



**Research Article / Araştırma Makalesi**  
**SUPPLIER SELECTION WITH TOPSIS METHOD IN FUZZY ENVIRONMENT: AN APPLICATION IN BANKING SECTOR**

**Berk AYVAZ\*<sup>1</sup>, Eda BOLTÜRK<sup>2</sup>, Sibkat KAÇTIOĞLU<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mühendislik ve Tasarım Fak., Endüstri Müh. Bölümü, Küçükyalı-İSTANBUL*

<sup>2</sup>*İstanbul Teknik Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Maçka-İSTANBUL*

**Received/Geliş: 05.02.2015 Revised/Düzelme: 11.06.2015 Accepted/Kabul: 15.07.2015**

**ABSTRACT**

Evaluation and selection of the appropriate supplier is complicated and time consuming decision making process for companies. Selection of inappropriate supplier leads to higher cost and it influences negatively business process of companies in competitive environment. In this paper, fuzzy-TOPSIS method, considering combination of quantitative and qualitative evaluation criteria, is presented to select appropriate supplier under uncertain environment. The proposed model is applied to the electronic signature purchasing process of a firm that operates in banking sector in Turkey. Quality, purchasing costs, additional costs (maintenance, training, and update costs etc.), security level, compatibility with existing IT infrastructure, after-sales support, and technical competence are selected for supplier selection process in accordance with a detailed literature review and experts' opinions.

**Keywords:** Supply chain management, fuzzy TOPSIS, supplier selection.

**BULANIK ORTAMDA TOPSİS YÖNTEMİ İLE TEDARİKÇİ SEÇİMİ: BANKACILIK SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA**

**ÖZ**

Uygun tedarikçinin seçimi işletmeler için karmaşık ve zaman alıcı bir karar verme sürecidir. Uygun olmayan tedarikçinin seçimi rekabet ortamı içinde firmalara daha yüksek maliyetlere sebep olur ve firmanın iş süreçlerini negatif olarak etkiler. Bu çalışmada uygun tedarikçinin seçim için, nitel ve nicel değerlendirme kriterlerini bir arada dikkate alan bulanık TOPSİS yöntemi sunulmuştur. Önerilen model Türkiye'de katılım bankacılığı sektöründe hizmet vermekte olan bir firmanın elektronik imza tedarikçilerini değerlendirme sürecine uygulanmıştır. Kapsamlı bir yazın taraması ve uzman görüşleri doğrultusunda tedarikçi değerlendirme süreci için kalite, satın alma maliyeti, bakım, eğitim, güncelleme maliyetleri içeren ilave maliyetler, güvenlik düzeyi, firmanın mevcut bilişim alt yapısına uyumluluk, satış sonrası destek ve teknik yeterlilik olarak belirlenmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Tedarik zinciri yönetimi, bulanık TOPSİS, tedarikçi seçimi.

\* Corresponding Author/Sorumlu Yazar: e-mail/e-ileti: bayvaz@ticaret.edu.tr, tel: (216) 444 04 13 / 3204

## 1. GİRİŞ

Son yıllarda küreselleşme etkisi ile artan rekabet ortamında firmaların ayakta kalabilmelerinin ön şartlarından birisi etkin bir tedarik zinciri kurmak olmuştur. Etkin bir tedarik zinciri kurmanın ise olmazsa olmaz şartı tedarik zincirindeki iş ortağı olan partner firmaların iyi bir şekilde seçilmesidir. Beraber iş yapılacak olan firmaların belirlenmesi tedarik zinciri yönetimi kavramı içinde tedarikçi değerlendirme ve seçim problemini ön plana çıkarmıştır. Tedarikçi seçim problemi bünyesinde sayısal ve sayısal olmayan değerlendirme kriterlerini birlikte ihtiva eden çok kriterli karar verme problemleri sınıfına girmektedir [1].

Bu çalışmada e-imza satın alma süreci için tedarikçi değerlendirme ve seçme problemi ele alınarak sayısal ve sayısal olmayan karar kriterlerini birlikte dikkate alabilen bir yöntem üzerine odaklanılmıştır. Çalışmada ele alınan problem için Bulanık-TOPSIS yaklaşımı kullanılarak bir çözüm yöntemi önerilmiştir. Geliştirilen model Türkiye’de faaliyet gösteren bir katılım bankasının e-imza satın alma sürecinde tedarikçi seçim problemine uygulanmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde tedarikçi değerlendirme problemi ile ilgili daha önce literatürde yapılan çalışmalar incelenmiştir. Üçüncü bölümde çalışmada önerilen modelin geliştirilmesinde kullanılan bulanık çevrede çok kriterli karar verme yöntemi hakkında bilgi verilmiştir. Dördüncü bölümde önerilen modelin uygulaması yapılarak, son bölümde çalışma sonuçları değerlendirilmiştir.

## 2. LİTERATÜR TARAMASI

Çalışmanın bu bölümünde tedarikçi değerlendirme ve seçim süreci ile ilgili detaylı bir literatür taraması yapılmıştır. Literatür taramasının ilk aşamasında tedarikçi seçiminde kullanılan kriterler üzerine odaklanılmıştır. Tedarikçi seçimi ile kriterler de araştırılırken öncelikle üretim sektöründen daha sonrasında ise özde yazılım alanında tedarikçi seçim kriterleri ile ilgili çalışmalara yer verilmiştir. Literatür taramasının ikinci kısımda ise tedarikçi değerlendirme ve seçim sürecinde kullanılan metodlar açısından literatür irdelenmiştir.

