlerinin yanı sıra gelecekteki belirsizlik düzeyini ve dolayısıyla kararların doğal ve sosyal çevreye getirebileceği riskleri de dikkate almalıdır [10].

2.3. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri

Karar verme, literatürde birçok farklı tanımla yer alsa da aslında; bir amacı gerçekleştirmek üzere mevcut seçenekler içinden, belirlenen kriterleri de dikkate alarak en uygun olan veya olanların seçilmesidir. Karar verme süreci, yaşamın her anında gerçekleşen vazgeçilmez bir parçasıdır, en basitten en karmaşığa yaşanan her problemde bu süreç yaşanmaktadır. Karar verme, aynı zamanda bir problem çözme sürecidir. Özellikle belirsiz bilgilerin bulunduğu veya tam olmayan, dilsel ya da sözel belirsizlikler içeren faktörlerin çok sık kullanıldığı alanlarda daha zor bir süreç haline gelir. Bu durumlarda bu sürecin bulanık ortamda gerçekleşmesi gerekir.

Karar analizinin temel adımları şu şekildedir:

- Sorunun tanımlanması
- Tüm olası seçeneklerin belirlenmesi
- Kontrol dışı gelişen tüm olası olayların tespit edilmesi
- Her seçeneğin her olay için çıkaracağı sonuçların karar çizelgesinin oluşturulması
- Bir karar modelinin seçilmesi
- Modelin uygulanması
- Ve sonucunda bir alternatifin seçilmesidir [13].

Çok kriterli karar verme problemleri birden fazla kriterin bir araya gelmesiyle oluşan karar verme problemleridir. Çok kriterli karar verme metotları, karar vericilere yardımcı olmak amacıyla değerlendirilen ilgili kriterlere göre bir dizi alternatif arasından en iyi alternatifleri sıralamak için uzlaşmacı bir çözüm sunan yöneylem araştırmasının bir alt disiplini [1].

Tedarikçi seçiminde karar verme, tedarikçilerin organizasyonun toplam başarısı üzerindeki etkisi nedeniyle çok önemli bir konudur. Örneğin sürdürülebilirlik, kalite ve kâr herhangi bir firma için temel hedefler olsa da başarıları, kuruluşun tedarikçilerinin etkinliğine bağlıdır.

Çok kriterli karar verme süreci, değişim ihtiyacının belirlenmesi ve problemin tanımlanmasıyla başlar. Çok kriterli karar verme aşamaları aşağıda belirtilmiştir.

1. Ulaşılmak istenen hedef tanımlanır.

2. Problem formüle edilir ve formülasyonu baz alan bir model oluşturulur. Bu adımda problemin temeli ve ölçüm kriterleri tanımlanır. Ayrıca problemin alt amaçları ve alt kriterleri, kısıtları ve kapsamı tanımlanır.

3. Analiz ve değerlendirme aşamasıdır. Bu adımda her alternatif kriterlere göre değerlendirilir. Daha sonra değerlendirme sonucuna göre karar verilir.

4. Kararlar yorumlanır ve değerlendirilir. Literatürde karar verme probleminin kısıtlarına ve parametrelerine göre tedarikçi seçimine yönelik pek çok metodoloji bulunmaktadır.

Alternatifler sınırlı olduğunda ve hem niceliksel hem de niteliksel olarak birden fazla kriter içerdiğinde en çok kullanılan metotlar çok kriterli karar verme yöntemleridir. Çok kriterli karar durumlarında birden fazla kriter ve amaç vardır. Ayrıca çok kriterli karar vermede aynı birim ile ölçülemeyen değerler arasında ölçümleme kabiliyeti vardır. Karar vericilerin uzmanlık ve yetkileri, aralarından seçim yapabilecekleri potansiyel alternatifler grubu, hedefleri, kriterleri, değerleri, değerlendirme sistemi ve karar kuralları vardır [8].

2.4. Sürdürülebilir Tedarikçi Seçiminde Kullanılan Yöntemler

Bir tedarik zincirinin ortakları, tedarik zinciri davranışının kritik belirleyicileridir. Bu zincirde ortaklığın sürdürülebilirliği tedarik zincirinin oluşturulması ve sürdürülmesi için çok önemli olmaktadır. Günümüz rekabet ortamında tedarikçi seçimi ile ilgili karar, üretim yönetiminin başarısı için çok önemlidir. Firmaların rekabet edebilmesi için güvenilir tedarikçilerle çalışmalıdır. İşletmeler, çoğu zaman tedarikçi seçimi ve sorunlarıyla çok sık bir şekilde karşılaşmaktadırlar. Bunun sebebi ise tedarikçi çeşitliliği ve bolluğu nedenidir. Tedarikçi seçimi, en bilinen çok kriterli karar verme arasında yer almaktadır. Çok kriterli karar verme teknikleri, tüm uygun alternatifler arasından optimum alternatifin karşılaştırılmasını ve ortaya çıkarmış olduğu birçok sorunun çözümüne odaklanmaktadır. Çok amaçlı karar verme yöntemleri çözümseldir. Ölçülebilir ve ölçülemeyen birçok stratejik ve operasyonel faktörlerin yanı sıra birçok insanı da karar verme sürecine katmaktadır. Çok kriterli karar verme teknikleri, firmaların ihtiyaç duymasından dolayı oldukça önem kazanmaktadır. Çok kriterli karar verme sorunlarına tedarikçi seçimi, uygun kriterlerin tespit edilmesi iletişimlerin açık bir şekilde ifade edilmesi gibi çözüm bulmak için uygun yöntemler olmaktadır.

Doğru tedarikçi seçimi ile işletmeler rekabet gücünü gün geçtikçe arttırmaktadır. İşletmelerin başarılı performans göstermesinde de doğru tedarikçi seçimi önemli rol oynamaktadır. İşletmelerde üretilen ürün sayısının artmasıyla beraber iş süreçlerinin genişlemesi işletmeleri tedarikçi seçimine zorlamıştır. Bu süreçleri dengeleyen sistemsal yapı firmaların tedarikçileri olmaktadır. İşletmeler, tedarikçiler ve müşteriler arasında çok kuvvetli bir şekilde iş paylaşımı doğmaktadır [19].

Son yıllarda sürdürülebilir tedarikçi seçimi ve sürdürülebilir tedarik zincirine yönelik yapılan çalışmalar, odaklanılan alan ve çalışmanın yayınladığı yıl bilgisi ile birlikte Tablo 2.1.'de listelenmiştir. Bu çalışmada kullanılan çok kriterli karar verme yöntemleri Sezgisel Bulanık TOPSIS, SWARA, COPRAS ve WASPAS metotlarının kullanıldığı çalışmalar ise Tablo 2.2.'de gösterilmiştir.

Debnath ve ark. (2023) sağlık sektöründe sürdürülebilir tedarik seçimi problemini ele almış; majör kriterler olarak lojistik, servis, sosyal ve çevresel, finans olarak belirlemiştir. Alt kriterler olarak sürdürülebilir envanter ve depo yönetimi, değişen taleplere cevap yeteneği, kaynak bulma kabiliyeti ve ulaşılabilir derecesi, daha kısa teslim süresi ve zamanında teslimat, sürekli iyileştirme ve kalite kontrol, geçmiş performans ve itibar, geri dönüşüm ve yeniden kullanım uygulamaları, çevre mevzuatlarına uygunluk, operasyon ve malzeme taşıma sırasında güvenliğin sağlanması, minimum yakıt ve enerji tüketimi, personel eğitimleri, maliyette tutarlılık, esnek parti büyüklüğü, kredi sisteminin kullanılabilirliği olarak belirlenmiştir. 12 karar vericinin uzman görüşleriyle SWARA metodunu kullanarak kriter ağırlıklandırması, WASPAS, ARAS ve EDAS metotları kullanarak alternatif sıralaması yapılmıştır [6].

Tong ve ark. (2021) küçük ve orta büyüklükteki işletmelerde (KOBİ'lerde) genişletilmiş PROMETHEE II yöntemini kullanarak sürdürülebilir tedarikçi seçimi önerisinde bulunmuştur. KOBİ'lerin toplam ekonomideki istihdamın %60'ını oluşturduğu vurgusunda bulunmuş ve büyük zincir market ve markalara kıyasla rekabet avantajlarının azaldığı piyasada sürdürülebilir tedarik zinciri ve ulusal ekonomi istikrarının sağlanmasında tedarikçi seçiminin çok önemli rol oynadığından bahsetmiştir. Ürün ve servis kapasitesi açısından kalite, maliyet, teslimat, servis, eko dizayn; iş birliği derecesi açısından puan ve pazarlık gücü; risk faktörleri açısından kurumsal uygunsuzluklar ve lokal ekonomik çevre olarak kriterlerini belirlemiştir [38].

Gidiagba ve ark. (2022) petrol ve gaz endüstrisinde sürdürülebilir tedarikçi seçimi için çok kriterli karar verme yöntemlerinden Delphi, BWM ve TOPSIS metotlarını kullanan bir seçim yaklaşımı önermiştir. Delphi metodunu petrol ve gaz endüstrisi için en kabul edilebilir kriterlerin seçiminde, BWM metodunu kriter ağırlıklandırmasında, TOPSIS metodunu ise alternatiflerin sıralamasında kullanmıştır. Sürdürülebilirlik kriterlerini çalışanların güvenliği, pozitif imaj, bilgi alışverişi, inovasyon, kalite, güvenilirlik, zamanında teslimat, maliyet, ulaşılabilirlik, itibar, esneklik, gelişmiş teknoloji, araştırma geliştirme, finans, atık yönetim sistemi, teknik kapasite, teknik uzmanlık, yeni ürün, ilişkiler ve uygunluk olarak belirlemiştir [11].

Rakesh R. Menon ve V. Ravi (2022) elektronik sektöründe tedarik zincirinde AHP-TOPSIS yöntemleriyle sürdürülebilir tedarik seçimi önerisinde bulunmuşlardır. Kriterleri ekonomik, çevresel, sosyal ve etik ana başlıklarında toplamıştır. Belirlenen değerlendirme kriterleri ekonomik açıdan kalite, maliyet, teslimat, esneklik; çevresel açıdan eko dizayn, kaynak kullanımı azaltma ve tüketimi, kirlilik kontrolü, çevresel yönetim sistemleri, yeşil prestij; sosyal açıdan insan hakları, güvenlik sistemleri ve iş sağlığı, Kurumsal Sosyal Sorumluluk (CSR), eğitim ve öğretim; etik açıdan davranış kuralları, rekabet menfaati deklarasyonu, muhasebe ve işletmede şeffaflıktır. AHP metodu kriter ve alt kriterlerin ağırlıklarının hesaplanmasında, TOPSIS metodu ise alternatiflerin pozitif ve negatif ideal çözüme uzaklıklarının hesaplanmasında ve önceliklendirilmesinde kullanılmıştır [24].

Shang ve ark. (2022) otomotiv sektöründe ekonomik açıdan maliyet, kalite, hız, esneklik, inovasyon, risk kontrol; çevresel açıdan çevre yönetim sistemleri, emisyon ve atıklar, yeşil depolama, eko dizayn, yeşil teknoloji, çevresel regülasyonlar; sosyal açıdan çalışan hakları, iş sağlığı ve güvenliği, itibar, müşteri memnuniyeti, iş birliğine yatkınlık kriterleriyle BWM, Bulanık Shannon's Entropy ve Bulanık MULTIMOORA yöntemlerini kullanarak tedarikçi seçim modeli önerisi sunmuştur [33].

Sharifi ve ark. (2023) zirai gıda endüstrisinde belirsizlik altında sürdürülebilir soya tedarik zinciri için iki aşamalı çok amaçlı optimizasyon modeli önermiştir. Kriterleri ekonomik açıdan ürün kalitesi, zamanında teslimat, ödeme esnekliği, ürün ulaşılabilirliği, teknolojik avantaj, verimlilik; çevresel açıdan su kullanımı, toprak kullanımı, enerji kullanımı, su kontaminasyonu, tekrar kullanılabilirlik, geri dönüşüm

politikası, fire; sosyal açıdan gıda güvenliği, güvenlik önlemleri, çalışan eşitliği, adil ticaret, çalışan eğitimleri, sağlık ve sosyal faydalar ve sosyal sorumluluk olarak belirlemiştir. Aşama 1'de aralık tipi 2 Trapezoidal BWM yöntemi kullanılarak potansiyel tedarikçilerin sürdürülebilirlik puanlarını hesaplamak için çeşitli niteliksel ve niceliksel sürdürülebilirlik kriterleri dikkate alınır. Daha sonra puanlar, soya fasulyesi tedarik zincirini tasarlamak ve optimize etmek için dört amaç fonksiyonuna sahip yeni bir optimizasyon modelinin formüle edildiği Aşama 2'de girdi olarak kullanılır. Hedef fonksiyonları arasında toplam kârın maksimuma çıkarılması, yaratılan iş fırsatları ve tedarikçilerin sürdürülebilirliği ile CO₂ emisyonlarının en aza indirilmesi yer alır. Daha sonra politika hazırlayanların uygun kararlar almasına yardımcı olan artırılmış ϵ -kısıtlama yöntemi kullanılarak Pareto sınırı oluşturulur. Ayrıca amaç fonksiyonlarının stratejik ve taktiksel kararlar üzerindeki etkilerini değerlendirmek için dört durum önerilmiş ve analiz edilmiştir. Sonuçlar, tarımsal gıda tedarik zincirlerindeki sürdürülebilirlik temellerini dikkate alan entegre bir yaklaşım olarak sunulan yöntemin önemini göstermektedir [34].

Chakraborty ve ark. (2023) sağlık sektöründe bulanık bütünleşik MABAC yöntemlerini kullanarak karşılaştırmalı analiz yapmıştır. Bu bildiride, yedi farklı bulanık ortamda MABAC yöntemini kullanarak belirli bir sağlık birimine farmasötik ürün sağlayan sağlık tedarikçisi seçim problemini çözmek için bir çalışma ortaya konmuştur. Kriterler fiyat, kalite, teslimat performansı, güvenilirlik, cevap verme kabiliyeti ve esneklik olarak belirlenmiştir. Tanımlanan bu altı kriter arasında farmasötik ürünlerin fiyatı yalnızca niceliksel olarak ölçülebilmekte olduğunu; öte yandan diğer kriterler için doğru bir şekilde ölçüm yapabilecek parametreleri tanımlamanın oldukça zor olduğundan bahsederek bu kriterleri 'çok iyi', 'iyi', 'orta', 'zayıf' vb. gibi sözel derecelendirmeler kullanılarak niteliksel olarak değerlendirilmiştir [3].

Rahman ve ark. (2022) tekstil boya sektöründe entegre çok kriterli karar verme yaklaşımlarını kullanarak sürdürülebilir tedarikçi seçim önerisi sunmuşlardır. SWARA yöntemiyle kriter ağırlıklandırması yapılmış, WASPAS metodu ile alternatiflerin sıralaması ve seçim yapılmıştır. Kriterleri ekonomik açıdan kimyasalların fiyatı, zamanında teslimat, kimyasalların kalitesi, üretim teknolojisi, üretim kapasitesi; çevresel açıdan çevre yönetim sistemleri, çevre kirliliği regülasyonları, geri dönüşüm uygulamaları, enerji ve kaynak tüketimi, sürdürülebilir

hammadde kullanımı; sosyal açıdan ekonomik refah ve çalışanların gelişimi, çalışan menfaat ve hakları, çalışan sağlığı ve güvenliği, çalışan gelişim ve eğitimi, bilgi açıklama uygulamaları olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada önerilen yöntem geliştirmekte olan tekstil boyama endüstrilerindeki karar vericilere, yalnızca ekonomik açıdan uygun değil, aynı zamanda uzun vadede çevresel olarak sürdürülebilir tedarikçileri verimli bir şekilde seçme konusunda yardımcı olması amaçlanmıştır [30].

