

Belirsizlik Altında Çevre Bilinçli Tedarikçi Seçimi Probleminin İncelenmesi

Investigating Environmentally Conscious Supplier Selection Problem under Uncertainty

Vildan ÖZKIR⁽¹⁾

ÖZ: Sürdürülebilir tedarik zincirleri, toplumun güncel gereksinimlerini gelecek nesillerin kaynaklarını tehlikeye atmadan ulaşılabilir kılmayı hedeflemektedir. Kalkınmayı sürdürülebilir kılmmanın yolu, tedarik zincirinde akışı gerçekleşen tüm kaynaklara kapalı bir döngü içinde gerçekleşme yeteneği kazandırılmasını sağlamaktan geçmektedir. Burada öncelikli kaynaklar, kıt olan ve yaşamı sürdürülebilir kılan çevresel kaynaklardır. Çevre bilinçli sistemler kurmak suretiyle, tedarik zincirindeki müşteriler ve işletmeler bu kaynakların sürdürülebilirliği konusunda katkı sağlayabilmektedir. Bu çalışma, yeşil tedarik zincirinde tedarikçi seçimi gerçekleştiren bir firmanın değerlendirmesi gereken kriterler incelenmiş olup, otomotiv sektöründe üretim yapan bir firma için tedarikçi değerlendirme ve analizi gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, sürdürülebilir tedarik zincirinde tedarikçi seçimi yaparken çevreci kriterlerin etki düzeyinin otomotiv sektöründe oldukça yüksek olduğunu göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Bulanık Karar Verme, Çevreci Tedarikçi Seçimi, Sürdürülebilirlik, TOPSIS.

Abstract: The main concern of sustainable supply chains is to enable present generation to reach their needs and aspirations without compromising the ability of future generations to meet their needs. Closing the loop in a supply chain, including the resources in the forward and reverse flow, is a prerequisite for sustainable supply chains and sustainable development. Here, the primary resources are scarce resources, which have environmental and economic value. By constructing environmentally conscious systems, customers and firms in a supply chain can contribute to sustainable practice. This study investigates the evaluation criteria for environmentally conscious supplier selection problem. Supplier evaluation and analysis is carried out for a company engaged in production in the automotive industry. The results indicate that the environmental criteria have considerable effect on the final decision while evaluating the performance of green suppliers in the automotive sector.

Keywords: Fuzzy decision making, Environmentally conscious supplier selection, sustainability, TOPSIS.

JEL Classifications: C630

1. Giriş

Tedarik zinciri yönetimi; müşteri ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde malların doğru zamanda, doğru yerde, doğru miktarda bulunması ve toplam sistem maliyetinin düşürülmesi için tüm tedarik zinciri taraflarının -başta yan sanayi, üretim tesisi, depo, dağıtıcı ve satıcı olmak üzere - etkili entegrasyonu amaçlamaktadır. Son yıllarda rekabet

⁽¹⁾Yıldız Teknik Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 34349 İstanbul.
Geliş/Received: 19-04-2016, Kabul/Accepted: 18-12-2017

koşullarının güçleşmesi, küreselleşme, teknolojinin hızlı gelişimi, lojistik ağların karmaşıklığının artması ve ürün yaşam döngüsünün kısalması gibi gelişmeler işletmelerin tedarik zinciri stratejilerini yeniden gözden geçirmelerini gerektirmiştir (Beamon, 1999). Sürdürülebilir kalkınma kavramı ile öne çıkan insan ve çevre merkezli yaklaşımlar, tedarik zinciri tasarımını ve yönetimini büyük ölçüde etkilemiştir. Ekonomik kalkınmanın ancak sosyal ve çevresel kalkınma değerleri gözetilerek sürdürülebilir kılınabileceği düşüncesi tüm dünyada kabul görmüştür. Bu kapsamda, Avrupa Birliği (AB) başta olmak üzere, Amerika ve Japonya'da kanuni düzenlemeler ve yönetmelikler oluşturulmaktadır. Örneğin, AB, 2003 yılı itibarıyla, elektrikli ve elektronik ekipman üretiminde kullanılan tehlikeli maddelerin kullanımını kısıtlayan ROHS direktifi (2002/95/EC) ve bu ekipmanların/donanımların toplanmasını ve geri dönüştürülmesini öneren WEEE Direktifi (2002/96/EC) ile elektronik pazarı için sürdürülebilirliği teşvik etmektedir. Bu direktifler, ürünün yaşam çevrimi boyunca tasarımından kontrollü imhasına veya yeniden değerlendirilmesine yönelik olarak elektrikli ve elektronik ekipmanlardan doğan atıkları azaltmak; doğal kaynakların tüketimini azaltmak, oluşabilecek atık ve kirliliği azaltmak üzere önleyici çalışmalar yapmak ve üreticileri, satıcıları, distribütörleri ve geri dönüşüm tesislerini ürünlerinin çevresel etkileri ve bunların sonuçları konusunda bilinçlendirmeyi amaçlamaktadır.

Türkiye'nin Avrupa Birliği tam üyelik müzakerelerine 2005 yılı itibarıyla başlaması ile belirlenen 35 müktesebat başlığından biri de çevredir. Bu kapsamda, AB'nin çevre ile ilgili direktifleri hızla uyumlandırma çalışmaları yapılmaktadır. Devlet tarafından belirlenen sınırlamalar ve düzenlemelere uyum sağlamak için işletmeler büyük çaba sarf etmektedir. Ayrıca, rekabetçi pazar şartlarında, çevre duyarlılığını benimsemiş işletmeler müşterilerinin sadakatini kazanmaktadır.

Büyükoçkan ve Vardaloğlu (t.y.), temel nedeni ne olursa olsun, şirketlerin kendilerine ait bir çevresel strateji belirlemek ve yeşil tedarik zinciri uygulamalarına geçmek zorunda olduğunu belirtmiştir. Çevre bilincinin artmasıyla birlikte, müşteriler satın aldıkları ürün ve/veya servisi; düşük fiyat, yüksek kalite, kısa teslimat süresine ilaveten tüm bunları çevresel bir sorumluluk ile yapabilen tedarikçilerden sağlamayı tercih etmektedir. Noci (1997) şirketlerin etkili çevre yönetimi inşa etmeleri gerektiği ve müşteri ile tedarikçi arasındaki ilişkinin entegre olması gerektiği üzerinde durmuştur. Aslında karşılıklı işbirliği ilişkileri geliştikçe, şirketler tedarikçileri ile birlikte çevre bilinçli ürünlerin üretilmesinin olurlu olacağı düşüncesini savunmuş ve tüm gereklilikleri yaptıkları takdirde şirketlerin elde edecekleri kazanımları açıklamıştır. Avrupa Birliği düzenlemeleri kapsamındaki uygulamaları incelemek suretiyle, Nronom ve Osibanjo (2008) Genişletilmiş Üretici Sorumluluğu kapsamında gelişmekte olan ülkelerde ömrünü tamamlamış elektronik ürünlerin yönetiminde karşılaşılan problemleri incelemiştir. Waite, Cox ve Tudor (2015) İngiltere'de atık toplama konusunda AB uygulamaları ve hedeflerine ulaşma derecelerinin analizini yapmış, hedeflere ulaşmak için toplama hizmetinde yapısal değişiklikler yapılmasını önermiştir. Çevre bilinçli uygulamalardan biri de, Pacheco-Blanco ve Bastante-Ceca (2016) tarafından çalışılan ve yakın zamanda önem kazanan sürdürülebilir tüketim içinde yeşil tedarik konusudur. Pacheco-Blanco ve Bastante-Ceca (2016) çalışmalarında, yüksek öğretim kurumlarının sürdürülebilir tüketim pratik ve teorik anlamda nasıl katkıda bulunabileceği araştırmıştır.

