

Yeşil Tedarikçi Seçim Problemi İçin Hedef Programlama ve Gri İlişkisel Analiz Yöntemi (Goal Programming and Gray Relation Analysis Methods for Green Supplier Selection)

Fatma Selen MADENOĞLU  ^a

^a Abdullah Gül Üniversitesi, Yönetim Bilimleri Fakültesi, Kayseri, Türkiye. selen.madenoglu@agu.edu.tr

MAKALE BİLGİSİ	ÖZET
Anahtar Kelimeler: Çok Kriterli Karar Verme Hedef Programlama GİA Grup Karar Verme Yeşil Tedarikçi Seçim Problemi Gönderilme Tarihi 18 Eylül 2019 Revizyon Tarihi 10 Mart 2020 Kabul Tarihi 20 Mart 2020 Makale Kategorisi: Araştırma Makalesi	Amaç – Yeşil tedarikçi seçim problemi, yeşil tedarik zinciri yönetiminde stratejik öneme sahip olan ve içerisinde birden fazla ve birbiriyle çelişen kriteri bulunduran çok kriterli karar verme problemi olarak değerlendirilmektedir. Problemin stratejik önemi nedeniyle de işletme hedeflerini destekleyecek doğrultuda en uygun tedarikçilerle çalışmak, işletmelerin rekabetçi durumu için hayati önem taşımaktadır. Bu durumda da karar vericiler problemlerine en uygun olan çözüm yöntemlerini kullanmayı istemektedirler. Bu çalışmada yeşil tedarikçi seçim problemine önerilen çözüm yönteminde, karar grubunun ve belirlenen tedarikçi seçim kriterlerinin ağırlıklandırılması ve çok kriterli karar verme yöntemleriyle en uygun tedarikçinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Yöntem – Çalışmada, bir üretim işletmesinin yeşil tedarikçi seçim problemine önerilen modelde, grup hiyerarşisi ve kriter ağırlıkları SWARA yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. En uygun alternatif tedarikçinin belirlenmesinde çok kriterli karar verme yöntemlerinden olan gri ilişkisel analiz (GİA) ve hedef programlama yöntemleri uygulanmıştır. Bulgular – İki yöntemden elde edilen sonuçlardan en uygun tedarikçinin aynı olduğu görülmüştür. Yeşil tedarikçi seçim kriter ağırlıklarının eşit olduğu varsayılarak yöntemler uygulandığında GİA yönteminde sonuç değişmezken, hedef programlama yönteminde sonuç değişmiştir. Tartışma – Birden fazla ve çelişen amacın olduğu çalışmada sunulan yeşil tedarikçi seçim problemi için, grup hiyerarşisi ve kriter ağırlığının SWARA yöntemi ile belirlenerek en uygun tedarikçinin belirlenmesinde hedef programlama yönteminin kullanıldığı yaklaşım daha uygundur. Yaklaşım mevcut durumda değişiklik olduğunda yeni duruma ve şartlara uygun sonuçlar sunabilmektedir.
ARTICLE INFO	ABSTRACT
Keywords: Multi Criteria Decision Making Goal Programming GİA Group Decision Making Green Supplier Selection Problem Received 18 September 2019 Revised 10 March 2020 Accepted 20 March 2020 Article Classification: Research Article	Purpose – The green supplier selection problem is considered as a multi-criteria decision making problem that has strategic importance in green supply chain management and includes multiple and conflicting criteria. Due to the strategic importance of the problem, working with the most suitable suppliers to support the business objectives is vital for the competitive status of the enterprises. In this case, the decision makers aim to use the most appropriate solution methods for their problems. In this study, it is aimed to weight the decision group and determined supplier evaluation criteria and to determine the most suitable supplier with multi criteria decision making methods for the solution method of green supplier selection problem. Design/methodology/approach – In this study, group hierarchy and criterion weights were determined using SWARA method in the model proposed for green supplier selection in order to adapt the production enterprise to environmental awareness processes. Gray relational analysis (GIA) and goal programming methods were used to determine the most suitable alternative supplier. Findings – The most suitable supplier from the two methods was found to be the same. When the methods were applied assuming equal weights of green supplier selection criteria, the result did not change in the GIA method, but the result changed in goal programming method. Discussion – For the green supplier selection problem presented in the study, which has more than one and conflicting goals, the approach using goal programming method is more appropriate for determining the most appropriate supplier by determining the group hierarchy and criterion weight by SWARA method. The approach can provide results that are appropriate to the new situation and circumstances when changes in the current situation.

Önerilen Atf/ Suggested Citation

Madenoglu, F. S. (2020). Yeşil Tedarikçi Seçim Problemi İçin Hedef Programlama ve Gri İlişkisel Analiz Yöntemi, *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 12 (1), 955-972.

Giriş

Günümüzde ekonomik ve teknolojik gelişmelere paralel olarak küresel sorunlarda görünen artış ve bu sorunlara çözüm bulunamaması çevre konularına olan dikkati artırmış ve yeşil yönetim kavramını gündeme getirmiştir. Çevre faktörlerini dikkate alan şirketlerde gerçekleştirilen yeşil faaliyetler neticesinde çevreye olan olumsuz etki azaltılmakta ve aynı zamanda verimlilik de artırılmış olmaktadır. Yeşil yönetim konusunda şirketler en dar kapsamda, geri dönüşüm konusuna odaklanarak geri dönüşü olan ürünler üretip satmakta, yeşil etiketleme ve paketleme yapmakta ve üretim süreçlerinde çevreye etkiyi azaltmak amaçlı filtre kullanmaktadırlar. Yapılan bu faaliyetler yasal düzenlemelerin oluşturduğu zorunluluktan gerçekleştirilmektedir. Bir grup şirket de çevre sorunları ortaya çıktıktan sonra bunların etkisini azaltmak amacıyla yapılan faaliyetler yerine, çevre sorunlarının önlenmesi noktasına odaklanarak sürdürülebilir bir politikayla rekabet avantajı sağlamayı amaçlamaktadır. Günümüzde şirketlerin tercih ettiği ve sistemlerine adapte etmeye çalıştıkları yaklaşımda, şirketler çevre politikalarını hazırlamakta ve bu politikalarını tedarik zincirindeki ortakları ile paylaşarak tedarik zincirindeki ortaklarının da yeşillenme çalışmalarına dâhil olmalarını sağlamaktadırlar. Bu yaklaşımla tedarik zinciri boyunca yeşil yönetim faaliyetleri gerçekleştirilerek, şirketler rekabet avantajı kazanmaktadırlar.

Yeşil tedarikçi zincirinde, tedarik, üretim ve planlama, kaynak yönetimi, depo yönetimi, dağıtım ve atık fonksiyonlarının yönetimi sürecinde yeşil yönetim faaliyetleri etkin olarak kullanarak çevre kirliliği seviyesini azaltmak esas olarak amaçlanmaktadır. Yeşil tedarik zinciri yönetimi, yeşil satın alma, yeşil üretim, yeşil dağıtım ve tersine lojistik süreçlerini kapsamaktadır (Büyüközkan ve Vardalođlu, 2008). Şirketler yeşillenme çalışmalarına tedarik ettikleri ürünlerin tedarik edilmesinden başlamaktadırlar. Yeşil satın alma sürecinin içerisinde, tedarik edilecek ürünlerin geri dönüştürülebilir olması, çevreye olan olumsuz etkisinin az olması, ürün ömrünü tamamladığında yeniden kullanılabilir, geri dönüşüm malzemelerin kullanılması ile üretilmiş olması ve tedarik ettikleri ürünün tedarik zinciri sürecinde yeşil tedarik zinciri yönetim anlayışının olması istenmektedir. Bu noktada tedarik sürecinde şirketler, çevre politikalarına uygun olan tedarikçileri tercih etme eğiliminde olmaktadır. İşletmelerin tedarik ettikleri ürünlerin zararlı bileşenler içeriyor olması, tedarik zincirinin çevresel performansını ve rekabet avantajını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle tedarikçi belirleme süreci işletmelerde özenle ele alınan konulardandır.

Yeşil tedarikçi seçimi problemi, tedarikçilerin içerisinde çevreye olan etkiyi kapsayan tedarikçi seçim kriterlerinin de olduğu birden fazla tedarikçi seçim kriterine göre değerlendirilerek en uygun olan tedarikçinin belirlenmesi ve tedarikçi sıralamasının elde edilmesidir. İşletmeler, işletme hedefleri doğrultusunda belirledikleri tedarikçi seçim kriterleri ile tedarikçilerinin işletme hedeflerine uygun olup olmadığını değerlendirmektedirler. Bu durumda da birden fazla ve genelde de çelişen seçim kriterlerinin olduğu bir karar verme süreci ortaya çıkmaktadır. Yeşil tedarikçi seçimi, çok kriterli karar verme problemlerindedir (Büyüközkan ve Göçer, 2017). Bu karar verme probleminde işletmelerin, tedarikçilerini hangi kriterlere göre değerlendireceği ve tedarikçilerini hangi yöntemler seçeceği belirlenmektedir. (Chopra ve Meindl, 2016).

Tedarikçi seçim probleminin çözümü için matematiksel model (Zhang ve Zhang, 2011), hedef programlama (Sharma ve Balan, 2013), analitik hiyerarşik süreç (Wang vd., 2017), TOPSİS (Özder vd., 2015) gibi çok kriterli karar verme teknikleri kullanılmaktadır. Farklı çok kriterli karar verme yöntemlerinin, karar verme problemindeki değişimlere olan hassasiyetide farklı olabilmektedir. Seçilecek olan çok kriterli karar verme yönteminin, problemdeki değişimleri problem sonucuna yansıtabilme yeteneği yöntemlerin tercih edilme durumlarını etkilemektedir.

Bu çalışmada bir mobilya üretim işletmesinin yeşil tedarikçi seçimi ele alınmıştır. SWARA yöntemi ile grup hiyerarşisi ve yeşil tedarikçi seçim kriter ağırlıkları belirlenmiştir. Çok kriterli karar verme yöntemlerinden iki farklı yöntem olan gri ilişkisel analiz ve hedef programlama yöntemlerinden elde edilen sonuçlardan en uygun yeşil tedarikçi ve probleme uygun olan yöntem belirlenmiştir.