Giri ve ark. (2022) sürdürülebilir tedarik zinciri için tedarikçi seçiminde Pisagor bulanık DEMATEL yöntemini kullanarak bir çalışma yapmıştır. Kriterler çevresel açıdan çevresel verimlilik, yeşil imaj, kirlilik bertarafı, yeşil dizayn; sosyal açıdan sağlık ve güvenlik, işe alım uygulamaları, tedarikçi/müşteri iş birliği, paydaş ilişkileri; ekonomik açıdan kalite, esneklik, maliyet, teknik kapasite, lojistik maliyeti, ret oranı, e-ticaret kapasitesi olarak belirlenmiştir. Kriterlerin bağımsızlığını göz önünde bulundurarak kriterler arasındaki karşılıklı ilişkileri veren ve sistemin neden-sonuç bileşenlerini belirleyen bir yöntem önermişlerdir. Önerilen yöntemde tedarikçi kriterlerini iki gruba ayırmak için bir neden-sonuç diyagramı sunulmuş ve daha sonra her gruptaki her bir kriteri, tüm sürdürülebilir tedarik zinciri sistemi üzerindeki etkisi açısından incelenmiştir. Yöntemin çok sayıda kriterin yanı sıra belirsiz, eksik ve tutarsız bilgilerin ele alınmasında da faydalı olacağı belirtilmiştir [12].

Hajiaghaei-Keshteli ve ark. (2023) gıda endüstrisinde Pisagor Bulanık TOPSIS ve TOPSIS yöntemlerini kullanarak yeşil tedarikçi seçim çalışması yapmıştır. Kriterler servis, yasal çevresel düzenlemeler, fiyat, kalite, üretim, eko dizayn, teslimat, yeşil imaj, kirlilik ve atık üretimi, çevresel yönetim sistemleri, kurumsal sosyal duyarlılık, çevre kirlilik kontrolü, yeşil tasarım, çevre dostu teknoloji kullanımı, çevre dostu malzeme kullanımı, ambalaj kullanımı azaltımı, atık yönetimi, yeniden üretim ve yeniden kullanım uygulamaları, kaynak tüketimi, çalışanlara çevre eğitimleri, lojistik, pazarlama, hız, esneklik, anlaşma paydaşların etkisi, yerel toplulukların etkisi olarak belirlenmiştir [16].

Torkayesh ve ark. (2023) çalışmasında en önemli hükümetler arası ekonomik kuruluşlardan biri olan G7 organizasyonunda yer alan yedi gelişmiş ülkedeki sosyal sürdürülebilirlik performansını değerlendirmişlerdir. Ülkelerin performansının değerlendirilmesi, Ekonomik İş birliği ve Kalkınma Örgütü'nün (OECD) veri setindeki gerçek veriler kullanılarak burada sosyal sürdürülebilirlik üzerinde belirgin

rol oynayan on dört gösterge farklı yönlerden seçilmiştir. Ülkelerin değerlendirilmesi, CRITIC ve Shannon'ın Entropy yöntemlerine ve CoCoSo yöntemine dayanan yeni, entegre, veriye dayalı bir ağırlıklandırma sistemi aracılığıyla yapılmıştır. Entegre veri odaklı ağırlıklandırma sistemi kullanılarak göstergelerin ağırlığı, CRITIC ve Shannon Entropy'den elde edilen ağırlıkları birleştirmek için bir toplama operatörü kullanılarak belirlenmiştir. Önerilen entegre veriye dayalı ağırlıklandırma sistemi, diğer ağırlıklandırma yöntemleri kullanıldığında ortaya çıkabilecek uzman görüşlerindeki taraflılığı ve öznelliği ortadan kaldırmak için tasarlanmıştır. Daha sonra ülkeler CoCoSo kullanılarak karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiş ve sıralanmıştır. Belirlenen göstergeler: ortalama maaş, istihdam oranı, gelir eşitsizliği, işgücü, yoksulluk açığı, yoksulluk oranı, çalışma saatleri, politikadaki kadınlar, nüfus yoğunluğu, yetişkin eğitim seviyesi, yüksek öğretim harcamaları, uluslararası öğrenci hareketliliği, yüksek okul mezuniyet oranı, sosyal harcamalar olarak belirlenmiştir [39].

Javad ve ark. (2020) BWM yöntemini bahsedilen çok kriterli karar verme probleminde yeşil tedarikçi seçimi için belirlenen çeşitli kriterleri sıralamak için kullanmıştır. Sonrasında ise alternatif tedarikçiler kümesi arasından en etkili tedarikçilerin seçilmesi için ağırlıklı kriterlere göre çeşitli tedarikçileri sıralamak üzere bulanık TOPSIS yöntemini kullanmışlardır. Bu çalışmalarında çelik endüstrisinde yeşil tedarikçilerin seçilmesindeki temel faktörlerin bulunmasına katkıda bulunmuşlardır. Tedarikçi seçiminin temel faktörlerini analiz ederek yeşil tedarikçi seçiminde ele alınan şirket için yeşil inovasyon kriterlerine daha fazla önem verilmesi gerektiğini göstermişlerdir. Bu araştırmalarıyla tedarikçilerin yeşil inovasyon yeteneklerine göre sıralanmasına yardımcı olmayı amaçlamışlardır. Kuruluşların çalışmada önerilen tedarikçi seçim çerçevesini yedek parçalar, sarf malzemeleri ve teknik, tasarım ve geliştirme hizmetleri tedarikçileri gibi diğer tedarikçiler için de uyarlanabilir olduğunu belirtmişlerdir. Alt kriterleri rakiplerle veya organizasyonlar arası işbirliği, organizasyon içi işbirliği, tedarikçilerin yeteneklerini geliştirme, araştırma enstitüleri ve laboratuvarlarda işbirlikleri, sosyal ve çevresel gruplarla işbirliği olan ana kriter olarak işbirliği; alt kriterleri maliyet azaltımı, üretkenliği ve firma performansını arttırma, müşteri nezdinde değeri arttırma, yeşil operasyonel verimlilikler olan ana kriter olarak çevresel yatırımlar ve ekonomik faydalar; alt kriterleri şirket içi ARGE ve bilimsel uzmanlık, yetkin insan

kaynakları, yeşil depolama, yeşil ulaşım, yeşil geri dönüşüm fabrikaları, karbon azaltma girişimleri olan ana kriter olarak kaynaklara ulaşım ve yeşil yetkinlikler; alt kriterleri iletişimsel uygulamalar, firmanın çevresel taahhüdü, iç çevre yönetimi, yeşil operasyonel uygulamalar, planlama ve organizasyonel uygulamalar olan ana kriter olarak çevresel yönetim girişimleri; alt kriterleri yetkin satın alma ve tedarik zinciri yöneticileri, çevresel kriterlere göre tedarikçi seçimi, çevre dostu hammadde satın alımı, tedarikçilere yeşil girişim yapmaları için baskı kurmak, tedarikçilerin çevre yönetim sistemine adapte olduğundan emin olmak, tedarik zincirinin yukarı ve aşağı yönlü üyelerinin tasarım sürecine katılmak, tedarikçilerin standartlara uyduğundan emin olmak için çevre denetimleri düzenlemek olan ana kriter olarak yeşil satın alma yeteneği; alt kriterleri teknoloji güncelleme için teknik yardım, çevre politikası uygulamaları, yeşil dizayn normlarının uygulama sıklığı, yeşil ürünlere yönelik pazar talebi, rakiplerden daha iyi performans gösterme yönündeki rekabet baskıları olan ana kriteri düzenleyici yükümlülükler, baskılar ve piyasa talebi olarak belirlemişlerdir [18].

Dhumras ve Bajaj (2023) yeşil tedarik zinciri yapıtaşlarını; yeşil üretim, yeşil depolama, yeşil dağıtım, yeşil ulaştırma, yeşil hammadde, yeşil dizayn, yeşil satın almanın oluşturduğundan bahsetmiştir. Önerilen model, çalışmada enerji sektöründe Q-rung Picture AHP ve WASPAS yöntemlerini kullanarak yeşil tedarik zinciri yönetimine yönelik potansiyel stratejik planların ana hatlarını çizmekte kullanılarak uygulanmıştır [7].

Tanveer ve ark. (2023) dijital teknolojiler sektöründe döngüsel ekonomiye fayda kriterlerini fayda, inovasyon, sürdürülebilirlik ve optimizasyon olarak belirlemiş ve KOBİ'lerde uygun teknolojinin seçiminde bulanık TOPSIS yöntemini kullanmıştır [36].

Saraji ve Streimikiene (2022) imalat sektöründe Bulanık SWARA ve bulanık COPRAS yöntemlerini kullanarak döngüsel tedarik zincirinin benimsenmesi üzerine bir çalışma yapmıştır [31].

Tablo 2.1. Sürdürülebilir tedarikçi seçiminde literatürde kullanılan metotlar.

Referans	Çalışma alanı	Sene	Metot
Debnath ve ark. [6]	Sağlık sektörü	2023	SWARA, WASPAS, ARAS, EDAS

Tablo 2.1. (Devamı) Sürdürülebilir tedarikçi seçiminde literatürde kullanılan metotlar.

Referans	Çalışma alanı	Sene	Metot
Tong ve ark. [38]	Küçük ve orta ölçekli işletmeler	2021	PROMETHEE II
Gidiagba ve ark. [11]	Petrol ve gaz endüstrisi	2022	Delphi, BWM, TOPSIS
Rakesh R. Menon ve V. Ravi [24]	Elektronik sektörü	2022	AHP, TOPSIS
Shang ve ark. [33]	Otomotiv	2022	BWM, Bulanık Shannon's Entropy ve Bulanık MULTIMOORA
Sharifi ve ark. [34]	Zirai gıda endüstrisi	2023	Çok amaçlı optimizasyon, Bulanık Best-Worst Method, stokastik programlama
Chakraborty ve ark. [3]	Sağlık sektörü	2023	Bulanık bütünleşik MABAC metotları
Rahman ve ark. [30]	Tekstil boya sektörü	2022	SWARA, WASPAS
Giri ve ark. [12]	Tüm işletmeler	2022	Pisagor Bulanık DEMATEL
Hajiaghaei-Keshteli ve ark. [16]	Gıda endüstrisi	2023	Pisagor Bulanık TOPSIS, TOPSIS
Torkayesh ve ark. [39]	G7 organizasyonu	2023	Shannon's Entropy CRITIC CoCoSo
Javad ve ark. [18]	Çelik endüstrisi	2020	BWM, Bulanık TOPSIS
Dhumras ve Bajaj [7]	Enerji sektörü	2023	Q-Rung picture AHP, WASPAS
Tanveer ve ark. [36]	Dijital teknolojiler	2023	Bulanık TOPSIS
Saraji ve Streimikiene [31]	İmalat sektörü	2022	Bulanık SWARA, Bulanık COPRAS

Bu uygulamada kullanılan yöntemlerle ilgili son yıllarda yapılan çalışmalar Tablo 2.2.' de görülebilir.

Tablo 2.2. Uygulamada kullanılan yöntemlerin literatürde yer aldığı çalışmalar.

Referans	Sene	Kullanılan Metotlar
Chhibber ve ark. [5]	2022	Sezgisel Bulanık TOPSIS

Tablo 2.2. (Devamı) Uygulamada kullanılan yöntemlerin literatürde yer aldığı çalışmalar.

Referans	Sene	Kullanılan Metotlar
Zhang ve ark. [45]	2020	Sezgisel Bulanık TOPSIS
Li ve ark. [20]	2023	Sezgisel Bulanık TOPSIS
Sumrit ve Keeratibhubordee [35]	2023	SWARA, QFD
Patel ve ark. [27]	2023	IF-EM-SWARA-TOPSIS
Magalhães ve ark. [22]	2022	SWARA, WASPAS
Mohanrasu ve ark. [25]	2023	COPRAS
Patil ve ark. [28]	2022	COPRAS
Wankhede ve ark. [40]	2023	COPRAS
Liu at al [21]	2023	WASPAS

Yapılan literatür araştırması sonucunda bilinen dahilinde;

1.1. Tekstil sektöründe sürdürülebilirliği ölçebilecek geniş çaplı kriterlerin olmadığı

1.2. Sürdürülebilirliği ölçen kriterlerin puanlandırılmasının yapılmadığı

1.3. Tedarikçilerin sadece ticari kriterlere göre veya sadece sürdürülebilirlik kriterlere göre değerlendirildiği hem ticari kriterler hem de sürdürülebilirlik kriterlerinin entegre edilerek değerlendirme yapılan çalışmaların bulunmadığı

2. Türkçe kaynaklarda Sezgisel Bulanık TOPSIS yöntemi ile ilgili çok fazla çalışma olmadığı görülmüştür.

Bu nedenle bu tez çalışmasında, literatürdeki eksikliklerin giderilmesi yönünde bir model geliştirilmiş ve modelin uygulaması yapılmıştır.

2.5. Sezgisel Bulanık TOPSIS Metodu Uygulama Adımları

Sezgisel Bulanık TOPSIS metodu adımları aşağıdaki gibidir.

$A = \{A_1, A_2, \dots, A_j\}$ alternatifler kümesini, $C = \{C_1, C_2, \dots, C_j\}$ ise belirlenen kriterlerin kümesini oluşturmaktadır.

Adım 1: Karar Matrisinin Oluşturulması

İlk olarak, belirlenen kriterlere göre her bir alternatife ait veriler toplanır ve “i” alternatifli “j” kriterli karar matrisi (D) oluşturulur.

$$D = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1j} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2j} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{i1} & x_{i2} & \dots & x_{ij} \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

Adım 2: Karar Matrisindeki Değerlerin Normalleştirilmesi

Oluşturulan karar matrisindeki her bir değer, eşitlik (2.2) kullanılarak normalleştirme işlemine tabi tutulur ve normalleştirilmiş karar matrisi (N) oluşturulur.

$$n_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{ij})^2}} \quad (2.2)$$

$$N = \begin{bmatrix} n_{11} & n_{12} & \dots & n_{1j} \\ n_{21} & n_{22} & \dots & n_{2j} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ n_{i1} & n_{i2} & \dots & n_{ij} \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

Adım 3: Oluşturulan Normalleştirilmiş Karar Matrisindeki Değerlerin Sezgisel Bulanık Sayılara Dönüştürülmesi

Normalleştirilmiş karar matrisi oluşturulduktan sonra, normalleştirilmiş karar matrisinde yer alan her bir değer, eşitlik (2.4) kullanılarak bulanık sayılara, daha sonra da eşitlik (2.6) kullanılarak sezgisel bulanık sayılara dönüştürülür.

$$\bar{\vartheta}_i = 1 - n_{ij} \quad (2.4)$$

$$i = 1, \dots, n, j = 1, 2, \dots \quad (2.5)$$

$$\vartheta_i = \frac{\bar{\vartheta}_i}{\sum_{i=1}^n \bar{\vartheta}_i} \quad (2.6)$$

Adım 4: Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi

Normalleştirilmiş karar matrisindeki değerler sezgisel bulanık sayılara dönüştürüldükten sonra, her bir kriterin ağırlığı belirlenir. Çok kriterli karar verme

problemlerinde, alternatiflere ait kriterler eşit önem düzeyine sahip olabileceği gibi, farklı önem düzeylerine de sahip olabilir. Bu çalışmada kriter ağırlıkları uzman görüşleri yardımıyla belirlenmiştir.

