

ÜYELİK FONKSİYONU OLARAK ÜÇGEN BULANIK SAYILAR MI YAMUK BULANIK SAYILAR MI?

Fatih ECER*

Öz:

Fuzzy TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemi belirsiz ortamlarda Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden birisidir ve grup kararı vermede kullanılır. Fuzzy TOPSIS yönteminin temelinde ideal çözümün Bulanık Pozitif İdeal Çözüm (BPİÇ) en yakın, Bulanık Negatif İdeal Çözüm (BNİÇ) ise en uzak mesafede olması yatar. BPİÇ ve BNİÇ vasıtasıyla her bir alternatifin yakınlık katsayıları hesaplanır ve hesaplanan yakınlık katsayılarına göre alternatifler sıralanır.

Çalışmanın amacı, Fuzzy TOPSIS yönteminde üyelik fonksiyonu olarak üçgen bulanık sayıların kullanımıyla yamuk bulanık sayıların kullanımının alternatiflerin sıralamaları üzerinde farklılık yaratıp yaratmadığını ortaya koymaktır. Sonuçları karşılaştırabilmek için bir uygulama gerçekleştirilmiştir. Uygulama, bir alışveriş merkezinde işe başvuran satış elemanı adaylarının mülakata alınarak değerlendirilmesini içermektedir. Satış elemanı adayları dört karar kriterine göre üç karar verici (KV) tarafından dilsel ifadelerle değerlendirilmiştir. Sözel olarak dilsel ifadelerle yapılan değerlendirmeleri işlemlerde kullanabilmek için sayısal değerler haline getirmek gerekmektedir. Bu nedenle dilsel ifadeler hem üçgen ve hem de yamuk bulanık sayılara dönüştürülmüş ve Fuzzy TOPSIS yönteminde kullanılmıştır. Sonuçlar, işlemlerde üçgen veya yamuk bulanık sayıların kullanılmasının alternatiflerin sıralamasını değiştirmedini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Üçgen bulanık sayılar, yamuk bulanık sayılar, Fuzzy TOPSIS

IS TRIANGULAR FUZZY NUMBERS OR TRAPEZOIDAL FUZZY NUMBERS AS MEMBERSHIP FUNCTION?

Abstract:

Fuzzy TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal

* Yrd. Doç. Dr., Afyon Kocatepe Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve Finansman Bölümü, fecer@aku.edu.tr

Solution) method is one of the Multiple Criteria Decision Making (MCDM) methods in uncertain environment and used group decision making. Foundation of Fuzzy TOPSIS method is that the ideal solution is the shortest distance from Fuzzy Positive Ideal Solution (FPIS) and the farthest distance from Fuzzy Negative Ideal Solution (FNIS). The closeness coefficients of each alternative are evaluated by means of FPIS and FNIS and according to evaluated closeness coefficients alternatives are ranked.

The aim of the study is to show that using triangular fuzzy numbers and trapezoidal fuzzy numbers as membership function in Fuzzy TOPSIS method whether creating distinction on ranking orders of alternatives or not. An application to compare the results was implemented. Application contains to assess salesperson candidates who apply for job, with interview in a shopping center. Salesperson candidates were assessed by three decision makers (DM) in accordance with four decision criteria with linguistic variables. It is necessary to convert linguistic variables expressed by verbally to numerical variables in order to use them in operations. So, linguistic variables converted to triangular and trapezoidal fuzzy numbers and used in Fuzzy TOPSIS method. Results show that using of triangular or trapezoidal fuzzy numbers don't change the ranking orders of alternatives.