Literatür Taraması

Tedarikçi Seçim Kriteri Literatür Taraması

Tedarikçi seçim kriterlerinin belirlenmesi ve seçimi, uygun tedarikçi seçiminin temelini oluşturduğundan oldukça önemle ele alınması gereken bir konudur (Çelebi ve Bayraktar, 2008). Literatürde, tedarikçi seçimi için geliştirilen karar verme yaklaşımlarını içeren literatür tarama çalışmaları yer almaktadır (Aissaoui vd., 2007; Chai vd., 2013). Yapılan literatür çalışmalarında belirtildiği üzere işletmeler çevreye karşı sorumlu operasyonları benimsemeye başlamadan önce, tedarikçi seçiminde geleneksel olarak sadece işletme üzerinde ekonomik etkisi olan kriterlerin kullanılması tercih ediliyordu. Weber vd. (1991) 1966-1990 arasındaki yirmi beş yıllık zaman aralığında yapılan çalışmaları inceleyerek en yaygın olarak ele alınan kriterlerin kalite, teslimat, fiyat, üretim tesisi ve kapasite olduğunu belirtmişlerdir. Bunlara ek olarak üretim yeteneğini Cheraghi vd. (2004), Ho vd.al. (2010) çalışmalarında ele almışlardır. Haeri ve Rezaei (2019) çalışmalarında literatürde en fazla kullanılan ekonomik tedarikçi seçim kriterlerinin kalite, fiyat, teslimat, teknolojik yeterlilik, esneklik, kültür, ilişkiler, risk olduğunu belirtmişlerdir. Tedarikçi seçim literatürüne bakıldığında hizmet seviyesi, kalite ve fiyat en yaygın olarak kullanılan kriter olarak karşımıza çıkmaktadır.

Artan sürdürülebilir çevreci politikalar ve uygulamalar sonrasında tedarikçi değerlendirme konusunda yapılan çevresel kriterler yeşil tedarikçi seçim problemlerinde ele alınmaktadır (Govindan vd., 2015). Govindan vd. (2015) çevre yönetim sistemini yeşil tedarikçi seçiminde en popüler çevresel kriter olarak tanımlamıştır. Nielsen vd. (2014) literatürde yer alan elli yedi çalışmayı inceleyerek çevre yönetim sistemini en kapsamlı çevresel kriter olarak tanıtmışlardır. Literatürde son yıllara kullanılan yeşil tedarikçi seçim kriterleri; zaman, kalite, fiyat, karbon yönetimi, kirlilik, enerji kullanımı, süreçler, yeşil tedarik, hammadde, stok kontrolü, ters lojistik, malzeme yeniden kullanımı (Wang, 2015), verimlilik endeksi, sürdürülebilir yatırım varlıkları, yenilenebilir elektrik kaynakları, geri dönüşüm, enerji kullanımı, su kullanımı (Afful-Dadzie vd., 2016), yeşil tasarım, yeşil malzeme kullanımı, atıkların azaltılması, hava kirliliğinin azaltılması, atıkların yok edilmesi, zararlı maddelerin kullanımı, çevre yönetim sistemi, yeşil görüntü, yeşil ulaşım (Tsai vd., 2016), devlet düzenlemeleri, iç çevre yönetimi, yeşil satın alma, müşteri işbirliği, eko-tasarım, yatırım geri kazanımı, çevresel, operasyonel ve ekonomik performans (Vanalle vd., 2017), kirlilik üretimi, kaynak tüketimi, eko-tasarım, çevre yönetim sistemi, çevreye duyarlı malzeme kullanımı (dos Sandos vd., 2019), yeşil ürün geliştirme, doğal yardımsever yeniliklerin kullanımı, kaynak kullanımı, yeşil kabiliyeti, çevre yönetimi, kalite yönetimi, kirlilik oluşturmazdır (Mousavi vd., 2020).

Çalışmada, geleneksel ve yeşil tedarikçi seçim kriterlerinin birlikte ele alınarak tedarikçi değerlendirmesi yapılmıştır. Uygulamada ele alınan tedarikçi seçim kriterleri ve ilgili referans çalışmalar Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. Belirlenen Tedarikçi Seçim Kriterleri Özeti

Kriter	İlgili Literatür
Kalite	Weber vd., 1991; Dickson vd., 1996; Cheraghi et al. 2004; Kuo vd., 2010; Mafakher vd., 2011; Büyüközkan, 2012; Shen vd., 2013; Choi, 2013; Yavuz, 2013; Karaöz vd., 2019;
Teslimat	Haeri ve Rezaei, 2019.
Fiyat	
Teknik Yeterlilik	
Yeşil Yeterlilik	Yeh ve Chuang, 2011; Banaeian vd., 2014; Wang, 2015; Govindan, 2015; Afful-Dadzie vd., 2016; Tsai vd., 2016; Madenoğlu, 2019; dos Sandos vd., 2019; Yücesan, 2019; Mousavi vd., 2020.

Tedarikçi Seçim Yöntemi Literatür Taraması

Tedarikçi seçiminde tedarikçi seçim kriterleri kullanılarak alternatif tedarikçiler arasında sıralama yapıp en uygun tedarikçinin belirlenmesi esas amaçtır. Çevre bilincinin ve çevre ile ilgili düzenlemelerin artmasıyla birlikte yeşil tedarikçi seçimi konusuna akademik ve iş hayatın ilgisi fazla olmuştur. Akademik çalışmalara bakıldığında yeşil kriterleri ele alan tedarikçi seçim problemi için çok kriterli karar verme yöntemiyle çözüm öneren yayınlar sayısı son yıllarda artmış olmasına rağmen hala sınırlıdır. Literatürde, tedarikçi seçiminde kullanılan yöntemin ve yaklaşımlar incelenmiştir. Agarwal vd. (2011) sundukları literatür çalışmasında altmış

sekiz çalışmayı ele alarak veri zarflama analizi, matematiksel programlama, analitik hiyerarşi süreci, vaka temelli akıl yürütme, analitik ağ süreci, bulanık küme teorisi, basit çok özellikli derecelendirme tekniğini gibi yöntemlerin tedarikçi seçim probleminde kullanıldığını belirtmişlerdir. Chai vd. (2013) literatürde yer alan yirmi üç makaleyi ele almışlardır. Ele adıkları çalışmalar çok ölçütlü karar verme teknikleri, matematiksel programlama teknikleri ve yapay zekâ teknikleri olmak üzere üç kategori altında değerlendirmişlerdir. Yıldız ve Yayla (2015) çalışmalarında 2001 ile 2014 yılları arasında yapılan tedarikçi seçim problemi ile ilgili çalışmalarda problem için önerilen çok kriterli karar verme yöntemlerini incelemişlerdir. 2001 ile 2016 yılları arasında bulanık ortamda tedarikçi seçim problemi için önerilen çok kriterli karar verme yöntemleri Keshavarz vd. (2017) tarafından ele alınmıştır. Çalışmalarında analitik hiyerarşi süreci, TOPSİS, analitik ağ süreci, Vikor yöntemlerinin en yaygın olarak kullanılan yöntemler olduğu görülmektedir. Supçiller ve Deligöz (2018) çalışmalarında belirttiği gibi analitik hiyerarşi süreci yöntemi, TOPSİS yöntemi, VIKOR yöntemi, gri ilişkisel analiz yöntemi, ELECTRE II yöntemi, basit toplamlı ağırlıklandırma yöntemi, MOORA yöntemi ve M-MOORA yöntemi uygun çözüm sunmaları, kolay anlaşılması ve değişikliklere uyarlanabilen esneklikte olmaları nedeniyle literatürde sık uygulanan yöntemlerdir. Karaöz, Akyüz ve Tekin (2019) çalışmalarında 2000 yılı sonrasında bilgi işlem teknolojileri alanında faaliyet gösteren işletmelerin tedarikçi seçim problemini ele alan çalışmaları incelemişlerdir. Yaptıkları literatür taraması sonucunda, analitik ağ süreci yöntemi, analitik hiyerarşi süreci yöntemi, TOPSİS yöntemi, yapay sinir ağları yöntemi, veri zarflama analizi yöntemi, entropi yöntemi, hedef programlama yöntemi, gri ilişkisel analiz yöntemi ve VIKOR yönteminin tercih edilen yöntemler olduğunu belirtmişlerdir. Tedarikçi seçim kriter ağırlıklarını belirlerken analitik hiyerarşi süreci yöntemi ve analitik ağ süreci yönteminin çalışmalarda sık kullanıldığına dikkat çekmişlerdir.

Dağdeviren ve Eren (2001), tedarikçi seçimi için analitik hiyerarşik proses ve hedef programlama yöntemlerini birlikte kullanarak önerdikleri modeli, gerçek hayat uygulamasıyla sunmuşlardır. Kumar, Vrat ve Shankar (2004) çalışmalarında çok amaçlı tedarikçi seçim problemini bulanık amaç programlama yaklaşımı ile ele almışlardır. Yang ve Chen (2006), dizüstü bilgisayar üreten bir işletmenin tedarikçi seçimi için analitik hiyerarşik proses ve gri ilişkisel analiz yöntemlerinin birleştirilerek bir model geliştirmişlerdir. Özdemir ve Deste (2009), otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin tedarikçi seçiminde gri ilişkisel analiz yöntemini kullanmışlardır. Kuo vd. (2010) yapay sinir ağını ve iki çok özellikli karar analizi yöntemi olan veri zarflama analizi ve analitik ağ sürecini birleştiren yeşil bir tedarikçi seçim modeli geliştirmişlerdir. Lee, Kang ve Chang (2009) ve Ku, Chang ve Ho (2010) çalışmalarında gerçek hayat tedarikçi seçim problemini bulanık analitik hiyerarşik süreç ve hedef programlama yöntemleriyle değerlendirmişlerdir. Liao ve Kao (2010), tedarikçi seçim probleminin çözümü için Taguchi, analitik hiyerarşik proses ve hedef programlama yöntemlerini birleştirmişlerdir. Chen vd. (2010) gri ilişkisel analiz ve bulanık küme teorisini kullanarak sundukları yöntemle yeşil tedarikçi seçim problemini ele almışlardır. Large ve Thomsen (2011) yeşil tedarik zinciri yönetim performansının beş potansiyel faktörü belirlemişler ve çevresel performans ve satınalma performansını içeren bir model oluşturarak bir uygulama yapmışlardır. Elde ettikleri sonuçlar, yeşil tedarikçi değerlendirmesi ve yeşil işbirliği seviyesinin çevresel performans üzerinde doğrudan etki yarattığını göstermiştir. Athawale ve Chakraborty (2011), bir üretim işletmesinin tedarikçi seçim problemini gri ilişkisel analiz yöntemi ile değerlendirmiştir. Baskaran vd. (2012) , Hindistan tekstil ve giyim endüstrisindeki tedarikçilerin sürdürülebilirlik kriterlerini kullanarak değerlendirmişlerdir. Büyüközkan ve Çifçi (2012) çalışmalarında yeşil tedarikçi seçim probleminin gerçek hayat uygulamasına ağ süreci yöntemiyle çözüm sunmuşlardır. Büyüközkan (2012) çeşitli çevresel performans kriterlerini göz önünde bulundurarak tedarikçi performans değerlendirmesi için bir karar modeli önermiştir. Yeşil tedarikçi alternatiflerini değerlendirmek için bütünleşmiş, bulanık bir grup karar verme yaklaşımı sunmuştur. Tedarikçi seçim kriterlerinin göreceli ağırlıklarını belirlemek için bulanık bir analitik hiyerarşi süreci yöntemini ve yeşil tedarikçileri sıralamak için aksiyomatik tasarım tabanlı bulanık grup karar verme yaklaşımını uygulamışlardır. Son olarak, metodolojinin potansiyelini göstermek için bir vaka çalışması sunmuşlardır. Kuo ve Lin (2012) veri zarflama analizinin yanı sıra bir ağ analiz sürecini kullanarak çevre koruma sorunları nedeniyle yeşil göstergeleri de dikkate alan bir tedarikçi seçim yöntemi sunmuşlardır. Alimardani vd. (2013) gerçek hayat tedarikçi seçim problemini SWARA ve VIKOR yöntemleriyle değerlendirmişlerdir. Govindan vd. (2013) sürdürülebilir tedarik zinciri girişimlerini araştırmış ve tedarik zincirlerinde tedarikçi seçim operasyonlarında ekonomik, çevresel ve sosyal yönleri göz önünde bulundurarak bulanık kriterlerin olduğu tedarikçi seçim problemine bulanık TOPSİS yöntemiyle çözüm sunmuşlardır. Sharma ve Balan (2013) Taguchi, TOPSİS ve hedef programlama yöntemlerini birleştirilerek gerçek hayat problemi için en iyi tedarikçiyi seçmişlerdir. Bali vd. (2013) yeşil