Adım 5: Ağırlıklandırılmış Karar Matrisinin Oluşturulması

Sezgisel bulanık karar matrisi oluşturulup her bir kriterin ağırlığı belirlendikten sonra, eşitlik (2.7) kullanılarak her bir μ_i ve ϑ_i değerleri ağırlıklandırılır ve ağırlıklandırılmış sezgisel bulanık karar matrisi oluşturulur.

$$\mu_{wi}, \theta_{wi} = 1 - (1 - \mu_i)^{wi}, \vartheta_i^{wi} \quad (2.7)$$

$$D_{wij} = \begin{bmatrix} \mu_{w11}, \vartheta_{w11} & \mu_{w12}, \vartheta_{w12} & \dots & \mu_{w1i}, \vartheta_{w1i} \\ \mu_{w21}, \vartheta_{w21} & \mu_{w22}, \vartheta_{w22} & \dots & \mu_{w2i}, \vartheta_{w2i} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mu_{wj1}, \vartheta_{wj1} & \mu_{wj2}, \vartheta_{wj2} & \dots & \mu_{wij}, \vartheta_{wij} \end{bmatrix} \quad (2.8)$$

Adım 6: Pozitif ve Negatif Sezgisel Bulanık İdeal Çözüm Kümelerinin Belirlenmesi

TOPSIS yönteminde kriterler fayda ve maliyet kriteri olmak üzere iki kategoride değerlendirilir. Fayda kriterinin maksimizasyonu, maliyet kriterinin ise minimizasyonu amaçlanır. Pozitif sezgisel bulanık ideal çözüm kümesi oluşturulurken, ağırlıklandırılmış karar matrisindeki (D_{wij}) değerlendirme kriterlerinin maksimumları (ilgili değerlendirme kriteri maliyet kriteri ise minimumu) seçilir ve pozitif sezgisel bulanık ideal çözüm kümesi (A^+) oluşturulur. Negatif sezgisel bulanık ideal çözüm kümesi oluşturulurken ise, ağırlıklandırılmış karar matrisindeki (D_{wij}) değerlendirme kriterlerinin minimumları (ilgili değerlendirme kriteri maliyet kriteri ise maksimumu) seçilir ve sezgisel negatif ideal çözüm kümesi (A^-) oluşturulur. Pozitif ve negatif sezgisel bulanık ideal çözüm kümeleri oluşturulurken, kriterlerin üyelik dereceleri dikkate alınır ve seçilen değer yanındaki üye olmama (non-üyelik) derecesi aynen yazılır. J_1 fayda kriterlerinin J_2 maliyet kriterlerinin seti olmak üzere, pozitif sezgisel bulanık ideal çözüm kümesi (A^+) ve negatif sezgisel bulanık ideal çözüm kümesi (A^-) aşağıdaki şekilde elde edilir.

$$\mu_{A^+w}(x_j) = (\max_i \mu_{A_iw}(x_j) \mid j \in J_1), (\min_i \mu_{A_iw}(x_j) \mid j \in J_2)$$

$$\vartheta_{A^+w}(x_j) = (\min_i \vartheta_{A_iw}(x_j) \mid j \in J_1), (\max_i \vartheta_{A_iw}(x_j) \mid j \in J_2)$$

Pozitif sezgisel bulanık ideal çözüm kümesi;

$A^+ = (\mu_{A^+w}(x_j), \vartheta_{A^+w}(x_j))$ şeklinde gösterilir.

$$\mu_{A^+w}(x_j) = (\min_i \mu_{A_iw}(x_j) \mid j \in J_1), (\max_i \mu_{A_iw}(x_j) \mid j \in J_2)$$

$$\vartheta_{A^+w}(x_j) = (\max_i \mu_{A_iw}(x_j) \mid j \in J_1), (\max_i \vartheta_{A_iw}(x_j) \mid j \in J_2)$$

olmak üzere,

Negatif sezgisel bulanık ideal çözüm kümesi;

$$A^- = (\mu_{A^-w}(x_j), \vartheta_{A^-w}(x_j)) \quad (2.9)$$

şeklinde gösterilir.

Adım 7: Pozitif ve Negatif Sezgisel Bulanık İdeal Ayrım Ölçümlerinin Hesaplanması

Alternatifler ile pozitif sezgisel bulanık ideal çözüm ve negatif sezgisel bulanık ideal çözüm arasındaki ayrımın ölçülmesi için, Hamming uzaklık ölçümü, Euclidean uzaklık ölçümü ve bu uzaklık ölçümlerinin normalize edilmiş uzaklık ölçümleri kullanılabilir. Bu çalışmada normalize edilmiş Euclidian uzaklık ölçümü kullanılmıştır.

$$S^+ = \sqrt{\frac{1}{2n} \sum_{j=1}^n [(\mu_{ij} - \mu_{A^+j})^2 + (\vartheta_{ij} - \vartheta_{A^+j})^2]} \quad (2.10)$$

$$S^- = \sqrt{\frac{1}{2n} \sum_{j=1}^n [(\mu_{ij} - \mu_{A^-j})^2 + (\vartheta_{ij} - \vartheta_{A^-j})^2]} \quad (2.11)$$

Adım 8: Her Bir Alternatif İçin Yakınlık Katsayısının Hesaplanması

Her bir alternatif için, pozitif sezgisel bulanık ideal çözüm ve negatif sezgisel bulanık ideal çözüme göre yakınlık katsayıları eşitlik (2.12) kullanılarak hesaplanır.

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

$$i = 1, \dots, m.$$

Adım 9: Alternatiflerin Sıralanması

Alternatifler, yakınlık katsayılarının büyüklüklerine göre sıralanır ve en iyi alternatif belirlenir [42].

2.6. SWARA Metodu Uygulama Adımları

Çok kriterli karar verme yönteminin en önemli kısmı, karar vericiler için uygun nitelik ağırlıklarının seçilmesidir. Genel olarak, en önemli özellik en yüksek ağırlıkta, en az önemli özellik en düşük ağırlıkta olmalı ve geri kalan özellikler, sıralamaları korunarak en düşük ve en yüksek özellikler arasında bir yerde ağırlıklandırılmalıdır. Genel olarak nesnel ve öznel olmak üzere iki tür nitelik ağırlığı vardır. Objektif ağırlıklar, karar vericilerin sağladığı bilgiye dayanan karar matrislerinden türetilirken öznel olanların belirlenmesi için karar vericiler niteliklerin göreceli önemini değerlendirir. Niteliklerin öznel ağırlıklarını belirlemek için AHP, BWM, SWARA yöntemi vb. gibi çeşitli metotlar vardır. SWARA yöntemi diğer yöntemlere kıyasla çok daha etkilidir. Bu yöntemin bakış açısı diğer yöntemlerden farklıdır. Sık kullanılan AHP yöntemiyle karşılaştırıldığında SWARA yöntemi daha az ikili karşılaştırma gerektirir ve tutarlılığı daha yüksektir. Ayrıca karar vericilerin SWARA yönteminde kullanması gereken bir ölçek yoktur, böylece bu yöntem bakış açılarını daha esnek ifade etmelerine olanak sağlar. SWARA yönteminin hesaplama karmaşıklığı daha azdır ve BWM ile karşılaştırıldığında anlaşılması daha kolaydır çünkü karmaşık doğrusal amaç fonksiyonlarının çözülmesini gerektirmez. Dolayısıyla SWARA yönteminin basit hesaplama süreci ve yüksek tutarlılığı nedeniyle diğerlerine göre daha cazip bir yöntem olduğu söylenebilir [32].

Bu yöntem 2010 yılında, Kersuliene, Zavadskas ve Turskis tarafından geliştirilmiş ve bugüne dek birçok problemin çözümü için başarı ile uygulanmış, basit ve profesyonel kişilerle kullanıma uygun çok kriterli karar verme yöntemlerinden biridir. SWARA yöntemi, kriterlerin ve karar seçeneklerinin dilbilimsel olarak değerlendirilmesi sürecinde karşılaşılan belirsizliklerin giderilmesi için kullanılmaktadır. Bu yöntem, uzman görüşlerini ve düşüncelerini kolaylıkla sürece entegre edebilen bir yöntemdir. Bu noktada uzman görüşleri çok önemlidir. Görüş

bildirecek kişilerin yeteneği ve tecrübesi, SWARA yöntemindeki her kriterin önemini belirlemede en önemli noktadır [13].

SWARA yaklaşımı, kriterlerin göreceli ağırlıklarını hesaplamadan önce her değişkenin başlangıç önceliğini ve diğer kriterlere göre göreceli önem düzeyini belirlemek için uzman görüşlerini dikkate alır. SWARA metodunun adımları [6]:

Adım 1: Uzmanlar öncelikle kriterleri göreceli önemlerine göre derecelendiriyor. m karar verici tarafından c kriterine verilen puan şu şekilde gösterilir:

$$P_c^m (c = 1, 2, 3 \dots C; m = 1, 2, 3, \dots, M; 0 < P_c^m < 1).$$

Adım 2: Bu adımda, bu denklem, karar vericilerin kriterlere atadığı önem puanlarının ortalaması olan ($\bar{P}_c$)'yi hesaplamak için kullanılır; burada m, karar vericilerin toplam sayısıdır.

$$\bar{P}_c = \sum_{m=1}^M P_c^m \quad (2.13)$$

Adım 3: Bu adımda katsayı değeri (J_c) (2.14) denkleminde belirlenir. $J_c = 1$ değeri, S_c değeri en yüksek olan kriterin katsayısı olarak seçilir. (c+1) kriterinin c kriterine göre ne kadar önemli olduğunu gösteren S_c değeri, her bir kriter için ortalama değer in göreceli anlamlılık puanıdır.

$$J_c = S_c + 1 \quad (2.14)$$

Adım 4: Bu adımda, ağırlık değeri (S'_c) 3. adım denklemi kullanılarak belirlenir. Sıralamada ilk sırada yer alan kriterler için $S'_c = 1$ 'dir.

$$S'_c = \frac{S'_{c-1}}{J_c} \quad (2.15)$$

Adım 5: Kriterlerin nihai göreceli ağırlığı denklem (2.16) kullanılarak hesaplanır.

$$W_c = \frac{S'_c}{\sum_{c=1}^C S'_c} \quad (2.16)$$

Adım 6: Kriterler, 5. adımda bulunan göreceli ağırlığa dayalı olarak bir hiyerarşide sıralanır [6].

2.7. COPRAS Metodu Uygulama Adımları

COPRAS “Complex Proportional Assessment (Karmaşık Oransal Değerlendirme)” yöntemi, alternatiflerin karşılaştırılmasını bir alternatifin diğerine göre üstünlüğünü belirleme üzerine geliştirilmiş ve Zavadskas ve Kaklauskas tarafından tanıtılmıştır. Birden fazla kriterin dikkate alınması gereken bir değerlendirmede, kriterlerde maksimizasyon veya minimizasyon hedeflendiğinde bu yöntem uygulanabilir. COPRAS yöntemi, alternatifleri önem ve fayda derecelerine göre adım adım sıralar ve değerlendirir. COPRAS yönteminin adımları aşağıdaki gibidir [17]:

Adım 1: Karar matrisi ($F = [f_{ij}]_{n \times m}$) normalleştirilir. Normalleştirilmiş karar matrisi $G = [g_{ij}]_{n \times m}$ ile gösterilir. Normalleştirmenin amacı, tüm kriterleri karşılaştırmak için farklı boyutta olmayan değerler elde etmektir.

$$g_{ij} = f_{ij} / \sum_{j=1}^m f_{ij} \quad (2.17)$$

$$i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m$$

Adım 2: Ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisi $Y = [y_{ij}]_{n \times m}$ belirlenir.

$$y_{ij} = w_i f_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m$$

Burada g_{ij} , j'inci alternatifin i'inci kritere göre normalleştirilmiş değeridir.

Adım 3: Ağırlıklı normalleştirilmiş değerlerin toplamaları hem fayda hem de maliyet kriterleri için hesaplanır.

$$K_{+j} = \sum_{i=1}^n y_{+ij} \quad K_{-j} = \sum_{i=1}^n y_{-ij} \quad (2.18)$$

burada y_{+ij} ve y_{-ij} sırasıyla faydalı ve maliyet kriterlerinin ağırlıklı normalleştirilmiş değerleridir. K_{+j} değeri ne kadar büyük ve K_{-j} değeri ne kadar düşükse alternatif o kadar iyidir. K_{+j} ve K_{-j} değerleri her alternatifin ulaştığı hedeflerin derecesini gösterir.

Adım 4: Alternatiflerin önemi, pozitif alternatifler K_{+j} ve negatif alternatifler K_{-j} 'nin özellikleri tanımlanarak belirlenir.

Adım 5: Alternatiflerin göreceli önemi veya öncelikleri belirlenir. Alternatiflerin öncelikleri C_j temel alınarak hesaplanır. C_j değeri ne kadar yüksek olursa alternatifin önceliği de o kadar yüksek olur. Bir alternatifin göreceli önemi, o alternatifin

sağladığı talebi ne ölçüde yerine getirdiğini gösterir. Göreceli anlamlılık değeri ($C_{\max}$) en yüksek olan alternatif, aday alternatifler arasında en iyi seçimdir. j'inci alternatifin bağıl anlamlılık değeri C_j hesaplanır.

$$C_j = K_{+j} + \left(\frac{\left(K_{-min} \sum_{j=1}^m K_{-j} \right)}{\left(k_{-j} \sum_{j=1}^m (K_{-min}/K_{-j}) \right)} \right) \quad (2.19)$$

$$j = 1, 2, \dots, m$$

burada K_{-min} , K_{-j} 'nin minimum değeridir.

Adım 6: j'inci alternatif için niceliksel fayda (U_j) hesaplanır. Bir alternatifin fayda düzeyi, onun göreceli önem değeri (C_j) ile nedensel olarak ilişkilidir. Alternatifin sıralamasını belirleyen alternatifin fayda derecesi, tüm alternatiflerin verimlilik açısından öncelikleri karşılaştırılarak belirlenir.

$$U_j = \left[\frac{C_j}{C_{\max}} \right] \times 100 \quad (2.20)$$

burada $C_{\max}$ maksimum göreceli anlamlılık değeridir. Bir alternatifin göreceli önem değeri arttıkça veya azaldıkça, fayda değeri de artar veya azalır. Fayda değeri %0 ile %100 arasında değişmektedir [17].

2.8.WASPAS Metodu Uygulama Adımları

Bu yöntem ağırlıklı toplam modeli ve ağırlıklı çarpım modellerinin bütünleşik olarak geliştirilmesiyle oluşur. Bu iki yöntemin birlikte kullanılarak çözüm sonuçlarına yönelik güvenilirliğin artması ve karar alternatiflerinin doğru bir biçimde sıralanması hedeflenir.

WASPAS yöntemi diğer çok kriterli karar verme yöntemlerine göre uygulama süreci daha kısa ve kolay olması, hesapların yapılması için spesifik bilgisayar programları gerektirmemesi en önemli avantajları arasındadır [43].

Adım 1: Alternatifler (A_i) ve kriterler (C_j) bu adımda değerlendirilmek üzere seçilir. Burada $i = 1, \dots, m$ & $j = 1, \dots, n$ 'dir.

Adım 2: Daha önceki adımlarda kriterlerin ağırlıklarının hesaplanmasında çok kriterli karar verme tekniklerinden biri kullanılır. Bu yöntemde SWARA metodu kullanılmıştır.

Adım 3: Fayda kriteri için maksimizasyon hedeflenir.

$$\bar{X}_{ij} = x_{ij} / \max X_{ij}$$

Maliyet kriteri için minimizasyon hedeflenir.

$$\bar{X}_{ij} = x_{ij} / \min X_{ij} .$$

Adım 4: Bu adımda, bu denklemi kullanarak ilk toplam göreceli anlamlılık değeri $Q_i^{(1)}$ 'i belirlemek için ağırlıklı toplam modeli kullanılır.

$$Q_i^{(1)} = \sum_{j=1}^n \bar{X}_{ij} w_j \quad (2.21)$$

Adım 5: Bu adımda, bu denklemi kullanarak ikinci toplam göreceli anlamlılık değeri $Q_i^{(2)}$ 'yi belirlemek için ağırlıklı çarpım modeli kullanılır.

$$Q_i^{(2)} = \prod_{j=1}^n (\bar{X}_{ij})^{w_j} \quad (2.22)$$

Adım 6: Genel toplam görece anlamlılık değeri (Q_i), Q_i 'nin katsayı değerini temsil eden bu denklemle belirlenir [6]. Alternatifler sıralanır.