Keywords: Triangular fuzzy numbers, trapezoidal fuzzy numbers, Fuzzy TOPSIS

GİRİŞ

Etkin ve verimli karar verme iyi bir yönetimin temel unsurlarından birisidir. Çünkü kararlar örgütün problemlerini nasıl çözümlediğini, kaynaklarını nasıl kullandığını ve hedeflerine nasıl ulaştığını gösterir (Daft, 1991: 179). Karar vermenin gerçekleşebilmesi için karar verici veya vericiler, karar ortamı, kriterler, alternatifler ve bir metot gereklidir. Karar verme süreci geçmişte veri toplama ve bilgi süreciyle ilişkilendirilmiş olup sürecin karmaşıklığı zamanla artmıştır. Modern toplumların sosyal yapılarının karmaşıklığı ve insanın sahip olduğu bilginin artmasıyla birlikte insanlar ya karar verme sürecinde bilgiye ulaşamamış ya da istedikleri bilgiye ulaşma konusunda yetersiz kalmışlardır. Günümüzde karar verme konusunda önemli değişimler yaşanmaktadır (Despic ve Simonovic, 2000: 11). Kararlar bireysel ya da grupta birlikte verilebilir. Grup kararı, kararların birden çok kişi tarafından verilmesini, farklı kişisel tercihlerin tek bir tercih halini almasını ya da karar sürecine çok kişinin katılmasını ifade eder (Demir vd., 1985: 13; Koçel, 2003: 79; Hwang ve Lin, 1987: 295). Grup kararı vermede yararlanılan ve Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden biri olan Fuzzy TOPSIS'in yapısı belirsizliğin egemen olduğu bulanık ortamlarda karar vermeye oldukça uygundur. Dilsel ifadelerle bulanık sayılar kullanılarak üyelik fonksiyonları verilir ve böylece belirsizlik ortadan kaldırılır. En sık kullanılan bulanık sayılar üçgen ve yamuk bulanık sayılardır.

Gerek işlem kolaylığı sağlaması gerekse de sezgisel olarak oluşturulabilmesi nedeniyle en çok kullanılan bulanık sayı türünün üçgen bulanık sayılar olduğu ifade edilmektedir (Sanchez ve Gomez, 2003: 667). Bununla birlikte işlem verimliliği ve veri kazanım kolaylığı nedeniyle yamuk bulanık sayıların da sıklıkla kullanıldığı belirtilmektedir (Zimmermann, 1990: 57). Dolayısıyla hangi tür bulanık sayının kullanımının daha avantajlı olduğu sorusu zihinleri karıştırmaktadır. Çalışmada iki tür bulanık sayı da kullanılarak hesaplamalar yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Çalışmanın ilk bölümü bulanık kümelerin temelini oluşturan dilsel ifadeler ve bulanık sayılara ayrılmıştır. Bu bağlamda bazı temel özelliklere değinilmiştir. İkinci bölümde Fuzzy TOPSIS yöntemi ele alınmış ve hem üçgen hem de yamuk bulanık sayılar kullanılması durumunda algoritmanın işleyişi açıklanmıştır. Son bölüm ise bir uygulama üzerinde üçgen ve yamuk bulanık sayılar kullanılarak yapılan değerlendirmelere ayrılmıştır.

I) BULANIK SAYILAR VE DİLSEL İFADELER

Bu bölümde dilsel ifadeler ve bulanık sayılarla ilgili temel özelliklere değinilecektir.

A) Dilsel İfade (Dilsel Değişken)

Dilsel ifade ya da dilsel değişken, değerleri anadildeki cümleler olan değişken ya da kelime ile kelime gruplarını sayılar gibi kullanan değişken olarak tanımlanır (Zadeh, 1987a: 109; Cebeci ve Beskese, 2002: 93). Dilsel ifadelerden çok karmaşık olan ya da iyi tanımlanmamış durumları nicel olarak ifade etmede yararlanılır. Örneğin “ağırlık” dilsel bir ifadedir çünkü değerleri çok, az, biraz vb. olabilir (Chen vd., 2005: 4-5).

B) Bulanık Sayılar

İnsanın kesin olmayan bilgiyi anlama ve analiz etme yeteneğinden yola çıkan Zadeh, kesinlik içermeyen problemleri çözmek ve insan düşüncesinin anahtar elemanlarının sayılar değil dilsel ifadeler olduğu fikrini dayanak alarak bulanık küme teorisini geliştirmiştir (Mao, 1999: 7; Chou ve Liang, 2001: 378; Chen, 2001: 66). Gündelik yaşamda pek çok yargıya belirsizlik altında varılır ve kesinlik yaklaşımıyla belirsizlik gerçekçi bir şekilde modellenemez. Ancak bulanık kümeler bu modellemeyi yapabileme özelliğine sahiptir. Bulanık kümenin elemanlarının kesin sınırları olmaması nedeniyle elemanların hangilerinin bu kümenin elemanı olduğunu ayırt etmek zordur. Kesin kümelerde yer alan evet/hayır, iyi/kötü, doğru/yanlış ifadeleri bulanık kümelerde yerini kısmen doğru ve kısmen yanlış gibi ifadelerle bırakır (Kleye vd., 1997: 70). Bulanık küme teorisi, insan algı ve öznel yargılarıyla ilgili olan dilsel belirsizliği

modellerken nitel parametrelerin yorumlanmasını ve dilsel belirsizliğin bulanık sayılarla matematiksel olarak ifade edilebilmesini sağlar (Knight, 2001: 17; Liang, 2001: 46; Cheng vd., 2002: 981; Byrne, 1995: 24).