tedarikçi seçimi için sezgisel bulanık kümeye ve gri ilişkisel analiz yöntemine dayalı entegre çok ölçütlü bir karar verme yaklaşımı önermişlerdir. Tseng ve Chiu (2013) elektronik parça imalat firmasının yeşil bir tedarikçi seçim problemine bulanık gri ilişkisel analiz yöntemini uygulamışlardır. Karaatlı ve Davras (2014), bir otel işletmesinin tedarikçi seçimini, analitik hiyerarşik proses ve hedef programlana yöntemlerinin birlikte kullandıkları modelle ele almışlardır. Kannan vd. (2014) bir Brezilyalı elektronik şirketi için yeşil tedarikçi seçim problemine bulanık TOPSIS kullanan bir yaklaşım önermişlerdir. Hashemi, Karimi ve Tavana (2015), yeşil tedarikçi seçimi problemi için analitik ağ süreci ve gri ilişkisel analiz yöntemlerinden oluşan bir model önermişler ve önerdikleri yaklaşımın etkinliğini otomotiv üretim işletmesinin tedarikçi seçim problemine önerilen modeli uygulayarak göstermişlerdir. Kuo vd. (2015) bulanık ANP ve bulanık TOPSIS yaklaşımlarını entegre ettikleri yöntemle, yeşil tedarik zincirinde yer alan tedarikçilerin karbon yönetimini durumlarını ele almışlardır. Özder, Eren ve Çetin (2015) otomotiv üretim işletmesinin tedarikçi seçimi problemini TOPSIS ve hedef programlama ile çözmüştür. Jadidi, Cavalieri ve Zolfaghari (2015) çalışmalarında tedarikçi seçim problemi için geliştirilmiş hedef programlama yaklaşımını önermişlerdir. Igoulalene, Benyoucef ve Tiwari (2015) bulanık TOPSIS ve hedef programlama yöntemlerini kullanarak önerdikleri yaklaşımı stratejik tedarikçi seçimi problemine uygulamışlardır. Sarı, Baynal ve Ergül (2016) çalışmalarında gri ilişkisel analiz yöntemiyle tedarikçi seçim probleminin nasıl gerçekleştirdiklerini sunmuşlardır. Yu ve Hou (2016) yeşil tedarikçi seçim problemini çözmek için geliştirdikleri çoklayıcı analitik hiyerarşi süreci yöntemini sunmuşlardır. Awasthi ve Govindan (2016) yeşil tedarikçi geliştirme programının geliştirilmesi sorunu ele almışlar ve ele aldıkları sorunun çözümü için bulanık nominal grup tekniği ve VIKOR tabanlı bir çözüm yaklaşımı sunmuşlardır. Özder ve Eren (2016), otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin tedarikçi seçim problemi için önermiş oldukları çözüm yaklaşımında, analitik ağ süreci yöntemi ile kriter ağırlıklarını ve hedef programlama yöntemiyle de tedarikçiyi belirlemişlerdir. Ahmadi, Petrucci ve Wang (2017) ve Wang vd. (2017) uygulama yaptıkları işletmelerin tedarikçi seçiminde analitik hiyerarşik proses yöntemini kriter ağırlığı belirlemede, geliştirilmiş gri ilişkisel analiz yöntemini de tedarikçilerin sıralanmasında kullanmışlardır. Özcan ve Özyörük (2017), elektrikli ısıtıcı üretim işletmesinin tedarikçi seçim problemini hedef programlama yöntemi ile değerlendirmişlerdir. Tavana vd. (2017) veri zarflama analizi ve hedef programlama yöntemlerini birleştirerek sürdürülebilir tedarikçi değerlendirmesine bir model önermişlerdir. Durmaz, Akagündüz ve Şahin (2017), MOORA ve hedef programlama yöntemleriyle gerçek hayat tedarikçi seçim problemine çözüm önermişlerdir. Çakır (2017) bir üretim işletmesinin tedarikçi seçim probleminde SWARA yöntemiyle tedarikçi değerlendirme kriter ağırlığını, Copeland yöntemiyle de tedarikçi seçimini gerçekleştirmişlerdir. Govindan vd. (2017) gıda endüstrinin tedarik zinciri tedarikçi seçim probleminde uzlaşık sıralama elde etmek için Simos prosedürü ve PROMETHEE yönteminin birleştirilmesinden oluşan hibrit yaklaşım önermişlerdir. Pandey, Shah ve Gajjar (2017) sürdürülebilir tedarikçi seçimi problemini bulanık hedef programlama yöntemiyle ele almışlardır. Yazdani vd. (2017) çeşitli çevresel performans gereklilikleri ve kriterleri göz önünde bulundurularak yeşil tedarikçi seçimi için entegre bir yaklaşım ortaya koymuşlardır. Önerilen yaklaşım, bir ilişki yapısı oluşturulurken DEMATEL yöntemi ile müşteri gereksinimleri arasındaki ilişkileri ele almaktadır. Kalite fonksiyon dağıtım modeli, her bir tedarikçi seçim kriteri ve müşteri gereksinimleri arasındaki ilişki derecesini belirlemek için merkezi bir ilişki matrisi oluşturmak için kullanılmıştır. Alternatif tedarikçileri önceliklendirmek ve sıralamak için COPRAS yöntemi uygulanmıştır. Önerdikleri metodolojinin uygulanabilirliği ve çözüm kabiliyetini göstermek içinde bir vaka çalışması sunmuşlardır. Mousakhani vd. (2017) yeşil tedarikçi seçim problemi için yeni uzlaşma sıralama yöntemi ve aralık tip-2 bulanık kümeler (IT2FS) altında grup karar verme yaklaşımına dayalı yeni bir model tanıtmışlardır. Karar vericilerin ağırlıkları, genişletilmiş aralık tip-2 bulanık TOPSIS yöntemine göre uzmanların kriterlerin göreceli önemi hakkındaki görüşleri dikkate alınarak hesaplamış ve ayrıca potansiyel alternatifleri sıralamak için tip-2 bulanık Hamming aralığına göre yeni bir sıralama endeksi sunmuşlardır. Önerilen yaklaşımın uygulanabilirliğini gösteren gerçek bir vaka çalışması ele alınmıştır. Qin vd. (2017), TODIM tekniğini çok kriterli karar verme problemlerini tip-2 bulanık kümeler bağlamında çözmek için genişletmişler ve yeşil tedarikçi seçim problemine uygulamışlardır. Sen vd. (2017) yeşil tedarikçi seçim problemini geliştirdikleri oran analizi ve bulanık ortamda MULTIMOORA yöntemi ele almışlardır. Jiang vd. (2018) yeşil tedarik zinciri uygulamalarından olan yeşil tedarikçi seçimi için ikili karşılaştırmalardan kaynaklanan problemi azaltan gri DEMATEL tabanlı analitik ağ süreci yöntemi adını verdikleri yeni bir yaklaşımı önermişlerdir. Adalı ve Işık (2017) ve Toklu vd. (2018) çalışmalarında SWARA yöntemiyle tedarik değerlendirme kriter ağırlığını belirlemiş, WASPAS yöntemiyle de alternatif tedarikçileri sıralamışlardır. Supçiller ve Deligöz (2018), bir tekstil firmasının tedarikçi seçim

probleminin çözümü için içerisinde gri ilişkisel analiz yönteminin de olduğu birden fazla çok kriterli karar verme yöntemlerinden elde ettikleri çözümleri bütünleştirerek nihai tedarikçi sıralamasını elde etmişlerdir. Aydın ve Eren (2018) çalışmalarında savunma sanayinde alt yüklenici seçimi problemine, bulanık analitik hiyerarşik süreç ve hedef programlama yöntemleriyle iki aşamalı bir çözüm yaklaşımı önermişlerdir. Banaeian vd. (2018) çalışmalarında tarımsal gıda endüstrisinde faaliyet gösteren bir firmanın yeşil tedarikçi seçim problemini bulanık TOPSIS, VİKOR ve gri ilişkisel analiz yöntemleriyle çözmüşlerdir. Sonuç olarak da diğer yöntemlerle gri ilişkisel analiz yöntemini karşılaştırarak, bulanık gri ilişkisel analiz yöntemiyle daha kısa sürede ve daha rahat hesaplayarak aynı sonucun elde edilebildiğini göstermişlerdir. Ho (2019) çalışmasında üretim işletmesinin tedarikçi seçim problemini çok amaçlı hedef programlama yöntemiyle çözmüştür. Durmaz ve Gencer (2019), SWARA ve SMAA-2 yöntemlerini kullanarak tedarikçi seçim problemine çözüm aramışlar ve önerdikleri çözüm yaklaşımını JSMAA programına entegre etmişlerdir. Hsu ve Hu (2019) bir elektronik şirketinin yeşil tedarikçi seçim problemini analitik ağ süreci yöntemi ile ele almışlardır. Gao vd. (2020) elektronik sektörü için en iyi yeşil tedarikçinin seçilmesine yardımcı olacak bir grup konsensüs karar verme çerçevesi önermişlerdir. Ma vd. (2020) yeşil tedarikçi seçimi problemi için gerçek hayattaki belirsizliği kararsız bulanık dil teorisiyle dikkate alan yeni bir grup risk alma karar yaklaşımı sunmuşlardır. Ecer (2020) yeşil tedarikçi seçim probleminde belirsizlikle daha iyi başa çıkmak için aralık tip-2 bulanık ortam modeli altında analitik hiyerarşik süreç yöntemini kullanılmıştır. Modelin etkililiğini ve verimliliğini göstermek için bir ev aletleri üreticisinde gerçek bir vaka uygulaması sunulmuştur. Rouyendegh vd. (2020) sezgisel bulanık TOPSIS yöntemini kullanarak yeşil tedarikçi seçim problemini ele almışlardır. Wu vd. (2020) elektrikli araç şarj tesisinin en uygun yeşil tedarikçisinin seçim problemine, aralık-2 bulanık ortam altındaki bir çerçeve yaklaşım önermişlerdir.

