

Tedarikçi Seçim Kararlarında Bulanık TOPSIS Yönteminin Kullanımı ve Bir Uygulama

Use of Fuzzy TOPSIS Method in Supplier Selection Decision and an Application

Yrd. Doç. Dr. Kemal Vatansever

Öz

Günümüzde rekabet firmalar arasında değil tedarik zincirleri arasındadır. Firmaların başarıları tedarikçilerle kurdukları uzun süreli ve karşılıklı güvene dayalı ilişkilerle doğru orantılıdır. Firmaların sert rekabet koşullarında ayakta kalabilmeleri en doğru ve en güvenilir tedarikçi ile çalışmalarına bağlıdır. Bu doğrultuda tedarikçi seçim kararı hayati bir önem taşımaktadır. Tedarikçi seçimi problemlerinin çözümünde çok kriterli karar verme tekniklerinden yararlanılabilmektedir. Bu teknikler, özellikle belirsizliğin iş yaşamı üzerindeki olumsuz etkilerini de göz önünde bulundurduğu için firmalara daha spesifik ve doğru çözümler sunmaktadır. Çalışmada tekstil sektöründe faaliyette bulunan büyük firmalara fason üretim yapan bir üretim işletmesinin tedarikçi seçim problemi bulanık TOPSIS (Fuzzy Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemiyle değerlendirilmiş ve yöneticilere karar desteği sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tedarikçi Seçimi, Çok Kriterli Karar Alma, Bulanık TOPSIS

Abstract

Nowadays, the rivalry is among supply chains but not among the companies. The achievements of the companies are directly proportional to the relationships which are established with the suppliers' long-term based and mutual trust. The survival of the companies at rough rivalry conditions depend upon to the study with the most accurate and most reliable supplier. In this respect, the decision of supplier selection decision exhibits of vital importance. In order to solve the problems of

supplier selection, a multi-criteria decision-making techniques are utilized. These techniques, especially taken into consideration the negative effects of uncertainty on work-life, present more specific and accurate solutions to the companies. In this study, the supplier selection problem of operating in the textile sector entity which is engaged in contract manufacturing has been evaluated via Fuzzy TOPSIS (Fuzzy Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) and provided decision support to the managers.

Keywords: Supplier Selection, Multi Criteria Decision Making, Fuzzy TOPSIS

Giriş

Günümüzde üreticiler şimdye kadar olduğundan çok daha fazla ürün özelliklendirmesi, kalite geliştirmede ve talebe cevap vermede artan bir şekilde müşteri gereksinimleri baskısıyla karşı karşıyadırlar. Diğer taraftan, üreticilerin karlılıklarını artırmak için maliyetlerini azaltmaya, kısalmış üretim zamanlarına ve daha düşük stok düzeylerine ihtiyaçları vardır (Chan ve Qi, 2003, s.209). Bu tür rekabetçi baskılar işletmeleri pazardaki konumlarını koruyabilmek adına bir takım önlemler almaya itmektedir. Rekabetin tedarik zincirleri arasında yaşandığı günümüz piyasalarında işletmelerin tedarikçilerine yükledikleri anlamlar da değişim göstermektedir. İşletmeler tedarikçileriyle uzun dönemli ve karşılıklı güvene dayalı yakın ilişkiler geliştirmektedirler.

İşletmeler global pazarlarda rekabet güçlerini sürdürmek istiyorlarsa hızlı bir şekilde değişen talebe cevap vermeli ve esnekliği geliştirmelidirler. Tedarik zinciri yönetimi, tedarik zinciri boyunca akan ürünlerin ve bilgilerin kontrol altında tutulmasıdır. Tedarik zinciri kararlarının optimizasyonunda amaç, sadece stok miktarlarını azaltmak değil, bunun yanında müşterinin tam olarak arzu ettiği nihai ürünlerde daha yüksek kar marjlarını yaratmaktır (Ding vd., 2005, s.210). İşletmeler ancak bu şekilde müşteri memnuniyeti sağlamak ve piyasalarda kalıcı hale gelebilmektedir.

Tedarik zincirini kurmada ya da onun etkinliğini arttırmadaki en önemli konu çeşitli sayılardaki tedarikçiler arasından uzun dönemli ilişkiler kurmaya uygun daha işbirlikçi olanlarını seçmektir (Chen, 2011, s.1651-1652).

Firmalarla tedarikçileri arasındaki ilişkiler günümüzde değişim göstermektedir. Stratejik ortaklıklar daha genel bir hale gelmekte ve alıcı ve satıcı firmalar ortak ilişkilerini daha da geliştirmektedirler. Tedarikçi seçim kararını etkileyen değerlendirme kriteri, alıcı-satıcı ilişkilerindeki geleneksel kazan-kaybet yaklaşımından kazan-kazan stratejik ortaklık modeline yönelmiştir (Wilson, 1994, s.35-36). Bu durumda işletmeler açısından tedarikçi seçimi hayati bir karar olarak ortaya çıkmaktadır. Günümüzde işletmelerde tedarikçi seçim kararını satın alma bölümü vermektedir.

Son yıllarda yöneticiler satın alma fonksiyonunun işletmenin genel stratejik başarısına ciddi ölçüde katkıda bulunduğunu fark etmişlerdir (Gustin vd., 1997, s.41). Satın alma bölümü doğru ürün ve hizmetlerin, doğru zamanda, doğru fiyattan, doğru miktarda, doğru kalitede ve doğru kaynaktan temin edilmesinden sorumludur (Zeydan, vd., 2011, s.2745).

Satın alma alanında meydana gelen gelişmeler üreticileri etkisi altına almıştır. Bu gelişmeler şu şekilde özetlenebilir:

- Rekabet avantajı sağlayan kaliteli ürünlerin üretim, dağıtım ve hizmetleri, tedarikçilere önemli bir rol yüklemiştir. Özellikle yüksek teknoloji endüstrilerde satın alınan malzeme ve hizmetler toplam üretim maliyetlerinin yaklaşık %80'ine ulaşmıştır.
- Eski tedarik faaliyetleri en düşük birim fiyatları elde tutmaya odaklanmıştır. Kalite sıkıntıları, değişken dağıtım performansı ve diğer problemler

dengelenerek stoklar, kalite kontrol personeli ve çoklu tedarikçilerle kısa dönemli çalışmalarla sınırlandırılmıştır.

- İşgücü ve genel üretim giderleri ve hammadde maliyetlerini azaltıcı çalışmalar sonucunda firmaların karlılığı ve nakit durumlarıyla ilgili finansal işlemler geliştirilmeye çalışılmaktadır (Burton, 1988, s.38).

