

## Yeşil Tedarikçi Seçiminde Hibrit Bulanık AHP ve Bulanık QFD Yaklaşımının Kullanılması

Using Hybrid Fuzzy AHP and Fuzzy QFD Approach in Green Supplier Selection

Candan Uçkun<sup>1</sup> , Nurdan Dalgıç<sup>1</sup> , Aytaç Yıldız\*<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bursa Teknik Üniversitesi, Bursa, Türkiye

(uckuncandan62@gmail.com, nurdandalgic0@gmail.com, aytac.yildiz@btu.edu.tr)

Received: Aug. 18, 2023

Accepted: Aug. 27, 2023

Published: Oct. 18, 2023

**Özetçe**— Geçmişten günümüze insanların ve devletlerin dünyanın geleceği hakkındaki endişeleri artmıştır. Çünkü hem insanların hem de işletmelerin doğaya verdiği zararlar göz ardı edilemeyecek düzeylere ulaşmıştır. İşletmeler özellikle iklim değişikliği, küresel ısınma, hava kirliliği ve doğal kaynakların tükenmesi gibi çevresel olaylara olumsuz etkilerde bulunmuşlardır. Bu durumun önüne geçmek için devletler, işletmeler ve bireyler çevre dostu “yeşil” uygulamalara yönelmişlerdir. Farklı sektörlerde faaliyet gösteren işletmeler, çevreye duyarlılık ilkesini benimseyerek ürün veya hizmet üretiminde, sunumunda ve satış sonrası destek hizmetlerinde ekonomik değer oluşturmanın yanı sıra ekolojik değeri de vurgulamışlardır. Bu sayede ürün yaşam döngüsünün her aşamasında, tedarikçilerden müşterilere kadar tüm değer zinciri üyelerinin (tedarikçiler, müşteriler, üreticiler vb.) iş birliği içinde çalışması gerekliliği ortaya çıkmış ve yeşil tedarik zinciri yaklaşımı gelişmiştir. Yeşil tedarik zinciri bağlamında, tüm değer zincirine katkı sağlayan en iyi tedarikçinin seçilmesi en kritik konulardan biri olarak öne çıkmaktadır.

Yapılan çalışmada, Türkiye’de otomotiv ana sanayisinde faaliyet gösteren bir işletmenin sac parça tedarigi için çalışmayı düşündüğü en iyi yeşil tedarikçiyi seçmek amaçlanmıştır. Bunun için Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (Bulanık AHP) ve Bulanık Kalite Fonksiyon Göçerimi (Bulanık QFD) yöntemleri hibrit bir şekilde kullanılmıştır. Firmanın belirlediği 4 tedarikçi, literatür taraması ve 5 uzman kişinin de görüşleri alınarak belirlenen 10 yeşil tedarikçi seçim kriterine göre değerlendirilmiştir. Değerlendirme aşamasında. Bulanık AHP ile yeşil tedarikçi seçim kriterlerinin önem ağırlıkları belirlenmiş ve bu önem ağırlıkları Bulanık QFD yönteminde kullanılarak en iyi yeşil tedarikçi seçilmiştir.

**Anahtar Kelimeler** : Yeşil tedarikçi, bulanık AHP, bulanık QFD

**Abstract**— From the past to the present, concerns of individuals and nations about the future of the world have escalated. This is because the damages inflicted upon nature by both humans and businesses have reached undeniable levels. Especially, businesses have had adverse impacts on environmental events such as climate change, global warming, air pollution, and depletion of natural resources. To address this situation, governments, businesses, and individuals have turned to environmentally friendly 'green' practices. Businesses operating in various sectors, by embracing the principle of environmental sensitivity, have highlighted not only the economic value but also the ecological value in their product or service production, presentation, and post-sales support services. As a result, in every stage of the product life cycle, from suppliers to customers, the necessity of collaboration among all value chain members (suppliers, customers, producers, etc.) has emerged, and the green supply chain approach has developed. In the context of the green supply chain, selecting the best supplier contributing to the entire value chain emerges as one of the most critical issues.

In the study, it was aimed to choose the best green supplier that a company operating in the automotive main industry in Turkey considers to work for sheet metal parts supply. For this, Fuzzy Analytical Hierarchy Process (Fuzzy AHP) and Fuzzy Quality Function Deployment (Fuzzy QFD) methods are used in a hybrid approach. The four suppliers determined by the company were evaluated according to the ten green supplier selection criteria determined by the literature review and the opinions of five experts. In the evaluation phase, the importance weights of the green supplier selection criteria were determined with fuzzy AHP and the best green supplier was selected by using these importance weights in the fuzzy QFD method.

**Keywords** : Green supplier, fuzzy AHP, fuzzy QFD

## 1.Giriş

Uzun yıllar boyunca işletmeler tarafından atmosfere yayılan zararlı gazların, sulara bırakılan kimyasal maddelerin ve toprağa atılan katı atıkların çevreye verdiği zararlar göz ardı edilmiştir. İşletmeler; iklim değişikliği, küresel ısınma, hava kirliliği ve doğal kaynakların tükenmesi gibi çevresel olaylara olumsuz katkı sağlamışlardır. 1900'lerin son yıllarında, doğal kaynakların ve çevrenin korunması dünya çapında büyük bir öneme sahip hale gelmiştir. Bu gelişmeyle birlikte, "çevresel duyarlılık çağı" olarak adlandırılan bir dönem başlamıştır. Çevresel duyarlılık çağı, kurumların gelişirken doğal kaynakları ve çevreyi korumayı amaçlamaktadır. Farklı sektörlerde faaliyet gösteren şirketler, çevreye duyarlı bir yaklaşım benimseyerek ürün veya hizmet üretirken, sunarken ve satış sonrası destek sağlarken- yani ürünün yaşam döngüsünün her aşamasında- ekonomik değer yaratmanın yanı sıra ekolojik değeri de vurgulamışlardır. Bu bağlamda "yeşil" kavramı öne çıkmıştır (Zhu et al., 2008). Bu gelişmelerin yanı sıra küreselleşme ve hızla ilerleyen teknoloji, artan bir rekabet ortamını beraberinde getirmiştir. İşletmelerin kârlılıklarını artırmaları, rakiplerine karşı başarılı olmaları ve maliyetlerini düşürmeleri için yenilikçi bir yaklaşımla devam etmeleri gerekmektedir. Bu iki eğilimin birbirini beslediği bir ortamda, şirketler hem yeşil uygulamalara odaklanmalı hem de rekabetçi bir çevrede hayatta kalmak için yenilikçi uygulamalara dayalı bir strateji oluşturmalıdır. Artan rekabet ve ekolojik değerlerden doğrudan etkilenen müşteri gereksinimleri nedeniyle işletmelerin kararlarını müşteri odaklı bir şekilde almaları gerekmektedir. Bu sebeple, tedarikçilerden müşterilere kadar tüm değer zinciri üyelerinin (tedarikçiler, müşteriler, üreticiler vb.) iş birliği içinde çalışması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu gereklilik sonucunda, sürecin yönetimini sağlayan yeşil tedarik zinciri kavramı ortaya çıkmıştır (Özdemir, 2004).

Yeşil tedarik zincirinin önemli konularından biri, yeşil tedarikçi seçimidir. Yeşil tedarikçi seçimi yaklaşımı; çevreye duyarlı ürün ve hizmet stratejilerini benimseyen, çevresel performansa odaklanan tedarikçilerin tercih edilmesini ve çevre standartlarını destekleyen ve uygulayan yeşil tedarikçilerle iş birliği yapılmasını öngörmektedir (Arimura et al., 2011). Tedarikçi seçiminin işletme performansı üzerinde doğrudan bir etkisi bulunmaktadır. İşletme hedeflerine uygun tedarikçilerin seçilmesinin yanı sıra rekabet ortamının da korunması gerekmektedir. Ayrıca her şirket, tedarikçi seçimi için kendine özgü kriterler belirleyebilir. Bu kriterlerin belirlenmesi, seçimin en kritik aşamasını oluşturur (Arıkan ve Gökbek, 2014; Yıldız ve Yayla, 2017).

Bu çalışmada da otomotiv ana sanayinde faaliyet gösteren bir firmanın sac parça tedarik edeceği en iyi yeşil tedarikçinin seçimi amaçlanmıştır. Çalışmanın bundan sonraki ikinci bölümünde yeşil tedarik zincirinden kısaca bahsedilmiş, üçüncü bölümde çalışmada kullanılan materyal ve metot açıklanmış, son bölümde ise çalışmadan elde edilen sonuçlara yer verilmiştir.