1) Üyelik fonksiyonu ve Üyelik Derecesi

Dilsel ifadelerin dilsel olgusunu açıklayan teknik sayının değerine üyelik derecesi denir (Hamitoğulları, 1999: 12). Üyelik derecesi subjektif olarak belirlenir (Zadeh, 1987b: 468). Sürekli bir değişken için üyelik derecesi üyelik fonksiyonuyla ifade edilir (Hamitoğulları, 1999: 12). Bulanık küme teorisinin temelini oluşturan üyelik fonksiyonları 0 ile 1 arasında bir üyelik derecesine sahiptir (Kahya, 2003: 24).

2) α -Kesim

\tilde{n} bulanık sayısının α -kesimi şöyle tanımlanır (Chen vd., 2005: 4):

$$\tilde{n}^\alpha = \left\{ x_i : \mu_{\tilde{n}}(x_i) \geq \alpha, x_i \in X \right\} \quad (1)$$

3) Konvekslik

$$\forall x_1, x_2 \in X, \forall \lambda \in [0, 1]$$

olmak üzere

$$\mu_{\tilde{A}}(\lambda x_1 + (1 - \lambda)x_2) \geq \min(\mu_{\tilde{A}}(x_1), \mu_{\tilde{A}}(x_2)) \quad (2)$$

eşitsizliğini sağlayan A bulanık kümesi konvektir. Diğer bir ifadeyle A'nın artan değerleri için üyelik değerleri monoton artan veya azalan ya da önce monoton artıp sonra monoton azalan oluyorsa A kümesi konvektir (Zadeh, 1965: 347; Kaufmann ve Gupta, 1991: 11; Karanfil, 1997: 13).

4) Normallik

X'in en az bir elemanı için "1" üyelik değerini alan A bulanık kümesi normaldir (Kaufmann ve Gupta, 1991: 12; Karanfil, 1997: 13).

5) Bulanık Sayı

Normal ve konveks olan bulanık kümeye bulanık sayı denir (Kaufmann ve Gupta, 1991: 14; Karanfil, 1997: 13; Bandemer ve Gottwald, 1995: 49). Üçgen ve yamuk bulanık sayılarla ilgili temel özellikler şunlardır:

a) Yamuk Bulanık Sayı (YBS)

Bir yamuk bulanık sayı $\tilde{n} = (n_1, n_2, n_3, n_4)$ şeklinde ifade edilir ve Ek Şekil1'deki gibi gösterilir. Üyelik fonksiyonu ise şöyle tanımlanır (Chen vd., 2005: 4):

$$\mu_n(x) = \begin{cases} 0, x < n_1 \\ \frac{x - n_1}{n_2 - n_1}, n_1 \leq x \leq n_2 \\ 1, n_2 \leq x \leq n_3 \\ \frac{x - n_4}{n_3 - n_4}, n_3 \leq x \leq n_4 \\ 0, x > n_4 \end{cases} \quad (3)$$

$\tilde{m} = (m_1, m_2, m_3, m_4)$ ve $\tilde{n} = (n_1, n_2, n_3, n_4)$ iki YBS ve r pozitif bir reel sayı olmak üzere YBS'lerle yapılan bazı temel işlemler şöyledir (Chen vd., 2005: 4):

$$\tilde{m} \oplus \tilde{n} = [m_1 + n_1, m_2 + n_2, m_3 + n_3, m_4 + n_4] \quad (4)$$

$$\tilde{m} \ominus \tilde{n} = [m_1 - n_1, m_2 - n_2, m_3 - n_3, m_4 - n_4] \quad (5)$$

$$\tilde{m} \otimes r = [m_1 r, m_2 r, m_3 r, m_4 r] \quad (6)$$

$$\tilde{m} \otimes \tilde{n} \equiv [m_1 n_1, m_2 n_2, m_3 n_3, m_4 n_4] \quad (7)$$

b) Üçgen Bulanık Sayı (ÜBS)

