

## Sezgisel Bulanık DEMATEL Yöntemiyle Tedarikçi Seçim Kriterlerinin Önceliklendirilmesi

### Prioritization of Supplier Selection Criteria Using the Intuitionistic Fuzzy DEMATEL Method

Gizem ÖZAYDIN <sup>a</sup> Aygülen KAYAHAN KARAKUL <sup>b</sup>

<sup>a</sup>İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir, Türkiye. [gizem.ozaydin@hotmail.com](mailto:gizem.ozaydin@hotmail.com)

<sup>b</sup>İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İzmir, Türkiye. [aygulen.kayahan@ikc.edu.tr](mailto:aygulen.kayahan@ikc.edu.tr)

#### MAKALE BİLGİSİ

#### ÖZET

##### Anahtar Kelimeler:

Tedarik Zinciri  
Yeşil Tedarik Zinciri  
Sezgisel Bulanık DEMATEL

**Amaç** – Son zamanlarda tedarik zinciri faaliyetlerini bünyesinde barındıran işletmelerin gündem maddesi haline gelen “çevreye duyarlılık” anlayışı, artan küresel iklim krizlerinde bilinçlenmeyi ve önlem almayı gerektirdiğinden, tedarik zinciri operasyonlarının çevresel boyutuna odaklanan yeşil tedarikçi seçim probleminde etki eden faktörleri önceliklendirmek gerekmektedir. Bu doğrultuda bu çalışmanın amacı plastik sanayisinde üretim yapan bir şirketin yeşil tedarikçilerden satın alma kararlarında belirleyici olan kriterlerin Sezgisel Bulanık DEMATEL yöntemi ile önceliklendirilmesidir.

Gönderilme Tarihi 19 Ekim 2023

Revizyon Tarihi 13 Mart 2023

Kabul Tarihi 20 Mart 2023

**Yöntem** – Doğayı ve insan algılarını gerçeğe daha yakın bir şekilde modelleyebilen Bulanık Mantık ve özellikle firmaların yeşil tedarik seçimi ile ilişkili hedeflerini gerçekleştirmek için yapacakları seçim veya sıralama çalışmalarında kullanılan Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) Yöntemleri incelenerek Sezgisel Bulanık DEMATEL yöntemi seçilmiştir. Analize konu olan tedarikçi seçim kriterleri, literatürde yer alan hem klasik hem de yeşil tedarikçi seçim kriterleri incelenerek kullanılma sıklığına göre belirlenmiştir. Bu kapsamda şirketin satın alma departmanından üç kişilik uzman grubun on sekiz adet yeşil tedarikçi seçim kriteriyle alternatif altı şirketi değerlendirmeleri sağlanmıştır.

##### Makale Kategorisi:

Araştırma Makalesi

**Bulgular** – Yeşil tedarikçi seçim kriterleri neden-sonuç grubuna göre sınıflandırılmış, aralarındaki etkileşim derecesi tespit edilmiştir. (D-R) değerinin en büyük değeri bu kriterde alması nedeniyle yeşil tedarikçi seçiminde en önemli kriterin “Fiyat/Maliyet” olduğu görülmüştür.

**Tartışma** – Yöneticilerin yeşil tedarikçi seçim listelerini oluşturmaları için bir çerçeve geliştirilmiştir. Belirlenen kriterler ve öncelikler; gelişen teknolojiler, pazar eğilimleri veya düzenleyici çerçeveler nedeniyle zaman içinde değişebilir. Bu sınırlamaları gidermek ve gelecekteki araştırmaları geliştirmek için analizlere güncel kriterlerin dahil edilmesi gereklidir. Güncel olan ise çevreye duyarlı olan kriterlerin kullanımınıdır. Çalışmada çevreye duyarlı kriterler kullanıldığında klasik tedarikçi seçim problemlerinin çoğunda olduğu gibi “Fiyat/Maliyet” kriterinin önem düzeyinin en yüksek olarak elde edilmiş olması, çevreye duyarlı bir sisteme geçiş aşamasında anlaşılabilir. Etki faktörü açısından ise “Kalite” kriteri en etkili kriter olarak belirlenmiştir. Sezgisel Bulanık DEMATEL yöntemi ile yeşil tedarikçi seçim probleminin pratikte ele alınması maliyetin önemsenmesi ve kaliteden ödün verilmeden yapılması durumunda uygulanabilir görünmektedir.

#### ARTICLE INFO

#### ABSTRACT

##### Keywords:

Supply Chain  
Green Supply Chain  
Intuitionistic Fuzzy  
DEMATEL

**Purpose** – Since the understanding of "environmental awareness", which has recently become an agenda item for businesses that include supply chain activities, requires awareness and taking precautions in increasing global climate crises, it is to prioritize the factors affecting the green supplier selection problem, focusing on the environmental dimension of supply chain operations. In this direction, the aim of this study is to rank the criteria that is effective on the purchasing decisions of a company engaged in plastic industry from green suppliers by using the Intuitionistic Fuzzy DEMATEL method.

Received 19 October 2023

Revised 13 March 2023

Accepted 20 March 2023

**Design/methodology/approach** - Fuzzy Logic, which can model nature and human perceptions more realistically today, and Fuzzy Multi-Criteria Decision Making (MCDM) Methods, which are used especially in the selection or ranking studies of companies to achieve their goals related to green supply selection, were selected and the Intuitionistic Fuzzy DEMATEL method was used. The supplier selection criteria subject to analysis were determined according to examining both the classical and green supplier selection criteria in the literature. In this context, three Decision Makers from the company's purchasing department was enabled to evaluate six alternative companies with eighteen green supplier selection criteria.

##### Article Classification:

Research Article

#### Önerilen Atıf/Suggested Citation

Özaydın, G., Kayahan Karakul, A. (2024). Sezgisel Bulanık DEMATEL Yöntemiyle Tedarikçi Seçim Kriterlerinin Önceliklendirilmesi, *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 16 (1), 293-310.

**Findings** – Green supplier selection criteria were classified according to cause-effect group, and the degree of interaction between them was determined. Due to the largest value of the (D-R) value, it shows that the most important criterion in supplier selection is "Price/Cost".

**Discussion** – A framework has been developed for managers to create green supplier selection lists. Determined criteria and priorities; may change over time due to evolving technologies, market trends or regulatory frameworks. To address these limitations and improve future research, it is recommended to use updated criteria in the analysis, which are green ones in today's world. What is current is the use of environmentally friendly criteria. When environmentally friendly criteria are used in the study, it is understandable that the "Price/Cost" criterion has the highest level of importance, as in most classical supplier selection problems, during the transition to an environmentally friendly system. In terms of impact factor, the "Quality" criterion was determined as the most effective criterion. Addressing the green supplier selection problem in practice with the Intuitive Fuzzy DEMATEL method seems feasible if the cost is taken into consideration and it is done without compromising quality.

## 1. GİRİŞ

20. Yüzyılın sonuna doğru gelişen tedarik zinciri yönetimi kavramı, günümüzde modern işletmelerin en etkin rekabet politikalarından biri haline dönüşmüştür. Temelde, piyasadaki talebe cevap vermek için birden çok sayıda tedarikçi arasında entegrasyon sağlamayı amaçlamaktadır. İşletmeler, dinamik ve verimli tedarik zinciri faaliyetlerinden direkt kazanç sağlayabileceklerinin önemli ölçüde farkındadırlar. İşletme uygulamalarının çevreye zararlı etkileri ve artan kaygılar sebebiyle, özellikle üretim performansının arttırılmasında "yeşil" anlayış gündeme gelmiştir. Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi de tam olarak ürün/hizmetin üretimden nihai tüketiciye ulaşmasına kadar olan süreçte çevre konusunu, ürün yaşam döngüsünün tüm adımlarına entegre edilmesini sağlamaktadır. Yeşil tedarik zinciri yönetimi birden çok ve hatta bazen kendi içinde bile çelişen faktörler içermesi nedeniyle yoğun bir şekilde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilebilecek bir işletme fonksiyonudur. İçerdiği olumlu faktörler kadar yoğun çevre tahribatı, düşük seviyede kirlilik kontrolleri, atık bertaraf alanlarının yönetilememesi, hammadde kaynaklarının tükenmesi gibi olumsuz faktörler de bulunmaktadır (Nielsen vd., 2014:80; Banaeian vd., 2015:150; Hashemi vd., 2015:180).

Tüm tedarik zinciri ağlarında rekabet avantajı sağlayabilmenin kritik noktası yeşil tedarik zinciri seçiminden geçmektedir. Endüstriyel üretim süreçlerinde yaşanabilecek olumsuzlukların engellenmesi ve tedarik zincirinin belirleyicileri arasında bilgi transferlerini etkili şekilde yönetebilmek için yeşil stratejilerin dikkate alınması gerekmektedir. Bu konunun karar verme noktalarında doğru yöntemler kullanılarak doğru seçimlerin yapılabilmesi için şirketler; faaliyetlerini geliştirecek, uygun bir şekilde yeşil tedarik zinciri yönetimini gerçekleştirecektir.

Yeşil ve sürdürülebilir kelimeleri sıklıkla birbirinin yerine kullanılmasına rağmen aynı anlama gelmemektedir. Yeşil tedarik zinciri yönetiminin amacı operasyonların tümüne çevre dostu yönleri dahil etmektir ve üretimden son tüketime kadar tedarik zinciri boyunca çevresel prosedürleri içermektedir (Kalpande ve Toke, 2021:2240). Yeşil yalnızca çevreyle ilgili iken, sürdürülebilir olmak ürünün sosyal, ekonomik ve çevresel etkilerini dikkate almayı gerektirir ve daha geniş bir kavramdır. Sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi; hammadde tedarikinden toplumsal katkıya, istihdam fırsatı yaratılmasından finansal karlılığa etki eden bir konudur. Bu nedenle; müşterilerin, aktivistlerin ve paydaşların artan çevre ve sürdürülebilirlik bilinci işletmelerin de konuyla ilgili hem kaygıları azaltarak hem de fikir birliğine dayalı bir şekilde faaliyet göstermesi bir zorunluluk haline gelmiştir (Agrawal vd., 2022:8235).

