

Mobilya sektöründe bulanık TOPSIS yöntemi ile tedarikçi seçimi

Esra Kurt Tekez^{1*}, Nuray Bark²

14.04.2015 Geliş/Received, 09.11.2015 Kabul/Accepted

ÖZ

Tedarikçi seçimi, karlılık, büyüme ve artan küresel rekabet ortamında işletmeler açısından stratejik önem taşımaktadır. Tedarikçi seçim kararı, işletmede karar sahibi olan kişilerin grupça değerlendirmesi bakımından oldukça önemlidir. Ancak bu tür kararlar, niteliksel ve niceliksel birçok faktör ve birden fazla karar verici içerdiği için genellikle belirsiz ve karmaşıktır. Bu nedenle bulanık çok kriterli karar verme yöntemleri bu sorunların çözümü için geliştirilmiştir. Bu yöntemler karar vericilerin tercihlerindeki belirsizliği ortaya koyup birçok kriteri aynı anda değerlendirir. Bu nedenle bu çalışmada çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan bulanık TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solutions) yöntemi kullanılarak Türkiye’de faaliyet gösteren bir mobilya fabrikasının tedarikçi seçimi incelenmiştir. Çalışma, bulanık TOPSIS yönteminin tedarikçi seçiminde etkin bir yöntem olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Tedarikçi seçimi, bulanık mantık, bulanık TOPSIS

Supplier selection for furniture industry with fuzzy TOPSIS method

ABSTRACT

Supplier selection has big importance in terms of profitability and growth of companies in the increasingly competitive environment. Supplier selection decision is a very significant topic for the group evaluation of the decision makers in businesses. However, such decisions are often ambiguous and complex as having many qualitative and quantitative factors as well as multiple decision-makers. Hence, fuzzy multi-criteria decision-making methods have been developed to solve these problems. These methods reveal the uncertainties of the choice of decision-makers and they are able to evaluate many criteria simultaneously. Therefore, in this study it is investigated supplier selection of a furniture factory which is operating in Turkey by using fuzzy TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solutions) method is one of the decision-making process. This study has shown that fuzzy TOPSIS method can be used as an effective method in supplier selection.

Keywords: Supplier selection, fuzzy logic, fuzzy TOPSIS

* Sorumlu Yazar / Corresponding Author

1 Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Sakarya – etekez@sakarya.edu.tr

2 Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Sakarya – kirtaynuray@gmail.com

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Rekabet koşullarının giderek zorlaştığı günümüz dünyasında firmaların kaliteyi ve faaliyetlerin hızını arttırmada tedarikçileri ile işbirliği içinde olabilmeleri çok önemlidir. Düşük kalite ile temin edilen malzemeler, fabrika içerisinde verimsiz süreçlerin doğmasına ve ürün fiyatının yükselmesine yol açabilmektedir. Tedarik ağı düşünüldüğünde, işletme performansının başarısı için doğru tedarikçi ile çalışmanın etkisi daha iyi anlaşılmaktadır. Bu nedenlerden dolayı, işletmeler için tedarikçi seçimi kararı, tüm tedarik zincirini etkileyebilecek stratejik öneme sahip bir karardır.

Uygun tedarikçinin belirlenmesinde tedarikçilerin güçlü ve zayıf yönlerini dikkate alarak, incelenmesi gereken birçok nitel ve nicel kriterler söz konusudur. Dickson [1] tedarikçi seçimi ile ilgili 23 kriterden oluşan bir sıralama listesi hazırlamıştır ve bu çalışması ile daha sonraki araştırmacılara ışık tutmuştur. Değişen ve gelişen pazar şartları doğrultusunda işletmelerin kendi ihtiyaçlarını düşünerek tedarikçi seçim kriterlerini tespit edebilmeleri doğru bir yaklaşım olacaktır. Çalışmalarda fiyat, kalite ve teslimat kriterlerinin öncelikli olarak kullanıldığı görülmektedir. Ho ve arkadaşları [2] uluslararası dergilerden 2000 ve 2008 yılları arasındaki literatürü incelediklerinde en popüler kriterler olarak kalite, teslimat ve maliyet faktörlerini belirlemişlerdir. Wang [3] değerlendirme yaparken çalışmada bu kriterlere ilave olarak tedarikçinin satış sonrası hizmetini de dikkate almıştır. Mamavi ve arkadaşları [4] ise çok boyutlu bir değerlendirmeye ihtiyaç olduğunu işaret ederek, en iyi tedarikçinin seçiminde geçmiş performansın da belirlenmesini amaçlamışlardır.

Tedarikçi seçim probleminin çözümü için literatürde farklı yaklaşımlar önerilmiştir. Öztürk ve arkadaşları [5] bir tekstil firmasının bu problemini çözmek için analitik hiyerarşi prosesinden (AHP) faydalanmışlardır. Supçiller ve Çapraz [6] çalışmalarında AHP ve TOPSIS yöntemlerini birlikte bir işletmeye uygulamışlardır. AHP değerlendirme kriterlerinin önem derecelerinin belirlenmesinde, TOPSIS ise tedarikçilerin sıralanmasında kullanılmıştır. Gökalp ve Soylu [7] kriter ağırlıklarını bulmak için Analitik Ağ Süreci (ANP) ve sonrasında Promethee yöntemlerinden faydalanarak tedarikçi puanlarını belirlemişlerdir. Ancak çalışmanın yapıldığı şirketin yatırım yapacağı göz önüne alındığında, baskın bir kriter olmasından dolayı başlangıç analizlerinde diğer puanlarla birlikte veri zarflama analizi ile en iyi tedarikçiler belirlenmiştir.

Ar ve arkadaşları [8] kablo sektöründe polietilen tedarikçisi seçim kriterlerini belirlemek, kriterler arası ilişkileri ortaya koymak ve sonrasında kriterlerin önem

düzeylerini saptamak amaçları için sırasıyla DEMATEL, ANP ve VIKOR yöntemlerinden faydalanmışlardır.

