

## Küresel Bulanık Sayılara Dayalı TOPSIS Tekniğiyle Yeşil Tedarikçi Seçimi

Karahan KARA\*  
Galip Cihan YALÇIN\*\*

### Öz

Sürdürülebilir tedarik zinciri yapılarının oluşturulabilmesi için doğru tedarikçi seçimi önemlidir. Özellikle çevreye ve insan sağlığına duyarlı tedarikçilerin yani yeşil tedarikçilerin tespit edilmesi tedarikçi seçim sürecindeki temel hedefler arasında yer almaktadır. Yeşil tedarikçi seçim (YTS) problemi yoğunlukla çok kriterli karar verme ve çok ölçütlü grup karar verme araştırmalar konusudur. Bu araştırma da bir otel işletmesinin LTS problemi ele alınmıştır. Araştırmada küresel bulanık sayılar kullanılarak “İdeal çözüme benzerliğe göre sıralama tercihi (TOPSIS)” tekniği uygulanmıştır. Araştırma kapsamında üç karar verici, dört alternatif ve dört kriter (Ekonomi, Kalite, Sosyal ve Çevresel kriterler) kullanılmıştır. Küresel bulanık dilsel ifadelere dayalı toplanan veriler Küresel Ağırlıklı Aritmetik Ortalama (SWAM) operatörü ile birleştirilmiş ve kriterler ağırlıklandırılmıştır. Küresel bulanık sayılara dayalı TOPSIS tekniğiyle alternatifler sıralanmıştır. Araştırma bulgularına göre otel işletmesinin LTS kriter ağırlığı en yüksek kriter kalite kriteri olarak, en düşük kriter sosyal kriter olarak belirlenmiştir. Uygulama sonucunda alternatiflerin sıralaması yapılmış ve üçüncü alternatif en iyi alternatif olarak tespit edilmiştir. Araştırmacılara LTS problem çözümünde bulanık sayılarla çok ölçütlü grup karar verme tekniklerinin uygulanması önerilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Küresel Bulanık Sayılar, TOPSIS, Yeşil Tedarikçi Seçimi

## Green Supplier Selection with TOPSIS Technique Based on Spherical Fuzzy Numbers

### Abstract

It is important to select the right supplier to create sustainable supply chain structures. Identifying suppliers that are particularly sensitive to the environment and human health, that is, green suppliers, is among the main objectives in the supplier selection process. The green supplier selection (GSS) problem is mostly the subject of multi-criteria decision-making and multi-attribute group decision-making research. In this research, the GSS problem of a hotel business is discussed. Technique for order preference by similarity to ideal solution (TOPSIS) technique was applied by using spherical fuzzy numbers in the research. Within the scope of the research, three decision makers, four alternatives and four criteria (Economic, quality, social and environmental criteria) were used. The collected data based on spherical fuzzy linguistic expressions were combined with the Spherical Weighted Arithmetic Mean (SWAM) operator and the criteria were weighted. Alternatives are ranked by TOPSIS technique based on spherical fuzzy numbers. According to the research findings, the GSS criterion weight of the hotel business was determined as the highest criterion quality criterion and the lowest criterion as social criterion. As a result of the application, the alternatives were ranked, and the third alternative was determined as the best alternative. It has been suggested to the researchers to apply multi-criteria group decision making techniques with fuzzy numbers in solving GSS problem.

**Keywords:** Spherical Fuzzy Numbers, TOPSIS, Green Supplier Selection

**Geliş/Received:** 10. 10. 2022

**Kabul/Accepted:** 19. 12. 2022

- **Etik Kurul İzin:** Bu çalışma için Artvin Çoruh Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu'nun 05.12.2022 tarih ve E-18457941-050.99-72835 sayılı kararıyla etik kurul izni alınmıştır.

\* Dr. Öğr. Üyesi, Artvin Çoruh Üniversitesi, Hopa MYO, Lojistik Programı (Ass. Prof., Artvin Çoruh University, Hopa Vocational School, Logistics program), [karahan.kara@artvin.edu.tr](mailto:karahan.kara@artvin.edu.tr), ORCID ID: 0000-0002-1359-0244

\*\* Doktora programı öğrencisi, Kırıkkale Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Matematik Programı (Phd. Student, Kırıkkale University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Mathematics Program), [pgcy2014@gmail.com](mailto:pgcy2014@gmail.com), ORCID ID: 0000-0001-9348-0709

(Makale türü: Araştırma makalesi)

## Giriş

Çevreci bakış açısının giderek önem kazanmasıyla tedarik zinciri yapıları yeşil tedarik zinciri yapılarına evrilmektedir. Yönetimsel açıdan tedarik zinciri başarısı tedarik zinciri üyelerinin beklentilerine dayanmaktadır. Bu beklentilerin yeşil odaklı olması tedarik zinciri yönetiminde çevreyi dikkate alan kaygıların önemsenmesini sağlamaktadır. Literatürde bütünsel yaklaşımla yeşil tedarik zinciri yapılarını ele alan çalışmalar bulunmaktadır (Tsai ve Hung, 2009; Yeh ve Chuang, 2011; Khalilzadeh ve Derikvand, 2018). Aynı zamanda her bir tedarik zinciri yönetim sürecini konu alan çalışmalara da rastlanmaktadır (Vachon, 2007; Lee vd., 2009; Malviya vd., 2018; Rinaldi vd., 2021). Tedarikçi seçimi bu yönetim uygulamaları arasında yer alan alt süreçler arasındadır. Tedarikçi seçim başarısı tedarikçi seçim probleminin doğru tanımlanması, kriterlerin doğru belirlenmesi ve alternatifler havuzunun doğru seçilmesine bağlıdır. Yeşil tedarik zincirinde başarılı tedarikçi seçimi ise sürdürülebilir ve yeşil tedarikçi seçim (YTS) kriterlerinin doğru belirlenmesine bağlıdır. Ayrıca YTS probleminin çözümünde kullanılacak metot ve algoritmalar problemin çözüm başarısına katkı sağlamaktadır.

Çok kriterli karar verme ve çok ölçütlü grup karar verme teknikleri YTS probleminin doğru ele alınması ve çözümlenmesi için kullanılan temel yaklaşımlardır. Özellikle bulanık mantığa dayalı YTS problemlerinde karar vericilerin dilsel ifadelerine dayalı seçim uygulamaları seçim performansını yükseltmektedir. Bulanık mantık uygulamalarının literatüre kazandırılmasından sonra bulanık mantık tabanlı farklı metotlar geliştirilmiştir. Literatürde bazı bulanık mantık temelli metotlar “bulanık sayılar (fuzzy sets)” (Zadeh, 1965), sezgisel bulanık sayılar (intuitionistic fuzzy sets) (Atanassov, 1999), Pisagor bulanık sayılar (Pythagorean fuzzy sets) (Yager, 2013), nütrosifik bulanık sayılar (neutrosophic sets) (Smarandache, 2005), küresel bulanık sayılar (spherical fuzzy sets)’dir (Yang ve Chiclana, 2009). YTS probleminin çözümünde bu bulanık temelli yaklaşımların uygulandığı açıkça görülmektedir.

Bu çalışmada otel işletmelerinde yeşil tedarikçi seçim probleminin ele alınması amaçlanmıştır. Yeşil tedarikçi seçim kriterlerinin belirlenmesi ve alternatif tedarikçiler arasından en iyi tedarikçinin tespit edilmesi için küresel bulanık sayılara dayalı TOPSIS yönteminin uygulanması hedeflenmiştir. Bu çalışmaya ait araştırma soruları şu şekilde oluşturulmuştur.

Araştırma Sorusu 1: Otel işletmelerinin yeşil tedarikçi seçim problem kriterleri belirlenerek önceliklendirilebilir mi?

Araştırma Sorusu 2: Küresel bulanık sayılara dayalı TOPSIS tekniği kullanılarak Bir otel işletmesinin kriter ağırlıklarına dayalı en iyi yeşil tedarikçi alternatifi belirlenebilir mi?

Yukarıda sunulan araştırma sorularını cevaplamak için öncelikle yeşil tedarikçi seçim probleminde kullanılan kriterlere ve tekniklere ait literatür incelemesi yapılmış ve literatür bölümünde sunulmuştur. Akabinde küresel bulanık sayılara dayalı TOPSIS tekniği metodoloji bölümünde açıklanmıştır. Sonuç ve

tartışma bölümünde araştırma bulgularına dayalı elde edilen sonuçlar paylaşılmıştır. Öneriler ve Kısıtlar bölümünde ise araştırma sonuçlarına göre geliştirilen öneriler ve araştırmaya ait kısıtlara yer verilmiştir.

### Literatür İncelemesi ve Kriterlerin Tespit Edilmesi

Yeşil tedarikçi seçim araştırmalarında ele alınan kriterler ve tekniklere ait literatür incelemesi yapılmıştır. Literatür incelemesinde karşılaşılan yöntemlere ait kısaltmalar metin içinde sunulmayarak Tablo halinde sunulmuştur (Tablo 1). Literatür incelemesinde bulanık tabanlı çok kriterli karar verme araştırmalarına yer verilmiştir. Bu kapsamda bulanık mantık, sezgisel bulanık mantık, Pisagor bulanık mantık, Nötrosifik bulanık mantık ve küresel bulanık mantık çalışmaları ayrı ayrı ele alınarak sunulmuştur.

Bulanık kümeler yaklaşımı YTS problem çözümünde sıklıkla başvurulan yöntemler arasında yer almaktadır. Literatürde bulanık kümelere dayalı yapılan araştırmalarda Mavi (2015) bir işletmenin YTS uygulamasında F-AHP ve F-ARAS kullanmıştır. Ghorabae vd. (2016) YTS problem çözümünde IT2-F-WASPAS tekniğini kullanmışlardır. Büyüközkan ve Çifçi (2012) yeşil tedarik zinciri odaklı yeşil tedarikçi seçimini dört temel boyutla ele alarak F-ANP, F-DEMATEL, F-TOPSIS uygulamışlardır. Bu boyutlar örgütsel performans, yeşil lojistik, yeşil örgütsel faaliyetler ve yeşil tedarikçi değerlendirmesidir. Özellikle yeşil lojistik boyutu kapsamında temin, üretim, dağıtım, tersine lojistik ve paketleme kriterleri kullanılmıştır. Gupta vd. (2019) yeşil tedarikçi seçiminde F-AHP, F-TOPSIS, F-WASPAS ve F-MABAC uygulamışlardır. Elde edilen bulgular karşılaştırılmıştır.