Tedarikçi değerlendirme ve seçimi ile ilgili çalışmalar 1960’lı yıllara kadar uzanmaktadır [2]. Bu alandaki ilk çalışma Dickson [3] tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada tedarikçi değerlendirme süreci için yirmi üç öncelikli kriter tespit etmiştir. Dickson [3]’nin belirlediği kriterler; kalite, yönetim ve organizasyon, geçmiş performans, teslimat, işlem kontrolleri, tamir servisi, garanti, davranış, etki, paketleme yeteneği, iş ilişkileri kayıtlar, coğrafi konum, geçmiş işlerin miktarı, eğitim olanakları, karşılıklı anlaşma, iş için isteklilik, tanınmışlık ve endüstri konumu, iletişim sistemi, prosedürlere uyum, finansal pozisyon, teknik kapasite, fiyat, üretim yöntemleri ve kapasitesi, garanti ve şikâyet politikasıdır. Dickson [3], yüz yetmiş satın alma müdüründen elde ettiği deneysel veriler sonucunda maliyet, kalite ve teslimat performansının tedarikçi seçiminde en önemli üç kriter olduğunu ortaya koymuştur. 1980’li yıllara gelindiğinde ise yazın çalışmaları maliyet kriteri üzerine odaklanmakta, 1990’lı yıllarda ise siparişi yerine getirme süresi ve müşteriye yanıt verme süresi gibi kriterler de dikkate alınmaktadır [4]. Weber ve diğerleri [5] tedarikçi değerlendirme kriterleri arasında kalitenin en yüksek oranla ilk sırada yer aldığını, ardından teslimat ve maliyet kriterlerinin geldiğini ortaya koymuşlardır. Fawcett ve diğerleri [6] tedarikçi performansı ile ilgili temel ölçütler olarak maliyet, kalite, teslimat, esneklik ve yenilik ölçütlerini kullanmışlardır. Ghodsypour ve O’Brien [7] tedarikçi seçim kriterlerini maliyet, kalite ve servis olarak belirlemiştir. Çelebi ve Bayraktar [8], tedarikçi değerlendirme süreci için önermiş oldukları bütünlük modelde fiyat, kalite, hizmet ve dağıtım ana ölçütler olarak belirlemişlerdir.

Son yıllarda firmalar sadece ürün değil, hizmet alımı da yapmaktadırlar. Hizmet alımlarında önemli konulardan biri de yazılım satın almalarıdır. Yazılım paketi değerlendirme ve seçimi karmaşık ve zaman harcayan bir karar verme sürecidir. Uygun olmayan bir yazılım paketi seçimi maliyetlerin artmasına ve organizasyonun iş süreçlerinin olumsuz etkilenmesine sebep olacaktır

[9]. Literatürde yazılım tedarikçisi seçimi ile yeterli sayıda çalışma bulunmamaktadır. Dolayısıyla konunun da önemini düşünerek literatürde bu alanda bir boşluk olduğu söylenebilir. Mevcut çalışmaların birçoğu ise Kurumsal Kaynak Planlaması (ERP) seçimi ile ilgili çalışmalardır. Literatür taramasının bu kısmında hem ERP hem de diğer yazılım seçim problemleri ile ilgili çalışmalara yer verilecektir.

Baki ve Çakar [10] ERP yazılımı seçim kriterlerini detaylı bir literatür taramasından sonra seçim kriterlerini, tedarikçi ile ilgili kriterler, müşteri ile ilgili kriterler ve yazılımla ilgili kriterler olarak üç kategoride toplamışlardır. Otamendi ve diğerleri [11] İspanya'daki bir havaalanı için kaynak çizelgelemesinde kullanılmak üzere benzetim yazılımı seçim problemini ele almıştır. Çalışmada benzetim yazılımı seçimi için çok kriterli karar verme tekniklerinden analitik hiyerarşi süreci yöntemi kullanılarak maliyet, güncelleme, karar destek, bağlantı ve kullanım kolaylığı kriterleri açısından alternatif yazılımlar değerlendirilmiştir. Jadhav ve Sonar [9] en iyi yazılım paketi seçiminde fonksiyonellik, teknik özellikler, kalite, tedarikçi, çıktı, maliyet ve fayda, kişisel görüşler gibi kriterleri kullanarak AHP yöntemi ile alternatifleri değerlendirmişlerdir. Lin ve diğerleri [12] ERP seçim süreci için analitik ağ süreci, TOPSIS ve doğrusal programlamadan oluşan bir metod önermiştir. Çalışmada fiyat, kalite, hizmet, teslimat ve güvenlik ERP yazılımı seçimi için ana kriterler olarak kullanılmıştır.

Weı ve diğerleri [13] yaptıkları çalışmada ERP yazılımı seçiminde AHP yöntemini kullanmışlardır. Çalışmada kullanılan kriterler sistem yazılım kriteri: toplam maliyet, fonksiyonellik, kullanım kolaylığı, esneklik, güvenilirlik ve bayi kriterleri: bayi faktörleri ve teknik kapasitedir. Karsak ve Özoğul [14] kalite fonksiyon konuşlandırma, bulanık lineer regresyon ve 0-1 tam sayılı hedef programlamaya dayalı bir ERP seçim problemini ele almışlardır. Çalışmada kullanılan seçim kriterleri, müşteri ihtiyaçları; toplam sahiplik maliyeti, sistemin fonksiyonel uyumu, kullanım rahatlığı, esneklik, bayinin ünü ve servis ve hizmet kalitesidir. ERP sistem karakteristiği ise ihtiyaç yüzdesi, kişiselleştirme ihtiyacı yüzdesi, müşteri sayısı, bayinin toplam geliri, çözüm partnerlerinin sayısı, kullanıcı eğitiminin ortalama süresi ve bayinin çalışmış olduğu ülkeler olarak belirlenmiştir.