Karar süreçlerinde kalitatif ya da kantitatif kriterlerin değerlendirilmesi farklı karar vericilerin sübjektif değerlendirmelerine bağlı olarak belirsizlik içermektedir. Karar verme süreçlerindeki belirsizliği modellemede, Zadeh [9] tarafından geliştirilen bulanık küme teorisi uygundur. Bulanık mantık her tedarikçi ile ilgili her bir kriteri ölçmek için, karar vericilerin tercihlerini ve deneyimlerini dilsel ifadelerle almaya olanak sağlayan bir yapay zeka teknolojisidir. Sayısal değerlerle açıklanamayan ve yaklaşık olarak konuşulan ifadeler olduğunda, dilsel değişkenlerin kullanımı oldukça faydalıdır.

Tedarikçi seçimi için bulanık karar verme teknikleri, son zamanlarda pek çok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Chamodrakas ve arkadaşları [10] elektronik pazarda tedarikçi seçimi probleminde bulanık AHP ile çözüm aramışlardır. Sun [11] bulanık AHP ve bulanık TOPSIS metodlarını entegre ederek çalışmıştır. Benzer olarak Ballı ve Korukoğlu da çalışmalarında sırasıyla firmaların kullandıkları bilgisayarlara uygun çalışma sistemlerinin seçimi [12] ve Muğla Gençlik ve Spor Merkezinde yetenekli basketbolcuların seçimi [13] için bulanık AHP yöntemini kriter ağırlıklarının belirlenmesi amacıyla kullanmışlardır. Sonrasında ise ilgili sıralamaları TOPSIS yöntemi ile yapmışlardır. Liao ve Kao [14] bulanık TOPSIS ile çok amaçlı programlama tekniklerini birlikte kullanarak bu problemi incelemişlerdir. Kannan ve arkadaşları [15] çevrenin sürdürülebilirliği için yeşil tedarikçi seçimine odaklanarak Brezilyalı bir şirketin tedarikçileri için bulanık TOPSIS metodunu kullanmışlardır. Junior ve arkadaşları [16] tedarikçi seçimi için bulanık AHP ve bulanık TOPSIS metodlarının karşılaştırmalı analizini yapmışlardır. Karşılaştırmayı, alternatiflerin ya da kriterin değişime yeterliliği; karar sürecinde çeviklik; hesaplama karmaşıklığı; grup karar vermeyi destekleme yeterliliği; alternatif tedarikçi ve kriterlerin miktarı ve belirsizliğin modellenmesi faktörleri üzerinden yapmışlardır. Karar sürecinin çevikliği ile ilgili, bulanık TOPSIS çoğu durumda bulanık AHP'ye göre daha iyi performans göstermiştir. Buna ek olarak, tedarikçi alternatifleri sayısındaki artış bulanık AHP'ye bazı sınırlamalar getirmekte iken bulanık TOPSIS metodunun kullanımı ile böyle bir kısıtlama yoktur. Bulgulara göre, her iki metod da grup karar vermeyi destekleme açısından yeterlidir.

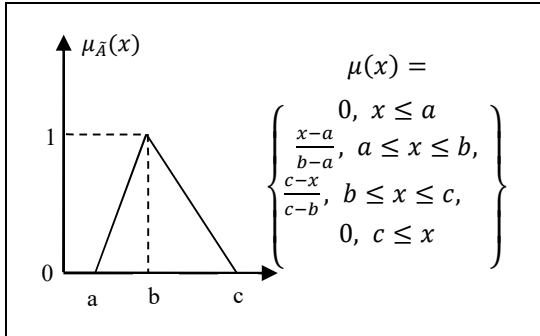
Makalenin ikinci bölümünde çalışmada kullanılan teknikler hakkında bilgi verilmekte, üçüncü bölümde mobilya sektöründeki bir işletmenin tedarikçi seçim problemi için yapılan bulanık TOPSIS yöntemi uygulaması anlatılmaktadır. Son bölümde ise yapılan çalışmanın sonuçları değerlendirilmektedir.

2. YÖNTEM (METHODOLOGY)

Bu çalışmada bulanık ortamda TOPSIS karar verme tekniğinden faydalanılmıştır. Bu bölümde bulanık mantık yaklaşımının temel prensiplerine değinilerek bulanık TOPSIS tekniği adım adım anlatılmaktadır.

2.1. Bulanık mantık (Fuzzy Logic)

Bulanık ifadenin temsil ettiği sayısal aralık, o ifade hakkında bilgi sahibi olan kişiler tarafından belirlenebilir. Herhangi bir alt aralıktaki öğelerin tümünün ayrı ayrı o alt kümeye aitlik derecelerine o elemanın üyelik derecesi denir [17]. Bulanık küme, kesin sınırları olmayan ve belirli üyelik derecelerine sahip olan elemanların oluşturduğu bir kümedir. Üyelik fonksiyonlarının tanımlanmasında ise sayıların komşuluğu (yakınlığı) yaklaşımından yararlanır ve üyelik fonksiyonları genellikle bu komşuluğun durumuna göre genellikle üçgen üyelik fonksiyonlar ve yamuk üyelik fonksiyonları ile gösterilir. Uygulamalarda çoğunlukla hesaplama kolaylığı açısından üçgen üyelik fonksiyonları tercih edilir. Bu çalışmada da üçgen üyelik fonksiyonu kullanılmıştır. Şekil 1'de üçgen üyelik fonksiyonu ve üçgen bulanık kümenin elemanları $\tilde{A} = (a, b, c)$ olarak tanımlanmıştır [11]. Buna göre \tilde{A} üyelik fonksiyonu $\mu_{\tilde{A}} : x \rightarrow [0,1]$ olarak belirlenir.