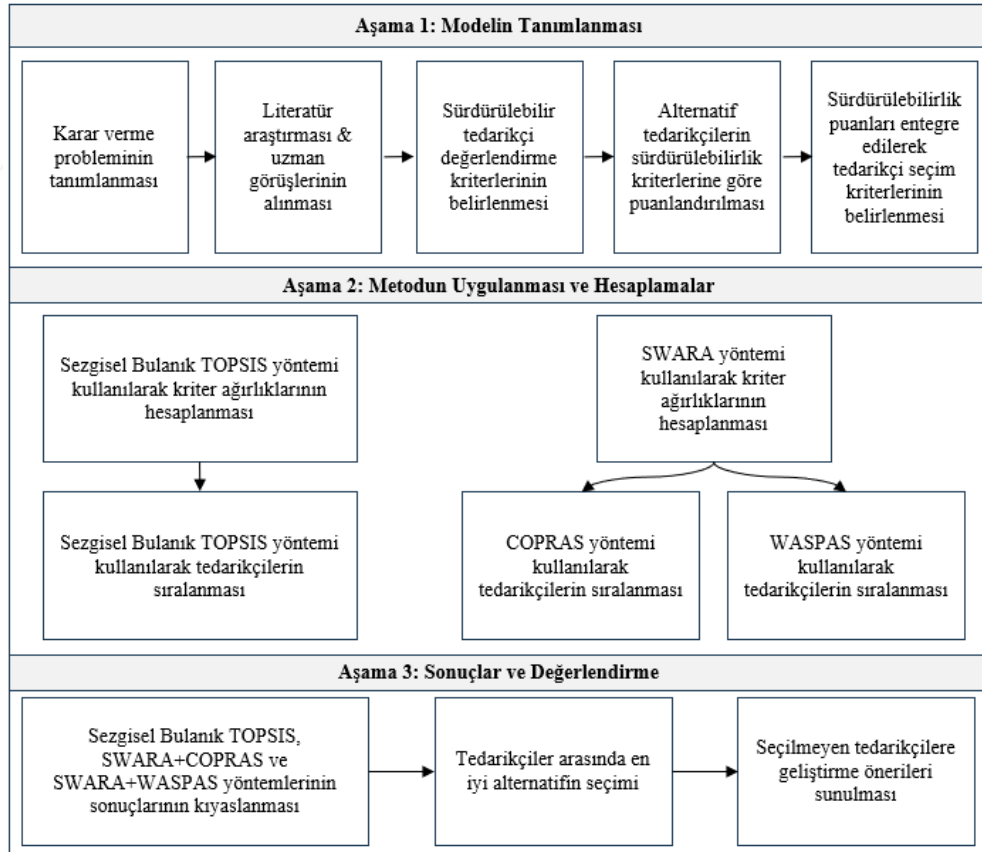
$$Q_i = \lambda Q_i^{(1)} + (1 - \lambda) Q_i^{(2)} \quad (2.23)$$



3. UYGULAMA

3.1. Giriş

Sürdürülebilir tedarikçi seçiminde önerilen modele ait akış şeması Şekil 3.1.'de belirtilmiştir. İlk aşamada tedarikçi seçimi, bir karar verme problemi olarak ele alınır ve tanımlanır. Bu aşamada uzman olarak belirtilen, marka standartlarını belirleyen temsilcilerdir. Tedarikçiler önce belirlenen sürdürülebilirlik kriterlerine ve bu kriterlerle oluşturulan değerlendirme modeline göre puanlandırılır, ardından seçim kriterleri sürdürülebilirlik kavramı ile entegre edilir ve çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılarak tedarikçi seçim ve sıralaması yapılır. Seçilmeyen tedarikçilere ise geliştirme önerileri sunulur.



Şekil 3.1. Önerilen sürdürülebilir tedarikçi seçim modeli akış şeması.

3.2. Sürdürülebilirlik Değerlendirme Kriterlerinin Belirlenmesi

Sürdürülebilir tedarikçi seçiminde kullanılmak üzere önerilen model, Hatice Modeli olarak adlandırılmıştır. Global Tekstil Standartları baz alınarak hazırlanan ve tekstil endüstrisindeki bir ana fabrika için alternatif tedarikçileri sürdürülebilirlik açısından değerlendirmekte kullanılan kriter listesi Tablo 3.1.'de gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Sürdürülebilir Üretim Değerlendirme Hatice Modeli.

Kriter kapsamı	Kriter	No	Alt kriterler	Ref.
Sosyal	Sosyal Yönetim	S ₁	İstihdam özgürce seçilir. Kölelik, borç karşılığı işçilik ve kaçak işçilik yoktur.	[14]
		S ₂	Çocuk işçi çalıştırılmaz.	[14]
		S ₃	Ayrımcılık, taciz ve şiddet yoktur; tüm çalışanlara saygıyla yaklaşmaktadır.	[37]
		S ₄	Cinsiyet eşitliği sağlanır.	[15]
		S ₅	Örgütlenme özgürlüğü ve toplu sözleşme hakkı vardır.	[14]
		S ₆	Çalışma süresi; yasal kanunlar, sözleşmeler, endüstrideki diğer kıyaslardan hangisi daha üstün bir koruma sağlıyorsa ona uygundur.	[14]
		S ₇	Sosyal Uygunluk Yönetimi mevcuttur.	[14]
		S ₈	Kanuni gerekliliklere ve regülasyonlara uyum sağlanmaktadır.	Bu çalışma
		S ₉	Ücretler, sosyal haklar ve çalışma koşulları yasal standartlar ve uluslararası standartlardan hangisi daha üstün bir koruma sağlıyorsa bu gereklilikleri karşılamaktadır.	[37]
		S ₁₀	Göçmen işçilere eşit haklar sağlanır.	[15]
		S ₁₁	Firmanın etik davranışları, dürüstlüğü, adil iş yapmayı ve yolsuzluğun önlenmesini tanımlayan uygun Davranış Kuralları vardır.	[14]
		S ₁₂	Sosyal Yönetim ile ilgili doküman ve kayıtlar bulunmakta ve arşivlenmektedir.	Bu çalışma
Çalışan Sağlığı ve Güvenliği	Sosyal Taahhüt	S ₁₃	Sürdürülebilirlik kriterlerinin gerekliliklerine uygunluğu gösteren net politikalar vardır.	[37]
		S ₁₄	Çalışan haklarını ve güvenliğini koruyan sosyal uygunluk prosedürleri ve eğitim kayıtları mevcuttur.	[37]
		S ₁₅	Çalışanlara tüm yönetmelikler üzerine eğitim verilir.	[14]
	Çalışan Sağlığı ve Güvenliği	S ₁₆	Gerekli Kişisel Koruyucu Donanımlar çalışanlara ücretsiz sağlanmıştır.	[14]
		S ₁₇	Risk Analiz Raporları, Acil Durum Planları hazırlanmıştır.	Bu çalışma
		S ₁₈	Çalışanlara gerekli periyodik İş Sağlığı ve Güvenliği eğitimleri verilmektedir.	[14]
Çevresel	Atık Yönetim Sistemi	S ₁₉	Atık Yönetim Sistemi mevcuttur, ölçülebilir anlamlı atık azaltımı ve yönetimde geliştirmeler hedeflenmiştir, senelik olarak gözden geçirilmektedir.	[37]
	Çevre Yönetim Sistemleri	S ₂₀	Kimyasal Yönetim Sistemi mevcuttur.	[37]
		S ₂₁	Enerji kullanımıyla ilgili yasal mevzuatlara uyulmakta ve tüketim değerleri izlenmektedir; ölçülebilir anlamlı enerji azaltımı hedeflenmiştir, senelik olarak gözden geçirilmektedir.	[37]
		S ₂₂	Su kullanımıyla ilgili yasal mevzuatlara uyulmakta ve tüketim değerleri izlenmektedir; ölçülebilir anlamlı enerji azaltımı hedeflenmiştir, senelik olarak gözden geçirilmektedir.	[37]
		S ₂₃	Organizasyon kendi operasyonları dahilinde sera gazı emisyonu kaynakları üzerine bilgi toplamaları ve her bir kaynak için emisyon düşürme yollarını tanımlamıştır.	[14]
		S ₂₄	Kısıtlanmış Kimyasal Maddeler belirlenmiştir, tüm kimyasalların kullanımı izlenmektedir ve kontaminasyon önlenmiştir.	[14]
		S ₂₅	Üretimde kullanılan tüm kimyasallar için Güvenlik Bilgi Formu sağlanmıştır.	[37]
		S ₂₆	Üretim kapasitesi yeterlidir.	[30]
Ekonomik	Üretim kapasitesi Maliyet stabilitesi	S ₂₇	Maliyet stabilitesi (tutarlılığı) sağlanmıştır.	[6]
		S ₂₈	Tedarik zincirinin esnekliğini artırmak için akıllı teknolojilerden faydalanmak; işlevsel esnekliğin (kapasite ve teslim süresi esnekliği, karar verebilme yeteneği) ve yapısal esnekliğin (tedarikçi ve lojistik esnekliği gibi) iyileştirilmesi sağlanmaktadır.	[4]

Tablo 3.1. (Devamı) Sürdürülebilir Üretim Değerlendirme Hatice Modeli.

Kriter kapsamı	Kriter	No	Alt kriterler	Ref.
İzlenebilirlik	Şeffaflık	S ₂₉	Tedarik zinciri, sürdürülebilirlik kriterlerine göre kontrol edilmekte ve uygun hammadde ve kimyasal satınalımı yapılmaktadır.	Bu çalışma
	Doğrulanabilirlik	S ₃₀	Sürdürülebilirliğe uygunluk; prosedürler, dokümanlar, kayıt arşivi ve çalışan görüşmeleri ile doğrulanabilir.	Bu çalışma

Referansında “Bu Çalışma” olarak belirtilen maddeler; tekstil sektöründe deneyimi olan yazar tarafından, birçok markanın denetim mekanizmasında kullandığı bilinen uygulamalar olarak eklenmiştir.

Sürdürülebilir tedarikçi seçiminde önerilen model öncelikle alternatif tedarikçileri sürdürülebilirlik açısından değerlendirmekte ve puanlandırmaktadır. Puanlandırma yapılabilmesi, her bir madde için tedarikçide doküman, uygulama ve kayıt kontrolü yapılması ile sağlanır. Puanlandırma mantığı; her bir kriter kapsamı için 12 puan alınmasına dayanır. 12 sayısı, tüm kapsam madde sayılarına tam bölünebildiği için seçilmiştir. Kapsam içerisinde yer alan maddelerin birim puanı 12’nin madde sayısına bölünmesi ile belirlenmiştir. 2, 3 ve 24. maddeler ise sektördeki uygulamalar bilinerek kritik madde olarak belirlenmiştir ve bu maddelerden 0 alınması halinde kapsam puanı da otomatik sıfırlanır.

Sosyal yönetim kapsamında işe alımlarda ayrımcılık yapılmaması, çocuk işçi çalıştırılmaması, çalışanlar arasında ayrımcılık yapılmaması, taciz ve şiddetin önlenmesi, cinsiyet eşitliği, örgütlenme özgürlüğü, çalışma süresinin uygunluğu, kanunlara ve yasal gerekliliklere uygunluk, adil ücretlendirme, çalışan haklarının korunması, yolsuzluğun ve rüşvetin önlenmesi gibi maddeler mevcuttur. Sosyal taahhüt ise sosyal yönetimin varlığının somut şekilde anlatılmasına ve kanıtlanabilirliği üzerinedir. Sosyal taahhüt, sosyal yönetimdeki kavramlara ait politika ve prosedürleri içerir. Bu prosedürler net, güncel, yazılı ve tüm çalışanların görebileceği şekilde yayınlanmış ve ulaşılabilir olmalıdır. Çalışan sağlığı ve güvenliği, gerekli KKD’lerin çalışanlara ücretsiz temini ve kullanımlarının kontrolünü, risk ve acil durum planlarını içerir. Çalışanlara işe girişte ve çalıştığı süre boyunca periyodik eğitimler verilmeli ve eğitim kayıtları tutulmalıdır. Atık Yönetim Sistemi, Çevre Yönetim Sistemi ve Kimyasal Yönetim Sistemi temelde kullanılan enerjinin ölçülmesi, tasarruf için gerçekçi hedeflerin belirlenmesi ve takibini, zararlı kimyasal listesinde yer almayan kimyasalların kullanımını, kullanım takibini ve kimyasal ile çalışacak çalışanların bilinçlendirilmesini, kimyasal ve atık depolama

alanının mevzuatlara uygun olmasını, tüm çevresel aktivite ve varlıkların yasal gerekliliklere ve izinlere uyumluluğunu kapsar. Ekonomik faktörler tedarikçinin maliyet stabilitesini ve tedarik esnekliğini sağlayabilmesi ile ilgilidir. İzlenebilirlik ise sektörde uygulamasına en çok önem verilen kriterlerdendir. Tüm bu gerekliliklerin sağlandığına dair prosedürleri, kayıtları, irsaliye ve faturaları, üretimde kullanılan formları, ERP verilerini, ihtiyaç duyulursa kamera kayıtlarını, çalışanlarla yapılan görüşmeleri içerir.

3.3. Alternatiflerin Sürdürülebilirlik Kriterlerine Göre Değerlendirilmesi

Alternatif A, B, C, D ve E tedarikçileri sürdürülebilirlik kriterlerine göre Tablo 3.2.'de görülebileceği üzere puanlandırılmıştır.

Tablo 3.2. Tedarikçilerin sürdürülebilirlik kriterlerine göre değerlendirilmesi.

No	Kriterler	Alt k6	Alternatif Tedarikçiler									
			A	A	B	B	C	C	D	D	E	E
1	Sosyal yönetim	S ₁	1	10	1	12	1	0	1	10	1	12
		S ₂	1		1		1		1		1	
		S ₃	1		1		0		1		1	
		S ₄	1		1		0		1		1	
		S ₅	1		1		1		1		1	
		S ₆	0		1		1		0		1	
		S ₇	1		1		1		1		1	
		S ₈	1		1		1		1		1	
		S ₉	1		1		1		1		1	
		S ₁₀	1		1		1		0		1	
		S ₁₁	0		1		0		1		1	
		S ₁₂	1		1		1		1		1	
2	Sosyal taahhüt	S ₁₃	4	12	4	12	0	8	4	12	4	12
		S ₁₄	4		4		4		4		4	
		S ₁₅	4		4		4		4		4	
3	Çalışan sağlığı ve güvenliği	S ₁₆	4	12	0	4	4	12	0	4	4	12
		S ₁₇	4		0		4		4		4	
		S ₁₈	4		4		4		0		4	
4	Atık yönetim sistemi	S ₁₉	0	0	12	12	0	0	12	12	12	12
5	Çevre yönetim sistemleri	S ₂₀	2	12	2	10	2	6	2	12	2	12
		S ₂₁	2		2		0		2		2	
		S ₂₂	2		2		0		2		2	
		S ₂₃	2		2		0		2		2	
		S ₂₄	2		2		2		2		2	
		S ₂₅	2		0		2		2		2	
6	Üretim kapasitesi	S ₂₆	12	12	12	12	12	12	12	12	0	0
7	Maliyet stabilitesi	S ₂₇	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Tablo 3.2. (Devamı) Tedarikçilerin sürdürülebilirlik kriterlerine göre değerlendirilmesi.

Alternatif Tedarikçiler												
No	Kriterler	Alt kr. no	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E
8	Tedarikte esnekliğin artırılması	S ₂₈	0	0	12	12	12	12	12	12	0	0
9	Şeffaflık	S ₂₉	12	12	12	12	0	0	12	12	12	12
10	Doğrulanabilirlik	S ₃₀	12	12	12	12	0	0	12	12	12	12
Top.			94		110		62		110		96	

2, 3 ve 24. maddeler kritik madde olarak belirlendiğinden dolayı bu maddelerden 0 alınması halinde kapsam puanı da otomatik sıfırlanmıştır. Alternatif tedarikçi bölümünde ilk sütun alınan puanı, ikinci sütun kapsam toplam puanını temsil etmektedir.

