

Citation: Madenoğlu, F.S. (2019), Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Ortamında Yeşil Tedarikçi Seçimi, BMIJ, (2019), 7(4): 1850-1869 doi: <http://dx.doi.org/10.15295/bmij.v7i4.1155>

BULANIK ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME ORTAMINDA YEŞİL TEDARİKÇİ SEÇİMİ

Fatma Selen MADENOĞLU¹

Received Date (Başvuru Tarihi): 01/07/2019

Accepted Date (Kabul Tarihi): 18/09/2019

Published Date (Yayın Tarihi): 25/09/2019

ÖZ

Yasal düzenlemeler ve müşterilerin artan çevre koruma bilinci, işletmeleri tedarik zinciri faaliyetlerini, yeşil tedarikçi zinciri yönetimine uygun olarak çevreye daha az zarar verecek şekilde yapılandırmaya özen gösterir hale getirmiştir. Yeşil tedarikçi seçimi, yeşil tedarik zinciri yönetiminde rol alan önemli faktörlerdendir. Yeşil tedarikçi seçiminde ekonomik ve çevresel kriterler birlikte ele alınmaktadır. Yeşil tedarikçi seçim problemleri belirsizlik içerdiğinden karar vericilerin dilsel ifadelerle görüşlerini belirtebilecekleri bulanık küme teorisi kullanılmaktadır. Yeşil tedarikçi seçim probleminde, birden fazla alternatif birden fazla kritere göre değerlendirildiğinden, çok kriterli karar verme yöntemleri bu problemin çözümü için oldukça uygundur. Bu çalışmanın temel amacı, nicel verilerin yetersiz olduğu yeşil tedarikçi seçim ortamında, önerilen çözüm yöntemini kullanarak yeşil tedarikçi seçimini gerçekleştirmektir. Önerilen modelde, yeşil tedarikçi sıralaması Bulanık TOPSİS, Bulanık Vikor, Bulanık Gri İlişkisel Analiz, Bulanık Aras yöntemleri ile elde edilmiştir. Tedarikçi seçim ve değerlendirme kriter ağırlıkları bulanık SWARA yöntemiyle belirlenmiş ve bilgi kaybının olmasını önlemek için çok kriterli karar verme problemlerinde de kriter ağırlıkları bulanık sayı olarak kullanılmıştır. Önerilen çözüm modeli, orta ölçekli şehir mobilya üretimi gerçekleştiren bir işletmenin yeşil tedarikçi seçim sürecine uygulanmıştır. Bu uygulama için yapılan hesaplamalar neticesinde dört yöntemden aynı tedarikçi sıralaması elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan dört çok kriterli karar verme yönteminin temel ve kavramsal özellikleri değerlendirilmiştir. Bu problem için gri ilişkisel analiz yönteminin daha uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi, Grup Karar Verme, Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri, Yeşil Tedarikçi Seçimi

JEL Kodları: C44, M11, C62

GREEN SUPPLIER SELECTION IN FUZZY MULTI CRITERIA DECISION MAKING ENVIRONMENT

ABSTRACT

Legislations and increased environmental awareness of customers have made it possible to structure the supply chain activities in a way that is less harmful to the environment in accordance with the green supplier chain management. Green supplier selection is an important factor in green supply chain management. In the green supplier selection, economic and environmental criterias are considered together. The green supplier selection problem includes uncertainty and fuzzy set theory is used in which decision makers can express their views in linguistic expressions. In the green supplier selection problem, multiple criteria decision making methods are very suitable for solving this problem when multiple alternatives are evaluated according to multiple criterias. The main purpose of this study is to perform green supplier selection using the proposed solution method in a green supplier selection environment where quantitative data are insufficient. In the proposed model, green supplier rankings were obtained by Fuzzy TOPSIS, Fuzzy Vikor, Fuzzy Gray Relational

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Abdullah Gül Üniversitesi, selen.madenoglu@agu.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0002-5577-4471>

Analysis and Fuzzy Aras methods. Supplier selection and evaluation criterion weights were determined by fuzzy SWARA method and criterion weights were used as fuzzy numbers in multicriteria decision making problems in order to prevent loss of information. The proposed solution model has been applied to the green supplier selection process of an enterprise performing medium-sized urban furniture production. The comparative analysis for this case study indicates that four fuzzy methods arrive at identical supplier rankings. The basic and conceptual features of the four multi-criteria decision making methods used in the study were evaluated. It is concluded that gray relational analysis method is more suitable for this problem.

Keywords: Green Supply Chain Management, Group Decision Making, Fuzzy Multi Criteria Decision Making Methods, Green Supplier Selection

JEL Codes: C44, M11, C62

1. GİRİŞ

Global olarak artan çevre koruma farkındalığı ve yasal düzenlemeler, işletmeleri tedarik zinciri yönetimine yeşil faktörleri dahil etmeye yönlendirmiş ve yeşil tedarik zinciri yönetimi (YTZY) terimini meydana çıkarmıştır. YTZY, ürün tasarımı, malzeme seçimi ve temini, üretim süreçleri, biten ürünün müşteriye teslimi ve kullanım süresi dolan ürünün geri dönüşüm sürecini içeren tedarik zinciri yönetimine çevresel düşüncenin dahil edilmesi olarak tanımlanmaktadır (Srivastava, 2007).

Yeşil tedarikçi zinciri yönetiminin faaliyetlerinden biri yeşil tedarikçi seçimidir (Büyüközkan ve Vardaroğlu, 2008). Yeşil tedarikçi seçimi ile çevreye duyarlı tedarik zincirinin geliştirilmesi ve yönetimi yaklaşımına ulaşmak hedeflenmektedir. Günümüzdeki tedarikçi seçim yaklaşımlarında ve uygulamalarında, çevresel kriterler de tedarikçi seçim modellerine dahil edilmektedir. Kalite, fiyat ve servis seviyesi tedarikçi seçiminde kullanılan yaygın klasik kriterlerken, bunlara ek olarak karbon ayak izi, enerji verimliliği, su kullanımı ve geri dönüşüm yaygın çevresel kriterlerdir. (Weber ve diğ., 1991; Choi, 2013; Banaeian ve diğ., 2014).

Çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri, firmaların klasik ve çevresel kriterlerini dikkate alarak tedarikçilerini seçme ve değerlendirmesinde kullanılmaktadır. Literatüre bakıldığında, klasik tedarikçi seçim modellerine çevresel faktörleri ekleyen ve bu problemin çözümünde kullanılmak üzere ÇKKV yöntemlerini geliştirmeyi amaçlayan çalışma sayısı oldukça azdır. Govindan ve diğ. (2015) sunmuş oldukları konu ile ilgili literatür taramasında, yapılan çalışmaların modellerinde klasik ÇKKV yöntemlerinin bulanık teori yaklaşımı ile birleştirildiği belirtilmektedir. Verilerdeki belirsizlik ve kesin, net olmayan insan değerlendirilmelerinden dolayı bulanık temelli yaklaşımlar tercih edilmektedir.

Bu çalışmada bir şehir mobilyası üretim işletmesinin yeşil tedarikçi seçim problemi ele alınmıştır. Bulanık SWARA yöntemi ile tedarik seçim ve değerlendirme kriter ağırlıkları belirlenmiş ve ÇKKV yöntemlerinden bulanık TOPSİS, bulanık Vikor, bulanık gri ilişkisel analiz (GİA) ve bulanık ARAS yöntemlerinden elde edilen sonuçların bütünleştirilmesi ile nihai tedarikçi sıralaması elde edilmiştir. Çalışmada incelenen dört ÇKKV yöntem değerlendirilerek çalışma için uygulan olan ÇKKV yöntemi belirtilmiştir.