Şekil 1. Üçgen Üyelik Fonksiyonu (Triangular Membership Functions) [17]

2.2. Bulanık TOPSIS Yöntemi (Fuzzy TOPSIS Methodology)

TOPSIS Yöntemi (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) Hwang and Yoon [18] tarafından geliştirilmiştir ve çok ölçütlü karar verme yöntemleri arasında yaygın olarak kullanılan tekniklerden biridir. Metodun temel düzeni; seçilmiş seçenek, geometrik anlamda pozitif ideal çözüme en kısa uzaklıkta ve negatif-ideal çözümden en uzak uzaklıkta olmalıdır. Öklid uzaklığı yaklaşımı ile seçeneklerin ideal çözüme göreli yakınlıklarını değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

Chen [19] tarafından önerilen bulanık TOPSIS, bulanık ortam altında grup karar verme problemlerini çözmek için TOPSIS'i genişleten bir sistematik yaklaşımdır. Bulanık TOPSIS yöntemi, belirsizliğin olduğu ve çoklu kararı vericilerin bulunduğu problemlerin çözümünde oldukça kullanışlıdır. Bu yöntemde ortamın daha gerçekçi yansıtılabilmesi için sayısal değerler yerine dilsel ifadeler kullanılmaktadır. Belirlenen karar vericiler belirlenen kriterleri ve alternatifleri değerlendirirken düşüncelerini sözel olarak ifade ederler ve bu dilsel ifadeler daha sonra üçgen ya da yamuk bulanık sayılara dönüştürülerek her bir alternatifin yakınlık katsayıları hesaplanmaktadır. Elde edilen yakınlık katsayıları, değerlerine göre sıralanarak uygun alternatif seçilmektedir. Bulanık TOPSIS yönteminin uygulama aşamaları aşağıdaki gibidir [19]:

Adım 1: Uzman karar vericilerden bir grup oluşturulur. Karar vericilerin (KV) ardından kriterler $K = \{K_1, K_2, \dots, K_n\}$ ve kriterlerin ardında da alternatifler $A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$ belirlenir. Alternatiflerin her bir kriter için değerlendirilmesinde ve kriterlerin önem ağırlıklarının belirlenmesinde dilsel ifadeler kullanılır. Karar vericiler de, kriterleri ve alternatifleri bu dilsel ifadelerle değerlendirirler. Bu dilsel ifadeler, pozitif üçgen bulanık sayılarla Tablo 1'de belirtildiği gibi ifade edilebilmektedir.

Adım 2: Karar vericilerin dilsel ifadeleri kullanarak yaptıkları değerlendirmeler, Tablo 1'de gösterilen ölçek üzerinden üçgen bulanık sayılara dönüştürülür. K tane karar vericinin olduğu varsayılan bir karar verici grubunda, kriterlerin önemi (\tilde{W}_j) ve her kriterle ilgili olarak her alternatifin değerlendirmesi (\tilde{X}_{ij}) aşağıdaki denklemler ile hesaplanır.

$$\tilde{W}_j = \frac{1}{K} [\tilde{W}_j^1 (+) \tilde{W}_j^2 (+) \dots (+) \tilde{W}_j^K] \quad (3)$$

$$\tilde{X}_{ij} = \frac{1}{K} [\tilde{X}_{ij}^1 (+) \tilde{X}_{ij}^2 (+) \dots (+) \tilde{X}_{ij}^K] \quad (4)$$

Adım 3: Tüm alternatif ve kriterlerden oluşan bir bulanık çok kriterli karar verme problem matrisi (\tilde{D}) aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} \tilde{X}_{11} & \tilde{X}_{12} & \dots & \tilde{X}_{1n} \\ \tilde{X}_{21} & \tilde{X}_{22} & \dots & \tilde{X}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{X}_{m1} & \tilde{X}_{m2} & \dots & \tilde{X}_{mn} \end{bmatrix} \quad (5)$$

\tilde{X}_{ij} ve \tilde{W}_j dilsel ifadeleri, üçgen bulanık sayılarla $\tilde{X}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ ve $\tilde{W}_j = (\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \tilde{w}_3)$ olarak tanımlanır.

Tablo 1. Kriterler ve alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan dilsel ifadeler (Linguistic variables for importance weight of each criterion and linguistic scales for the rating of each alternatives) [19]

Kriterlerin önem ağırlığını belirlemede kullanılan dilsel ifadeler		Alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan dilsel ifadeler	
Çok Düşük (ÇD)	(0,0,0,1)	Çok Kötü (ÇK)	(0,0,1)
Düşük (D)	(0,0,1,0,3)	Kötü (K)	(0,1,3)
Biraz Düşük (BD)	(0,1,0,3,0,5)	Biraz Kötü (BK)	(1,3,5)
Orta (E)	(0,3,0,5,0,7)	Orta (E)	(3,5,7)
Biraz Yüksek (BY)	(0,5,0,7,0,9)	Biraz İyi (Bİ)	(5,7,9)
Yüksek (Y)	(0,7,0,9,1)	İyi (İ)	(7,9,10)
Çok Yüksek (ÇY)	(0,9,1,1)	Çok İyi (Çİ)	(9,10,10)

Adım 4: Bulanık karar matrisi normalize edilir ve normalize edilmiş bulanık karar matrisi \tilde{R} ile gösterilerek aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n} \quad (6)$$

B ve C elemanları, fayda ve maliyet kriterleri olmak üzere,

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j}, \frac{b_{ij}}{c_j}, \frac{c_{ij}}{c_j} \right), j \in B; \quad (7)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^+}{b_{ij}}, \frac{a_j^+}{a_{ij}} \right), j \in C; \quad (8)$$

$$j \in B \text{ ise } c_{ij}^* = \max_i c_{ij} \quad (9)$$

$$j \in C \text{ ise } a_j^- = \min_i a_{ij} \quad (10)$$

Yukarıda bahsedilen normalizasyon yöntemi, özelliğini $[0,1]$ aralığındaki normalize edilmiş üçgen bulanık sayılar için korumaktadır.