## 2. Yeşil Tedarik Zinciri

Tedarik, istenen zamanda, miktarda ve kalitede ihtiyaç duyulan ürün veya hizmetin sağlanması olarak tanımlanır. Tedarik zinciri ise, malzeme hareketinin başladığı noktadan son kullanıcı noktasına kadar olan tüm çalışmaları içermektedir ve müşteri beklentilerini karşılamak amacıyla malzeme ve bilgi akışının yönetildiği organizasyonlar ağıdır (Handfield et al., 1999). Tedarik zinciri yönetimi günümüzde şirketler için hayati bir rol oynamaktadır. Şirketler, müşterilere güvenilir, esnek ve daha ekonomik ürünler sunarak rakipleriyle rekabet edebilme ve varlıklarını sürdürebilme stratejisini benimsemektedir. Bu rekabet üstünlüğünü elde etmek ve müşteriyi memnun etmek için çevresel konulara yönelmişlerdir. Bu yönelim sonucunda farklı sektörlerde yeşil uygulamaların önemi artmıştır. İklim değişikliği ve çevre kirliliği gibi olumsuz etkilerin insan yaşamını ve gelecek nesilleri tehdit etmesi, tüketicileri ve devletleri gerekli önlemleri almaya yönlendirmektedir. Bu gereklilikler, işletmeleri ve dolayısıyla tedarik zincirlerini de etkilemektedir. Bu etki sonucunda işletmeler, çevresel konuları da içeren yeşil tedarik zinciri yaklaşımını benimsemek durumundadır. Bu sebeple, çevresel konuları içeren yeşil tedarik zinciri anlayışı giderek daha fazla önem kazanmaktadır (Akman ve Alkan, 2006; Yıldız, 2016). Yeşil tedarik zinciri, insanın olumsuz etkilerini dikkate alır ve çevresel endişeleri tedarik zinciri yönetimine entegre eder. Bu amaçlara ulaşmak için zincirdeki tüm bileşenler bir bütün olarak yönetilmelidir. Zincirde bulunan üyeler (tedarikçiler, üreticiler, perakendeciler vb.) değerlendirildiğinde, tedarikçilerin en önemli elemanlardan biri olduğu görülmektedir (Akman ve Alkan, 2006).

Bu nedenle işletmeler, değişen müşteri gereksinimlerine cevap verebilmek ve kendi stratejileriyle uyumlu tedarikçilerle çalışabilmek için istedikleri kalite ve zaman diliminde ihtiyaçlarını karşılayan tedarikçilerle iş birliği yapmayı tercih etmektedirler. Tedarik zinciri performansının sürdürülebilirliğini artırmak için tedarikçi seçiminde çevresel, sosyal ve ekonomik faktörlerin tümü göz önünde bulundurulmalıdır. Son zamanlarda, yeşil tedarik zinciri yönetimi, artan hükümet düzenlemeleri, çevre koruma çıkarları ve küresel ısınma, hava kirliliği, zararlı madde kullanımı, iklim değişikliği ve sürdürülemez kaynakların azalması gibi çevresel sorunlar hakkında artan kamu farkındalığı nedeniyle firmalar için son derece kritik ve önemli bir konu haline gelmiştir.

### 3. Materyal ve Metot

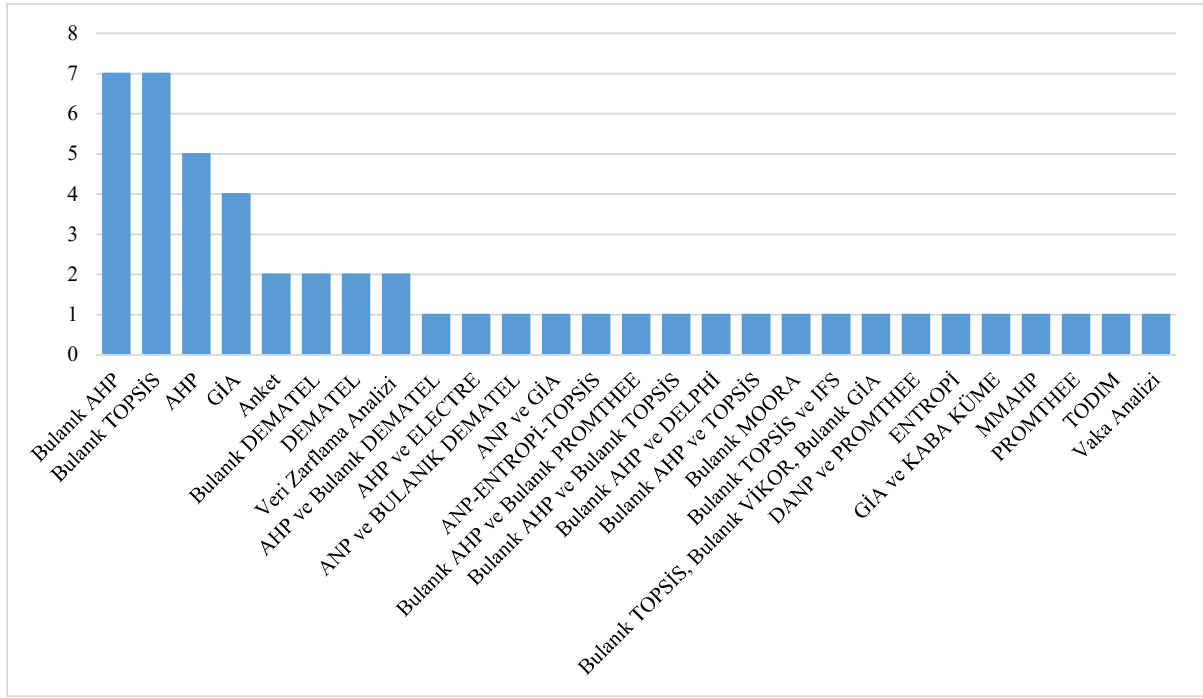
#### 3.1. Yöntem ve Yeşil Tedarikçi Seçim Kriterlerinin Belirlenmesi

Uygun yöntemler ile oluşturulacak bir karar yönetiminin ve kullanılacak kriterlerin belirlenmesi tedarikçi seçimlerindeki en önemli adımlardandır. Bu yüzden, çalışmanın bu kısmında yeşil tedarikçi seçiminde kullanılan yöntemler ve kriterler ile ilgili bir literatür araştırması yapılmış ve Tablo 1 ve Tablo 2’de verilmiştir.

**Tablo 1.** Yeşil tedarikçi seçiminde kullanılan yöntemler

Yazar(lar), Yıl	Kullanılan Yöntem
Thongchattu ve Siripokapirom (2010)	AHP
Lu et al. (2007)	AHP
Bali et al. (2013)	AHP
Wen ve Chi (2010)	AHP ve Bulanık DEMATEL
Tsui ve Wen (2014)	AHP ve ELECTRE
Aguar et al. (2013)	Anket
Genovese et al. (2013)	Anket
Hashemi et al. (2015)	ANP ve GİA
Freeman ve Chen (2015)	ANP-ENTROPİ-TOPSİS
Büyüközkan (2012)	Bulanık AHP
Yildiz (2019)	TOPSİS
Chiou et al. (2008)	Bulanık AHP
Handfield et al. (2002)	Bulanık AHP
Tuzkaya et al. (2009)	Bulanık AHP ve Bulanık PROMTHEE
Wang Chen et al. (2016)	Bulanık AHP ve Bulanık TOPSİS
Lee et al. (2009)	Bulanık AHP ve DELPHİ
Li et al. (2012)	Bulanık AHP ve TOPSİS
Zhao ve Guo (2014)	Bulanık DEMATEL
Lin (2013)	Bulanık DEMATEL
Şişman (2016)	Bulanık MOORA
Awasthi et al. (2010)	Bulanık TOPSİS
Cao et al. (2015)	Bulanık TOPSİS
Watrobski ve Salabun (2016)	Bulanık TOPSİS
Öztürk ve Özçelik (2014)	Bulanık TOPSİS ve IFS
Banaeian et al. (2018)	Bulanık TOPSİS, Bulanık VİKOR, Bulanık GİA
Govindan et al. (2015)	ANP ve PROMTHEE
Hsu et al. (2013)	DEMATEL
Yang et al. (2008)	ENTROPİ
Baskaran et al. (2012)	GİA
Hashemi et al. (2014)	GİA
Bai ve Sarkis (2010)	GİA ve Kaba Küme
Yu ve Hou (2016)	MMAHP
Govindan et al. (2017)	PROMTHEE
Qin et al. (2017)	TODIM
Humphreys et al. (2003)	Vaka Analizi
Dobos ve Vörösmarty (2014)	Veri Zarflama Analizi
Azadi et al. (2015)	Veri Zarflama Analizi

Literatür taraması sonucunda kullanılan yöntemlerin ne sıklıkla kullanıldığını saptamak için histogram oluşturulmuş ve Şekil 1’de verilmiştir.