Liang ve Li [15] kurumsal enformasyon sistemi seçimi için Analitik Ağ Süreci yöntemini kullanmışlardır. Seçim aşamasında kar, fırsatlar, maliyetler ve risk kriterlerini kullanarak alternatifleri değerlendirmişlerdir. Yazgan ve diğerleri [16] ERP yazılımı seçiminde Analitik Ağ Süreci (ANP) temelli AHP yöntemini uygulamışlardır. Bu çalışmada proje takımı beş ana değerlendirme kriteri ve takım çalışanlarının tecrübesi, literatür çalışmaları ve yazılım hakkındaki raporlardan çıkarılan on yedi adet alt kriter dikkate alınmıştır. Ana kriterler; finansal analizleri genel karakterler, sistem kontrol ve yazılım tasarımı, üretim planlama, veri ve bilgi özellikleridir. Gürbüz ve diğerleri [17] ERP seçim problemi için analitik ağ süreci, Choquet integral ve MACBETH yöntemlerini içeren hibrit bir model geliştirmiştir. ERP yazılımı seçiminde tedarikçi ile ilgili kriterler, müşteri ile ilgili kriterler ve yazılımla ilgili kriterler altında toplam on altı kriter kullanmışlardır. Kılıç ve diğerleri [18] ERP paketi seçimi için ANP ve PROMETHEE yöntemlerinden oluşan hibrit bir metod önermişlerdir. Burada seçim kriterlerinin ağırlıklandırılmasında ANP kullanılmış, daha sonra ağırlıklar kullanılarak alternatif yazılım seçiminde PROMETHEE kullanılmıştır. Seçim kriterleri olarak iş, maliyet ve teknik kriter ana başlıkları altında on bir alt kriter kullanılmıştır.

Bu çalışmada ayrıca tedarikçi seçiminde kullanılan yöntemler açısından da literatür taraması yapılarak incelenen çalışmalar aşağıdaki gibi özetlenmiştir. Ghodspour ve O'Brien [7] tedarikçi değerlendirme sürecini, nitel ve nicel ölçütleri bir arada içeren çok kriterli bir karar verme süreci olarak tanımlamaktadır. Bu konuda literatüre bakıldığında birçok yöntemin uygulandığı görülmektedir. Weber ve diğerleri [5] tedarikçi seçimi için kullanılan nicel yöntemleri; doğrusal ağırlıklandırma, matematiksel programlama ve istatistiksel yaklaşımlar olmak üzere üç grupta toplamıştır. Öz ve Baykoç [19] çalışmalarında tedarik zinciri yönetiminde karar teorisi destekli uzman sistem tasarımı ve tedarikçi seçim problemine uygulanması ele alınmıştır. Gökalp ve Soyulu [20] tedarikçi seçim sürecinde kriter ağırlıklarını bulmak için Analitik Ağ Süreci (ANP)

yöntemi kullanılmıştır. ANP sonucunda elde edilen kriter ağırlıkları Promethee II ve Promethee II+Tch yöntemlerinde kullanılarak tedarikçi puanları belirlenmişlerdir. Çelebi ve Bayraktar [21] tedarikçi değerlendirme ölçütlerine ilişkin eksik veri bulunması durumunda tedarikçi değerlendirme süreci için yeni bir bütünlük yapay sinir ağı/ veri zarflama analizi modeli önerisinde bulunmuşlardır.

Choy ve diğerleri [22] tedarikçi seçme ve değerlendirme işlemi için bütünlük yapay sinir ağı ve durum tabanlı çıkarsama yöntemlerini önermişlerdir. Bayraktar ve diğerleri [23] tedarikçi değerlendirme ve seçme süreci için prototip bir uzman sistem yaklaşımı önermişlerdir. Soner ve Önüt [24] çalışmalarında birden fazla nitel ve nicel kriter göz önüne alarak en uygun tedarikçinin seçilmesi sürecinde ELECTRE ve analitik hiyerarşi süreci teknikleri kullanılmıştır. Hashemi ve diğerleri [25] bütünlük analitik ağ süreci ve gri ilişkisel analiz yöntemleri ile yeşil tedarikçi değerlendirme problemi üzerine çalışmışlardır. Geliştirilen bu yeni yaklaşımın otomotiv endüstrisinde hizmet veren bir firmada uygulaması yapılmıştır. Sanayi ve diğerleri [26] tedarikçi seçiminde grup karar verme problemi için bulanık ortamda VIKOR yöntemini geliştirmişlerdir. Çalışmada deneysel verilere uygulama yapılmıştır.

Shaw ve diğerleri [27] tedarikçi seçiminde bulanık AHP ve bulanık doğrusal programlama yöntemlerini kullanmışlardır. Alternatif tedarikçilerin değerlendirilmesinde ise maliyet, kalite, red yüzdesi, geç teslimat yüzdesi, yeşil ev gaz emisyonu ve talep kriterlerini tercih etmişlerdir. Önerilen model tekstil sektöründe faaliyet gösteren bir firmada uygulanmıştır. Büyüközkan ve Çiftçi [28] bulanık ortam altında analitik ağ süreci tabanlı grup karar verme şeması geliştirmiştir. önerilen modelin gerçek hayat uygulaması yapılmıştır. Dalalah ve diğerleri [29] hibrit bir bulanık çok kriterli karar verme modeli önermişlerdir. bulanık DEMATEL ve bulanık TOPSIS yöntemlerini içeren model tedarikçi seçim problemine uygulanmıştır. Önüt ve diğerleri [30] bir telekom şirketi için tedarikçi seçiminde kriter ağırlıklarını belirlemede bulanık analitik ağ sürecini, alternatifleri sıralamak için de bulanık TOPSIS yöntemini kullanmışlardır. Boran ve diğerleri [31] TOPSIS metodunu sezgici bulanık küme ile birleştirerek grup karar verme sürecinde tedarikçi seçim problemine uygulamışlardır.

Wang ve diğerleri [32] tedarikçi seçimi için bulanık hiyerarşik TOPSIS yöntemini ele almışlardır. Roshandela ve diğerleri [33] hiyerarşik bulanık TOPSIS yaklaşımını kullanarak, deterjan üretim sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın tedarikçi seçim sürecine adapte etmişlerdir. Dört tedarikçi kalite, teslimat, maliyet/fiyat, teknoloji, esneklik, hizmet ve cevap verebilme ana sınıfları altında toplam yirmi beş kriter için değerlendirilmiştir. Junior ve diğerleri [34] tedarikçi seçimi sürecinde Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS modellerini karşılaştırmıştır. Kannan ve diğerleri [35] yeşil tedarik zinciri yönetiminde Brezilya'daki bir elektronik firması için tedarikçi seçimi yapmak için Bulanık TOPSIS modelini kullanmıştır.