Adım 5: Normalize bulanık karar matrisinin oluşturulmasının ardından her bir kriterin farklı ağırlığı göz önünde bulundurularak, ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi aşağıdaki gibi oluşturulur:

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n}, \quad (11)$$

$$i = 1,2,3, \dots, m, \quad j = 1,2,3, \dots, n$$

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij}(x) \tilde{w}_j \text{ formülü ile hesaplanır.} \quad (12)$$

Adım 6: Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisine göre, elemanlar \tilde{v}_{ij} , V_{ij} normalize edilmiş pozitif üçgen bulanık sayılar ve bunlar $[0,1]$ kapalı aralığında olmaktadır. Bulanık pozitif ideal çözüm

(FPIS, A^*) ve bulanık negatif ideal çözüm (FNIS, A^-) aşağıda belirtildiği gibi tanımlanır:

$$A^* = (\tilde{v}_1^*, \tilde{v}_2^*, \dots, \tilde{v}_n^*) \quad (13)$$

$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-) \quad (14)$$

Burada $j=1,2,3,\dots,n$ olmak üzere

$\tilde{v}_j^* = (1,1,1)$ ve $\tilde{v}_j^- = (0,0,0)$ olarak dikkate alınır.

Adım 7: Her bir alternatifin A^* ve A^- den uzaklıkları d_i^* ve d_i^- aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$d_i^* = \sum_{j=1}^n d(\tilde{V}_j, \tilde{V}_j^*), \quad i = 1,2, \dots, m \quad (15)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d(\tilde{V}_j, \tilde{V}_j^-), \quad i = 1,2, \dots, m \quad (16)$$

Adım 8: Alternatiflerin sıralamasını belirlemek için her alternatife ait yakınlık katsayıları aşağıda gibi hesaplanır.

$$cc_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-}, \quad (17)$$

$$i = 1,2, \dots, m$$

Hesaplanan yakınlık katsayısına göre, alternatiflerin sıralaması belirlenerek en uygun olanı seçilir.

3. MOBİLYA SEKTÖRÜNDE TEDARİKÇİ SEÇİMİ UYGULAMASI (SUPPLIER SELECTION APPLICATION IN THE FURNITURE SECTOR)

Bu çalışmayla, Sakarya ilinde faaliyet gösteren mobilya fabrikasında tedarikçi seçimi problemine çözüm bulunması amaçlanmaktadır. Problemin çözümünde bulanık çok ölçütlü karar verme tekniklerinden Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılarak karar vericilerin işlerinin kolaylaştırılması ve belirlenen ölçütlere göre optimum tedarikçi seçim kararının daha objektif verilmesi hedeflenmektedir.

3.1. Uygulama yerinin tanıtımı (Definition of Case Factory)

Çalışmanın yapıldığı fabrika 291 çalışanı olan ve Marmara ile Ege bölgesinin ürün ihtiyaçlarını daha hızlı karşılamaya amaçlayan bir firmadır. Fabrikanın mevcut tedarikçileri ile dönemsel olarak yaşadığı sıkıntıları vardır ve firma bölgeye açılan yeni profil fabrikalarını da fırsat olarak değerlendirmek istemektedir. Firmada özellikle hammadde tedariginde satın alma ve üretim departmanları arasında uzlaşmama durumu söz konusudur. Satın alma bölümü, maliyet faktörünü fazla önemserken, üretim bölümü ürünün kalitesi için işleyeceği hammaddenin istediği niteliklerde olmasını daha fazla önemsemektedir. Bu nedenlerden dolayı yapılan bu çalışma firma için oldukça önemlidir.

3.2. Karar problemi ve Bulanık TOPSIS yönteminin uygulanması (Decision Problem and Application of fuzzy TOPSIS)

Çalışma kapsamında tedarikçi seçim ölçütlerin belirlenmesi amacıyla, öncelikle işletme içindeki karar vericilerden bir ekip oluşturulmuştur. Bu ekip; içinde satın alma, üretim planlama, malzeme ihtiyaç planlama, kalite bölümü yönetici ve çalışanları olmak üzere 5 uzmandan oluşmaktadır. Bu çalışmada tedarikçi seçiminde kullanılacak ölçütlerin işletme ihtiyaçlarına uygun olarak belirlenebilmesi için Dickson'un [1] sunduğu 23 kriter, değerlendirilmesi için bu uzman ekibe tanıtılmıştır. Yapılan görüşmeler sonucunda altı karar kriteri ile altı tedarikçinin değerlendirilmesi uygun bulunmuştur. Bu karar kriterleri aşağıda sırasıyla açıklanmıştır.

1. *Üretim Araç/Gereç Kapasiteleri (K1)*: Teknik problemleri çözme becerisi, teknik eleman yeterlilikleri, araştırma geliştirme faaliyetlerinin etkinliği, tedarikçinin üretebileceği ürün çeşitliliği teknik kapasite altında değerlendirilen kriterleri ifade eder.

2. *Maliyet Avantajı (K2)*: Tedarikçilerden temin edilen hammaddelerin maliyetinin düşük olmasını ifade eder. Burada işaret edilen satın alma ve lojistik maliyetleridir.

3. *Kalite (K3)*: Satın alınan malzemelerin kalite düzeyinin yüksek, hata oranının düşük olmasını ifade eder.

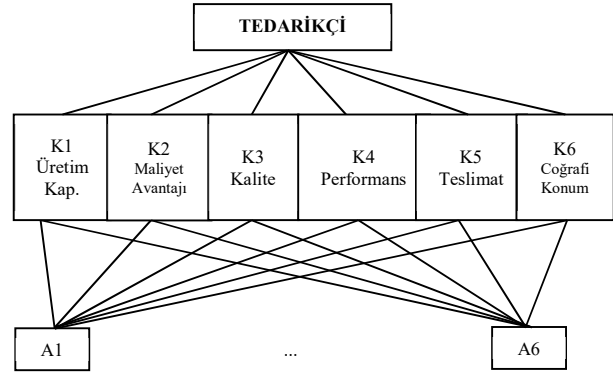
4. *Performans (K4)*: Tedarikçilerin firmanın isteklerini karşılayabilme yeteneğini gösterir.