Çalışmanın ikinci kısmında literatür taraması, üçüncü bölümde uygulanan yöntemler, bulanık küme teorisi ve dördüncü bölümde gerçek hayat uygulaması sunulmuştur. Sonuçlar son kısımda ele alınmıştır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Tedarik zinciri yönetiminde, etkili tedarikçilerle çalışmak firmaların verimliliğini ve kârlılığını artırmaktadır (Awasthi ve Kannan, 2016). Etkili ve uygun tedarikçilerin seçim ve değerlendirilmesinde, birden fazla kriter kullanılarak birden fazla alternatif arasında sıralama yapılarak en iyi olan alternatif tedarikçinin seçimi sürecinin yönetilmesi amaçlanmaktadır. Literatürde, uygun tedarikçi seçimi ve değerlendirmesi için çeşitli yöntem ve yaklaşımlar incelenmiştir. Aissaoui ve diğ. (2007), Govindan ve diğ. (2015), Chai ve diğ. (2013) sunmuş oldukları literatür taramalarında, tedarikçi seçim kriterleri ve geliştirilen karar modelleri alanındaki çalışmaları sunmuşlardır. Kalite, fiyat/maliyet, teslimat, teknolojik yeterlilik, esneklik, kültür, yenilikçilik, risk ve ilişki literatürde sıklıkla kullanılan klasik kriterlerdir (Bai ve Sarkis, 2010; Lee ve diğ., 2009; Büyüközkan ve Çifçi, 2011; Grisi ve diğ., 2010; Hashemi ve diğ., 2015).

Artan çevresel sürdürülebilirlik politikası gereğince, tedarikçi seçim probleminde klasik kriterlere ek olarak çevresel kriterlerde son zamanlarda yapılan çalışmalarda dikkate alınmıştır. Tuzkaya ve diğ. (2009) YTYZ'nde en önemli kriterlerin kirlilik kontrol, yeşil ürün, yeşil süreç yönetimi, çevresel yönetim olduğunu belirtmişlerdir. Awasthi ve diğ. (2010), çevre dostu teknoloji, çevre dostu malzeme kullanımı, yeşil firmalarla ortak olma, yeşil pazar payı, yönetim taahhüdü, çevre politikalarına bağlılık, yeşil araştırma geliştirme projeleri ve personel eğitiminden oluşan oniki çevresel kriter önermişlerdir. Govindan ve diğ. (2015) ve Nielsen ve diğ. (2014) incelemiş oldukları çalışmalarda çevresel yönetim sistemini, en önemli ve kapsamlı çevresel kriter olarak tanımlamışlardır. Çevresel yönetim sistemi, firmaların çevresel performansı ve operasyonel etkinliğini artıran süreçler ve uygulamalar bütünüdür. Literatürde yer alan tedarikçi seçiminde çevresel kriterler üretim kirliliği, kirlilik denetimi,

kaynak tüketimi, yeşil tasarım, çevre yönetim sistemi, yeşil imaj, yeşil yeterlilik, yeşil ürün, yeşil yenilikçiliktir (Amin ve Zhang, 2012).

Tedarikçi seçim ve değerlendirme konusunda literatürde çok sayıda yayın bulunmaktadır. Agarwal ve diğ. (2011), literatürde yer alan altmış sekiz makaleyi inceleyerek, veri zarflama analizi, matematiksel programlama, analitik hiyerarşi süreci, vaka temelli akıl yürütme, analitik ağ süreci, bulanık küme teorisi, basit çok özellikli derecelendirme tekniği, genetik algoritma ve kriterlere dayalı karar verme yöntemlerini değerlendirmişler ve hem nitel hem de nicel faktörlerin değerlendirilmesini ele alan çeşitli yaklaşımlar, yöntemler olduğunu öne sürmüşlerdir. Ho ve diğ. (2010), çalışmalarında yetmiş sekiz makaleyi inceleyerek Agarwal ve diğ. (2011)'nin belirtmiş olduğu sonuçlara benzer yorumlar yapmışlardır. Yukarıda sunulan bağımsız tekniklere ek olarak, aynı zamanda (teknikleri birleştiren) bütünleşik yaklaşımları da çalışmalarında belirtmişlerdir. Chai ve diğ. (2013) çalışmalarında yüz yirmi üç makaleyi detaylı olarak incelemişlerdir. Uygulanan yirmi üç karar verme yöntemini, çok ölçütlü karar verme teknikleri, matematiksel programlama teknikleri ve yapay zekâ teknikleri olmak üzere üç kategoride özetlemiştir. Ayrıca bu çalışma, mevcut çalışmalar ve gelecekteki çalışmalar için tavsiyeleri ve verdiği bilgiler bakımından bilgi birikimi sunmaktadır. Yıldız ve Yayla (2015), tedarikçi seçimi problemi için 2001 ve 2014 yılları arasında önerilen çok kriterli karar verme yöntemlerini değerlendirdikleri bir literatür taraması yapmışlardır. Ayrıca bu doksan bir çalışmanın, tedarikçi seçiminde kullandıkları yöntemleri bireysel, karma ve karma-bulanık yöntemler olmak üzere üç kategoride ele alarak incelemişlerdir. Keshavarz ve diğ. (2017), bulanık bir ortamda tedarikçilerin seçim ve değerlendirilmesi için 2001 ile 2016 yılları arasında yayınlanan üç yüz otuz dokuz çalışmada kullanılan ÇKKV yöntemleri uygulamalarını sunmuşlardır. En popüler yaklaşımların analitik hiyerarşi süreci, TOPSİS, analitik ağ süreci, Vikor yöntemleri olduğu, en popüler karma yöntemlerin de analitik hiyerarşi süreci-TOPSİS ve analitik ağ süreci-lineer programlama karma yöntemleri olduğu görülmektedir.

Literatüre bakıldığında çevresel kriterler göz önünde bulundurularak yeşil tedarikçi değerlendirmesine ilişkin çalışma oldukça sınırlıdır. Son zamanlarda, tedarik zinciri yönetiminde yeşil tedarikçi performansını değerlendirmede hem nitel hem de nicel çevresel verileri kullanarak değerlendirme yapılmıştır. Govindan ve diğ. (2015), uluslararası bilimsel dergilerdeki araştırmaları ve yeşil tedarikçi seçimine odaklanan uluslararası konferanslarda sunulan makaleleri incelemişlerdir. Yaygın olan kullanılan tedarikçi seçim yaklaşımların neler olduğu, yeşil tedarikçi yönetiminde hangi çevresel ve diğer kriterlerin popüler olarak

kullanılmakta olduğu, bu konuda ne gibi sınırlamaların olduğu sorularına cevap aramışlardır. Çalışmalarda uygulanan yöntemlerin çoğunlukla bulanık temelli tek modelli yöntemler olduğunu tespit etmişlerdir. ‘Çevre yönetim sistemi’nin en yaygın yeşil tedarikçi seçim kriteri ve ‘analitik hiyerarşik proses yöntemi’nin en yaygın yöntem olduğunu belirtmişlerdir. Yapmış oldukları detaylı literatür çalışması sonrasında yeşil tedarikçi seçim ve değerlendirmesi konusundaki literatürdeki boşluklar ve olası yönelimleri sunmuşlardır. Zimmer ve diğ. (2016) çalışmalarında sürdürülebilir tedarikçi seçim ve değerlendirmesine kullanılan karar verme modellerine odaklanarak sürdürülebilir tedarikçi yönetimi konusundaki literatürde geliştirilen karar verme modellerini analiz etmişlerdir. 1997 ve 2014 yılları arasında toplam yüz kırk üç yayını gözden geçirmişlerdir. Son yıllarda analitik hiyerarşi süreci, analitik ağ süreci ve bulanık temelli yaklaşımların baskın olduğu ve sosyal ve nicel değerlendirme kriterlerinin nadir olarak ele alındığını ortaya koymuşlardır. ÇKKV yöntemlerinden TOPSİS, Vikor, AHP, ANP ve DEMATEL ve bunlara ek olarak bu yöntemlerin genişletilmiş biçimleri yeşil tedarikçi seçim sürecinde kullanılmıştır (Govindan ve diğ., 2018). Büyüközkan ve Çiftçi (2012), firmaların etkili ve pozitif ün elde etmeleri için bulanık DEMATEL, ANP ve TOPSİS yöntemlerini içeren bir tedarik seçim ve değerlendirme modeli geliştirmişlerdir. Shen ve diğ. (2013) çalışmalarında, tedarikçilerin çevresel performansını değerlendirirken bulanık küme teorisini TOPSİS yöntemi ile birleştirmişlerdir. Mousakhani ve diğ. (2017), pil endüstrinden bir firmanın yeşil tedarikçi seçimi problemi için, grup karar verme yaklaşımı altında aralık tip 2 bulanık kümeleri ve TOPSİS yöntemini kullanarak yenilikçi bir yöntem önermişlerdir. Lo ve diğ. (2018), yeşil tedarikçilerin performansını sipariş tahsis yöntemiyle değerlendirirken, en iyi en kötü yöntemini bulanık TOPSİS ile birleştirmişlerdir. Bottani ve diğ. (2018), risklerin yanı sıra faydaları, maliyetleri, fırsatları ve riskleri göz önünde bulundurarak, tedarikçi seçimi için kalite fonksiyonu dağıtım yöntemini analitik ağ süreci yöntemine entegre edip uygulamışlardır. Jiang ve diğ. (2018) Tayvan’ın otomotiv endüstrisi için uygun yeşil tedarikçiler sıralamasını sağlayan ANP ve gri yöntemleri temelli DEMATEL yöntemi önermişlerdir. Shi ve diğ. (2018) belirsiz dilsel ifadelerin olduğu yeşil tedarikçi seçimi sorununu çözmek için öncelikle karar vericilerin belirsizliklerini en aza indirme amacıyla aralık-değeri olan sezgisel belirsiz dilsel kümeleri adapte etmişler ve sonrasında GİA-TOPSİS yöntemini uygulamışlardır. Wang ve Tsai (2018), Tayvan’da fotovoltaik sistem tasarımı için güneş paneli tedarikçisinin seçim ve değerlendirilmesi için bulanık AHP’yi veri zarflama analizi ile birleştiren bulanık bir ÇKKV modeli önermişlerdir. Awasthi ve diğ. (2018), şirketin alt tedarikçilerinin neden olabileceği riskleri göz önünde bulundurarak sürdürülebilir tedarikçi değerlendirmesi için AHP-VIKOR tabanlı bir model önermişlerdir. Santos ve diğ.