Akyüz [36] mobilya parçaları üreten bir firmanın ambalaj tedarikçisi seçim problemi için Bulanık VIKOR yöntemini kullanmıştır. Rajesh ve Ravi [37] tedarikçi seçimi için gri ilişkisel analiz yöntemini kullanmışlardır. Zeydan ve diğerleri [38] çalışmalarında iki aşamalı tedarikçi seçim metodu önermişlerdir. İlk aşamada bulanık AHP ile kriter ağırlıklarını belirlemişler, ikinci aşamada ise bulanık TOPSIS ile tedarikçi seçimi yapmışlardır. Önerilen model otomobil üreticisi bir firmada uygulanmıştır. Arıkan [39] tedarikçi seçimini çok amaçlı doğrusal programlama problemi olarak ele almıştır. Amaçlar maliyet minimizasyonu, kalite maksimizasyonu ve zamanında teslimat maksimizasyonu olarak belirlenmiştir. Problemi çözmek için bulanık matematiksel modelleme ve yeni bir yaklaşım önerilmiştir. Junior ve diğerleri [40] çalışmalarında tedarikçi seçiminde bulanık AHP ve bulanık TOPSIS yöntemlerini karşılaştırmışlardır. Kar [41] çalışmasında tedarikçi seçim problemi için bulanık küme teorisi, analitik hiyerarşi süreci ve yapay sinir ağı metotlarından oluşan hibrit bir yöntem önermişlerdir.

### 3. METODOLOJİ

Çalışmanın bu aşamasında tedarikçi değerlendirme süreci için kullanılacak olan değerlendirme ölçütleri, literatür taraması ve uzman kişilerle ikili görüşmeler neticesinde belirlenmiştir. Bu bağlamda, kalite, satın alma maliyeti, bakım, eğitim, güncelleme vs. maliyetleri içeren ilave maliyetler, güvenlik düzeyi, firmanın mevcut bilişim alt yapısına uyumluluk, satış sonrası destek ve teknik yeterlilik kriterleri kullanılarak alternatif tedarikçiler değerlendirilecektir. Çözüm sürecinde ise bulanık bilgi çevresinde karar vericilerin daha sağlıklı kararlar almasında faydalı olan bulanık TOPSİS yöntemi kullanılacaktır.

#### 3.1. TOPSİS Yöntemi

En sık kullanılan çok kriterli karar verme metodlarından biri olan TOPSİS yöntemi ilk olarak Hwang ve Yoon tarafından ortaya atılmıştır [42]. Değerlendirme kriterlerinin en iyi değerlerinin birleşiminden oluşan pozitif ideal çözüm ile en kötü değerlerinin bileşiminden oluşan negatif ideal çözümlerin söz konusu olduğu çok kriterli bir karar verme yöntemidir. Burada ele alınan problemin çözümünde alternatif tedarikçilerin pozitif ideal çözümden en kısa mesafede ve negatif ideal çözümden en uzak mesafede olması prensibine dayanmaktadır [43]. TOPSİS yönteminin adımları şu şekildedir [44]:

**Adım 1:**  $x_{ij}$  her bir değerlendirme kriterinin değeri olmak üzere normalize edilmiş  $m \times n$  boyutunda karar matrisi  $r_{ij}$  oluşturulur.

$$\text{En küçükleme problemleri için; } r_{ij} = \frac{1}{x_{ij}}, i = 1, 2, 3, \dots, m; j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (1)$$

$$\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}$$

$$\text{En büyükleme problemleri için; } r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}, i = 1, 2, 3, \dots, m; j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2)$$

**Adım 2:** Normalize karar matrisi aşağıdaki formüller kullanılarak ağırlıklandırılır. Bu formüldeki kriter ağırlıkları uzmanların görüşleri ile belirlenmektedir.

$$v_{ij} = r_{ij} \times w_j, i = 1, 2, 3, \dots, m; j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (3)$$

**Adım 3:** Pozitif ideal çözüm ( $A^*$ ) ve negatif ideal çözüm ( $A^-$ ) aşağıdaki şekilde bulunur.

$$A^* = \{v_1^*, \dots, v_n^*\} \text{ maksimum değer}$$

$$A^- = \{v_1^-, \dots, v_n^-\} \text{ minimum değer}$$

**Adım 4:** Her bir alternatifin pozitif ve negatif ideal çözümden uzaklığı bulunur.

$$d_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2}, i = 1, \dots, m \quad (4)$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}, i = 1, \dots, m \quad (5)$$

**Adım 5:** Her bir alternatifin ideal çözüme göreli yakınlığı aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-}, i = 1, \dots, m \quad (6)$$

**Adım 6:** En büyük  $CC_i$  değerine sahip olan alternatif seçilir.

### 3.2. Bulanık TOPSİS Yöntemi

TOPSİS yöntemi çok yaygın olarak kullanılmasına rağmen karar vericilerin tercihlerindeki belirsizlikleri ele almakta yetersiz kalabilmektedir. TOPSİS yönetimi net değerler içermektedir. Hâlbuki karar vericiler gerçek hayat koşullarında çoğu zaman kararsız kalabilmekte ve net değerlendirme yapamamaktadır. Bu gibi belirsizliklerin üstesinden gelebilmek için bulanık TOPSİS yöntemi geliştirilmiştir [45]. Bulanık TOPSİS yöntemi Chen [46] tarafından belirsizlikler altında çok kriterli karar verme problemlerini çözmek için geliştirilmiştir. Burada k adet karar verici  $D_r$  ( $r=1, \dots, k$ ) tarafından alternatifleri sıralamak ve seçim kriterlerinin ağırlıklarını belirlemek için sözel değişkenler kullanılmaktadır. Böylece  $\tilde{W}_r^j$ , r. karar verici tarafından j. kritere  $K_j$  ( $j=1, \dots, m$ ) verilen ağırlığı ifade eder. Aynı şekilde  $\tilde{x}_{ij}^r$  j. kriterle ilgili r. karar verici tarafından verilen değere göre i. alternatifin,  $A_i$  ( $i=1, \dots, n$ ), derecesini belirtir. Yukarıdaki açıklamalar göz önüne alındığında FTOPSİS yöntemi aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır [47]:

- 1) Tedarikçi seçim süreci için k adet karar verici belirlenir. Belirlenen k adet karar verici tarafından tedarikçi seçim kriterleri tespit edilir.
- 2) k adet karar verici tarafından seçim kriterlerinin önem seviyeleri ve her kriter için alternatiflerin değerlendirmesi şu şekilde hesaplanır:

$$\tilde{w}_{ij} = \frac{1}{k} [\tilde{w}_j^1 + \tilde{w}_j^2 + \dots + \tilde{w}_j^k] \quad (7)$$

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{k} [\tilde{x}_{ij}^1 + \tilde{x}_{ij}^2 + \dots + \tilde{x}_{ij}^k] \quad (8)$$

- 3) Kriter ve alternatifler için bulanık karar karar matrisi oluşturulur.

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad (9)$$

$$\tilde{W} = [\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \tilde{w}_3, \dots, \tilde{w}_n] \quad (10)$$

- 4) Doğrusal ölçek dönüşümü kullanılarak alternatiflerin bulanık karar matrisi normalize edilir.

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n} \quad (11)$$

B fayda kriterinin ve C maliyet kriterinin kümesi olmak üzere;

$$\tilde{r}_{ij} = \left( \frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*} \right), j \in B \quad (12)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left( \frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}} \right), j \in C \quad (13)$$

$$c_j^* = \max_i c_{ij} \text{ eğer } j \in B \quad (14)$$

$$a_j^- = \min_i a_{ij} \text{ eğer } j \in C \quad (15)$$

- 5) Kriterlerin ağırlıkları  $\tilde{w}_j$  ile normalize edilmiş bulanık karar matrisi elemanları  $\tilde{r}_{ij}$  çarpılarak ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi hesaplanır.

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n} \quad i=1,2,\dots,m \quad \text{ve } j=1,2,\dots,n \quad (16)$$

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{x}_{ij} \times \tilde{w}_j \quad (17)$$

- 6) Pozitif bulanık ideal çözüm ( $A^*$ ) ve negatif bulanık ideal çözüm ( $A^-$ ) bulunur.

$$A^* = (\tilde{v}_1^*, \tilde{v}_2^*, \dots, \tilde{v}_n^*) \quad (18)$$

$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-) \quad (19)$$

$$\tilde{v}_j^* = (1,1,1) \text{ ve } \tilde{v}_j^- = (0,0,0) \text{ } j=1,2,\dots,n \quad (20)$$

7) Her bir alternatifin  $A^*$  ve  $A^-$  den uzaklıkları hesaplanır.

$$d_i^* = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^*), \quad i=1,2,\dots,m \quad (21)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-), \quad i=1,2,\dots,m \quad (22)$$

$d(.,.)$  iki bulanık sayı arasındaki farktır.

8) Her bir alternatif için yakınlık katsayıları hesaplanır.

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-}, \quad i=1,2,\dots,m \quad (23)$$

9) Yakınlık katsayısı  $CC_i$  baz alınarak alternatifler arasında bir sıralama yapılır. En iyi alternatif bulanık pozitif ideal çözüme en yakın, bulanık negatif ideal çözüme en uzak olanıdır. Burada Chen ve diğerleri [41] çalışmalarında alternatifleri değerlendirmede dilsel bir takım değişkenler kullanmanın daha uygun olacağını belirtmektedir. Bunun için bir alternatifin değerlendirme sonucu  $[0,1]$  aralığı beşe bölünerek, her bir sınıf için dilsel ifadelerle kabul koşulları belirlenmiştir. Çizelge 1'de alternatiflerin yakınlık katsayılarına göre kabul koşulları gösterilmektedir.

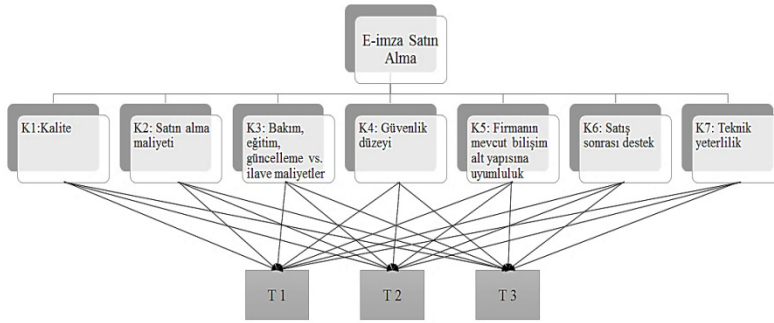
**Çizelge 1.** Alternatiflerin yakınlık katsayılarına göre kabul koşulları [47]

$CC_i$	Değerlendirme Sonucu
$[0,0.2]$	Tavsiye edilmez
$[0.2,0.4]$	Yüksek risk ile tavsiye edilir
$[0.4,0.6]$	Düşük risk ile tavsiye edilir
$[0.6,0.8]$	Kabul edilir
$[0.8,1.0]$	Kabul ve Tercih edilir

#### 4. UYGULAMA

Çalışmanın bu aşamasında geliştirilen Bulanık-Topsis modeli Türkiye'de katılım bankacılığı sektöründe faaliyet göstermekte olan bir firmanın e-imza yazılımı satın alma sürecine uygulanmıştır. Firma güvenlik açısından son derece kritik bir öneme sahip olan e-imza yazılımı satın alma sürecini en etkin bir şekilde gerçekleştirmek istemektedir. Bu çalışmada tedarikçi seçim süreci için uzmanların yapmış oldukları değerlendirmelere göre Bulanık-Topsis adımları şu şekilde uygulanmıştır.