3.4. Tedarikçi Seçim Kriterlerinin Belirlenmesi

Sürdürülebilirlik puanlandırması sonrasında tedarikçi seçimine etki eden kalite, teknik yeterlilik, referans müşteri portföyü, fiyat, zamanında teslimat faktörleriyle sürdürülebilirliği entegre ederek çok boyutlu olarak değerlendirmektedir. Bu kriterler Tablo 3.3.'te gösterilmiştir.

Tablo 3.3. Tedarikçi seçim kriterlerinin tanımı.

Kr. no	Kriter	Kriter Tanımı
C ₁	Ürün kalitesi (AQL sonuçlarına göre ürünün finalden geçme %'si)	AQL istatistiği kullanılmıştır.
C ₂	Sürdürülebilirlik (puan)	Önerilen sürdürülebilirlik değerlendirme model sonuçları kullanılmıştır.
C ₃	Teknik yeterlilik	Tedarikçilerin sahip olduğu makine yeterlilik sayısı kullanılmıştır.
C ₄	Referans müşteri portföyü	Tedarikçilerin aktif çalıştığı müşterilerden referans olabilecek marka sayısı istatistiği kullanılmıştır.
C ₅	Fiyat	En düşük fiyat teklifi veren tedarikçinin fiyatı 100 barem kabul edilerek diğer tedarikçilerin sunduğu fiyatlar 100 üzerinden oranlanmıştır.
C ₆	Zamanında teslimat (%)	Tedarikçilerin termine uygun sipariş teslimat istatistikleri kullanılmıştır.

Kalite kriterinin değeri; tedarikçinin ürününe AQL (Acceptable Quality Limit) standartlarına göre inspection (ürün kalite finali) yapılması sonucu geçme kalma oranına göre belirlenmiştir. Örneğin A tedarikçisinin ürününün inspection'dan geçme yüzdesi %92'dir. Teknik yeterlilik, tedarikçinin sahip olduğu aktif makine listesine göre belirlenmiştir. Örneğin A tedarikçisi gerekli 10 çeşit makineden 7'sine sahiptir, buna göre teknik yeterlilik puanı 7'dir. Referans müşteri portföyü kriteri tedarikçinin çalıştığı markalardan referans gösterilebilecek marka sayısını göstermektedir. Fiyat kriteri ise tedarikçiler arasından en düşük fiyat 100 para birimi baz alınarak diğer tedarikçilerin fiyatlarının buna oranlaması ile elde edilir. Bu çalışmada en düşük fiyatı E tedarikçisi vermiştir ve örneğin A tedarikçisinin fiyatı E'ye göre %20 daha pahalıdır. Zamanında teslimat kriteri tedarikçilerin mevcutta aldığı siparişleri müşteri termininde sevk etme yüzdesine göre belirlenmiştir. Kriterlerin önem derecelerine ilgili departmanlardan alanında uzman kişiler karar verir; tedarik zinciri yöneticisi, sürdürülebilirlik uzmanı, müşteri ilişkileri yöneticisi, kalite müdürü. Kriterler önem derecesine sıralandıktan sonra dört ayrı çok kriterli karar verme yöntemi kullanılarak üç farklı şekilde tedarikçi seçimi ve sıralaması yapılmıştır.

3.5. Sezgisel Bulanık TOPSIS ile Tedarikçi Değerlendirmesi

Adım 1: İlk olarak belirlenen kriterlere göre, her bir alternatif tedarikçiye ait istatistikler ve veriler elde edilip başlangıç karar matrisi oluşturulmuştur. Oluşturulan karar matrisi, kriter yönleri ile birlikte Tablo 3.4.'te gösterilmiştir. Kalite, teknik yeterlilik, referans müşteri portföyü ve zamanında teslimatta maksimizasyon amaçlanırken fiyatta minimizasyon amaçlanmaktadır.

Tablo 3.4. Karar matrisi.

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆
	max	max	max	max	min	max
A	92	94	7	8	120	92
B	95	110	10	9	125	88
C	84	62	8	5	110	85
D	88	110	9	8	120	95
E	93	96	6	10	100	80

Adım 2: Başlangıç karar matrisi oluşturulduktan sonra, karar matrisinde yer alan değerler için normalize değerler bulunmuş ve normalleştirilmiş karar matrisi oluşturulmuştur. Oluşturulan normalize karar matrisi Tablo 3.5.'te gösterilmiştir. Karar matrisindeki değerlerin normalleştirme işlemleri aşağıdaki gibidir.

$$n_{11} = \frac{92}{\sqrt{92^2 + 95^2 + 84^2 + 88^2 + 93^2}} = 0,455$$

$$n_{12} = \frac{94}{\sqrt{94^2 + 110^2 + 62^2 + 110^2 + 96^2}} = 0,438$$

$$n_{13} = \frac{7}{\sqrt{7^2 + 10^2 + 8^2 + 9^2 + 6^2}} = 0,385$$

⋮ ⋮ ⋮

$$n_{54} = \frac{10}{\sqrt{8^2 + 9^2 + 5^2 + 8^2 + 10^2}} = 0,547$$

$$n_{55} = \frac{100}{\sqrt{120^2 + 125^2 + 110^2 + 120^2 + 100^2}} = 0,388$$

$$n_{56} = \frac{80}{\sqrt{92^2 + 88^2 + 85^2 + 95^2 + 80^2}} = 0,406$$

Tablo 3.5. Normalleştirilmiş karar matrisi.

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆
	max	max	max	max	min	max
A	0,455	0,438	0,385	0,438	0,465	0,467
B	0,470	0,512	0,550	0,492	0,485	0,446
C	0,415	0,289	0,440	0,274	0,426	0,431
D	0,435	0,512	0,495	0,438	0,465	0,482
E	0,460	0,447	0,330	0,547	0,388	0,406

Adım 3: Her bir değerin normalleştirme işlemi tamamlandıktan ve normalleştirilmiş karar matrisi oluşturulduktan sonra, ilk olarak her alternatifin her bir kritere ait değeri bulanık sayılara, daha sonra da sezgisel bulanık sayılara dönüştürülmüştür. Bir bulanık sayı üyelik (μ) ve non-üyelik (ϑ) derecelerinden oluşur. Normalleştirilmiş karar matrisindeki her bir değer, alternatiflere ait bulanık sayıların üyelik (μ) derecelerini oluşturmaktadır. Bir bulanık sayıda üyelik ve non-üyelik derecelerinin toplamı 1'e eşit olacağından, herhangi bir bulanık sayının non-üyelik derecesi o

bulanık sayının üyelik derecesinin 1'den çıkarılması ile bulunur. Alternatiflerin her bir kritere göre üyelik ve non-üyelik dereceleri hesaplanmıştır. Alternatiflere ait üyelik ve non-üyelik derecelerinin hesaplama işlemleri aşağıda açıklanmış ve oluşturulan bulanık karar matrisi Tablo 3.6'da gösterilmiştir [42].

$$\mu_{11} = 0,455; \vartheta_{11} = 1 - 0,455 = 0,545$$

$$\mu_{11}; \vartheta_{11} = 0,455; 0,545$$

$$\mu_{12} = 0,438; \vartheta_{12} = 1 - 0,438 = 0,562$$

$$\mu_{12}; \vartheta_{12} = 0,438; 0,562$$

$$\mu_{13} = 0,385; \vartheta_{13} = 1 - 0,385 = 0,615$$

$$\mu_{13}; \vartheta_{13} = 0,385; 0,615$$

⋮

$$\mu_{54} = 0,547; \vartheta_{54} = 1 - 0,547 = 0,453$$

$$\mu_{54}; \vartheta_{54} = 0,547; 0,453$$

$$\mu_{55} = 0,388; \vartheta_{55} = 1 - 0,388 = 0,612$$

$$\mu_{55}; \vartheta_{55} = 0,388; 0,612$$

$$\mu_{56} = 0,406; \vartheta_{56} = 1 - 0,406 = 0,594$$

$$\mu_{56}; \vartheta_{56} = 0,406; 0,594$$

Tablo 3.6. Bulanık karar matrisi.

Alternatifler	C ₁		C ₂		C ₃		C ₄		C ₅		C ₆	
	μ	⊗	μ	⊗	μ	⊗	μ	⊗	μ	⊗	μ	⊗
A	0,455	0,545	0,438	0,562	0,385	0,615	0,438	0,562	0,465	0,535	0,467	0,533
B	0,470	0,530	0,512	0,488	0,550	0,450	0,492	0,508	0,485	0,515	0,446	0,554
C	0,415	0,585	0,289	0,711	0,440	0,560	0,274	0,726	0,426	0,574	0,431	0,569
D	0,435	0,565	0,512	0,488	0,495	0,505	0,438	0,562	0,465	0,535	0,482	0,518
E	0,460	0,540	0,447	0,553	0,330	0,670	0,547	0,453	0,388	0,612	0,406	0,594

Bulanık karar matrisi oluşturulduktan sonra bulanık sayılar sezgisel bulanık sayılara dönüştürülmüştür. Bulanık sayıların sezgisel bulanık sayılara dönüştürme işlem adımları aşağıda açıklandığı gibidir. Oluşturulan sezgisel bulanık karar matrisi Tablo 3.7.'de gösterilmiştir.

$$\vartheta_{11} = \frac{0,545}{0,545 + 0,530 + 0,585 + 0,565 + 0,540} = 0,197$$

$$\vartheta_{12} = \frac{0,562}{0,562 + 0,488 + 0,711 + 0,488 + 0,553} = 0,201$$

$$\vartheta_{13} = \frac{0,615}{0,615 + 0,450 + 0,560 + 0,505 + 0,670} = 0,220$$

⋮

$$\vartheta_{54} = \frac{0,453}{0,562 + 0,508 + 0,726 + 0,562 + 0,453} = 0,161$$

$$\vartheta_{55} = \frac{0,612}{0,535 + 0,515 + 0,574 + 0,535 + 0,612} = 0,221$$

$$\vartheta_{56} = \frac{0,594}{0,533 + 0,554 + 0,569 + 0,518 + 0,594} = 0,215$$

Tablo 3.7. Sezgisel bulanık karar matrisi.

	C ₁		C ₂		C ₃		C ₄		C ₅		C ₆	
	μ	⓪	μ	⓪	μ	⓪	μ	⓪	μ	⓪	μ	⓪
A	0,455	0,197	0,438	0,201	0,385	0,220	0,438	0,200	0,465	0,193	0,467	0,193
B	0,470	0,192	0,512	0,174	0,550	0,161	0,492	0,181	0,485	0,186	0,446	0,200
C	0,415	0,211	0,289	0,254	0,440	0,200	0,274	0,258	0,426	0,207	0,431	0,205
D	0,435	0,204	0,512	0,174	0,495	0,180	0,438	0,200	0,465	0,193	0,482	0,187
E	0,460	0,195	0,447	0,197	0,330	0,239	0,547	0,161	0,388	0,221	0,406	0,215

Adım 4: Sezgisel bulanık karar matrisi oluşturulması sonrasında tedarikçileri değerlendirebilmek için belirlenen kriterler ağırlıklandırılmıştır. Bu uygulamada kriter ağırlıklarını belirlemek için Tedarik Zinciri Yöneticisi, Sürdürülebilirlik Uzmanı, Müşteri İlişkileri Yöneticisi ve Kalite Müdürü olmak üzere dört ayrı karar verici uzman değerlendirmede kullanılacak kriterleri 1 ile 10 arasında puanlamıştır. 1 en düşük önem düzeyini, 10 en yüksek önem düzeyini temsil etmektedir. Elde edilen puan tablosu Tablo 3.8.’deki gibidir.

Tablo 3.8. Kriter puanlama tablosu.

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	Toplam
Tedarik Zinciri Yöneticisi	9	10	6	10	7	8	50
Sürdürülebilirlik Uzmanı	8	10	6	9	5	6	44
Müşteri İlişkileri Yöneticisi	9	9	7	10	6	10	51
Kalite Müdürü	10	7	9	8	6	8	48
Toplam	36	36	28	37	24	32	193

Karar vericilerin kriterleri puanlaması sonrasında her bir kriter için verilen puanlar toplanmış ve o kritere ait toplam puan elde edilmiştir. Daha sonra kriterlere ait ağırlıkların bulanabilmesi için her bir kritere ait toplam puan, bütün kriterlerin toplam puanına bölünmüştür. Hesaplanmış kriter ağırlıkları Tablo 3.9.'da gösterilmiştir. Kriterlerin ağırlıklarının hesaplama işlemleri aşağıdaki gibidir.

$$W_1 = \frac{36}{193} = 0,187$$

$$W_2 = \frac{36}{193} = 0,187$$

⋮

$$W_5 = \frac{24}{193} = 0,124$$

$$W_6 = \frac{32}{193} = 0,166$$

Tablo 3.9. Kriter ağırlıkları tablosu.

W_1	W_2	W_3	W_4	W_5	W_6
0,187	0,187	0,145	0,192	0,124	0,166

Adım 5: Kriter ağırlıkları bulunduktan sonra sezgisel bulanık karar matrisi, ağırlıklandırılmış sezgisel bulanık karar matrisine aşağıda açıklanan işlemler aracılığıyla dönüştürülmüştür. Elde edilen ağırlıklandırılmış sezgisel bulanık karar matrisi Tablo 3.10.'da gösterilmiştir.

$$\mu_{w11} = 1 - (1 - 0,455)^{0,187} = 0,107$$

$$\vartheta_{w11} = 0,197^{0,187} = 0,739$$

$$\mu_{w12} = 1 - (1 - 0,438)^{0,187} = 0,102$$

$$\vartheta_{w12} = 0,201^{0,187} = 0,741$$

$$\mu_{w13} = 1 - (1 - 0,385)^{0,145} = 0,068$$

$$\vartheta_{w13} = 0,220^{0,145} = 0,803$$

⋮

$$\mu_{w54} = 1 - (1 - 0,547)^{0,192} = 0,141$$

$$\vartheta_{w54} = 0,161^{0,192} = 0,705$$

$$\mu_{w55} = 1 - (1 - 0,388)^{0,124} = 0,059$$

$$\vartheta_{w55} = 0,221^{0,124} = 0,829$$

$$\mu_{w56} = 1 - (1 - 0,406)^{0,166} = 0,083$$

$$\vartheta_{w56} = 0,215^{0,166} = 0,775$$

Tablo 3.10. Ağırlıklandırılmış sezgisel bulanık karar matrisi.

	max		max		Max		max		min		max	
	C ₁		C ₂			C ₃	C ₄		C ₅		C ₆	
	μ	⊗	μ	⊗	M	⊗	μ	⊗	μ	⊗	μ	⊗
A	0,107	0,739	0,102	0,741	0,068	0,803	0,105	0,735	0,075	0,815	0,099	0,761
B	0,112	0,735	0,125	0,722	0,110	0,767	0,122	0,720	0,079	0,811	0,093	0,766
C	0,095	0,748	0,062	0,774	0,081	0,792	0,059	0,771	0,067	0,822	0,089	0,769
D	0,101	0,744	0,125	0,722	0,094	0,780	0,105	0,735	0,075	0,815	0,103	0,757
E	0,108	0,737	0,105	0,739	0,057	0,813	0,141	0,705	0,059	0,829	0,083	0,775

Adım 6: Ağırlıklandırılmış sezgisel bulanık karar matrisi oluşturulduktan sonra pozitif sezgisel bulanık ideal çözüm kümesi ve negatif sezgisel bulanık ideal çözüm kümesi belirlenmiştir. Bu adımda kriter yönleri önem arz etmektedir. Kalite, teknik yeterlilik, referans müşteri portföyü ve zamanında teslimatta maksimizasyon amaçlanırken fiyatta minimizasyon amaçlanmaktadır. Pozitif ve negatif sezgisel bulanık ideal çözüm kümeleri aşağıda gösterilmiştir.

$$A^+ = \left\{ (0,1115; 0,7349), (0,1254; 0,7217), (0,1095; 0,7670), (0,1409; 0,7047), \right. \\ \left. (0,0592; 0,8288), (0,1033; 0,7574) \right\}$$

$$A^- = \left\{ (0,0952; 0,7484), (0,0616; 0,7744), (0,0565; 0,8127), (0,0594; 0,7715), \right. \\ \left. (0,0791; 0,8113), (0,0827; 0,7748) \right\}$$

Adım 7: Pozitif ve negatif sezgisel bulanık ideal çözüm kümeleri belirlendikten sonra pozitif sezgisel bulanık ideal (S_i^+) ve negatif sezgisel bulanık ideal (S_i^-) ayrım ölçümleri hesaplanmıştır. İlgili hesaplama işlemleri aşağıda açıklanmıştır. Elde edilen ayrım ölçümleri Tablo 3.11.'deki gibidir.