**Tablo 1:** Kısaltmalar

Teknik	Tanımlama
F-AHP	Bulanık kümeler analitik hiyerarşi süreci
F-ARAS	Bulanık kümeler katkı oranı değerlendirmesi
IT2-F-WASPAS	Aralık tipi-2 bulanık kümeler ağırlıklı toplu toplam ürün değerlendirmesi
F-ANP	Bulanık analitik ağ süreci
F-DEMATEL	Bulanık kümeler karar verme deneme ve değerlendirme laboratuvarı
F-TOPSIS	İdeal çözüme benzerliğe göre sıra tercihi için bulanık kümeler tekniği
F-WASPAS	Bulanık kümeler ağırlıklı toplu toplam ürün değerlendirmesi
F-MABAC	Bulanık kümeler çok nitelikli sınır yaklaşım alanı karşılaştırması
F-GP	Bulanık kümeler hedef programlama
IF-CRITIC	Sezgisel bulanık kümeler, kriterler arası korelasyon yoluyla kriterlerin önemini belirleme
IF-COPRAS	Sezgisel bulanık kümeler karmaşık orantılı değerlendirme
IF-WASPAS	Sezgisel bulanık kümeler ağırlıklı toplu toplam ürün değerlendirmesi
IF-TOPSIS	İdeal çözüme benzerliğe göre sıralama tercihi için sezgisel bulanık kümeler tekniği
IF-MOORA	Sezgisel bulanık kümeler, oran analizi ile çok amaçlı optimizasyon

IF-GRA	Sezgisel bulanık kümeler gri ilişkisel analiz
IF-BWM	Sezgisel bulanık kümeler en iyi en kötü yöntem
IF-DANP-mV	Sezgisel bulanık kümeler karar verme deneme ve değerlendirme laboratuvar tabanlı analitik ağ süreci ve daha fazla kriter optimizasyonu ve uzlaşma çözümü
IF-AHP	Sezgisel bulanık kümeler analitik hiyerarşi süreci
IF-FlowSort	Sezgisel bulanık kümeler akış sıralaması
IF- MULTIMOORA	Sezgisel bulanık, oran analizi ile çok amaçlı optimizasyonu ayarlar
IF-DEMATEL	Sezgisel bulanık, karar verme deneme ve değerlendirme laboratuvarını ayarlar
PF-AHP	Pisagor bulanık, analitik hiyerarşi sürecini
PF-TOPSIS	İdeal çözüme benzerliğe göre sıralama tercihi için Pisagor bulanık kümeler tekniği
IV-PF-TOPSIS	İdeal çözüme benzerliğe göre sıra tercihi için aralık değerli Pisagor bulanık kümeler tekniği
IV-PF-DEA	Aralık değerli Pisagor bulanık kümeleri veri zarflama analizi
PF-TODIM	Pisagor çok kümeleri çok kriterli etkileşimli karar verme
IV-PF-TODIM	Aralık değerli Pisagor bulanık kümeleri çok kriterli etkileşimli karar verme
PF-VIKOR	Pisagor bulanık setleri daha fazla kriter optimizasyonu ve uzlaşma çözümü
SV-N-HWS	Tek değerli nütrosifik bulanık kümeler hibrit ağırlıklı benzerlik
N-AHP	Nütrosifik bulanık kümeler analitik hiyerarşi süreci
N-GP	Nütrosifik bulanık kümeler hedef programlama
IV-N-TOPSIS	İdeal çözüme benzerliğe göre sıra tercihi için aralık değerli nütrosifik bulanık kümeler tekniği
N-ANP	Nütrosifik bulanık analitik ağ süreci
N-VIKOR	Nütrosifik bulanık kümeler kriter optimizasyonu ve uzlaşma çözümü
N-EDAS	Ortalama çözümden uzaklığa dayalı nütrosifik bulanık küme değerlendirmesi
SV-N-TOPSIS	İdeal çözüme benzerliğe göre sıralama tercihi için tek değerli nütrosifik bulanık kümeler tekniği
IV-N-CRITIC-CoCoSo	Aralık değerli nütrosifik bulanık kümeler, kriterler arası korelasyon ve birleşik uzlaşık çözüm yoluyla kriterlerin önemini belirleme
DS-N-WA	Dinamik basitleştirilmiş nütrosifik bulanık kümeler ağırlıklı ortalama
SF-SWARA	Küresel bulanık kümeler adım adım ağırlık değerlendirme oranı analizi
SF-MARCOS	Küresel bulanık kümeler alternatiflerinin ölçümü ve uzlaşık çözüme göre sıralama
SF-MABAC	Küresel bulanık kümeler çok nitelikli sınır yaklaşım alanı karşılaştırması
SF-TODIM	Küresel bulanık kümeler çok kriterli etkileşimli karar verme
SF-TOPSIS	İdeal çözüme benzerliğe göre sıralama tercihi için küresel bulanık kümeler tekniği
SF-VIKOR	Küresel bulanık kümeler daha fazla kriter optimizasyonu ve uzlaşma çözümü

---

SF-AHP	Küresel bulanık kümeler analitik hiyerarşi süreci
SF-WASPAS	Küresel bulanık kümeler ağırlıklı toplu toplam ürün değerlendirme
SF-CODAS	Küresel bulanık kümeler birleştirici mesafeye dayalı değerlendirme

---

YTS uygulamalarında kullanılan diğer bulanık küme yöntemi ise sezgisel bulanık kümelerdir. Literatürde sezgisel bulanık kümelere dayalı yapılan araştırmalarda Xiao vd. (2020) çelik endüstrisinde IF-CRITIC kullanarak YTS sıralaması yapmışlardır. Kumari ve Mishra (2020) YTS uygulamasını imalat firmasında IF-COPRAS ile gerçekleştirmişlerdir. Xiong vd. (2020) esnek-yeşil tedarikçi seçiminde IF-WASPAS ve IF-TOPSIS uygulamışlardır. Rouyendegh vd. (2020) bir şirketin YTS probleminde IF-TOPSIS uygulamışlardır. YTS probleminde Sen vd. (2018) IF-TOPSIS, IF-MOORA ve IF-GRA tekniklerini kullanmışlardır. Tarım-gıda endüstrisinde Tian vd. (2018) YTS problemini IF-TOPSIS ve IF-BWM kullanarak gerçekleştirmişlerdir. Li ve Wu (2015), Memari vd. (2019) ve Cao vd. (2015) YTS problem uygulamalarında IF-TOPSIS uygulamışlardır. Phochanikorn and Tan (2019) ise YTS probleminde hibrit bir teknik olan IF-DANP-mV uygulamışlardır. Bali vd. (2013) YTS problem çözümünde IF-GRA uygulamışlardır. Demir ve Koca (2020) YTS probleminde IF-AHP uygulayarak elde edilen sonuçları IF-TOPSIS sonuçlarıyla karşılaştırmışlardır. Remadi ve Frikha (2020) ise YTS problem uygulamasında IF-FlowSort uygulamışlardır. YTS problem çözümünde Mohammadi vd. (2022) IF-BWM ve IF-MULTIMOORA uygulamışlardır. Govindan vd. (2015) ise IF-DEMATEL uygulamışlardır.

YTS uygulamalarında kullanılan diğer bulanık küme yöntemi ise Pisagor bulanık sayılardır. Literatürde Pisagor bulanık sayılara dayalı yapılan araştırmalarda Çalık (2021) ve Göçer (2021) YTS probleminde PF-AHP ve PF-TOPSIS tekniklerini uygulamışlardır. Yu vd. (2019) ise IV-PF-TOPSIS uygulamışlardır. Wu vd. (2019) YTS kriter ağırlıklarının ve alternatif performanslarının belirlenmesinde IV-PF-DEA uygulamışlardır. YTS probleminde Kaur vd. (2021) PF-TODIM, Zhao vd. (2021) ise IV-PF-TODIM kullanmışlardır. Zhou ve Chen (2020) ise YTS probleminde PF-VIKOR uygulamışlardır. Yücesan (2019) PF-AHP ve PF-TOPSIS tekniklerini uygulamıştır. Alrasheedi vd. (2021) PF-entropy-SWARA-WASPAS tekniklerini kullanarak hibrit bir yöntem uygulamışlardır.

Nötrosofik bulanık sayılar ile YTS probleminin ele alındığı ve açıklandığı araştırmalara da literatürde rastlanmaktadır. Islam ve Dep (2019) N-AHP ve N-GP tekniklerini uygulamışlardır. Ayrıca bu araştırmada IF-CRITIC ile N-GP bulguları karşılaştırılmıştır. Zeng vd. (2020) SV-N-HWS uygulamışlardır. Van vd. (2018) kalite fonksiyon dağıtımına dayalı YTS problemini IV-N-TOPSIS ile uygulamışlardır. Abdel-Baset vd. (2019) ise YTS problemini N-ANP ve N-VIKOR uygulayarak çözümlenmişlerdir. Xu vd. (2020) ise N-EDAS tekniğini tercih etmiştir. Sun ve Cai (2021) SV-N-TOPSIS tekniğini kullanmışlardır. Yazdani vd. (2021) ise YTS probleminde IV-N-CRITIC-CoCoSo tekniğini tercih etmişlerdir. Bali (2018) YTS seçim kriter ağırlıklandırmasını DS-N-WA ile gerçekleştirmiştir.

Küresel bulanık sayılar ise YTS problemlerinde kullanılan diğer bir bulanık yaklaşımdır. Taş vd. (2021) tekstil firması YTS probleminde SF-SWARA ve SF-MARCOS tekniğini kullanmıştır. Zhang vd. (2021) ise SF-MABAC tekniğini uygulamışlardır. Sharaf ve Khalil (2021) yeşil iş sağlığı ve güvenliği ekipmanları tedarikçi seçiminde SF-TODIM ile SF-TOPSIS ve SF-VIKOR sonuçlarını karşılaştırmış ve aynı sonuçları elde etmiştir. Unal ve Temur (2021) uluslararası bir şirketin YTS problemini SF-AHP ile çözümlenmiştir. Aydoğdu ve Gül (2020) 3D printer seçiminde SF-WASPAS uygulamışlar ve SF-TOPSIS, SF-VIKOR, SF-CODAS sonuçlarıyla karşılaştırmışlardır. Nguyen vd. (2022) çelik endüstrisinde sürdürülebilir tedarikçi seçimini SF-AHP ve SF-WASPAS tekniklerini uygulayarak tespit etmişlerdir. Qiyas ve Abdullah (2022) kimyasal işleme endüstrisinde yeşil tedarikçi seçim uygulamasını Küresel 2-tuple linguistic bulanık ile uygulamışlardır. Literatür incelemesi Tablo 2’de sunulmuştur.