5. *Zamanında Teslimat (K5)*: Tedarikçilerin müşterileri olan firmalar tarafından kendilerine iletilen satın alma siparişlerini istenilen zamanda teslim edilebilme yeteneğini gösterir.

6. *Coğrafi Konum (K6)*: Tedarikçinin yerleşim yerinin konumunu ulaşım süresinin kısalığı açısından değerlendirir.

Şekil 2, karar probleminin hiyerarşik yapısını göstermektedir. Firmanın alternatif tedarikçileri; çalışma kapsamında A1, A2, A3, A4, A5, A6 şeklinde ifade edilmiştir.

Kriterlerin belirlenmesinin ardından, karar vericiler Tablo 1'deki dilsel ifadeleri kullanarak kriterleri önem derecelerine göre değerlendirmişlerdir. Karar vericilerin dilsel ifadelerine göre olan değerlendirmeleri Tablo 2'de yer almaktadır.



Şekil 2. Karar probleminin hiyerarşik yapısı (Hierarchical structure of decision problem)

Tablo 2. Kriter ağırlıklarının karar vericiler tarafından değerlendirilmesi (The importance weight of the criteria)

	KV1	KV2	KV3	KV4	KV5
K1	ÇY	ÇY	E	E	BD
K2	Y	Y	BY	Y	ÇY
K3	Y	ÇY	ÇY	ÇY	Y
K4	BY	Y	Y	BY	ÇY
K5	ÇY	ÇY	Y	Y	BY
K6	ÇY	ÇY	BD	BD	BD

Tablo 3 ise karar vericiler tarafından yapılan bu dilsel değerlendirmelerin Tablo 1'de gösterildiği gibi üçgen bulanık sayılara olan dönüşümlerini göstermektedir.

Tablo 3. Kriter ağırlıklarının bulanık sayılarla gösterilmesi (Displaying the fuzzy number of criteria weights)

	KV1	KV2	KV3	KV4	KV5
K1	(0,9,1,1)	(0,9,1,1)	(0,3,0,5,0,7)	(0,3,0,5,0,7)	(0,1,0,3,0,5)
K2	(0,7,0,9,1)	(0,7,0,9,1)	(0,5,0,7,0,9)	(0,7,0,9,1)	(0,9,1,1)
K3	(0,7,0,9,1)	(0,9,1,1)	(0,9,1,1)	(0,9,1,1)	(0,7,0,9,1)
K4	(0,5,0,7,0,9)	(0,7,0,9,1)	(0,7,0,9,1)	(0,5,0,7,0,9)	(0,9,1,1)
K5	(0,9,1,1)	(0,9,1,1)	(0,7,0,9,1)	(0,7,0,9,1)	(0,5,0,7,0,9)
K6	(0,9,1,1)	(0,9,1,1)	(0,1,0,3,0,5)	(0,1,0,3,0,5)	(0,1,0,3,0,5)

Karar vericiler tarafından değerlendirilen kriter ağırlıkları (3) eşitliği yardımıyla tek bir değere indirgenmiş ve bu değerler de Tablo 4 üzerinde gösterilmiştir. Örneğin K1 kriteri için Tablo 3 üzerinde gösterilen beş karar vericiye ait bulanık sayılar dikkate alınarak $((0,9+0,9+0,3+0,3+0,1)/5)$, $(1+1+0,5+0,5+0,3)/5)$, $(1+1+0,7+0,7+0,5)/5)$ şeklinde bütünleştirilmiş ve (0,5, 0,66, 0,78) sonucu elde edilmiştir. Yapılan hesaplamalarda Microsoft Excel programından faydalanılmıştır.

Tablo 4. Kriter ağırlıklarının bulanık sayılarla gösterilmesi (Weights of each criterion)

Kriterler	Ağırlıklar
K1	(0.5,0.66,0.78)
K2	(0.7,0.88,0.98)
K3	(0.82,0.96,1)
K4	(0.66,0.84,0.96)
K5	(0.74,0.90,0.98)
K6	(0.42,0.58,0.7)

Bir sonraki adımda ise, karar vericiler her bir kriterine göre her bir tedarikçiyi ayrı ayrı değerlendirmişlerdir. Karar vericilerin kriterleri dilsel ifadelerle ifade edilen değerlendirmeleri ve bu dilsel ifadelerin üçgen bulanık sayılara dönüşümü Tablo 5’de yer almaktadır. Yapılan tedarikçi değerlendirmelerine ait üçgen bulanık sayılar (4) numaralı eşitlik kullanılarak tek bir değere indirgenmiştir. Elde edilen bulanık karar matrisi Tablo 6’da gösterilmektedir. Örneğin K1 kriteri için Tablo 5 üzerinde gösterilen beş karar vericiye ait bulanık sayılar dikkate alınarak $((3+7+5+1+9)/5)$, $(5+9+7+3+10)/5)$, $(7+10+9+5+10)/5)$ şeklinde bütünleştirilmiş ve Tablo 6’nın A1 tedarikçisi K1 kriterine karşılık gelen (5, 6.8, 8.2) sonucu elde edilmiştir.

Bulanık karar matrisi, (7) eşitliği kullanılarak normalize edilmiş ve bu normalize edilmiş karar matrisi Tablo 7’de gösterilmiştir.

Normalize edilmiş karar matrisinde bulunan değerlerin her biri, Tablo 4’te belirtilen kriter ağırlıklarıyla çarpılarak ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi elde edilmiştir. Bu değerler de Tablo 8’de gösterilmiştir.

Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi oluşturulduktan sonra, bulanık pozitif ideal çözüm (FPIS, A^*) ve negatif ideal çözüm (FNIS, A^-), (13) ve (14) eşitlikleri kullanılarak belirlenmiştir.