Bu çalışmanın temel hedefi, çevre bilinçli tedarik zinciri yönetimi aşamasında zincirin önemli bir bileşeni olan tedarikçilerin değerlendirilmesi için temel kriterleri özetle-

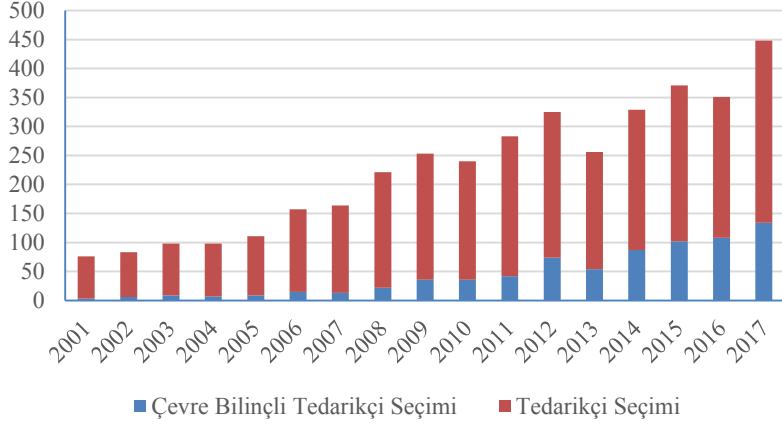
mek suretiyle, bir tedarikçi seçimi probleminde özellikle çevre bilincini ön plana çıkaran kriterlerin önemini ortaya koymak ve değerlendirme kararına nasıl katkıda bulunduğunu gerçek bir uygulama ile göstermektir. Çalışmanın ikinci bölümünde çevre bilinçli (yeşil) tedarikçi seçimi problemi incelenmekte ve ilgili literatür araştırması sunulmaktadır. Üçüncü bölümde, bu tip seçim problemlerinde alternatiflerin ekseriyetle sınırlı ve sayılabilir miktarda olması dolayısıyla, literatürde sıklıkla kullanılan çok kriterli karar verme yöntemlerinden TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) tekniğinin metodolojisi açıklanmaktadır. Dördüncü bölümde, otomotiv sektöründe üretim yapan bir firma için çevre bilinçli tedarikçi belirleme çalışması sunulmaktadır. Son olarak, çalışmanın sonuçları, değerlendirmeler ve yorumlar sunulmaktadır.

2. Çevre Bilinçli Tedarikçi Seçimi Problemi

İş dünyasındaki rekabet her geçen gün artmakta, müşteri öncelikleri değişmekte ve tedarik fonksiyonunun başarı göstergelerine yeni bileşenler eklenmektedir. Bu nedenle, tedarikçi seçimi problemi zorlaşmakta ve sistematik yaklaşımlara olan ihtiyaç artmaktadır. Bu noktada, birincil amaçlar olan ihtiyaç duyulan malzemenin doğru miktarda ve doğru zamanda planlanan yerde hazır bulunmasına ilaveten, genel kalite gereksinimleri, belirli teknik gereksinimler ve finansal dayanıklılıkları konusunda müşteri tatmini sağlayacak unsurları bulundurmaları gerekliliğidir.

Tedarikçi seçimi problemi, çok sayıda kriteri kapsayan ve genellikle alternatiflerin sayılabilir miktarda olduğu bir karar verme problemlerindedir. Literatürde klasik tedarikçi seçimi problemlerini inceleyen pek çok çalışma bulunmaktadır. Tedarikçi seçimi için literatürde kullanılan yöntemlerden bazıları şunlardır: Bayes Ağ Modeli (Hosseini ve Barker, 2016), PROMETHEE (Dulmin ve Mininno, 2003), Veri zarflama analizi (Braglia ve Petroni, 2000; Wu, 2009; Toloo ve Ertay, 2014; Karsak and Dursun, 2014; Dobos ve Vörösmarty, 2014), Analitik Hiyerarşi Prosesi (Akarte vd., 2001; Liu ve Hai, 2005; Chen vd., 2006; Veni vd., 2012), Analitik Ağ Prosesi (Lin vd., 2010; Gencer ve Gürpınar, 2007), Bulanık Kalite Fonksiyonu Açılımı (Dai ve Blackhurst, 2012), çok amaçlı programlama (Zhu, 2004). Detaylı ve geniş bir literatür araştırması için Wetzstein vd. (2016) tarafından 1995 ve 2015 yılları arasında yayınlanan 221 çalışmanın yer aldığı literatür araştırmasını incelenmelidir.

İşletmeler, çevre bilinçli tedarik zincirinden en yüksek yararı sağlamak için, buldukları zincirinin tüm üyelerini bu yeşil zincire entegre edebilmeli ve zinciri katılacak bileşenlerin çevre bilinçli iş yapma kabiliyetini değerlendirmelidir. Literatürde tedarikçi seçimi için yapılan çalışmaların sayısı ile kıyaslandığında, çevre bilinçli tedarikçi seçimi ve değerlendirmesi konusundaki çalışmaların sayısı görece olarak azdır. Literatürde karar bilimi kapsamında yayınlanan dergilerde, tedarikçi seçimi ve çevre bilinçli (yeşil) tedarikçi seçimi anahtar kelimeleri ile aramalar gerçekleştirilerek Şekil 1'de verilen yayın sayıları bu durumu açık bir şekilde göstermektedir.