Geleneksel tedarikçi seçim uygulamalarının özellikle çevresel kriterler bağlamında ele alınması ve hükümetlerin de çevre koruma politikalarında düzenlemeler yapması yeşil tedarikçi seçimi konusunu giderek gündeme taşımıştır. Sürdürülebilirliğin üç temel yapıtaşı olarak bilinen ekonomik, sosyal ve çevresel faktörlerin çevresel boyutu özellikle "yeşil" ile ifade edilmeye başlanmış, tedarik zincirlerinde çevre kirliliği esasları da bu şekilde detaylandırılmıştır (Bakeshlou vd., 2017:914).

Özetle; bir şirketin tedarik fonksiyonuna hitap eden uygun tedarikçiyi bulması için yıllardır süregelen çalışmalar mevcuttur. Çünkü bir seçim, bünyesinde birçok farklı kararı barındırmaktadır. Dolayısıyla çevre hususunu ve diğer etkileyicileri dikkate alarak seçim yapılması tavsiye edilmektedir. Bu çalışmada insanların yapacağı seçimleri daha rasyonel ve bilimsel hale getirmenin bir yolu olarak Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin sosyal gerçekliği en iyi şekilde modelleyebilen türlerinden olan Bulanık bir yöntem kullanılacaktır. Bulanık karar verme, bilginin kesin olmayan, eksik veya belirsiz olduğu durumlarda karar

vermek için kullanılan bir yöntemdir (Pınar vd., 2021:986). Kesin, ikili mantığa dayalı geleneksel karar verme yöntemlerini genişletir. Bu yüzden sosyal gerçekliği çok daha iyi modeller. Böylece uygulayıcılara ve işletmecilere sadece çevre boyutuyla değil, aynı zamanda kullanılan ileri düzey yöntemlerle yeşil tedarikçi yönetiminde genel kapsamlı bakış açısı sağlayacaktır.

## 2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

### 2.1 Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi

21. yüzyılda insanlığın doğa ile mücadelesinde geldiği nokta düşünülürse, küresel iklim krizi belirmiş, buzullar erimeye başlamış, çevrede büyük tahribat ve geri dönüşümsüz kirlilikler meydana gelmiştir. Yenilenemeyen kaynak rezervlerindeki azalışla birlikte, bu çevresel faktörlere karşı insanlığın gelecekte varoluşunu sağlayabilmek için çevresel faktörler üretimden tüketime kadar birçok alanda daha fazla dikkate alınır hale gelmiş, çevresel faktörleri önemseyen çevre yönetim yaklaşımları ortaya çıkmıştır. Tedarik zinciri yönetimi yaklaşımları ile çevre yönetim yaklaşımlarının harmanlanması sonucu yeşil tedarik zinciri yönetimi kavramı doğmuştur (Srivastava, 2007:54). Yeşil tedarik zinciri yönetimi; kapsamlı çevre yönetim politikalarının reaktif olarak takip edilmesinden yeşil malzemelerin, yeşil ürünlerin kullanılması ve üretimdeki kirlilik kontrolünden atık bertaraf yerlerinin seçilmesi gibi daha proaktif yaklaşımlara kadar uzanır (Bali vd., 2013:159).

Şirketlerin rekabet piyasasında avantaj sağlaması için çevresel endişeleri göz önünde bulundurması ve tedarikçi seçerken de göz ardı etmemesi gerekmektedir. Uygun tedarikçiyi seçme kararı, bilhassa birden fazla alternatifin söz konusu olduğu durumlarda ürünün hammadde halinden tüketim aşamasına kadar yani tüm ürün yaşam döngüsü boyunca incelenerek yapılmalıdır. Çünkü bir şirketin yeşil tedarik zinciri yönetiminde başarılı olup olmadığı yalnızca yeşil eylemleriyle değil, aynı zamanda birlikte çalıştığı tedarikçilerin yeşil performansıyla da ölçülmektedir.

Çevreye duyarlı satın alma faaliyetinin maliyetlere odaklanması, kontrollü atık yönetiminin kaynak tüketiminden tasarruf sağlaması, güncel hükümet düzenlemeleri ve kamuda çevresel farkındalığın oluşmasıyla tehlikeli madde kullanımının kısıtlanması gibi sebeplerle yeşil tedarik zinciri yönetimi hayata geçirilmiştir. Bu süreçte tedarikçilerin seçilmesi, değerlendirilmesi ve geliştirilmesi aşamaları çevresel risklerin minimuma indirgenmesi ve şirketlerin sürdürülebilir kalkınmada başarılı bir anahtar rol üstlenmelerinde etkilidir (Kannan vd., 2015:195).

### 2.2 Yeşil Tedarikçi Seçimi

Yeşil tedarikçi seçiminde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerini (ÇKKV) kullanan çalışmalar incelenmiştir. Bu çalışmalardan birçoğu Bulanık Mantık ilkelerini bu yöntemlere uygulanmıştır. Bu başlık altında son yıllarda yapılan bu çalışmalara yer verilerek kavramsal çerçeve dizayn edilmiştir.

Lee vd., (2009) yüksek teknoloji endüstrisinde Bulanık AHP yöntemini kullanarak kalite, finans, organizasyon, teknoloji kapasitesi, servis, yeşil imaj, kirlilik kontrolü, çevresel yönetim kriterleri ile yeşil tedarikçi seçimi uygulaması yapmışlardır.

Kuo vd., (2010) çalışmalarında Tayvan'da kamera üreten bir elektronik şirketinin yeşil tedarikçi seçimini Yapay Sinir Ağları, Veri Zarflama Analizi ve Çok Amaçlı Karar Verme yöntemleriyle fiyat, çevre, kalite, teslim, servis ve sosyal yetenekler kriterlerini kullanarak gerçekleştirmişlerdir.

Bali vd., (2013) yaptıkları çalışmada bir otomobil şirketinin aydınlatma sistemi tedarikçilerini servis kalitesi, yeşil imaj, yeşil materyal kullanımı, yeşil üretim, dağıtım, tersine lojistik ve Ar-Ge gibi yeşil kriterlere göre Sezgisel Bulanık Gri İlişkisel Analiz yöntemiyle değerlendirmişlerdir.

Yazdani (2014) İran'da otomobil üretim şirketleri üzerinde yaptığı çalışmasında AHP ve Bulanık TOPSIS yöntemlerini kullanarak yeşil kapasite, fiyat, kalite, yeşil tasarım, yeşil materyal kullanımı, çevre yönetim sistemi, personel eğitimi, atık yönetimi ve geri dönüşüm kriterleriyle yeşil tedarikçi seçimi uygulaması yapmıştır.

Freeman ve Chen (2015) Çin'de bir elektronik makine üreticisinin yeşil tedarikçi seçimini fiyat, yeşil kapasite, kalite, teslimat yapısı ve çevre yönetim performansı kriterleriyle AHP-Entropi-TOPSIS yöntemlerini hibrit olarak uygulayarak yürütmüşlerdir.

Chen vd. (2016) Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS yöntemleriyle ISO kalite sistemi, fiyat, teslim süresi, yeşil teknoloji ve çevresel sertifikalar kriterlerini kullanarak Tayvan'da optik prizma imalat şirketinin yeşil tedarikçi seçimini gerçekleştirmişlerdir.

Denizhan vd., (2017) Doğu Marmara bölgesinde makina imalatı sektöründeki şirketlerin yeşil tedarikçi seçimi AHP ve Bulanık AHP yöntemleriyle kalite, maliyet, teslimat, servis, teknik kapasite ve yeşil imaj kriterlerini dahil ederek uygulamışlardır.

Daldır ve Tosun (2018) çalışmalarında bir üretim firmasının yeşil tedarikçi seçimini Bulanık AHP ve Bulanık WASPAS yöntemleriyle kaynak kullanımı, yeşil yeterlilik, maliyet ve kalite kriterlerini kullanarak birlikte yürütmüşlerdir.

Çınar ve Uygun (2019) bir işletmenin kurumsal üç yeşil tedarikçi arasından en uygununun seçilmesinde Sezgisel Bulanık AHP yöntemini kullanarak kalite, yeşil tasarım, yeşil satın alma, yeşil üretim ve çevre yönetim sistemi kriterlerinden faydalanmışlardır.

Abdullah vd., (2019) yeşil organik ürünlerle ilgilenen tedarikçilerin seçimini PROMETHEE yöntemiyle kalite, maliyet, servis, zamanında teslim yeteneği, teknoloji seviyesi, çevre yönetim sistemi ve yeşil ambalaj kriterleri ile incelemişlerdir.

Gupta vd., (2019) çalışmalarında Bulanık AHP, Bulanık TOPSIS, Bulanık MABAC ve Bulanık WASPAS yöntemlerini hibrit kullanarak kalite, maliyet, çevre yönetim sistemi, servis, yeşil imaj, kaynak tüketimi, kirlilik kontrolü ve personel çevre eğitimi kriterleri ile Hindistan Otomotiv endüstrisinde yeşil tedarikçi seçimini uygulamışlardır.

Öztürk ve Paksoy (2020) çalışmalarında DEMATEL ve Bulanık AHP yöntemleriyle Gaziantep ilinde tanınmış bir yumurta üretim şirketi için on alternatif yeşil tedarikçiyi değerlendirmeye almışlardır. Bu kapsamda finansal istikrar, çevre yönetim sistemi, atık bertaraf programı, yönetim taahhüdü, kalite kontrol sistemleri, imalat, tesis, tersine lojistik kriterlerini uygulamaya dahil etmişlerdir.