(2019), Brezilya mobilya endüstrisinin karar verme sürecindeki belirsizlikle başa çıkmak için Shannob'un Entropi ve TOPSIS yöntemini kullanan çevre dostu bir tedarikçi seçim modeli önermişlerdir. Wang ve diğ. (2018), Vietnam'daki gıda işleme endüstrisinde tedarikçi seçim kriterlerinin ağırlığını tanımlamak için bulanık AHP ve yeşil veri zarflama analizine dayanan bir ÇKKV yöntemi önermişlerdir. Guarnieri ve Trojan (2019), çalışmalarında tedarikçi seçim kriterlerinin ağırlığını AHP yöntemini ile belirlemiş ve tekstil endüstrisindeki tedarikçilerini sosyal, çevresel ve ekonomik kriterlere göre sınıflandırmak için ELECTRE yöntemini kullanmışlardır. Hashemi ve diğ. (2015) çalışmalarında hem ekonomik hem de çevresel kriterleri kullanarak kapsamlı bir yeşil tedarikçi seçim modeli önermişlerdir. Analitik ağ süreci yöntemini, kriterler arasındaki ilişkilerle başa çıkmak için kullanmışlar ve geleneksel gri ilişkisel analizi yöntemini, tedarikçi seçim kararlarındaki doğal belirsizlikleri daha iyi ele alma amacıyla geliştirmişlerdir. Karar vericilerin değerlendirme sürecine katılarak dilsel değerlendirme yapabildiği yeşil tedarikçi seçim ve değerlendirmesi için önerilen yaklaşımın uygulaması otomotiv endüstrisinde bir vaka çalışması ile sunulmuştur. Wang ve diğ. (2016), hem ekonomik hem de çevresel kriterleri kullanarak yeşil tedarikçi seçimi ve değerlendirmesi için kapsamlı bir bulanık çok kriterli karar verme yaklaşımı önermişlerdir. Önerilen yaklaşımda, belirsiz ortamdaki kriterlerin önem ağırlıklarını belirlemek için bulanık bir analitik hiyerarşi süreci kullanılmıştır. Ek olarak, potansiyel tedarikçileri değerlendirmek ve sıralamak için bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Geliştirilen modelin uygulanabilirliğini göstermek içinde parlaklık geliştirme filmi endüstrisi uygulaması sunulmuştur.

Shemshadi ve diğ. (2011), Sanayei ve diğ. (2010), Sahu ve diğ. (2016), Roostae ve diğ. (2012) grup ÇKKV problemlerinden olan tedarikçi seçim probleminde bulanık Vikor yöntemini kullanmışlardır. Yazdani ve diğ. (2019) ve Ahmadi ve diğ. (2017) çalışmalarında gri ilişkisel analiz yöntemini incelemişlerdir. Awasthi ve diğ. (2016), Akman (2015), Zhao ve diğ. (2017) yeşil tedarikçi seçiminde bulanık Vikor yöntemini tercih etmişlerdir. Hashemi ve diğ. (2015), Bali ve diğ. (2013), gri ilişkisel analiz yöntemini yeşil tedarikçi seçimi problemi için ele almışlardır. Liao ve diğ. (2016), Büyüközkan ve Göçer (2018) yeşil tedarikçi seçimini bulanık Aras yöntemi ile değerlendirmişlerdir. Mavi ve diğ. (2017), Zorbakhshnia ve diğ. (2018) çalışmalarında tedarikçi seçim ve değerlendirilmesinde bulanık SWARA yöntemini kullanmışlardır. Banaeian ve diğ. (2018), tarımsal gıda endüstrinin yeşil tedarikçi seçim problemine üç popüler yöntem olan TOPSIS, Vikor ve GİA yöntemlerine bulanık küme teorisini dahil ederek uygulanmasını ele almışlardır. Her üç yöntemle aynı tedarikçi

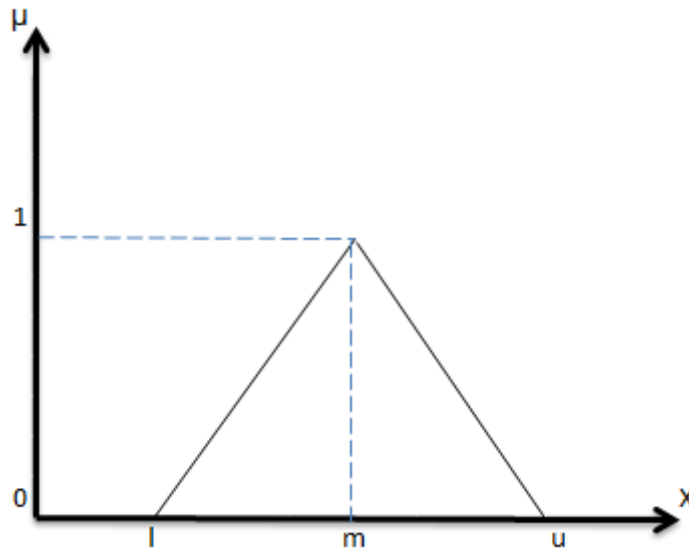
sıralamasını elde etmişlerdir. Rashidi ve Cullinane (2019), sürdürülebilir tedarikçi seçiminde iki yaygın yöntem olan bulanık Topsis ve bulanık veri zarflama analizi yöntemlerinin sonuçlarının karşılaştırmalı analizini sunmuşlardır. Yapılan literatür çalışmasında da görüldüğü gibi yeşil tedarikçi seçimi konusunda yapılan çalışma sayısı oldukça sınırlıdır. Ayrıca, yeşil tedarikçi seçim problemi için kriter ağırlıklarının bulanık SWARA yöntemini ile, TOPSİS, Vikor, GİA, ve Aras yöntemlerini kullanılarak yeşil tedarikçi sıralaması belirleyen yayın literatürde yer almamaktadır.

3. METODOLOJİ

3.1. Bulanık Küme Teorisi

Bulanık küme teorisi, Zadeh tarafından 1965 yılında karar vericilerin görüşleri gibi kesin olmayan bilgilerin olduğu sistemlerin modellenmesi için çok güçlü bir araç olarak tanıtılmıştır. Dilsel ifadeler, model içerisindeki değişkenlerin bulanık kümelerini ve üyelik fonksiyonlarını açıklamakta kullanılmaktadır. Bulanık sayılar içerisinde en fazla tercih edilen üçgen bulanık sayılardır. Üçgen bulanık sayı, Şekil 1’de grafik gösterimi verildiği gibi başlangıç noktası l , tepe noktası m ve bitiş noktası u olan ve $[l, m, u]$ şeklinde tanımlanır. Bu gösterim belirtilen şartlar altında üyelik fonksiyonu olarak tanımlanır: l ’den m ’ye kadar artan fonksiyon, m ’den u ’ya kadar azalan fonksiyon, $l \leq m \leq u$.