Şekil 1. 2001-2017 yılları arasında literatürde yayınlanan yayınlar

Yeşil tedarikçi seçerken dikkat edilmesi gereken etkenler; firmanın ihtiyaçlarını uygun fiyat, kalite ve hizmet düzeyi ile sürekli bir şekilde karşılarken, bunları çevreye duyarlı bir şekilde, çevre bilinçli uygulamaları gerçekleştirebilecek özelliklere ve isteğe sahip olmasıdır. Seçim sırasında her firma için öncelikler farklı olabilir. Bu nedenle seçim sırasında ortak kriterler kullanılarak objektif bir şekilde tedarikçi performansları değerlendirilmelidir. Noci (1997) yeşil tedarikçi seçimi için; şirketlerin yerine getirebileceği uygulanabilir yeşil stratejiler bulmanın, tedarikçiler tarafından çevre koruma performansının değerlendirilmesi için operasyon ölçüm metodu tanımlamanın, tedarikçi seçimi için en etkili yöntemi belirlemenin ve tedarikçilerin şirketin çevre koruma stratejilerini takip edebileceklerinden emin olma gerekliliğinin önemini vurgulamıştır. Yazar, yeşil ürün tedarikçileri seçim kriterlerini ve çevre performans indekslerini 4 başlık altında toplamıştır. Bunlar; tedarikçilerin güncel çevre etkinliği, tedarikçilerin yeşil kapasiteleri, tedarikçilerin yeşil imajı ve son olarak ekonomik yönden performans süreci değerlendirilmesidir. Handfield vd. (2002), Fortune 500 şirketlerinin tedarik zinciri yöneticileri ile yaptıkları çalışmada, üzerinde fikir birliğine varılan bir kriterler listesi oluşturmuştur. Humphreys vd. (2003), geleneksel tedarikçi seçimi proseslerinin sadece kalite, esneklik vb. kriterlere dikkat ettiğini; ancak, çevre baskısının artması ile birçok işletmenin tedarikçilerinin çevre performanslarını değerlendirmeye başladıklarını belirtmiştir. Kannan vd. (2013) en iyi çevre bilinçli tedarikçilerin bir sıralamasını bulmak ve değerlendirmek için, çevresel ve ekonomik kriterleri göz önünde bulundurarak, bulanık çok ölçütlü fayda teorisi ile çok amaçlı programlamanın birleştiği bütünleşik bir yaklaşım sunmuştur. Sivakumar vd. (2015) AHP ve Taguchi kayıp fonksiyonu ile yeşil tedarikçi değerlendirmesi ve seçimi çalışması sunmuştur. Igarashi vd. (2015) tedarikçi seçimi probleminde çevre kriterlerinin eklenmesinin ve yeşil tedarikçi seçimi probleminin karmaşıklığının satın alma üzerindeki etkilerini incelemiştir. Banaeian vd. (2016) gıda tarımı endüstrisinde yeşil tedarikçi seçimi problemini incelemiş, belirsizlik altında karar verme metodlarından Bulanık TOPSIS, Bulanık VIKOR ve GRA yöntemlerini kullanarak gerçek bir uygulamada tedarik zinciri performanslarını değerlendirmek için kullanmıştır. Rezaei vd. (2016) klasik ve çevresel kriterler ile bütünleşik tedarikçi seçim yaşam döngüsü yaklaşımı sunmuştur. Rezaei vd. (2016) önerdikleri 3 aşamalı tedarikçi seçimi metodolojisini gıda zinciri için uygulamak suretiyle, metodoloji, karar ve yönetsel uygulamaların birbiri üzerindeki etkilerini tartışmıştır. Awashi ve Govindan (2016) yeşil tedarikçi

geliştirme programlarını değerlendirmek için bulanık nominal grup tekniği ve çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan VIKOR'u kullanmıştır. Dweiri vd. (2016) Pakistan'da otomotiv sektöründe yeşil tedarikçi seçimi problemini çözmek üzere, Analitik hiyerarşi prosesi yöntemini kullanmıştır. Literatürde, yeşil tedarikçi seçimi için kullanılan diğer yöntemler ise, DEMATEL (Hsu vd. 2013), bulanık kümeleme (Heidarzade vd. 2016), Bulanık c-means ve VIKOR (Akman, 2015), Sistem dinamiği (Orji ve Wei, 2015), DEA (Dobos ve Vörösmarty, 2014), Bulanık analitik ağ prosesi (Galankashi vd. 2015), Bulanık Aksiyomatik Tasarım (Kannan vd. 2015)'dir.

3. Bulanık Topsis Metodolojisi

Çok kriterli karar verme problemlerinde ilk adım alternatifler kümesinin ve alternatiflerin değerlendirileceği karar kriterleri kümesinin belirlenmesidir. Bu, kritik bir adım olmasına rağmen, formülasyonu standart bir modelleme prosedürü ile kolayca yapılamaz (Triantaphyllou, 2000). Çok kriterli karar verme problemleriyle ilgilenirken karşımıza çıkan diğer bir kritik adım ise, uygun verilerin tahmin edilmesidir. Sıklıkla, çok kriterli karar verme problemlerinde veriler net olarak elde edilememektedir. Bu durum, her bir karar kriterinin önemini ve alternatiflerin bu kriterlere göre performansını değerlendirmek için nitel değerlendirmeleri içeren uzman görüşünü ön plana çıkarmaktadır. Çok kriterli karar verme yöntemleri, bu nitel değerlendirmeleri elde edebilen ve işleyebilen prosedürler önermektedir.

Bulanık mantık, 1965 yılında Lotfi Zadeh tarafından önerilen belirsizliği açıklama kabiliyeti yüksek olan bir teoridir. Bulanık küme teorisi ile, her bir elemanı 0 ile 1 arasında değişen üyelik derecesine sahip süreklilik arz eden bir üyelik fonksiyonu ile tanımlanır. Teori, matematiksel optimizasyon, karar destek metotları gibi pek çok uygulamalı matematik alanında kullanılmaktadır. Üçgensel bir bulanık sayı, a^L , a^M ve a^U sayılarının oluşturduğu bir üçlü dizim $\tilde{a} = [a^L, a^M, a^U]$ şeklinde gösterilmekte ve Denklem (1)'de gösterilen üyelik fonksiyonu $\mu_{\tilde{a}}$ ile ifade edilmektedir.

$$\mu_{\tilde{a}} = \begin{cases} 0 & x < a^L \\ \frac{x - a^L}{a^M - a^L} & a^L \leq x \leq a^M \\ \frac{a^U - x}{a^U - a^M} & a^M \leq x \leq a^U \\ 0 & x > a^U \end{cases} \quad (1)$$

Yüksek belirsizlik içeren karar çevrelerinde, karar vericiler karar vermekten veya kesin yargılarla hareket etmekten çekinir. Bu nedenle, bu belirsizliği karar analizi çalışmalarının içine dahil etmek amacıyla, karar vericinin değerlendirmeler ya da muhtemel sonuçlar ile ilgili kesin yargı oluşturmak yerine, çeşitli risk ifadeleri ile değerlendirme yapmasına izin verilir. Karar vericilerden alınan dilsel değerlendirmelerin bulanık ölçeklere dönüştürülmesi için literatürde çeşitli yaklaşımlar bulunmaktadır. Bu çalışmada nitel verilerin sayısallaştırılması için, Tablo 1'de verilen Wang ve Elhag (2006) tarafından önerilen bulanık dilsel değerlendirme ölçeği kullanılmıştır.

Adım 1: Alternatifler kümesinin ve karar kriterleri kümesinin belirlenmesi

Adım 2: Karar Vericilerden bireysel değerlendirmelerinin alınması

Alternatiflerin performanslarını değerlendirmek üzere, Wang ve Elhag (2006) tarafından önerilen değerlendirme ölçeği aşağıda verilmektedir.

Tablo 1. Bulanık Dilsel Değerlendirme Ölçeği (Wang ve Elhag, 2006)

Puanlama için Dilsel Terimler	Bulanık Performans Değerleri
Çok Zayıf	(0,0,0,1)
Zayıf	(0,0,1,0,3)
Biraz Zayıf	(0,1,0,3,0,5)
Orta	(0,3,0,5,0,7)
Biraz İyi	(0,5,0,7,0,9)
İyi	(0,7,0,9,1)
Çok İyi	(0,9,1,1)

Karar vericilerden bireysel değerlendirmelerinin alınması adımında, Tablo 2’de Saaty (1980)’nin 2 kutuplu 9 puanlı ikili karşılaştırma ölçeği kullanılmaktadır.