Yapılan literatür çalışması neticesinde SWARA yöntemiyle grup hiyerarşisini dikkate alarak yeşil tedarikçi seçim problemini, gri ilişkisel analiz ve hedef programlama yöntemleriyle ele alan çalışma literatürde yer almamaktadır. Çalışma, grup hiyerarşisini dikkate alması, SWARA yöntemini grup hiyerarşisi ve tedarikçi seçim kriterlerinin ağırlıklarının belirlenmesinde kullanması, birden fazla yöntemle tedarikçi seçimini gerçekleştirmesi ve önerilen çözüm metodolojisinin uygulamasını gerçek hayat problemi ile sunulması boyutuyla literatüre katkı sağlamaktadır.

Yöntemler

Çalışmada yeşil tedarikçi seçim problemine önerilen çok kriterli karar verme problemi çözüm yaklaşımında, grup hiyerarşisi ve tedarikçi seçim kriter ağırlıkları SWARA yöntemi ile hesaplanarak, alternatif tedarikçilerin içerisinden en uygun tedarikçi belirlenmesinde gri ilişkisel analiz ve hedef programlama yöntemleri kullanılarak en uygun olan tedarikçi belirlenmektedir. Ele alınan iki çok kriterli karar verme yönteminin kriter ağırlığındaki değişimler sonucunda problem sonucunda değişimi incelenerek problem için uygun olan yöntem verilmektedir. Çalışmada kullanılan yöntemler detaylı olarak sunulmaktadır.

Hedef Programlama

Hedef programlama yöntemi, Charnes vd. tarafından 1955 yılında ortaya konmuştur. Hedef programlama, gerçek hayat problemlerinde sıklıkla karşılaşılan çoklu, çelişen amacın ve kriterin aynı anda gerçekleşmesinin istendiği durumlarda kullanılır. Hedef programlama, belirlenen hedefler, öncelikler ve bu önceliklerin ağırlıklarını kullanarak hedeflerden sapmayı en küçüklemeyi amaçlar. Maksimum veya minimum çözüm elde edilmez. Hedeflerden sapmayı en küçükleyen optimum çözümü bulmaya çalışır. Birden fazla amaç ve hedefin olduğu karar verme problemlerine çözüm bulabilmesi ve doğrusal programlamada kullanılan simpleks yöntemiyle etkin sonuçlar vermesi yöntemin üstünlükleridir. Yöntemin matematiksel formülasyonun genel gösterimi aşağıdaki şekildedir (Charnes ve Cooper, 1977):

$$\min Z = P_1 w_1 (d_i^+, d_i^-) + \dots + P_k w_k (d_i^+, d_i^-) \quad (1)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j + d_i^+ - d_i^- = b_i \quad (2)$$

$$d_i^+, d_i^-, x_j \geq 0 \quad (3)$$

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

Burada P_i öncelikleri, w_i ağırlıkları, d_i^+ pozitif sapma değerini, d_i^- negatif sapma değerini, x_j karar değişkenini, a_{ij} parametreleri ve b_i ulaşılmak istenen değeri göstermektedir. Eşitlik (1), ağırlıklı amaçlarımızı en iyilemeyi sağlamaktadır. Eşitlik (2)'de ulaşılmak istenen hedefler doğrultusunda amaçları ifade eden kısıttır. Eşitlik (3), karar değişkenlerinin sıfıra eşit ve büyük olma kısıtıdır.

Gri İlişkisel Analiz Yöntemi

Gri ilişkisel analiz (GİA) yöntemi, Deng Young tarafından 1982 yılında ortaya konan gri sistem teorisinden geliştirilen bir yöntemdir. Yöntem, bilginin kesin olmadığı ve yetersiz bilginin olduğu durumlarda yöneticilerin karar verme sürecine yardımcı olmaktadır. GİA adımları aşağıdaki şekildedir (Zhai vd., 2009: 3)

1. adım: Karar matrisinin oluşturulması.

n 'nin kriterleri ve m 'in alternatifleri ifade ettiği $m \times n$ karar matrisi aşağıdaki şekilde oluşturulur.

$$X = \begin{bmatrix} x_1(1) & x_1(2) & \dots & x_1(n) \\ x_2(1) & x_2(2) & \dots & x_2(n) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_m(1) & x_m(2) & \dots & x_m(n) \end{bmatrix} \quad (4)$$

(4) numaralı matrisdeki $x_i(k)$; i . alternatifin k kriteri değerini ifade etmektedir.

2. adım: Referans serisinin oluşturulması.

$$X_0 = (x_0(j), \dots, x_0(n)) \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

(5) numaralı eşitlikteki $X_0(j)$; j . kriterin normalize değerinin en yüksek değerini ifade etmektedir.

3. adım: Karşılaştırma serisinin oluşturulması.

Veri setinin normalize edilmesinde karşımıza çıkan üç durumun formülasyonu aşağıdaki şekillerdedir:

i. Fayda durumu:

$$X_i(k) = [x_i(k) - \min x_i(k)] / [\max x_i(k) - \min x_i(k)] \quad (6)$$

ii. Maliyet durumu:

$$X_i(k) = [\max x_i(k) - x_i(k)] / [\max x_i(k) - \min x_i(k)] \quad (7)$$

iii. Optimallik durumu:

$$X_i(k) = 1 - \frac{|x_i(k) - u_i|}{\max |x_i(k) - u_i|} \quad (8)$$

4. adım: Mutlak değer tablosunun oluşturulması.

Kriterlerin katsayı değerlerinin kriterlerin referans değerlerinden farkının hesaplanması yapılır. Katsayıların farkı (ΔX_i) aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

$$\Delta X_i(k) = |X_0^*(1) - X_1(1)|, |X_0^*(2) - X_1(2)|, \dots, |X_0^*(n) - X_1(n)| \quad (9)$$

5. adım: Gri ilişkisel katsayı matrisinin hesaplanması.

Her biri dizideki en büyük değişim (Δ_{enb}) ve en küçük değişim (Δ_{enk}) değerleri hesaplanır. Bu değerler kullanılarak da gri ilişkisel katsayı matrisi oluşturulur.

$$l(j) = (\Delta_{enk} + \delta \Delta_{enb}) / (\Delta_i(j) + \delta \Delta_{enb}) \quad (10)$$

(10) numaralı eşitlikte $\Delta_i(j)$; Δ_i fark veri dizisinin j . değeri ifade etmektedir. (10) numaralı eşitlikteki δ , ayırıcı katsayı $[0,1]$ aralığında değer alır ve genelde 0.5 değeri kullanılır.

6. adım: İlişki derecesinin hesaplanması.

$$\Gamma_i = 1/n \sum_{j=1}^n l(j) \quad (11)$$

(11) numaralı eşitlikle i . sayı elemanın gri ilişki derecesi hesaplanır. Fakat her bir veri noktası için farklı ağırlıkların olduğu durumda gri ilişki derecesi (12) numaralı formülasyon kullanılarak hesaplanır.

$$\Gamma_i = \sum_{j=1}^n l(j) \cdot w_i(j) \quad (12)$$

Swara Yöntemi

Kriter ağırlıklandırma yöntemlerinden biri olan SWARA yöntemi 2010 yılında Keršulienė, Zavadskas ve Turskis tarafından ortaya konmuştur. Yöntemin adımları aşağıdaki şekildedir:

1. adım: Kriter önem derecelerine göre sıralanır.

2. adım: İkinci kriterden başlanarak, her bir kriterin görelî önem düzeyi bir önceki kriter ile karşılaştırılarak belirlenir. Keršulienė, Zavadskas ve Turskis (2010: 10) bu orana 'ortalama değerin karşılaştırılmalı önemi' olarak adlandırmış ve s_j simgesi ile göstermişlerdir.

3. adım: Katsayı (k_j) değeri (13) numaralı eşitlik kullanılarak belirlenmektedir.

$$k_j = \begin{cases} 1 & j = 1 \\ s_j + 1 & j > 1 \end{cases} \quad (13)$$

4. adım: (14) numaralı eşitlikle önem vektörü q_j hesaplanmaktadır.

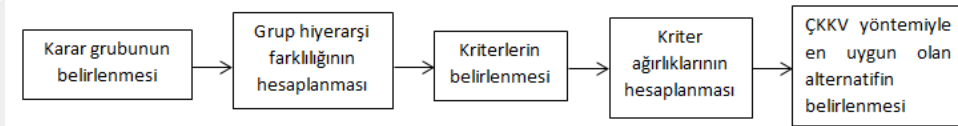
$$q_j = \begin{cases} 1 & j = 1 \\ \frac{q_{j-1}}{k_j} & j > 1 \end{cases} \quad (14)$$

5. adım: Kriterlerin ağırlıkları (15) numaralı eşitlik kullanılarak elde edilmektedir.

$$w_j = \frac{q_j}{\sum_{k=1}^n q_k} \quad (15)$$

Bulgular

Çalışmada, orta ölçekli, mobilya sektöründe faaliyet gösteren işletmenin yeşil tedarikçi seçimine grup hiyerarşisini içeren çok kriterli karar verme durumu için bir model önerilmiştir. İşletmenin tedarikçi sayısının, müşterilerin çevre farkındalığının artması ve artan rekabet ortamı, işletmenin yeşil tedarikçi seçme ve değerlendirme sürecini sistemine adapte etmesini gerektirmiştir. Şekil 1'de çalışmada önerilen modelin genel adımları yer almaktadır. Karar grubunun belirlenmesi sonrasında karar grubundaki katılımcıların ağırlıkları SWARA yöntemi ile belirlenmiştir. Tedarikçi seçim kriterlerinin belirlenmesi sonrasında tedarikçi seçim kriter ağırlıkları grup hiyerarşisinde dikkate alınarak SWARA yöntemi ile hesaplanmıştır. Çalışmada iki ayrı çok kriterli karar verme yöntemi olan GİA ve hedef programlama yöntemleri kullanılarak en uygun tedarikçi elde edilmiştir.