Pozitif Sezgisel Bulanık İdeal Ayrım Ölçümlerinin Hesaplanması

$$S_1^+ = \sqrt{\frac{1}{12} \times ((0,107 - 0,1115)^2 + (0,739 - 0,7349)^2 + \dots + (0,761 - 0,7574)^2)}$$

$$S_1^+ = 0,0235$$

$$S_2^+ = \sqrt{\frac{1}{12} \times ((0,112 - 0,1115)^2 + (0,735 - 0,7349)^2 + \dots + (0,766 - 0,7574)^2)}$$

$$S_2^+ = 0,0111$$

$$S_3^+ = \sqrt{\frac{1}{12} \times ((0,095 - 0,1115)^2 + (0,748 - 0,7349)^2 + \dots + (0,769 - 0,7574)^2)}$$

$$S_3^+ = 0,0411$$

$$S_4^+ = \sqrt{\frac{1}{12} \times ((0,101 - 0,1115)^2 + (0,744 - 0,7349)^2 + \dots + (0,757 - 0,7574)^2)}$$

$$S_4^+ = 0,0164$$

$$S_5^+ = \sqrt{\frac{1}{12} \times ((0,108 - 0,1115)^2 + (0,737 - 0,7349)^2 + \dots + (0,775 - 0,7574)^2)}$$

$$S_5^+ = 0,023$$

Pozitif Sezgisel Bulanık İdeal Ayrım Ölçümlerinin Hesaplanması

$$S_1^- = \sqrt{\frac{1}{12} \times ((0,107 - 0,0952)^2 + (0,739 - 0,7484)^2 + \dots + (0,761 - 0,7748)^2)}$$

$$S_1^- = 0,0243$$

$$S_2^- = \sqrt{\frac{1}{12} \times ((0,112 - 0,0952)^2 + (0,735 - 0,7484)^2 + \dots + (0,766 - 0,7748)^2)}$$

$$S_2^- = 0,0397$$

$$S_3^- = \sqrt{\frac{1}{12} \times ((0,095 - 0,0952)^2 + (0,748 - 0,7484)^2 + \dots + (0,769 - 0,7748)^2)}$$

$$S_3^- = 0,0107$$

$$S_4^- = \sqrt{\frac{1}{12} \times ((0,101 - 0,0952)^2 + (0,744 - 0,7484)^2 + \dots + (0,757 - 0,7748)^2)}$$

$$S_4^- = 0,0336$$

$$S_5^- = \sqrt{\frac{1}{12} \times ((0,108 - 0,0952)^2 + (0,737 - 0,7484)^2 + \dots + (0,775 - 0,7748)^2)}$$

$$S_5^- = 0,0356$$

Tablo 3.11. Pozitif ve negatif sezgisel bulanık ideal ayırım ölçümleri.

Alternatifler	S ⁺	S ⁻
A	0,0235	0,0243
B	0,0111	0,0397
C	0,0411	0,0107
D	0,0164	0,0336
E	0,0230	0,0356

Adım 8: Pozitif ve negatif sezgisel bulanık ideal ayırım ölçümleri hesaplandıktan sonra her bir alternatifin yakınlık katsayıları (C_i^*) hesaplanmıştır. Yakınlık katsayılarının hesaplama işlemleri aşağıdaki gibidir. Elde edilen yakınlık katsayıları Tablo 3.12.'de gösterilmiştir.

$$C_1^* = \frac{0,0243}{0,0243 + 0,0235} = 0,5082$$

$$C_2^* = \frac{0,0397}{0,0397 + 0,0111} = 0,7815$$

$$C_3^* = \frac{0,0107}{0,0107 + 0,0411} = 0,2064$$

$$C_4^* = \frac{0,0336}{0,0336 + 0,0164} = 0,6718$$

$$C_5^* = \frac{0,0356}{0,0356 + 0,0230} = 0,6074$$

Tablo 3.12. Alternatiflerin yakınlık katsayıları.

Alternatifler	C*
A	0,5082
B	0,7815
C	0,2064
D	0,6718
E	0,6074

Adım 9: En yüksek yakınlık katsayısına sahip alternatif en iyi alternatif anlamına gelmektedir. B tedarikçisi en iyi alternatif seçilmiştir. Alternatif sıralaması Tablo 3.13'teki gibidir.

Tablo 3.13. Alternatiflerin sıralaması.

Alternatifler	Sıralama
A	4
B	1
C	5
D	2
E	3

3.6.SWARA Yöntemi ile Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi

Adım 1: Karar verici uzmanlardan belirlenen kriterleri en önemliden önemsiz doğru sıraya koymaları istenmiştir. Karar verici uzmanlar; Tedarik Zinciri Yöneticisi, Sürdürülebilirlik Uzmanı, Müşteri İlişkileri Yöneticisi ve Kalite Müdürüdür. Karar vericilerin belirlediği önem sırası Tablo 3.14.'te gösterilmiştir.

Tablo 3.14. Uzmanların belirlediği önem dereceleri.

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	Toplam
Uzman 1 (Tedarik Zinciri Yöneticisi)	9	10	6	10	7	8	50
Uzman 2 (Sürdürülebilirlik Uzmanı)	8	10	6	9	5	6	44
Uzman 3 (Müşteri İlişkileri Yöneticisi)	9	9	7	10	6	10	51
Uzman 4 (Kalite Müdürü)	10	7	9	8	6	8	48
Toplam	36	36	28	37	24	32	193

Adım 2: Karar verici olarak belirlenen Tedarik Zinciri Yöneticisi, Sürdürülebilirlik Uzmanı, Müşteri İlişkileri Yöneticisi ve Kalite Müdürünün belirlediği kriter önem derecelerine göre elde edilen matris sonrası her karar verici için belirlenen önem

derecelerine göre kriter ağırlıkları hesaplanır. SWARA yöntemi işlem adımlarına uyularak yapılan hesaplama işlemleri aşağıdaki gibidir. Bulunan değerler matriste gösterilmiştir. Diğer karar vericiler için de aynı işlemler tekrarlanır. Tedarik Zinciri Yöneticisi için kriter ağırlığı tablosu Tablo 3.15.'te, Sürdürülebilirlik Uzmanı için kriter ağırlığı tablosu Tablo 3.16.'da, Müşteri İlişkileri Yöneticisi için kriter ağırlığı tablosu Tablo 3.17.'de, Kalite Müdürü için kriter ağırlığı tablosu Tablo 3.18.'de gösterilmiştir.

$$J_{c1} = 0 + 1 = 1,000$$

$$J_{c2} = 0,000 + 1 = 1,000$$

$$J_{c3} = 0,111 + 1 = 1,111$$

$$J_{c4} = 0,125 + 1 = 1,125$$

$$J_{c5} = 0,143 + 1 = 1,143$$

$$J_{c6} = 0,167 + 1 = 1,167$$

$$S'_{c1} = 1,000$$

$$S'_{c2} = \frac{1,000}{1,000} = 1,000$$

$$S'_{c3} = \frac{1,000}{1,111} = 0,900$$

$$S'_{c4} = \frac{0,900}{1,125} = 0,800$$

$$S'_{c5} = \frac{0,800}{1,143} = 0,700$$

$$S'_{c6} = \frac{0,700}{1,167} = 0,600$$

$$W'_{c1} = \frac{1,000}{1,000 + 1,000 + 0,900 + 0,800 + 0,700 + 0,600} = 0,200$$

$$W'_{c2} = \frac{1,000}{1,000 + 1,000 + 0,900 + 0,800 + 0,700 + 0,600} = 0,200$$

$$W'_{c3} = \frac{0,900}{1,000 + 1,000 + 0,900 + 0,800 + 0,700 + 0,600} = 0,180$$

$$W'_{c4} = \frac{0,800}{1,000 + 1,000 + 0,900 + 0,800 + 0,700 + 0,600} = 0,160$$

$$W'_{c5} = \frac{0,700}{1,000 + 1,000 + 0,900 + 0,800 + 0,700 + 0,600} = 0,140$$

$$W'_{c6} = \frac{0,600}{1,000 + 1,000 + 0,900 + 0,800 + 0,700 + 0,600} = 0,120$$

Tablo 3.15. Tedarik Zinciri Yöneticisi kriter ağırlığı tablosu.

Kriter	Önem sırası	S _C	J _C	S' _C	W _C
C ₄	1		1,000	1,000	0,200
C ₂	2	0,000	1,000	1,000	0,200
C ₁	3	0,111	1,111	0,900	0,180
C ₆	4	0,125	1,125	0,800	0,160
C ₅	5	0,143	1,143	0,700	0,140
C ₃	6	0,167	1,167	0,600	0,120

Tablo 3.16. Sürdürülebilirlik Uzmanı kriter ağırlığı tablosu.

Kriter	Önem sırası	S _C	J _C	S' _C	W _C
C2	1		1,000	1,000	0,195
C4	2	0,111	1,111	0,900	0,175
C1	3	0,125	1,125	0,800	0,156
C3	4	0,333	1,333	0,600	0,117
C6	5	0,000	1,000	1,000	0,195
C5	6	0,200	1,200	0,833	0,162

Tablo 3.17. Müşteri İlişkileri Yöneticisi kriter ağırlığı tablosu.

Kriter	Önem sırası	S _C	J _C	S' _C	W _C
C4	1		1,000	1,000	0,187
C6	2	0,000	1,000	1,000	0,187
C1	3	0,111	1,111	0,900	0,168
C2	4	0,000	1,000	1,000	0,187
C3	5	0,286	1,286	0,778	0,146
C5	6	0,167	1,167	0,667	0,125

Tablo 3.18. Kalite Müdürü kriter ağırlığı tablosu.

Kriter	Önem sırası	S _C	J _C	S' _C	W _C
C1	1		1,000	1,000	0,188
C3	2	0,111	1,111	0,900	0,169
C6	3	0,125	1,125	0,800	0,150
C4	4	0,000	1,000	1,000	0,188
C2	5	0,143	1,143	0,875	0,164
C5	6	0,167	1,167	0,750	0,141

Adım 3: Son kriter ağırlığı, karar vericilerin ayrı ayrı ağırlıklandığı verilerin geometrik ortalaması ile hesaplanır. Son kriter ağırlığı tablosu Tablo 3.19.'da gösterilmiştir.

$$\bar{X}_{GEO\ C1} = W_1 = \sqrt[4]{(0,180 \times 0,156 \times 0,168 \times 0,188)} = 0,173$$

$$\bar{X}_{GEO\ C2} = W_2 = \sqrt[4]{(0,200 \times 0,195 \times 0,187 \times 0,164)} = 0,186$$

$$\bar{X}_{GEO\ C3} = W_3 = \sqrt[4]{(0,120 \times 0,117 \times 0,146 \times 0,169)} = 0,136$$

$$\bar{X}_{GEO\ C4} = W_4 = \sqrt[4]{(0,200 \times 0,175 \times 0,187 \times 0,188)} = 0,187$$

$$\bar{X}_{GEO\ C5} = W_5 = \sqrt[4]{(0,140 \times 0,162 \times 0,125 \times 0,141)} = 0,141$$

$$\bar{X}_{GEO\ C6} = W_6 = \sqrt[4]{(0,160 \times 0,195 \times 0,187 \times 0,150)} = 0,172$$

Tablo 3.19. Son kriter ağırlığı tablosu.

Kriter	KV ₁	KV ₂	KV ₃	KV ₄	Kriter ağırlığı	Sıralama
C ₁	0,180	0,156	0,168	0,188	0,173	3
C ₂	0,200	0,195	0,187	0,164	0,186	2
C ₃	0,120	0,117	0,146	0,169	0,136	6
C ₄	0,200	0,175	0,187	0,188	0,187	1
C ₅	0,140	0,162	0,125	0,141	0,141	5
C ₆	0,160	0,195	0,187	0,150	0,172	4

3.7. COPRAS Yöntemi ile Tedarikçi Seçimi

COPRAS yöntemi ile tedarikçi seçiminde başlangıç matrisi ve SWARA yöntemi ile belirlenmiş olan ağırlıklar kullanılır. Tablo 3.20.'de başlangıç matrisi gösterilmiştir.

Tablo 3.20. COPRAS başlangıç matrisi.

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆
	max	max	max	max	min	max
A	92	94	7	8	120	92
B	95	110	10	9	125	88
C	84	62	8	5	110	85
D	88	110	9	8	120	95
E	93	96	6	10	100	80
W	0,1726	0,1860	0,1363	0,1874	0,1414	0,1720

Adım 1: Denklem (2.17) kullanılarak normalize karar matrisi oluşturulur. Değerleri normalize etme işlem adımları aşağıdaki gibidir. Normalize karar matrisi Tablo 3.21.'de gösterilmiştir. Kriterlerin yönü, ilgili kriterde maksimizasyon hedefleniyorsa max, minimizasyon hedefleniyorsa min olarak belirtilmiştir.

$$g_{11} = \frac{92}{92 + 95 + 84 + 88 + 93} = 0,204$$

$$g_{12} = \frac{94}{94 + 110 + 62 + 110 + 96} = 0,199$$

$$g_{13} = \frac{7}{7 + 10 + 8 + 9 + 6} = 0,175$$

⋮

$$g_{54} = \frac{10}{8 + 9 + 5 + 8 + 10} = 0,250$$

$$g_{55} = \frac{100}{120 + 125 + 110 + 120 + 100} = 0,174$$

$$g_{56} = \frac{80}{92 + 88 + 85 + 95 + 80} = 0,182$$

Tablo 3.21. COPRAS normalize karar matrisi.

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆
	max	max	max	max	min	max
A	0,204	0,199	0,175	0,200	0,209	0,209
B	0,210	0,233	0,250	0,225	0,217	0,200
C	0,186	0,131	0,200	0,125	0,191	0,193
D	0,195	0,233	0,225	0,200	0,209	0,216
E	0,206	0,203	0,150	0,250	0,174	0,182

Adım 2: Ağırlıklandırılmış normalize matris oluşturulur. Ağırlıklandırma işlem adımları aşağıdaki gibidir. Ağırlıklandırılmış normalize matris Tablo 3.22.'de gösterilmiştir.

$$y_{11} = 0,204 \times 0,1726 = 0,035$$

$$y_{12} = 0,199 \times 0,1860 = 0,037$$

$$y_{13} = 0,175 \times 0,1363 = 0,024$$

⋮

$$y_{54} = 0,250 \times 0,1874 = 0,047$$

$$y_{55} = 0,174 \times 0,1414 = 0,025$$

$$y_{56} = 0,182 \times 0,1720 = 0,031$$

Tablo 3.22. COPRAS ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi.