Tablo 2. Bulanık Dilsel Değerlendirme Ölçeği

Açıklama	Önem derecesi	Bulanık Değerleri
Çok Fazla Önemli	$\bar{9}$	(7,9,9)
Çok Önemli	$\bar{7}$	(5,7,9)
Önemli	$\bar{5}$	(3,5,7)
Az Önemli	$\bar{3}$	(1,3,5)
Eşit Önemli	$\bar{1}$	(1,1,1)

m alternatifli ve n ana kriterli hiyerarşik bir karar problemine sahip olduğumuzu düşünelim. İkili karşılaştırma ölçeği kullanarak tüm kriterlerin önem dereceleri bulanık analitik hiyerarşi prosesi kullanılarak hesaplanır. Karar vericilerden alınan dilsel değerlendirmelere karşılık gelen bulanık değerler belirlenir.

Her bir ana kriter için, alt kriterlerinin ikili değerlendirildiği ve hedef için ana kriterlerin birbirleriyle değerlendirildiği ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur. Örneğin, ikili karşılaştırmalar matrisindeki her bir değerlendirme; bir i kriterinin bir j kriterinden ne kadar önemli olduğunu ifade eder. Bir karşılaştırma matrisinin tam tutarlı olabilmesi için, en büyük öz değerinin matris boyutuna eşit olması beklenir. Analitik hiyerarşi prosesi, ikili karşılaştırma matrisinin belirli bir miktar tutarsızlık içermesine izin verir. Bu nedenle tanımlanan rassal tutarlılık endeksine göre, tutarlılık oranı değerlendirilmektedir. Bu şekilde hesaplanan tutarlılık oranının %10’dan küçük olması durumunda, matrisin kabul edilebilir derecede tutarlı olduğu varsayılır. Detaylı bilgi ve açıklama için; Saaty ve Vargas (2012)’e başvurulmalıdır.

Adım 3: Kriter Ağırlıklarının hesaplanması

A matrisi ana kriterlerin kıyaslandığı ikili karşılaştırma matrisi olsun.

$$A = [\tilde{a}_{ij}]_{N \times N} = \begin{bmatrix} (a_{11}^L, a_{11}^M, a_{11}^U) & \dots & \dots & (a_{1n}^L, a_{1n}^M, a_{1n}^U) \\ (a_{21}^L, a_{21}^M, a_{21}^U) & \dots & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ (a_{n1}^L, a_{n1}^M, a_{n1}^U) & \dots & \dots & (a_{nn}^L, a_{nn}^M, a_{nn}^U) \end{bmatrix} \quad (2)$$

Öncelikle sütun normalizasyonu yapılarak, \tilde{r}_{ij} değerleri hesaplanır.

$$R = [\tilde{r}_{ij}]_{N \times N} = \left[\left(\frac{a_{ij}^L}{\sum_i a_{ij}^U}, \frac{a_{ij}^M}{\sum_i a_{ij}^M}, \frac{a_{ij}^U}{\sum_i a_{ij}^L} \right) \right] \quad (3)$$

Ardından satır ortalaması alınarak bulanık ağırlık vektörü elde edilir.

$$W = [\tilde{w}_i]_{1 \times N} = \left[\left(\frac{\sum_j \tilde{r}_{ij}^L}{N}, \frac{\sum_j \tilde{r}_{ij}^M}{N}, \frac{\sum_j \tilde{r}_{ij}^U}{N} \right) \right] \quad (4)$$

Tutarlılık analizi ardından, ağırlık değerleri hiyerarşik TOPSIS metodolojisi için hazır hale gelir.

Adım 4: Karar vericilerden alınan alternatif performans değerleri normalizasyonu k , bir j ana kriteri altında bulunan K adet alt kriteri ifade eden indis olsun.

$$P = [\tilde{p}_{ik}]_{m \times K} = \begin{bmatrix} (p_{11}^L, p_{11}^M, p_{11}^U) & \dots & \dots & (p_{1K}^L, p_{1K}^M, p_{1K}^U) \\ (p_{21}^L, p_{21}^M, p_{21}^U) & \dots & \dots & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ (p_{m1}^L, p_{m1}^M, p_{m1}^U) & \dots & \dots & (p_{mK}^L, p_{mK}^M, p_{mK}^U) \end{bmatrix} \quad (5)$$

$B = [\tilde{b}_{ik}]_{m \times K}$ normalize edilmiş bulanık performans değerlendirme matrisi olsun. Fayda kriteri için normalizasyon

$$\tilde{b}_{ik} = \left(\frac{p_{ij}^L}{\max_i p_{ij}^U}, \frac{p_{ij}^M}{\max_i p_{ij}^U}, \frac{p_{ij}^U}{\max_i p_{ij}^L} \right) \quad (6)$$

maliyet kriteri için normalizasyon

$$\tilde{b}_{ik} = \left(\frac{p_{ij}^L}{\min_i p_{ij}^L}, \frac{p_{ij}^M}{\min_i p_{ij}^L}, \frac{p_{ij}^U}{\min_i p_{ij}^L} \right) \quad (7)$$

şeklinde yapılır.

Adım 5: Ağırlıklandırılmış normalize bulanık karar matrisi elde edilmesi
Normalize bulanık karar matrisi ile ağırlıkların çarpılması sonucunda, ağırlıklandırılmış normalize bulanık karar matrisi elde edilir.

$$C = [\tilde{c}_{ik}]_{m \times K} = [\tilde{w}_i, \tilde{c}_{ik}]_{m \times K} \quad (8)$$

Adım 6: Bulanık ideal ve Bulanık negatif ideal çözümlerin belirlenmesi
 F fayda kriterlerinin oluşturduğu bir fayda kümesini ve M ise maliyet kriterlerinin oluşturduğu bir maliyet kümesini göstermek üzere, bulanık ideal çözüm A^* ve bulanık negatif ideal çözüm A^- şöyle hesaplanır:

$$A^* = \left\{ \left(\max_i \tilde{c}_{ik} \mid k \in F \right), \left(\min_i \tilde{c}_{ik} \mid k \in M \right), i = 1, 2, 3, \dots, m \right\} \quad (9)$$

$$A^- = \left\{ \left(\min_i \tilde{c}_{ik} \mid k \in F \right), \left(\max_i \tilde{c}_{ik} \mid k \in M \right), i = 1, 2, 3, \dots, m \right\} \quad (10)$$

Yukarıdaki iki alternatif de hayalidir. Bununla birlikte, fayda kriteri için karar vericinin alternatifler arasından maksimum değeri istediğinin kabul edilmesi mantıklı bir yaklaşımdır. Aynı şekilde, maliyet kriteri için karar vericinin alternatifler arasından minimum değeri istediği varsayılmaktadır.