Şekil 1. Önerilen Yöntem Adımları

İşletme yöneticisi karar grubunu belirlemiştir. Karar grubunda satın alma uzmanı, üretim planlama uzmanı, üretim uzmanı ve finans uzmanı yer almaktadır. Karar grubunu oluşturan üyeler arasında deneyim ve birim farklılıklarından hiyerarşi yer almaktadır. Grup hiyerarşisi, SWARA yöntemi kullanılarak elde edilmiştir. SWARA yönteminin ilk aşamasında işletme yöneticisinden karar vericileri önem düzeyine göre sıralaması istenmiştir. Elde edilen grup üyelerini sıralaması Tablo 2'de verilmiştir. İkinci aşamada belirlenen karar vericilerin görelî önem düzeyleri Tablo 3'nin ikinci sütunda sunulmuştur. Üçüncü aşamada Eşitlik 13 kullanılarak hesaplanan k_j değerleri Tablo 3'nin üçüncü sütununda verilmiştir. Dördüncü aşamada Eşitlik 14 yardımıyla hesaplanan önem vektör değerleri Tablo 3 dördüncü sütununda görülmektedir. Son aşamada, Eşitlik 15'le elde edilen karar verici ağırlıkları Tablo 3 beşinci sütundadır. SWARA yöntemi kullanılarak yöneticinin yaptığı değerlendirme neticesinde birinci karar vericinin ağırlığı 0.27, ikinci karar vericinin ağırlığı 0.34, üçüncü karar vericinin ağırlığı 0.21, dördüncü karar vericinin ağırlığı 0.19 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 2. Karar Verici Önem Düzeyleri

Karar Vericiler	Karar verici sıralaması
Karar Verici 1 (Satınalma uzmanı)	2
Karar Verici 2 (Üretim Planlama Uzmanı)	1
Karar Verici 3 (Üretim Uzmanı)	3
Karar Verici 4 (Finans Uzmanı)	4

Tablo 3. Karar Verici Ağırlıklarının Hesaplanması

Karar Vericiler	s_j	k_j	q_j	w_j
Karar Verici 2	-	1	1,00	0,34
Karar Verici 1	0,25	1,25	0,80	0,27
Karar Verici 3	0,3	1,3	0,62	0,21
Karar Verici 4	0,1	1,1	0,56	0,19

Karar vericiler değerlendirmenin yapılacağı ürün grubunun tedarik edilebileceği potansiyel tedarikçilerini belirlemişlerdir. Son ürünlerin birçoğunda yer alan ve ürün kalitesini etkileyebilen ürün grubunun tedarik süreci değerlendirmeye alınmıştır. Ürün grubunun tedarik edilebileceği potansiyel dört tedarikçi bulunmaktadır. Çalışmada incelenecek olan tedarikçiler Tedarikçi-1, Tedarikçi-2, Tedarikçi-3 ve Tedarikçi-4 olarak isimlendirilecektir. İşletme yöneticisinin belirlediği karar grubu ile görüşmeler yapılarak yeşil tedarikçi seçim süreci yönetilmiştir. Yeşil tedarikçi seçim kriterlerinin belirlenmesinde literatür taraması kısmında sunulan literatürde yer alan yeşil tedarikçi seçim kriterleri karar vericilerle paylaşılmıştır. Karar vericilerin değerlendirmeleri neticesinde işletme hedeflerini destekleyecek doğrultuda kriter belirleme gerçekleştirilmiştir. Tablo 1 'de tedarikçi seçim kriterleri belirlenirken yararlanılan çalışmalar sunulmuştur. Karar vericilerin belirlemiş olduğu kriterler ve değerlendirmede kullanılacak puan aralıkları ve birimleri Tablo 4'de verilmiştir. Kriterlerden 'kalite' kriteri, ürünün standartlara uygunluğu, iade oranını, 'fiyat' kriteri tedarik edilecek ürünün birim fiyatı, iskonto durumunu, 'teslimat' kriteri zamanında teslimat, hizmet seviyesi, teslimat uygunluğunu, 'teknik yeterlilik' kriteri tedarikçi işletmenin sektördeki durumu, kapasite, esneklik, işbirliği yeteneğini, 'yeşil yeterlilik' kriteri de tedarikçi işletmenin çevre standartlarına uygunluğu, çevreye duyarlı ürün üretme isteği ve kabiliyeti, ürünlerinin çevreye ve insan sağlığına zararlı etkisi varsa bunu ez aza indirebilme yeteneği ve isteği, süreçlerini çevre ve insan boyutunu dikkate alarak yönetmesi, atık yönetimi, enerji verimliliği, ömrü biten ürünün geri dönüşümünü çalışmalarını içermektedir.

Tablo 4. Tedarikçi Seçim Kriter Bilgileri

Kısaltma	Kriterler	Derecelendirme aralığı	Derecelendirme birimi
K1	Kalite	0-100	Puan
K2	Teslimat	0-100	Gün
K3	Fiyat	0-100	TL/adet
K4	Teknik Yeterlilik	1-5	Puan
K5	Yeşil Yeterlilik	1-5	Puan

Yeşil tedarikçi seçim kriter ağırlıklarının belirlenmesinde SWARA yöntemi kullanılmıştır. Karar verici dört uzmandan kriterleri önem düzeyine göre sıralamaları istenmiş ve Tablo 5 elde edilmiştir. İkinci adımda da dört uzman, kriterlerin göreceli önem düzeylerini belirlemişler ve Tablo 6'e ulaşılmıştır. k , q ve w değerleri sırasıyla Eşitlik (13), (14), (15) kullanılarak tüm karar vericiler için hesaplanmış ve sonuçlar Tablo 7'de sunulmuştur. Ele alınan problemde karar vericilerin ağırlıkları farklı olduğundan kriter ağırlığı belirlerken karar verici ağırlıkları dikkate alınarak kriter ağırlıkları belirlenmiştir. Eşitlik (16) yardımıyla Tablo 8'de verildiği gibi her bir karar vericinin verdiği bilgiler doğrultusunda elde edilen w değerleri ile karar verici ağırlıklarının ağırlıklı ortalaması alınarak nihai kriter ağırlıkları elde edilmiştir.

$$\text{Kriter ağırlığı}_{11} = 0.30 \cdot 0.27 + 0.24 \cdot 0.34 + 0.23 \cdot 0.21 + 0.27 \cdot 0.19 = 0.26$$

$$\text{Kriter ağırlığı}_{12} = 0.13 \cdot 0.27 + 0.20 \cdot 0.34 + 0.24 \cdot 0.21 + 0.17 \cdot 0.19 = 0.18$$

$$\text{Kriter ağırlığı}_{13} = 0.25 \cdot 0.27 + 0.26 \cdot 0.34 + 0.15 \cdot 0.21 + 0.14 \cdot 0.19 = 0.21$$

(16)

Kriter ağırlığı₁₄ = 0.18*0.27+0.17*0.34+0.18*0.21+0.18*0.19=0.17

Kriter ağırlığı₁₅ = 0.15*0.27+0.13*0.34+0.19*0.21+0.24*0.19=0.17

Tablo 5. Karar Vericilerin Kriter Sıralamaları

Kriterler/ Karar Vericiler	Karar Verici 1	Karar Verici 2	Karar Verici 3	Karar Verici 4
K1	1	2	2	1
K2	5	3	1	4
K3	2	1	5	5
K4	3	4	4	3
K5	4	5	3	2

Tablo 6. SWARA Önem Düzeyleri

KV1		KV2		KV3		KV4	
K1	-	K3	-	K2	-	K1	-
K3	0,2	K1	0,1	K1	0,05	K5	0,15
K4	0,4	K2	0,2	K5	0,2	K4	0,35
K5	0,2	K4	0,15	K4	0,1	K2	0,05
K2	0,1	K5	0,3	K3	0,15	K3	0,2

Tablo 7. Kriter Ağırlıklarının Hesaplanması

Karar Verici/ Kriterler	KV1				Karar Verici/ Kriterler	KV2			
	s _j	k _j	q _j	w _j		s _j	k _j	q _j	w _j
K1	-	1	1	0,3	K3	-	1	1	0,26
K3	0,2	1,2	0,83	0,25	K1	0,1	1,10	0,91	0,24
K4	0,4	1,4	0,6	0,18	K2	0,2	1,20	0,76	0,20
K5	0,2	1,2	0,5	0,15	K4	0,15	1,15	0,66	0,17
K2	0,1	1,1	0,45	0,13	K5	0,3	1,30	0,51	0,13

Karar Verici/ Kriterler	KV3				Karar Verici/ Kriterler	KV4			
	s _j	k _j	q _j	w _j		s _j	k _j	q _j	w _j
K2	-	1	1,	0,24	K1	-	1	1	0,27
K1	0,05	1,05	0,95	0,23	K5	0,15	1,15	0,87	0,24
K5	0,2	1,20	0,79	0,19	K4	0,35	1,35	0,64	0,18
K4	0,1	1,10	0,72	0,18	K2	0,05	1,05	0,61	0,17
K3	0,15	1,15	0,63	0,15	K3	0,2	1,20	0,51	0,14

Tablo 8. Kriter Ağırlıkları

Kriterler/ Karar Vericiler	KV1	KV2	KV3	KV4	Kriter Ağırlıkları
K1	0,30	0,24	0,23	0,27	0,26
K2	0,13	0,20	0,24	0,17	0,18
K3	0,25	0,26	0,15	0,14	0,21
K4	0,18	0,17	0,18	0,18	0,17
K5	0,15	0,13	0,19	0,24	0,17
Karar Verici Ağırlıkları	0,27	0,34	0,21	0,19	

Tedarikçi seçiminde kullanılacak kriterler, grup hiyerarşisi ve kriter ağırlıkları belirlendikten sonra GİA yöntemi ile tedarikçilerin sıralanması gerçekleştirilmiştir. Yöntemin ilk adımı için karar matrisi, tedarikçi havuzunda yer alan bilgiler kullanılarak Tablo 9' da belirtildiği şekilde oluşturulmuştur. Tablo 9' da tedarikçi seçim kriterlerinin tipleri belirtilmiştir. İkinci adımda referans serileri belirlenmiştir. Bu çalışmada kriter tipine göre amacın en büyükleme olduğu kriterlerde 1, en küçükleme olduğu kriterlerde de 0 olarak alınmıştır.