Literatürde farklı endüstri ve şirketlerin çevreci tedarikçi seçimini konu alan birçok araştırmaya rastlanmaktadır. Bu araştırmalarda farklı bakış açıları ve farklı uzman değerlendirmelerine yönelik kriterler kullanılmıştır. YTS problemlerinde ele alınan kriterlere yönelik literatür incelemesi Tablo 3’te sunulmuştur. Genel olarak kriterler ana ve alt kriterler olarak belirlenmiştir. Bazı araştırmalarda ise kriterlerin ana ve alt kriterler olarak belirlenmeden sadece kriterler olarak ele alındığı görülmektedir. Bu araştırmada otel işletmesinin temizlik malzeme tedarikçi firmasının tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda otel işletmesinin tedarik faaliyetlerinde rol alan yöneticiler bir araya getirilerek yönetici görüş jürisi (Sanders ve Manrodt, 1994) oluşturulmuştur. Artvin Çoruh Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu’nun 05.12.2022 tarih ve E-18457941-050.99-72835 sayılı kararıyla etik kurul izni alınarak yönetici görüş jürisiyle yapılan görüşmeler sonunda 4 temel kriterin tedarikçi firma seçiminde kullanılması uygun görülmüştür. Bu kriterler ekonomik kriter (C1), kalite kriteri (C2), sosyal kriter (C3) ve çevresel kriter (C4)’dir.

Ekonomik Kriter (C1): Ekonomik kriter tedarikçi firma ürünlerinin elde etme sürecindeki ekonomik performansı yansıtmaktadır. Ekonomik kriter kapsamında finansal performans (Büyüközkan ve Çifçi, 2012), finansal statü (Li ve Wu, 2015), ekonomik çıktılar (Govindan vd., 2015), finansal yetkinlik (Ghorabae vd., 2016), fiyat (Sen vd., 2018; Yücesan, 2019; Gupta vd., 2019; Islam ve Dep, 2019; Zhou ve Chen, 2020; Unal ve Temur, 2021a), finansal (Tian vd., 2018),

**Tablo 2:** Bulanık Sayılara Ait Literatür İncelemesi

Bulanık	Teknik	Yazarlar
Bulanık Sayılar	F-AHP	Mavi (2015, Gupta vd. (2019)
	F-ARAS	Mavi (2015)
	IT2-F-WASPAS	Ghorabae vd. (2016)
	F-ANP	Büyüközkan ve Çifçi (2012)
	F-DEMATEL	Büyüközkan ve Çifçi (2012)

	F-TOPSIS	Yücesan (2019), Gupta vd. (2019)	
	F-WASPAS	Gupta vd. (2019)	
	F-MABAC	Gupta vd. (2019)	
	F-GP	Islam ve Dep (2019)	
	IF-CRITIC	Xiao vd. (2020), Islam ve Dep (2019)	
	IF-COPRAS	Kumari ve Mishra (2020)	
	IF-WASPAS	Xiong vd. (2020)	
	IF-TOPSIS	Cao vd. (2015), Li ve Wu (2015), Sen vd. (2018), Tian vd. (2018), Memari vd. (2019), Rouyendegh vd. (2020), Xiong vd. (2020),	
Sezgisel Bulanık Sayılar	IF-MOORA	Sen vd. (2018)	
	IF-GRA	Sen vd. (2018)	
	IF-BWM	Tian vd. (2018), Mohammadi vd. (2022)	
	IF-DANP-mV	Phochanikorn ve Tan (2019)	
	IF-AHP	Demir ve Koca (2020)	
	IF-FlowSort	Remadi ve Frikha (2020)	
	IF-MULTIMOORA	Mohammadi vd. (2022)	
	IF-DEMATEL	Govindan vd. (2015)	
		PF-AHP	Yücesan (2019), Çalık (2021), Göçer (2021)
		PF-TOPSIS	Çalık (2021), Göçer (2021)
Pisagor Bulanık Sayılar	IV-PF-TOPSIS	Yu vd. (2019)	
	IV-PF-DEA	Wu vd. (2019)	
	PF-TODIM	Kaur vd. (2021)	
	IV-PF-TODIM	Zhao vd. (2021)	
	PF-VIKOR	Zhou ve Chen (2020)	
	SV-N-HWS	Zeng vd. (2020)	
	N-AHP	Islam ve Dep (2019)	
	N-GP	Islam ve Dep (2019)	
Nötrosofik Bulanık Sayılar	IV-N-TOPSIS	Van vd. (2018)	
	N-ANP	Abdel-Baset vd. (2019)	
	N-VIKOR	Abdel-Baset vd. (2019)	
	N-EDAS	Xu vd. (2020)	
	SV-N-TOPSIS	Sun ve Cai (2021)	



	IV-N-CRITIC-CoCoSo	Yazdani vd. (2021)
	DS-N-WA	Bali (2018)
Küresel Bulanık Sayılar	SF-SWARA	Taş vd. (2021)
	SF-MARCOS	Taş vd. (2021)
	SF-MABAC	Zhang vd. (2021)
	SF-TODIM	Sharaf ve Khalil (2021)
	SF-TOPSIS	Sharaf ve Khalil (2021)
	SF-VIKOR	Sharaf ve Khalil (2021)
	SF-AHP	Unal ve Temur (2021), Nguyen vd. (2022)
	SF-WASPAS	Nguyen vd. (2022)
	SF-CODAS	Aydoğdu ve Gül (2020)

maliyet (Bali, 2018; Korucuk, 2018; Memari vd., 2019; Yu vd., 2019; Rouyendegh vd., 2020; Kaur vd., 2021; Qiyas ve Abdullah, 2022), toplam satın alma maliyeti (Xiao vd., 2020), ürün fiyatı (Zeng vd., 2020), ekonomik bakış (Alrasheedi vd., 2021) ve kredibilite (Salimian vd., 2022) bulunmaktadır.

**Kalite Kriteri (C2):** Kalite kriteri tedarikçi firma ürünlerinin ve hizmetlerinin kalite performansını yansıtır. Kalite kriteri kapsamında hizmet kalitesi (Büyüközkan ve Çifçi, 2012), genel kalite (Li ve Wu, 2015; Mavi, 2015; Sen vd., 2018; Yu vd., 2019; Yücesan, 2019; Rouyendegh vd., 2020; Aydoğdu ve Gül, 2020), teslimat ve hizmetler (Tian vd., 2018), hızlı cevap (Bali, 2018), ürün kalitesi (Memari vd., 2019), hizmet düzeyi (Gupta vd., 2019), hizmet hayatı (Xiao vd., 2020), teslimat zamanı (Shishavan vd., 2020), teslimat ödeneği ve esneklik (Sun ve Cai, 2021), zamanında teslimat (Salimian vd., 2022) ve hizmetler (Mohammadi vd., 2022) bulunmaktadır.

**Sosyal Kriter (C3):** Sosyal kriteri tedarikçi firmanın müşteri, tedarikçi ve rakipleriyle ilişki düzeylerini gösterir. Sosyal kriter kapsamında imaj (Li and Wu, 2015), emniyet (Sen vd., 2018), genel sosyal (Van vd., 2018; Phochanikorn ve Tan, 2019; Yücesan, 2019; Abdel-Baset vd., 2019; Unal ve Temur, 2021b), Emniyet ve sağlık (Memari vd., 2019), çalışan hakları ve refahı (Yu vd., 2019), tedarikçilerle stratejik ortaklık (Remadi ve Frikha, 2020), ilişki yakınlığı (Xu vd., 2020), kurumsal sosyal sorumluluk (Kaur vd., 2021), etik hususlar ve yasalara uyum (Yazdani vd., 2021), güvenilirlik (Nguyen vd., 2022) şirketin sosyal sorumlulukları (Mohammadi vd., 2022) bulunmaktadır.

**Çevresel Kriter (C4):** Çevresel kriter tedarikçi firmanın çevrenin korunması ve sürdürülebilir yaşam için sağladığı katkıya işaret eder. Çevresel kriter kapsamında yeşil teknoloji kullanımı (Bali vd., 2013), yeşil malzeme kullanımı (Bali vd., 2013), yeniden üretim faaliyetleri (Cao vd., 2015), tehlikeli madde yönetimi (Cao vd., 2015), çevre yönetim sistemi (Li ve Wu, 2015; Tian vd., 2018; Zhou ve Chen, 2020), yeşil tasarım



(Mavi, 2015), karbon yönetimi (Govindan vd., 2015), kaynak tüketimi (Ghorabae vd., 2016), kirlilik kontrolü (Sen vd., 2018; Memari vd., 2019; Gupta vd., 2019), tersine lojistik (Bali, 2018), yeşil tedarik (Xiong vd., 2020), yeşil tedarik zinciri girişi (Karamaşa vd., 2021) uygun malzeme (Aydoğdu ve Gül, 2020), çevre koruma (Demir ve Koca, 2020), atık su (Taş vd., 2021), çevresel temsil (Çalık, 2021), ekolojik (Göçer, 2021), enerji tüketimi (Kaur vd., 2021), çevreye uygunluk (Salimian vd., 2022) ve yeşil inovasyon (Mohammadi vd., 2022) bulunmaktadır.

**Tablo 3:** Yeşil Tedarikçi Seçim Kriterlerine Ait Literatür İncelemesi

Yazarlar	Kriterler
Büyüközkan ve Çifçi (2012)	Organizasyon, finansal performans, hizmet kalitesi, teknoloji, yeşil yetkinlikler (5 kriter)
Bali vd. (2013)	Hizmet kalitesi, yeşil imaj, yeşil teknoloji kullanımı, yeşil yönetim yaklaşımı, yeşil malzeme kullanımı, üretimde kirlilik/atık kontrolü, yeşil ürün, dağıtım, yeşil yetkinlikler, tersine lojistik, yeşil ambalaj, yeşil tasarım veya Ar-Ge (12 kriter)
Cao vd. (2015)	Çevresel maliyetler, yeniden üretim faaliyeti, enerji tüketimi, tersine lojistik programı, tehlikeli atık yönetimi, çevre sertifikasyonu (6 kriter)
Li ve Wu (2015)	İmaj, çevre yönetim sistemi, teknoloji, finansal durum, fiyat, çevre, hizmet, kalite, tedarikçi ilişkisi, dakiklik, lokasyon, operasyon kabiliyeti (12 kriter)
Mavi (2015)	Kalite, teslim süresi, esneklik, yeşil tasarım, kaynak tüketimi, çevre performans değerlendirilmesi (6 kriter)
Govindan vd. (2015)	Tersine lojistik, yeşil tasarım, yeşil satın alma, karbon yönetimi, tedarikçi çevre iş birliği, müşteri çevre iş birliği, ISO 14001 sertifikası, şirket içi yönetim desteği, çevresel performanslar, ekonomik sonuçlar (10 kriter)
Ghorabae vd. (2016)	Üretimin çevre kirliliği, kaynak tüketimi, ekolojik tasarım, çevre yönetim sistemi, yöneticilerin yeşil tedarik zincirine bağlılığı, yeşil teknoloji kullanımı, yeşil malzeme kullanımı (7 kriter)
Sen vd. (2018)	Fiyat, zamanında teslimat, hizmet ve ilişki, esneklik, kalite, finansal yeterlilik, üretim tesisleri, organizasyon, paydaş hakları, iş güvenliği, bilgilendirme, politikaya saygı, geri dönüşüm, atık elektrikli ekipman, ozon tabakasına zarar veren kimyasallar, yeşil Ar-Ge, yeşil tasarım, çevre yönetim sistemi, çevresel yeterlilikler, yenilik, kaynak tüketimi, yeşil ürün, kirlilik kontrolü (23 kriter)
Tian vd. (2018)	Finans, teslimat ve hizmetler, nitelik, çevre yönetim sistemi (4 ana kriter ve 16 alt kriter)
Van vd. (2018)	Ekonomik, çevresel, sosyal (3 ana kriter ve 24 alt kriter)
Bali (2018)	Maliyet, hızlı yanıt, hizmet kalitesi, yeşil üretim süreci, yeşil malzemeli yeşil ürün, dağıtım tersine lojistik (7 kriter)
Korucuk (2018)	Maliyetler, kalite, esneklik, lojistik seviyesi, müşteri memnuniyeti, güven, yenileşme düzeyi, bilgi paylaşımı, kaynak kullanımı (9 kriter)
Memari vd. (2019)	Maliyet, ürün kalitesi, hizmet performansı, çevresel verimlilik, yeşil imaj, kirliliğin azaltılması, yeşil yetkinlikler, güvenlik ve sağlık, istihdam uygulamaları (9 ana kriter ve 30 alt kriter)