**Adım 1:** Bulanık TOPSIS yöntem ile e-imza tedarikçisi belirleme süresinde ilk olarak tedarikçileri değerlendirmek için üç adet uzman belirlenmiştir. Bu uzmanlardan alınan görüşler doğrultusunda tedarikçi seçim kriterleri tespit edilmiştir. Buna göre tedarikçi seçim sürecinde K1:Kalite, K2: Satın alma maliyeti, K3: Bakım, eğitim, güncelleme vs. maliyetleri içeren ilave maliyetler, K4: Güvenlik düzeyi, K5: Firmanın mevcut bilişim alt yapısına uyumluluk, K6: Satış sonrası destek ve K7: Teknik yeterlilik kriterleri açısından alternatif üç tedarikçi değerlendirmeye tabi tutulacaktır.



Şekil 1. E-imza seçimi karar probleminin hiyerarşik yapısı

**Adım 2:** Karar vericiler her bir değerlendirme kriterine göre alternatif tedarikçilere puan vermişlerdir.

**Çizelge 3.** Karar vericilerin her bir değerlendirme kriterine göre alternatif tedarikçilere verdikleri puanlar

Kriterler	Tedarikçiler	Karar vericiler		
		KV1	KV2	KV3
K1	T1	İ	İ	İ
	T2	Çİ	İ	İ
	T3	İ	Oİ	İ
K2	T1	Oİ	Oİ	Oİ
	T2	O	O	O
	T3	OK	OK	OK
K3	T1	Oİ	Oİ	Oİ
	T2	Oİ	Oİ	Oİ
	T3	O	O	O
K4	T1	Oİ	O	İ
	T2	Oİ	O	İ
	T3	O	İ	Oİ
K5	T1	İ	Çİ	İ
	T2	Çİ	Çİ	İ
	T3	İ	Oİ	Oİ
K6	T1	Oİ	Oİ	O
	T2	Oİ	Oİ	O
	T3	Oİ	Oİ	O
K7	T1	İ	Oİ	Oİ
	T2	İ	Oİ	Çİ
	T3	İ	Oİ	Oİ

Çok İyi=Çİ, İ=İyi, Oİ= Orta-İyi Arası, Orta=O, OK= Orta-Kötü Arası, K=Kötü, ÇK=Çok Kötü, KV=Karar Verici

**Adım 3:** Karar vericiler tarafından alternatif tedarikçilere verilen dilsel ifadeleri üçgensel bulanık sayılara dönüştürülür. Çizelge 4'te bulanık karar matrisi ve kriterlerin ağırlıkları verilmiştir.



**Çizelge 4.** Bulanık karar matrisi ve değerlendirme kriteri ağırlıkları

Kriterler	Tedarikçiler	Karar Vericiler			Ağırlık
		KV1	KV2	KV3	
K1	T1	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(0.5,0.7,0.9)
	T2	(9,10,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	
	T3	(7,9,10)	(5,7,9)	(7,9,10)	
K2	T1	(5,7,9)	(5,7,9)	(5,7,9)	(0.9,1.0,1.0)
	T2	(3,5,7)	(3,5,7)	(3,5,7)	
	T3	(1,3,5)	(1,3,5)	(1,3,5)	
K3	T1	(5,7,9)	(5,7,9)	(5,7,9)	(0.3,0.5,0.7)
	T2	(5,7,9)	(5,7,9)	(5,7,9)	
	T3	(3,5,7)	(3,5,7)	(3,5,7)	
K4	T1	(5,7,9)	(3,5,7)	(7,9,10)	(0.3,0.5,0.7)
	T2	(5,7,9)	(3,5,7)	(7,9,10)	
	T3	(3,5,7)	(7,9,10)	(5,7,9)	
K5	T1	(7,9,10)	(9,10,10)	(7,9,10)	(0.7,0.9,1.0)
	T2	(9,10,10)	(9,10,10)	(7,9,10)	
	T3	(7,9,10)	(5,7,9)	(5,7,9)	
K6	T1	(5,7,9)	(5,7,9)	(3,5,7)	(0.3,0.5,0.7)
	T2	(5,7,9)	(5,7,9)	(3,5,7)	
	T3	(5,7,9)	(5,7,9)	(3,5,7)	
K7	T1	(7,9,10)	(5,7,9)	(5,7,9)	(0.3,0.5,0.7)
	T2	(7,9,10)	(5,7,9)	(9,10,10)	
	T3	(7,9,10)	(5,7,9)	(5,7,9)	

**Adım 4:** Bulanık karar matrisi normalize edilerek Çizelge 5 elde edilir.

**Çizelge 5.** Normalize edilmiş bulanık karar matrisi

Kriterler	T1	T2	T3
K1	(0.52,0.72,0.90)	(0.66,0.86,1.00)	(0.66,0.83,0.93)
K2	(0.58,0.81,1.00)	(0.50,0.73,0.96)	(0.73,0.92,1.04)
K3	(0.38,0.59,0.76)	(0.72,0.90,1.00)	(0.59,0.79,0.93)
K4	(0.59,0.76,0.86)	(0.52,0.72,0.90)	(0.66,0.86,1.00)
K5	(0.72,0.90,1.00)	(0.59,0.79,0.93)	(0.45,0.66,0.83)
K6	(0.58,0.81,1.00)	(0.58,0.81,1.00)	(0.38,0.54,0.69)
K7	(0.66,0.86,1.00)	(0.72,0.90,1.00)	(0.72,0.90,1.00)

**Adım 5:** Ağırlıklandırılmış normalize bulanık karar matrisi oluşturulur.

**Çizelge 6.** Ağırlıklandırılmış normalize bulanık karar matrisi

Kriterler	T1	T2	T3
K1	(0.26,0.51,0.81)	(0.33,0.60,0.90)	(0.33,0.58,0.84)
K2	(0.52,0.81,1.00)	(0.45,0.73,0.96)	(0.66,0.92,1.04)
K3	(0.11,0.29,0.53)	(0.22,0.45,0.70)	(0.18,0.40,0.65)
K4	(0.18,0.38,0.60)	(0.16,0.36,0.63)	(0.20,0.43,0.70)
K5	(0.51,0.81,1.00)	(0.41,0.71,0.93)	(0.31,0.59,0.83)
K6	(0.17,0.40,0.70)	(0.17,0.40,0.70)	(0.12,0.27,0.48)
K7	(0.20,0.43,0.70)	(0.22,0.45,0.70)	(0.22,0.45,0.70)

**Adım 6-7-8:** Negatif idealden uzaklık, pozitif idealden uzaklık ve ideal çözüme görelî yakınlık değerleri hesaplanır.

**Çizelge 7.** Negatif idealden uzaklık, pozitif idealden uzaklık ve ideal çözüme görelî yakınlık değerleri

	$d^*$	$d^-$	$CC_i$
<b>T1</b>	2,194	2,147	0,495
<b>T2</b>	2,155	2,237	0,509
<b>T3</b>	2,178	2,109	0,492

**Adım 9:** Çizelge 7' ye göre ideal çözüme görelî yakınlık değeri en yüksek olan (0,509) T2 kodlu tedarikçinin seçilmesine karar verilmiştir.