Adım 7: Bulanık ideal ve Bulanık negatif ideal çözümlere uzaklıkların belirlenmesi
İki üçgensel bulanık sayı arasındaki mesafenin ölçümü için literatürde çeşitli yaklaşımlar bulunmaktadır. Bu çalışmada, Guo ve Zhao (2015) tarafından geliştirilen geometrik uzaklık metodu kullanılmıştır. Bu metoda göre, her i alternatifinin (d_i^* , d_i^-) pozitif ve negatif ideale olan uzaklığı aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$d_i^* = \left\{ \sum_{j=1}^n \left\{ \left[\frac{(c_{ik}^L - c_{ik}^{*L})^2 + 2(c_{ik}^M - c_{ik}^{*M})^2 + (c_{ik}^U - c_{ik}^{*U})^2}{4} \right]^{\frac{1}{2}} \right\}^2 \right\}^{1/2} \quad (11)$$

$$d_i^- = \left\{ \sum_{j=1}^n \left\{ \left[\frac{(c_{ik}^L - c_{ik}^{-L})^2 + 2(c_{ik}^M - c_{ik}^{-M})^2 + (c_{ik}^U - c_{ik}^{-U})^2}{4} \right]^{\frac{1}{2}} \right\}^2 \right\}^{1/2} \quad (12)$$

Adım8: Bağlı Yakınlığın Hesaplanması

CC_i , yakınlık göstergesi, A_i alternatifinin A^* ideal çözümüne bağlı yakınlığı ve A^- alternatifine bağlı uzaklığı temsil eder ve şöyle tanımlanır:

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^*} \quad (13)$$

CC_i , değeri en yüksek olan en iyi alternatifi temsil eder. Sıralama için, CC_i değerleri büyükten küçüğe doğru sıralandığında baskınlık sıralaması elde edilir.

4. Gerçek Olay Çalışması: Otomotiv Yan Sanayiinde Yeşil Tedarikçi Seçimi

Tedarikçi performansı ile ilgili müşteri memnuniyeti kriterleri tedarikçi performansı ile ilgili çeşitli kriterleri içermektedir. Bunlardan bazıları; ürün yelpazesi, ürün kalitesi, ürün desteği, müşteri servisinin etkinliği, fiyatlandırma, teslimat performansı vb. olarak sıralanabilir. Bu çalışmada tedarikçi performansının değerlendirilmesinde ana kriterler olarak; Kalite, Maliyet, Hizmet ve Yeşil imaj belirlenmiştir. Daha sonra daha detaylı bir analiz için her bir ana kriter alt kriterlere ayrılmıştır. Bu alt kriterler kalite için; kalite belgeleri (KB), ürün kalitesi (ÜK), Ar-Ge (AG), maliyet için; birim fiyat (BF), istikrar (FI), Hizmet için; esneklik (TE), hız (TH), güvenilir teslimat (GT), yeşil imaj için; geri dönüşüm (GD), elektrik tüketimi (ET), atık yönetimi (AY), elektrikli araç kullanımı (EA) ve yeşil paketleme (YP) olarak belirlenmiştir.

4.1. Alternatiflerin tanımlanması ve Ana Kriterlerin Tanımlanması

Otomotiv ana sanayiinin belirlediği teknik dokümanlara uygun orijinal modül üreten yan sanayii firmaları arasından seçim yapılacaktır. Bu seçim esnasında, ana firmanın önemli stratejilerinden biri de çevre bilinçli üretim yapmaktır. Bu aynı zamanda, firmanın pazarlama stratejilerinde de yer almaktadır.

Bu nedenle; satın alma departmanı, parça üretimi için uygun orijinal modül üreten yan sanayii firmaları arasından alternatifler oluşturmuştur. Bu çalışmada, belirlenen 6 firma A,B,C,D,E ve F firmaları olarak anılacaktır.

Çevre Bilinçli tedarikçi seçimi için 4 ana kriter ve bu ana kriterlerin altında 13 alt kriter belirlenmiştir. Bunlar;

Kalite: Ürünün müşteri ihtiyaçlarını karşılama yeteneğine sahip olması ve ürüne ait belirlenen teknik özellikleri sağlamasını ifade etmektedir. Bunun yanında, kalite ile firmanın süreçlerinin müşteri tarafından kabul edilebilir asgari kalite seviyelerine sahip olması beklenmektedir. Kalite alt kriterleri şöyledir:

Kalite belgeleri (KB), laboratuvar hizmetinin, muayenenin, ürün, sistem veya personelin belirli bir standart veya teknik düzenlemeye uygun olduğunun yazılı olarak üçüncü taraf (bağımsız) bir kurum veya kuruluş tarafından belirlenmesi sonucu firmalara verilen uygunluk belgeleridir. ISO 14001 çevre yönetim sistemi standartları belgesi yeşil tedarikçi seçimi için önemli kriterlerden biridir.

Ürünün kalitesi (ÜK), tüketici ihtiyaçlarını en ekonomik düzeyde karşılamayı amaçlayan mühendislik ve imalat özelliklerinin bileşenlerinden oluşmaktadır. Tedarik zinciri yönetiminde kalite üreticinin sorumluluğu olduğu kadar, üreticiye mamul üretiminde kullanılmak üzere parça, yarı mamul ve malzeme sağlayan tedarikçinin de sorumluluğudur. Tedarikçinin üretim yeteneği aynı zamanda bitmiş ürünün kalitesini de belirlemektedir.

Araştırma ve geliştirme (AG), insan, kültür ve toplumun bilgisinden oluşan bilgi dağarcığının artırılması ve bu dağarcığın yeni uygulamalar tasarlamak üzere kullanılması için sistematik bir temelde yürütülen yaratıcı çalışmalardır. Otomotiv sektöründe araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin sürdürülebilir olması ve bu faaliyetlerin firma içinde benimsenmiş olması çok önemlidir. Ar-Ge faaliyetlerinin müşteri açısından önemi; alınacak ürünün ileri teknoloji ile üretilmesinin ürün kalitesi üzerinde etkisi vardır.

Maliyet: Üretici firmalar karlılıklarını artırmak için ürünlerinde kullandıkları malzemeleri mümkün olduğunca minimum fiyatla elde etmek isterler. Bu nedenle firmalar ürünlerin üretimi ile ilgili maliyetlerini minimize edebilecekleri düşük maliyetli tedarik kaynağı bulmak zorundadırlar (Chan ve Kumar, 2007).

Birim fiyat (BF), satın alma kararının verilmesinde önemli bir belirleyicidir. Fiyatlama kriteri, tedarikçinin diğer tedarikçilere göre daha uygun fiyat vermesi ve alınan ürün miktarına göre diğer tedarikçilere oranla daha yüksek oranda fiyat indirimi uygulamasından oluşmaktadır.

Firmanın İstikrarı (Fİ), firmanın pazardaki konumu, finansal durumu, firmanın ilgili sektördeki referansları ve tüm bunların firma için uzun vadede sürdürülebilir olması müşteri açısından çok önemlidir. Çalışılan tedarikçinin sağlam bir mali yapısının olması, müşterinin firmaya olan güvenini artırır, müşteriyi o firmayla uzun vadeli çalışmalar yapmaya teşvik eder.

Hizmet: Geleneksel kriterlerin yanında, tedarikçinin sunduğu hizmet de tedarikçi performansının değerlendirilmesinde önemli bir kriter olmaktadır. Hizmet kriteri, esneklik, cevap verme hızı ve teslimatta güvenilir olması gibi kriterleri kapsamaktadır.

Tedarikçi Esnekliği (TE); tedarikçinin müşteri isteklerine kolay uyum sağlayabilmesi olarak tanımlanabilir. Bu kriter tedarikçinin müşterinin istediği kadar ürünü kolaylıkla verebilmesini, üreticinin acil mal taleplerini kolaylıkla karşılayabilmesini kapsamaktadır.