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

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

Her bir alternatifin FPIS’den ve FNIS’den olan uzaklıkları (15) ve (16) numaralı eşitlikler yardımıyla hesaplanmıştır. Uzaklıkların belirlenmesinden sonra da son adım olarak (17) numaralı eşitliği yardımıyla her bir alternatif için yakınlık katsayıları hesaplanmıştır. Tablo 9, FPIS’den ve FNIS’den olan uzaklıklar ile bu uzaklıklar kullanılarak elde edilen yakınlık katsayılarını göstermektedir.

Tablo 9 incelendiğinde yakınlık katsayılarının büyükten küçüğe göre sıralanmasıyla, alternatifler $A4 > A3 > A5 > A6 > A2 > A1$ şeklinde olmaktadır. Yani 4 nolu tedarikçi en iyi seçim olacaktır, bunu sırasıyla 3 nolu ve 5 nolu tedarikçiler takip etmektedir.

Tablo 5. Tedarikçilerin kriterlere göre karar vericiler tarafından değerlendirilmesi (The rating of all suppliers by decision makers under all criteria)

Kriterler	Tedarikçiler	KV1	KV2	KV3	KV4	KV5	KV1	KV2	KV3	KV4	KV5
K1	A1	E	İ	Bİ	BK	Çİ	(3,5,7)	(7,9,10)	(5,7,9)	(1,3,5)	(9,10,10)
	A2	İ	E	İ	İ	Çİ	(7,9,10)	(3,5,7)	(7,9,10)	(7,9,10)	(9,10,10)
	A3	Bİ	İ	İ	Bİ	Çİ	(5,7,9)	(7,9,10)	(7,9,10)	(5,7,9)	(9,10,10)
	A4	Çİ	Çİ	İ	BK	İ	(9,10,10)	(9,10,10)	(7,9,10)	(1,3,5)	(7,9,10)
	A5	Bİ	Çİ	İ	Bİ	Çİ	(5,7,9)	(9,10,10)	(7,9,10)	(5,7,9)	(9,10,10)
	A6	İ	Çİ	Bİ	Çİ	İ	(7,9,10)	(9,10,10)	(5,7,9)	(9,10,10)	(7,9,10)
K2	A1	Bİ	E	İ	BK	Çİ	(5,7,9)	(3,5,7)	(7,9,10)	(1,3,5)	(9,10,10)
	A2	BK	Bİ	Çİ	Bİ	İ	(1,3,5)	(5,7,9)	(9,10,10)	(5,7,9)	(7,9,10)
	A3	İ	İ	Bİ	Çİ	Çİ	(7,9,10)	(7,9,10)	(5,7,9)	(9,10,10)	(9,10,10)
	A4	Çİ	İ	Bİ	İ	Çİ	(9,10,10)	(7,9,10)	(5,7,9)	(7,9,10)	(9,10,10)
	A5	Çİ	Bİ	İ	BK	Çİ	(9,10,10)	(5,7,9)	(7,9,10)	(1,3,5)	(9,10,10)
	A6	İ	İ	Bİ	İ	İ	(7,9,10)	(7,9,10)	(5,7,9)	(7,9,10)	(7,9,10)
K3	A1	E	BK	İ	E	BK	(3,5,7)	(1,3,5)	(7,9,10)	(3,5,7)	(1,3,5)
	A2	E	BK	İ	Bİ	BK	(3,5,7)	(1,3,5)	(7,9,10)	(5,7,9)	(1,3,5)
	A3	E	Bİ	İ	Çİ	Bİ	(3,5,7)	(5,7,9)	(7,9,10)	(9,10,10)	(5,7,9)
	A4	Çİ	Bİ	İ	Çİ	E	(9,10,10)	(5,7,9)	(7,9,10)	(9,10,10)	(3,5,7)
	A5	İ	Bİ	İ	Çİ	Bİ	(7,9,10)	(5,7,9)	(7,9,10)	(9,10,10)	(5,7,9)
	A6	İ	Bİ	İ	Bİ	E	(7,9,10)	(5,7,9)	(7,9,10)	(5,7,9)	(3,5,7)

K4	A1	E	İ	İ	BK	Bİ	(3,5,7)	(7,9,10)	(7,9,10)	(1,3,5)	(5,7,9)
	A2	E	İ	İ	Bİ	İ	(3,5,7)	(7,9,10)	(7,9,10)	(5,7,9)	(7,9,10)
	A3	E	İ	Bİ	Çİ	İ	(3,5,7)	(7,9,10)	(5,7,9)	(9,10,10)	(7,9,10)
	A4	İ	Bİ	İ	Çİ	İ	(7,9,10)	(5,7,9)	(7,9,10)	(9,10,10)	(7,9,10)
	A5	E	İ	İ	Bİ	İ	(3,5,7)	(7,9,10)	(7,9,10)	(5,7,9)	(7,9,10)
	A6	İ	İ	Bİ	İ	Çİ	(7,9,10)	(7,9,10)	(5,7,9)	(7,9,10)	(9,10,10)
K5	A1	E	Bİ	İ	Bİ	İ	(3,5,7)	(5,7,9)	(7,9,10)	(5,7,9)	(7,9,10)
	A2	E	İ	İ	Bİ	İ	(3,5,7)	(7,9,10)	(7,9,10)	(5,7,9)	(7,9,10)
	A3	İ	Bİ	İ	Çİ	İ	(7,9,10)	(5,7,9)	(7,9,10)	(9,10,10)	(7,9,10)
	A4	Çİ	Bİ	İ	Çİ	Çİ	(9,10,10)	(5,7,9)	(7,9,10)	(9,10,10)	(9,10,10)
	A5	İ	BK	Bİ	Bİ	Bİ	(7,9,10)	(1,3,5)	(5,7,9)	(5,7,9)	(5,7,9)
	A6	İ	Bİ	BK	BK	İ	(7,9,10)	(5,7,9)	(1,3,5)	(1,3,5)	(7,9,10)
K6	A1	İ	Çİ	K	İ	BK	(7,9,10)	(9,10,10)	(0,1,3)	(7,9,10)	(1,3,5)
	A2	İ	Çİ	İ	İ	Bİ	(7,9,10)	(9,10,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(5,7,9)
	A3	Bİ	Bİ	İ	İ	BK	(5,7,9)	(5,7,9)	(7,9,10)	(7,9,10)	(1,3,5)
	A4	BK	Çİ	İ	İ	E	(1,3,5)	(9,10,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(3,5,7)
	A5	İ	Bİ	Bİ	İ	Bİ	(7,9,10)	(5,7,9)	(5,7,9)	(7,9,10)	(5,7,9)
	A6	İ	E	E	İ	K	(7,9,10)	(3,5,7)	(3,5,7)	(7,9,10)	(0,1,3)