Tedarikçi Seçimi

1990'lar boyunca birçok üretim işletmesi yönetim performanslarını ve rekabet güçlerini geliştirmek amacıyla tedarikçileriyle işbirliği içerisine girme konusunu araştırmışlardır. Alıcı ve tedarikçi ilişkilerine üretim işletmeleri dikkatlerini yöneltmişlerdir. Uzun dönemli ilişkiler kurulduğunda, firmanın tedarik zinciri rakipleri karşısında en güçlü giriş engelini yaratmış olmaktadır. Tedarikçi iyi yönetilen ve organize olan bir tedarik zincirinin üyesi olduğunda, bu ilişki nihai olarak tedarik zincirinin tamamındaki rekabetçi gücü etkileyecektir. Bu sebeple tedarikçi seçimi problemi etkin bir tedarik zinciri sistemi kurmadaki en önemli konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Tedarikçi seçimi sürecindeki temel amaçlar; satın alma riskini azaltmak, satın alma faaliyetini yürüten müşteri firmanın değerini arttırmak, ve alıcı ve tedarikçi arasında yakın ve uzun dönemli ilişkileri kurmaktır (Chen vd., 2006, s.289-290).

Tedarikçi seçimi alıcıların vermiş olduğu en temel ve en önemli kararlardır. Bunun yanı sıra bu kararlar, en zor ve kritik kararlardır. Bunun temel nedeni tedarikçi performans ve performansla ilişkili faktörler üzerindeki düşüncelerin içerdiği yüksek düzeydeki karmaşıklığıdır. Kapsamlı bir tedarikçi değerlendirme gerçekleştirilebilmek için çok sayıda kriter değerlendirilmelidir (Sarkis ve Talluri, 2002, s.19).

Üretim hattında meydana gelebilecek hammadde eksikliklerinden korunmanın yolu, gerekli malzemelerin bulunabileceği birden fazla tedarikçi ile çalışmaktır. Gelen malzemelerin kalite standartlarına uygunluğunun sağlanmasının yolu tedarikçilerin periyodik olarak değerlendirilip sıralanmasından geçmektedir. Tedarikçiler sadece fiyat odaklı değil aynı zamanda toplam maliyetleri açısından da farklı gereksinimleri karşılayabilecekler arasından seçilmelidir. Çünkü üretim satın alma ile başlar ve satın alma programı, alıcı ve tedarikçiler arasında sürekli bir işbirliğine dayalı ilişkiler var olmadıkça başarılı

olamayacaktır. Tedarikçi seçimi en önemli satın alma faaliyetidir. Etkin bir tedarikçi seçimi aynı zamanda işletmelere tam zamanında üretimi gerçekleştirmelerine yardımcı olur (Li vd., 1997, s.753).

Yüksek teknolojiye dayalı birçok üründe satın alınan malzeme ve hizmetlerin maliyetleri, toplam maliyetlerin yaklaşık %80'ine ulaşmaktadır. Bu yüzden doğru tedarikçilerle çalışmak tedarik süreci açısından çok önemlidir ve işletmelere maliyetlerini azaltma açısından fırsatlar sağlar. Tedarikçi seçiminde yapılan hatalar da beraberinde operasyonel ve finansal sorunlar getirir. Geleneksel tedarikçi seçimi yaklaşımı sadece fiyat temeline dayanmaktaydı. İşletmeler günümüzde tedarikçi seçimi için sadece fiyat kriterinin kullanımının yeterli olamayacağını fark etmişler ve dikkatlerini daha kapsamlı olan çok kriterli karar alma tekniklerine yöneltmişlerdir. Çok kriterli karar alma tekniklerinde, geleneksel kalite, dağıtım, maliyet ve hizmet kriterleri çevresel, sosyal, politik ve müşteri memnuniyetine dayalı kriterlerle bütünleştirilmiştir. İşletmeler doğru tedarikçilerle çalışarak maliyetlerini azaltmalarının yanı sıra ürün geliştirme zamanlarının azalması, ürün kalitesinin iyileştirilmesi ve tedarik sürelerinin kısalmasıyla birlikte rekabet avantajı da elde etmişlerdir (Zeydan vd., 2011, s.2741).

Satın alma bölümü maliyetlerin azaltılmasında kilit rol oynar ve satın alma yönetiminin en önemli fonksiyonu tedarikçi seçimidir. Temel olarak iki tür tedarikçi seçim problemi vardır:

- Tedarikçi seçimi herhangi bir kısıtlama olmaksızın yapılmalıdır. Diğer bir deyişle, bütün tedarikçiler alıcıların talep, kalite, dağıtım gibi isteklerini karşılayabilmelidir.
- Tedarikçi seçimi tedarikçinin kapasitesi, kalite gibi bazı sınırlamaları beraberinde getirebilir. Hiçbir tedarikçi, alıcı firmanın tüm ihtiyaçlarını tek başına karşılayamaz. Alıcılar kapasite eksikliklerini veya kalite düzeyindeki düşüklükleri başka tedarikçilerle de çalışarak karşılayabilirler (Ghodsypour ve O'Brien, 1998, s.199).

Özetle satın alma bölümünün vermesi gereken karar tek bir tedarikçi ile mi yoksa birden fazla tedarikçi ile mi çalışma kararı olmalıdır. Bu karar ürüne yönelik talep yapısı, rekabet koşulları gibi birçok faktör göz önüne alınarak satın alma bölümü tarafından cevaplanır.

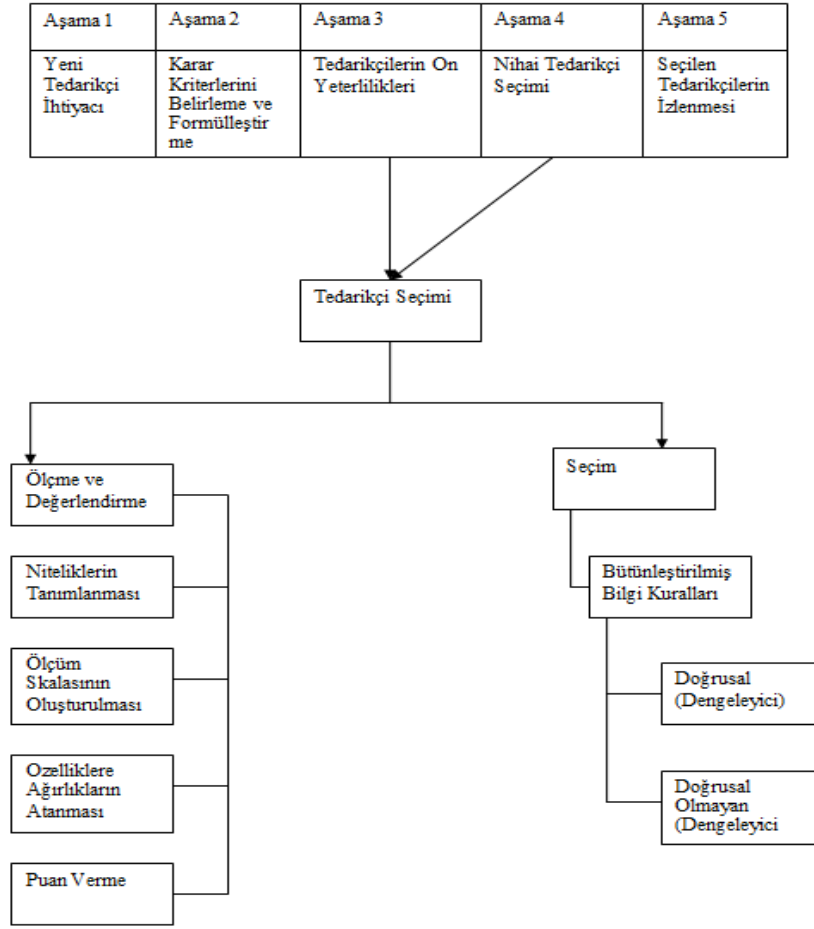
Tedarikçi seçim süreci farklı aşamaları kapsayan bir yapı gösterir. Bu aşamalar sırasıyla şu şekilde özetlenebilir:

- Tedarikçi seçimi ile ilgili olarak gerçekte tam olarak başarmak istediklerimizin ortaya konması
- Kriterlerin tanımlanması
- Uygun olan tedarikçilerin ön yeterliliklerinin ortaya konulması
- Nihai kararı verme (De Boer vd., 2001, s.77).