Üçüncü adımda Eşitlik (6) kriter tipinin en büyükleme, Eşitlik (7) kriter tipinin en küçükleme olduğu kriter için kullanılarak normalize edilmiş karar matrisi oluşturulur. Tablo 10'da oluşturulan normalize edilmiş karar matrisi verilmiştir. Dördüncü adımda, Tablo 11 'da sunulan mutlak değer tablosu, Eşitlik (9) yardımıyla kriterlerin katsayı değerlerinin kriter referans değerinden çıkarılması ile edilmiştir. Beşinci adımda, Eşitlik (10) kullanılarak Tablo 12 'de verilen gri ilişkisel katsayı matrisi oluşturulmuştur. δ , 0.5 olarak alınmıştır. Çalışmada her bir kriterin ağırlığı farklı olduğundan Eşitlik (12) kullanılarak her bir kriterin gri ilişki dereceleri hesaplanması Eşitlik (17)'de verilmiştir. Gri ilişki dereceleri sırasıyla 0.83, 0.33, 0.81, 0.59 olarak hesaplanmıştır. Tablo 13'de gri ilişki dereceleri ve sıralama sunulmuştur. Çalışmada en uygun olan tedarikçi, gri ilişkisel analiz ve hedef programlama yöntemleriyle belirlenecektir. Gri ilişkisel analiz yöntemi adımlarının sırasıyla uygulanması neticesinde Tablo 13'de sunulan gri ilişki derecesine ve tedarikçi sıralamasına ulaşılmıştır. 'Tedarikçi-1' yeşil tedarikçi sıralamasında ilk sırada, 'Tedarikçi-3' ikinci sırada, 'Tedarikçi-4' üçüncü sırada, 'Tedarikçi-2' dördüncü sırada yer almaktadır.

$$\Gamma_1 = 1*0.26+0.67*0.18+0.49*0.21+1*0.17+1*0.17=0.83$$

$$\Gamma_2 = 0.33*0.26+0.33*0.18+0.33*0.21+0.33*0.17+0.33*0.17=0.33$$

$$\Gamma_3 = 0.89*0.26+1*0.18+0.63*0.21+0.5*0.17+1*0.17=0.81 \quad (17)$$

$$\Gamma_4 = 0.59*0.26+0.46*0.18+1*0.21+0.5*0.17+0.33*0.17=0.59$$

Tablo 9. Karar Matrisi

Kriterler/ Alternatifler	Kalite	Teslimat	Fiyat	Teknik Yeterlilik	Yeşil Yeterlilik
Tedarikçi-1	79	29	51	4	4
Tedarikçi-2	62	20	43	2	3
Tedarikçi-3	78	32	55	3	4
Tedarikçi-4	73	25	60	3	3
Kriter Tipi	Maks	Min	Min	Maks	Maks

Tablo 10. Normalize Edilmiş Karar Matrisi

Kriterler/ Alternatifler	Kalite	Teslimat	Fiyat	Teknik Yeterlilik	Yeşil Yeterlilik
Tedarikçi-1	1	0,25	0,53	1	1
Tedarikçi-2	0	1	1	0	0
Tedarikçi-3	0,94	0	0,29	0,5	1
Tedarikçi-4	0,65	0,58	0	0,5	0
Referans Serisi	1	0	0	1	0

Tablo 11. Mutlak Değer Matrisi

Kriterler/ Alternatifler	Kalite	Teslimat	Fiyat	Teknik Yeterlilik	Yeşil Yeterlilik
Tedarikçi-1	0	0,25	0,53	0	0
Tedarikçi-2	1	1	1	1	1
Tedarikçi-3	0,06	0	0,29	0,50	0
Tedarikçi-4	0,35	0,58	0	0,50	1

Tablo 12. Gri İlişkisel Katsayı Matrisi

Kriterler/ Alternatifler	Kalite	Teslimat	Fiyat	Teknik Yeterlilik	Yeşil Yeterlilik
Tedarikçi-1	1	0,67	0,49	1	1
Tedarikçi-2	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Tedarikçi-3	0,89	1	0,63	0,50	1
Tedarikçi-4	0,59	0,46	1	0,50	0,33

Tablo 13. Gri İlişkisel Dereceler ve Sıralamalar

Kriter Ağırlıkları	0,26	0,18	0,21	0,17	0,17		
Kriterler/ Alternatifler	Kalite	Teslimat	Fiyat	Teknik Yeterlilik	Yeşil Yeterlilik	Gri İlişki Derecesi	Sıralama
Tedarikçi-1	1	0,67	0,49	1	1	0,83	1
Tedarikçi-2	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	4
Tedarikçi-3	0,89	1	0,63	0,50	1	0,81	2
Tedarikçi-4	0,59	0,46	1	0,50	0,33	0,59	3

En uygun yeşil tedarikçinin belirlenmesinde kullanılan ikinci yöntem de hedef programlamadır. Hedef programlama birden fazla farklı çelişen amacın olduğu problemlerde gerekli esnekliği sağladığından tercih edilmektedir. Hedef programlama yönteminin uygulanması için her bir yeşil tedarikçi seçim kriteri için hedef değer, karar grubu tarafından belirlenmiştir. Tedarikçilerin kalite puanlaması için 0-100 arasında bir puanlama sistemi oluşturulmuştur. İşletmenin kalite kriteri için belirlediği minimum hedef değer 75 puandır. Fiyat kriterine bakılırsa firmanın belirlemiş olduğu sipariş miktarı için tedarikçilerin vermiş oldukları fiyat tekliflerine göre fiyat kriteri için işletmenin hedef değeri en düşük fiyat veren tedarikçinin değeri olan 43 TL/adettir. Tedarikçilerin teslimat kriter değerleri de verilen sipariş miktarını teslim edebilecekleri gündür. Bu kriterin hedef değeri de en kısa süreyi veren ve aynı zamanda müşteri teslim zamanını aksatmayacak olan 20 gündür. Teknik yeterlilik ve yeşil yeterlilik kriterlerinde beşlik sistem kullanılarak en yeterli tedarikçi beş ile puanlanmıştır. Bu puanlarda işletmenin belirlenmiş olduğu değerlendirme neticesinde oluşturulmuştur. Bu iki kriterin hedef değeri beş puandır. Çalışmada Charnes ve Cooper (1977), Ho (2019) ve Durmaz vd. (2017) çalışmalarına dayanarak hedef programlama modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan modelde SWARA yöntemiyle grup hiyerarşisinin de dikkate alınarak hesaplanan kriter ağırlıkları kullanılmıştır. Bu veriler doğrultusunda oluşturulan hedef programlama modeli aşağıdaki şekildedir.

İndisler:

i : alternatif tedarikçi indisi, $i \in \{1,2,3,4\}$

j : tedarikçi değerlendirme kriteri indisi, $j \in \{1,2,3,4,5\}$

Parametreler:

W_j = j. kriterin ağırlık değeri

Karar Değişkenleri:

X_i : i. alternatifin seçilmesi

$$X_i = \begin{cases} 1, & \text{eğer } i \text{ tedarikçisi seçilirse} \\ 0, & \text{diğer durumda} \end{cases}$$

d_j^+ : j. maçın hedef değerinden pozitif sapma

d_j^- : j. maçın hedef değerinden negatif sapma

Matematikse Model:

$$\min W_1 d_1^- + W_2 d_2^+ + W_3 d_3^+ + W_4 d_4^- + W_5 d_5^- \quad (18)$$

Kısıtlar:

$$79X_1 + 62X_2 + 78X_3 + 73X_4 - d_1^+ + d_1^- = 75 \quad (19)$$

$$29X_1 + 20X_2 + 32X_3 + 25X_4 - d_2^+ + d_2^- = 20 \quad (20)$$

$$51X_1 + 43X_2 + 55X_3 + 60X_4 - d_3^+ + d_3^- = 43 \quad (21)$$

$$4X_1 + 2X_2 + 3X_3 + 3X_4 - d_4^+ + d_4^- = 5 \quad (22)$$

$$4X_1 + 3X_2 + 4X_3 + 3X_4 - d_5^+ + d_5^- = 5 \quad (23)$$

$$X_i \in \{0,1\} \quad (24)$$

$$d_1^+, d_1^-, d_2^+, d_2^-, d_3^+, d_3^-, d_4^+, d_4^-, d_5^+, d_5^- \geq 0 \quad (25)$$

Verilen matematiksel modelde eşitlik (18) hedef programlamanın amaç fonksiyonu değerini belirtmektedir. Eşitlik (19)-(23) aralığındaki kısıtlarda her bir kriter için belirlenen kısıtlardır. Eşitlik (24), tedarikçinin seçilip seçilmemesine göre değer alacağını ifade etmektedir. Eşitlik (25) 'de verilen sapma değişkenlerinin değerlerinin sifıra eşit ve büyük olması gerektiğini göstermektedir.

Çalışmada ele alınan probleme göre oluşturulan matematiksel model, Lingo programı kullanılarak çözülmüştür. Model karar vericilerin belirlediği kriter ağırlıklarına göre çözülmüş ve sonucunda 'Tedarikçi-1' en uygun yeşil tedarikçi olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuç GİA yönteminden elde edilen sonuç ile aynıdır. 'Tedarikçi-1' en uygun yeşil tedarikçi olarak belirlenmiştir.

Tedarikçi seçim kriter ağırlıklarının eşit olduğu varsayılarak hedef programlama modelimizi çözdüğümüzde 'Tedarikçi-2' en uygun yeşil tedarikçidir. Yeşil tedarikçi seçim kriter ağırlığının çözüm üzerine etkisi açıkça görülmektedir. Aynı şekilde eşit kriter ağırlığı kullanarak GİA yöntemiyle aynı problemi ele aldığımızda, tedarikçi sıralaması ilk elde edilen sıralama ile aynı kalmaktadır.