Phochanikorn ve Tan (2019)	Ekonomik, çevresel, sosyal (3 ana kriter ve 13 alt kriter)
Yu vd. (2019)	Maliyet, kalite, teslimat, hizmet, esneklik, teknoloji yeteneği, çevre yönetim sistemleri, kaynak tüketimi, eko-tasarım, azaltma, yeniden kullanma ve geri dönüştürme, iş sağlığı ve güvenliği, çalışan hakları ve refahı, bilgi ifşası (13 kriter)
Wu vd. (2019)	Toplam gönderi maliyeti, gönderi sayısı, iş güvenliği ve işçi sağlığı maliyeti, eko-tasarım maliyeti, hatasız tedarikçi, zamanında ulaşacak gönderi sayısı, çalışanların menfaat ve hakları, yeşil yönetim sistemi (4 girdi kriteri ve 4 çıktı kriterleri)
Yücesan (2019)	Çevresel, sosyal, kalite, hizmet, risk, maliyet/fiyat, yetenek, iş yapısı (8 ana kriter ve 45 alt kriter)
Gupta vd. (2019)	Maliyet/Fiyat, çevre yönetim sistemleri, kalite, hizmet düzeyi, eko-tasarım, yeşil imaj, kaynak tüketimi, kirlilik kontrolü, personel çevre eğitimi (9 kriter)
Islam ve Dep (2019)	Maliyet, teslim süresi, kalite, sera gazı emisyonu, talep (4 kriter)
Abdel-Baset vd. (2019)	Ekonomik, sosyal, çevre (3 kriter)
Rouyendegh vd. (2020)	Kalite, maliyet, sürdürülebilirlik, yeşil üretim sistemi, yeşil tedarikçi imajı, işbirliği, yeşil uygulama, çevre yönetimi ve kontrolü (10 kriter)
Xiong vd. (2020)	Eko-tasarım, yeşil tedarik, kirlilik üretimi, yeşil paketleme, yeşil imaj, yaşam döngüsü yönetimi (6 kriter)
Kumari ve Mishra (2020)	Kirlilik, tedarik tüketimi, ekolojik tasarım, yöneticilerin yeşil tedarik zincirine bağlılığı, yeşil teknoloji kullanımı, yeşil malzeme kullanımı, kalite yönetimi (8 kriter)
Xiao vd. (2020)	Toplam satın alma maliyeti, hizmet ömrü, emisyon azaltımı, gürültü seviyesi (4 kriter)
Aydoğdu ve Gül (2020)	Malzemenin performansı, kalitesi, hızı, uygunluğu (4 kriter)
Zhou ve Chen (2020)	Kalite, hizmet, fiyat, çevre yönetim sistemi (4 ana kriter ve 16 alt kriter)
Shishavan vd. (2020)	Hizmet düzeyi, kalite, fiyat, teslim süresi, çevre yönetim sistemi (5 kriter)
Demir ve Koca (2020)	Tedarikçi performansı, çevre koruma, tedarikçi riski (3 kriter)
Remadi ve Frikha (2020)	Stratejik ortaklık için tedarikçiler, ihtiyaç durumları için tedarikçiler, budanacak tedarikçiler (3 kriter)
Zeng vd. (2020)	Üretim fiyatı, tedarik süresi, tedarikçinin hatalı üretim payı, tedarikçinin çevresel performansı (4 kriter)
Xu vd. (2020)	Fiyat/maliyet, kalite, teslimat, ilişki yakınlığı, çevre yönetim sistemleri (5 kriter)
Taş vd. (2021)	Çevre yönetim sistemi, yeşil paketleme, yeşil ulaşım, yeşil imaj, personel çevre yönetimi, yeşil depolama, kaynak/enerji tüketimi, yeşil tasarım, yeşil teknoloji, yeşil satın alma, kirlilik üretimi, atık su (12 kriter)
Alrasheedi vd. (2021)	Ekonomik yönler, sosyal yönler, çevresel yönler (20 alt kriter)
Zhang vd. (2021)	Kalite, fiyat, lojistik yetenek, hizmet seviyesi (4 kriter)
Sharaf ve Khalil (2021)	Fiyat, kalite, teslimat, performans (küresel bulanık-TOPSIS, 4 kriter)

---

	Ekipman kirletici olmamalı ve toksik olmamalıdır, ekipmanın geri dönüşüm olasılığı, yeniden kullanımı ve yeniden üretimi, atıkların azaltılması, tedarikçinin teslimatı ve yanıt verebilirliği, kalite (küresel bulanık- TOPSIS, 5 kriter)
Unal ve Temur (2021)	Ekonomik, kaliteli, sosyal, çevresel (4 kriter)
Çalık (2021)	Teslimat, kirlilik kontrolü, üretim, kalite, çevresel temsil (5 kriter)
Göçer (2021)	Ekolojik, ekonomik, sosyal (15 alt kriter)
Kaur vd. (2021)	Fiyat, kalite, enerji tüketimi, yeşil tasarım, teslimat hızı, kurumsal sosyal sorumluluk, çalışan eğitimi (7 kriter)
Zhao vd. (2021)	Ekibin yeteneği, çevreci tasarım ve üretim derecesi, atık bertaraf maliyeti, hizmet seviyesi (4 kriter)
Sun ve Cai (2021)	6 Kriter
Yazdani vd. (2021)	Ürün kalitesi, teslimat ödeneği ve esnekliği, kirlilik kontrol programı, çevre yönetim sistemi, yeşil üretim sistemi, tersine lojistik yönetimi, enerji yönetimi, sosyal sorumluluk, çalışan ve paydaş hakları, sağlık ve güvenlik planı sistemi, eğitim ve öğretim programları, etik konular ve yasal uygunluk (13 kriter)
Karamaşa vd. (2021)	Sistemik Çevre Dostu Uygulamalar, Çevresel Yaşam Döngüsü Analizi, Çevre Odaklı Stratejik Kararlar, Geri Dönüştürülebilir ve Yeniden Kullanılabilir Ürünler Tasarlamak, Ürün, Süreç ve Hizmet Değerlemesi, Çevre Dostu Ürünler İçin Karar Verme ve Takibi, Yeşil Tedarik Zinciri Girişimi (7 kriter)
Qiyas ve Abdullah (2022)	Maliyet, kalite, teslimat, hizmet, teknik yeterlilik, yeşil ürün, kirlilik kontrolü, çevre yönetimi (8 kriter)
Nguyen vd. (2022)	3 ana kriter (ekonomik, çevresel, sosyal) ve 21 alt kriter
Salimian vd. (2022)	Fiyat, kalite, zamanında teslimat, katkılar, yönetim, güvenilirlik, güvenlik, bilgi ifşası, çalışanlara sağlanan faydalar ve haklar, güvenlik eylemleri, eğitim, politikalar, çevresel uygunluk, çevre yönetim sistemleri, kirlilik kontrolü, ISO gerekliliklerini dikkate alın (17 kriter)
Mohammadi vd. (2022)	Kalite, finansal yönler, teknik kapasite, hizmetler, çevre yönetimi, kirlilik kontrolü, yeşil ürünler, yeşil imaj, yeşil inovasyon, tehlikeli maddelerin yönetimi, şirketlerin sosyal sorumlulukları (11 ana kriter ve 40 alt kriter)

## Yöntem

Bu bölümde YTS probleminin çözümü için kullanılan SF-TOPSIS uygulama adımları açıklanmıştır. Yang ve Chiclana (2009), Küresel bulanık sayılar (SF), sezgisel bulanık sayılar (IF) arasında bir mesafe fonksiyonu tanımlayarak ortaya koymuştur. SF’de bir karar verici tarafından üye olma veya olmama durumundaki tereddüt Eşitlik 1’de gösterildiği gibidir.

$$0 \leq \mu_A^2(u) + \vartheta_A^2(u) + \pi_A^2(u) \leq 1 \quad \forall u \in U \quad (1)$$

SF’deki amaç, üyelik fonksiyonlarının karar vericiler tarafından küresel bir yüzey üzerine tanımlanarak bulanık kümelerin diğer uzantılarının genelleştirilmesidir. SF’de evren Eşitlik 2’deki gibi tanımlanır.

$$\tilde{A}_S = \left\{ \left\langle u, \left( \mu_{\tilde{A}_S}(u), \vartheta_{\tilde{A}_S}(u), \pi_{\tilde{A}_S}(u) \right) \mid u \in U \right\rangle \right\} \quad (2)$$

SF’de sırasıyla üye olma, olmama ve tereddüt parametrelerinin her biri Eşitlik 3’teki gibi tanımlıdır.

$$\mu_{\tilde{A}_S}: U \rightarrow [0,1], \vartheta_{\tilde{A}_S}(u): U \rightarrow [0,1], \pi_{\tilde{A}_S}(u): U \rightarrow [0,1] \quad (3)$$

Çok ölçütlü grup karar verme yöntemlerinden biri olan SF-TOPSIS metodunda izlenilecek adımlar aşağıda sırasıyla sunulmuştur (Chen, 2000; Ye, 2010; Zhang ve Xu, 2014; Ye, 2015; Kutlu Gündoğdu ve Kahraman, 2019; Wang vd., 2019).

**Adım 1: Karar Matrisinin Oluşturulması:** Eşitlik 4’te yer alan “m” adet alternatif ve “n” adet kriterden oluşan karar matrisleri her bir karar verici tarafından oluşturmak için Tablo 4’ten yararlanılır.

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1j} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \cdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ x_{i1} & \cdots & x_{ij} & \cdots & x_{in} \\ \vdots & \cdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{mj} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (4)$$

$x_{ij}$  ( $i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$ ) i’nci alternatifin j’inci kritere göre değerlendirilmesidir.