Tedarikçi seçimi probleminde öncelikle firmaların yeni bir tedarikçiye ihtiyaç duymaları gerekmektedir. Firma kendi ihtiyaçları doğrultusunda seçeceği tedarikçiye ilişkin karar kriterlerini belirlemeli ve adaylar hakkında yeterli bilgiye sahip olmalıdır. Sonraki süreçte ise adaylar arasından kendi ihtiyaçlarını maksimum düzeyde karşılayacak olan tedarikçi ya da tedarikçilerin seçimi gelmektedir.

Tedarikçi seçim kriterlerinin belirlenmesine ilişkin literatürdeki en kapsamlı çalışma Dickson'ın 1966 tarihli çalışmasıdır. Dickson yapmış olduğu çalışmada en önemliden önemsize doğru 23 tedarikçi seçim kriteri belirlemiştir. Bunlar sırasıyla; kalite, dağıtım, performans geçmişi, garantiler ve talep politikaları, üretim olanakları ve kapasite, fiyat, teknik yetenekler, finansal durum, prosedür uyumluluğu, iletişim sistemi tanınırlık ve endüstrideki durum, çalışma isteği, yönetim ve organizasyon, yürütme kontrolleri, düzeltici hizmetler, tavır, izlenim, ambalajlama yeteneği, çalışan ilişkileri kaydı, coğrafi bölge, geçmiş faaliyet hacmi, destekleyici malzemeler ve karşılıklı düzenlemelerdir (Weber vd., 1991, s.4). Bu kriterlerin dışında endirekt maliyetler (Narasimhan, 2006), karlılık (Chen vd., 2006), ürün sayısı (Ng, 2008; Hong vd., 2005), dönen ürün sayısı (Amid vd., 2009), esneklik (Lee, 2009; Liao ve Rittscher, 2007; Lee vd., 2009; Liu ve Hai, 2005), çevre yönetimi (Lee vd., 2009) gibi kriterlerin de tedarikçi seçiminde kullanıldığı görülmektedir. (Sydani vd., 2011)

Tedarikçi seçim süreci sadece karar kriterlerinin belirlenip, ihtiyaçlar doğrultusunda aday tedarikçiler arasından en iyi ya da iyilerinin seçimi ile bitmemektedir. Seçilen tedarikçi ya da tedarikçiler sürekli olarak izlenmekte ve ortaya çıkan yeni ihtiyaçlar doğrultusunda gerekli ayarlamalar ve değişiklikler yapılmaktadır.



Kaynak: Sönmez, M., 2006, "A Review and Critique of Supplier Selection Process and Practices", Loughborough University Business School, Occasional Paper Series, No.1, s.29

Şekil 1. Tedarikçi Seçim Süreci Aşamaları ve Tedarikçi Seçimindeki Görevler

Tedarikçi seçim sürecinde karar kriterlerinin belirlenip tedarikçilerin değerlendirilmesi aşamasında farklı ihtiyaçlara göre birbirinden farklı yöntem ve modeller kullanılabilir. Literatürde tedarikçi seçiminde sıklıkla kullanılan model ve tekniklerin başında; veri zarflama analizi (Baker ve Talluri, 1997; Braglia ve Petroni, 2000; Forker ve Mendez, 2001; Saen, 2007), doğrusal programlama (Talluri ve Narasimhan, 2003; Ng, 2008), analitik hiyerarşi prosesi (AHP) (Akarte vd., 2001; Muralidharan vd., 2002), bulanık küme teorisi (Sarker ve Mohapatra, 2006; Chen vd., 2006), bulanık AHP (Kahraman vd., 2003; Chan ve Kumar, 2007) ve bulanık TOPSIS (Baykaşoğlu vd., 2013; Wang vd., 2009; Liao ve Kao, 2011; Zo-

uggari ve Benyoucef, 2012) gelmektedir. Modellerle ilgili kapsamlı bir çalışma için Ho ve arkadaşlarının (2010) çalışmasına da bakılabilir.

Çok Kriterli Karar Alma

Karar alma problemi tüm uygun alternatifler içerisinde en iyi seçeneği bulma sürecidir. Bu tür problemlerde alternatifler arasında çeşitli kriterlere yönelik yargılamalarda bulunma yaygındır ve karar verici çok kriterli karar alma problemini çözmek ister. Çok kriterli karar alma problemi kısaca aşağıdaki matriste olduğu gibi ifade edilebilir:

$$\begin{array}{c}
 C_1 \quad C_2 \quad \cdots \quad C_n \\
 \\
 D = \begin{array}{c}
 A_1 \left[\begin{array}{cccc}
 x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\
 A_2 \left[\begin{array}{cccc}
 x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\
 \vdots & \vdots & & \vdots \\
 A_m \left[\begin{array}{cccc}
 x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn}
 \end{array} \right. \\
 \\
 W = \{w_1, w_2, \dots, w_n\}
 \end{array}
 \end{array}
 \end{array}
 \end{array}$$

Burada A_1, A_2, \dots, A_m karar vericilerin seçmek zorunda oldukları alternatifler arasından muhtemel olanları; C_1, C_2, \dots, C_n alternatif performans ölçülen kriterleri; x_{ij} alternatif A_i 'nin kriter C_j 'ye göre puanını ve W_j ' de kriter C_j 'nin ağırlığını ifade eder (Chen, 2000, s.1).