**Şekil 1.** Kullanılan yöntemlerin frekans histogramı

Şekil 1 incelendiği zaman yeşil tedarikçi seçimi çalışmalarına bakıldığında en çok tercih edilen yöntemlerin bulanık AHP, bulanık TOPSİS ve AHP yöntemleri olduğu görülmüştür. Literatür taramasından sonra bu çalışmada kullanılmak üzere iki farklı yöntem seçilmiştir. Birincisi literatürde de sıklıkla rastlanan bulanık AHP, ikincisi ise literatür taramasında da görüldüğü gibi herhangi bir çalışmada kullanılmayan bulanık QFD yöntemidir.

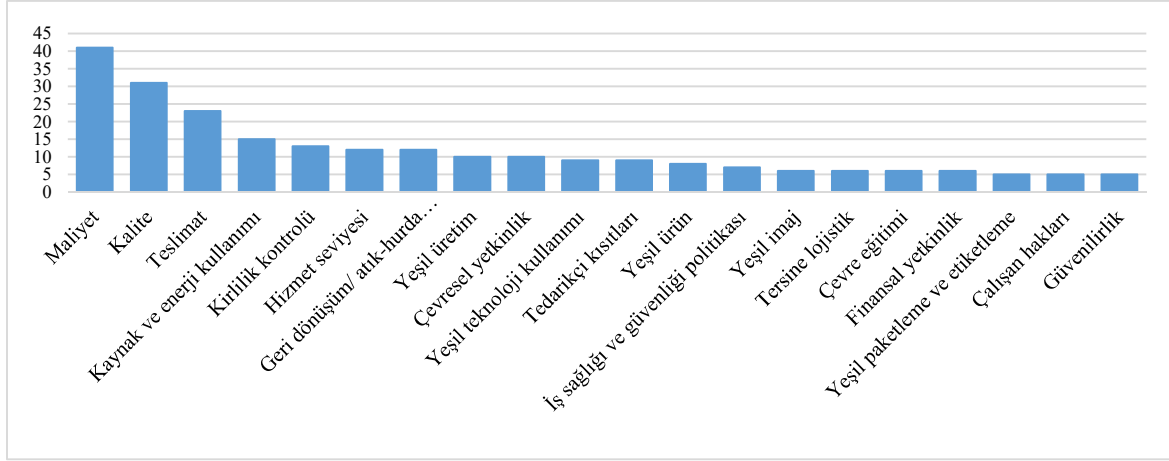
Çalışmada kullanılacak yöntemler belirlendikten sonra tedarikçileri değerlendirmek için kullanılacak olan kriterlerin belirlenmesi için literatür taraması yapılmış ve Tablo 2’de verilmiştir.

**Tablo 2.** Yeşil tedarikçi seçiminde kullanılan kriterler

Yazar(lar), Yıl	Kullanılan Kriterler
Bali (2018)	Maliyet, hizmet kalitesi, yeşil üretim prosesi, yeşil malzemelerin kullanıldığı yeşil ürün, tersine lojistik, hızlı yanıt verebilme
Wu et al. (2019)	Toplam gönderi maliyeti, gönderi sayısı, iş güvenliği ve işçi sağlığı maliyeti, eko-tasarım maliyeti, tedarikçinin hatasız fatura sayısı, zamanında ulaşacak gönderi sayısı, çalışan hakları, yeşil yönetim sistemi
Yücesan (2019)	Çevre yönetim sistemi, yeşil tasarım ve satın alma, yeşil üretim, yeşil yönetim, yeşil paketleme ve etiketleme, atık yönetimi ve kirlilik kontrolü, çevresel yetkinlikler, iş sağlığı ve güvenliği sistemleri, çalışan hakları, paydaşların hakları, bilgilendirme, iş ilişkileri, eğitim, düşük kusur oranı, kontrol metotları, kalite araçlarına bağlılık, kalite sistemleri, hızlı yanıtlama, esneklik, satış sonrası hizmetler, tedarik kısıtlaması, alıcı tedarikçi kısıtlaması, tedarikçinin geçmiş performansı, fiyat çeşitliliği, tedarikçinin üretim limitleri, geçmiş iş sayısı, tamamlanmamış siparişler, taşıma maliyeti, satın alma maliyeti, miktar indirimi, ödeme şartları, üründen kazanç, Yetenek; finansal yetkinlik, ürün değiştirme yetkinliği, teknik yetkinlik, teknoloji anlayışı, teknik destek kaynakları, dağıtım yetkinliği, pazar bilgisi, bilgi sistemleri, iletişim sistemleri, iş isteği, yönetim ve organizasyon, pazar payı
Gupta et al. (2019)	Maliyet, kalite, hizmet düzeyi, çevre yönetim sistemleri, eko-tasarım, yeşil imaj, kaynak kullanımı, kirlilik kontrolü, personel çevre eğitimi
Xiong et al. (2020)	Eko-tasarım, yeşil tedarik, kirlilik üretimi, yeşil paketleme, yeşil imaj, yaşam döngüsü yönetimi, fazla stok, fabrika ayrımı, güvenilirlik, yeniden organizasyon, lojistik, depolama, ortaklığa bağlılık
Zhou ve Chen (2020)	Yeşil malzeme, yeşil ürün, yeşil üretim, yeşil dağıtım, varlıklar, güvenilirlik, cevap verebilirlik, güvence, ürün fiyat, servis fiyatı, finansal güç, çevreye bağlılık, çevre programları, yeşil kimlik, çevresel itibar
Taş et al. (2021)	Çevre yönetim sistemi, yeşil paketleme, yeşil dağıtım, yeşil imaj, personel çevre yönetimi, yeşil depo sistemleri, kaynak kullanımı, yeşil tasarım, yeşil teknoloji, yeşil satın alma, kirlilik üretimi, atık su
Kaur et al. (2021)	Fiyat, kalite, enerji kullanımı, yeşil tasarım, teslimat hızı, çalışanların eğitimi, kurumsal sosyal sorumluluk bilinci
Yazdani et al. (2021)	Ürün/malzeme kalitesi, teslimat esnekliği, etik ve yasal uygunluk, kirlilik kontrolü, çevre yönetim sistemi, yeşil üretim, etik ve yasal uygunluk, tersine lojistik yönetimi, enerji yönetimi, sosyal sorumluluk bilinci, çalışan ve paydaş hakları, sağlık ve güvenlik sistemi, eğitim çalışmaları