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆
	max	max	max	max	min	max
A	0,035	0,037	0,024	0,037	0,030	0,036
B	0,036	0,043	0,034	0,042	0,031	0,034
C	0,032	0,024	0,027	0,023	0,027	0,033
D	0,034	0,043	0,031	0,037	0,030	0,037
E	0,036	0,038	0,020	0,047	0,025	0,031

Adım 3: Ağırlıklandırılmış normalize matrisinde kriter değerlerinin kriter yönü özelinde toplamı alınır. İşlem adımları aşağıdaki gibidir.

$$K_{+j1} = 0,035 + 0,037 + 0,024 + 0,037 + 0,036 = 0,1695$$

$$K_{+j2} = 0,036 + 0,043 + 0,034 + 0,042 + 0,034 = 0,1903$$

$$K_{+j3} = 0,032 + 0,024 + 0,027 + 0,023 + 0,033 = 0,1404$$

$$K_{+j4} = 0,034 + 0,043 + 0,031 + 0,037 + 0,037 = 0,1822$$

$$K_{+j5} = 0,036 + 0,038 + 0,020 + 0,047 + 0,031 = 0,1719$$

K _{+j}	K _{-j}
0,1695	0,0295
0,1903	0,0307
0,1404	0,0270
0,1822	0,0295
0,1719	0,0246
K _{-j} min	0,0246

Adım 4: Her bir K_{-j} minimum değere bölünür. İşlem adımları aşağıdaki gibidir.

$$K_{-j \text{ min}/-j1} = \frac{0,0246}{0,0295} = 0,833$$

$$K_{-j \min / -j2} = \frac{0,0246}{0,0307} = 0,800$$

$$K_{-j \min / -j3} = \frac{0,0246}{0,0270} = 0,909$$

$$K_{-j \min / -j4} = \frac{0,0246}{0,0295} = 0,833$$

$$K_{-j \min / -j5} = \frac{0,0246}{0,0246} = 1,000$$

$$\begin{array}{c} K_{-j \min} / K_{-j} \\ \hline 0,833 \\ 0,800 \\ 0,909 \\ 0,833 \\ 1,000 \\ \hline \end{array}$$

Adım 5: Her bir K_{-j} minimum değere bölündükten sonra alternatiflerin göreceli önemini belirlemek için C_j değerleri bulunur. İşlem adımları aşağıda gösterildiği gibidir.

$$\begin{aligned} C_{j1} &= 0,1695 + \frac{0,0246 \times (0,0295 + 0,0307 + 0,0270 + 0,0295 + 0,0246)}{0,0295 \times (0,833 + 0,800 + 0,909 + 0,833 + 1,000)} \\ &= 0,196 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{j2} &= 0,1903 + \frac{0,0246 \times (0,0295 + 0,0307 + 0,0270 + 0,0295 + 0,0246)}{0,0307 \times (0,833 + 0,800 + 0,909 + 0,833 + 1,000)} \\ &= 0,216 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{j3} &= 0,1404 + \frac{0,0246 \times (0,0295 + 0,0307 + 0,0270 + 0,0295 + 0,0246)}{0,0270 \times (0,833 + 0,800 + 0,909 + 0,833 + 1,000)} \\ &= 0,170 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{j4} &= 0,1822 + \frac{0,0246 \times (0,0295 + 0,0307 + 0,0270 + 0,0295 + 0,0246)}{0,0295 \times (0,833 + 0,800 + 0,909 + 0,833 + 1,000)} \\ &= 0,209 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{j5} &= 0,1719 + \frac{0,0246 \times (0,0295 + 0,0307 + 0,0270 + 0,0295 + 0,0246)}{0,0246 \times (0,833 + 0,800 + 0,909 + 0,833 + 1,000)} \\ &= 0,204 \end{aligned}$$

C_j
0,196
0,216
0,170
0,209
0,204

Adım 6: j'inci alternatif için niceliksel fayda (U_j) hesaplanır. Bir alternatifin fayda düzeyi, onun göreceli önem değeri (C_j) ile nedensel olarak ilişkilidir. Alternatifin sıralamasını belirleyen alternatifin fayda derecesi, tüm alternatiflerin verimlilik açısından öncelikleri karşılaştırılarak belirlenir. Hesaplanan niceliksel faydaya göre tedarikçi sıralaması yapılır. İşlem adımları aşağıdaki gibidir. Elde edilen niceliksel fayda tablosu ve bu değerlere göre tedarikçi sıralaması Tablo 3.23.'te gösterilmiştir.

$$U_{j1} = \frac{0,196}{0,216} \times 100 = 90,877$$

$$U_{j2} = \frac{0,216}{0,216} \times 100 = 100,00$$

$$U_{j3} = \frac{0,170}{0,216} \times 100 = 78,567$$

$$U_{j4} = \frac{0,209}{0,216} \times 100 = 96,784$$

$$U_{j5} = \frac{0,204}{0,216} \times 100 = 94,496$$

Tablo 3.23. COPRAS yöntemine göre tedarikçi sıralaması.

	U_j	Sıralama
A	90,877	4
B	100,000	1
C	78,567	5
D	96,784	2
E	94,496	3

3.8. WASPAS Yöntemi ile Tedarikçi Seçimi

Adım 1: WASPAS yöntemi ile tedarikçi seçiminde SWARA yöntemi ile belirlenmiş ağırlıklar ve başlangıç matrisi kullanılmıştır. WASPAS başlangıç matrisi Tablo 3.24.'te gösterilmiştir.

Tablo 3.24. WASPAS başlangıç matrisi.

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆
	max	max	max	max	min	max
A	92	94	7	8	120	92
B	95	110	10	9	125	88
C	84	62	8	5	110	85
D	88	110	9	8	120	95
E	93	96	6	10	100	80
W	0,1726	0,1860	0,1363	0,1874	0,1414	0,1720

Adım 2: Her kriter yönü doğrultusunda maksimize değer yazılır. Fayda hedeflenen kriterler için sütunun maksimum değeri alınırken maliyet kriterinde sütunun minimum değeri alınır. Tablo 3.25.'te kriterlerin yönüne göre optimum değerleri gösterilmiştir.

Kriter no	Kriter	Kriter yönü	Sütun optimum değerleri
C ₁	Ürün kalitesi (AQL sonuçlarına göre ürünün finalden geçme %'si)	Max	max(92, 95, 84, 88, 93) = 95
C ₂	Sürdürülebilirlik (puan)	Max	max(94, 110, 62, 110, 96) = 110
C ₃	Teknik yeterlilik	Max	max(7, 10, 8, 9, 6) = 10
C ₄	Referans müşteri portföyü	Max	max(8, 9, 5, 8, 10) = 10
C ₅	Fiyat	Min	min(120, 125, 110, 120, 100) = 100
C ₆	Zamanında teslimat (%)	Max	max(92, 88, 85, 95, 80) = 95

Tablo 3.25. Kriterlerin yönüne göre optimum değerleri.

	Max	Max	Max	Max	Min	Max
Ağırlık	0,173	0,186	0,136	0,187	0,141	0,172
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆
A	92	94	7	8	120	92
B	95	110	10	9	125	88
C	84	62	8	5	110	85
D	88	110	9	8	120	95
E	93	96	6	10	100	80
	95	110	10	10	100	95

Adım 3: Değerler aşağıda belirtilen işlem adımları ile normalize edilir. Tablo 3.26.'da elde edilen normalize matris gösterilmiştir.

$$\bar{X}_{11} = \frac{92}{95} = 0,968$$

$$\bar{X}_{12} = \frac{94}{110} = 0,855$$

$$\bar{X}_{13} = \frac{7}{10} = 0,700$$

$$\vdots \quad \vdots \quad \vdots$$

$$\bar{X}_{54} = \frac{10}{10} = 1,000$$

$$\bar{X}_{55} = \frac{100}{100} = 1,000$$

$$\bar{X}_{56} = \frac{80}{95} = 0,842$$

Tablo 3.26. Normalize matris

Kriter yönü	Max	Max	Max	Max	Min	Max
Ağırlık	0,173	0,186	0,136	0,187	0,141	0,172
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆
A	0,968	0,855	0,700	0,800	0,833	0,968
B	1,000	1,000	1,000	0,900	0,800	0,926
C	0,884	0,564	0,800	0,500	0,909	0,895
D	0,926	1,000	0,900	0,800	0,833	1,000
E	0,979	0,873	0,600	1,000	1,000	0,842

Adım 4: Denklem (2.21) kullanılarak ilk toplam göreceli anlamlılık değeri $Q_i^{(1)}$ 'i belirlemek için ağırlıklı toplam modeli kullanılır. Q_i^1 değerleri aşağıda işlem adımları gösterildiği şekilde hesaplanır.

$$Q_{i1}^1 = 0,968 \times 0,173 + 0,855 \times 0,186 + 0,700 \times 0,136 + 0,800 \times 0,187 \\ + 0,833 \times 0,141 + 0,968 \times 0,172 = 0,856$$

$$Q_{i2}^1 = 1,000 \times 0,173 + 1,000 \times 0,186 + 1,000 \times 0,136 + 0,900 \times 0,187 \\ + 0,800 \times 0,141 + 0,926 \times 0,172 = 0,936$$

$$Q_{i3}^1 = 0,884 \times 0,173 + 0,564 \times 0,186 + 0,800 \times 0,136 + 0,500 \times 0,187 \\ + 0,909 \times 0,141 + 0,895 \times 0,172 = 0,743$$

$$Q_i^1 = 0,926x0,173 + 1,000x0,186 + 0,900x0,136 + 0,800x0,187 \\ + 0,833x0,141 + 1,000x0,172 = 0,908$$

$$Q_i^1 = 0,979x0,173 + 0,873x0,186 + 0,600x0,136 + 1,000x0,187 \\ + 1,000x0,141 + 0,842x0,172 = 0,887$$

Q_i^1

0,856

0,936

0,743

0,908

0,887

Adım 5: Q_i^2 değerleri Denklem (2.22) kullanılarak aşağıdaki işlemlerde gösterildiği gibi ikinci toplam göreceli anlamlılık değeri $Q_i^{(2)}$ 'yi belirlemek için hesaplanır.

$$Q_i^2 = 0,968^{0,173} x 0,855^{0,186} x 0,700^{0,136} x 0,800^{0,187} x 0,833^{0,141} x 0,968^{0,172} \\ = 0,855$$

$$Q_i^2 = 1,000^{0,173} x 1,000^{0,186} x 1,000^{0,136} x 0,900^{0,187} x 0,800^{0,141} x 0,926^{0,172} \\ = 0,938$$

$$Q_i^2 = 0,884^{0,173} x 0,564^{0,186} x 0,800^{0,136} x 0,500^{0,187} x 0,909^{0,141} x 0,895^{0,172} \\ = 0,726$$

$$Q_i^2 = 0,926^{0,173} x 1,000^{0,186} x 0,900^{0,136} x 0,800^{0,187} x 0,833^{0,141} x 1,000^{0,172} \\ = 0,909$$

$$Q_i^2 = 0,979^{0,173} x 0,873^{0,186} x 0,600^{0,136} x 1,000^{0,187} x 1,000^{0,141} x 0,842^{0,172} \\ = 0,880$$

Q_i^2

0,855

0,938

0,726

0,909

0,880

Adım 6: Genel toplam görece anlamlılık değeri Denklem (2.23) kullanılarak hesaplanır. İşlem adımları aşağıdaki gibidir. Tablo 3.27.'de elde edilen Q_i değerlerine göre alternatifler sıralanır.

$$Q_{i_1} = 0,5 \times 0,856 + (1 - 0,5) \times 0,855 = 0,855$$

$$Q_{i_2} = 0,5 \times 0,936 + (1 - 0,5) \times 0,938 = 0,937$$

$$Q_{i_3} = 0,5 \times 0,743 + (1 - 0,5) \times 0,726 = 0,734$$

$$Q_{i_4} = 0,5 \times 0,908 + (1 - 0,5) \times 0,909 = 0,909$$

$$Q_{i_5} = 0,5 \times 0,887 + (1 - 0,5) \times 0,880 = 0,883$$

Tablo 3.27. Alternatiflerin sıralanması.

	Q_{i^1}	Q_{i^2}	Q_i	Sıralama
A	0,856	0,855	0,855	4
B	0,936	0,938	0,937	1
C	0,743	0,726	0,734	5
D	0,908	0,909	0,909	2
E	0,887	0,880	0,883	3



4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Çalışmada üç farklı uygulama yapılmıştır. Birinci uygulamada kriter ağırlıklandırma için çok kriterli karar verme yöntemlerinden Sezgisel Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmış, daha sonra yine Sezgisel Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılarak tedarikçi sıralaması yapılmıştır. İkinci uygulamada kriter ağırlıklandırmada SWARA yöntemi, tedarikçi seçiminde COPRAS yöntemi kullanılmıştır. Üçüncü uygulamada ise kriter ağırlıklandırma için SWARA yöntemi, tedarikçi seçiminde WASPAS yöntemi kullanılmıştır ve elde edilen sonuçlar kıyaslanmıştır. Sürdürülebilir değerlendirme modeli detaylandırılarak literatürde yeni bir yaklaşım sunulmuştur. Kullanılan Sezgisel Bulanık TOPSIS, SWARA+ COPRAS ve SWARA+ WASPAS seçim sonucuna göre tedarikçi sıralaması Tablo 4.1.'deki gibidir. Üç sonucun da aynı olması yöntem sonuçlarının tutarlı olduğunu göstermektedir. Buna göre Tedarikçi B en uygun seçenektir.

Tablo 4.1. Tedarikçi alternatif değerlendirme kıyaslaması.

	Sezgisel Bulanık TOPSIS	SWARA + COPRAS	SWARA + WASPAS
Tedarikçi A	4	4	4
Tedarikçi B	1	1	1
Tedarikçi C	5	5	5
Tedarikçi D	2	2	2
Tedarikçi E	3	3	3

Seçilmeyen tedarikçiler için öneriler:

- Tedarikçi denetim ve değerlendirme sonuçları, tedarikçiyi geliştirmek için kendileriyle paylaşılabilir. Sürdürülebilirlik değerlendirme kriterlerine göre yetersiz bulunan noktalarıyla ilgili aşağıdaki gibi yönlendirme yapılabilir.
- Marka standartları ve Davranış Kuralları tedarikçilerle paylaşılabilir ve güncellemeler hakkında bilgi sahibi olabilmeleri için yeni versiyonlarına hangi kaynaklardan ulaşabileceği bilgisi verilebilir.

- Web tabanlı eğitimler düzenlenebilir. Eğitimin içeriği sürdürülebilir bir tedarikçi olabilmek için sağlanması gereken özellikler, firmanın çalışanları nasıl adapte edebileceği ve beklenen kriterlerle ilgili detaylar olabilir. Bu tarz eğitimlere tedarikçi istediği zaman erişebildiği için faydalı olacaktır. Eğitim sonunda soru listesine yer verilerek eğitimin amacına ulaşp ulaşmadığı kontrol edilebilir.
- Markalar belli periyotlarda bilgilendirme oturumları düzenlemektedir. Bu oturumlara ana üretici aracılığıyla tedarikçiler de davet edilebilir. Böylece tedarikçilerin beklentiyi bizzat ilgili kurumdan dinlemesine aracı olunarak ortak amacı ve sorumlu üretim anlayışını benimseme, kapsamlı bakış açısı kazanma ve koordineli çalışma motivasyonu sağlanabilir.
- Asıl değerlendirme sorularını içeren Kendini Değerlendirme Soru Listesi (Self-Assessment Questionnaire (SAQ)) ile tedarikçinin denetim öncesi kendi firmasına belirlenen kriterler doğrultusunda eleştirel bakması ve buna yönelik aksiyon alması sağlanabilir. Böylece tedarikçiler, bir marka ile halihazırda çalışırken başka bir markayı müşteri portföyüne katmak istediğinde bu soru listelerini alarak geliştirmesi gereken konulara yönelebilir. Her marka standardı ve gereksinimleri aynı olmayacağı için Kendini Değerlendirme Soru Listelerinin önemi oldukça büyüktür.
- Tedarikçi, üçüncü parti (tarafsız) denetim firmalarından denetim alınmasına yönlendirilebilir. Bu tür denetimler, markaya referans denetim sonucu olarak göstermekte fayda sağlamaktadır. Burada dikkat edilmesi gereken ana üreticinin tedarikçiye müşteri markanın hangi denetim sonucunu geçerli saydığı ve üçüncü parti denetim kuruluşlarından hangilerinin akredite olduğunu, denetmenin hangi sertifikalara sahip olması gerektiği konularında bilgilendirme yapmasıdır.
- Tedarikçi eğitim oturumları ve denetimleri organize edilebilir.