Çalık (2021) çalışmasını Pisagor Bulanık AHP ve Pisagor Bulanık TOPSIS yöntemleriyle Endüstri 4.0 yaklaşımını da dikkate alarak Türkiye'de yerleşik bir tarım aleti üreticisinin en iyi yeşil tedarikçisinin seçimini teslim, kirlilik kontrolü, üretim, kalite ve çevresel yetkinlik ana kriterlerini kullanarak gerçekleştirmiştir.

Puska ve Stojanovic (2022) gıda ürünleri üreten bir şirketin yeşil tedarikçi seçimini Bulanık SWARA, Bulanık MABAC-MARCOS-CRADIS yöntemlerini hibrit kullanarak maliyet/fiyat, kalite, inovasyon, müşteri ilişkileri, organizasyon ve yönetim, çevre yönetim sistemi, geri dönüşüm, kirlilik kontrolü, yeşil ürünler ve çevresel yetkinlikler kriterlerini de dahil ederek çalışmalarını uygulamışlardır.

Hajiaghahi-Keshteli vd., (2023) yaptıkları çalışmada Pisagor Bulanık TOPSIS yöntemiyle eko-tasarım, lojistik, atık yönetimi, yeşil imaj, çevre yönetim sistemi, çevre dostu teknoloji, çevre dostu malzemeler ve personel eğitimi kriterlerini kullanarak bir gıda işletmesinin karton kutu tedarikçilerini yeşil çerçevede değerlendirmişlerdir.

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde çok ürünlü/çok tedarikçili/çok dönemli bir ortamda ya geleneksel ya çevresel ya da sürdürülebilir kriterleri dikkate alan tedarikçilerin seçilmesine odaklanılmıştır. Konunun çok eski olması neredeyse bütün sektörlerde farklı yöntemlerle uygulama yapılmasına sebep olmuştur. Ancak incelenen literatüre göre polietilen ve plastik sektöründe yeşil tedarikçi seçimine yönelik az çalışma yapılmıştır (Asgharnezhad ve Darestani, 2022:1575). Bu çalışmanın amacı; hem klasik hem de çevresel faktörler ışığında yeşil tedarikçi seçimi için Sezgisel Bulanık DEMATEL yöntemini kullanmaktır. DEMATEL' in literatürde çok sayıda uygulaması olmasına rağmen, mevcut modellerde karar vericilerin önyargısı veya özneliği ve birbiriyle çelişen çeşitli faktörlerin ele alınması gibi bazı dezavantajlar ve sınırlamalar bulunmaktadır. Sonuç olarak mevcut yaklaşımların dezavantajları ve sınırlamaları değerlendirilerek bu model önerilmiştir. Sezgisel Bulanık yaklaşımın gücü, karar vericinin tercihlerini üyelik derecesi, üye olmama derecesi ve tereddüt derecesi kullanarak göstermesi, bulanık sayıların ise yalnızca üyelik derecesini temsil edebilmesidir (Xu ve Liao, 2013:755). Dolayısıyla Sezgisel Bulanık DEMATEL, belirsizlik ve muğlaklığa işaret ederek araştırmacıya geleneksel ve Bulanık DEMATEL' ten daha güçlü bir çerçeve sunar. Sonuçta bu çalışmada, klasik ve yeşil kriter olarak sınıflandırılan kriterlerin, tedarikçi seçim problemlerine önem derecesinin hesaplanmasında Sezgisel Bulanık DEMATEL yöntemi kullanılmaktadır. Yeşil tedarikçi seçim problemlerinde

önerilen kriterlerin etkinliğini göstermek için plastik endüstrisinde bir örnek olay çalışması gerçekleştirilmiştir.

### 2.3 Yeşil Tedarikçi Seçim Kriterleri

Yeşil tedarik zinciri yönetimine dair değerlendirmeler, mevcut tedarikçilerin çevresel performanslarını arttırmaya yönelik uygulamalar başlatarak, onlara destek olunmasını tavsiye etmektedir. Esasen bu değerlendirmelere ilişkin de literatürdeki daha önceki çalışmalar geleneksel fiyat, maliyet, kalite ve servis gibi kriterlere odaklanmış iken, daha güncel çalışmalar tedarikçi seçim kararına çevre faktörünün entegre edilmesine göre şekillenmiştir.

Tedarikçi değerlendirme kriterlerinin belirlenmesi, uygun tedarikçi seçiminde büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada öncelikle literatürde yer alan hem klasik hem de yeşil tedarikçi seçim kriterleri incelenmiş ve ayrıntılı olarak açıklamalarıyla Tablo 1’de verilmiştir.

**Tablo 1:** Tedarikçi Seçim Kriterleri

Kriterler	Açıklamaları
Kirlilik Kontrolü	Su ve enerji dahil her türlü atığın azaltılması, boru sızıntı sondaj kontrolleri, kirliliği azaltma çalışmaları,
Kaynak Tüketimi	Tedarikçinin malzeme ve enerji gibi farklı kaynakları kullanması yeteneği
Yeşil/Eko-Tasarım	Tedarikçinin, ürünleri tasarlamak gibi çevresel etkileri azaltmak için yeni ürün geliştirmeye yaptığı yatırım
Geri Dönüşüm	Tehlikeli maddelerin kullanımını önleyecek veya azaltacak ürünlerin tasarlanması, üretimde kullanılan malzemelerin ikamesinin bulunması
Çevre Yönetim Sistemi	Çevre koruma sistemi sertifikaları, çevre politikaları ve planlaması, çevresel uygulama ve işletme, sürekli izleme ve mevzuata uygunluk
Yeşil İmaj	Yeşil programlar, yeşil pazar payı, müşterinin satın alma oranı, yeşil müşterilerin toplam müşterilere oranı
Yeşil Yeterlilikler	Temiz teknoloji, tedarik edilen bileşenlerde kullanılan doğal kaynaklar üzerindeki etkiyi azaltan malzemeler, doğal kaynaklar üzerindeki etkiyi azaltmak için süreç ve ürünü değiştirebilme yeteneği
Yönetim Taahhüdü	Üst düzey yöneticilerin yeşil tedarik zinciri yönetimi girişimlerini destekleme ve iyileştirme taahhüdü
Kalite	Kalite sistemleri, kalite güvencesi, reddetme oranı, kaliteye uygunluk, kalite felsefesi, yönetimin kaliteye bağlılığı, süreç iyileştirmeleri, dokümantasyon ve öz denetim, kalite sertifikaları, sevkiyat kalitesi, ürün uygunluk kalitesi, hizmet kalitesi
Fiyat/Maliyet	Satın alma fiyatı, sektörel fiyat davranışına uygunluk, üretim maliyeti, maliyet düşürme yeteneği, malzeme fiyatının piyasaya uygunluğu, doğrudan maliyet, sipariş maliyeti
Teslimat	Teslimat hızı, siparişin gerçekleşme oranı, teslim süresi, sipariş sıklığı, teslimat tarihinin uygunluğu, vade tarihine uygunluk, teslimat gecikmeleri, teslimat verimliliği, teslimat güvenilirliği, coğrafi konum

Teknoloji Yeteneği	Teknoloji düzeyi, Ar-Ge yeteneği, tasarım yeteneği, mevcut üretim tesisleri/yetenekleri, teknolojik uyumluluk, ürün geliştirme yeteneği
Tehlikeli Madde Kullanımı	Çevreye salınmaları durumunda tehlike oluşturan kimyasallar ve diğer malzemeler tanımlanmalı ve bunların güvenli bir şekilde taşınması, depolanması, kullanılması, geri dönüştürülmesi veya bertaraf edilmesinin sağlanması
Personel Eğitimi	Prosedürleri ve iyileştirme hedeflerini uygulamak ve geçerli yasal düzenlemelerin gerekliliklerini karşılamak için yöneticilerin ve çalışanların eğitilmesi
Müşteri İlişkileri	Müşterilere açık ve doğru bilgilerin iletilmesi süreci
Servis	Sipariş formunu işleme oranı, zamanında teslimat oranı, siparişlerin takip sistemi, hizmet kalitesi, güvence hizmeti, hızlı yanıt verilebilirlik
İnovasyon	Yeşil teknoloji yeteneği, yeni yeşil ürün tasarlama yeteneği, yenilenebilir ürün tasarımı, yeşil Ar-Ge projeleri
Tersine Lojistik	Hammadde ve yarı mamul ile ilgili bilgilerin tüketim noktasından kaynak noktasına doğru, değer kazandırmak ya da uygun şekilde yok edilmesini sağlamak amacıyla etkin akış planlama, uygulama ve kontrol faaliyetleri bütünü
Esneklik	Ürün hacmi değişiklikleri, kısa kurulum süresi, esnek makinelerin kullanılması, karlı bir şekilde sürdürülebilir talep ve mevcut üretim operasyonuna yeni ürünler eklemek için gereken zaman veya maliyet, değişime ve teknolojiye hızlı adaptasyon
Finansal Yapı	Finansal durum, ekonomik istikrar ve fiyat stratejisi
Teslimat Süresi	Kararlaştırılan zamanda zamanında ve doğru teslimat yönetim mekanizması
Yasal Düzenlemeler	Çevre politikasının uygulanması, yeşil temalı yasaların bağlayıcılığı, rakiplerden daha iyi performans gösterme yönündeki rekabet yasaları
Kaynak: (Kuo vd., 2015:1663; Kannan vd., 2015:200; Wang Chen vd., 2016:3; Jiang vd., 2018:895; Haeri ve Rezaei, 2019:770; Öztürk ve Paksoy, 2020:2031; Javad vd., 2020:100015)	