## 5. SONUÇ

Küreselleşen dünyada artan rekabet koşullarında tedarik zinciri yöntemi işletmeler için önemli bir rekabet silahı haline gelmiştir. Tedarik zinciri yönetiminde ise tedarikçi seçim işlemi kritik bir öneme sahiptir. Maliyet etkin bir tedarik zinciri sistemi kurulabilmesi için yapılacak satın alma işlemlerinde birçok kriteri göz önünde bulundurarak bir seçim yapmak gerekmektedir. Seçim aşamasında ise satın alma işleminin yapılacağı alternatif firmaların sayısal ve sayısal olmayan birçok kriter açısından değerlendirilmesi gerekmektedir. Çok kriterli karar verme teknikleri bu aşamada karar vericilere büyük avantajlar sağlamaktadır. Karar vericiler tedarikçi değerlendirme sürecinde bilgi eksikliği, belirsizlik vb. gibi sebeplerden dolayı çoğu zaman net olmayan iyi orta arası gibi değerlendirmeler de yaptığından bulanık süreçlerin değerlendirme aşamasına katılması daha gerçekçi modellerin oluşturulmasına katkıda bulunacaktır.

Bu çalışmada bir elektronik imza yazılımı satın alma süreci için Bulanık-TOPSIS yöntemi önerilmiştir. Elektronik imza satın alma işlemi için uzman kişilerle yapılan ve görüşmelerde değerlendirme kriterleri olarak kalite, satın alma maliyeti, bakım, güncelleme, eğitim vb. ilave maliyetler, güvenlik, alt yapı uygunluğu, satış sonrası destek ve teknik yeterlilik olarak tespit edilmiştir. Bulanık TOPSİS metodu adımları bu kriterlere uygulanarak en uygun tedarikçi en yüksek  $CC_i = 0,509$  puanına sahip olan T2 kodlu tedarikçi olarak seçilmiştir. İleriki çalışmalarda ele alınan problemin çözümü için birbirlerinin eksik taraflarını tamamlayan metodlar kullanarak bütünleşik yöntemler geliştirilebilir.

## REFERENCES / KAYNAKLAR

- [1] J.Sarkis, S. Talluri. A model for strategic supplier selection. *Journal of Supply Chain Management*, 38, 1: 18–28, 2002.
- [2] S.H. Huang, H. Keskar. Comprehensive and Configurable Metrics for Supplier Selection. *International Journal of Production Economics*, 105, 510-52, 2007.
- [3] G.W. Dickson. An Analysis of Vendor Selection Systems and Decisions. *Journal of Purchasing*, 2, 5-17,1966.
- [4] S.H. Huang, H. Keskar. Comprehensive and Configurable Metrics for Supplier Selection. *International Journal of Production Economics*, 105, 510-52, 2007.
- [5] C.A. Weber, J.R. Current, W.C. Benton. Vendor Selection Criteria and Methods. *European Journal of Operational Research*, 50, 2–18, 1991.
- [6] S.E. Fawcet, L.L. Stanley. S.R. Smith, Developing A Logistics Capability to Improve the Performance of International Operations. *Journal of Business Logistic*, 18 (2), 101–127, 1997.
- [7] S.H. Ghodspour, C. O'Brien. 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, 1998.