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 0 & \text{for } x < l, x > u \\ \frac{x-l}{m-l} & \text{for } l \leq x \leq m \\ \frac{u-x}{u-m} & \text{for } m \leq x \leq u \end{cases} \quad (1)$$



Şekil 1. Üçgen Bulanık Sayı Örneği

İki üçgen bulanık sayı $\tilde{A} = (l_1, m_1, u_1,)$ ve $\tilde{B} = (l_2, m_2, u_2,)$ olmak üzere iki bulanık sayının matematiksel işlemleri şu şekilde tanımlanmaktadır:

$$\tilde{A} + \tilde{B} = (l_1, m_1, u_1,) + (l_2, m_2, u_2,) = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2,) \quad (2)$$

$$\tilde{A} - \tilde{B} = (l_1, m_1, u_1,) - (l_2, m_2, u_2,) = (l_1 - l_2, m_1 - m_2, u_1 - u_2,) \quad (3)$$

$$\tilde{A} \times \tilde{B} = (l_1, m_1, u_1,) \times (l_2, m_2, u_2,) = (l_1 l_2, m_1 m_2, u_1 u_2,) \quad (4)$$

$$\tilde{A} / \tilde{B} = (l_1, m_1, u_1,) / (l_2, m_2, u_2,) = (l_1 / l_2, m_1 / m_2, u_1 / u_2,) \quad (5)$$

İki üçgen bulanık sayı arasındaki uzaklık şu şekilde tanımlanmaktadır:

$$d(\tilde{A}, \tilde{B}) = \sqrt{\frac{1}{3} [(l_1 - l_2)^2 + (m_1 - m_2)^2 + (u_1 - u_2)^2]} \quad (6)$$

Bulanık sayılar real sayılara bu şekilde dönüştürülebilirler:

$$\text{Real}(\tilde{A}) = \frac{l+2m+u}{4} \quad (7)$$

3.2. Bulanık Topsis

Hwang ve Yoon (1981) tarafından geliştirilen Topsis, en iyi alternatif negatif ideal çözüme en uzak olan ve pozitif ideal çözüme en yakın olan yaklaşımı temelli bir yöntemdir. Bulanık TOPSİS yöntemi rasyonelliği ve hesaplama basitliğinden ve en fazla tercih edilen yöntemlerden biridir. TOPSİS adımları şu şekildedir: Karar matrisi Eşitlik (9) kullanılarak normalize edilir. Normalize edilen bulanık karar matrisi kriterlerin ağırlıkları ile çarpılarak bulanık ağırlıklı normalize karar matrisi (Eşitlik (10)) elde edilir. Pozitif ideal (A^+) çözümü Eşitlik (11) ve negatif ideal (A^-) çözümü Eşitlik (12) kullanılarak belirlenir. Her bir alternatifin pozitif ideal çözümden ve negatif ideal çözümden olan uzaklıkları Eşitlik (6) yardımıyla hesaplanır. Eşitlik (13) ve Eşitlik (14) hesaplamaları gerçekleştirilir ve her alternatifin yakınlık endeksi Eşitlik (15) kullanılarak elde edilir. Yakınlık endeksi (CI) 0 ile 1 arasında bir değer almaktadır. Yakınlık endeksi en büyük olan alternatif en iyi alternatif olarak seçilir (Junior ve diğ., 2014).

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{n \times m} \quad (8)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{l_{ij}}{\sqrt{\sum_i u_{ij}^2}}, \frac{m_{ij}}{\sqrt{\sum_i u_{ij}^2}}, \frac{u_{ij}}{\sqrt{\sum_i u_{ij}^2}} \right) \quad (9)$$

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} \times \tilde{w}_{ij} \quad (10)$$

$$\tilde{A}^+ = \{\tilde{v}_1^+, \tilde{v}_2^+, \dots, \tilde{v}_n^+\} \tag{11}$$

$$\tilde{A}^- = \{\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-\} \tag{12}$$

$$d_i^+ = \sum_{j=1}^n d_v(v_{ij}, v_j^+) \tag{13}$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d_v(v_{ij}, v_j^-) \tag{14}$$

$$\text{Yakınlık endeksi (CI)} = (d_i^-) / ((d_i^+) + (d_i^-)) \tag{15}$$

3.3. Bulanık Gri İlişkisel Analiz

Deng (1989) tarafından ortaya çıkan ‘gri teori’yi temel alan gri ilişkisel analiz yöntemi, alternatifler ve ideal alternatif arasındaki benzerlik ve farklılık derecesini göstermeyi amaçlamaktadır. Eğer alternatif ve ideal alternatif arasındaki değişim trendi tutarlıysa aralarında kuvvetli ilişki, tutarlı değilse aralarında zayıf ilişki vardır. Yöntemde referans verisi ile karşılaştırılacak veriler arasındaki ilişki, gri ilişkisel analiz yöntemi kullanılarak ölçülmektedir (Kuo ve Liang, 2011). Bulanık GİA yöntemi hem bulanık teori hem de gri sistem birleştirdiğinden netliğin olmadığı belirsizlik durumunun modellenmesine imkan vermektedir. Gri ilişkisel analiz yöntemi adımları şu şekildedir: Karar matrisi Eşitlik (16)’da verilen formülasyonlar kullanılarak normalize karar matrisine dönüştürülür. Eşitlik (17) ile referans serisi belirlenmektedir. Referans serisi ile her bir karşılaştırma verisi arasındaki uzaklık δ_{ij} Eşitlik (3) ile hesaplanır. Gri ilişki katsayısı ξ_{ij} Eşitlik (18)’de tanımlanmıştır. Gri ilişki derecesi Eşitlik (19) yardımıyla hesaplanır. Alternatifler gri ilişki derecesine göre sıralanır ve en yüksek gri ilişki derecesine sahip alternatif en iyi alternatif olarak belirlenir (Lin ve diğ., 2002).

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{l_{ij}}{u_j^+}, \frac{m_{ij}}{u_j^+}, \frac{u_{ij}}{u_j^+} \right), i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, n$$

$$u_j^+ = \max_i \{u_{ij}\} \quad \forall i = 1, \dots, m \tag{16}$$

$$\tilde{R}_0 = [\tilde{r}_{01}, \tilde{r}_{02}, \dots, \tilde{r}_{0n} = \max(\tilde{r}_{ij})] \quad j = 1, \dots, n \tag{17}$$

$$\xi_{ij} = \frac{\delta_{\min} + \rho \delta_{\max}}{\delta_{ij} + \rho \delta_{\max}}$$

$$\delta_{\max} = \max(\delta_{ij}), \delta_{\min} = \min(\delta_{ij}) \text{ ve } \rho \in [0,1]. \tag{18}$$

$$\gamma_i = \sum_{j=1}^n w_j \xi_{ij}, i = 1, \dots, m \quad (19)$$

3.4. Bulanık Vikor Yöntemi

Opricovic'in geliştirdiği yöntem, maksimum toplum faydası ve minimum bireysel pişmanlığını sağlayan bütünleştirici çözümü elde etmektedir (Opricovic ve Tzeng, 2004). Bulanık Vikor yöntemi grup faydasını en iyilemek için uzlayıştırıcı çözüm oluşturması nedeniyle tercih edilmektedir. Vikor yöntemi adımları şu şekildedir: Karar matrisi oluşturulup her kriterin (j) en iyi en kötü değerleri Eşitlik (20) kullanılarak belirlenir. Eşitlik (21) kullanılarak \tilde{S}_i maksimum çoğunluk kuralı ve Eşitlik (22) kullanılarak \tilde{R}_i minimum bireysel pişmanlık hesaplanır. \tilde{Q}_i indeksi, grup faydası ve bireysel pişmanlık bilgileri birlikte değerlendirilerek elde edilir (Eşitlik 25). Eşitlik (25)'de kullanılan ν ağırlığı maksimum grup fayda önem değeri, $(1-\nu)$ bireysel pişmanlık önem değerini ifade etmektedir (Awasthi ve Kannan, 2016).