Tablo 1' de de görüldüğü üzere yeşil tedarikçi seçiminde birçok kriter kullanılmıştır. Bu tabloda hangi kriterin daha önemli olduğu ve birbirlerine göre ne kadar önemli olduğu sorusu ortaya çıkmaktadır. Öyle ki literatürde tedarikçi seçiminde hangi kriterlerin öncelikli olması gerektiğine dair çalışmalar da mevcuttur. Galankashi vd., (2015) Nominal Grup Tekniği ve Bulanık Analitik Ağ Prosesi yöntemleriyle yeşil tedarik zinciri yönetimini etkileyen faktörlerin önceliklendirilmesini gerçekleştirmişlerdir. Yeşil tedarikçi seçim probleminde araştırmalara dahil edilmesi gereken anahtar belirleyicilerin; fiyat, kalite, şirket itibarı, servis ve teslimat, yeşil malzemelerin kullanımı, hava emisyonu, atık kontrolü, enerji verimliliği ve yeşil tasarım yeteneği kriterlerinin olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Günümüze yaklaştığımızda ise Hossain vd., (2023) yeşil tedarik zinciri yönetim faktörlerinin belirlenmesi ve önceliklendirilmesi konusunda Bulanık DEMATEL yöntemini kullanmışlardır. Çevre dostu tasarım, müşterilerle ilişkiler, talep değişimi, karbon yönetimi, yeşil satın alma, kalite, lojistik, teslimat, kapasite kullanımı, müşteri memnuniyeti, bilgi teknolojileri, atık yönetimi ve geri dönüşüm gibi 15 kriteri 30 uzmanın değerlendirmesine sunmuşlardır. Sonuçta kapasite kullanımı, yeşil satın alma, talep değişimi, bilgi teknolojileri ve geri dönüşüm kriterleri ön plana çıkmıştır.

### 3.YÖNTEM

#### 3.1 Bulanık Küme

Bulanık küme teorisi, bilgiyle ilgili kesin olmayanı ve belirsizliği çözmek için Lotfi A. Zadeh'in ilk kez 1965 yılında yayınlanan "Bulanık Mantık ve Bulanık Kümeler Teorisi" adlı makalesinde önerdiği matematiksel bir teoridir (Zadeh, 1965:340). Bulanık mantık modeli, doğruluk da dahil olmak üzere her şeyin bir derece meselesi olduğunu savunan, insan muhakemesini dikkate alan bir modeldir (Zadeh, 1975:212). Bulanık veriler, bulanık kümeler veya bulanık sayılar gibi dilsel terimlerden oluşabilir. Bulanık veriler dilsel terimler ise öncelikle bulanık sayılara dönüştürülür. Daha sonra tüm bulanık sayılara (veya bulanık kümelere) kesin puanlar atanır.

Klasik bir bulanık kümedeki herhangi bir elemanın üyelik derecesi ya 0 ya da 1'dir. Başka bir deyişle, bir eleman bir kümenin ya üyesidir (bu durumda üyelik derecesi = 1) ya da üyesi değildir (bu durumda üyelik derecesi = 0). Bulanık kümede de belirtildiği gibi herhangi bir küme elemanının aitlik bilgisini iki değerle ifade etmek yeterli değildir; her elemanın 0 ile 1 arasında değişen bir üyelik derecesi vardır. Kesin sınıflandırmalar klasik mantığı karakterize eder. Bir ögenin bir kümeye ya üye olması ya da olmaması gerekir; kısmi üyelik mümkün değildir. Bulanık mantık, insan mantığını taklit ederek belirsiz ve yaklaşık durumlarda çalışabilmektedir. Bir bulanık mantık elemanı birden fazla kümeye ait olabilir. Klasik mantığa göre bir şey ya siyahtır ya da beyazdır. Ancak bulanık mantığa göre bir şey hem siyah hem de beyaz unsurlar içerebilir (Hajiaghaei-Keshteli vd., 2023:120038).

Bulanık karar vermede, girdi ve çıktı değişkenlerini kesin kümeler yerine bulanık kümeler karakterize eder. Bulanık kümeler, bir değişkenin tamamen bir kümenin içinde veya tamamen dışında olmak yerine 0 ile 1 arasında üyelik derecesine sahip olabileceği kısmi üyeliğin temsiline izin verir (Ayyıldız ve Taşkın Gümüş, 2021:35800). Bu yaklaşım, karar verme sürecinde farklı düzeydeki kesin olmayanların ve belirsizliklerin dikkate alınmasına olanak tanır. Bulanık karar verme süreci tipik olarak bulanıklaştırmayı, kural değerlendirmeyi ve durulaştırmayı içerir (BoixCots ve diğerleri, 2023:218). Süreç, sonuçları daha sonra her olası karar için bir üyelik derecesi atayan bir üyelik fonksiyonu olarak ifade edilir.

Bu çalışmada yeşil tedarikçi seçim kriterlerinin önceliklendirilmesi, Sezgisel Bulanık DEMATEL yöntemi ile yapılmıştır. Aşağıda öncelikle Sezgisel Bulanık Kümeler hakkında bilgi verilecek ardından Sezgisel Bulanık DEMATEL yöntemi ele alınacaktır.

#### 3.2 Sezgisel Bulanık Küme

Zadeh (1965) tarafından ortaya atılan Bulanık Küme teorisinin genişletilmiş hali olan Sezgisel Bulanık Küme teorisi, insan düşüncesini açıklamada Bulanık Küme teorisine göre daha öndedir ve Atanassov (1986) tarafından geliştirilmiştir.

Sezgisel bulanık kümelerde elemanlar üçerli bileşenler ile ifade edilmektedir. Bu bileşenler üyelik derecesi, üye olmama derecesi ve tereddüt derecesidir. Böylece belirsizlik altında, sosyal bilimler problemleri Sezgisel Bulanık Kümelerle modellendiğinde, Bulanık Kümelerle modellenmesine göre gerçeğin temsili daha güçlü bir şekilde yapılmış olur. (Zhang vd., 2011:11402). Gerçek hayattaki uygulamalarda, insanların düşüncelerinin önem teşkil ettiği problemlerde ait olma ve olmama derecelerinin toplamı 1'den küçük olabilmektedir. Bu nedenle bu ihtiyacın karşılanabilmesi amacıyla Bulanık Küme teorisi geliştirilerek Sezgisel Bulanık Küme teorisi elde edilmiştir.

Atanassov (1986) Sezgisel Bulanık Küme teorisini matematiksel olarak şu şekilde ifade edilmektedir:  $X$  boş olmayan bir küme olmak üzere  $X'$  de tanımlı Sezgisel Bulanık  $A$  kümesi Denklem (1)'de verildiği gibidir.

$$A = \{(x, \mu_A(x), \nu_A(x)) | x \in X\} \quad (1)$$

Denklemden  $x$  elemanının  $A$  Sezgisel Bulanık kümesine ait olma derecesini  $\mu_A(x)$ , ait olmama derecesini  $\nu_A(x)$  ifade etmektedir. Yukarıda da ifade edildiği üzere Sezgisel Bulanık kümelerde bir elemanın bir kümeye ait olma ve olmama derecesinin toplamı 1'den küçük olabilmektedir.

$$0 \leq \mu_A(x) + \nu_A(x) \leq 1 \quad (2)$$

$\mu_A(x) + v_A(x)$  toplamının 1'den farkı Sezgisel Bulanık Küme teorisinde bir  $x$  elemanının  $A$  kümesine ait olup olmaması durumu dışında bir değer olarak yani tereddüt derecesi (hesitancy degree)  $\pi_A(x)$  olarak tanımlanmıştır.

$$\pi_A = 1 - \mu_A(x) - v_A(x) \quad (3)$$

$$0 \leq \pi_A(x) \leq 1 \quad (4)$$

Sezgisel Bulanık kümelerde çarpım işlemi Denklem (5)'te gösterilmiştir.

$$A \otimes B = \{\mu_A(x) \cdot \mu_B(x), v_A(x) + v_B(x) - v_A(x) \cdot v_B(x) \mid x \in X\} \quad (5)$$

### 3.3 Bulanık DEMATEL

1972-1976 yılları arasında Cenevre Battelle Memorial Enstitüsü tarafından Bilim ve İnsan İşleri Programı için geliştirilen DEMATEL (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory – Karar verme deneme ve değerlendirme laboratuvarı), karmaşık faktörler arasındaki nedensel ilişkileri içeren yapısal bir model oluşturmaya yönelik kapsamlı bir yöntemdir veya sistemi analiz etmek için kullanılan bir grafik araçtır. DEMATEL tüm faktörleri iki kategoriye ayırır: sebep ve sonuç. Bu sınıflandırma, karmaşık problemlere çözüm sunabilecek sistem unsurlarının daha iyi anlaşılmasına ve sonuç olarak karmaşık sistemlerin sorunlarını ortadan kaldıracak çözümlerin keşfedilmesiyle sonuçlanır (Govindan vd., 2015:7209; Ocampo ve Yamagishi 2020).

Önerilen yöntemin ayrıntılı hesaplama prosedürleri aşağıdaki şekilde sunulmaktadır (Govindan vd., 2015:7211; Ocampo ve Yamagishi, 2020:100913; Abdullah vd., 2021:993):

Adım 1: Direkt İlişki Matrisi

Bir ÇKKV probleminin  $n$  kriteri olduğunu varsayalım ( $c_1, c_2, \dots, c_n$ ). Veriler  $k_{th}$  uzmanlarından toplanmaktadır. Uzman değerlendirmeleri toplanır ve veriler doğrudan ilişkiler matrisinde düzenlenir. Bu matris, DEMATEL beş dilsel derecelendirme ölçeği kullanılarak kriterler arasındaki karşılıklı ilişkinin değerlendirilmesini temsil eder. Dilsel etki değişkeninde, bir kriter diğer kriterlerle etki derecesi açısından karşılaştırılır. Değerlendirmeler Sezgisel Bulanık Kümelerin üyeliklerine yazılır. Tablo 2 dilsel terimleri ve ilgili Sezgisel Bulanık değerleri göstermektedir. Değerlendirmeler, ÇKKV sorununun diğer kriterleriyle karşılaştırıldığında bir kriterin etkisine ilişkin ilk elden veri toplamak için yapılır. Uzmanlardan toplanan değerlendirmeler, başlangıç matrisi veya direkt ilişkiler matrisi oluşturacak şekilde matris şeklinde düzenlenir.