Tedarikçi Hızı (TH); müşterinin tedarikçi performansını değerlendirmede göz önünde bulundurduğu önemli kriterlerden biridir. Çünkü satın alınan malzemenin firmaya erken veya geç gelmesinin firmaya ek maliyetleri vardır. Siparişin

geç tedarik edilmesi, üretimin aksamasına yol açarken, erken gelmesi ise bir stok maliyeti oluşturmaktadır.

Güvenilir Teslimat (GT); tedarikçinin önceden belirlenen bir teslimat çizelgesine uyma kabiliyeti tedarikçi seçimi ve tedarikçi-üretici ilişkilerinin değerlendirilmesi ve sürdürülmesi için önemli bir kriterdir. Tedarikçi firma müşterinin talebine göre tam bir teslimat çizelgesini izleme kabiliyetine sahip olmalıdır (Chan ve Kumar, 2007).

Çevre Bilinci (Yeşil İmaj) (ÇB): Çevre bilinci ve çevreye duyarlı sistemler kurmak ve yönetmekle ilgilidir. Firmanın iş yapma süreci boyunca sürdürdüğü tüm faaliyetlerde sürdürülebilirliği ön planda tutması topluma ve doğaya karşı tutumu oldukça önemlidir. Çevre Bilinci kriterinin altında, geri dönüşüm kabiliyeti, verimli enerji tüketimi çalışmaları, atık yönetimi, petrol kullanımı ve türevlerine karşı tutumu, taşıma ve paketleme süreçlerindeki yeşil bakış açısı firmaların çevre bilinçli olmalarında önemli etkenlerdendir.

Geri Dönüşüm (GD), kullanılan ürünlerin, bileşenlerin veya malzemelerin üretim alanından toplanarak yeniden üretime veya kullanıma sunulmasını içerir. Tüketilen maddelerin yeniden geri dönüşüm halkası içine katılabilmesi, öncelikle hammadde ihtiyacını azaltır, doğal dengeyi korur ve enerji tasarrufu sağlar. Atık malzemelerin hammadde olarak geri dönüştürülmesi çevre kirliliğinin engellemesi açısından da önemlidir.

Enerji Tüketimi (ET), yeşil tedarik zinciri yönetiminde enerji ve hammadde kullanımı önemli bir başarı faktörüdür. Enerji ve hammadde tüketimini azaltacak süreçler, tedarik zincirinde yeşil faaliyetlerinin gerçekleştiğini göstermektedir (Büyükoçkan ve Vardaloğlu).

Atık Yönetimi (AT), süreçlerde oluşan atıkların niteliği ve bunların miktarlarının azalması ile ilgilidir. Tedarik zincirinin çevresel performansı, zincirin kapalı olması ile doğrudan ilişkilidir.

Yeşil Lojistik (YL): Otomobillerin havaya yaydığı zararlı gazların çevreye olumsuz etkileri çok fazladır. Benzin tüketimi düşük veya elektrikli araçların kullanımını lojistik operasyonlarının çevre bilinci ile yürütülmesine olanak sağlamaktadır. Bu nedenle, tedarikçi firmaların bu tür araçları kullanmaları yeşil imajları açısından çok önemli bir başarı anahtarıdır.

Yeşil Paketleme (YP); paketlemenin geri dönüşümlü olacak şekilde tasarlanmasını içermektedir. Firmanın ekonomik ve çevre performansını olumlu yönde etkilemektedir (Zhu vd, 2005). Yeşil paketleme sayesinde, malzeme kullanımında ve taşıma adedinde azalma beklenirken daha verimli depolama ve taşıma yapılır.

4.2. Verilerin Toplanması

Alternatiflerin performanslarını değerlendirmek üzere, Wang ve Elhag (2006) tarafından önerilen değerlendirme ölçeği (bkz. Tablo 1) karar vericilere sunulmuştur. Her bir alternatifin her bir alt kritere göre dilsel terimler ile puanlaması istenmiştir. Denklem 14 karar vericilerin yeşil paketleme kriteri için karşılık gelen alternatif puanlamalarını göstermektedir.

$$A_{YP} = [\bar{9} \quad \bar{1} \quad \bar{4} \quad \bar{5} \quad \bar{3} \quad \bar{8}]^T \quad (14)$$

Ardından, her bir kriter kümesi için Tablo 2’de verilen 2 kutuplu ikili karşılaştırma ölçeği ile ikili karşılaştırma formlarına değerlendirmelerini belirtmeleri istenmiştir.

Ana kriterler için karar vericiden alınan dilsel bulanık değerlendirmelere karşılık gelen bulanık ikili karşılaştırma matrisi şöyledir:

$$A_{Hedef} = \begin{bmatrix} \tilde{1} & \tilde{3} & \tilde{3} & \tilde{5}^{-1} \\ \tilde{3}^{-1} & \tilde{1} & \tilde{3} & \tilde{3}^{-1} \\ \tilde{3}^{-1} & \tilde{3}^{-1} & \tilde{1} & \tilde{1} \\ \tilde{5} & \tilde{3} & \tilde{1} & \tilde{1} \end{bmatrix} \quad (15)$$

4.3. Kriter ağırlıklarının hesaplanması

Karar vericilerden elde edilen veriler doğrultusunda hesaplanan bulanık ağırlık vektörleri şöyledir:

Tablo 3. Kriterler ve Önem Ağırlıkları

Kriterler	Alt Kriterler	Ağırlıkları
Kalite		(0.149,0.288,0.428)
	KB	(0.361,0.630,0.899)
	ÜK	(0.176,0.328,0.480)
	AG	(0.093,0.161,0.229)
Maliyet		(0.106,0.197,0.288)
	BF	(0.533,0.8,10666)
	Fİ	(0.183,0.275,0.366)
Hizmet		(0.130,0.160,0.191)
	TE	(0.361,0.630,0.899)
	TH	(0.176,0.328,0.480)
	GT	(0.093,0.161,0.229)
Çevre Bilinci		(0.293,0.450,0.608)
	GD	(0.157,0.300,0.442)
	ET	(0.101,0.197,0.294)
	AT	(0.102,0.142,0.181)
	YL	(0.240,0.391,0.542)
	YP	(0.045,0.080,0.115)

4.4. Ağırlıklandırılmış Normalize Bulanık Karar Matrisinin Oluşturulması

Adım 4 ve Adım 5'de verilen normalizasyon ve bulanık çarpım işlemlerinin sonucunda, bulanık ağırlıklandırılmış normalize bulanık karar matrisinin oluşturulur. Bu aşamadan sonra, her bir alt kriter için bulanık ideal çözüm ve bulanık negatif ideal çözüm belirlenir.