- [8] D. Çelebi, D. Bayraktar. An Integrated Neural Network and Data Envelopment Analysis for Supplier Evaluation Under Incomplete Information. *Expert Systems with Applications*, 35, 1698–1710, 2008.
- [9] A.S. Jadhav, R.M. Sonar. Framework for evaluation and selection of the software packages: A hybrid knowledge based system approach. *The Journal of Systems and Software*, 84, 1394–1407, 2011.
- [10] B. Baki, K. Çakar. Determining the ERP package-selecting criteria: the case of Turkish manufacturing companies. *Business Process Management Journal*, 11 (1), 75–86, 2005.
- [11] J. Otamendi, J.M. Pastor, A. Garcia. Selection of the simulation software for the management of the operations at an international airport. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 16, 1103–1112, 2008.
- [12] C.T. Lin, C.B. Chen, Y.C. Ting. An ERP model for supplier selection in electronics industry. *Expert Systems with Applications*, 38, 1760–1765, 2011.
- [13] C.C. Wei, C.F. Chien, M.J.J. Wang. An AHP based approach to ERP system selection. *International Journal of Production Economics*, 96, 47–62, 2005.
- [14] E.E. Karsak, C.O. Özogul. An integrated decision making approach for ERP system selection. *Expert Systems with Applications*, 36(1), 660-667, 2009.
- [15] Liang, C., & Li, Q. Enterprise information system project selection with regard to BOCR. *International Journal of Project Management*, 26(8), 810-820, 2008.
- [16] H.R. Yazgan, S. Boran, K. Goztepe. An ERP software selection process with using artificial neural network based on analytic network process approach. *Expert Systems with Applications*, 36, 9214–9222, 2009
- [17] T. Gürbüz, S. E. Alptekin, G. I. Alptekin. A hybrid MCDM methodology for ERP selection problem with interacting criteria. *Decision Support System*, 54, 206–214, 2012.
- [18] H. S. Kilic, S. Zaim, D. Delen. Selecting The Best ERP system for SMEs using a combination of ANP and PROMETHEE methods. *Expert Systems with Applications*, 42, 2343–2352, 2015.
- [19] E. Öz ve Ö.F. Baykoç. Tedarikçi Seçimi Problemine Karar Teorisi Destekli Uzman Sistem Yaklaşımı. *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, 19(3), 275-286, 2004.
- [20] B. Gökalp ve B. Soylu. Tedarikçinin Süreçlerini İyileştirme Amaçlı Tedarikçi Seçim Problemi. *Endüstri Mühendisliği Dergisi YA/EM 2010 Özel Sayısı*, 23(1), 4-15, 2010.
- [21] D. Çelebi, D. Bayraktar. An Integrated Neural Network and Data Envelopment Analysis for Supplier Evaluation Under Incomplete Information. *Expert Systems with Applications*, 35, 1698–1710, 2008.
- [22] K.L. Choy, W.B. Lee, V. Lo. Design of an Intelligent Supplier Relationship Management System: A Hybrid Case based Neural Network Approach. *Expert Systems with Applications*, 24, 225–237, 2003.
- [23] D. Bayraktar, F. Çebi, H.H. Turan, A Prototype Expert System Approach for Supplier Evaluation and Selection Process. *Proceedings of the 34th International Conference on Computers & Industrial Engineering [CD-ROM]*, 2004.
- [24] S. Soner ve S. Önüt. Çok Kriterli Tedarikçi Seçimi: Bir ELECTRE-AHP Uygulaması. *Sigma Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 24:4, 110-120, 2006.
- [25] S.H. Hashemi, A. Karimi, M. Tavana. An integrated green supplier selection approach with analytic network process and improved Grey relational analysis. *International Journal of Production Economics*, 159:178-191, 2015.
- [26] A. Sanayei, S.F. Mousavi, A. Yazdankhah. Group decision making process for supplier selection with VIKOR under fuzzy environment. *Expert Systems with Applications*, 37, 24–30, 2010.
- [27] K. Shaw, R. Shankar, S. S. Yadav, L.S. Thakur. Supplier selection using fuzzy AHP and fuzzy multi-objective linear programming for developing low carbon supply chain. *Expert Systems with Applications*, 39, 8182–8192, 2012.

- [28] G. Büyüközkan ve G. Çiftçi. A novel fuzzy multi-criteria decision framework for sustainable supplier selection with incomplete information. *Computers in Industry*, 62, 164-174, 2011.
- [29] D. Dalalah, M. Hayajneh, F. Batieha. A fuzzy multi-criteria decision making model for supplier selection. *Expert Systems with Applications*. 38, 8384–8391, 2011.
- [30] S. Önüt, S.S. Kara, E. Isık. Long term supplier selection using a combined fuzzy MCDM approach: A case study for a telecommunication company. *Expert Systems with Applications*, 36(2), 3887–3895, 2009.
- [31] F.E. Boran, S. Genç, M. Kurt, D. Akay. A multi-criteria intuitionistic fuzzy group decision making for supplier selection with TOPSIS method. *Expert Systems with Applications*, 36, 11363–11368, 2009.
- [32] J.W. Wang, C.H. Cheng, H. Kun-Cheng. Fuzzy hierarchical TOPSIS for supplier selection. *Applied Soft Computing*, 9, 377–386, 2009.
- [33] J. Roshandela, S.S. Miri-Nargesib, L. Hatami-Shirkouhic. Evaluating and selecting the supplier in detergent production industry using hierarchical fuzzy TOPSIS. *Applied Mathematical Modelling*, 37(24), 10170–10181, 2013.
- [34] F.R.L. Junior, L. Osiro, L.C.R. Carpinetti. A comparison between Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS methods to supplier selection. *Applied Soft Computing*, 21, 194-209, 2014.
- [35] D. Kannan, A.B.L.D.S. Jabbour, C.J.C. Jabbour. Selecting green suppliers based on GSCM practices: Using fuzzy TOPSIS applied to a Brazilian electronics company. *European Journal of Operational Research*, 233, 432–447, 2014.
- [36] G. Akyüz. Bulanık VIKOR Yöntemi İle Tedarikçi Seçimi. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 26(1),197-215, 2012.
- [37] R. Rajesh ve V. Ravi. Supplier selection in resilient supply chains: a grey relational analysis approach. *Journal of Cleaner Production*, 86, 343-359, 2015.
- [38] M. Zeydan, C. Çolpan, C. Çobanoğlu. A combined methodology for supplier selection and performance evaluation. *Expert Systems with Applications*, 38, 2741–2751, 2011.
- [39] F. Arıkan. A fuzzy solution approach for multi objective supplier selection. *Expert Systems with Applications*. 40, 947–952, 2013.
- [40] F. R. L. Junior, L. Osiro, L.C. R.Carpinetti. A comparison between Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS methods to supplier selection. *Applied Soft Computing*, 21, 194–209, 2014.
- [41] A. K. Kar. A hybrid group decision support system for supplier selection using analytic hierarchy process, fuzzy set theory and neural network. *Journal of Computational Science*, 6, 23–33, 2015.
- [42] H.S. Kılıç, S. Zaim, D. Delen. Development of a hybrid methodology for ERP system selection:The case of Turkish Airlines. *Decision Support Systems*, 66, 82-92, 2014.
- [43] A. Özdağoğlu. Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri ve Uygulama Örnekleri. 1.Baskı, MMO, İzmir, 2011.
- [44] T. Yang, C.C. Hung. Multiple-attribute decision making methods for plant layout design problem. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 23, 126-137, 2007.
- [45] M. Dağdeviren, S. Yavuz, N. Kılınç, Weapon selection using the AHP and TOPSIS methods under fuzzy environment, *Expert Systems with Applications*, 36, 8143–8151, 2009.
- [46] C.T. Chen. Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment. *Fuzzy Sets Syst*, 114, 1–9, 2000.
- [47] C.T. Chen, C.T. Lin, S.F. Huang. A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management. *International Journal of Production Economics*, 102(2), 289–301, 2006.