$$\tilde{f}_j^* = \max_j \tilde{f}_{ij}, \tilde{f}_j^- = \max_j \tilde{f}_{ij} \quad (20)$$

$$\tilde{S}_i = \sum_{j=1}^n [\tilde{w}_j (\tilde{f}_j^* - \tilde{f}_{ij}^*) / (\tilde{f}_j^* - \tilde{f}_j^-)] \quad (21)$$

$$\tilde{R}_i = \max_j [\tilde{w}_j (\tilde{f}_j^* - \tilde{f}_{ij}^*) / (\tilde{f}_j^* - \tilde{f}_j^-)] \quad (22)$$

$$\tilde{S}_i^* = \max_i \tilde{S}_i, \tilde{S}_i^- = \max \tilde{S}_i \quad (23)$$

$$\tilde{R}_i^* = \max_i \tilde{R}_i, \tilde{R}_i^- = \max \tilde{R}_i \quad (24)$$

$$\tilde{Q}_i = \nu (\tilde{S}_i - \tilde{S}_i^*) / (\tilde{S}_i^- - \tilde{S}_i^*) + (1-\nu) (\tilde{R}_i - \tilde{R}_i^*) / (\tilde{R}_i^- - \tilde{R}_i^*) \quad (25)$$

Hesaplanan $\tilde{S}_i, \tilde{R}_i, \tilde{Q}_i$ indeks değerleri küçükten büyüğe doğru sıralanır ve en küçük indeks değeri olan alternatif en iyi alternatif olarak belirlenir. Burada çözümün uzlayıştırıcı çözüm olup olmadığını belirlemek önemlidir. Bu da şu iki şartın sağlanıp sağlanmamasına bağlı olarak belirlenmektedir.

Koşul 1. $Q(A^2) - Q(A^1) \geq DQ$

$DQ = 1/(m-1)$; m alternatif sayısını, A^2 sıralamada ikinci sırada yer alan alternatifi ifade etmektedir.

Koşul 2. A^1 alternatif sıralamasında S ve R de en iyi alternatif olmak zorundadır.

Eğer 1. koşul sağlanmazsa, $Q(A^m)-Q(A') \leq DQ$ şartı sağlanırsa, A^m ve A' uzlaştırıcı çözüm olur. Eğer ikinci koşul sağlanmazsa da Q değeri minimum olan alternatif en iyi alternatif olarak seçilir.

3.5. Bulanık Aras Yöntemi

ÇKKV yöntemlerinden biri olan Aras yöntemi, her alternatifi varsayımsal olarak ideal olan çözüm ile karşılaştırmaya dayanır (Turskis ve Zavadskas, 2010). Bulanık Aras yöntemi işlem adımı ve sonuca ulaşma kolaylığı sağladığından tercih edilen yöntemlerdendir. Yöntemin adımları şu şekildedir: Karar vericiler karar matrisini oluşturur. Karar matrisi normalize edilir ve sonrasında normalize karar matrisi kriterlerin ağırlıkları ile çarpılarak ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi elde edilir. Eşitlik (26) ile ideal çözümler elde edilir. Her bir alternatifin görelî fayda değeri Eşitlik (27) kullanılarak hesaplanır. En iyi alternatif en yüksek fayda değerine sahip olan alternatif seçilir (Turskis ve Zavadskas, 2010).

$$\tilde{f}_j^* = \max_j \tilde{f}_{ij} \quad (26)$$

$$\tilde{K}_i = \sum_{j=1}^m \tilde{f}_{ij} / \sum_i^m \tilde{f}_j^* \quad (27)$$

3.6. Bulanık Swara Yöntemi

Keršulhene, Zavadskas ve Turskis (2010) tarafından geliştirilen Swara yöntemi, değerlendirme kriterlerinin ağırlıklarının belirlenmesinde kullanılan yeni yöntemlerdendir. Karar vericilerin kriter önem dereceleri dikkate alınıp, ortak kriter ağırlığı elde edilmektedir. Karar vericiler, kriterleri önem derecesine göre karşılaştırmaktadırlar. Katsayı değeri Eşitlik (28) 'deki şekilde hesaplanır. Önem vektörü Eşitlik (29) yardımıyla elde edilir. Kriter ağırlığı Eşitlik (30) 'le belirlenir (Zarbakhshnia ve diğ., 2018).

$$\tilde{k}_j = \begin{cases} \tilde{1} & j = 1 \\ s_j + \tilde{1} & j > 1 \end{cases} \quad (28)$$

$$\tilde{q}_j = \begin{cases} \tilde{1} & j = 1 \\ \frac{x_{j-1}}{\tilde{k}_j} & j > 1 \end{cases} \quad (29)$$

$$w_j = \frac{\tilde{q}_j}{\sum_{k=1}^n \tilde{q}_k} \quad (30)$$

4. UYGULAMA

Uygulamanın yapıldığı orta ölçekli, şehir mobilyası sektöründe faaliyet gösteren işletmenin tedarikçi seçim sürecine yeşil tedarikçi seçim yaklaşımı önerilmiştir. İşletme ürün kalitesini artırmak, çevreye duyarlı ürün üretebilmek, çevreye zararı en aza indirebilmek ve işletmenin çevre performansını artırmak için en uygun yeşil tedarikçiyi belirlemek istemektedirler. Öncelikle alanında uzman olan ve uygulama yapılan işletmede çalışan üç karar verici tarafından, işletmede tedarikçi seçim süreci incelenecek olan ürün grubu belirlenmiştir. Kriter belirleme aşamasında, literatürde yapılan çalışmalarda en sık kullanılan kriterler karar vericilerle paylaşılmıştır. Karar vericilerin ürün grubu için belirlemiş oldukları kriterler Tablo 1’de özetlenmiştir. Tedarik edilecek olan ürünlerin firmanın belirlediği standartlara uygunluğu ve arızalı ürün gönderme durumunu içeren *kalite* kriteri; tedarik edilecek olan malzemenin birim fiyat, iskonto kullandırma durumunu içeren *maliyet* kriteri; siparişin zamanında ve doğru teslim edilme, doğru ürünün, istenen teslimat şartlarına uygun olarak teslimi, ulaşılabilirlik durumunu kapsayan *teslimat* kriteri, sipariş verilecek olan işletmenin sektör pozisyonu, teknik kapasitesi, değişimlere açık olma ve cevap verebilme, deneyimi, ortak çalışma kabiliyeti ve istekliliğini içeren *teknik* kriter; işletmeyle tedarikçinin çevreye duyarlı ürün üretme konusunda ortak çalışma isteği, tedarik edilecek malzemenin firma istekleri doğrultusunda çevreye ve insan sağlığına etkisinin en aza indirilebilme çalışmaları, tedarikçinin üretim, dağıtım ve satış sonrasında çevreye ve insan sağlığına zararı düşünerek süreçlerini yönetmeleri, teknoloji olarak çevreye duyarlı teknolojiler edinme durumu ve isteği, atık yönetimi, enerji verimliliği, ürünün geri dönüşü gibi durumları içeren *yeşil* kriter çalışmada kullanılmıştır.

Tablo 1. Kriterler

C1	Maliyet
C2	Kalite
C3	Teslimat
C4	Teknik
C5	Yeşil kriter

Tedarikçi seçme ve değerlendirme kriterlerini ölçmek ve tedarikçi değerlendirmesi için uygun dilsel değişkenlerin tanımlanması oldukça önemlidir. Dilsel veriler, Tablo 2 (Chang, 1996) ve Tablo 3 (Banaeian ve diğ., 2018)’de verildiği gibi üçgen bulanık sayılar ile

ifade edilebilmektedir. Üyelik fonksiyonu değerleri geçmiş veriler ve uzmanların görüşleri kullanılarak belirlenmektedir.