Qiyas ve Abdullah (2022)	Maliyet, hizmet, kalite, teslimat, teknik yetkinlik, çevre yönetimi sistemi, yeşil ürün, kirlilik kontrolü
Karamaşa et al. (2021)	Teknik elementler, kalite, teslimat, yeşil elementler, maliyet, servis
Kılınç ve Yağmahan (2021)	Rekabetçilik, geçmiş deneyim, teknik esneklik, yeşil üretim, yeşil proses yönetimi, atık yönetimi, kaynak kullanımı, sürdürülebilirlik, finansal durum, kalite belgesine sahip olma, kalite performansı
Baki (2022)	Ürün fiyatı, ulaşım maliyeti, miktar indirimi, ödeme şartları, kalite teminatı, kalite sertifikaları, düşük kusur oranı, düşük red oranı, sipariş tamamlanma oranı, zamanında teslimat, garanti, cevap verebilirlik, satış sonrası hizmetler, teknolojik gelişme, arge yetkinliği, yeni ürün tasarımı, çalışan hakları, iş sağlığı ve güvenliği, yasal rıza, temiz teknoloji, temiz tasarım, düşük enerji, kirlilik azaltma, yeşil paketleme, geri dönüşüm, atık
Cao et al. (2015)	Çevresel maliyetler, yeniden üretim, çevre sertifikası, enerji kullanımı, tersine lojistik, tehlikeli atık yönetimi
Akpınar (2021)	Fiyat, teslimat süresi, ödeme seçenekleri, kalite, ulaşılabilirlik
Abdel-Baset et al. (2019)	Hurda yönetimi, yeşil üretim, yeşil paketleme ve etiketleme, iş sağlığı ve güvenliği, bilgi sistemi, etik ve yasal rıza, ürün maliyeti, ürün geliri, ulaşım maliyeti
Zaralı (2021)	Maliyet, performans, çevre koruma kapasitesi ve ürün kalitesi ana kriterler, ürün fiyatı, nakliye ücreti, iade oranı, teslimat performansı, kontrol düzeyi, yeşil ürün, çevre yönetimi, sertifika, kirlenici emisyon, yeşil rekabet gücü, reddetme oranı
Denizhan et al. (2017)	Standartlara uygunluk, ürün ambalaj kalitesi, hatalı ürün gönderme oranı, ürünün fiyatı, satın almada fiyat indirimleri, zamanında doğru teslimat, doğru ürün teslimi, kaliteli teslimat, servis kalitesi, ulaşılabilirlik, finansal güç ve istikrar, teknik kapasite, değişimlere cevap verebilme, tedarikçinin güvenilirliği, sektör deneyimi, ürünün çevreye ve insan sağlığına etkileri, üretimde çevreye ve insana etki, atık yönetimi, enerji verimlilik oranı, ürün geri dönüşüm oranı
Daldır ve Tosun (2018)	Yeşil depolama, yeşil geri dönüşüm, yeşil üretim kapasitesi, yeşil ambalaj, kaynak tüketimi, ürün maliyeti, teslim süresi, hata oranı, garanti ve hak politikaları, çevresel yetkinlikler ve belgeler
Madenoglu (2019)	Maliyet, kalite, teslimat, teknik, yeşil kriter
Şisman (2016)	Maliyet, imalat çıktısı, kaynak kullanımı, kalite, teslimat, teknoloji, çevresel tasarım, çevresel yönetim sistemi, yeşil imaj, yeşil satın alma, tersine lojistik, imalat ve kullanımı
Soyer ve Türkay (2020)	ISO 14000 sertifikası, ozon tabakasına zarar verici maddelerin varlığı, geri dönüşüm, uçucu organik bileşiklerin varlığı, çevre koruma örgütü listesinde yer alan 17 maddenin varlığı, yeniden üretim imkânı, ambalaj malzemelerinin yeniden kullanımı, tersine lojistik, EPA programlarında gönüllü olarak yer alma, çevre ile ilgili kayıtların halka açık olması
Çalık (2018)	Maliyet, kirlilik üretimi, CO <sub>2</sub> salınımı, geç teslimat, çevre dostu malzeme kullanımı
Öztürk ve Paksoy (2020)	Kalite adaptasyonu, fiyat, enerji ve doğal kaynak tüketimi, teslimat hızı, yeniden kullanım ve geri dönüşüm oranı, tersine lojistik
Tian et al. (2018)	Tedarikçinin sermayesi ve finansal durumu, tahmin hammadde fiyatı, lokasyona ulaşım maliyeti, iletişim sistemi, teslimatta dakiklık, satış sonrası hizmetler, üretim kapasitesi, tedarikçilerin kaliteye yetişebilme kapasitesi, operasyonel kontrol, işgücü yetkinliği, teknik yetenekler, rakipler arasındaki konum, çevreci eğitimler, çevre planlaması, çevre dostu malzeme seçimi, çevre dostu teknolojilerin kullanımı
Van et al. (2018)	Maliyet, kalite, zamanında teslimat, teknoloji, esneklik, finansal kapasite, kültür, yenilikçilik, kirlilik üretimi, kirlilik kontrolü, kaynak kullanımı, çevreci tasarım, çevreci yönetim sistemi, yeşil imaj, yeşil yetkinlik, yeşil ürün, çevreci eğitim, yöneticilerin yeşil benimsemesi, yeşil teknoloji, sosyal sorumluluk, enerji ve kaynak verimliliği, etik, iş sağlığı güvenliği politikaları
Korucuk (2018)	Maliyetler, kalite, esneklik, lojistik durumu, kaynak kullanımı, müşteri memnuniyeti, güven seviyesi, yenileme çalışmaları, bilgi paylaşımı yeterliliği,
Islam ve Dep (2019)	Maliyet, teslim süresi, kalite, sera gazı yayılımı, talepler

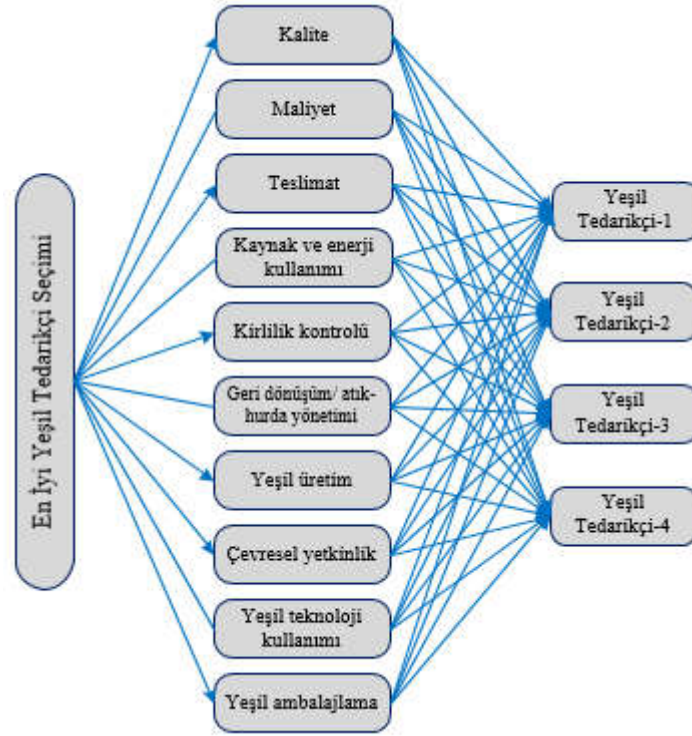
Literatür taraması sonucunda kullanılan kriterlerin ne sıklıkla kullanıldığını saptamak için de histogram grafiği oluşturulmuştur. Bu grafik oluşturulurken 5 ve daha fazla sıklıkla kullanılan kriterler dikkate alınmış ve Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Yeşil tedarikçi seçiminde kullanılan kriterlere ait kullanım frekansları

### 3.2. Yeşil Tedarikçi Değerlendirme Modelinin Belirlenmesi

Şekil 2’de verilen histogramdaki kullanım frekansları ve firmadaki uzman kişilerin görüşleri de dikkate alınarak belirlenmiş olan 10 kritere göre 4 tedarikçi arasından en iyi yeşil tedarikçiyi seçmek için Şekil 3’teki seçim modeli oluşturulmuştur.



Şekil 3. En iyi yeşil tedarikçi seçim modeli

### 3.3 Bulanık AHP Yöntemi ile Kriterlerin Önem Ağırlıklarının Belirlenmesi

Thomas L. Saaty tarafından 1977 yılında geliştirilen Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), birçok alternatif arasından en iyi olanı seçmek/belirlemek için literatürde en fazla kullanılan çok kriterli karar verme yöntemidir. Ayrıca, nitel ve nicel değişkenleri bir arada değerlendirerek karmaşık karar verme süreçlerini sistematik bir şekilde analiz etmek ve önceliklendirmek için kullanılan matematiksel bir yaklaşımdır (Dağdeviren, 2007). AHP'nin temel amacı, bir karar verme problemi içindeki farklı kriterleri ve alternatifleri hiyerarşik bir yapı içinde düzenlemek, bu kriterler ve alternatifler arasındaki ilişkileri nicel olarak değerlendirmek ve sonuçta en iyi seçeneği belirlemektir. (Saaty ve Vargas, 2001). Klasik AHP yöntemi belirsizliğin çok olduğu durumlarda problem çözümünü tam modelleyemediği için bulanık kümeleri kullanan bulanık AHP yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntemde birçok algoritma kullanılmaktadır. Çalışmada bu algoritmaların biri olan Buckley Algoritması kullanılacaktır.

Buckley (1985) tarafından yapılan çalışmada, Saaty'nin AHP yönteminin bir tür genişletmesi olan bulanık karşılaştırma oranlarıyla ilgili bir yaklaşım geliştirilmiştir. Buckley, lineer denklemlerin tek bir çözümünün mümkün olmaması ve üssel bulanık sayıların kullanımının kaçınılmaz olması gerektiğini vurgulayarak geometrik ortalamaları da dahil eden bir algoritma geliştirmiştir. Aşağıda Teng et al. (2010)'da anlatılmış olan Buckley algoritmasının adımları verilmiştir.

Adım 1: Karar vericinin görüşü alınarak, elemanları  $\tilde{a}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ ,  $\forall i, j$  için olan üçgen bulanık sayılarla bir karşılaştırma matrisi oluşturulur.  $A$  pozitif ikili karşılaştırma matrisi;

$$A = \begin{bmatrix} \tilde{a}_{11} & \tilde{a}_{12} & \cdots & \tilde{a}_{1n} \\ \tilde{a}_{21} & \tilde{a}_{22} & \cdots & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} & \cdots & \tilde{a}_{nn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \tilde{a}_{11} & \tilde{a}_{12} & \cdots & \tilde{a}_{1n} \\ 1/\tilde{a}_{21} & \tilde{a}_{22} & \cdots & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ 1/\tilde{a}_{n1} & 1/\tilde{a}_{n2} & \cdots & \tilde{a}_{nn} \end{bmatrix} \text{şeklinde gösterilsin.} \quad (1)$$

$$\tilde{a}_{ij} = \begin{cases} \tilde{1}, \tilde{3}, \tilde{5}, \tilde{7}, \tilde{9} & i \text{ kriterinin } j \text{ kriterine göreli önemi} \\ 1, i = j, & \\ \tilde{1}^{-1}, \tilde{3}^{-1}, \tilde{5}^{-1}, \tilde{7}^{-1}, \tilde{9}^{-1} & i \text{ kriterinin } j \text{ kriterine daha az göreli önemi} \end{cases} \quad (2)$$

Adım 2: Her satırın geometrik ortalaması;

$$\tilde{r}_i = (\tilde{a}_{i1} \otimes \dots \otimes \tilde{a}_{in})^{1/n}, \text{ formülüyle hesaplanır.} \quad (3)$$

Adım 3: Herbir kriterin bulanık  $\tilde{w}_i$  ağırlık vektörü,

$$\tilde{w}_i = \tilde{r}_i \otimes (\tilde{r}_1 \oplus \dots \oplus \tilde{r}_n)^{-1} \text{ ile hesaplanır.} \quad (4)$$

Burada  $\otimes$  ve  $\oplus$ , sembolleri sırasıyla bulanık çarpma ve bulanık toplama işlemini göstermektedir. Ayrıca,  $\tilde{w}_i = (lw_i, mw_i, uw_i)$  belirtilebilir. Burada,  $lw_i$ ,  $mw_i$  ve  $uw_i$  i.kriterin en düşük, orta ve yüksek bulanık değerleridir.