Çok kriterli karar alma problemlerinin çözümünde iki genel yaklaşım vardır. Bunlar; çok amaçlı karar alma (multi-objective decision making MODM) ve çok nitelikli karar alma (multi-attribute decision making MADM) yaklaşımlarıdır. Amaçlar bazen birbiriyle çelişir yani bir amaç için optimal çözüm diğeri için optimal olmayabilir. Karar vericiler amaçlar arasında en uygun çözüme ulaşmada ortak bir yol bulmaya çalışırlar. Bu durum ortaya sonsuz sayıda çözüm çıkarır ki buna da genellikle Pareto Optimum çözümleri denilir. Bu tür modellerde sürekli bir tanım bölgesindeki sonsuz ya da çok miktardaki karar seçeneğinin belirlenmesiyle oluşturulan karar değişkenleri yer alır. En iyi karar, problem kısıtları ve amaçları doğrultusunda karar vericilerin tercih bilgilerini tatmin ederek alınan karardır. Çok nitelikli karar alma yaklaşımı ise kararların sınırlı sayıda alternatif ve performans nitelikleri kümesi içerdiği durumlardaki seçim problemlerinde kullanılabilir. Karar değişkenleri nicel ya da nitel olabilir. Çok nitelikli karar alma modelleri, çok amaçlı karar alma modelleriyle karşılaştırıldığında; çok nitelikli karar alma modelleri önceden belirlenmiş alternatiflere dayalı süresiz (rasal) değişkenleri içerir ve daha da önemlisi girdi ve çıktı değişkenleri arasında kesin bir ilişki gerektirmez (Shanian ve Savadogo, 2006, s.1096). Gerek üretim ve gerekse hizmet sistemlerinde gerçek hayata ilişkin karar alma problemlerinde optimum kararın verilmesi, bu ortamların çok karmaşık ve tam olarak tanımlanması zor olduğu için basit performans kriterlerine dayalı olarak değerlendirilememektedir. Bu sebeple çok kriterli karar alma yöntemleri etkin bir ölçüm ve değerlendirme olanağı sağladığı için kullanılmaktadır (Zeydan ve Çolpan, 2009, s.4328).

Çok kriterli karar alma teknikleri farklı birimlerde, çeşitli kriterler açısından çeşitli seçeneklerin değerlendirilmesi noktasında değerlendiricilere avantajlar sağlamaktadırlar. Bütün kriterlerin tek bir birim doğrultusunda değiştirildiği geleneksel karar destek metodlarıyla kıyaslandığında bu önemli bir avantajdır. Bunun yanı sıra birçok çok kriterli karar alma tekniği nicel ve nitel değerlendirme kriterini bir arada kullanarak da avantaj sağlamaktadır (Bozburu vd., 2007, s.1102).

Birçok koşul altında, insan yargıları kesin sayısal değerlerle hesaplanamadığı ve sıklıkla belirsizlik içerdiği için kesin veriler gerçek yaşama ilişkin koşulları modellemede yetersiz kalacaktır. Sayısal değerler yerine dilsel değişkenlerin kullanımı daha gerçekçi bir yaklaşım olabilir. Problemde kriterlerin puanları ve ağırlıkları dilsel değişkenler tarafından değerlendirilebilir (Chen, 2000, s.2).

Dilsel değişken, doğal ya da yapay dilde kelimeler ya da cümlelerle ifade edilen değişkenlerdir. Dilsel değişkenler çok yüksek, çok iyi, iyi, yüksek, normal, çok düşük, çok kötü gibi etkileyici değerler ile ifade edilir (Cheng vd., 2005, s.562).

Düşük, orta, yüksek gibi dilsel deyimler bir nevi yargıların doğal gösterimidirler. Bu karakteristikler karar vericilerin tercih yapılarını oluşturmalarında bulanık küme teorisinin uygulanabilirliğini ifade eder. Bulanık küme teorisi, insanoğlunun subjektif yargıları aracılığıyla kavramlardaki belirsizliği ölçmeye yardımcı olur. Bunun ötesinde, grupla karar almada; değerlendirme, farklı değerlendiricilerin dilsel değişkenlere bakışı sonucunda gerçekleşir ve bu değerlendirme belirsiz, bulanık bir çevrede yürütülmelidir (Saghafian ve Hejazi, 2005, s.2).

1965'te Zadeh' in bulanık küme teorisi ve 1970' de Bellman ve Zadeh' in bulanık ortamlarda karar alma yöntemlerini açıklamalarıyla birlikte, belirsiz bulanık problemlerin çözümüne yönelik çalışmalarda bulanık küme teorisi uygulamalarının günden güne arttığı görülmektedir (Cheng vd., 2005, s.562).

Çok değerli mantık olarak da bilinen bulanık mantık, belirsiz insan yargılarını ve dinamik sistem modellerini tanımlama ve belirgin değerlere dönüştürmede kullanılır. Ev araçları, robotik, otomasyon, imaj işleme, uzay, savunma uygulamaları gibi birbirinden farklı birçok alanda 1970' te Zadeh tarafından ortaya atıldığından beri kullanılmaktadır.

İnsan yarguları ve davranışları çok karmaşık yapılar gösterdiği ve kesin sayısal değerlerle tahmin edilemediği için gerçek yaşamda hizmet ve üretim sistemlerinin tanımlanmasında kesin değerlerin (iki değerli mantığın) kullanımı makul ve uygun sonuçlar vermez (Zeydan ve Çolpan, 2009, s.4329).

Bulanık sistemlerin spesifik uygulamalarda daha iyi performans göstermesinin ardında yatan temel karakteristikler şunlardır:

- a) Özellikle sisteme ilişkin matematiksel modeller türetmenin zor olduğu durumlarda, bulanık sistemler belirsiz ve yaklaşık verilerle çalışıldığında uygundur.
- b) Bulanık mantık, eksik ya da belirsiz bilgi koşulları altında karar vericilere tahmini değerler sağlar (Kahraman vd., 2007, s.147).

Literatürde en çok kullanılan çok kriterli karar alma yöntemlerinin başında TOPSIS tekniği gelmektedir. Bu yöntemle karar alma çalışmalarında karşılaşılan en büyük sıkıntı da belirsizliğin karar kriterleri üzerindeki etkisidir. Bu olumsuzluk karşısında da bulanık küme teorisi kullanılmıştır. Çalışmanın bundan sonraki bölümünde Bulanık TOPSIS yaklaşımı anlatılacaktır.

Bulanık TOPSIS

TOPSIS çok kriterli karar alma problemleri için kullanılan ve ilk kez Hwang ve Yoon tarafından geliştirilen en çok bilinen klasik çok kriterli karar alma yöntemidir. TOPSIS yöntemi seçilen alternatifin pozitif ideal çözüme en kısa mesafe ve negatif ideal çözüme en uzak mesafe düşüncesi üzerine oturur (Chen, 2000, s.2). TOPSIS yöntemi sadece seçilen alternatifin pozitif ve negatif ideal çözüme uzaklıklarını ortaya koymaz, bunun yanında ideal ve ideal olmayan çözümleri de ortaya koymaktadır (Wang vd., 2009, s.377)

Çok kriterli grup karar alma problemlerinde TOPSIS çok farklı alanlarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. TOPSIS'in bu kadar yaygın kullanım sebeplerinden ilki, AHP ya da basit ağırlıklı toplam yöntemlerinden farklı olarak pozitif ideal çözüme en yakınlığı ve negatif ideal çözüme en uzaklığı en uygun sonuç olarak ortaya koyan mantıksal düşünceye dayanmasıdır. İkincisi, sezgisel, anlaşılması ve uyg-

lanması kolay bir yöntemdir. Üçüncüsü, TOPSIS diğer çok kriterli karar alma yöntemleriyle karşılaştırıldığında bir takım pozitif özelliklere sahiptir. Bunlar:

- Yöntemin performansı alternatiflerin sayısından kısmen etkilenir ve sıralama farklılıklarında alternatif ve kriterlerin sayısındaki artış karşısında güçlendirilmiştir.
- Optimal olmayan bir alternatif girildiğinde alternatiflerin sıralamaları değişir. TOPSIS sıralama değişimi konularında en iyi yöntemdir. Bu tutarlılık özelliği uygulamada takdir edilir (Botr tani ve Rizzi, 2006, s.300).