Tablo 6. Bulanık karar matrisi (Fuzy decision matrix)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6
A1	(5,6,8,8,2)	(5,6,8,8,2)	(3,5,6,8)	(4,6,6,6,8,2)	(5,4,7,4,9)	(4,8,6,4,7,6)
A2	(6,6,8,4,9,4)	(5,4,7,2,8,6)	(3,4,5,4,7,2)	(5,8,7,8,9,2)	(5,8,7,8,9,2)	(7,8,8,9,8)
A3	(6,6,8,4,9,6)	(7,4,9,9,8)	(5,8,7,6,9)	(6,2,8,9,2)	(7,8,8,9,8)	(5,7,8,6)
A4	(6,6,8,2,9)	(7,4,9,9,8)	(6,6,8,2,9,2)	(7,8,8,9,8)	(7,8,9,2,9,8)	(5,4,7,2,8,4)
A5	(7,8,6,9,6)	(6,2,7,8,8,8)	(6,6,8,4,9,6)	(5,8,7,8,9,2)	(4,6,6,6,8,4)	(5,8,7,8,9,4)
A6	(7,4,9,9,8)	(6,6,8,6,9,8)	(5,4,7,4,9)	(7,8,8,9,8)	(4,2,6,2,7,8)	(4,5,8,7,4)

Tablo 7. Normalize edilmiş bulanık karar matrisi (Normalized fuzzy-decision matrix)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6
A1	(0.51,0.69,0.84)	(0.51,0.69,0.84)	(0.31,0.52,0.71)	(0.47,0.67,0.84)	(0.55,0.76,0.92)	(0.49,0.65,0.78)
A2	(0.67,0.86,0.96)	(0.55,0.73,0.88)	(0.35,0.56,0.75)	(0.59,0.80,0.94)	(0.59,0.80,0.94)	(0.71,0.9,1)
A3	(0.67,0.86,0.98)	(0.76,0.92,1)	(0.60,0.79,0.94)	(0.63,0.82,0.94)	(0.71,0.9,1)	(0.51,0.71,0.88)
A4	(0.67,0.84,0.92)	(0.76,0.92,1)	(0.69,0.85,0.96)	(0.71,0.9,1)	(0.8,0.94,1)	(0.55,0.73,0.86)
A5	(0.71,0.88,0.98)	(0.63,0.80,0.90)	(0.69,0.88,1)	(0.59,0.80,0.94)	(0.47,0.67,0.86)	(0.59,0.80,0.96)
A6	(0.76,0.92,1)	(0.67,0.88,1)	(0.56,0.77,0.94)	(0.71,0.9,1)	(0.43,0.63,0.80)	(0.41,0.59,0.76)

Tablo 8. Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi (Weighted normalized fuzzy decision matrix)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6
A1	(0.26,0.46,0.65)	(0.36,0.61,0.82)	(0.26,0.50,0.71)	(0.31,0.44,0.55)	(0.41,0.56,0.68)	(0.21,0.27,0.33)
A2	(0.34,0.57,0.75)	(0.39,0.65,0.86)	(0.29,0.54,0.75)	(0.39,0.53,0.62)	(0.44,0.59,0.69)	(0.30,0.38,0.42)
A3	(0.34,0.57,0.76)	(0.53,0.81,0.98)	(0.50,0.76,0.94)	(0.42,0.54,0.62)	(0.53,0.66,0.74)	(0.21,0.30,0.37)
A4	(0.34,0.55,0.72)	(0.53,0.81,0.98)	(0.56,0.82,0.96)	(0.47,0.59,0.66)	(0.59,0.69,0.74)	(0.23,0.31,0.36)
A5	(0.36,0.58,0.76)	(0.44,0.70,0.88)	(0.56,0.84,1.00)	(0.39,0.53,0.62)	(0.35,0.50,0.63)	(0.25,0.33,0.40)
A6	(0.38,0.61,0.78)	(0.47,0.77,0.98)	(0.46,0.74,0.94)	(0.47,0.59,0.66)	(0.32,0.47,0.59)	(0.17,0.25,0.32)

Tablo 9. FPIS ve FNIS'den olan uzaklıklar ve yakınlık katsayıları (di values and closeness coefficients)

Tedarikçiler	d_i^*	d_i^-	CC _i
A1	3,33	2,91	0,47
A2	2,98	3,27	0,52
A3	2,65	3,61	0,58
A4	2,52	3,71	0,60
A5	2,80	3,47	0,55
A6	2,87	3,42	0,54