$\tilde{n} = (n_1, n_2, n_3, n_4)$ yamuk bulanık sayısında $n_2 = n_3$ olduğunda oluşan yeni sayıya üçgen bulanık sayı denir, $\tilde{n} = (n_1, n_2, n_3)$ şeklinde ifade edilir ve Ek Şekil 2'deki gibi gösterilir (Chen vd., 2005: 4). m ve n pozitif bulanık sayılar, r pozitif bir reel sayı, m_1^α ve n_1^α kapalı aralığın alt sınırı, m_u^α ve n_u^α kapalı aralığın üst sınırı olmak üzere iki bulanık sayının α kesimleri sırasıyla $m^\alpha = [m_1^\alpha, m_u^\alpha]$, $n^\alpha = [n_1^\alpha, n_u^\alpha]$ olsun. Üçgen bulanık sayılar kullanılarak yapılan temel işlemler şöyle özetlenebilir (Chen, 2000: 3):

$$(m (+) n)^\alpha = [m_1^\alpha + n_1^\alpha, m_u^\alpha + n_u^\alpha] \quad (8)$$

$$(m (-) n)^\alpha = [m_1^\alpha - n_u^\alpha, m_u^\alpha - n_1^\alpha] \quad (9)$$

$$(m (.) n)^\alpha = [m_1^\alpha . n_1^\alpha, m_u^\alpha . n_u^\alpha] \quad (10)$$

$$(m (.) r)^\alpha = [m_1^\alpha . r, m_u^\alpha . r] \quad (11)$$

6) Bulanık Matris

En az bir elemanı bulanık sayı olan matrise bulanık matris denir (Chen, 2000: 3).

7) Vertex Metodu

$\tilde{m} = (m_1, m_2, m_3, m_4)$ ve $\tilde{n} = (n_1, n_2, n_3, n_4)$ gibi iki YBS arasındaki uzaklığı bulmak için vertex metodundan yararlanılır (Chen vd., 2005: 5):

$$d_v(\tilde{m}, \tilde{n}) = \sqrt{\frac{1}{4}[(m_1 - n_1)^2 + (m_2 - n_2)^2 + (m_3 - n_3)^2 + (m_4 - n_4)^2]} \quad (12)$$

Benzer biçimde $m = (m_1, m_2, m_3)$ ve $n = (n_1, n_2, n_3)$ gibi iki ÜBS arasındaki uzaklık vertex metoduyla şöyle hesaplanır (Chen, 2000: 3):

$$d(m, n) = \sqrt{\frac{1}{3}[(m_1 - n_1)^2 + (m_2 - n_2)^2 + (m_3 - n_3)^2]} \quad (13)$$

II) FUZZY TOPSIS YÖNTEMİ

Bu bölümde Chen vd. (2005) tarafından geliştirilen Fuzzy TOPSIS yöntemine ve algoritmasına değinilecektir. Çalışmada hem üçgen hem de yamuk bulanık sayılar kullanıldığı için algoritma ikisine göre de açıklanacaktır.

Bulanık ÇKKV yöntemlerinden biri olan Fuzzy TOPSIS, hem nitel hem de nicel kriterlerin kriter değerleriyle (rating) ilgilenir. Fuzzy TOPSIS, esnek bir yapıya sahiptir (Chen vd., 2005: 12). Fuzzy TOPSIS yöntemi, bulanık bir ortamda grup kararı vermeyi gerektiren problemlerin çözümüne oldukça uygundur. Farklı kriterlerin önem ağırlıkları ve kriter değerleri dilsel ifadeler olarak ortaya konulur. Diğer bir ifadeyle kriterlerin önemini ve farklı kriterlere göre alternatiflerin kriter değerlerini hesaplamak için KV'ler dilsel ifadeler kullanırlar (Chen, 2000: 4-5). Kriter ve alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan dilsel ifadelerle bu ifadelerin bulanık sayılar olarak karşılıkları Ek Tablo : 1 ve 2'de gösterilmiştir.

Fuzzy TOPSIS yöntemi şöyle özetlenebilir (Chen vd., 2005: 6-8):