Yöntemin olumlu yönlerinin yanı sıra daha öncede belirtilen özellikle değişen çevresel koşullar ve belirsizlik karşısında karar kriterlerinde meydana gelen değişimlerin yol açtığı olumsuz durumları önlemede Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmaktadır.

TOPSIS yöntemi yerine bulanık TOPSIS kullanımıyla bir takım zayıflıklar ortadan kalkar. Bunlar:

- a) Her kritere başlangıç ağırlığı atama ihtiyacı
- b) Bulanık sayılar 1 ve 0 olduğunda direkt olarak bunların sırasıyla pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözüm olduğu varsayılır. Ağırlıklar ve derecelenmiş değerler aşırı ölçüde küçük olduğunda kriterler arasındaki mesafe ve bulanık pozitif ve negatif ideal çözümler yükselir.
- c) Sonuçlar bazen temel düşüncelere uymayabilir ki bu durumda en iyi çözüm pozitif ideal çözüme en yakın, negatif ideal çözüme en uzak seçenektir (Wang vd., 2009, s.380).

Diğer klasik çok kriterli karar alma yöntemleriyle kıyaslandığında, sistemin etkinliği bulanık TOPSIS yönteminde AHP' den %11, bulanık optimum yönteminden %14, TOPSIS' den %11 ve gri ilişki analizi zinden %10 daha fazladır (Wang vd., 2007, s.35).

Bulanık küme yaklaşımıyla çok kişili çok kriterli karar alma yöntemlerinden bulanık TOPSIS şu aşamaları içerir;

- Adım1: Karar alıcılardan oluşan bir grup oluşturulup değerlendirme kriterlerinin tespiti.

Adım2: Kriterlerin önem ağırlıklarına göre uygun dilsel değişkenleri ve kriter bakımından alternatiflerin alacağı dilsel puanları seçme.

$$\tilde{v}_j^* = (1,1,1) \quad (8)$$

Adım3: C_j kriterinin toplulaştırılmış W_j bulanık ağırlığını elde etmek için kriter ağırlıkları toplulaştırılır, karar vericilerin düşünceleri doğrultusunda C_j kriteri altında A_i alternatifi için x_{ij} toplulaştırılmış bulanık puanları elde edilir. Bu şu şekilde hesaplanır;

$$\tilde{v}_j^- = (0,0,0) \quad (9)$$

$$\tilde{X}_{ij} = \frac{1}{k} [\tilde{x}_{ij}^1 \oplus \tilde{x}_{ij}^2 \oplus \dots \oplus \tilde{x}_{ij}^k] \quad (1)$$

$$\tilde{W}_j = \frac{1}{k} [\tilde{w}_{ij}^1 \oplus \tilde{w}_{ij}^2 \oplus \dots \oplus \tilde{w}_{ij}^k] \quad (2)$$

Adım4: Bulanık karar matrisi ve normalize karar matrisi oluşturulur. Bulanık karar matrisindeki dilsel değişkenler üçgensel bulanık sayılar şeklinde $[\tilde{x}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}) \tilde{w}_{ij} = (w_{j1}, w_{j2}, w_{j3})^-]$ tanımlanır. Fayda (Benefit-B) ve maliyet (Cost-C) kriterleri açısından bulanık karar matrisinin normalizasyonu şu şekilde gerçekleştirilir:

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*} \right), j \in B \quad (3)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}} \right), j \in C \quad (4)$$

$$c_j^* = \max_i c_{ij} \text{ if } j \in B \quad (5)$$

$$a_j^- = \min_i a_{ij} \text{ if } j \in C \quad (6)$$

Adım 5: Ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi;

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} \otimes \tilde{w}_j \quad (7)$$

şeklinde oluşturulur.

Adım 6: Bulanık pozitif ideal çözüm ve bulanık negatif ideal çözüm kümeleri oluşturulur.

Adım 7: Her bir alternatifin bulanık pozitif ideal çözüm kümesine(FPIS) ve bulanık negatif ideal çözüm kümesine(FNIS) uzaklıkları hesaplanır.

$$d_i^* = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^*), \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad (10)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-), \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (11)$$

Burada $d(.,.)$ iki bulanık sayı arasındaki mesafenin ölçüsüdür ve bunun hesaplanmasında vertex metodu kullanılır.

$$d(\tilde{m}, \tilde{n}) = \sqrt{\frac{1}{3} [(m_1 - n_1)^2 + (m_2 - n_2)^2 + (m_3 - n_3)^2]} \quad (12)$$

Adım 8: Her bir alternatifin yakınlık katsayısı hesaplanır.

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^* \oplus d_i^-}, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (13)$$

Adım 9: Yakınlık katsayısına göre belirlenen tüm alternatiflerin sıralama puanları belirlenir (Chen, 2000, s.3-6).

Bulanık TOPSIS Yöntemi ile En İyi Tedarikçi Seçimi

Çalışmada tedarikçi performansının değerlendirilmesi ve tedarikçi seçimi kararının verilmesinde üst yönetime yardımcı olmak amacıyla Chen (2000) tarafından önerilen bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Tedarikçileri değerlendirilen İç Ege Giyim Sanayi A.Ş. Kütahya-Gediz Organize Sanayi Bölgesi'nde faaliyette bulunan ve büyük tekstil firmalarına fason üretim yapan bir imalat işletmesidir. Firmanın yıllık üretim ve tüketim kapasiteleri Tablo 1 ve 2'de olduğu gibidir.

Tablo 1. Firmanın Yıllık Üretim Kapasitesi

Cins-Özellik Ticari ve Teknik Adı	Miktar
T-Shirt	1.327.104
Patlı T-Short	82.944
Sweat Short	69.120
Pantolon (Bay, Bayan)	4.147
Şort	12.760
Etek	4.147
Gecelik Pijama Tk.	6.380
Eşofman Jogging Tk.	6.380
Atlet (Bay, Bayan)	27.648
İç Çamaşır (Bay, Bayan)	55.296
Kombinezon	4.147
Bayan Elbise	4.147

Tablo 2. Firmanın Yıllık Tüketim Kapasitesi

Cins-Özellik ve Teknik Adı	Birim	Miktar
Örme Kumaş	Kilogram	278.735
Dikiş İpliği(5000 m'lik Bobin)	Adet	96.255
Kordon	Metre	4.147
15'lik Karton Kutu	Adet	150.000
Koli Bandı	Adet	60.000
Etiket (Muhtelif)	Adet	3.500.000
Elbise Askısı	Adet	2.000.000

Çalışmada firmaya örme kumaş ve dikiş ipliği tedarikinde bulunan Turip, Lider ve Tuana firmaları değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Firmanın satın alma, üretim ve pazarlama faaliyetlerinden sorumlu üç yöneticisiyle yapılan ilk toplantıda, literatürde yer alan tedarikçi seçim kriterleri hakkında bilgi verilmiştir. İlk toplantı sonucunda firma yöneticileri, örme kumaş ve dikiş ipliği tedariki ile ilgili tedarikçi seçiminde önem verdikleri kriterleri maliyet, kalite,

zaman, esneklik ve firmalar arası ilişki düzeyi olarak belirtmişlerdir. İkinci toplantıda ise yöneticilere kriter ve alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan ölçekler hakkında bilgi verilip, hazırlanan anket formunun doldurulması istenmiştir.