Tablo 2. Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesinde Kullanılan Dilsel Değişkenler

Dilsel Değişkenler (önemi)	Bulanık Sayı
Eşit önemli (EÖ)	(1, 1, 1)
Orta derecede daha az önemli (OÖ)	(2/3, 1, 3/2)
Daha az önemli (DÖ)	(2/5, 1/2, 2/3)
Çok daha az önemli (ÇDÖ)	(2/7, 1/3, 2/5)
Oldukça az önemli (OAÖ)	(2/9, 1/4, 2/7)

Tablo 3. Tedarikçi Değerlendirilmesinde Kullanılan Dilsel Değişkenler

Dilsel Değişkenler (önem derecesi)	Bulanık Sayı
Çok Zayıf (ÇZ)	(0, 1, 2)
Zayıf (Z)	(1, 2, 3)
Orta Zayıf (OZ)	(2, 3.5, 5)
Orta (O)	(4, 5, 6)
Orta İyi (OI)	(5, 6.5, 8)
İyi (İ)	(7, 8, 9)
Çok İyi (Çİ)	(8, 9, 10)

Tüm karar vericilerin görüşleri dikkate alınarak SWARA yöntemi kullanılarak nihai kriter ağırlıklarının belirlenmiştir. Karar ortamında, Tablo 2’deki dilsel ifadelerle karar verici uzmanlardan kriterleri değerlendirmeleri istenmiştir. Karar vericilerin her birinden, kriterleri en önemliden başlayıp sıralamaları ve sonrasında da kriterlerin önem derecelerini Tablo 2’deki dilsel ifadelerle belirlemeleri istenmiştir. Tablo 4’de üç uzmanın kriterler için görüşleri verilmiştir. Bulanık SWARA yöntemiyle elde edilen bütünleştirilmiş kriter ağırlıkları Eşitlik (31)’de sunulmuştur.

Tablo 4. Karar Vericilerin SWARA Önem Düzeyleri

SIRALAMA	KV1		KV2		KV3	
1	K1	-	K2	-	K3	-
2	K2	OÖ	K5	EÖ	K1	OÖ
3	K5	EÖ	K1	OÖ	K2	EÖ
4	K3	OÖ	K3	EÖ	K4	EÖ
5	K4	OÖ	K4	OÖ	K5	EÖ

$$W=[(0.25, 0.30, 0.36) (0.26, 0.30, 0.36) (0.19, 0.22, 0.25) \\ (0.03, 0.04, 0.07) (0.12, 0.14, 0.16)] \quad (31)$$

Karar vericiler tarafından potansiyel üç alternatif tedarikçi belirlenmiştir. Tablo 3’de verilen dilsel ifadeler kullanılarak karar verici uzmanların oluşturdukları Tablo 5’de sunulan karar matrisi oluşturulmuştur. Swara yöntemi kullanılarak elde edilen bulanık kriter ağırlık değerleri, Bulanık TOPSİS, Bulanık Vikor, Bulanık Aras, Bulanık GİA yöntemlerinde kullanılmıştır. Her bir yöntemin ayrı ayrı uygulanmasıyla elde edilen sonuçlar Tablo 6’da özetlenmiştir. Yöntemlerden elde edilen tedarikçi sıralamaları tüm yöntemlerde aynı olduğundan bütünleştirilmiş sıralama yöntemlerden elde edilen sıralamadır. Yöntemlerden elde edilen sonuçlara göre ‘Tedarikçi 2’ ilk sırada, ‘Tedarikçi 1’ ikinci sırada, ‘Tedarikçi 3’ üçüncü sırada yer almaktadır. Elde edilen sonuçlara göre ‘Tedarikçi 2’ en iyi yeşil tedarikçi olarak belirlenmiştir.

Çalışmada kullanılan dört ÇKKV yönteminin temel ve kavramsal benzerliklerine, farklılıklarına bakarak yöntemler değerlendirilmiştir. TOPSİS yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Vikor, en küçük sapmayı hesaplamayı amaçlamaktadır. Kriter ağırlıkları, TOPSİS yönteminde uzaklık hesaplama (Eşitlik (10)), Vikor yönteminde son değerleri hesaplarken (Eşitlik (21) ve (22)), Aras yönteminde optimallik değerini hesaplarken, GİA yönteminde son gri ilişki değerini hesaplarken (Eşitlik (19)) sürece dahil edilmektedir.

Çok kriterli karar verme yöntemleri farklı normalizasyon fonksiyonları kullandığından elde edilen sonuçlar farklılaşabilmektedir. Normalizasyon, ölçüt birimlerinin ortadan kaldırılarak tüm ölçütlerin sıfır ve bir arasında boyutsuz değer almasını sağlayan bir işlemdir. Vikor ve GİA yöntemleri doğrusal normalizasyon kullanırken, TOPSİS yöntemi euclid uzaklığına bağlı vektör normalizasyonu, Aras yöntemine de manhattan uzaklığına bağlı normalizasyonu kullanmaktadır. Doğrusal normalizasyon verinin orijinal değerlendirme biriminden bağımsızken (Suarez-Alvarez ve diğ., 2012), diğerlerinde normalizasyon işlemi değerlendirme birimine bağlıdır (Opricovic ve Tzeng, 2004).

Çok kriterli karar verme yöntemleri farklı bütünleştirme fonksiyonları kullanmaktadır. TOPSİS, GİA, Vikor, Aras yöntemlerinin bütünleştirme fonksiyonları sırasıyla Eşitlik (15), (19), (25), (27) da sunulmuştur. TOPSİS yöntemi, en iyi ve en kötü sonuçlara olan uzaklığın önemini dikkate almamaktadır. Vikor yönteminin bütünleştirme fonksiyonu (Eşitlik (25)) sıralama yapmak için yeterli değildir ve uzlaştırıcı çözümün önerilmektedir. GİA yönteminde her bir alternatif için en iyi ve en kötü sonuçlar ve ağırlıklar kullanılarak gri ilişki derecesi

(Eşitlikte (19)) hesaplanmaktadır. Aras yönteminde en iyi sonuçlara göre görelî fayda değeri (Eşitlik (27)) elde edilip bu değere göre alternatiflerin sıralaması yapılmaktadır. Yöntemlerin işlem adımlarına baktığımızda bulanık GİA ve bulanık Aras yöntemleri diğer yöntemlere göre daha az işlem adımıyla sonuca ulaşmaktadır. Vikor yöntemi en iyi olan alternatifi belirlenmesinde diğer üç yönteme göre daha karmaşıktır. Ele alınan problemdeki gibi kesin ve net bilginin olmadığı durumlar için literatürde GİA yöntemi tercih edilmektedir. Gri sistem, kısmi, tam olmayan bilgi olduğunda tercih edilmektedir. Bulanık teorinin ve gri sistemin (bulanık GİA) birlikte kullanımı, tam olmayan bilginin ve problem belirsizliğinin modellenmesinde kullanılabilir.

Tablo 5. Karar Matrisi

KARAR VERİCİLER	TEDARİKÇİLER	K1	K2	K3	K4	K5
KV1	T1	İ	Oİ	Oİ	O	O
	T2	Çİ	Çİ	İ	İ	Çİ
	T3	Z	O	İ	O	O
KV2	T1	Çİ	İ	İ	İ	İ
	T2	İ	Çİ	O	İ	İ
	T3	O	O	O	İ	O
KV3	T1	Oİ	İ	Oİ	Oİ	Oİ
	T2	Oİ	İ	Oİ	İ	İ
	T3	OZ	Z	Z	O	OZ

Tablo 6. Bulanık ÇKKV Yöntemlerinin Sonuçları

Tedarikçiler	Bulanık TOPSİS	Bulanık VİKOR	Bulanık Aras	Bulanık GİA
T1	2	2	2	2
T2	1	1	1	1
T3	3	3	3	3

5. SONUÇLAR

Çevreye duyarlı tedarik zinciri yönetimi ve tasarımında önemli konulardan biri yeşil tedarikçi seçimidir. Yeşil tedarikçi seçimi konusunda yapılan çalışmalarda çok kriterli karar verme yöntemleri bulanık teori ile birleştirilmektedir. Bu çalışmada, tedarik zinciri yönetimini geliştirerek yeşil hale getirmeyi amaçlayan bir işletmenin önemli kararlarından olan yeşil tedarikçi seçimini, dört farklı ÇKKV yöntemi (TOPSİS, Vikor, GİA, Aras) kullanarak gerçekleştirmektedir.