Sonuç

Bu çalışmada, bir işletmenin yeşil tedarikçi seçim problemine çok kriterli karar verme çözüm yaklaşımı önerilmiştir. Uygulamada geleneksel ve yeşil tedarikçi seçim kriterleri birlikte ele alınarak iki farklı çok kriterli karar verme yöntemi kullanılarak tedarikçi seçimi gerçekleştirilmiştir. Bu süreçte değerlendirmeleri yapacak karar grubu işletme yöneticisi tarafından oluşturulmuştur. Karar grubunda grup hiyerarşisi olduğu tespit edilmiştir. Grup hiyerarşisi SWARA yöntemiyle elde edilmiştir. Tedarikçi seçim kriterleri karar grubu tarafından oluşturulmuş ve grup hiyerarşisini kullanarak SWARA yöntemiyle tedarikçi seçim kriter ağırlığı belirlenmiştir. Gri ilişkisel analiz ve hedef programlama yöntemleriyle yeşil tedarik seçimi gerçekleştirilmiştir. GİA ve hedef programlama yöntemlerinden elde edilen en uygun yeşil tedarikçi bilgisi, her iki yöntem içinde 'Tedarikçi-1' dir. İncelenen yöntemlerin kriter ağırlığındaki değişimleri sonuca yansıtılmalarını incelemek üzere tedarikçi seçim kriter ağırlıkları eşit alındığında sonucun GİA yönteminde değişmediği, hedef programla yönteminde değiştiği görülmüştür.

Hedef programla, belirlediğimiz hedef değerlerimizden sapmayı en az indirmeyi amaçlarken, GİA yönteminde ise tüm kriterlerin bağımsız olarak değerlendirildiği görülmektedir. Hedef programlama, farklı amaçlar için en iyi çözümü bulurken aynı zamanda farklı öncelik ve hedeflere de çözüm sağlamaktadır. Yapılan karşılaştırmalardan matematiksel model tabanlı olan hedef programlama yönteminin değişimlere

karşı daha hassas olduğunu ve kriter hedef değerlerini de dikkate alarak seçim yaptığını görmekteyiz. Hedef programlamanın değişimlere daha duyarlı olduğundan ele alınan yeşil tedarikçi seçim problemi için uygun yöntem olduğu ortaya çıkmaktadır. Ele alınan problem için grup hiyerarşisinin ve tedarikçi seçim kriter ağırlığının SWARA yöntemiyle belirlendiği, hedef programlama yöntemiyle en uygun tedarikçinin ortaya konduğu yaklaşım önerilmiştir.

Yeşil tedarikçi seçiminde iki farklı yöntemin incelenmesi, kriter ağırlığı hesaplamada yeni çıkan SWARA yönteminin kullanılması, grup hiyerarşisinin olduğu ve bu hiyerarşinin kriter ağırlığı belirleme sürecine entegre edilmesi çalışmanın özgünlüğü ve literatüre katkısıdır. Bundan sonraki çalışmalarda, önerilen model farklı problemlere uygulanabilir ve farklı ÇKKV yöntemleri modele dahil edilebilir.

Kaynakça

- Adalı, E. A., ve Işık, A. T. (2017). Bir Tedarikçi Seçim Problemi İçin Swara Ve Waspas Yöntemlerine Dayanan Karar Verme Yaklaşımı. *International Review of Economics and Management*, 5(4), 56-77.
- Afful-Dadzie, A., Afful-Dadzie, E., & Turkson, C. (2016). A TOPSIS extension framework for re-conceptualizing sustainability measurement. *Kybernetes*.
- Agarwal, P., Sahai, M., Mishra, V., Bag, M., & Singh, V. (2011). A review of multi-criteria decision making techniques for supplier evaluation and selection. *International journal of industrial engineering computations*, 2(4), 801-810.
- Alimardani, M., Hashemkhani Zolfani, S., Aghdaie, M. H., ve Tamošaitienė, J. (2013). A novel hybrid SWARA and VIKOR methodology for supplier selection in an agile environment. *Technological and Economic Development of Economy*, 19(3), 533-548.
- Ahmadi, H. B., Petrucci, S. H. H., ve Wang, X. (2017). Integrating sustainability into supplier selection with analytical hierarchy process and improved grey relational analysis: a case of telecom industry. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 90(9-12), 2413-2427.
- Aissaoui, N., Haouari, M., & Hassini, E. (2007). Supplier selection and order lot sizing modeling: A review. *Computers & operations research*, 34(12), 3516-3540.
- Athawale, V. M., ve Chakraborty, S. (2011). Application of Grey Relational Analysis Method in Solving Supplier Selection Problems. *IUP Journal of Operations Management*, 10(1).
- Aydın, Y., ve Eren, T. (2018). Hava savunma sanayii alt yüklenici seçiminde bulanık mantık altında çok kriterli karar verme ve hedef programlama yöntemlerinin kullanılması. *Journal of Aviation*, 2(1), 10-30.
- Awasthi, A., & Kannan, G. (2016). Green supplier development program selection using NGT and VIKOR under fuzzy environment. *Computers & Industrial Engineering*, 91, 100-108.
- Bali, O., Kose, E., & Gumus, S. (2013). Green supplier selection based on IFS and GRA. *Grey Systems: Theory and Application*.
- Banaeian, N., Nielsen, I. E., Mobli, H., & Omid, M. (2014). Green supplier selection in edible oil production by a hybrid model using Delphi method and Green Data Envelopment Analysis (GDEA). *Management and Production Engineering Review*, 5(4), 3-8.
- Banaeian, N., Mobli, H., Fahimnia, B., Nielsen, I. E., ve Omid, M. (2018). Green supplier selection using fuzzy group decision making methods: A case study from the agri-food industry. *Computers & Operations Research*, 89, 337-347.
- 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.
- 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.
- Büyüközkan, G., & Çifçi, G. (2012). Evaluation of the green supply chain management practices: a fuzzy ANP approach. *Production Planning & Control*, 23(6), 405-418.

- Büyüközkan G., ve Göçer F. (2017). Application of A New Combined Intuitionistic Fuzzy MCDM Approach Based On Axiomatic Design Methodology For The Supplier Selection Problem, *Applied Soft Computing*, 52, 1222–1238.
- Büyüközkan, G., & Vardalođlu, Z. (2008). Yeşil tedarik zinciri yönetimi. *Lojistik Dergisi*, 8, 66-73.
- Chai, J., Liu, J. N., & Ngai, E. W. (2013). Application of decision-making techniques in supplier selection: A systematic review of literature. *Expert systems with applications*, 40(10), 3872-3885.
- Charnes, A., Cooper, W. W., ve Ferguson, R. O. (1955). Optimal estimation of executive compensation by linear programming. *Management science*, 1(2), 138-151.
- Charnes, A., ve Cooper, W. W. (1977). Goal programming and multiple objective optimizations: Part 1. *European journal of operational research*, 1(1), 39-54.
- Chen, C. C., Tseng, M. L., Lin, Y. H., & Lin, Z. S. (2010, December). Implementation of green supply chain management in uncertainty. In *2010 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management* (pp. 260-264). IEEE.
- Cheraghi, S. H., Dadashzadeh, M., & Subramanian, M. (2004). Critical success factors for supplier selection: an update. *Journal of Applied Business Research (JABR)*, 20(2).
- Chopra S., ve Meindl P. (2016). *Supply Chain Management* (6th ed.). Pearson.
- Choi, T. M. (2013). Optimal apparel supplier selection with forecast updates under carbon emission taxation scheme. *Computers & Operations Research*, 40(11), 2646-2655.
- Çakır, E. (2017). Kriter ağırlıklarının SWARA–Copeland yöntemi ile belirlenmesi: Bir üretim işletmesinde uygulama. *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 4(1), 42-56.
- Çelebi, D., & Bayraktar, D. (2008). An integrated neural network and data envelopment analysis for supplier evaluation under incomplete information. *Expert Systems with Applications*, 35(4), 1698-1710.
- Dağdeviren, M., ve Tamer, E. R. E. N. (2001). Tedarikçi firma seçiminde analitik hiyerarşi prosesi ve 0-1 hedef programlama yöntemlerinin kullanılması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 16(1).
- Dickson, G. W. (1966). An analysis of vendor selection systems and decisions. *Journal of purchasing*, 2(1), 5-17.
- dos Santos, B. M., Godoy, L. P., & Campos, L. M. (2019). Performance evaluation of green suppliers using entropy-TOPSIS-F. *Journal of cleaner production*, 207, 498-509.
- Durmaz, E.D., Akagündüz, E., ve Şahin, R. (2017). Tedarikçi seçim probleminde hedef programlama ve MOORA yöntemi: uygulama çalışması. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 19(3), 1021.
- Durmaz, K. İ., ve Gencer, C. T. (2019). Tedarikçi Seçiminde Entegre Lojistik Destek Yaklaşımı Ve İşletme Uygulaması: SWARA-SMAA-2. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8(2), 828-841.
- Ecer, F. (2020). Multi-criteria decision making for green supplier selection using interval type-2 fuzzy AHP: a case study of a home appliance manufacturer. *Operational Research*, 1-35.
- Jadidi, O., Cavalieri, S., ve Zolfaghari, S. (2015). An improved multi-choice goal programming approach for supplier selection problems. *Applied Mathematical Modelling*, 39(14), 4213-4222.
- Haeri, S. A. S., & Rezaei, J. (2019). A grey-based green supplier selection model for uncertain environments. *Journal of cleaner production*, 221, 768-784.
- 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.
- Ho, W., Xu, X., & Dey, P. K. (2010). Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review. *European Journal of operational research*, 202(1), 16-24.