Adım 4: Aşağıdaki denklem yardımıyla herbir kriterin en iyi bulanık olmayan performans (Best Nonfuzzy Performance-BNP) değeri (net ağırlık) bulunur.

$$BNP\tilde{w}_i = [(uw_i - lw_i) + (mw_i - lw_i)]/3 + lw_i \quad (5)$$

Hesaplanan bu BNP değerine göre, her bir alternatif sıralaması yapılır.

Açıklanan bu adımlara göre aşağıda yeşil tedarikçi seçim kriterlerinin önem ağırlıkları belirlenmiştir.

**Adım 1:** Firmadaki ambalaj tedarigi, ürün mühendislik birimi, satın alma ve kalite olmak üzere alanında deneyimli beş kişi Tablo 3'te yer alan ölçüğe göre kriterleri ikili olarak karşılaştırmışlar ve karşılaştırma sonuçları Tablo 4'te verilmiştir.

**Tablo 3.** Bulanık ölçek ve dilsel ifadesi (Chiou ve Tzeng 2001)

Bulanık sayı	Dilsel ölçek	Bulanık sayının ölçeği
$\tilde{1}$	Eşit önemli (ESÖ)	(1, 1, 3)
$\tilde{3}$	Zayıf önemli (ZÖ)	(1, 3, 5)
$\tilde{5}$	Esasen önemli (EÖ)	(3, 5, 7)
$\tilde{7}$	Çok kuvvetli önemli (ÇKÖ)	(5, 7, 9)
$\tilde{9}$	Kesinlikle önemli (KÖ)	(7, 9, 9)

**Tablo 4.** Yeşil tedarikçi seçim kriterlerinin uzmanlar tarafından karşılaştırılması

Kriterler	Kalite	Maliyet	Teslimat	Kaynak ve enerji kullanımı	Kirlilik kontrolü	Geri dönüşüm-atık hurda yönetimi	Yeşil üretim	Çevresel yetkinlik	Yeşil teknoloji kullanımı	Yeşil ambalajlama
Kalite	ESÖ	ÇKÖ	EÖ	ZÖ	EÖ	EÖ	ZÖ	ZÖ	ZÖ	ÇKÖ
Maliyet	1/ÇKÖ	ESÖ	1/ZÖ	EÖ	ZÖ	EÖ	EÖ	ZÖ	EÖ	EÖ

Teslimat	1/EÖ	ZÖ	ESÖ	EÖ	EÖ	EÖ	ZÖ	ÇKÖ	ZÖ	ÇKÖ
Kaynak ve enerji kullanımı	1/ZÖ	1/EÖ	1/EÖ	ESÖ	1/ZÖ	1/EÖ	ZÖ	EÖ	ZÖ	ZÖ
Kirlilik kontrolü	1/ZÖ	1/ZÖ	1/EÖ	ZÖ	ESÖ	ÇKÖ	EÖ	EÖ	ZÖ	EÖ
Geri dönüşüm-atık hurda yönetimi	1/EÖ	1/EÖ	1/EÖ	EÖ	1/ÇKÖ	ESÖ	ZÖ	EÖ	ZÖ	EÖ
Yeşil üretim	1/ZÖ	1/EÖ	1/ZÖ	1/ZÖ	1/EÖ	1/ZÖ	ESÖ	EÖ	ZÖ	1/ZÖ
Çevresel yetkinlik	1/ZÖ	1/ZÖ	1/ÇKÖ	1/EÖ	1/EÖ	1/EÖ	1/EÖ	ESÖ	1/EÖ	ESÖ
Yeşil teknoloji kullanımı	1/ZÖ	1/EÖ	1/ZÖ	1/ZÖ	1/ZÖ	1/ZÖ	1/ZÖ	EÖ	ESÖ	EÖ
Yeşil ambalajlama	1/ÇKÖ	1/EÖ	1/ÇKÖ	1/ZÖ	1/EÖ	1/EÖ	ZÖ	ESÖ	1/EÖ	ESÖ

**Adım 2:** Uzmanlar tarafından dilsel olarak yapılan değerlendirmeler bulanık sayılara dönüştürülmüş ve Tablo 5'te verilmiştir.

**Tablo 5.** Değerlendirilen yeşil tedarikçi seçim kriterlerinin bulanık üçgen sayılarla gösterimi

Kriterler	Kalite	Maliyet	Teslimat	Kaynak ve enerji kullanımı	Kirlilik kontrolü	Geri dönüşüm-atık hurda yönetimi	Yeşil üretim	Çevresel yetkinlik	Yeşil teknoloji kullanımı	Yeşil ambalajlama
Kalite	(1,1,3)	(5,7,9)	(3,5,7)	(1,3,5)	(3,5,7)	(3,5,7)	(1,3,5)	(1,3,5)	(1,3,5)	(5,7,9)
Maliyet	(0.11,0.14,0.2)	(1,1,3)	(0.2,0.33,1)	(3,5,7)	(1,3,5)	(3,5,7)	(3,5,7)	(1,3,5)	(3,5,7)	(3,5,7)
Teslimat	(0.14,0.2,0.14)	(1,3,5)	(1,1,3)	(3,5,7)	(3,5,7)	(3,5,7)	(1,3,5)	(5,7,9)	(1,3,5)	(5,7,9)
Kaynak ve enerji kullanımı	(0.2,0.33,1)	(0.14,0.2,0.33)	(0.14,0.2,0.33)	(1,1,3)	(0.2,0.33,1)	(0.14,0.2,0.33)	(1,3,5)	(3,5,7)	(1,3,5)	(1,3,5)
Kirlilik kontrolü	(0.14,0.2,0.33)	(0.2,0.33,1)	(0.14,0.2,0.33)	(1,3,5)	(1,1,3)	(5,7,9)	(3,5,7)	(3,5,7)	(1,3,5)	(3,5,7)
Geri dönüşüm-atık hurda yönetimi	(0.14,0.2,0.33)	(0.14,0.2,0.33)	(0.14,0.2,0.33)	(3,5,7)	(0.11,0.14,0.2)	(1,1,3)	(1,3,5)	(3,5,7)	(1,3,5)	(3,5,7)
Yeşil üretim	(0.2,0.33,1)	(0.14,0.2,0.33)	(0.2,0.33,1)	(0.2,0.33,1)	(0.14,0.2,0.33)	(0.2,0.33,1)	(1,1,3)	(3,5,7)	(1,3,5)	(0.2,0.33,1)
Çevresel yetkinlik	(0.2,0.33,1)	(0.2,0.33,1)	(0.11,0.14,0.2)	(0.14,0.2,0.33)	(0.14,0.2,0.33)	(0.14,0.2,0.33)	(0.14,0.2,0.33)	(1,1,3)	(0.14,0.2,0.33)	(0.33,1,1)
Yeşil teknoloji kullanımı	(0.2,0.33,1)	(0.14,0.2,0.33)	(0.2,0.33,1)	(0.2,0.33,1)	(0.2,0.33,1)	(0.2,0.33,1)	(0.2,0.33,1)	(3,5,7)	(1,1,3)	(3,5,7)
Yeşil ambalajlama	(0.11,0.14,0.2)	(0.14,0.2,0.33)	(0.11,0.14,0.2)	(0.2,0.33,1)	(0.14,0.2,0.33)	(0.14,0.2,0.33)	(1,3,5)	(1,1,3)	(0.14,0.2,0.33)	(1,1,3)

**Adım 3:** Denklem (4) yardımıyla kriterlerin ağırlık vektörü aşağıdaki gibi hesaplanmış ve Tablo 6'da verilmiştir.

**Tablo 6.** Yeşil tedarikçi seçim kriterlerinin ağırlık vektörü

Seçim Kriteri	Ağırlık vektörü ( $\bar{w}$ )
Kalite	(0.08,0.27,0.75)
Maliyet	(0.05,0.15,0.44)
Teslimat	(0.07,0.2,0.53)
Kaynak ve enerji kullanımı	(0.02,0.06,0.2)
Kirlilik kontrolü	(0.04,0.12,0.35)
Geri dönüşüm-atık hurda yönetimi	(0.03,0.07,0.21)
Yeşil üretim	(0.01,0.04,0.16)
Çevresel yetkinlik	(0.01,0.02,0.07)
Yeşil teknoloji kullanımı	(0.02,0.04,0.19)
Yeşil ambalajlama	(0.01,0.03,0.09)

**Adım 5:** Denklem (5) yardımıyla her bir kriterin en iyi bulanık olmayan performans (BNP) değeri (net ağırlık) hesaplanmış ve Tablo 7'de verilmiştir.