Direkt ilişki matrisi,  $A^k$  matrisinde düzenlenir; burada  $A^k$  'taki öğeler, bir kriterin diğer kriterlere göre etkili derecelendirilmesidir.

$$A^k = [a_{ij}^k] = \begin{bmatrix} 0 & a_{12}^k & \dots & a_{1n}^k \\ a_{n1}^k & 0 & \dots & a_{2n}^k \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1}^k & a_{n2}^k & \dots & 0 \end{bmatrix} \quad (6)$$

**Tablo 2:** Dilsel İfadeler ve Sezgisel Bulanık Karşılıkları

Dilsel İfadeler	Bulanık Karşılığı		
Etkisiz	0,10	0,90	0,00
Az Etkili	0,35	0,60	0,05
Orta Etkili	0,50	0,45	0,05
Yüksek Etkili	0,75	0,20	0,05
Çok Yüksek Etkili	0,90	0,10	0,00



## Adım 2: Uzmanların Öncelik Değerleri

Her uzmanın görüşü; çalışma deneyimi ve bilgisi açısından farklılık gösterdiğinden hesaba katılması gereken belirli bir ağırlığı vardır. Yani bu uzmanların önemi veya ağırlıkları Sezgisel Bulanık Küme dilsel önem değışkeninden yararlanılarak elde edilir. Tablo 3 dilsel terimleri ve üyelikleri göstermektedir.

**Tablo 3:** Dilsel İfadeler ve Karşılık Gelen Sezgisel Bulanık Değerleri

Dilsel İfadeler	Bulanık Karşılığı		
Oldukça Önemli	0,90	0,05	0,05
Önemli	0,75	0,20	0,05
Orta	0,50	0,50	0,00
Önemsiz	0,25	0,70	0,05
Oldukça Önemsiz	0,10	0,85	0,05

$D_k = \{\mu_k, \nu_k, \pi_k\}$  k. karar vericinin önem derecesini gösteren bir Sezgisel Bulanık sayı olsun. k. karar vericinin ağırlığı Denklem (7) kullanılarak hesaplanır.

$$\lambda_k = \frac{\left(\mu_k + \pi_k \left(\frac{\mu_k}{\mu_k + \nu_k}\right)\right)}{\sum_{k=1}^l \left(\mu_k + \pi_k \left(\frac{\mu_k}{\mu_k + \nu_k}\right)\right)} \quad \lambda_k \geq 0, k = 1, 2, \dots, l \text{ ve } \sum_{k=1}^l \lambda_k = 1 \quad (7)$$

## Adım 3: Birleştirilmiş Ağırlıklı Direkt İlişki Matrisi

Kolektif bir Sezgisel Bulanık Karar Matrisi oluşturmak için her bir uzman değerlendirmesi bir araya getirilir. Sezgisel Bulanık Ağırlıklı Ortalama (IFWA) operatörü Denklem (8) kullanarak, toplu Sezgisel Bulanık derecelendirmeler  $x_{ij}$ , i kriterinin j üzerinde elde edilebilecek etki düzeyini temsil eder. Bu adımın aslında değerlendirme ölçekleri ile uzman ağırlıklarının çarpımları dizisi olduğunu belirtmekte fayda vardır.

$$x_{ij} = \left[ 1 - \prod_{k=1}^l (1 - \mu_{ij}^{(k)})^{\lambda_k}, \prod_{k=1}^l (\nu_{ij}^{(k)})^{\lambda_k} \right] \quad i, j \in \{1, 2, 3, \dots, n\} \quad (8)$$

## Adım 4: Normalize Birleştirilmiş Ağırlıklı Direkt İlişki Matrisi

Üyelik ve üye olmamanın normalleştirilmiş direkt ilişki matrisi, Denklem (9) kullanılarak kesin bir p sayısına dönüştürülür.

$$p = \frac{(\mu - \nu + 1)}{2} \quad (9)$$

Burada;

p kesin bir sayı,

$\mu$  toplam ilişki matrisindeki üyelik değerleri,

$\nu$  toplam ilişki matrisindeki üye olmayan değerlerdir.

Normalleştirilmiş direkt ilişki matrisini oluşturmak için öncelikle satırların toplamı ve sütunların toplamı hesaplanır. Satır ve sütunların toplamından maksimum sayı belirlenir. Bu maksimum sayılarla m, Denklem (10) kullanılarak hesaplanır.

$$m = \min \left( \frac{1}{\max_{\sum_{j=1}^n a_{ij}}, \frac{1}{\max_{\sum_{i=1}^n a_{ij}}} \right) \quad i, j \in \{1, 2, 3, \dots, n\} \quad (10)$$

## Adım 5: Toplam İlişki Matrisi

Toplam ilişki matrisi  $T'$ 'yi oluşturmak için öncelikle normalize birleştirilmiş ağırlıklı direkt ilişki matrisinin satır toplamı ve sütun toplamı hesaplanır.

Satır ve sütunların toplamından elde edilen maksimum sayılar, toplam ilişki matrisini oluşturmak için kullanılır.

$$T = X (I - X)^{-1} \quad (11)$$

Burada I birim matrisidir.

$$\text{Ve } X = m * A \quad (12)$$

## Adım 6: Toplam İlişki Matrisinin Satır Toplamı ve Sütun Toplamı

$$T = [t_{ij}]_{n \times n} \quad i, j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (13)$$

$$R = [\sum_{i=1}^n t_{ij}]_{1 \times n} = [t_j]_{1 \times n} \quad (14)$$

$$D = [\sum_{j=1}^n t_{ij}]_{n \times 1} = [t_i]_{n \times 1} \quad (15)$$

R = matris için  $m$  satırının toplamı,

D = matris için  $n$  sütununun toplamı

Toplam ilişki matrisinin satır ve sütunlarının toplamı sırasıyla D ve R vektörlerini üretmiştir. Yatay eksen vektörü olan (R+D) "Önem" olarak adlandırılırken bir kriterin önemini gösterir, dikey eksen olan (R-D) ise "İlişki" olarak adlandırılmaktadır.

## Adım 7: Nedensel Diyagram Oluşturulması

Böylece tüm sistemin tanınmasını sağlayan (R+D, R-D) veri setinin haritalanmasıyla nedensel diyagram ortaya konmuştur. Bu nedenle nedensel diyagram, öğeler arasındaki karmaşık nedensel ilişkileri görselleştirebilir ve karar verme konusunda değerli bilgiler sağlayabilir.

(R+D) ve (R-D) koordinat konumlarına bağlı olarak nitelikler aşağıdaki 4 türe ayrılabilir:

- (R-D) pozitif ve (R+D) büyüktür: Bu, kriterlerin nedensel olduğunu ve bunların aynı zamanda sorunların çözümü için tetikleyici faktörler olduğunu gösterir.
- (R-D) pozitif ve (R+D) küçüktür: Bu, kriterlerin bağımsız olduğunu ve yalnızca birkaç kriteri etkileyebileceğini gösterir.
- (R-D) negatiftir ve (R+D) büyüktür: Bu, kriterlerin çözülmesi gereken temel problemler olduğunu gösterir. Ancak bunlar doğrudan iyileştirilemeyen kriterlerdir.
- (R-D) negatiftir ve (R+D) küçüktür: Bu, kriterlerin bağımsız olduğunu ve yalnızca birkaç başka kriter tarafından etkilenebileceğini gösterir.

## 4. BULGULAR

### 4.1 Uygulamanın Modeli

Bu çalışmada tedarikçi seçim problemine önerilen yaklaşımların yeterliliği ve planlanan Sezgisel Bulanık DEMATEL yönteminin uygulanabilirliğin gösterilmesi amacıyla, plastik boru üretimi yapan bir şirketin satın alma kararlarına ilişkin bir çalışma yapılmıştır. Plastik boru üreten bu şirket Türkiye Plastik sanayisinde faaliyetlerini sürdürmektedir. Araştırma için etik kurul onayı İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Sosyal Araştırmalar Etik Kurulu'ndan alınmıştır (24.05.2022 tarih ve 2022/09-04 numaralı karar).

Türk Plastik Sanayicileri Araştırma Geliştirme ve Eğitim Vakfı (PAGEV) Türkiye Plastik Sektör İzleme Raporuna göre 10 milyon tonun üzeri toplam üretimi, 40 milyar dolar civarında cirosu, 7 milyar doları geçen direkt ihracatı ve son 10 senede Gayri Safi Milli Hasıla (GSMH) büyümesini aşan yıllık büyümesi ile plastik sektörü, ülke ekonomisinin önemli aktörlerinden biridir (PAGEV, 2023). Bu sektördeki bir firmada yapılacak olan tedarikçi seçimine ilişkin bir çalışma hem sektör açısından bir örnek oluşturur hem de diğer sektörlerdeki firmalara da genişletilebilir.

#### 4.2 Uygulamanın Veri Seti

Hammadde tedarikçilerinin değerlendirilmesi amacıyla bu vaka çalışmasında; şirketin satın alma departmanı uzmanlarından oluşan üç kişilik bir grup, dilsel değişkenlerin ölçekleri aracılığıyla değerlendirme yapmak üzere davet edilmiştir. Uzmanların detaylı açıklamaları ve kriterler bir sonraki alt bölümde sunulmaktadır.