**Adım 2: Karar Vericilerin Değerlendirmelerinin Birleştirilmesi:** Karar vericiler tarafından yapılan değerlendirmeler Küresel Ağırlıklı Aritmetik Ortalama (SWAM) yöntemi ile birleştirilir (Eşitlik 5). Eşitlikte yer alan “w” ifadesi karar vericilerin ağırlıklarını ifade etmektedir.

**Tablo 4:** Küresel bulanık sayılar için dilsel terimler

Dilsel Terimler	$(\mu, \vartheta, \pi)$
Kesinlikle daha fazla Önem (AMI)	(0.9, 0.1, 0.1)
Çok Yüksek Önem (VHI)	(0.8, 0.2, 0.2)
Yüksek Önem (HI)	(0.7, 0.3, 0.3)
Biraz Daha Önem (SMI)	(0.6, 0.4, 0.4)
Eşit Önem (EI)	(0.5, 0.5, 0.5)
Biraz Düşük Önem (SLI)	(0.4, 0.6, 0.4)
Düşük Önem (LI)	(0.3, 0.7, 0.3)
Çok Düşük Önem (VLI)	(0.2, 0.8, 0.2)
Kesinlikle Düşük Önem (ALI)	(0.1, 0.9, 0.1)

$$SWAM_w(\tilde{A}_{S1}, \tilde{A}_{S2}, \dots, \tilde{A}_{Sn}) = w_1\tilde{A}_{S1} + w_2\tilde{A}_{S2} + \cdots + w_n\tilde{A}_{Sn}$$

$$= \left\{ \left[ 1 - \prod_{i=1}^n (1 - \mu_{\tilde{A}_{Si}}^2)^{w_i} \right]^{1/2}, \prod_{i=1}^n \vartheta_{\tilde{A}_{Si}}^{2 w_i} \right\} \left[ \prod_{i=1}^n (1 - \mu_{\tilde{A}_{Si}}^2)^{w_i} - \prod_{i=1}^n (1 - \mu_{\tilde{A}_{Si}}^2 - \pi_{\tilde{A}_{Si}}^2)^{w_i} \right]^{1/2}; w_i = \frac{k_i}{\sum_{i=1}^n k_i} \quad (5)$$

Adım 3: Kriter Ağırlıklarının Hesaplanması: Tablo 3 değerleri kullanarak kriterler karar vericiler tarafından değerlendirilir. Eşitlik 5 ile kriter ağırlıkları birleştirilir.

Adım 4: Birleştirilmiş Karar Matrisinin Oluşturulması: Eşitlik 6 ile birleştirilmiş karar matrisi hesaplanır.

$$\tilde{A}_S \otimes \tilde{B}_S = \left\{ \mu_{\tilde{A}_S} \mu_{\tilde{B}_S}, \left( \vartheta_{\tilde{A}_S}^2 + \vartheta_{\tilde{B}_S}^2 - \vartheta_{\tilde{A}_S}^2 \vartheta_{\tilde{B}_S}^2 \right)^{1/2}, \left( (1 - \vartheta_{\tilde{B}_S}^2) \pi_{\tilde{A}_S}^2 + (1 - \vartheta_{\tilde{A}_S}^2) \pi_{\tilde{B}_S}^2 + \pi_{\tilde{A}_S}^2 \pi_{\tilde{B}_S}^2 \right)^{1/2} \right\} \quad (6)$$

Adım 5: Puan Fonksiyon Değerleri Hesaplanması: Eşitlik 7 ile puan fonksiyon değerleri hesaplanır.

$$Score(\tilde{A}_S) = (\mu_{\tilde{A}_S} - \pi_{\tilde{A}_S})^2 - (\vartheta_{\tilde{A}_S} - \pi_{\tilde{A}_S})^2 \quad (7)$$

Adım 6: Küresel Bulanık Pozitif İdeal Çözümü (SF-PIS) ve Küresel Bulanık Negatif İdeal Çözümü (SF-NIS) belirlenmesi: Eşitlik 8 ve Eşitlik 9 ile SF-PIS ve SF-NIS değerleri tespit edilir. Eşitlik 10 ve Eşitlik 11 ile alternatiflerle SF-PIS ve SF-NIS arasındaki uzaklıklar hesaplanır.

$$X^* = \{C_j, \max_i < Score(C_j(X_{iw})) > | j = 1, 2, \dots, n\} \quad (8)$$

$$X^* = \{\langle C_1, (\mu_1^*, \vartheta_1^*, \pi_1^*) \rangle, \langle C_2, (\mu_2^*, \vartheta_2^*, \pi_2^*) \rangle \dots \langle C_n, (\mu_n^*, \vartheta_n^*, \pi_n^*) \rangle\}$$

$$X^- = \{C_j, \min_i < Score(C_j(X_{iw})) > | j = 1, 2, \dots, n\} \quad (9)$$

$$X^- = \{\langle C_1, (\mu_1^-, \vartheta_1^-, \pi_1^-) \rangle, \langle C_2, (\mu_2^-, \vartheta_2^-, \pi_2^-) \rangle \dots \langle C_n, (\mu_n^-, \vartheta_n^-, \pi_n^-) \rangle\}$$

$$D(X_i, X^-) = \sqrt{\frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \left( (\mu_{x_i} - \mu_{x^-})^2 + (\vartheta_{x_i} - \vartheta_{x^-})^2 + (\pi_{x_i} - \pi_{x^-})^2 \right)} \quad (10)$$

$$D(X_i, X^*) = \sqrt{\frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \left( (\mu_{x_i} - \mu_{x^*})^2 + (\vartheta_{x_i} - \vartheta_{x^*})^2 + (\pi_{x_i} - \pi_{x^*})^2 \right)} \quad (11)$$

Adım 7: Maksimum ve minimum mesafelerin belirlenmesi: Eşitlik 12 ve Eşitlik 13 ile SF-NIS ve SF-PIS değerlerine maksimum ve minimum uzaklıklar hesaplanır.

$$D_{max}(X_i, X^-) = \max_{1 \leq i \leq m} D(X_i, X^-) \quad (12)$$

$$D_{min}(X_i, X^*) = \min_{1 \leq i \leq m} D(X_i, X^*) \quad (13)$$

Adım 8: Gözden geçirilmiş yakınlık oranını hesaplanması: Eşitlik 14 ile gözden geçirilmiş yakınlık oran değerleri hesaplanır.

$$\xi(X_i) = \frac{D(X_i, X^*)}{D_{min}(X_i, X^*)} - \frac{D(X_i, X^-)}{D_{max}(X_i, X^-)} \quad (14)$$

**Adım 9: En iyi alternatifi belirlenmesi:** Eşitlik 14'te hesaplanan değerlerden en düşük olanı en iyi alternatif olarak belirlenir.

### Uygulama

Otel işletmesinin YTS problemi çözümünde 4 alternatif arasından en iyi olan tedarikçi firmanın tespit edilebilmesi amacıyla 3 uzman değerlendirmesi dikkate alınmıştır. Ayrıca kriter seçim bölümünde sunulduğu gibi 4 kriter belirlenmiştir (ekonomik kriteri (C1), kalite kriteri (C2), sosyal kriteri (C3) ve çevresel kriter (C4)). Çalışmada uygulanan adımlar aşağıda sırasıyla sunulmuştur.

**Adım 1:** 3 karar verici tarafından 4 alternatif ve 4 kritere verilen sözel ve sayısal değerler Tablo 5 ve Tablo 6'da gösterilmiştir.

**Adım 2:** Eşitlik 5 ile karar vericilerin değerlendirmeleri birleştirilir. Bu değerler Tablo 7'de gösterilmiştir. Yönetici görüş jürisi tarafından Mianabai ve Afshar (2008) çalışmasında belirlenen {1,2,3,4,5} derecelendirme ölçeği kullanılarak her bir karar vericinin göreceli önemine ilişkin değerlendirmeler sırasıyla  $k_1=3$ ,  $k_2=4$ ,  $k_3=4$  olarak belirlenmiştir. Müteakiben normalizasyon işlemi yapılarak karar verici ağırlıkları sırasıyla 0,28; 0,36; 0,36 olarak belirlenmiştir.

**Tablo 5:** Dilsel Terimler

		C1	C2	C3	C4
<b>DM1</b>	<b>A1</b>	SMI	EI	SLI	HI
	<b>A2</b>	HI	SMI	EI	VHI
	<b>A3</b>	VHI	HI	EI	VHI
	<b>A4</b>	EI	SLI	LI	SMI
<b>DM2</b>	<b>A1</b>	VHI	HI	SMI	EI
	<b>A2</b>	HI	EI	HI	SLI
	<b>A3</b>	HI	EI	EI	SLI
	<b>A4</b>	VHI	SMI	HI	EI
<b>DM3</b>	<b>A1</b>	EI	SMI	SMI	SLI
	<b>A2</b>	SMI	HI	VHI	SMI
	<b>A3</b>	SMI	SMI	HI	EI
	<b>A4</b>	SLI	EI	EI	SLI

**Tablo 6:** Küresel bulanık sayılar

		C1	C2	C3	C4
<b>DM1</b>	<b>A1</b>	(0,6; 0,4; 0,4)	(0,5; 0,5; 0,5)	(0,4; 0,6; 0,4)	(0,7; 0,3; 0,3)
	<b>A2</b>	(0,7; 0,3; 0,3)	(0,6; 0,4; 0,4)	(0,5; 0,5; 0,5)	(0,8; 0,2; 0,2)
	<b>A3</b>	(0,8; 0,2; 0,2)	(0,7; 0,3; 0,3)	(0,5; 0,5; 0,5)	(0,8; 0,2; 0,2)
	<b>A4</b>	(0,5; 0,5; 0,5)	(0,4; 0,6; 0,4)	(0,3; 0,7; 0,3)	(0,6; 0,4; 0,4)
<b>DM2</b>	<b>A1</b>	(0,8; 0,2; 0,2)	(0,7; 0,3; 0,3)	(0,6; 0,4; 0,4)	(0,5; 0,5; 0,5)
	<b>A2</b>	(0,7; 0,3; 0,3)	(0,5; 0,5; 0,5)	(0,7; 0,3; 0,3)	(0,4; 0,6; 0,4)
	<b>A3</b>	(0,7; 0,3; 0,3)	(0,5; 0,5; 0,5)	(0,5; 0,5; 0,5)	(0,4; 0,6; 0,4)
	<b>A4</b>	(0,8; 0,2; 0,2)	(0,6; 0,4; 0,4)	(0,7; 0,3; 0,3)	(0,5; 0,5; 0,5)
<b>DM3</b>	<b>A1</b>	(0,5; 0,5; 0,5)	(0,6; 0,4; 0,4)	(0,6; 0,4; 0,4)	(0,4; 0,6; 0,4)
	<b>A2</b>	(0,6; 0,4; 0,4)	(0,7; 0,3; 0,3)	(0,8; 0,2; 0,2)	(0,6; 0,4; 0,4)
	<b>A3</b>	(0,6; 0,4; 0,4)	(0,6; 0,4; 0,4)	(0,7; 0,3; 0,3)	(0,5; 0,5; 0,5)
	<b>A4</b>	(0,4; 0,6; 0,4)	(0,5; 0,5; 0,5)	(0,5; 0,5; 0,5)	(0,4; 0,6; 0,4)

**Tablo 7:** SWAM operatörü kullanılarak karar matrisi

	C1	C2	C3	C4
<b>A1</b>	(0,67; 0,34; 0,36)	(0,62; 0,38; 0,39)	(0,56; 0,45; 0,40)	(0,54; 0,46; 0,41)
<b>A2</b>	(0,67; 0,33; 0,34)	(0,61; 0,39; 0,40)	(0,71; 0,30; 0,32)	(0,63; 0,38; 0,34)
<b>A3</b>	(0,70; 0,30; 0,31)	(0,60; 0,40; 0,41)	(0,59; 0,42; 0,43)	(0,60; 0,42; 0,38)
<b>A4</b>	(0,63; 0,38; 0,35)	(0,52; 0,48; 0,44)	(0,56; 0,46; 0,39)	(0,50; 0,50; 0,44)

*Adım 3:* Karar vericiler tarafından kriterlere verilen değerler Tablo 8 ve Tablo 9’da gösterilmiştir. Eşitlik 5 ile yapılan birleştirme işlemi Tablo 10’da gösterilmiştir.