Çalışmanın uygulanacağı şehir mobilya işletmesinde çalışan karar vericiler, tedarikçi seçim ve değerlendirmesinde kullanılacak olan ekonomik ve çevresel kriterleri belirlemişlerdir. Birden fazla kriterin ve birden fazla karar vericinin olduğu durumlarda belirsizliğin ve karar vericilerin deneyimlerinin dilsel ifadelerle belirtilmesi kaçınılmazdır. Bu çalışmada bulanık mantık, karar verme sürecine dahil edilerek bu durumun üstesinden gelinmiş ve bilgi kaybı en aza indirilmiştir. Tedarikçi seçim kriter ağırlıkları, karar vericilerin görüşlerini dilsel ifadelerle belirtebildiği bulanık SWARA yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Tedarikçi seçim ve değerlendirmesinde birden fazla ve çelişen kriterler olduğundan çok kriterli karar verme yöntemlerinin uygulanması uygun bulunmuştur. Yeşil tedarikçi sıralaması, bulanık TOPSİS, bulanık Vikor, bulanık GİA ve bulanık Aras yöntemlerinin sonuçlarından elde edilmiştir. Kullanılan dört yöntemle aynı tedarikçi sıralaması elde edilmiştir. Bulanık GİA yöntemi diğer üç yöntemle göre, bu probleme normalizasyon yöntemi, adım sayısı, bütünleştirme fonksiyonu, sistem hakkında tam bilginin olmadığı ve belirsiz sistemleri modelleme ve uygulama kolaylığı yönüyle daha uygun bir yöntemdir.

Bu çalışma, Bulanık SWARA-Bulanık TOPSİS, Bulanık SWARA-Bulanık Vikor, Bulanık SWARA-Bulanık Aras, Bulanık SWARA-Bulanık GİA yöntemleri kullanılarak yeşil tedarikçi sıralamasının belirlenmesi, kriter ağırlıklarının bulanık sayı olması ve önerilen yeşil tedarikçi seçim modelinin gerçek hayat problemine uygulanması ile literatüre katkı sağlamaktadır. Ayrıca önerilen karar verme modeli farklı problemlere uygulanabilir veya yeni çıkan ÇKKV yöntemleri ile bu problem ele alınabilir.

KAYNAKÇA

- Aissaoui, N., Haouari, M., ve Hassini, E. (2007). "Supplier Selection and Order Lot Sizing Modeling: A Review", *Computers & operations research*, 34(12), 3516-3540.
- Agarwal, P., Sahai, M., Mishra, V., Bag, M., ve Singh, V. (2011). "A Review of Multi-Criteria Decision Making Techniques for Supplier Evaluation And Selection", *International journal of industrial engineering computations*, 2(4), 801-810.
- Ahmadi, H. B., Petrucci, S. H. H., ve Wang, X. (2017). "Integrating sustainability into supplier selection with analytical hierarchy process and improved grey relational analysis: a case of telecom industry" *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 90(9-12), 2413-2427.
- Akman, G. (2015). "Evaluating Suppliers to Include Green Supplier Development Programs via Fuzzy C-Means And VIKOR Methods", *Computers & industrial engineering*, 86, 69-82.
- Amin, S. H., ve Zhang, G. (2012). "An Integrated Model for Closed-Loop Supply Chain Configuration and Supplier Selection: Multi-Objective Approach", *Expert Systems with Applications*, 39(8), 6782-6791.
- Awasthi, A., Chauhan, S. S., ve Goyal, S. K. (2010). "A Fuzzy Multicriteria Approach for Evaluating Environmental Performance of Suppliers", *International Journal of Production Economics*, 126(2), 370-378.
- Awasthi, A., ve Kannan, G. (2016). "Green Supplier Development Program Selection using NGT and VIKOR Under Fuzzy Environment", *Computers & Industrial Engineering*, 91, 100-108.
- Awasthi, A., Govindan, K., ve Gold, S. (2018). "Multi-Tier Sustainable Global Supplier Selection using a Fuzzy AHP-VIKOR Based Approach", *International Journal of Production Economics*, 195, 106-117.
- Bai, C., ve Sarkis, J. (2010). "Integrating Sustainability into Supplier Selection With Grey System And Rough Set Methodologies", *International Journal of Production Economics*, 124(1), 252-264.
- Bali, O., Kose, E., ve Gumus, S. (2013). "Green Supplier Selection Based on IFS And GRA", *Grey Systems: Theory and Application*, 3(2), 158-176.
- Banaeian, N., Nielsen, I. E., Mobli, H., ve Omid, M. (2014). "Green Supplier Selection In Edible Oil Production by a Hybrid Model Using Delphi Method And Green Data Envelopment Analysis (GDEA)", *Management and Production Engineering Review*, 5(4), 3-8.
- Banaeian, N., Mobli, H., Fahimnia, B., Nielsen, I. E., ve Omid, M. (2018). "Green Supplier Selection Using Fuzzy Group Decision Making Methods: A Case Study From The Agri-Food Industry", *Computers & Operations Research*, 89, 337-347.
- Bottani, E., Centobelli, P., Murino, T., ve Shekarian, E. (2018). "A QFD-ANP Method for Supplier Selection with Benefits, Opportunities, Costs and Risks Considerations", *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 17(03), 911-939.
- Büyüközkan, G., ve Vardaloğlu, Z. (2008). "Yeşil tedarik zinciri yönetimi", *Lojistik Dergisi*, 8, 66-73.
- Büyüközkan, G., ve Çifçi, G. (2011). "A Novel Fuzzy Multi-Criteria Decision Framework for Sustainable Supplier Selection With Incomplete Information", *Computers in industry*, 62(2), 164-174.
- Büyüközkan, G., ve Çifçi, G. (2012). "A Novel Hybrid MCDM Approach Based on Fuzzy DEMATEL, Fuzzy ANP And Fuzzy TOPSIS To Evaluate Green Suppliers", *Expert Systems with Applications*, 39(3), 3000-3011.
- Büyüközkan, G., ve Göçer, F. (2018). "An Extension Of Aras Methodology Under Interval Valued Intuitionistic Fuzzy Environment for Digital Supply Chain", *Applied Soft Computing*, 69, 634-654.
- Chai, J., Liu, J. N., ve Ngai, E. W. (2013). "Application of Decision-Making Techniques in Supplier Selection: A Systematic Review of Literature", *Expert systems with applications*, 40(10), 3872-3885.
- Chang, D. Y. (1996). "Applications of The Extent Analysis Method on Fuzzy AHP", *European journal of operational research*, 95(3), 649-655.
- Choi, T. M. (2013). "Optimal Apparel Supplier Selection With Forecast Updates Under Carbon Emission Taxation Scheme". *Computers & Operations Research*, 40(11), 2646-2655.
- Deng, J. L. (1989). "Introduction to Grey System". *The Journal of Grey System*, 1, 1-24.