**Tablo 7.** Her bir kriterin BNP ve normalize edilmiş önem ağırlıkları

Seçim Kriteri	BNP Değeri	Normalize edilmiş önem ağırlıkları
Kalite	0,42	0,25
Maliyet	0,25	0,15
Teslimat	0,31	0,19
Kaynak ve enerji kullanımı	0,11	0,06
Kirlilik kontrolü	0,20	0,12
Geri dönüşüm-atık hurda yönetimi	0,12	0,07



Yeşil üretim	0,08	0,05
Çevresel yetkinlik	0,04	0,02
Yeşil teknoloji kullanımı	0,09	0,06
Yeşil ambalajlama	0,05	0,03

Tablo 7’de elde edilen önem ağırlıklarına göre yeşil tedarikçi seçimindeki en önemli üç kriterin sırasıyla kalite, teslimat ve maliyet olduğu görülmektedir. Elde ettiğimiz bu ağırlıklar bulanık QFD yöntemine aktarılacaktır.

### 3.4. Bulanık QFD Yöntemi Kullanılarak Yeşil Tedarikçi Seçimi

QFD, müşteri memnuniyetini ve rekabet avantajını geliştirmek için çeşitli endüstrilerde yaygın olarak kullanılan müşteri odaklı bir ürün tasarım aracıdır (Huang vd., 2021; Liu vd., 2022). Müşteri ihtiyaçlarını tasarım gereksinimlerine, parça özelliklerine, üretim planlarına ve kontrolüne çevirerek daha yüksek müşteri memnuniyeti elde etmek için müşteri odaklı bir ürün geliştirme aracı olarak kullanılmaktadır (de Oliveira vd., 2020). QFD müşteri ihtiyaçlarının ürün tasarımı ve üretim sürecini yönlendirmesini sağlayan bir sistem olarak tanımlanmıştır (Chan ve Wu, 2005). Bir kalite yönetim sistemi olan QFD, ürün kavramsallaştırmasından nihai üretim planlamasına kadar müşteri gereksinimlerini dikkatli bir şekilde ele almayı amaçlar (Lee vd., 2017). Aynı zamanda, tüm ürün geliştirme süreci boyunca müşteri gereksinimlerini dağıtmak için yapılandırılmış ve kullanımı kolay bir yöntemdir. Böylece işletmelerin müşteri beklentilerini karşılayan veya aşan yüksek kaliteli ürünler sunmasına olanak tanır (Liu vd., 2022). Müşteri taleplerini teknik özelliklere dönüştüren QFD, başta ürün geliştirme olmak üzere birçok alanda uygulanabilen sistemli bir yöntemdir (Chan ve Wu, 2002). Bulanık QFD ise belirsiz ortamlarda değerlendiricilerin subjektif değerlendirmelerini ortadan kaldırmak için bulanık kümeleri kullanmaktadır.

Bu çalışmada, bulanık QFD metodundaki müşteri beklentileri için seçilen 10 kriter, teknik karakteristikler yerine ise belirlenen 4 tedarikçi düşünülmüştür. Aynı zamanda, aynı ürünü üreten tedarikçi arasından yeşil-çevreci bakış açısıyla en iyi tedarikçi seçimi yapıldığı için bir rakip karşılaştırması olmamıştır. Ek olarak çalışmanın öncesinde kriterlerin önem dereceleri Bulanık AHP ile belirlenmiştir.

Çalışmanın bu bölümünde ilk olarak Tablo 8’de yer alan ölçeğe göre uzmanlar tarafından tedarikçiler ve kriterler arasındaki ilişki değerlendirilmiş ve Tablo 9’da verilmiştir.

**Tablo 8.** Bulanık QFD yönteminde kullanılan dilsel değerlendirme ölçeği

Dilsel Değişken	Bulanık Üçgen Sayı
Çok Zayıf (ÇZ)	(0, 0, 2.5)
Zayıf (Z)	(0, 2.5, 5)
Orta (O)	(2.5, 5, 7.5)
Güçlü (G)	(5, 7.5, 10)
Çok Güçlü (ÇG)	(7.5, 10, 10)

**Tablo 9.** Tedarikçiler ve kriterler arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi

Kriterler	Yeşil Tedarikçi-1	Yeşil Tedarikçi-2	Yeşil Tedarikçi-3	Yeşil Tedarikçi-4
Kalite	G	O	G	Z
Maliyet	Z	O	O	G
Teslimat	ÇG	O	Z	O
Kaynak ve enerji kullanımı	O	ÇG	G	Z
Kirlilik kontrolü	Z	O	ÇZ	O
Geri dönüşüm-atık hurda yönetimi	G	G	O	O
Yeşil üretim	G	O	O	Z
Çevresel yetkinlik	O	Z	Z	O
Yeşil teknoloji kullanımı	G	O	O	Z
Yeşil ambalajlama	G	O	G	ÇZ

Daha sonrasında bu dilsel ifadeler Tablo 8’e göre üçgensel bulanık sayılara dönüştürülmüş ve Tablo 10’da verilmiştir.

**Tablo 10.** Dilsel değişkenlerin üçgensel bulanık sayılara dönüştürülmesi

Kriterler	Önem Derecesi	Yeşil Tedarikçi-1	Yeşil Tedarikçi-2	Yeşil Tedarikçi-3	Yeşil Tedarikçi-4
Kalite	0,25	(5,7.5,10)	(2.5,5,7.5)	(5,7.5,10)	(0,2.5,5)
Maliyet	0,15	(0,2.5,5)	(2.5,5,7.5)	(2.5,5,7.5)	(5,7.5,10)
Teslimat	0,19	(7.5,10,10)	(2.5,5,7.5)	(0,2.5,5)	(2.5,5,7.5)
Kaynak ve enerji kullanımı	0,06	(2.5,5,7.5)	(7.5,10,10)	(5,7.5,10)	(0,2.5,5)
Kirlilik kontrolü	0,12	(0,2.5,5)	(2.5,5,7.5)	(0,0,2.5)	(2.5,5,7.5)

Geri dönüşüm-atık hurda yönetimi	0,07	(5,7.5,10)	(5,7.5,10)	(2.5,5,7.5)	(2.5,5,7.5)
Yeşil üretim	0,05	(5,7.5,10)	(2.5,5,7.5)	(2.5,5,7.5)	(0,2.5,5)
Çevresel yetkinlik	0,02	(2.5,5,7.5)	(0,2.5,5)	(0,2.5,5)	(2.5,5,7.5)
Yeşil teknoloji kullanımı	0,06	(5,7.5,10)	(2.5,5,7.5)	(2.5,5,7.5)	(0,2.5,5)
Yeşil ambalajlama	0,03	(5,7.5,10)	(2.5,5,7.5)	(5,7.5,10)	(0,2.5,5)

Daha sonrasında, her bir kriterin öncelik derecesi, karşılık gelen ilişki değeriyle çarpılarak ve sütun toplamı alınarak hesaplanmıştır. Bu işlemin matematiksel gösterimi aşağıdaki formülle ifade edilir.

$$(\ddot{O}AT)k = \sum [(ÖD)j * \dot{I}jk] m j=1 j = 1, \dots, m; k = 1, \dots, l$$

Bu formülde; m, kriter sayısını ve l, tedarikçi sayısını ve göstermek üzere;  $(\ddot{O}AT)k$ ; k'inci tedarikçinin önem ağırlığını,  $(ÖD)j$ ; j'inci kriterinin önem derecesini ve  $\dot{I}jk$ ; j'nci kriter ile k'inci tedarikçinin arasındaki ilişki değerini göstermektedir. Verilen formülü kullanarak her bir tedarikçi için elde edilen önem ağırlığı, bu ağırlıkların toplamına bölünerek normalize edilir ve böylece yüzde önem düzeyleri elde edilir. Bu hesaplama işlemi aşağıdaki formülle gerçekleştirilir.

$$N(\ddot{O}AT)k = (\ddot{O}AT)k \sum (\ddot{O}AT)k l k=1 * 100 k = 1, \dots, l$$

Bu formülde; l, tedarikçi sayısını temsil ederken;  $N(\ddot{O}AT)k$ , k'inci tedarikçinin normalize edilmiş önem ağırlığını ifade eder. Bu değer, 100 ile çarpılarak yüzde önem dereceleri elde edilir.