- Ho, H. P. (2019). The supplier selection problem of a manufacturing company using the Weighted multi-choice goal programming and MINMAX multi-choice goal programming. *Applied Mathematical Modelling*.
- Hsu, C. W., & Hu, A. H. (2009). Applying hazardous substance management to supplier selection using analytic network process. *Journal of cleaner production*, 17(2), 255-264.
- Igoulalene, I., Benyoucef, L., ve Tiwari, M. K. (2015). Novel fuzzy hybrid multi-criteria group decision making approaches for the strategic supplier selection problem. *Expert Systems with Applications*, 42(7), 3342-3356.
- Jiang, P., Hu, Y. C., Yen, G. F., & Tsao, S. J. (2018). Green supplier selection for sustainable development of the automotive industry using grey decision-making. *Sustainable Development*, 26(6), 890-903.
- Gao, H., Ju, Y., Gonzalez, E. D. S., & Zhang, W. (2020). Green supplier selection in electronics manufacturing: An approach based on consensus decision making. *Journal of Cleaner Production*, 245, 118781.
- Govindan, K., Khodaverdi, R., & Jafarian, A. (2013). A fuzzy multi criteria approach for measuring sustainability performance of a supplier based on triple bottom line approach. *Journal of Cleaner production*, 47, 345-354.
- Govindan, K., Rajendran, S., Sarkis, J., & Murugesan, P. (2015). Multi criteria decision making approaches for green supplier evaluation and selection: a literature review. *Journal of Cleaner Production*, 98, 66-83.
- Govindan, K., 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.
- Kannan, D., de Sousa Jabbour, A. B. L., & Jabbour, C. J. C. (2014). Selecting green suppliers based on GSCM practices: Using fuzzy TOPSIS applied to a Brazilian electronics company. *European Journal of Operational Research*, 233(2), 432-447.
- Karaatlı, M., ve Davras, G. (2014). Tedarikçi seçiminde analitik hiyerarşi prosesi ve hedef programlama yöntemlerinin kombinasyonu: otel işletmelerinde bir uygulama. *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 12(24), 182-196.
- Karaöz, A. E., Akyüz, G. A., & Tekin, K. (2019). Tedarikçi Seçimi Uygulamaları: Bilgi Ve İletişim Teknolojileri Perspektifli Bir Literatür Taraması. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim Ve Teknoloji Dergisi*, 7(2), 362-378.
- Kerşulene, V., Zavadskas, E. K., ve Turskis, Z. (2010), "Selection of Rational Dispute Resolution Method by Applying New Step-Wise Weight Assessment Ratio Analysis (SWARA)", *Journal of Business Economics and Management*, 11(2), 243– 258.
- Keshavarz Ghorabae, M., Amiri, M., Zavadskas, E. K., & Antucheviciene, J. (2017). Supplier evaluation and selection in fuzzy environments: a review of MADM approaches. *Economic research-Ekonomiska istraživanja*, 30(1), 1073-1118.
- Ku, C. Y., Chang, C. T., ve Ho, H. P. (2010). Global supplier selection using fuzzy analytic hierarchy process and fuzzy goal programming. *Quality & Quantity*, 44(4), 623-640.
- Kumar, M., Vrat, P., ve Shankar, R. (2004). A fuzzy goal programming approach for vendor selection problem in a supply chain. *Computers & industrial engineering*, 46(1), 69-85.
- Kuo, R. J., Wang, Y. C., & 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, R. J., & Lin, Y. J. (2012). Supplier selection using analytic network process and data envelopment analysis. *International Journal of Production Research*, 50(11), 2852-2863.
- Kuo, R. J., Hsu, C. W., & Chen, Y. L. (2015). Integration of fuzzy ANP and fuzzy TOPSIS for evaluating carbon performance of suppliers. *International journal of environmental science and technology*, 12(12), 3863-3876.

- Large, R. O., & Thomsen, C. G. (2011). Drivers of green supply management performance: Evidence from Germany. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 17(3), 176-184.
- Lee, A. H., Kang, H. Y., ve Chang, C. T. (2009). Fuzzy multiple goal programming applied to TFT-LCD supplier selection by downstream manufacturers. *Expert Systems with Applications*, 36(3), 6318-6325.
- Liao, C. N., ve Kao, H. P. (2010). Supplier selection model using Taguchi loss function, analytical hierarchy process and multi-choice goal programming. *Computers & Industrial Engineering*, 58(4), 571-577.
- Pandey, P., Shah, B. J., ve Gajjar, H. (2017). A fuzzy goal programming approach for selecting sustainable suppliers. *Benchmarking: An International Journal*, 24(5), 1138-1165.
- Ma, W., Lei, W., & Sun, B. (2020). Three-way group decisions under hesitant fuzzy linguistic environment for green supplier selection. *Kybernetes*.
- Madenoglu, F. S. (2019). Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Ortamında Yeşil Tedarikçi Seçimi. *Business & Management Studies: An International Journal*, 7(4), 1850-1869.
- Mafakheri, F., Breton, M., & Ghoniem, A. (2011). Supplier selection-order allocation: A two-stage multiple criteria dynamic programming approach. *International Journal of Production Economics*, 132(1), 52-57.
- Mousakhani, S., Nazari-Shirkouhi, S., & Bozorgi-Amiri, A. (2017). A novel interval type-2 fuzzy evaluation model based group decision analysis for green supplier selection problems: A case study of battery industry. *Journal of Cleaner Production*, 168, 205-218.
- Mousavi, S. M., Foroozesh, N., Zavadskas, E. K., & Antucheviciene, J. (2020). A new soft computing approach for green supplier selection problem with interval type-2 trapezoidal fuzzy statistical group decision and avoidance of information loss. *Soft Computing*, 1-15.
- Nielsen, I. E., Banaeian, N., Golińska, P., Mobli, H., & Omid, M. (2014). Green supplier selection criteria: from a literature review to a flexible framework for determination of suitable criteria. In *Logistics operations, supply chain management and sustainability* (pp. 79-99). Springer, Cham.
- Özcan, E. C., ve Özyörük, B. (2017). Elektrikli Isıtıcı Elemanları Üretiminde Hedef Programlama Yaklaşımı ile Tedarikçi Seçimi. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 10(3), 273-280.
- Özdemir, A. İ., ve Deste, M. (2009). Gri ilişkisel analiz ile çok kriterli tedarikçi seçimi: Otomotiv sektöründe bir uygulama. *Istanbul University Journal of the School of Business Administration*, 38(2).
- Özder, E. H., Eren, T., ve Çetin, S. Ö. (2015). Supplier selection with TOPSIS and goal programming methods: A case study. *Journal of Trends in the Development of Machinery and Associated Technology*, 19(1), 109-112.
- Özder, E. H., ve Eren, T. (2016). Çok ölçütlü karar verme yöntemi ve hedef programlama teknikleri ile tedarikçi seçimi. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(3), 196-207.
- Rouyendegh, B. D., Yildizbasi, A., & Üstünyer, P. (2020). Intuitionistic fuzzy TOPSIS method for green supplier selection problem. *Soft Computing*, 24(3), 2215-2228.
- Sarı, T., Baynal, K., ve Ergül, Ö. (2016). Supplier selection with grey relational analysis. *International Journal of Emerging Research in Management & Technology*, 5, 61-70.
- Sen, D. K., Datta, S., Patel, S. K., & Mahapatra, S. S. (2017). Green supplier selection in fuzzy context: a decision-making scenario on application of fuzzy-MULTIMOORA. *International Journal of Services and Operations Management*, 28(1), 98-140.
- Sharma, S., ve Balan, S. (2013). An integrative supplier selection model using Taguchi loss function, TOPSIS and multi criteria goal programming. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 24(6), 1123-1130.
- Shen, L., Olfat, L., Govindan, K., Khodaverdi, R., & Diabat, A. (2013). A fuzzy multi criteria approach for evaluating green supplier's performance in green supply chain with linguistic preferences. *Resources, Conservation and Recycling*, 74, 170-179.
- Supçiller, A. A., ve Deligöz, K. (2018). Tedarikçi Seçimi Probleminin Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleriyle Uzlaşık Çözümü. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 355-368.

- Qin, J., Liu, X., & Pedrycz, W. (2017). An extended TODIM multi-criteria group decision making method for green supplier selection in interval type-2 fuzzy environment. *European Journal of Operational Research*, 258(2), 626-638.
- Tavana, M., Shabanpour, H., Yousefi, S., ve Saen, R. F. (2017). A hybrid goal programming and dynamic data envelopment analysis framework for sustainable supplier evaluation. *Neural Computing and Applications*, 28(12), 3683-3696.
- Toklu, M. C., Çağıl, G., Pazar, E., ve Faydalı, R. (2018). SWARA-WASPAS Metodolojisine Dayalı Tedarikçi Seçimi: Türkiye'de Demir-Çelik Endüstrisi Örneđi. *Akademik Platform Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 6(3), 113-120.
- Tsai, S. B., Wei, Y. M., Chen, K. Y., Xu, L., Du, P., & Lee, H. C. (2016). Evaluating green suppliers from a green environmental perspective. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 43(5), 941-959.
- Tseng, M. L., & Chiu, A. S. (2013). Evaluating firm's green supply chain management in linguistic preferences. *Journal of cleaner production*, 40, 22-31.
- Vanalle, R. M., Ganga, G. M. D., Godinho Filho, M., & Lucato, W. C. (2017). Green supply chain management: An investigation of pressures, practices, and performance within the Brazilian automotive supply chain. *Journal of cleaner production*, 151, 250-259.
- Yang, C. C., ve Chen, B. S. (2006). Supplier selection using combined analytical hierarchy process and grey relational analysis. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 17(7), 926-941.
- Yazdani, M., Chatterjee, P., Zavadskas, E. K., & Zolfani, S. H. (2017). Integrated QFD-MCDM framework for green supplier selection. *Journal of Cleaner Production*, 142, 3728-3740.
- Yavuz, O. (2013). ELECTRE I Karar Modeli ile Tedarikçi Seçim Süreci ve Perakende Sektöründe Bir Uygulama. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 5(4), 210-226.
- Yeh, W. C., & Chuang, M. C. (2011). Using multi-objective genetic algorithm for partner selection in green supply chain problems. *Expert Systems with applications*, 38(4), 4244-4253.
- Yıldız, A., & Yayla, A. Y. (2015). Multi-criteria decision-making methods for supplier selection: A literature review. *South African Journal of Industrial Engineering*, 26(2), 158-177.
- Yu, Q., & Hou, F. (2016). An approach for green supplier selection in the automobile manufacturing industry. *Kybernetes*.
- 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.
- Wang, X. (2015). A comprehensive decision making model for the evaluation of green operations initiatives. *Technological Forecasting and Social Change*, 95, 191-207.
- Wang, T. K., Zhang, Q., Chong, H. Y., ve Wang, X. (2017). Integrated supplier selection framework in a resilient construction supply chain: An approach via analytic hierarchy process (AHP) and grey relational analysis (GRA). *Sustainability*, 9(2), 289.
- Weber, C. A., Current, J. R., & Benton, W. C. (1991). Vendor selection criteria and methods. *European journal of operational research*, 50(1), 2-18.
- Wu, Y., Xu, C., Huang, Y., & Li, X. (2020). Green supplier selection of electric vehicle charging based on Choquet integral and type-2 fuzzy uncertainty. *Soft Computing*, 24(5), 3781-3795.
- Zhai, L. Y., Khoo, L. P., ve Zhong, Z. W. (2009). Design concept evaluation in product development using rough sets and grey relation analysis. *Expert Systems with Applications*, 36(3), 7072-7079.
- Zhang, J. L. ve Zhang, M. Y. (2011). Supplier selection and purchase problem with fixed cost and constrained order quantities under stochastic demand. *International Journal of Production Economics*, 129(1), 1-7.