Kriterlerin değerlendirilmesinde kullanılan dilsel değişkenler Tablo 3'de olduğu gibidir.

Tablo 3. Kriterlerin Değerlendirilmesinde Kullanılan Dilsel Değişkenler

Dilsel Değişken	Üçgensel Bulanık Sayılar
Çok Düşük	(0, 0, 0.1)
Düşük	(0, 0.1, 0.3)
Orta Düşük	(0.1, 0.3, 0.5)
Orta	(0.3, 0.5, 0.7)
Orta Yüksek	(0.5, 0.7, 0.9)
Yüksek	(0.7, 0.9, 1.0)
Çok Yüksek	(0.9, 1.0, 1.0)

Alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan dilsel değişkenler ise şu şekildedir:

Tablo 4. Alternatiflerin Değerlendirilmesinde Kullanılan Dilsel Değişkenler

Dilsel Değişken	Üçgensel Bulanık Sayılar
Çok Zayıf	(0, 0, 1)
Zayıf	(0, 1, 3)
Orta Zayıf	(1, 3, 5)
Orta	(3, 5, 7)
Orta İyi	(5, 7, 9)
İyi	(7, 9, 10)
Çok İyi	(9, 10, 10)

Firmanın satın alma, üretim ve pazarlama faaliyetlerinden sorumlu yöneticilerinin bir araya gelerek doldurdukları anket formları sonucunda Tablo 5'deki

bulanık karar matrisi ve Tablo 7'deki kriterlerin önem ağırlıkları belirlenmiştir.

Tablo 5. Bulanık Karar Matrisi

	Turip		Lider			Tuana				
Maliyet	0,0000	1,0000	3,0000	5,0000	7,0000	9,0000	9,0000	10,0000	10,0000	
Kalite	9,0000	10,0000	10,0000	5,0000	7,0000	9,0000	0,0000	1,0000	3,0000	
Zaman	9,0000	10,0000	10,0000	5,0000	7,0000	9,0000	0,0000	1,0000	3,0000	
Esneklik	0,0000	1,0000	3,0000	0,0000	1,0000	3,0000	0,0000	1,0000	3,0000	
İlişki Düzeyi	9,0000	10,0000	10,0000	9,0000	10,0000	10,0000	9,0000	10,0000	10,0000	

Tablo 6. Normalize Bulanık Karar Matrisi

	Turip			Lider			Tuana		
Maliyet	0,0000	0,1000	0,3000	0,5556	0,7000	0,9000	1,0000	1,0000	1,0000
Kalite	1,0000	1,0000	1,0000	0,5556	0,7000	0,9000	0,0000	0,1000	0,3000
Zaman	1,0000	1,0000	1,0000	0,5556	0,7000	0,9000	0,0000	0,1000	0,3000
Esneklik	0,0000	0,1000	0,3000	0,0000	0,1000	0,3000	0,0000	0,1000	0,3000
İlişki Düzeyi	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Eşitlik 7 ile normalize bulanık karar matrisinde yer alan değerlerin her biri ilgili kriter ağırlığı ile çarpılarak ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi elde edilir.

Ağırlıklı normalize bulanık karar matrisinin oluşturulmasından sonra bulanık pozitif ideal çözüm (FPIS) ve bulanık negatif ideal çözüm (FNIS) değerleri aşağıdaki gibi belirlenir;

Tablo 7. Kriterlerin Önem Ağırlıkları

Maliyet	0,9000	1,0000	1,0000
Kalite	0,3000	0,5000	0,7000
Zaman	0,0000	0,1000	0,3000
Esneklik	0,5000	0,7000	0,9000
İlişki Düzeyi	0,9000	1,0000	1,0000

Tablo 8. Ağırlıklı Normalize Bulanık Karar Matrisi

	Turip			Lider			Tuana		
Maliyet	0,0000	0,1000	0,3000	0,5000	0,7000	0,9000	0,9000	1,0000	1,0000
Kalite	0,3000	0,5000	0,7000	0,1667	0,3500	0,6300	0,0000	0,0500	0,2100
Zaman	0,0000	0,1000	0,3000	0,0000	0,0700	0,2700	0,0000	0,0100	0,0900
Esneklik	0,0000	0,0700	0,2700	0,0000	0,0700	0,2700	0,0000	0,0700	0,2700
İlişki Düzeyi	0,9000	1,0000	1,0000	0,9000	1,0000	1,0000	0,9000	1,0000	1,0000

$$A^* = [(1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1)]$$

$$A^- = [(0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0)]$$

Çalışmada üç alternatifin beş kritere göre FPIS ve FNIS'a uzaklıklarının belirlenmesinde eşitlik 12'deki vertex yönteminden yararlanılır.

$$d(A_1, A^*) = \sqrt{\frac{1}{3} [(1-0)^2 + (1-0,1)^2 + (1-0,3)^2]} = 0,8756$$

$$d(A_1, A^-) = \sqrt{\frac{1}{3} [(0-0)^2 + (0-0,1)^2 + (0-0,3)^2]} = 0,1826$$

Aynı işlem diğer alternatif ve kriterler için de yapıldıktan sonra alternatiflerin kriterlere göre FPIS ve FNIS'a uzaklıkları Tablo 9 ve 10'da olduğu gibi belirlenir

Tablo 9. Her Kriter için $A_i (i = 1,2,3)$ ve A^* Arasındaki Uzaklık

Kriterler	$d(A_1, A^*)$	$d(A_2, A^*)$	$d(A_3, A^*)$
Maliyet	0,8756	0,3416	0,0577
Kalite	0,5260	0,6465	0,9177
Zaman	0,8756	0,8940	0,9675
Esneklik	0,8940	0,8940	0,8940
İlişki Düzeyi	0,0577	0,0577	0,0577

Tablo 10. Her Kriter için $A_i (i = 1,2,3)$ ve A^- Arasındaki Uzaklık

Kriterler	$d(A_1, A^-)$	$d(A_2, A^-)$	$d(A_3, A^-)$
Maliyet	0,1826	0,7188	0,9678
Kalite	0,5260	0,4271	0,1246
Zaman	0,1826	0,1610	0,0523
Esneklik	0,1610	0,1610	0,1610
İlişki Düzeyi	0,9678	0,9678	0,9678

Alternatiflerin tüm kriterler için pozitif ve negatif ideal çözüme uzaklıklarının hesaplanmasının ardından alternatifler için d_i^* ve d_i^- değerleri elde edilir ve eşitlik 13 ile her alternatif için göreceli uzaklık değerleri hesaplanarak bulanık TOPSIS yöntemiyle tedarikçi performans sıralamaları elde edilmiş olur.