Bu çalışmanın başlıca önemli yenilik ve katkıları şu şekilde özetlenebilir:

- Sürdürülebilirlik bakış açısıyla yeni bir tedarikçi seçim modeli önerilmektedir. Önerilen model, öncelikle tedarikçileri belirlenen küresel sürdürülebilirlik kriterlerine göre puanlayan, ardından bunları fiyat, kalite, zamanında teslimat gibi seçim kriterleriyle birleştiren iki aşamalı entegre bir yaklaşımı temsil etmektedir.
- Sürdürülebilirlik kriterleri detaylı alt kriterlerle tek tek açıklanarak nelerin dahil edildiği, karar vericinin modeli kullanarak alternatifleri nasıl değerlendirebileceği anlatılmıştır.

- Önerilen model sadece bir araştırma çalışması değil aynı zamanda herhangi bir fabrikanın tedarikçi seçim sürecine uyarlayabileceği ve kullanabileceği bir uygulama çalışmasıdır.

- Sürdürülebilir tedarikçi seçimi için şeffaflık ve doğrulanabilirliği içeren yeni bir “izlenebilirlik kriteri” önerilmiştir. Literatürde sürdürülebilirlik kriter kapsamı ekonomik, çevresel, etik ve sosyal olarak tanımlanmaktadır. Bu boşluğu doldurmak için önerilen modele yeni kriterler eklenmiş ve tedarik zincirinin sağlanması ve kontrol edilmesi vurgulanmıştır.

- Sürdürülebilir tedarikçi seçiminde önerilen modelin, alternatif tedarikçileri sürdürülebilirlik açısından değerlendirmek için kullandığı global tekstil standartlarına dayalı yeni bir sürdürülebilir değerlendirme kriterleri listesi oluşturulmuştur.

Tüm kriterler niceliksel değerlere ve istatistiklere dayanmaktadır. Bu çalışmada literatürde subjektif olarak yorumlanan kriterlerin sayısal objektif değerlere nasıl dönüştürüleceğini açıklamaktadır.

- Önerilen model, sürdürülebilir bir tedarik zinciri için sürdürülebilir tedarikçi seçimi ve değerlendirilmesini çok kriterli karar verme problemi olarak ele almış ve Sezgisel Bulanık TOPSIS, SWARA, COPRAS ve WASPAS yöntemleriyle çözülmesinde başarıyla kullanılmıştır.

- Bu çalışmada; kaldıraç olarak, seçilmeyen tedarikçilere önerilerde bulunulması, deneyimlerin paylaşılması, katkıda bulunulması ve daha sürdürülebilir bir tedarik zinciri oluşturulması için iyileştirmeler yapılması ele alınmıştır.

Gelecek çalışmalarda aşağıdaki konular ele alınabilir:

- Döngüsel ekonomiye katkı sağlamak amacıyla marka sorumluluklarından hareketle bir dönüşüm süreci ele alınabilir.

- Farklı sektörde uygulama yapabilmek adına çalışılan sektöre özgü sürdürülebilirlik kriterleri belirlenerek değerlendirme modelleri oluşturulabilir.



KAYNAKLAR

- [1] Büyükselçuk, E. Ç. (2017). *Green and Innovative Supplier Selection Model via MCDM Techniques and a Case Study in Automotive Industry*. [Doktora tezi] Marmara University, Department of Engineering Management, Istanbul.
- [2] Boruchowitch, F., & Fritz, M. M. (2022). Who in the firm can create sustainable value and for whom? A single case-study on sustainable procurement and supply chain stakeholders. *Journal of Cleaner Production*, 363, 132619. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132619>
- [3] Chakraborty, S., Raut, R. D., Rofin, T. M., Chatterjee, S., & Chakraborty, S. (2023). A comparative analysis of Multi-Attributive Border Approximation Area Comparison (MABAC) model for healthcare supplier selection in fuzzy environments. *Decision Analytics Journal*, 8. <https://doi.org/10.1016/j.dajour.2023.100290>
- [4] Chen, Z., Ming, X., Zhou, T., & Chang, Y. (2020). Sustainable supplier selection for smart supply chain considering internal and external uncertainty: An integrated rough-fuzzy approach. *Applied Soft Computing*, 87. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2019.106004>
- [5] Chhibber, D., Srivastava, P. K., & Bisht, D. C. (2022). Intuitionistic fuzzy TOPSIS for non-linear multi-objective transportation and manufacturing problem. *Expert Systems with Applications*, 210. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.118357>.
- [6] Debnath, B., Bari, A. M., Haq, M. M., de Jesus Pacheco, D. A., & Khan, M. A. (2023). An integrated stepwise weight assessment ratio analysis and weighted aggregated sum product assessment framework for sustainable supplier selection in the healthcare supply chains. *Supply Chain Analytics*, 1. <https://doi.org/10.1016/j.sca.2022.100001>
- [7] Dhumras, H., & Bajaj, R. K. (2024). On potential strategic framework for green supply chain management in the energy sector using q-rung picture fuzzy AHP & WASPAS decision-making model. *Expert Systems with Applications*, 237. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.121550>
- [8] Erdebilli, B., & Tan, A., (2022). *Vendor Selection in IT Industry Using Hybrid Models of MCDM and Fuzzy Methodologies* [Yüksek lisans tezi] Ankara Yıldırım Beyazıt University.
- [9] Feldmann, M., & Müller, S. (2003). An incentive scheme for true information providing in supply chains. *Omega*, 31(2), 63-73. doi:10.1016/S0305-0483(02)00096-8
- [10] Giannakis, M., & Papadopoulos, T. (2016). Supply chain sustainability: A risk management approach. *International Journal of Production Economics*, 171, 455-470. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.06.032>

- [11] Gidiagba, J., Tartibu, L., & Okwu, M. (2023). Sustainable supplier selection in the oil and gas industry: An integrated multi-criteria decision making approach. *Procedia Computer Science*, 217. doi:10.1016/j.procs.2022.12.323
- [12] Giri, B. C., Molla, M. U., & Biswas, P. (2022). Pythagorean fuzzy DEMATEL method for supplier selection in sustainable supply chain management. *Expert Systems with Applications*, 193. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.116396>
- [13] Doğan, G. (2020). SWARA ve WASPAS metotlarına dayalı bir performans değerlendirme modeli [Yüksek lisans tezi]. Çukurova Üniversitesi.
- [14] Global Organic Textile Standard (GOTS) Version 6.0, Global Standard gemeinnützige GmbH Rotebühlstr. 102 70178 Stuttgart, Germany, March 2020.
- [15] Global Organic Textile Standard (GOTS) Version 7.0, Global Standard gemeinnützige GmbH Rotebühlstr. 102 70178 Stuttgart, Germany, March 2023.
- [16] Hajiaghaei-Keshteli, M., Cenk, Z., Erdebilli, B., Özdemir, Y. S., & Gholian-Jouybari, F. (2023). Pythagorean fuzzy TOPSIS method for green supplier selection in the food industry. *Expert Systems with Applications*, 224. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.120036>
- [17] Hezer, S., Gelmez, E., & Özceylan, E. (2021). Comparative analysis of TOPSIS, VIKOR and COPRAS methods for the COVID-19 Regional Safety Assessment. *Journal of Infection and Public Health*, 14(6), 775-786. <https://doi.org/10.1016/j.jiph.2021.03.003>
- [18] Javad, M. O. M., Darvishi, M., & Javad, A. O. M. (2020). Green supplier selection for the steel industry using BWM and fuzzy TOPSIS: A case study of Khouzestan steel company. *Sustainable Futures*, 2. <https://doi.org/10.1016/j.sftr.2020.100012>
- [19] Karataş, Ö. (2023). *Elektrik sektöründe edas ve vikor yöntemi ile yeşil tedarikçi seçimi= Green supplier selection with edas and vikor methods in the electricity industry* [Doktora tezi] Sakarya Üniversitesi.
- [20] Li, K., Chen, C. Y., & Zhang, Z. L. (2023). Mining online reviews for ranking products: A novel method based on multiple classifiers and interval-valued intuitionistic fuzzy TOPSIS. *Applied Soft Computing*, 139. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2023.110237>
- [21] Liu, P., Shen, M., & Geng, Y. (2023). Risk assessment based on failure mode and effects analysis (FMEA) and WASPAS methods under probabilistic double hierarchy linguistic term sets. *Computers & Industrial Engineering*, 186. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2023.109758>
- [22] Magalhães, V. S., Ferreira, L. M. D., & Silva, C. (2022). Prioritising food loss and waste mitigation strategies in the fruit and vegetable supply chain: A multi-criteria approach. *Sustainable Production and Consumption*, 31, 569-581. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.03.022>

- [23] Maya Kan N., (2020). *Developing New Sustainable Supplier Evaluation Metrics to Measure and Implementing a Supplier Evaluation Portal to Improve Supplier Performance*. [Doktora tezi] Doğuş University, Logistic and Supply Chain Management, İstanbul.
- [24] Menon, R. R., & Ravi, V. (2022). Using AHP-TOPSIS methodologies in the selection of sustainable suppliers in an electronics supply chain. *Cleaner Materials*, 5. <https://doi.org/10.1016/j.clema.2022.100130>
- [25] Mohanrasu, S. S., Janani, K., & Rakkiyappan, R. (2023). A COPRAS-based Approach to Multi-Label Feature Selection for Text Classification, *Mathematics and Computers in Simulation*. <https://doi.org/10.1016/j.matcom.2023.07.022>
- [26] Özdemir, S. (2017). *An integrated model of supplier selection and inventory planning using fuzzy logic and multi-objective evolutionary algorithms* [Doktora tezi] University of Nottingham.
- [27] Patel, A., Jana, S., & Mahanta, J. (2023). Intuitionistic fuzzy EM-SWARA-TOPSIS approach based on new distance measure to assess the medical waste treatment techniques, *Applied Soft Computing*, 144. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2023.110521>
- [28] Patil, S. B., Patole, T. A., Jadhav, R. S., Suryawanshi, S. S., & Raykar, S. J. (2022). Complex proportional assessment (COPRAS) based multiple-criteria decision making (MCDM) paradigm for hard turning process parameters. *Materials Today: Proceedings*, 59, 835-840. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.01.142>
- [29] Patil, V., Tan, T., Rispen, S., Dabadghao, S., & Demerouti, E. (2022). Supplier sustainability: A comprehensive review and future research directions. *Sustainable Manufacturing and Service Economics*, 1. <https://doi.org/10.1016/j.smse.2022.100003>
- [30] Rahman, M. M., Bari, A. M., Ali, S. M., & Taghipour, A. (2022). Sustainable supplier selection in the textile dyeing industry: An integrated multi-criteria decision analytics approach. *Resources, Conservation & Recycling Advances*, 15. <https://doi.org/10.1016/j.rcradv.2022.200117>
- [31] Saraji, M. K., & Streimikiene, D. (2022). Evaluating the circular supply chain adoption in manufacturing sectors: A picture fuzzy approach. *Technology in Society*, 70. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.102050>
- [32] Seikh, M. R., & Mandal, U. (2023). Interval-valued Fermatean fuzzy Dombi aggregation operators and SWARA based PROMETHEE II method to bio-medical waste management. *Expert Systems with Applications*, 226. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.120082>
- [33] Shang, Z., Yang, X., Barnes, D., & Wu, C. (2022). Supplier selection in sustainable supply chains: Using the integrated BWM, fuzzy Shannon entropy, and fuzzy MULTIMOORA methods. *Expert Systems with Applications*, 195. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.116567>

- [34] Sharifi, E., Fang, L., & Amin, S. H. (2023). A novel two-stage multi-objective optimization model for sustainable soybean supply chain design under uncertainty. *Sustainable Production and Consumption*, 40, 297-317. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.07.006>
- [35] Sumrit, D., & Keeratibhubordee, J. (2023). An integrated SWARA-QFD under Fermatean fuzzy set approach to assess proactive risk mitigation strategies in recycling supply chain: Case study of plastic recycling industry. *Journal of Engineering Research*. <https://doi.org/10.1016/j.jer.2023.11.007>
- [36] Tanveer, U., Kremantzis, M. D., Roussinos, N., Ishaq, S., Kyrgiakos, L. S., & Vlontzos, G. (2023). A fuzzy TOPSIS model for selecting digital technologies in circular supply chains. *Supply Chain Analytics*, 4. <https://doi.org/10.1016/j.sca.2023.100038>
- [37] Textile Exchange Global Recycled Standard 4.0, 2017, GRS-101-V4.0-2017.01.01.
- [38] Tong, L. Z., Wang, J., & Pu, Z. (2022). Sustainable supplier selection for SMEs based on an extended PROMETHEE II approach. *Journal of Cleaner Production*, 330. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129830>
- [39] Torkayesh, A. E., Ecer, F., Pamucar, D., & Karamaşa, Ç. (2021). Comparative assessment of social sustainability performance: Integrated data-driven weighting system and CoCoSo model. *Sustainable Cities and Society*, 71. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102975>
- [40] Wankhede, S., Pesode, P., Pawar, S., & Lobo, R. (2023). Comparison Study Of GRA, COPRAS And MOORA For Ranking of Phase Change Material for Cooling System. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.02.437>
- [41] Wiengarten, F., Humphreys, P., Gimenez, C., & McIvor, R. (2016). Risk, risk management practices, and the success of supply chain integration. *International Journal of Production Economics*, 171, 361-370. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.03.020>
- [42] Yalçın, S. (2020), *Sezgisel Bulanık TOPSIS yöntemiyle portföy seçimi: BİST’de bir uygulama* [Doktora tezi], Atatürk Üniversitesi.
- [43] Yıldırım, E. C. (2023), *G-20 ülkelerinin ekonomik inovasyon performanslarının CRITIC Temelli WASPAS ve Gri İlişkisel Analiz yöntemleriyle karşılaştırılmalı analizi* [Yüksek lisans tezi], Aksaray Üniversitesi
- [44] Zarei, H., Rasti-Barzoki, M., & Moon, I. (2020). A mechanism design approach to a buyer's optimal auditing policy to induce responsible sourcing in a supply chain. *Journal of Environmental Management*, 254. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109721>
- [45] Zhang, L., Zhan, J., & Yao, Y. (2020). Intuitionistic fuzzy TOPSIS method based on CVPIFRS models: an application to biomedical problems. *Information Sciences*, 517, 315-339. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2020.01.003>

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Hatice KASAP

ÖĞRENİM DURUMU:

- Lisans** : 2018, Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü
- Yüksek lisans** : 2024, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Mühendislik Yönetimi Bilim Dalı

MESLEKİ DENEYİM:

- 2019-2022 yılları arasında Art Giyim San. ve Tic. A.Ş. Denetim Koordinatörü
- 2022- Halen Ak Gıda San. ve Tic. A.Ş. Satınalma Uzman Yardımcısı

TEZDEN TÜRETİLEN ESERLER:

- Kasap, H. & Korkusuz Polat, T. (2024). A sustainable supplier selection and evaluation model in textile industry with intuitionistic fuzzy TOPSIS, SWARA, COPRAS and WASPAS methods (Basımda)

DİĞER ESERLER:

- Kasap, H., & Korkusuz Polat T. (2024). TEKSTİL ENDÜSTRİSİNDE SÜRDÜRÜLEBİLİR TEDARİKÇİ DEĞERLENDİRME, AL FARABI 12th INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS March 3-4, 2024/Almaty, Kazakhstan, 87-92.