**Tablo 8:** Kriterlerin önem ağırlıkları (Dilsel terimler)

	DM1	DM2	DM3
<b>C1</b>	SMI	SMI	HI
<b>C2</b>	VHI	AMI	VHI
<b>C3</b>	EI	HI	SMI
<b>C4</b>	HI	VHI	VHI

**Tablo 9:** Kriterlerin önem ağırlıkları (Küresel bulanık sayılar)

	DM1	DM2	DM3
--	-----	-----	-----



<b>C1</b>	(0,6; 0,4; 0,4)	(0,6; 0,4; 0,4)	(0,7; 0,3; 0,3)
<b>C2</b>	(0,8; 0,2; 0,2)	(0,9; 0,1; 0,1)	(0,8; 0,2; 0,2)
<b>C3</b>	(0,5; 0,5; 0,5)	(0,7; 0,3; 0,3)	(0,6; 0,4; 0,4)
<b>C4</b>	(0,7; 0,3; 0,3)	(0,8; 0,2; 0,2)	(0,8; 0,2; 0,2)

**Tablo 10:** SWAM operatörüne göre kriter ağırlıklarının toplanması

<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>
(0,64; 0,36; 0,36)	(0,85; 0,16; 0,16)	(0,62; 0,38; 0,39)	(0,78; 0,22; 0,23)

*Adım 4:* Eşitlik 6 ile oluşturulan birleştirilmiş karar matrisi Tablo 11’de gösterilmiştir.

**Tablo 11:** SWAM operatörüne göre kriter ağırlıklarının toplanması

	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>
<b>A1</b>	(0,43; 0,48; 0,46)	(0,52; 0,41; 0,41)	(0,35; 0,56; 0,49)	(0,42; 0,51; 0,44)
<b>A2</b>	(0,43; 0,48; 0,45)	(0,52; 0,42; 0,42)	(0,44; 0,47; 0,46)	(0,49; 0,44; 0,38)
<b>A3</b>	(0,45; 0,46; 0,44)	(0,51; 0,43; 0,43)	(0,37; 0,54; 0,50)	(0,47; 0,46; 0,42)
<b>A4</b>	(0,41; 0,51; 0,45)	(0,44; 0,50; 0,45)	(0,35; 0,57; 0,48)	(0,39; 0,54; 0,46)

*Adım 5:* Eşitlik 7 ile hesaplanan puan fonksiyonu değerleri Tablo 12’de gösterilmiştir.

**Tablo 12:** SWAM operatörüne dayalı fonksiyon değerlerini puanlama

	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>
<b>A1</b>	0,001	0,013	0,013	-0,004
<b>A2</b>	0,000	0,010	0,000	0,008
<b>A3</b>	0,000	0,007	0,018	0,000
<b>A4</b>	-0,001	-0,002	0,008	0,000

*Adım 6:* Eşitlik 8 ve Eşitlik 9 ile hesaplanan SF-PIS ve SF-NIS değerleri Tablo 13’te gösterilmiştir.

**Tablo 13:** SWAM operatörüne dayalı SF-PIS ve SF-NIS

	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>
$X^*$ ( <b>Best</b> )	(0,43; 0,48; 0,46)	(0,52; 0,41; 0,41)	(0,37; 0,54; 0,50)	(0,49; 0,44; 0,38)
$X^-$ ( <b>Worst</b> )	(0,41; 0,51; 0,45)	(0,44; 0,50; 0,45)	(0,44; 0,47; 0,46)	(0,42; 0,51; 0,44)

*Adım 7:* Eşitlik 10 ve Eşitlik 11 ile hesaplanan SF-NIS ve SF-PIS değerlerine olan maksimum ve minimum uzaklıklar Tablo 14'te gösterilmiştir.

**Tablo 14:** SWAM operatörüne dayalı pozitif ve negatif ideal çözümlere olan mesafeler

	$D(X_i, X^+)$	$D(X_i, X^-)$
A1	0,068	0,041
A2	0,060	0,040
A3	0,065	0,024
A4	0,051	0,077

*Adım 8-9:* Eşitlik 12 ile hesaplanan gözden geçirilmiş yakınlık oranı değerleri ve alternatif sıralaması Tablo 15'te gösterilmiştir.

**Tablo 15:** SWAM operatörüne göre her alternatifin yakınlık oranı

	Yakınlık Oranı	Sıralama
A1	0,706	2
A2	0,792	3
A3	0,055	1
A4	2,477	4

### Tartışma ve Sonuç

Tedarik zinciri yapılarında yeşil tedarikçi seçimi tedarik faaliyetlerinin sürdürülebilir olması için önem arz etmektedir. Yeşil tedarikçi seçim sürecinde üç temel aşama bulunmaktadır. Birinci aşamada tedarikçi havuzu oluşturulur. İkinci aşamada tedarikçilerin çevreci özelliklerini tanımlamak amacıyla yeşil kriterler belirlenir. Üçüncü aşamada ise tedarikçi havuzunda yer alan tedarikçiler yeşil kriterlere dayalı değerlendirilir. Bu süreç yapı itibarıyla karar verme sürecinin temel adımlarıyla örtüşmektedir. Fakat karar verme sürecinin komplike yapısı dikkate alındığında bu sürecin sezgisel esaslı karar verme yerine rasyonel karar verme gerektirdiği açıktır. Ayrıca karar verme süreçlerinde bireysel yeteneklere dayalı karar verme yerine grup karar verme yaklaşımının karar hatalarını azaltması beklenmektedir. Bu noktada çok ölçütlü grup karar verme tekniklerinin kullanılması karar verme başarısını artıracaktır. Bu çalışmada küresel bulanık TOPSIS tekniği kullanılarak bir otel işletmesinin en çevreci tedarikçiyi tespit etmesine yardımcı olunmuştur. Elde edilen bulguların literatürdeki diğer bulgularla karşılaştırılabilmesi için öncelikle literatürde elde edilen bulguların ortaya koyulması gerekmektedir.

Yeşil tedarikçi seçim problemini ele alan araştırmaların bulguları incelendiğinde; Bali vd. (2013) ele almış olduğu çalışmada önem düzeyi en yüksek yeşil tedarikçi kriterini *hizmet kalitesi* olarak tespit

etmişlerdir. Cao vd. (2015) *tehlikeli atık yönetimi* kriterini önem düzeyi en yüksek kriter olarak belirlemişlerdir. Li ve Wu (2015) yeşil tedarikçi kriter seçim değerlendirilmesinde *çevre yönetim sistem* kriterini önem düzeyi en yüksek kriter olarak tespit etmişlerdir. Mavi (2015) *kaynak tüketim* kriterinin yeşil tedarikçi seçim probleminde bulanık ağırlığı en yüksek kriter olarak hesaplamıştır. Govindan vd. (2015) *iç yönetim desteği* kriterini kriter ağırlığı en yüksek kriter olarak tespit etmişlerdir. Sen vd. (2018) sürdürülebilir tedarikçi seçim problem kriterlerinden *üretim kolaylığı* kriterini önem düzeyi en yüksek kriter olarak belirlemişlerdir. Memari vd. (2019) ekonomik kriterler arasında kabul ettiği *ürün kalitesi ve hizmet performansı* kriterlerinin fayda kriter olarak değerlendirerek önem düzeyi yüksek kriterler arasında olduğunu göstermişlerdir. Phochanikorn ve Tan (2019) sürdürülebilir tedarikçi seçiminde *çevresel planlama kriterini* çevresel kriterler arasında göstererek önem düzeyi en yüksek kriter olarak belirlemişlerdir. Yu vd. (2019) tedarikçi seçim probleminde *teknolojik yetenek* kriterinin önem düzeyi en yüksek kriter olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Abdel-Baset vd. (2019) çevre alt kriterleri arasında yer alan *çöp yönetimi* kriterini kriter ağırlığı en yüksek kriter olarak tespit etmişlerdir. Rouyendegh vd. (2020) *kalite kriterini* yeşil tedarikçi seçim kriterleri arasında önem düzeyi en yüksek kriter olarak hesaplamışlardır. Xiong vd. (2020) *kirlilik üretim* kriterinin diğer kriterlere göre önem düzeyi en yüksek kriter olarak tespit etmişlerdir. Zhou ve Chen (2020) yeşil tedarikçi seçim kalite kriterleri arasında yer alan *yeşil ürün kalitesi* alt kriter önem düzeyinin en yüksek önem düzeyine sahip olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Taş vd. (2021) *yeşil imaj* kriterini yeşil tedarikçi seçiminde önem düzeyi en yüksek kriter olarak belirlemişlerdir. Alrasheedi vd. (2021) *iş sağlığı ve güvenliği sistemleri* kriterini sürdürülebilir tedarikçi seçim probleminde en yüksek kriter ağırlığına sahip kriter olarak belirlemişlerdir. Zhang vd. (2021) *hizmet düzeyi* kriterinin en yüksek kriter ağırlığına sahip olduğunu hesaplamışlardır. Unal ve Temur (2021) yeşil tedarikçi seçiminde en önemli üç kriteri *maliyet, finansal güvenilirlik ve ürün kalitesi* olarak tespit etmişlerdir. Çalık (2021) Endüstri 4.0 kapsamında yeşil tedarikçi seçim kriterlerini ağırlıklandırarak önem düzeyi en yüksek kriter olarak *Kalite 4.0* kriterini belirlemişlerdir. Göçer (2021) sürdürülebilir tedarikçi seçiminde önem düzeyi en yüksek üç kriteri *çevresel yetkinlikler, mahremiyet ve kalite kriteri* olarak belirlemiştir. Kaur vd. (2021) *yeşil tasarım* kriterini sürdürülebilir tedarikçi seçim kriterleri arasından önem düzeyi en yüksek kriter olarak sunmuşlardır. Nguyen vd. (2022) ve Salimian vd. (2022) ekonomik kriterler arasında gösterdiği *kalite* alt kriterinin sürdürülebilir tedarikçi seçiminde en yüksek önem düzeyine sahip kriter olarak belirlemişlerdir.