Tablo 11. Alternatiflerin Yakınlık Katsayıları ve Sıralama Tablosu

	Turip	Lider	Tuana
DI*	3,2289	2,8338	2,8947
DI-	2,0200	2,4358	2,2736
DI*+DI-	5,2489	5,2696	5,1683
CCI	0,3848	0,4622	0,4399

Alternatiflerin yakınlık katsayıları büyükten küçüğe sıralandığında Lider firmasının 0.4622, Tuana'nın 0.4399 ve Turip firmasının 0.3848 şeklinde olduğu görülmektedir. Firma en yüksek katsayıya sahip olan Lider firmasıyla çalışmalıdır.

Sonuç ve Öneriler

Rekabetin yoğun bir şekilde yaşandığı günümüz piyasalarında firmalar ayakta kalabilmek adına kalite, maliyet, hız ve esneklik rekabet boyutlarına odaklanmaktadır. Değişen müşteri beklentileri ve piyasalarda meydana gelen farklılaşmalar beraberinde belirsizliğin hakim olduğu iş ortamlarını doğurmaktadır. Bu doğrultuda sadece rekabet silahlarına odaklanmak yeterli olmamakta, aynı zamanda piyasalardaki belirsizliği de doğru bir şekilde öngörmek gerekmektedir. Özellikle belirsizlikle mücadelede firmalar diğer firmalarla işbirliği içerisinde girip ortak hareket etmek zorundadır.

Günümüzde firmalar yerlerini tedarik zincirlerine bırakmışlardır. Firmaların başarısı içerisinde yer aldığı tedarik zincirinin başarısına bağlıdır. Rekabet artık tedarik zincirleri arasındadır. Firmalarla tedarikçilerinin ilişkileri bu doğrultuda büyük öneme sahiptir. Tedarikçilerle kurulacak uzun vadeli ve karşılıklı güvene dayalı ilişkiler işletmelere uzun vadede rekabet avantajı sağlayacaktır. Tedarikçilerle ortaklaşa yürü-

tülecek planlama, tahmin, üretim ve pazarlama faaliyetleriyle müşteri beklentileri daha üst düzeylerde karşılanıp, belirsizlikle daha etkin mücadele edilebilecektir. İşletmeler artık birden çok tedarikçi ile çalışmak yerine, uzun vadeli ve karşılıklı güvene dayalı olarak çalışabileceği birkaç tedarikçi ile stratejik işbirliğine girmek istemektedir.

Tedarikçi seçimi firmalar için hayati öneme sahip bir konudur. En doğru tedarikçinin seçimi ve onunla çalışılması rekabet ve belirsizlikle mücadelede firmalara birçok avantaj sağlar. Bu doğrultuda firmalar, etkin bir tedarikçi seçim ve tedarikçi performansı değerlendirme sistemi kurmalıdırlar. Tedarikçi seçim ve değerlendirilmesine yönelik olarak kurulacak sistem birden çok faktörü göz önünde bulunduracak çok kriterli bir sistem olmalıdır. Maliyet gibi tek bir kriter odaklanmış seçim ve değerlendirme sistemlerinin uzun vadeli rekabet avantajı sağlama olanağı yoktur.

Çalışmada tekstil sektöründe faaliyette bulunan İç Ege Giyim Sanayi A.Ş.'nin potansiyel tedarikçileri, çok kriterli karar alma modellerinden biri olan bulanık TOPSIS yöntemiyle değerlendirilmiştir. Rekabet ve belirsizliğin en yoğun yaşandığı sektörlerin başında tekstil sektörü gelmektedir. Talep yapısı, müşteri beklentileri, moda, piyasa rekabet koşulları sürekli değişim halindedir. Bu koşullar altında da en doğru tedarikçi ile çalışmak sektörde bir zorunluluk haline gelmektedir. Firma yöneticileri ile yapılan görüşmeler sonucu maliyet, kalite, zaman, esneklik ve ilişki düzeyi kriterlerine göre firmaya örme kumaş ve dikiş ipliği tedarikinde bulunan üç firma bulanık TOPSIS yöntemiyle değerlendirilmiş ve firma sıralamaları elde edilmiştir. En yüksek yakınlık katsayısını Lider firması elde etmiştir. Bu firmayı Tuana ve Turip firmaları izlemiştir.

Çalışmanın temel amacı yöneticilere karar desteği sağlamaktır. Firmalar için hayati öneme sahip olan tedarikçi seçim ve değerlendirme süreci çok kriterli karar alma modellerinden bulanık TOPSIS ile değerlendirilip, yöneticilere farklı bir bakış açısı sunulmuştur. İleriki çalışmalarda tedarikçi seçim ve değerlendirilmesinde farklı metotlar bağımsız olarak kullanılabilir gibi birden çok metodun kombine edilmesi şeklinde de yöneticilere karar desteği sağlanabilir.

Kaynakça

- Akarte, M.M., Surendra, N.V., Ravi, B., Rangaraj, N. (2001). Web Based Casting Supplier Evaluation Using Analytical Hierarchy Process. *Journal of the Operational Research Society*, 52 (5), 511-522
- Amid, A., Ghodsypour, S., O'Brien, C. (2009). A Weighted Additive Fuzzy Multiobjective Model for the Supplier Selection Problem Under Price Breaks in a Supply Chain. *International Journal of Production Economics*, 121, 323-332
- Baker, R.C., Talluri, S. (1997). A Closer Look at the Use of DEA for Technology Selection. *Computers and Industrial Engineering*, 32 (1), 101-108
- Baykaşoğlu, A., Kaplanoğlu, V., Durmuşoğlu, Z.D.V., Şahin, C. (2013). Integrated Fuzzy DEMATEL and Fuzzy Hierarchical TOPSIS Methods for Truck Selection. *Expert Systems with Applications*, 40, 899-907
- Bottani, E., Rizzi, A. (2006). A Fuzzy TOPSIS Methodology to Support Outsourcing of Logistics Services. *Supply Chain Management: An International Journal*, 11/4, 294-308
- Bozbura, T. F., Beskese, A., Kahraman, C. (2007). Prioritization of Human Capital Measurement Indicators Using Fuzzy AHP. *Expert Systems with Applications*, 32, 1100-1112
- Braglia, M., Petroni, A. (2000). A Quality Assurance-Oriented Methodology for Handling Trade-Offs in Supplier Selection. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 30 (2), 96-111
- Burton, T. (1988). JIT/Repetitive Sourcing Strategies: Tying the Knot With Your Suppliers. *Production and Inventory Management Journal*, Fourth Quarter, 29(4), 38-41
- Chan, F.T.S., Qi, H.J. (2003). An Innovative Performance Measurement Method for Supply Chain Management. *Supply Chain Management: An International Journal*, 8, (¼), 209-223