Karar vericiler bir departman yöneticisi, bir kıdemli uzman ve bir uzmandan oluşmakta olup, uzmanların tamamı sektöründe üç yıldan fazla deneyime sahiptir. Uzmanlardan, dilsel değişkenleri kullanarak bir kriterin diğer kriterlere göre etki derecesini belirtmeleri istenmiştir (bkz. Tablo 2).

Tedarikçi seçimi en önemli karar verme süreçlerinden biridir. Günümüzün rekabetçi piyasasında tedarik zinciri organizasyonlarının çevreye duyarlılığı ve problemler karşısındaki yeteneği büyük bir üstünlük göstergesidir. Dolayısıyla geleneksel ve çevresel faktörler belirlenirken uygulama yapılacak sektör çalışmaya yön tayin etmektedir. Örneğin Yücesan vd., (2019) yeşil tedarikçi seçimi çalışmalarında Aralıklı Tip-2 Bulanık TOPSIS yöntemiyle yerel ve küresel yayınlara konu olmuş 86 kriteri 5 uzman karar vericinin değerlendirmelerine göre incelemiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre ekonomik bağlamda karlılık, servis, maliyet, fiyat dalgalanmaları, ödeme şekilleri ve kalite kriterleri ön plana çıkmıştır. Bunun yanı sıra çevresel faktörler sırasıyla atık yönetimi ve kirlilik kontrolü, çevresel yeterlilikler, yeşil imaj, kalite yönetim sistemleri, yönetim ve organizasyon yapısı ile çevre yönetim sistemi kriterleri olmuştur. Bu sebeple çalışmada klasik tedarikçi seçim kriterlerinin yanında literatürde sıklıkla başvurulan çevresel kriterler de yeşil tedarikçi seçim uygulamasına dahil edilmiştir.

**Tablo 4: Tedarikçi Seçim Kriterleri**

K1: Fiyat/Maliyet	K2: Kalite	K3: Servis
K4: Teslimat Hızı	K5: Teknik Kapasite	K6: Çevre Yönetim Sistemi
K7: Kirlilik Kontrolü	K8: Teknolojik Performans	K9: Personel Eğitimi
K10: Atık Bertaraf Sistemi	K11: Kaynak Tüketimi	K12: Tehlikeli Madde Kullanımı
K13: İnovasyon	K14: Kalite Kontrol Sistemleri	K15: Tersine Lojistik
K16: Yönetim ve Organizasyon Yapısı	K17: Müşteri İlişkileri	K18: Yeşil İmaj

#### 4.3 Verilerin Analizi

Öncelikle karar vericilerin ağırlık değerleri yani uzmanların çalışmadaki ortak kararı belirlenirken Denklem (7) kullanılmıştır ve ağırlıklar Tablo 5' deki gibi elde edilmiştir. Örnek olarak KV1' in ağırlık değerinin nasıl hesaplandığı aşağıda gösterilmiştir.

**Tablo 5: Uzman Karar Vericilerin Ağırlıkları**

Karar Vericiler	Unvan	Tecrübe	Dilsel Terimler	Ağırlığı
KV1	Satın Alma Müdürü	15 Yıl+	Oldukça Önemli	0,423
KV2	Satın Alma Uzmanı	5-7 Yıl	Önemli	0,352
KV3	Satın Alma Sorumlusu	3-5 Yıl	Orta	0,223

KV1' in ağırlığı olan  $w_1$  şöyle hesaplanmıştır.

$$w_1 = 0,90 + 0,05 \left( \frac{0,90}{0,90+0,05} \right) = 0,947' \text{ dir.}$$

Diğer karar vericilerin de ağırlıkları hesaplandıktan sonra;

$\lambda_1 = \frac{0,947}{2,237} = 0,423$  bulunur. Diğer iki uzmanın ağırlık değerleri de benzer şekilde hesaplanır. Tablo 5 uzmanlar için ağırlık değerlerini özetlemektedir.

Uzmanların bu ağırlık değerleri daha sonra birleştirilmiş direkt ilişkiler matrisinin elde edilmesinde kullanılır. Uzman değerlendirmesinin direkt ilişki matrisleri Denklem (8) kullanılarak toplanır.

Örneğin  $a_{11}$  üyeliği ve üye olmama derecesi şu şekilde hesaplanır:

$$1 - \prod_{k=1}^l (1 - \mu_j)^{\lambda^k}$$

$$= 1 - ((1 - 0,10)^{0,423} * (1 - 0,10)^{0,352} * (1 - 0,10)^{0,223})$$

$$= 0,10$$

$$\prod_{k=1}^l (v_j)^{\lambda^k}$$

$$= (0,90^{0,423}) * (0,90^{0,352}) * (0,90^{0,223})$$

$$= 0,90$$

Benzer şekilde diğer girişler de buna göre hesaplanır. Çalışmada üç grup kriter kullanılmıştır. Birinci grup ekonomik kriterler (K1,K2,K3,K4,K5,K6), ikinci grup çevresel kriterler (K7,K8,K9,K10,K11,K12) ve üçüncü grup sosyal kriterler (K13,K14,K15,K16,K17,K18) olarak belirlenmiştir. Tablo 6, 7, 8 ve 9'da sadece ekonomik kriterler grubuna ilişkin hesaplamalara yer verilmiş, diğer kriter gruplarına da aynı hesaplamalar uygulanarak birleştirilmiş sonuçlar Tablo 10' da gösterilmiştir. Ekonomik kriterlere ilişkin Birleştirilmiş Ağırlıklı Direkt İlişki Matrisi Tablo 6' da gösterilmektedir.

**Tablo 6:** Birleştirilmiş Ağırlıklı Direkt İlişki Matrisi

	K1			K2			K3			K4			K5			K6		
K1	0,10	0,90	0,00	0,71	0,26	0,01	0,71	0,26	0,01	0,62	0,31	0,05	0,70	0,24	0,05	0,71	0,26	0,01
K2	0,50	0,45	0,05	0,10	0,90	0,00	0,71	0,25	0,03	0,85	0,13	0,01	0,75	0,22	0,02	0,60	0,33	0,05
K3	0,50	0,45	0,05	0,56	0,38	0,05	0,10	0,90	0,00	0,75	0,22	0,02	0,72	0,24	0,03	0,72	0,24	0,03
K4	0,44	0,50	0,05	0,44	0,50	0,05	0,47	0,48	0,05	0,10	0,90	0,00	0,80	0,18	0,00	0,66	0,28	0,05
K5	0,38	0,56	0,05	0,47	0,48	0,05	0,45	0,49	0,05	0,50	0,45	0,05	0,10	0,90	0,00	0,75	0,20	0,05
K6	0,50	0,45	0,05	0,45	0,49	0,05	0,45	0,49	0,05	0,41	0,53	0,05	0,35	0,60	0,05	0,10	0,90	0,00

Birleştirilmiş Ağırlıklı Direkt İlişki Matrisindeki bilgiler Sezgisel Bulanık Kümelerde verilmektedir. Bu sayıların tek bir değere dönüşmesi gerektiği için üyelik ve üye olmama değerleri Denklem (9) kullanılarak tek bir puana (kesin değer) dönüştürülür. Tablo 7, Birleştirilmiş Bulanık Direkt İlişki Matrisini göstermektedir.

**Tablo 7:** Birleştirilmiş Bulanık Direkt İlişki Matrisi

Kriterler	K1	K2	K3	K4	K5	K6
K1	0,10	0,73	0,73	0,65	0,73	0,73
K2	0,53	0,10	0,73	0,86	0,77	0,64
K3	0,53	0,59	0,10	0,77	0,74	0,74
K4	0,47	0,47	0,49	0,10	0,81	0,69
K5	0,41	0,49	0,48	0,53	0,10	0,78

<b>K6</b>	0,53	0,48	0,48	0,44	0,38	0,10
-----------	------	------	------	------	------	------

Birleştirilmiş Bulanık Direkt İlişki Matrisinin normalleştirilmesi için kriterlerin satır ve sütunlarının toplamları yapılır. Tablo 8'de kriterlerin bu toplamları gösterilmektedir.

**Tablo 8:** Satır ve Sütun Toplamları

<b>Kriterler</b>	<b>Satır Toplamı</b>	<b>Sütun Toplamı</b>
<b>K1</b>	3,666	2,554
<b>K2</b>	3,619	2,854
<b>K3</b>	3,469	3,005
<b>K4</b>	3,026	3,350
<b>K5</b>	2,784	3,527
<b>K6</b>	2,397	3,670
<b>Max</b>	<b>3,666</b>	<b>3,670</b>

Sırasıyla satır ve sütun toplamından maksimum sayılar Denklem (10) kullanılarak elde edilir.

$$m = \min \left( \frac{1}{3,666}, \frac{1}{3,670} \right)$$

$$= \min(0,272, 0,272)$$

$$= 0,272$$

Daha sonra matris 0,272 maksimum sayısı Denklem (12) ile çarpılarak normalleştirilir. Tablo 9 Normalize Birleştirilmiş Direkt İlişki Matrisini sunmaktadır.

**Tablo 9:** Normalize Birleştirilmiş Direkt İlişki Matrisi

<b>Kriterler</b>	<b>K1</b>	<b>K2</b>	<b>K3</b>	<b>K4</b>	<b>K5</b>	<b>K6</b>
<b>K1</b>	0,03	0,20	0,20	0,18	0,20	0,20
<b>K2</b>	0,14	0,03	0,20	0,23	0,21	0,17
<b>K3</b>	0,14	0,16	0,03	0,21	0,20	0,20
<b>K4</b>	0,13	0,13	0,13	0,03	0,22	0,19
<b>K5</b>	0,11	0,13	0,13	0,14	0,03	0,21
<b>K6</b>	0,14	0,13	0,13	0,12	0,10	0,03

Denklem (11) kullanarak Toplam İlişki Matrisini elde edilir. Tablo 10' da gösterilmektedir.