Tablo 4. Bulanık İdeal Alternatif ve Bulanık Negatif İdeal Alternatif

Alt Kriterler	Bulanık İdeal Alternatif	Bulanık Negatif-İdeal Alternatif
KB	(0.010,0.044,0.111)	(0.002,0.014,0.049)
ÜK	(0.004,0.021,0.065)	(0.002,0.012,0.041)
AG	(0.002,0.011,0.036)	(0.000,0.003,0.015)
BF	(0.010,0.032,0.073)	(0.001,0.007,0.024)

Fİ	(0.003,0.013,0.035)	(0.001,0.004,0.013)
TE	(0.008,0.025,0.057)	(0.004,0.012,0.032)
TH	(0.005,0.016,0.035)	(0.001,0.005,0.015)
GT	(0.000,0.002,0.005)	(0.002,0.006,0.014)
GD	(0.011,0.043,0.121)	(0.002,0.005,0.013)
ET	(0.006,0.022,0.054)	(0.001,0.005,0.018)
AT	(0.006,0.016,0.032)	(0.001,0.005,0.014)
YL	(0.014,0.049,0.129)	(0.004,0.018,0.057)
YP	(0.003,0.011,0.025)	(0.000,0.001,0.003)

4.5. Bulanık Uzaklıkların Belirlenmesi

İki üçgensel bulanık sayı arasındaki mesafenin ölçümü için, Bulanık TOPSIS metodu metodolojisinin 6. adımında Guo (2015) tarafından önerilen geometrik uzaklık formülleri kullanılmıştır. Buna göre hesaplanan ideal çözüme ve negatif ideal çözüme olan uzaklıklar şöyledir:

Tablo 5. Alternatiflerin Uzaklıkları ve Bağlı Yakınlık Değerleri

	d_i^-	d_i^*	CC_i
Firma A	0,0640	0,0819	0,56114
Firma B	0,0783	0,0596	0,43229
Firma C	0,0688	0,0807	0,53988
Firma D	0,0913	0,0533	0,36867
Firma E	0,0678	0,0565	0,45428
Firma F	0,0483	0,0805	0,62473

Bu sonuçlara göre en iyi alternatif F firması olarak belirlenmiştir. Bu kriterlere göre değerlendirmeler incelendiğinde, tedarikçiler $F > A > C > E > B > D$ olarak sıralanabilir.

5. Sonuçlar ve Yorumlar

Sürdürülebilir tedarik zincirleri, tedarik zinciri tasarımı ve yönetimi sürecinde yalnızca hizmet kalitesi ve maliyet unsurlarının ön plana almak yerine, bu kriterlere ilaveten çevresel ve insani faktörlerin göz önünde bulundurulduğu tedarik zinciri sistemleridir. Ekonomik kalkınmanın, ancak sosyal ve çevresel kalkınma değerleri gözetilerek sürdürülebilir kılınabileceği düşüncesi tüm dünyada kabul gördüğü gibi, tedarik zinciri yönetimi kapsamında da yapılan çalışmaların sayısı her geçen gün artmaktadır. Bu çalışma, ülkemizin sürdürülebilir kalkınmasına katkıda bulunabilecek sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi kapsamında, çevre bilinçli tedarikçi seçimi problemini ele almakta ve Türkiye’de otomotiv sanayiinde üretim yapan bir işletmenin tedarikçi seçimi sürecinde yapılan çalışmaları içermektedir. İşletme yöneticileri ve karar analistleri toplantılarında ortaya çıkan karar çevresindeki belirsizlik, mevcut alternatiflerin sayısı ve değerlendirme kriterlerinin sayısı göz önüne alındığında, bulanık çok ölçütlü karar verme metodlarının bu seçim ve değerlendirme sürecinde kullanılması uygun görülmüştür. Bu çalışmada, tedarikçi performansının değerlendirilmesinde ana kriterler olarak; Kalite, Maliyet, Hizmet ve Yeşil imaj ve alt kriterler olarak ise; kalite

belgeleri (KB), ürün kalitesi, Ar-Ge, birim fiyat, istikrar, esneklik, hız, güvenilir teslimat, geri dönüşüm, enerji tüketimi, atık yönetimi, elektrikli araç kullanımı ve yeşil paketleme kriterleri göz önünde bulundurulmuştur. Yapılan hesaplamalar sonucunda, en önemli temel kriterler kalite ve çevre bilinci kriterleridir. Bu kriterlere göre, en iyi performans gösteren alternatif ise F firması olmuştur.

Bu çalışmada önerilen bulanık TOPSIS metodolojisi temel bulanık TOPSIS metodolojisi ile uyumlu olup, uzaklıkların hesaplanması için bulanık sayılar arasındaki uzaklıkların hesaplanması için önerilen bulanık modifiye geometrik uzaklık metodu kullanılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde, karar modelinin tedarikçi değerlendirilmede kullanılacak hesaplama gücü ve elverişlilik anlamında bulanık TOPSIS metodolojisi uygun kararları göstermiştir.

Sürdürülebilir tedarik zincirlerinin en iyi şekilde yönetilmesi için ortaya çıkabilecek problemlerin öngörülmesi, sistemler işletmeye konulmadan önce tasarım sırasında bu problemlerin üstesinden gelebilecek çalışma çerçevelerinin ortaya konması günümüzde en önemli çalışma konularından biridir. Bu konulardaki çalışmaların sayısının azlığı, yerleşik karar verme süreçleri ve problem karmaşıklığı nedeniyle halen çözümlenememiş pek çok problem bulunmaktadır. Ülkemizin sosyal, ekonomik ve kültürel yapısı göz önüne alınarak gerçekleştirilecek teorik ve pratik literatürün zenginleştirilmesi, yeni metodolojiler geliştirilmesinde oldukça önemlidir. Sürdürülebilir kalkınmayı sağlamak için, sosyal, ekonomik ve kültürel açıdan farklılık gösteren çeşitli sektörlerde başarı faktörlerinin incelenmesi ve temel çalışma çerçevelerinin ortaya konması gerekmektedir. Tedarik zincirlerinde, akışı gerçekleşen tüm kaynaklara kapalı bir çevrim içinde gerçekleşme yeteneği kazandırılmasını ve tedarik zinciri paydaşlarının özellikle kıt olan ve yaşamı devamlı hale getiren çevresel kaynakların yönetimine azami önem göstermesi en temel konulardan biridir. Ülkemizin sürdürülebilir kalkınmasına katkıda bulunacak stratejilerin oluşturulmasında tedarik zincirlerinin tiplerinin, müşterilerinin, servis sağlayıcılarının ve ürünlerin spesifik özellikleri göz önünde bulundurularak yenilikçi kapalı tedarik zincirleri tasarlanmasına yeni bilimsel çalışmalar ile katkıda bulunmak yerinde olacaktır. Ayrıca, bu tedarik zincirlerine katılacak tedarikçilerin temel sorumluluklarını yerine getirmenin yanı sıra, bu çevre bilinçli sistemleri kuracak, hızlı bir şekilde sistemlerine adapte edecek değişiklik mekanizmalarını nasıl oluşturacağı konusunda yapılacak çalışmalar teşvik edilmelidir.

6. Kaynaklar

- Akman G., (2015), Evaluating suppliers to include green supplier development programs via fuzzy c-means and VIKOR methods, *Computers & Industrial Engineering*, 86, 69-82.
- Awasthi A. ve G. Kannan, (2016), Green supplier development program selection using NGT and VIKOR under fuzzy environment, *Computers & Industrial Engineering*, 91, 100-108.
- Banaeian, N., Mobli, H., Fahimnia, B., Nielsen, I.E. ve M. Omid, (Inpress), Green supplier selection using fuzzy group decision making methods: A case study from the agri-food industry, *Computers & Operations Research*, Available online 4 March 2016
- Beamon, B.M., (1999), Measuring supply chain performance, *International Journal of Operations & Production Management*, 19(3) , 275-292.
- Büyükoçkan, G. ve Z. Vardaloğlu, Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi, Erişim tarihi: 30 Mart 2016.<http://www.gulcinbuyukozkan.net/ytzy8.pdf>.