Bu araştırmada elde edilen bulgulara göre en iyi yeşil tedarikçi üçüncü alternatif olarak tespit edilmiştir. SWAM operatörüyle hesaplanan kriter ağırlıklarına bakıldığında en yüksek öneme sahip kriter kalite kriteri olarak belirlenmiştir. En düşük önem düzeyine sahip kriter ise sosyal kriter olarak belirlenmiştir. Çevresel kriter ağırlığı ve ekonomik kriter ağırlığı ise sırasıyla ikinci ve üçüncü öneme sahip kriterler olarak belirlenmiştir. Literatürde elde edilen bulgularla karşılaştırıldığında bu araştırmada elde edilen bulguların paralellik gösterdiği gözlemlenmiştir (Bali vd., 2013; Memari vd., 2019; Rouyendegh vd., 2020; Zhou ve Chen, 2020; Unal ve Temur, 2021; Çalık, 2021; Göçer, 2021; Nguyen vd., 2022; Salimian vd., 2022). Böylece

otel işletmesinin yeşil tedarikçi seçiminde sırasıyla tedarikçilerin kalite, çevresel, ekonomik ve sosyal özellikleri dikkate alındığı anlaşılmıştır.

### Öneriler ve Kısıtlar

Otel işletmelerinde yeşil tedarikçi seçim probleminin ele alındığı bu çalışmada otel işletmelerinin yeşil tedarikçi seçim uygulamalarında ele alması gereken kriterler ortaya koyularak bir otel işletmesi üzerinde uygulaması yapılarak gösterilmiştir. Elde edilen bulgular ve sonuçlara dayalı otel işletmelerine ve araştırmacılara öneriler geliştirilmiştir. Otel işletmelerine öneriler şu şekildedir: (i) Çevresel kaygıların giderek arttığı günümüzde tedarikçi seçiminde yeşil tedarikçi seçimine yönelmeleri önerilmektedir. (ii) Yeşil tedarikçi seçiminde bu araştırma da kabul edilen kalite, çevresel, ekonomik ve sosyal kriterler dikkate alınmalıdır. Aynı zamanda literatür incelemesi bölümünde sunulan diğer kriterler dikkate alınarak yeşil tedarikçi seçimini gerçekleştirebilirler. (iii) Yeşil tedarikçi seçiminde özellikle ürün ve hizmet kalitesini çevreci yaklaşımlarla sunan tedarikçilerin tercih edilmesi hem çevre hem kalite açısından otel işletmelerine fayda sağlayacaktır. (iv) Yeşil tedarikçi seçim sürecinde sezgisel karar vermek yerine çok kriterli karar verme yöntemlerinin tercih edilmesi gerekmektedir. Ayrıca karar verme sürecinde uzman desteği almaları önerilmektedir. Araştırmacılara öneriler şu şekildedir: (i) Bu çalışmada ele alınan kriterler kullanılarak farklı çok kriterli karar verme yöntemleriyle otel işletmelerinde yeşil tedarikçi seçim problemine yönelik araştırmalar yürütülebilir. Elde edilen bulgular bu çalışmanın bulgularıyla karşılaştırılabilir. (ii) Otel işletmelerinde yeşil tedarikçi seçim problemini farklı kriterler ele alınarak uygulanabilir. (iii) Yeşil tedarikçi seçim problemi farklı sektörlerde uygulanabilir. (iv) Farklı bulanık tabanlı çok kriterli karar verme teknikleri (Sezgisel bulanık mantık, Pisagor bulanık mantık, Nötrosifik bulanık mantık) kullanılarak araştırmalar yürütülebilir.

Bu çalışmada beş temel kısıt bulunmaktadır. Birinci kısıt; araştırma Türkiye’de faaliyet gösteren bir otel işletmesinde uygulanmıştır. Elde edilen bulgular farklı bir otel işletmesinde uygulanması durumunda farklılık gösterebilecektir. İkinci kısıt; çalışmada dört kriter dikkate alınmıştır. Farklı bir uygulama alanında farklı kriterlerin kullanılması tercih edilebilir. Üçüncü kısıt; çalışmada küresel sayılara dayalı bulanık TOPSIS tekniği uygulanmıştır. Farklı bulanık tabanlı çok kriterli karar verme tekniklerinin uygulanması durumunda farklı sonuçlar elde edilebilir. Dördüncü kısıt; çalışmada otel işletmesinin yönetici pozisyonunda yer alan karar vericilerin değerlendirilmesi esas alınmıştır. Karar verici havuzunun değiştirilmesi durumunda farklı sonuçlar elde edilebilir. Beşinci kısıt; çalışmada tüm değerlendirmeler otel işletmesinin alternatif tedarikçileri dikkate alınarak yapılmıştır. Alternatif havuzunun genişletilmesi ya da farklılaşması durumunda sonuçlarda farklılaşma gözlemlenebilir. Nihai olarak bu çalışmayla bir otel işletmesinin tedarikçi seçim problemine çözüm geliştirilmiş olup, otel işletmesi için farkındalık yaratılmıştır.

**Yazar Katkıları:** Giriş, Literatür incelemesi, Metodoloji, Uygulama, Tartışma ve Sonuç (Karahan Kara), Model önerisi, Metodoloji, Uygulama (Galip Cihan Yalçın)

**Çıkar Beyanı:** Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

### Kaynakça

- Abdel-Baset, M., Chang, V., Gamal, A., & Smarandache, F. (2019). An integrated neutrosophic ANP and VIKOR method for achieving sustainable supplier selection: A case study in importing field. *Computers in Industry*, 106, 94-110. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.12.017>
- Alrasheedi, M., Mardani, A., Mishra, A. R., Rani, P., & Loganathan, N. (2022). An extended framework to evaluate sustainable suppliers in manufacturing companies using a new Pythagorean fuzzy entropy-SWARA-WASPAS decision-making approach. *Journal of Enterprise Information Management*, 35 (2), 333-357. <https://doi.org/10.1108/JEIM-07-2020-0263>
- Atanassov, K. T. (1999). Intuitionistic fuzzy sets. In *Intuitionistic fuzzy sets*. Physica, Heidelberg.
- Aydoğdu, A., & Gül, S. (2020). A novel entropy proposition for spherical fuzzy sets and its application in multiple attribute decision-making. *International Journal of Intelligent Systems*, 35 (9), 1354-1374. <https://doi.org/10.1002/int.22256>
- Bali, O. (2018). A dynamic MCDM approach based on simplified neutrosophic sets for green supplier selection. *Journal of Management and Information Science*, 6 (2), 14-23.
- Bali, O., Kose, E., & Gumus, S. (2013). Green supplier selection based on IFS and GRA. *Grey Systems: Theory and Application*, 3 (2), 158-176. <https://doi.org/10.1108/GS-04-2013-0007>
- Büyüközkan, G., & 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. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.08.162>
- Cao, Q., Wu, J., & Liang, C. (2015). An intuitionistic fuzzy judgement matrix and TOPSIS integrated multi-criteria decision making method for green supplier selection. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 28 (1), 117-126. <https://doi.org/10.3233/IFS-141281>
- Chen, C. T. (2000). Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment. *Fuzzy Sets and Systems*, 114 (1), 1-9.
- Çalık, A. (2021). A novel Pythagorean fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methodology for green supplier selection in the Industry 4.0 era. *Soft Computing*, 25 (3), 2253-2265. <https://doi.org/10.1007/s00500-020-05294-9>
- Demir, E., & Koca, G. (2020). Green supplier selection using intuitionistic fuzzy AHP and TOPSIS methods: a case study from the paper mills. Kahraman, C., Cevik Onar, S., Oztaysi, B., Sari, I., Cebi, S., Tolga, A. (eds.) *International Conference on Intelligent and Fuzzy Systems* (pp. 666-673). Springer, Cham.
- Ghorabae, M. K., Zavadskas, E. K., Amiri, M., & Esmaeili, A. (2016). Multi-criteria evaluation of green suppliers using an extended WASPAS method with interval type-2 fuzzy sets. *Journal of Cleaner Production*, 137, 213-229. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.031>
- Govindan, K., Khodaverdi, R., & Vafadarnikjoo, A. (2015). Intuitionistic fuzzy based DEMATEL method for developing green practices and performances in a green supply chain. *Expert Systems with Applications*, 42 (20), 7207-7220. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2015.04.030>
- Göçer, F. (2021). Improving sustainable supplier evaluation by an integrated MCDM method under pythagorean fuzzy environment. *Cumhuriyet Science Journal*, 42 (1), 218-235. <http://dx.doi.org/10.17776/csj.735674>

- Gupta, S., Soni, U., & Kumar, G. (2019). Green supplier selection using multi-criterion decision making under fuzzy environment: A case study in automotive industry. *Computers & Industrial Engineering*, 136, 663-680. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.07.038>
- Islam, S., & Deb, S. C. (2019). Neutrosophic Goal Programming Approach to A Green Supplier Selection Model with Quantity Discount. *Neutrosophic Sets and Systems*, 30, 98-112. [https://digitalrepository.unm.edu/nss\\_journal/vol30/iss1/7](https://digitalrepository.unm.edu/nss_journal/vol30/iss1/7)
- Karamaşa, Ç., Ergün, M., Gülcan, B., Korucuk, S., Memiş, S., & Vojinović, D. (2021). Ranking value-creating green approach practices and choosing ideal green marketing strategy for logistics companies. *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications*, 4 (3), 21-38. <https://doi.org/10.31181/oresta20402021k>
- Kaur, P., Dutta, V., Pradhan, B. L., Haldar, S., & Chauhan, S. (2021). A pythagorean fuzzy approach for sustainable supplier selection using TODIM. *Mathematical Problems in Engineering*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/4254894>
- Khalilzadeh, M., & Derikvand, H. (2018). A multi-objective supplier selection model for green supply chain network under uncertainty. *Journal of Modelling in Management*, 13 (3), 605-625. <https://doi.org/10.1108/JM2-06-2017-0062>
- Korucuk, S. (2018). ÇKKV yöntemleri ile imalat işletmelerinde TZY Performans faktörlerinin önem derecelerinin belirlenmesi ve en ideal rekabet stratejisi seçimi: Ordu ili örneği. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 33 (2), 569-593. <https://doi.org/10.24988/deuiibf.2018332782>
- Kumari, R., & Mishra, A. R. (2020). Multi-criteria COPRAS method based on parametric measures for intuitionistic fuzzy sets: application of green supplier selection. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Electrical Engineering*, 44 (4), 1645-1662. <https://doi.org/10.1007/s40998-020-00312-w>
- Kutlu Gündoğdu, F., & Kahraman, C. (2019). Spherical fuzzy sets and spherical fuzzy TOPSIS method. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 36 (1), 337-352. <https://doi.org/10.3233/jifs-181401>
- Lee, A. H., Kang, H. Y., Hsu, C. F., & Hung, H. C. (2009). A green supplier selection model for high-tech industry. *Expert Systems with Applications*, 36 (4), 7917-7927. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2008.11.052>
- Li, M., & Wu, C. (2015). Green supplier selection based on improved intuitionistic fuzzy TOPSIS model. *Metallurgical & Mining Industry*, 6, 193-205.
- Malviya, R. K., Kant, R., & Gupta, A. D. (2018). Evaluation and selection of sustainable strategy for green supply chain management implementation. *Business Strategy and The Environment*, 27 (4), 475-502. <https://doi.org/10.1002/bse.2016>
- Mavi, R. K. (2015). Green supplier selection: a fuzzy AHP and fuzzy ARAS approach. *International Journal of Services and Operations Management*, 22 (2), 165-188. <https://doi.org/10.1504/IJSOM.2015.071528>
- Memari, A., Dargi, A., Jokar, M. R. A., Ahmad, R., & Rahim, A. R. A. (2019). Sustainable supplier selection: A multi-criteria intuitionistic fuzzy TOPSIS method. *Journal of Manufacturing Systems*, 50, 9-24. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2018.11.002>
- Mianabadi, H., & Afshar, A. (2008). A new method to evaluate weights of decision makers and its application in water resource management. In *Proceedings of the 13th IWRA World Water Congress* (pp. 1-10), 1-4 September, Montpellier, France.