**Tablo 10:** Toplam İlişki Matrisi

<b>Kriterler</b>	<b>K1</b>	<b>K2</b>	<b>K3</b>	<b>K4</b>	<b>K5</b>	<b>K6</b>
<b>K1</b>	0,81	1,03	1,06	1,14	1,20	1,25

K2	0,90	0,86	1,05	1,17	1,19	1,22
K3	0,86	0,95	0,86	1,10	1,14	1,19
K4	0,76	0,82	0,86	0,83	1,04	1,06
K5	0,71	0,78	0,80	0,88	0,81	1,01
K6	0,67	0,71	0,74	0,79	0,81	0,77

Ekonomik gruptaki kriterlere ilişkin yapılan hesaplamalar diğer gruplardaki kriterlere de uygulanmıştır. Tüm kriterlerin toplam ilişki matrisinin (R) satır toplamını, (D) sütun toplamını, (D+R) ve (D-R) satır ve sütunlarının toplamları Tablo 11' de gösterilmektedir.

**Tablo 11:** Satır ve Sütun Toplamları ile D+R ve D-R

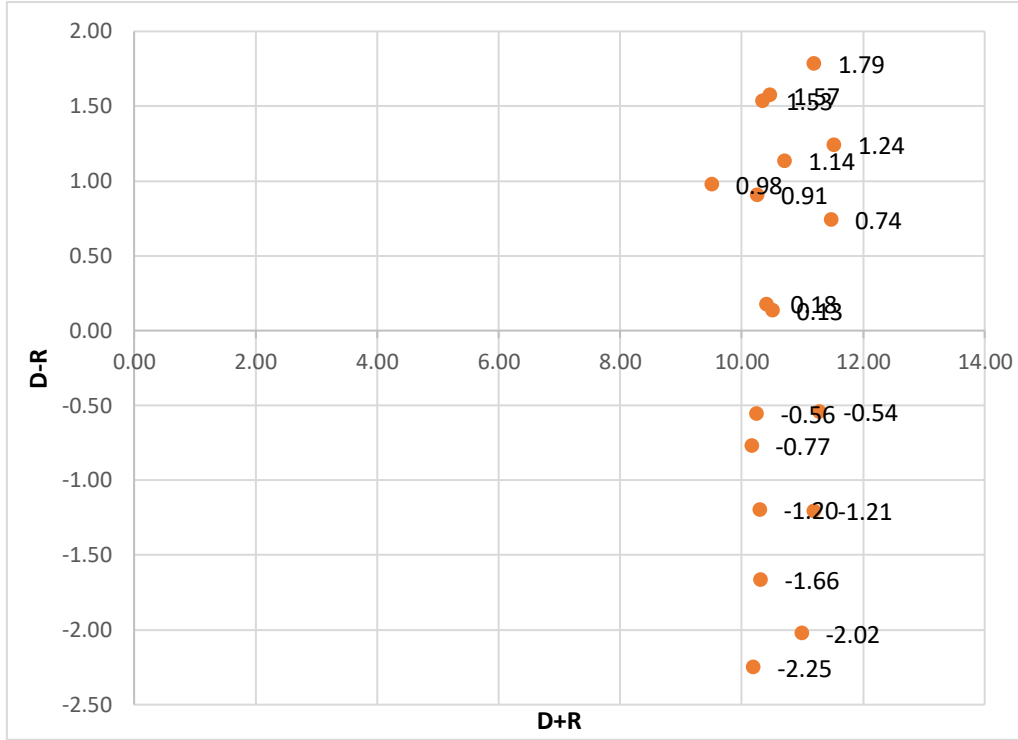
Kriterler	Satır Toplamı	Sütun Toplamı	D+R	D-R
K1	6,492	4,707	11,200	1,785
K2	6,386	5,146	11,532	1,240
K3	6,111	5,370	11,481	0,742
K4	5,375	5,915	11,290	-0,540
K5	4,995	6,200	11,195	-1,205
K6	4,487	6,509	10,996	-2,022
K7	5,942	4,407	10,350	1,535
K8	5,585	4,678	10,264	0,907
K9	5,249	4,272	9,521	0,977
K10	4,850	5,406	10,256	-0,556
K11	4,554	5,753	10,308	-1,199
K12	4,330	5,994	10,324	-1,663
K13	5,924	4,789	10,714	1,135
K14	6,021	4,448	10,468	1,573
K15	5,297	5,120	10,416	0,177
K16	4,701	5,472	10,173	-0,771
K17	5,325	5,191	10,516	0,134
K18	3,977	6,226	10,203	-2,249

Nedensel diyagramı oluşturmak için D+R ve D-R değerleri Kartezyen koordinat üzerine eşlenir. Şekil 1'de gösterilmektedir.

Nedensel diyagramdaki bilgiler kullanılarak (bkz. Şekil 1), kriterler x eksenine göre sıralanmıştır. Neden kriterleri (D-R) değerinin pozitif olduğu sırasıyla; fiyat/maliyet, kalite kontrol sistemleri, kirlilik kontrolü, kalite, inovasyon, personel eğitimi, teknolojik performans, servis, tersine lojistik ve müşteri ilişkileri kriterleridir. Etki kriterleri (D-R) değerinin negatif olduğu sırasıyla; teslimat hızı, atık bertaraf sistemi, yönetim ve organizasyon yapısı, kaynak tüketimi, teknik kapasite, tehlikeli madde kullanımı, çevre yönetim sistemi ve yeşil imaj kriterleridir.

Bu sonuç aynı zamanda (D+R) değerinin en büyük olduğu ve diğer kriterlerle en güçlü ilişki ile yüksek önem düzeyini işaret eden etki kriterinin "Kalite (K2)" olduğunu göstermektedir. Nedensel önem derecesine göre önceliklendirme sıralaması  $K2>K3>K4>K1>K5>K6>K13>K17>K14>K15>K7>K12>K11>K8>K10>K18>K16>K9$  şeklinde gerçekleşmektedir. Bu, plastik endüstrisinde faaliyet gösteren şirketlerin birincil odak noktasının, kaliteyi (K2) ele almak, ardından da öncelik sırasına göre servis (K3) ve teslimat hızı (K4) olması gerektiğini göstermektedir.

Etki kriterlerinin (D-R) çalışmada ele alınan diğer kriterleri nasıl etkilediği incelendiğinde; en yüksek değere sahip "Fiyat/Maliyet" kriterinin anlamlı etki derecesi ortaya çıkmıştır. Dolayısıyla etki kriterlerinin sıralaması  $K1>K14>K7>K2>K13>K9>K8>K3>K15>K17>K4>K10>K16>K11>K5>K12>K6>K18$  olarak ifade edilmektedir.



Şekil 1: Neden-Sonuç Diyagramı

## 5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Tedarikçi seçimi hem niteliksel hem de niceliksel kriterleri içeren çok kriterli bir karar verme problemidir. En iyi tedarikçileri seçmek için bu somut ve soyut faktörler arasında bir denge kurmak gerekir (Galankashi vd., 2015:675). Zhang vd., (2020) çalışmalarında 2009-2020 yılları arasında yeşil tedarikçi değerlendirme ve seçim konularında Scopus veri tabanından çıkarılan toplam 193 dergi makalesini sınıflandırmışlardır. Bu kapsamlı incelemeyi kullanılan kriterleri kategorize ederek, ağırlıklandırma yöntemlerini belirleyerek ve uygulanan metodolojiyi ele alarak gerçekleştirmişlerdir. Araştırmanın sonuçlarına göre; en sık kullanılan yeşil değerlendirme kriterlerinin kalite, kaynak tüketimi, fiyat/maliyet, yeşil tasarım, çevre yönetim sistemi ve sera gazı emisyonu olduğu keşfedilmiş, kriter ağırlıklarının çoğunlukla karar vericilerin uzman yargılarına dayanarak oluşturulduğunu ve ayrıca bulanık küme teorisinin değerlendirme yapmak en çok tercih edilen

yaklaşım olduğu belirtilmiştir. Dolayısıyla çalışmada; karar vericilerin ifadelerini objektif görebilmek amacıyla Sezgisel Bulanık Küme, yeşil tedarikçi seçim kararında performansı en uygun kriterlerin aralarındaki göstergelerin tespitinde de Bulanık DEMATEL yöntemi kullanılmıştır. Yararlanılan metodoloji, tedarikçileri değerlendirmek amacıyla farklı yönetim kararlarında (örneğin, klasik önlemlere veya yeşil önlemlere daha yüksek bir maliyet atamak) kullanılmak üzere esnektir. Çalışmada yapılan yeşil tedarikçi seçimi amacına yönelik en önemli kriterlerin bulunması ve kriterlerin öncelik sırasına yerleştirilmesidir. Literatür taraması yapılarak probleme ilişkin kriterler araştırılmış ve yaygınlık ve sık kullanımına göre değerlendirilerek on sekiz kriter çıkarılmıştır.

Çalışmada; tedarikçi seçimi amacıyla hem klasik hem de yeşil anahtar performans göstergeleri entegre edilmiştir. Ayrıca belirsizlikleri olabildiğince azaltmak amaçlanarak Sezgisel Bulanık Kümelere yararlanılmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre yeşil tedarikçi seçiminde en yüksek önem derecesindeki kriter “Fiyat/Maliyet” kriteri olarak belirlenmiştir. Çevresel kriterleri dikkate almayan klasik tedarikçi seçim problemlerinin çoğunda bu kriter ilk sırada yer almaktadır. Yeşil tedarikçi seçiminin amaçlandığı bu çalışmada diğer çalışmalara benzer olarak en önemli nedensel kriterin “Fiyat/Maliyet” olarak bulunmuş olması çevresel değerlerin ön planda olduğu bir sisteme geçiş aşamasında anlaşılabilir. Etki derecesine göre ise en etkili kriter “Kalite” olarak belirlenmiştir. Böylece çevresel kriterleri de hesaba katan, kaliteye önem veren ama bu arada maliyet kriterinin önemini de düşürmeyen kriterlerin kullanımı işverenler açısından işlevsel olarak değerlendirilebilir.