4. SONUÇLAR (CONCLUSION)

İşletmeler için doğru tedarikçinin seçimi, rekabet güçlerini olumlu yönde etkileyebilecek önemli bir karardır. Bu nedenle firmalar, kendilerine en kaliteli hizmeti verebilecek, talep değişikliklerine karşı esnek olabilecek ve maliyet avantajı sağlayabilecek tedarikçileri bulma çabası içindedirler. En iyinin bulunabilmesi için, işletme gereksinimlerinin belirlenmesi ve bu gereksinimleri karşılayabilecek uygun tedarikçilerin seçilmesi önemlidir. Firmanın ihtiyaçlarına göre belirlenmesi gereken seçim faktörleri, işletmeden işletmeye farklılık gösterebileceği gibi aynı işletme içindeki farklı malzeme grupları için de farklılık gösterebilir. Dolayısıyla, tedarikçi seçim sürecinde pek çok nitel ve nicel kriterler ile ilgili alanın doğasını yansıtabilecek farklı karar vericiler yer alacaktır. Çok sayıda kriterin, çok sayıda karar vericinin ve çok sayıda alternatifin olduğu böyle bir süreçte belirsizlik de kaçınılmaz olmaktadır. Buna ilaveten, uzman yargıları, kişisel deneyimlerle birlikte ortaya çıktığından sayısal olmayan, dilsel ifadeleri de beraberinde getirir. Bu durumun üstesinden gelmek için bu çalışmada bulanık mantık çerçevesinde karar verme yöntemi düşünülerek; bulanık TOPSIS yöntemi tedarikçi seçim probleminin çözümünde kullanılmıştır.

Çalışmada karar vericiler önce seçim için gerekli değerlendirme faktörlerinin önem ağırlıklarını çok düşük, düşük, biraz düşük, orta, biraz yüksek, yüksek, çok yüksek gibi dilsel değişkenler kullanarak belirlediler. Sonrasında belirlenen bu kriterlere göre tedarikçi alternatiflerini çok iyi, iyi, biraz iyi, orta, biraz kötü, kötü, çok kötü gibi dilsel değişkenler kullanarak değerlendirdiler. Bu değerlendirmeler üçgen bulanık sayılara dönüştürülerek, bulanık TOPSIS yöntemi çalıştırılmış ve sonuca göre ilk sıradaki tedarikçi, işletme için en uygun olan olarak önerilmiştir.

Bu çalışmanın devamında problemin çözümü için bulanık ortamda farklı karar verme tekniklerinin kullanımı ve mukayesesi düşünülmektedir. İleride mobilya sektöründe tedarikçi seçimi ile ilgili yapılacak çalışmalarda, bu çalışmada belirlenmiş ve değerlendirilmiş olan ölçütlere ilaveler ve eksiltmeler yapılabilir. Belirlenen ölçütlerin sağlayacağı faydalar,

ölçütlerin sürekli olarak güncellenmesi ve seçilen tedarikçinin belirli periyotlarla performans ölçümünün yapılması uygun tedarikçi seçiminde büyük önem taşımaktadır. Ayrıca bu çalışmada uygulanan yöntemler, işletmenin diğer ürün gruplarına ilişkin tedarikçilerin seçiminde de kullanılabilir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] G.W. Dickson “An analysis of vendor selection systems and decisions”, Journal of Purchasing. 2/1, 5-17. 1966
- [2] W. Ho, X. Xu, P. K. Dey, “Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review”, European Journal of Operational Research. 202, pp.16–24, 2010.
- [3] W.P. Wang, “A fuzzy linguistic computing approach to supplier evaluation”, Applied Mathematical Modelling. 34, pp. 3130–3141, 2010.
- [4] O. Mamavi, H. Nagati, G. Pache, F.T. Wehrle, “How does performance history impact supplier selection in public sector”, Industrial Management & Data Systems. Vol. 115 No. 1, pp. 1-29, 2015.
- [5] A. Öztürk, Ş. Erdoğan, V. S. Arıkan. “Analitik hiyerarsi süreci (ahs) kullanılarak tedarikçilerin değerlendirilmesi: bir tekstil firmasında uygulama”, Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi. 26(1), 93-112, 2011.
- [6] A. A. Supçiller, O. Capraz, “AHP-TOPSIS Yöntemine Dayalı Tedarikçi Seçimi Uygulaması”, İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Ekonometri Ve İstatistik Dergisi, Sayı.13, 1-22, 2011.
- [7] B.Gökalp, B. Soylu, “Tedarikçinin Süreçlerini İyileştirme Amaçlı Tedarikçi Seçim Problemi”, Journal of Industrial Engineering (Turkish Chamber of Mechanical Engineers), 23(1), 4-15, 2012.
- [8] I. M. Ar, H. Göksen, M. A. Tuncer, Kablo sektöründe tedarikçi seçimi için bütünleşik DEMATEL-AAS-VIKOR Yönteminin Kullanılması”, Ege Akademik Bakış, 15(2), 285-300, 2015.
- [9] L. A. Zadeh, “Fuzzy sets”, Information Control. 8, 338–353, 1965.
- [10] D. Chamodrakas, D. Batis, Martakos, “Supplier selection in electronic marketplaces using satisficing and fuzzy AHP”, Expert Systems with Applications. 37, 490–498, 2010.

- [11] C.C. Sun, “A Performance Evaluation Model By Integrating Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS Methods”, *Expert Systems with Applications* 37, 7745–7754, 2010.
- [12] S. Ballı, S. Korukoğlu, “Operating system selection using fuzzy AHP and TOPSIS methods”, *Mathematical and Computational Applications*, 14(2), 119-130, 2009.
- [13] S. Ballı, S. Korukoğlu, “Development of a fuzzy decision support framework for complex multi-attribute decision problems: A case study for the selection of skilful basketball players”, *Expert Systems*, 31(1), 56-69, 2014.
- [14] C.N. Liao, H.P. Kao, “An Integrated Fuzzy TOPSIS And MCGP Approach to Supplier Selection in Supply Chain Management”, *Expert Systems with Applications* 38, 10803–10811, 2011.
- [15] D. Kannan, A.B.L.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.
- [16] F.L.R. 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.
- [17] Z. Şen, *Bulanık Mantık İlkeleri ve Modelleme*. Su Vakfı Yayınları, 2009.
- [18] C. L. Hwang, K. Yoon, “Multiple attribute decision making methods and applications”, a state-of-the-art survey. New York:Springer-Verlag. 1981.
- [19] C.T. Chen, “Extensions of the Topsis for Group Decision-Making Under Fuzzy Environment”, *Fuzzy Sets and Systems*. 114, pp.1-9, 2000.