- Mohammadi, S. S., Azar, A., Ghatari, A. R., & Alimohammadlou, M. (2022). A model for selecting green suppliers through interval-valued intuitionistic fuzzy multi criteria decision making models. *Journal of Management Analytics*, 9 (1), 60-85. <https://doi.org/10.1080/23270012.2021.1881926>
- Nguyen, T. L., Nguyen, P. H., Pham, H. A., Nguyen, T. G., Nguyen, D. T., Tran, T. H., ... & Phung, H. T. (2022). A Novel Integrating Data Envelopment Analysis and Spherical Fuzzy MCDM Approach for Sustainable Supplier Selection in Steel Industry. *Mathematics*, 10 (11), 1897. <https://doi.org/10.3390/math10111897>
- Phochanikorn, P., & Tan, C. (2019). A new extension to a multi-criteria decision-making model for sustainable supplier selection under an intuitionistic fuzzy environment. *Sustainability*, 11 (19), 5413. <https://doi.org/10.3390/su11195413>
- Qiyas, M., & Abdullah, S. (2022). Decision Support System Based on Spherical 2-tuple Linguistic Fuzzy Aggregation Operators and their Application in Green Supplier Selection. *Punjab University Journal of Mathematics*, 54 (6), 411-428. <https://doi.org/10.52280/pujm.2021.540604>
- Remadi, F. D., & Frikha, H. M. (2020). The Intuitionistic Fuzzy Set FlowSort methodology for green supplier Evaluation. 2020 International Conference on Decision Aid Sciences and Application (DASA) (pp. 719-725). IEEE.
- Rinaldi, M., Caterino, M., Fera, M., Manco, P., & Macchiaroli, R. (2021). Technology selection in green supply chains-the effects of additive and traditional manufacturing. *Journal of Cleaner Production*, 282, 124554. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124554>
- Rouyendegh, B. D., Yildizbasi, A., & Üstünyer, P. (2020). Intuitionistic fuzzy TOPSIS method for green supplier selection problem. *Soft Computing*, 24 (3), 2215-2228. <https://doi.org/10.1007/s00500-019-04054-8>
- Sanders, N. R., & Manrodt, K. B. (1994). Forecasting practices in US corporations: survey results. *Interfaces*, 24 (2), 92-100. <https://doi.org/10.1287/inte.24.2.92>
- Sen, D. K., Datta, S., & Mahapatra, S. S. (2018). Sustainable supplier selection in intuitionistic fuzzy environment: a decision-making perspective. *Benchmarking: An International Journal*, 25 (2), 545-574. <https://doi.org/10.1108/BIJ-11-2016-0172>
- Sharaf, I. M., & Khalil, E. A. H. A. (2021). A spherical fuzzy TODIM approach for green occupational health and safety equipment supplier selection. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 16 (1), 1-13. <https://doi.org/10.1080/17509653.2020.1788467>
- Sun, Y., & Cai, Y. (2021). A flexible decision-making method for green supplier selection integrating TOPSIS and GRA under the single-valued neutrosophic environment. *IEEE Access*, 9, 83025-83040. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3085772>
- Smarandache, F. (2005). A unifying field in logics: neutrosophic logic, neutrosophic set, neutrosophic probability and statistics. *Infinite Study*.
- Taş, M. A., Çakır, E., & Ulukan, Z. (2021). Spherical fuzzy swara-marcos approach for green supplier selection. *3C Tecnologia*, 10. <https://doi.org/10.17993/3ctecno.2021.specialissue7.115-133>
- Tian, Z. P., Zhang, H. Y., Wang, J. Q., & Wang, T. L. (2018). Green supplier selection using improved TOPSIS and best-worst method under intuitionistic fuzzy environment. *Informatica*, 29 (4), 773-800. <https://doi.org/10.15388/Informatica.2018.192>
- Tsai, W. H., & Hung, S. J. (2009). A fuzzy goal programming approach for green supply chain optimisation under activity-based costing and performance evaluation with a value-chain structure. *International Journal of Production Research*, 47 (18), 4991-5017. <https://doi.org/10.1080/00207540801932498>



- Unal, Y., & Temur, G. T. (2022). Sustainable supplier selection by using spherical fuzzy AHP. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 42 (1), 593-603. <https://doi.org/10.3233/JIFS-219214>
- Vachon, S. (2007). Green supply chain practices and the selection of environmental technologies. *International journal of Production Research*, 45 (18-19), 4357-4379. <https://doi.org/10.1080/00207540701440303>
- Van, L. H., Yu, V. F., Dat, L. Q., Dung, C. C., Chou, S. Y., & Loc, N. V. (2018). New integrated quality function deployment approach based on interval neutrosophic set for green supplier evaluation and selection. *Sustainability*, 10 (3), 838. <https://doi.org/10.3390/su10030838>
- Wang, L., Wang, H., Xu, Z., & Ren, Z. (2019). The interval-valued hesitant Pythagorean fuzzy set and its applications with extended TOPSIS and Choquet integral-based method. *International Journal of Intelligent Systems*, 34 (6), 1063-1085. <https://doi.org/10.1002/int.22086>
- Wu, M. Q., Zhang, C. H., Liu, X. N., & Fan, J. P. (2019). Green supplier selection based on DEA model in interval-valued Pythagorean fuzzy environment. *Ieee Access*, 7, 108001-108013. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2932770>
- Xiao, L., Zhang, S., Wei, G., Wu, J., Wei, C., Guo, Y., & Wei, Y. (2020). Green supplier selection in steel industry with intuitionistic fuzzy Taxonomy method. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 39 (5), 7247-7258. <https://doi.org/10.3233/JIFS-200709>
- Xiong, L., Zhong, S., Liu, S., Zhang, X., & Li, Y. (2020). An Approach for Resilient-Green Supplier Selection Based on WASPAS, BWM, and TOPSIS under Intuitionistic Fuzzy Sets. *Mathematical Problems in Engineering*, 2020, 1-18. <https://doi.org/10.1155/2020/1761893>
- Xu, D., Cui, X., & Xian, H. (2020). An extended EDAS method with a single-valued complex neutrosophic set and its application in green supplier selection. *Mathematics*, 8 (2), 282. <https://doi.org/10.3390/math8020282>
- Yager, R. R. (2013). Pythagorean fuzzy subsets. In 2013 joint IFSA world congress and NAFIPS annual meeting (IFSA/NAFIPS) (pp. 57-61). IEEE.
- Yang, Y., & Chiclana, F. (2009). Intuitionistic fuzzy sets: spherical representation and distances. *International Journal of Intelligent Systems*, 24 (4), 399-420. <https://doi.org/10.1002/int.20342>
- Yazdani, M., Torkayesh, A. E., Stević, Ž., Chatterjee, P., Ahari, S. A., & Hernandez, V. D. (2021). An interval valued neutrosophic decision-making structure for sustainable supplier selection. *Expert Systems with Applications*, 183, 115354. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.115354>
- Ye, F. (2010). An extended TOPSIS method with interval-valued intuitionistic fuzzy numbers for virtual enterprise partner selection. *Expert Systems with Applications*, 37 (10), 7050-7055. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.03.013>
- Ye, J. (2015). An extended TOPSIS method for multiple attribute group decision making based on single valued neutrosophic linguistic numbers. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 28 (1), 247-255. <https://doi.org/10.3233/JIFS-141295>
- Yeh, W. C., & Chuang, M. C. (2011). Using multi-objective genetic algorithm for partner selection in green supply chain problems. *Expert Systems with Applications*, 38 (4), 4244-4253. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.09.091>
- Yu, C., Shao, Y., Wang, K., & Zhang, L. (2019). A group decision making sustainable supplier selection approach using extended TOPSIS under interval-valued Pythagorean fuzzy environment. *Expert Systems with Applications*, 121, 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.12.010>

- Yücesan, M. (2019). Green Supplier selection for plastic industry using integrated model based on Pythagorean fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 11 (1), 26-41. <https://doi.org/10.20491/isarder.2019.579>
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8 (3), 338-353.
- Zeng, S., Hu, Y., Balezentis, T., & Streimikiene, D. (2020). A multi-criteria sustainable supplier selection framework based on neutrosophic fuzzy data and entropy weighting. *Sustainable Development*, 28 (5), 1431-1440. <https://doi.org/10.1002/sd.2096>
- Zhang, H., Wei, G., & Chen, X. (2021). CPT-MABAC method for spherical fuzzy multiple attribute group decision making and its application to green supplier selection. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 41 (1), 1009-1019. <https://doi.org/10.3233/JIFS-202954>
- Zhou, F., & Chen, T. Y. (2020). An integrated multicriteria group decision-making approach for green supplier selection under Pythagorean fuzzy scenarios. *Ieee Access*, 8, 165216-165231. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3022377>
- Zhao, M., Wei, G., Wei, C., & Wu, J. (2021). TODIM method for interval-valued Pythagorean fuzzy MAGDM based on cumulative prospect theory and its application to green supplier selection. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 46 (2), 1899-1910. <https://doi.org/10.1007/s13369-020-05063-8>
- Zhang, X., & Xu, Z. (2014). Extension of TOPSIS to multiple criteria decision making with Pythagorean fuzzy sets. *International Journal of Intelligent Systems*, 29 (12), 1061-1078. <https://doi.org/10.1002/int.21676>