Yukarıda anlatılan işlemlerin uygulanmasından sonra tedarikçilerin % önem dereceleri hesaplanarak Tablo 11'de verilmiştir.

**Tablo 11.** Yeşil Tedarikçilerin % önem dereceleri

	Yeşil Tedarikçi-1	Yeşil Tedarikçi-2	Yeşil Tedarikçi-3	Yeşil Tedarikçi-4
Tedarikçi Önem Ağırlıkları	(3.92, 6.42, 8.46)	(2.94, 5.44, 7.78)	(2.55, 4.75, 7.25)	(1.74, 4.24, 6.74)
Tedarikçi Kesim Değeri	6,31	5,40	4,83	4,24
Yüzde Önem Derecesi	0,30	0,26	0,23	0,20
Seçim Sırası	1	2	3	4

Tablo 11 incelendiği zaman Yeşil Tedarikçi-1 %30'luk önem derecesi ile ilk sırada yer almıştır. Bu sonuç, Yeşil Tedarikçi-1'in firmanın sac parça tedarikçi edeceği en iyi tedarikçi olduğunu göstermektedir.

#### 4. Sonuç ve Değerlendirme

Yeşil tedarikçi seçimi, şirketlerin ve organizasyonların faaliyetlerini sürdürürken çevresel etkilerini azaltma ve sürdürülebilirlik hedeflerini gerçekleştirme amacıyla tedarik zincirlerinde çevresel etkileri düşük olan, sosyal ve çevresel sorumluluklarına önem veren tedarikçileri tercih etme sürecidir. Yeşil tedarikçi seçimi, sadece çevresel etkileri azaltmakla kalmaz, aynı zamanda şirketlerin ekonomik ve sosyal açıdan daha sürdürülebilir bir gelecek için sorumluluk almasına da yardımcı olur. Bu nedenle, çevresel ve sosyal sorumluluklarına önem veren tedarikçilerle iş birliği yaparak şirketler hem kendi sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşırken hem de genel olarak daha iyi bir dünya yaratmaya katkı sağlarlar.

Bu yüzden çalışmada yeşil tedarikçi seçimi yapılmış ve bu seçim yapılırken literatürde henüz kullanılmayan bulanık AHP-bulanık QFD yaklaşımı kullanılmıştır. Uzman kişilerin görüşlerine başvururken farklı iş görevlerine sahip kişilerin kriterlere kendi işlerine yönelik derecelerde önem verdikleri gözlemlenmiştir. Lojistik sektöründe çalışan bir uzmanın teslimat kriterine, ürünün ya da malzemenin kalite ile uğraşan bir uzmanın ise kalite kriterine daha çok önem verdiği söylenebilir. Bu durum görüşlerin subjektif olduğunu göstermektedir. Bu yüzden, dilsel ifadeler ve bulanık kümeleri kullanan yöntemleri kullanmak bu tür seçim problemlerinde uygun olmaktadır.

Bu çalışmada kriterler seçilirken geleneksel tedarikçi seçimi için en çok etkili olan; kalite, teslimat, maliyet gibi kriterler de kullanılmıştır. Çünkü bu kriterler literatür incelendiği zaman en çok kullanılan kriterler olarak da karşımıza çıkmaktadır. Yapılan çalışmanın sonucuna da baktığımızda yeşil tedarikçi seçiminde en fazla etkili olan kriterler bunlar olmuşlardır. Dolayısıyla, işletmeler karlılık oranlarını korumak için bu kriterleri sağlayan tedarikçilerle çalışmak isterler. Alanında uzman beş kişiden alınan görüşler de bu düşüncüyü doğrular yönde olmuştur.

Yapılan çalışmada belirtilen yaklaşım ile firmanın sac parça tedarikçi edeceği en iyi yeşil tedarikçi seçimi yapılmıştır. Hibrit bir yaklaşım ile seçilen bu tedarikçi ile çalışılması halinde firmanın kalite, maliyet, teslimat anlamında kazanımları olacağı gibi çevresel konularda da hem kendisine hem de dünyaya faydalar sağlayacağı aşikardır.

Daha sonra yapılacak çalışmalarda kriterlerin sayısı arttırılabilir ve başka bulanık çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılabilir.

## Kaynaklar

- 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
- Aguiar, J. A., Pimenta, C. D., & Ball, P. D. (2013). Green supply chain management: a study on criteria selection and collaboration with suppliers. In *4th International workshop Advances in Cleaner Production, São Paulo* (pp. 1-9).
- Akman, G., & Alkan, A. (2006). Tedarik Zinciri Yönetiminde Bulanık AHP yöntemi kullanılarak tedarikçilerin performansının ölçülmesi: Otomotiv Yan Sanayiinde bir uygulama. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 5(9), 23-46.
- Akpınar, M. E. (2021). An application on the most suitable supplier selection with fuzzy topsis and fuzzy vikor methods. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 23(2), 627-640.
- Arıkan, M., & Gökbek, B. (2014). Çok ölçütlü karar verme yaklaşımlarına dayalı tedarikçi seçimi: elektronik sektöründe bir uygulama. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 30(5), 346-354.
- Arimura, T. H., Darnall, N., & Katayama, H. (2011). Is ISO 14001 a gateway to more advanced voluntary action? The case of green supply chain management. *Journal of environmental economics and management*, 61(2), 170-182.
- Awasthi, A., Chauhan, S. S., & Goyal, S. K. (2010). A fuzzy multicriteria approach for evaluating environmental performance of suppliers. *International journal of production economics*, 126(2), 370-378.
- Azadi, M., Jafarian, M., Saen, R. F., & Mirhedayatian, S. M. (2015). A new fuzzy DEA model for evaluation of efficiency and effectiveness of suppliers in sustainable supply chain management context. *Computers & operations research*, 54, 274-285.
- Bai, C., & Sarkis, J. (2010). Integrating sustainability into supplier selection with grey system and rough set methodologies. *International journal of production economics*, 124(1), 252-264.
- Baki, R. (2022). An integrated multi-criteria structural equation model for green supplier selection. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 9(4), 1063-1076.
- 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.
- Banaeian, N., Mobli, H., Fahimnia, B., Nielsen, I. E., & 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.
- Baskaran, V., Nachiappan, S., & Rahman, S. (2012). Indian textile suppliers' sustainability evaluation using the grey approach. *International Journal of Production Economics*, 135(2), 647-658.
- Buckley, J. J. (1985). Fuzzy hierarchical analysis. *Fuzzy sets and systems*, 17(3), 233-247.
- Büyüközkan, G. (2012). An integrated fuzzy multi-criteria group decision-making approach for green supplier evaluation. *International Journal of Production Research*, 50(11), 2892- 2909.
- 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.
- Chan, L. K., & Wu, M. L. (2005). A systematic approach to quality function deployment with a full illustrative example. *Omega*, 33(2), 119-139.
- Chiou, C. Y., Hsu, C. W., & Hwang, W. Y. (2008, December). Comparative investigation on green supplier selection of the American, Japanese and Taiwanese electronics industry in China. In *2008 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management* (pp. 1909-1914). IEEE.
- Chiou, H. K. (2001). Fuzzy hierarchical evaluation with grey relation model of green engineering for industry. *International Journal of Fuzzy Systems*, 3(3), 466-475.
- Çalik, A. (2018). Bulanık çok-amaçlı doğrusal programlama ve aralık tip-2 bulanık AHP yöntemi ile yeşil tedarikçi seçimi. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (39), 96-109.
- Dağdeviren, M. (2007). Bulanık analitik hiyerarşi prosesi ile personel seçimi ve bir uygulama. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 22(4).
- Daldır, İ., & Tosun, Ö. (2018). Bulanık WASPAS ile yeşil tedarikçi seçimi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 23(4), 193-208.
- de Oliveira, L. M. V., Santos, H. F. D., de Almeida, M. R., & Costa, J. A. F. (2020). Quality Function Deployment and Analytic Hierarchy Process: A literature review of their joint application. *Concurrent Engineering*, 28(3), 239-251.
- Denizhan, B., Yalçiner, A. Y., & Berber, Ş. (2017). Analitik hiyerarşi proses ve bulanık analitik hiyerarşi proses yöntemleri kullanılarak yeşil tedarikçi seçimi uygulaması. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(1), 63-78.
- Dobos, I., & Vörösmarty, G. (2014). Green supplier selection and evaluation using DEA-type composite indicators. *International Journal of Production Economics*, 157, 273-278.