- Chan, F.T.S., Kumar, N. (2007). Global Supplier Development Considering Risk Factors Using Fuzzy Extended AHP-Based Approach. *OMEGA – International Journal of Management Science*, 35 (4), 417–431
- Chen, C.T. (2000). Extensions of the TOPSIS for Group Decision Making Under Fuzzy Environment. *Fuzzy Sets and Systems*, 114, 1-9
- Chen, C.T., Lin, C.T., Huang, S.F. (2006). A Fuzzy Approach for Supplier Evaluation and Selection in Supply Chain Management. *International Journal of Production Economics*, 102, 289-301
- Chen, Y.J. (2011). Structured Methodology for Supplier Selection and Evaluation in a Supply Chain. *Information Sciences*, 181(9), 1651-1670
- Cheng, J.Z., Chen, P.T., Yu, H.C.D. (2005). Establishing a Man Access Strategy for Future Broadband Service: A Fuzzy MCDM Analysis of SONET/SDH and Gigabit Ethernet. *Technovation*, 25(5), 557-567
- De Boer, L., Labro, E., Morlacchi, P. (2001). A Review of Methods Supporting Supplier Selection. *European Journal of Purchasing and Supply Management*, 7(2), 75-89
- Ding, H., Benyoucef, L., Xie, X. (2005). A Simulation Optimization Methodology for Supplier Selection Problem. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 18(2-3), 210-224
- Forker, L.B., Mendez, D. (2001). An Analytical Method for Benchmarking Best Peer Suppliers. *International Journal of Operations and Production Management*, 21 (1–2), 195–209
- Ghodsypour, S.H., O'Brien, C. (1998). A Decision Support System for Supplier Selection Using an Integrated Analytic Hierarchy Process and Linear Programming. *International Journal of Production Economics*, 56/57, 199-212
- Gustin, G.M., Dougherty, P.J., Ellinger, A.E. (1997). Supplier Selection Decisions in Systems/Software Purchases. *International Journal of Purchasing and Materials Management*, 33(4), 41-46
- 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
- Hong, G.H., Park, S.C., Jang, D.S., Rho, H.M. (2005). An Effective Supplier Selection Method for Constructing a Competitive Supply Relationship. *Expert Systems with Applications*, 28, 629-639
- Kahraman, C., Cebeci, U., Ulukan, Z. (2003). Multi-Criteria Supplier Selection Using Fuzzy AHP. *Logistics Information Management*, 16 (6), 382–394
- Kahraman, C., Ateş, N.Y., Çevik, S., Gülbay, M., Er Erdoğan, S.A. (2007). Hierarchical Fuzzy TOPSIS Model for Selection Among Logistics Information Technologies. *Journal of Enterprise Information Management*, 20(2), 143-168
- Lee, A.H. (2009). A Fuzzy Supplier Selection Model with the Consideration of Benefits, Opportunities, Costs and Risks. *Expert Systems with Applications*, 36, 2879-2893
- Lee, A.H., Kang, H.Y., Hsu, C.F., Hung, H.C. (2009). A Green Supplier Selection Model for High-Tech Industry. *Expert Systems with Applications*, 36, 7917-7927
- Li, C.C., Fun, Y.P., Hung, J.S. (1997). A New Measure for Supplier Performance Evaluation. *IIE Transactions*, 29, 753-758
- Liao, Z., Rittscher, J. (2007). A Multi-Objective Supplier Selection Model Under Stochastic Demand Conditions. *International Journal of Production Economics*, 105, 150-159
- Liao, C.N., Kao, H.P. (2011). An Integrated Fuzzy TOPSIS and MCGP Approach to Supplier Selection in Supply Chain Management. *Expert Systems with Applications*, 38, 10803-10811
- Liu, F.H., Hai, H.L. (2005). The Voting Analytic Hierarchy Process Method for Selecting Supplier. *International Journal of Production Economics*, 97, 308-317

- Muralidharan, C., Anantharaman, N., Deshmukh, S.G. (2002). A Multi-Criteria Group Decision-Making Model for Supplier Rating. *Journal of Supply Chain Management*, 38 (4), 22–33
- Narasimhan, R., Talluri, S., Mahapatra S.K. (2006). Multiproduct, Multicriteria Model for Supplier Selection with Product Life-Cycle Considerations. *Decision Science*, 37(4), 577-603.
- Ng, W.L. (2008). An Efficient and Simple Model for Multiple Criteria Supplier Selection Problem. *European Journal of Operational Research*, 186(3), 1059-1067
- Saen, R.F. (2007). Suppliers Selection in the Presence of Both Cardinal and Ordinal Data. *European Journal of Operational Research*, 183 (2), 741–747
- Saghafian, S., Hejazi, R.(2005). Multi Criteria Group Decision Making Using A Modified Fuzzy TOPSIS Procedure. *CIMCA-IAWTIC'05, IEEE*, 2, 215-221
- Sarkar, A., Mohapatra, P.K.J. (2006). Evaluation of Supplier Capability and Performance: A Method for Supply Base Reduction. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 12 (3), 148–163
- Sarkis, J., Talluri, S. (2002). A Model for Strategic Supplier Selection. *Journal of Supply Chain Management*, 38(1), 18-28
- Shanian, A., Savadogo, O. (2006). TOPSIS Multiple Criteria Decision Support Analysis for Material Selection of Metallic Bipolar Plates for Polymer Electrolyte Fuel Cell. *Journal of PowerSources*, 159(2), 1095-1104
- Sönmez, M. (2006). A Review and Critique of Supplier Selection Process and Practices. *Loughborough University Business School, Occasional Paper Series*, 1, 1-34
- Sydani, A.Z., Karbasi, A., Yekta, E.A. (2011). Evaluating and Selecting Supplier in Textile Industry Using Hierarchical Fuzzy TOPSIS. *Indian Journal of Science and Technology*, 4(10), 1322-1334
- Talluri, S., Narasimhan, R. (2003). Vendor Evaluation with Performance Variability: A Max–Min Approach. *European Journal of Operational Research*, 146 (3), 543–552
- Wang, B.H., Huang, J.G., Qin, X.S., Yan, Z.H., Bai, J.(2007). Research on FTOPSIS Model of Threat Synthetic Evaluation in Multi Target Tracing System. *Proceedings of 2007 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 2-4 December, Singapore, 35-39
- Wang, J.W., Cheng, C.H., Cheng, H.K. (2009). Fuzzy Hierarchical TOPSIS for Supplier Selection. *Applied Soft Computing*, 9, 377-386
- Weber, C.A., Current, J.R., Benton, W.C. (1991). Vendor Selection Criteria and Methods. *European Journal of Operational Research*, 50, 2-18
- Wilson, E.J. (1994). The Relative Importance of Supplier Selection Criteria: A Review and Update. *International Journal of Purchasing and Materials Management*, 30(3), 35-41
- Zeydan, M., Çolpan, C.(2009). A New Decision Support System for Performance Measurement Using Combined Fuzzy TOPSIS/DEA Approach. *International Journal of Production Research*, 47(15), 4327-4349
- Zeydan, M., Çolpan, C., Çobanoğlu, C.(2011). A Combined Methodology for Supplier Selection and Performance Evaluation. *Expert Systems with Applications*, 38(3), 2741-2751
- Zouggari, A., Benyoucef, L. (2012). Simulation Based Fuzzy TOPSIS Approach for Group Multi-Criteria Supplier Selection Problem. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 25, 507-519