Çalışmada Sezgisel Bulanık DEMATEL yöntemi başarı ile uygulanmış, nedensellik ve etki durumuna göre kriterler incelenmiş, ilişkiler Şekil 1’de verildiği gibi görselleştirilmiştir. Ayrıca uzman karar vericilerin fikirlerine farklı ağırlıklar verilerek kararın dengesi sağlanmış ve Sezgisel Bulanık Kümelerin sağladığı insan tercihlerini modellemede daha “gerçeğe yakın temsil edebilme” avantajı kullanılmıştır.

#### KAYNAKÇA

- Abdullah, L., Chan, W., ve Afshari, A. (2019). Application of PROMETHEE method for green supplier selection: a comparative result based on preference functions, *Journal of Industrial Engineering International*, 15, 271-285.
- Abdullah, L., Ong, Z., ve Rahim, N. (2021). An intuitionistic fuzzy decision-making for developing cause and effect criteria of subcontractors selection, *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 14(1), 991-1002.
- Agrawal, V., Mohanty, R. P., Agarwal, S., Dixit, J. K., ve Agrawal, A. M. (2023). Analyzing critical success factors for sustainable green supply chain management. *Environment, Development and Sustainability*, 25(8), 8233-8258.
- Asgharnezhad, A., ve Avakh Darestani, S. (2022). A green supplier selection framework in polyethylene industry, *Management Research Review*, 45(12), 1572-1591.
- Ayyildiz, E., ve Taskin Gumus, A. (2021). Pythagorean fuzzy AHP based risk assessment methodology for hazardous material transportation: An application in Istanbul, *Environmental Science and Pollution Research*, 28(27), 35798–35810.
- Bakeshlou, E. A., Khamseh, A. A., Asl, M. A. G., Sadeghi, J., ve Abbaszadeh, M. (2017). Evaluating a green supplier selection problem using a hybrid MODM algorithm, *Journal of Intelligent Manufacturing*, 28, 913-927.
- Bali, O., Kose, E., ve Gumus, S. (2013). Green supplier selection based on IFS and GRA, *Grey Systems: Theory and Application*, 3(2), 158-176.
- Banaeian, N., Mobli, H., Nielsen, I. E., ve Omid, M. (2015). Criteria definition and approaches in green supplier selection—a case study for raw material and packaging of food industry, *Production & Manufacturing Research*, 3(1), 149-168.



- Boix-Cots, D., Pardo-Bosch, F., ve Pujadas, P. (2023). A hierarchical integration method under social constraints to maximize satisfaction in multiple criteria group decision making systems, *Expert Systems with Applications*, 216.
- 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.
- Çınar, A., ve Uygun, Ö. (2019). Sezgisel Bulanık AHP yöntemiyle yeşil tedarikçi seçimi, *Journal of Intelligent Systems: Theory and Applications*, 2(2), 24-31.
- Daldır, İ., ve Tosun, Ö. (2018). Bulanık WASPAS ile yeşil tedarikçi seçimi, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 23(4), 193-208.
- Denizhan, B., Yalçın, A. Y., ve Berber, Ş. (2017). Analitik hiyerarşi proses ve Bulanık analitik hiyerarşi proses yöntemleri kullanılarak yeşil tedarikçi seçimi uygulaması, *Neşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(1), 63-78.
- Freeman, J., ve Chen, T. (2015). Green supplier selection using an AHP-Entropy-TOPSIS framework, *Supply Chain Management: An International Journal*, 20(3), 327-340.
- Galankashi, M. R., Chegeni, A., Soleimanyanadegany, A., Memari, A., Anjomshoae, A., Helmi, S. A., ve Dargi, A. (2015). Prioritizing green supplier selection criteria using fuzzy analytical network process, *Procedia Cirp*, 26, 689-694.
- Govindan, K., Khodaverdi, R., ve 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.
- Gupta, S., Soni, U., ve Kumar, G. (2019). Green supplier selection using multi-criterion decision making under fuzzy environment: A case study in automotive industry, *Computers and Industrial Engineering*, 136, 663-680.
- Haeri, S. A. S., ve Rezaei, J. (2019). A grey-based green supplier selection model for uncertain environments, *Journal of Cleaner Production*, 221, 768-784.
- Hajiaghahi-Keshteli, M., Cenk, Z., Erdebili, B., Özdemir, Y. S., ve Gholian-Jouybari, F. (2023). Pythagorean fuzzy TOPSIS method for green supplier selection in the food industry, *Expert Systems with Applications*, 224, 120036.
- Hashemi, S. H., Karimi, A., ve Tavana, M. (2015). An integrated green supplier selection approach with analytic network process and improved Grey relational analysis, *International Journal of Production Economics*, 159, 178-191.
- Hossain, M. I., Al Amin, M., Baldacci, R., ve Rahman, M. H. (2023). Identification and Prioritization of Green Lean Supply Chain Management Factors Using Fuzzy DEMATEL, *Sustainability*, 15(13), 10523.
- Javad, M. O. M., Darvishi, M., ve Javad, A. O. M. (2020). Green supplier selection for the steel industry using BWM and fuzzy TOPSIS: A case study of Khuzestan steel company, *Sustainable Futures*, 2, 100012-100026.
- Jiang, P., Hu, Y. C., Yen, G. F., ve Tsao, S. J. (2018). Green supplier selection for sustainable development of the automotive industry using grey decision-making, *Sustainable Development*, 26(6), 890-903.
- Kalpande, S. D., ve Toke, L. K. (2021). Assessment of green supply chain management practices, performance, pressure and barriers amongst Indian manufacturer to achieve sustainable development. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 70(8), 2237-2257.
- Kannan, D., Govindan, K., ve Rajendran, S. (2015). Fuzzy axiomatic design approach based green supplier selection: a case study from Singapore, *Journal of Cleaner Production*, 96, 194-208.
- Kuo, R. J., Wang, Y. C., ve Tien, F. C. (2010). Integration of artificial neural network and MADA methods for green supplier selection, *Journal of Cleaner Production*, 18(12), 1161-1170.

- Kuo, T. C., Hsu, C. W., ve Li, J. Y. (2015). Developing a green supplier selection model by using the DANP with VIKOR, *Sustainability*, 7(2), 1661-1689.
- Lee, A. H., Kang, H. Y., Hsu, C. F., ve Hung, H. C. (2009). A green supplier selection model for high-tech industry, *Expert Systems with Applications*, 36(4), 7917-7927.
- Nielsen, I. E., Banaeian, N., Golińska, P., Mobli, H., ve Omid, M. (2014). Green supplier selection criteria: from a literature review to a flexible framework for determination of suitable criteria, *Logistics operations, Supply Chain Management and Sustainability*, 79-99.
- Ocampo, L., ve Yamagishi, K. (2020). Modeling the lockdown relaxation protocols of the Philippine government in response to the COVID-19 pandemic: An intuitionistic fuzzy DEMATEL analysis, *Socio-Economic Planning Sciences*, 72, 100911.
- Öztürk, M., ve Paksoy, T. (2020). A combined DEMATEL-QFD-AT2 BAHF approach for green supplier selection, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 35(4), 2023-2044.
- Pınar, A., Erdebilli, B. D. R. B., ve Ozdemir, Y. S. (2021). Q-rung orthopair fuzzy topsis method for green supplier selection problem, *Sustainability (Switzerland)*, 13(2), 985.
- Puska, A., ve Stojanović, I. (2022). Fuzzy multi-criteria analyses on green supplier selection in an agri-food company, *J. Intell. Manag. Decis*, 1(1), 2-16.
- Srivastava, S.K. (2007). Green supply-chain management: a state-of-the-art literature review, *International Journal of Management Reviews*, Vol. 9 No. 1, 53-80.
- Türk Plastik Sanayicileri Araştırma Geliştirme ve Eğitim Vakfı (PAGEV), *Türkiye Plastik Sektör İzleme Raporu 2023/3*, İstanbul. ([https://pagev.org/turkiye-plastik-sektor-izleme-raporu-2023-3](https://pagev.org/turkiye-plastik-sektor-izleme-raporu-2023-3/pagev.org/turkiye-plastik-sektor-izleme-raporu-2023-3))
- Wang Chen, H. M., Chou, S. Y., Luu, Q. D., ve Yu, T. H. K. (2016). A fuzzy MCDM approach for green supplier selection from the economic and environmental aspects, *Mathematical Problems in Engineering*, 1-11.
- Xu, Z., ve Liao, H. (2013). Intuitionistic fuzzy analytic hierarchy process, *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 22(4), 749-761.
- Yazdani, M. (2014). An integrated MCDM approach to green supplier selection, *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 5(3), 443-458.
- Yücesan, M., Mete, S., Serin, F., Celik, E., ve Gul, M. (2019). An integrated best-worst and interval type-2 fuzzy TOPSIS methodology for green supplier selection, *Mathematics*, 7(2), 182.
- Zadeh, L.A., (1965). Fuzzy sets, *J. Inform. Control* 8, 338-353.
- Zadeh, L. A. (1975). The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning—I. *Information sciences*, 8(3), 199-249.
- Zhang, L. J., Liu, R., Liu, H. C., & Shi, H. (2020). Green supplier evaluation and selections: a state-of-the-art literature review of models, methods, and applications. *Mathematical Problems in Engineering*, 1-25.
- Zhang, S. F., ve Liu, S. Y. (2011). A GRA-based intuitionistic fuzzy multi-criteria group decision making method for personnel selection, *Expert Systems with Applications*, 38(9), 11401-11405.