- Freeman, J., & Chen, T. (2015). Green supplier selection using an AHP-Entropy-TOPSIS framework. *Supply Chain Management: An International Journal*, 20(3), 327-340.
- Genovese, A., Lenny Koh, S. C., Bruno, G., & Esposito, E. (2013). Greener supplier selection: state of the art and some empirical evidence. *International Journal of Production Research*, 51(10), 2868-2886.
- Govindan, K., Kadziński, M., & Sivakumar, R. (2017). Application of a novel PROMETHEE-based method for construction of a group compromise ranking to prioritization of green suppliers in food supply chain. *Omega*, 71, 129-145.
- Govindan, K., Kannan, D., & Shankar, M. (2015). Evaluation of green manufacturing practices using a hybrid MCDM model combining DANP with PROMETHEE. *International Journal of Production Research*, 53(21), 6344-6371.
- 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.
- Handfield, R., Ernest, L., Nichols, Jr. (1999). Introduction to supply chain management. New Jersey: Prentice Hall, Handfield, R., Walton, S. V., Sroufe, R., & Melnyk, S. A. (2002). Applying environmental criteria to supplier assessment: A study in the application of the Analytical Hierarchy Process. *European journal of operational research*, 141(1), 70-87.
- Hashemi, S. H., Karimi, A., & 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.
- Hashemi, S. H., Karimi, A., Aghakhani, N., & Kalantar, P. (2014). A grey-based carbon management model for green supplier selection. *Journal of Grey System*, 26(2), 124-131.
- Hsu, C. W., Kuo, T. C., Chen, S. H., & Hu, A. H. (2013). Using DEMATEL to develop a carbon management model of supplier selection in green supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, 56, 164-172.
- Huang, J., Mao, L. X., Liu, H. C., & Song, M. S. (2022). Quality function deployment improvement: A bibliometric analysis and literature review. *Quality & Quantity*, 56(3), 1347-1366.
- Humphreys, P. K., Wong, Y. K., & Chan, F. T. S. (2003). Integrating environmental criteria into the supplier selection process. *Journal of Materials processing technology*, 138(1-3), 349-356.
- Humphreys, P., McIvor, R., & Chan, F. (2003). Using case-based reasoning to evaluate supplier environmental management performance. *Expert systems with Applications*, 25(2), 141-153.
- 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.
- Karamaşa, Ç., Korucuk, S., & Ergün, M. (2021). Determining the green supplier selection criteria in textile enterprises and selecting the most ideal distribution model: A case study of Giresun. *Alphanumeric Journal*, 9(2), 311-324.
- 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, 1-11.
- KILINÇ, S., & Yağmahan, B. (2021). Sürdürülebilirlik için GİA ve AHP Yöntemleri ile Yeşil Tedarikçi Seçimi: Bir Otomotiv Ana Sanayi Uygulaması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (27), 686-698.
- 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.
- 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.
- Lee, A. H., Kang, H. Y., Lin, C. Y., & Chen, J. S. (2017). A novel fuzzy quality function deployment framework. *Quality technology & quantitative management*, 14(1), 44-73.
- Li, Y., Liu, X., & Chen, Y. (2012). Supplier selection using axiomatic fuzzy set and TOPSIS methodology in supply chain management. *Fuzzy Optimization and Decision Making*, 11, 147-176.
- Lin, R. J. (2013). Using fuzzy DEMATEL to evaluate the green supply chain management practices. *Journal of cleaner production*, 40, 32-39.
- Liu, H. C., Shi, H., Li, Z., & Duan, C. Y. (2022). An integrated behavior decision-making approach for large group quality function deployment. *Information Sciences*, 582, 334-348.
- Lu, L. Y., Wu, C. H., & Kuo, T. C. (2007). Environmental principles applicable to green supplier evaluation by using multi-objective decision analysis. *International Journal of Production Research*, 45(18-19), 4317-4331.
- Madenoğlu, F. S. (2019). Bulanık çok kriterli karar verme ortamında yeşil tedarikçi seçimi. *Business & Management Studies: An International Journal*, 7(4), 1850-1869.
- Özdemir, A. İ. (2004). Tedarik zinciri yönetiminin gelişimi, süreçleri ve yararları. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (23).
- Öztürk, B. A., & Özçelik, F. (2014). Sustainable supplier selection with a fuzzy multi-criteria decision making method based on triple bottom line. *Business and Economics Research Journal*, 5(3), 129.
- Awasthi, A., Chauhan, S. S., & Goyal, S. K. (2010). A fuzzy multicriteria approach for evaluating environmental

- performance of suppliers. *International journal of production economics*, 126(2), 370-378.
- Öztürk, B. A., & Özçelik, F. (2014). Sustainable supplier selection with a fuzzy multi-criteria decision making method based on triple bottom line. *Business and Economics Research Journal*, 5(3), 129.
- Öztürk, M., & Paksoy, T. (2020). A new interval type-2 hybrid fuzzy rule-based AHP system for supplier selection. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 35(3), 1519-1535.
- Qin, J., Liu, X., & Pedrycz, W. (2017). An extended TODIM multicriteria group decision making method for green supplier selection in interval type-2 fuzzy environment. *European Journal of Operational Research*, 258(2), 626-638.
- 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
- Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (2012). *Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process* (Vol. 175). Springer Science & Business Media.
- Soyer, A., & Türkay, B. (2020). Yeşil satın alma ve yeşil tedarikçi seçimi: beyaz eşya sektöründe bir uygulama. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 8(4), 1202-1222.
- Şişman, B. (2016). Bulanık MOORA yöntemi kullanılarak yeşil tedarikçi geliştirme programlarının seçimi ve değerlendirilmesi. *Journal of Yaşar University*, 11(44), 302-315.
- Taş, M. A., Çakır, E., & Ulukan, Z. (2021). Spherical fuzzy SWARA-MARCOS approach for green supplier selection. *3C Tecnologia*, 115-133.
- Teng, J. Y., Huang, W. C., & Lin, M. C. (2010). Systematic budget allocation for transportation construction projects: a case in Taiwan. *Transportation*, 37, 331-361.
- Thongchattu, C. and Siripokapirom, S. (2010). Green supplier selection consensus by neural network. 2nd International Conference on Mechanical and Electronics Engineering.
- 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.
- Tsui, C. W., & Wen, U. P. (2014). A hybrid multiple criteria group decision-making approach for green supplier selection in the TFT-LCD industry. *Mathematical Problems in Engineering*, 2014.
- Tuzkaya, G., Ozgen, A., Ozgen, D., & 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.
- 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.
- Wang Chen, H. M., Chou, S. Y., Luu, Q. D., & Yu, T. H. K. (2016). A fuzzy MCDM approach for green supplier selection from the economic and environmental aspects. *Mathematical Problems in Engineering*, 2016.
- Wątróbski, J., & Sałabun, W. (2016). Green supplier selection framework based on multi-criteria decision-analysis approach. In *Sustainable Design and Manufacturing 2016* (pp. 361-371). Springer International Publishing.
- Wen, U. P., & Chi, J. M. (2010, October). Developing green supplier selection procedure: a DEA approach. In *2010 IEEE 17th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management* (pp. 70-74). IEEE.
- Wu, Q., Zhou, L., Chen, Y., & Chen, H. (2019). An integrated approach to green supplier selection based on the interval type-2 fuzzy best-worst and extended VIKOR methods. *Information Sciences*, 502, 394-417.
- 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.
- Yang, B., Wu, Y. and Yin, M. (2008). Supplier selection modeling and analysis based on polychromatic sets, international federation for information processing. *Research and Practical Issues of Enterprise Information Systems*, 2, 1481-1485
- 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.
- Yildiz, A. (2016). Interval type 2-fuzzy TOPSIS and fuzzy TOPSIS method in supplier selection in garment industry/Metoda fuzzy TOPSIS Interval tip 2 si metoda fuzzy TOPSIS în selectarea furnizorului din industria de confectii. *Industria Textila*, 67(5), 322.
- Yildiz, A., & Yayla, A. (2017). Application of fuzzy TOPSIS and generalized Choquet integral methods to select the best supplier. *Decision Science Letters*, 6(2), 137-150.
- Yildiz, A. (2019). Green supplier selection using topsis method: a case study from the automotive supply industry. *Journal of Engineering Research and Applied Science*, 8(2), 1146-1152.
- Yu, Q., & Hou, F. (2016). An approach for green supplier selection in the automobile manufacturing industry. *Kybernetes*, 45(4), 571-588.

- 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.
- Zaralı, F. (2021). Intuitionistic fuzzy green supplier selection and an application in the machine manufacturing sector. *Journal of Turkish Operations Management*, 5(1), 676-687.
- Zhao, H., & Guo, S. (2014). Selecting green supplier of thermal power equipment by using a hybrid MCDM method for sustainability. *Sustainability*, 6(1), 217-235.
- Zhu, Q., Sarkis, J., & Lai, K. H. (2008). Green supply chain management implications for “closing the loop”. *Transport*