- Dos Santos, B. M., Godoy, L. P., ve Campos, L. M. (2019). Performance evaluation of green suppliers using entropy-TOPSIS-F. *Journal of Cleaner Production*, 207, 498-509.
- Govindan, K., Rajendran, S., Sarkis, J., ve Murugesan, P. (2015). "Multi Criteria Decision Making Approaches for Green Supplier Evaluation and Selection: A Literature Review", *Journal of Cleaner Production*, 98, 66-83.
- Govindan, K., Shankar, M., ve Kannan, D. (2018). "Supplier Selection Based on Corporate Social Responsibility Practices", *International Journal of Production Economics*, 200, 353-379.
- Grisi, R. M., Guerra, L., ve Naviglio, G. (2010). "Supplier Performance Evaluation for Green Supply Chain Management", In *Business performance measurement and management* (pp. 149-163). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Guarnieri, P., ve Trojan, F. (2019). "Decision Making On Supplier Selection Based on Social, Ethical, and Environmental Criteria: A Study In The Textile Industry", *Resources, Conservation and Recycling*, 141, 347-361.
- Hashemi, S. H., Karimi, A., ve Tavana, M. (2015). "An Integrated Green Supplier Selection Approach with Analytic Network Process and Improved Grey Relational Analysis", *International Journal of Production Economics*, 159, 178-191.
- Ho, W., Xu, X., ve Dey, P. K. (2010). "Multi-Criteria Decision Making Approaches for Supplier Evaluation and Selection: A Literature Review", *European Journal of operational research*, 202(1), 16-24.
- Hwang, C. L., ve Yoon, K. (1981). "Methods for Multiple Attribute Decision Making", In *Multiple attribute decision making*. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Jiang, P., Hu, Y. C., Yen, G. F., ve Tsao, S. J. (2018). "Green Supplier Selection for Sustainable Development of The Automotive Industry Using Grey Decision-Making", *Sustainable Development*, 26(6), 890-903.
- Junior, F. R. L., Osiro, L., ve Carpinetti, L. C. R. (2014). "A comparison between Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS methods to supplier selection", *Applied Soft Computing*, 21, 194-209.
- Keršulene, V., Zavadskas, E. K. ve Turskis, Z. (2010), "Selection of Rational Dispute Resolution Method by Applying New Step-Wise Weight Assessment Ratio Analysis (SWARA)", *Journal of Business Economics and Management*, 11(2), 243-258.
- Keshavarz Ghorabae, M., Amiri, M., Zavadskas, E. K., ve Antucheviciene, J. (2017). "Supplier Evaluation and Selection In Fuzzy Environments: A Review of MADM Approaches", *Economic research-Ekonomiska istraživanja*, 30(1), 1073-1118.
- Kuo, M. S., ve Liang, G. S. (2011). "Combining VIKOR with GRA Techniques to Evaluate Service Quality of Airports Under Fuzzy Environment", *Expert Systems with Applications*, 38(3), 1304-1312.
- Lee, A. H., Kang, H. Y., Hsu, C. F., ve Hung, H. C. (2009). "A Green Supplier Selection Model for High-Tech Industry", *Expert systems with applications*, 36(4), 7917-7927.
- Liao, C. N., Fu, Y. K., ve Wu, L. C. (2016). "Integrated FAHP, ARAS-F And MSGP Methods For Green Supplier Evaluation And Selection", *Technological and Economic Development of Economy*, 22(5), 651-669.
- Lin, C. L., Lin, J. L., ve Ko, T. C. (2002). "Optimisation of the EDM process based on the orthogonal array with fuzzy logic and grey relational analysis method", *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 19(4), 271-277.
- Lo, H. W., Liou, J. J., Wang, H. S., ve Tsai, Y. S. (2018). "An Integrated Model For Solving Problems in Green Supplier Selection and Order Allocation", *Journal of Cleaner Production*, 190, 339-352.
- Mavi, R. K., Goh, M., ve Zarbakhshnia, N. (2017). "Sustainable Third-Party Reverse Logistic Provider Selection With Fuzzy SWARA and Fuzzy MOORA In Plastic Industry", *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 91(5-8), 2401-2418.
- Mousakhani, S., Nazari-Shirkouhi, S., ve Bozorgi-Amiri, A. (2017). "A Novel Interval Type-2 Fuzzy Evaluation Model Based Group Decision Analysis for Green Supplier Selection Problems: A Case Study Of Battery Industry", *Journal of cleaner production*, 168, 205-218.

- Nielsen, I. E., Banaeian, N., Golińska, P., Mobli, H., ve Omid, M. (2014). "Green Supplier Selection Criteria: From A Literature Review to a Flexible Framework For Determination of Suitable Criteria". In *Logistics operations, supply chain management and sustainability* (pp. 79-99). Springer, Cham.
- Opricovic, S., ve Tzeng, G. H. (2004). "Compromise Solution by MCDM Methods: A Comparative Analysis of VIKOR and TOPSIS", *European journal of operational research*, 156(2), 445-455.
- Rashidi, K., ve Cullinane, K. (2019). "A Comparison of Fuzzy DEA and Fuzzy TOPSIS in Sustainable Supplier Selection: Implications For Sourcing Strategy", *Expert Systems with Applications*, 121, 266-281.
- Roostae, R., Izadikhah, M., Lotfi, F. H., ve Rostamy-Malkhalifeh, M. (2012). "A Multi-Criteria Intuitionistic Fuzzy Group Decision Making Method For Supplier Selection With VIKOR Method", *International Journal of Fuzzy System Applications (IJFSA)*, 2(1), 1-17.
- Sanayei, A., Mousavi, S. F., ve Yazdankhah, A. (2010). "Group Decision Making Process For Supplier Selection With VIKOR Under Fuzzy Environment", *Expert Systems with Applications*, 37(1), 24-30.
- Sahu, A. K., Datta, S., ve Mahapatra, S. S. (2016). "Evaluation and selection of resilient suppliers in fuzzy environment: exploration of fuzzy-VIKOR", *Benchmarking: An International Journal*, 23(3), 651-673.
- Shen, L., Olfat, L., Govindan, K., Khodaverdi, R., ve Diabat, A. (2013). "A Fuzzy Multi Criteria Approach for Evaluating Green Supplier's Performance in Green Supply Chain With Linguistic Preferences", *Resources, Conservation and Recycling*, 74, 170-179.
- Shemshadi, A., Shirazi, H., Toreihi, M., ve Tarokh, M. J. (2011). "A Fuzzy VIKOR Method For Supplier Selection Based on Entropy Measure For Objective Weighting", *Expert Systems with Applications*, 38(10), 12160-12167.
- Shi, H., Quan, M. Y., Liu, H. C., ve Duan, C. Y. (2018). "A Novel Integrated Approach for Green Supplier Selection with Interval-Valued Intuitionistic Uncertain Linguistic Information: A Case Study in the Agri-Food Industry", *Sustainability*, 10(3), 733.
- Srivastava, S. K. (2007). "Green Supply-Chain Management: A State-Of-The-Art Literature review", *International Journal Of Management Reviews*, 9(1), 53-80.
- Suarez-Alvarez, M. M., Pham, D. T., Prostov, M. Y., ve Prostov, Y. I. (2012). "Statistical approach to normalization of feature vectors and clustering of mixed datasets", *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 468(2145), 2630-2651.
- Turskis, Z., ve Zavadskas, E. K. (2010). "A New Fuzzy Additive Ratio Assessment Method (ARAS-F). Case Study: The Analysis of Fuzzy Multiple Criteria in Order To Select The Logistic Centers Location", *Transport*, 25(4), 423-432.
- Tuzkaya, G., Ozgen, A., Ozgen, D., ve Tuzkaya, U. R. (2009). "Environmental Performance Evaluation of Suppliers: A Hybrid Fuzzy Multi-Criteria Decision Approach", *International Journal of Environmental Science & Technology*, 6(3), 477-490.
- Yazdani, M., Kahraman, C., Zarate, P., ve Onar, S. C. (2019). "A Fuzzy Multi Attribute Decision Framework With Integration of QFD And Grey Relational Analysis", *Expert Systems with Applications*, 115, 474-485.
- Yıldız, A., ve Yayla, A. Y. (2015). "Multi-Criteria Decision-Making Methods for Supplier Selection: A Literature Review", *South African Journal of Industrial Engineering*, 26(2), 158-177.
- Wang Chen, H. M., Chou, S. Y., Luu, Q. D., ve Yu, T. H. K. (2016). "A Fuzzy MCDM Approach for Green Supplier Selection From The Economic and Environmental Aspects", *Mathematical Problems in Engineering*, 2016.
- Wang, T. C., ve Tsai, S. Y. (2018). "Solar Panel Supplier Selection for The Photovoltaic System Design by Using Fuzzy Multi-Criteria Decision Making (MCDM) Approaches", *Energies*, 11(8), 1989.
- Wang, C. N., Nguyen, V. T., Thai, H. T. N., Tran, N. N., ve Tran, T. L. A. (2018). "Sustainable Supplier Selection Process in Edible Oil Production by a Hybrid Fuzzy Analytical Hierarchy Process and Green Data Envelopment Analysis For The Smes Food Processing Industry", *Mathematics*, 6(12), 302.
- Weber, C. A., Current, J. R., ve Benton, W. C. (1991). "Vendor Selection Criteria And Methods", *European journal of operational research*, 50(1), 2-18.
- Zadeh, L. A. (1965). "Fuzzy sets", *Information and control*, 8(3), 338-353.

- Zarbakshnia, N., Soleimani, H., ve Ghaderi, H. (2018). "Sustainable Third-Party Reverse Logistics Provider Evaluation And Selection Using Fuzzy SWARA and Developed Fuzzy COPRAS In The Presence of Risk Criteria", *Applied Soft Computing*, 65, 307-319.
- Zhao, J., You, X. Y., Liu, H. C., ve Wu, S. M. (2017). "An Extended VIKOR Method Using Intuitionistic Fuzzy Sets and Combination Weights For Supplier Selection", *Symmetry*, 9(9), 169.
- Zimmer, K., Fröhling, M., ve Schultmann, F. (2016). "Sustainable Supplier Management–A Review of Models Supporting Sustainable Supplier Selection, Monitoring and Development", *International Journal of Production Research*, 54(5), 1412-1442.

GCCPRIS