- Chan, F.T.S ve N. Kumar, (2007), Global supplier development considering risk factors using fuzzy extended AHP-based approach, *Omega*, 35(4), 417-431.
- Dai J. ve J. Blackhurst, (2012), A Four-Phase AHP-QFD Approach For Supplier Assessment: A Sustainability Perspective, *International Journal of Production Research*, 50, 5474–5490.
- Dobos, I. ve G. Vörösmarty, (2014), Green supplier selection and evaluation using DEA-type composite indicators, *International Journal of Production Economics*, 157, 273-278.
- Dulmin R. ve V. Mininno, (2003), Supplier selection using a multi-criteria decision aid method, *Journal of Purchasing and Supply Management*, 9(4), 177-187.
- Dweiri F., Kumar S., Khan S.A. ve V. Jain, (2016) Designing an integrated AHP based decision support system for supplier selection in automotive industry, *Expert Systems with Applications*, 62, 273-283.
- Galankashi M.R., Chegeni A., Soleimanyanadegany A., Memari, A., Anjomshoae A., Helmi S.A. ve A. Dargi, (2015), Prioritizing Green Supplier Selection Criteria Using Fuzzy Analytical Network Process, *Procedia CIRP*, 26, 689-694.
- Gencer, C. ve D. Gürpınar, (2007), Analytic network process in supplier selection: A case study in an electronic firm, *Applied Mathematical Modelling*, 31(11), 2475-2486.
- Govindan K., Rajendran S., Sarkis J. ve P. Murugesan, (2015), Multi criteria decision making approaches for green supplier evaluation and selection: a literature review, *Journal of Cleaner Production*, 98, 66-83.
- Guo, S. ve H. Zhao, (2015), Optimal site selection of electric vehicle charging station by using fuzzy TOPSIS based on sustainability perspective, *Applied Energy*, 158, 390-402.
- Handfield, R., Walton, S.V., Sroufe, R. And S.A. Melnyk, (2002), Applying environmental criteria to supplier assessment: A study in the application of the Analytical Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*, 141(1), 70-87.
- Heidarzade A., Mahdavi I. ve N. Mahdavi-Amiri, (2016), Supplier selection using a clustering method based on a new distance for interval type-2 fuzzy sets: A case study, *Applied Soft Computing*, 38, 213-231.
- Hsu C., Kuo T., Chen S. ve A. Hu, (2013), Using DEMATEL to develop a carbon management model of supplier selection in green supply chain management, *Journal of Cleaner Production*, 56, 164-172.
- Hosseini S. ve K. Barker, (2016), A Bayesian network model for resilience-based supplier selection, *International Journal of Production Economics*, 180, 68-87.
- Humphreys, P.K., Wong, Y.K. and F.T.S Chan, (2003), Integrating environmental criteria into the supplier selection process, *Journal of Materials Processing Technology*, 138(1–3), 349-356.
- Kannan D., Govindan K. ve S. Rajendran, (2015), Fuzzy Axiomatic Design approach based green supplier selection: a case study from Singapore, *Journal of Cleaner Production*, 96, 194-208.
- Kannan, D., Khodaverdi, D., Olfat, L., Jafarian, A. ve A. Diabat, (2013), Integrated fuzzy multi criteria decision making method and multi-objective programming approach for supplier selection and order allocation in a green supply chain, *Journal of Cleaner Production*, 47, 355-367.
- Karsak, E.E. ve M. Dursun, (2014), An integrated supplier selection methodology incorporating QFD and DEA with imprecise data, *Expert Systems with Applications*, 41, 16, 6995-7004.

- Lin, Y., Lin, C., Yu, H. ve G-H. Tzeng, (2010), A novel hybrid MCDM approach for outsourcing vendor selection: A case study for a semiconductor company in Taiwan, *Expert Systems with Applications*, 37(7), 4796-4804.
- Noci, G. (1997), Designing 'green' vendor rating systems for the assessment of a supplier's environmental performance, *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 3(2), 103-114.
- Nnorom, I.C. ve O. Osibanjo, (2008), Overview of electronic waste (e-waste) management practices and legislations, and their poor applications in the developing countries, *Resources, Conservation and Recycling*, 52(6), 843-858.
- Orji I.J. ve S. Wei, (2015), An innovative integration of fuzzy-logic and systems dynamics in sustainable supplier selection: A case on manufacturing industry, *Computers & Industrial Engineering*, 88, 1-12.
- Pacheco-Blanco B. ve Bastante-Ceca M.J., (2016), Green public procurement as an initiative for sustainable consumption. An exploratory study of Spanish public universities, *Journal of Cleaner Production*, 133, 648-656.
- Petroni, A. and Braglia, M. (2000) Vendor Selection Using Principal Component Analysis. *Journal of Supply Chain Management*, 36, 63-69.
- Rezaei J., Nispeling T., Sarkis J and L. Tavasszy (2016), A supplier selection life cycle approach integrating traditional and environmental criteria using the best worst method, *Journal of Cleaner Production*, 135, 577-588.
- Saaty T. L., *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw Hill International (1980).
- Saaty, T.L. ve G. L. Vargas, *Models, Methods, Concepts and Applications of the Analytical Hierarchy Process* (second ed.) Springer Publishers, New York.
- Sivakumar, R. Kannan, D. ve P. Murugesan, (2015), Green vendor evaluation and selection using AHP and Taguchi loss functions in production outsourcing in mining industry, *Resources Policy*, 46, 64-75.
- Toloo, M. ve T. Ertay, (2014), The most cost efficient automotive vendor with price uncertainty: A new DEA approach, *Measurement*, 52, 135-144.
- Triantaphyllou, E., (2000), *Multi-Criteria Decision Making Methods: A Comparative Study*, Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- Veni, K.K. Rajesh, R. ve S. Pugazhendhi, (2012), Development of Decision Making Model Using Integrated AHP and DEA for Vendor Selection, *Procedia Engineering*, 38, 3700-3708.
- Wang, Y-M. ve T.M.S. Elhag, (2006), Fuzzy TOPSIS method based on alpha level sets with an application to bridge risk assessment, *Expert Systems with Applications*, 31(2), 309-319.
- Waite S., Cox P. Ve T. Tudor, (2015), Strategies for local authorities to achieve the EU 2020 50% recycling, reuse and composting target: A case study of England, *Resources, Conservation and Recycling*, 105(A), 18-28.
- Wetzstein A., Hartmann, E. Benton jr, W.C. and N. Hohenstein, (2016), A systematic Assessment of supplier selection literature – state-of-the-art and future scope, *International Journal of Production Economics*, In Press.
- Wu, D., (2009), Supplier selection: A hybrid model using DEA, decision tree and neural network, *Expert Systems with Applications*, 36 (5), 9105-9112.
- Zhu, J. (2004), A buyer-seller game model for selection and negotiation of purchasing bids: extensions and new models, *European Journal of Operations Research*, 154, 150–156.
- Zhu, Q., Sarkis, J. ve K. Lai, (2008), Green supply chain management implications for “closing the loop”, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 44(1), 1-18.