KV'ler Ek Tablo : 1 ve 2'yi kullanarak kriterleri ve bu kriterlere göre alternatifleri değerlendirirler. KV'lerin değerlendirmeleri Ek Tablo : 3 ve 4'teki gibidir. k. KV'nin kriterler bazında adaylara ilişkin ve kriterlerin ağırlıklarına göre dilsel olarak

ifade ettiği değerlendirmelerin YBS olarak karşılıkları sırasıyla $\tilde{x} = (a_{ijk}, b_{ijk}, c_{ijk}, d_{ijk})$

ve $\tilde{w}_{jk} = (w_{jk1}, w_{jk2}, w_{jk3}, w_{jk4})$ olsun ($i = 1, 2, \dots, m$; $j = 1, 2, \dots, n$). K tane KV'nin

kriterlere göre alternatifleri değerlendirmesiyle elde edilen bulanık kriter değerleri $\tilde{x} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}, d_{ij})$ şeklinde gösterilir. Burada

$$a_{ij} = \min_k \{a_{ijk}\}, b_{ij} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K b_{ijk}, c_{ij} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K c_{ijk},$$

$$d_{ij} = \max_k \{d_{ijk}\} \quad (14)$$

olarak ifade edilir. Eğer değerlendirmeler üçgen bulanık sayılara dönüştürülürse bulanık kriter değerleri $\tilde{x} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ şeklinde gösterilir. Burada

$$a_{ij} = \min_k \{a_{ijk}\}, b_{ij} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K b_{ijk}, c_{ij} = \max_k \{c_{ijk}\} \quad (15)$$

ile belirlenir.

Kriter ağırlıkları YMS olarak $\tilde{w} = (w_{j1}, w_{j2}, w_{j3}, w_{j4})$ şeklinde gösterilir. Burada,

$$w_{j1} = \min_k \{w_{jk1}\}, w_{j2} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K w_{jk2}, w_{j3} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K w_{jk3}, w_{j4} = \max_k \{w_{jk4}\} \quad (16)$$

olarak ifade edilir.

Kriter ağırlıkları ÜBS olarak ifade edilirse $\tilde{w} = (w_{j1}, w_{j2}, w_{j3})$ şeklinde gösterilir. Burada,

$$w_{j1} = \min_k \{w_{jk1}\}, w_{j2} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K w_{jk2}, w_{j3} = \max_k \{w_{jk3}\} \quad (17)$$

şeklinde belirlenir.

Karar probleminin yapısı matris formunda şöyle gösterilir:

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \cdots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \cdots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \cdots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix}, \tilde{W} = \begin{bmatrix} \tilde{w}_1 & \tilde{w}_2 & \cdots & \tilde{w}_n \end{bmatrix}$$

Matris YBS kullanılarak oluşturulursa $\tilde{x}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}, d_{ij})$ ve $\tilde{w}_j = (w_{j1}, w_{j2}, w_{j3}, w_{j4})$, ÜBS kullanılarak oluşturulursa $\tilde{x}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ ve $\tilde{w} = (w_{j1}, w_{j2}, w_{j3})$ olur.

Kriterler fayda ve maliyet kriterleri olarak gruplandırılabilir. Dolayısıyla normalize edilmiş bulanık karar matrisi şöyle oluşur:

$$\tilde{R} = \left[\tilde{r}_{ij} \right]_{m \times n} \quad (18)$$

Burada B fayda kriterini, C ise maliyet kriterini göstermek üzere matris YBS kullanılarak,

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{d_j^*}, \frac{b_{ij}}{d_j^*}, \frac{c_{ij}}{d_j^*}, \frac{d_{ij}}{d_j^*} \right), \quad d_j^* = \max_i d_{ij}, \quad j \in B, \quad (19)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_j^-}{d_{ij}}, \frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}} \right), \quad a_i^- = \min_i a_{ij}, \quad j \in C, \quad (20)$$

ÜBS kullanılarak ise,

$$r_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*} \right), \quad j \in B, \quad c_j^* = \max_i c_{ij}; \quad (21)$$

$$r_{ij} = \left(\frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}} \right), \quad j \in C, \quad a_j^- = \min_i a_{ij}; \quad (22)$$

şeklinde hesaplanarak oluşturulur.

Her kriterin farklı bir ağırlığı olabileceği için ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisinin belirlenmesi gerekir. Bu matris;

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n} \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (23)$$

şeklinde oluşturulur. Burada

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij}(\cdot) w_j \quad (24)$$

çarpımıyla elde edilir.

Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisinin belirlenmesinin ardından Bulanık Pozitif İdeal Çözüm (BPİÇ, A^*) ve Bulanık Negatif İdeal Çözüm (BNİÇ, A^-) şöyle belirlenir:

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

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

Burada $i = 1, 2, \dots, m$ ve $j = 1, 2, \dots, n$ olmak üzere YBS yardımıyla yapılan hesaplamada

$$\tilde{v}_j^* = \max_i \{v_{ij4}\} \text{ ve } \tilde{v}_j^- = \min_i \{v_{ij1}\} \text{ iken}$$

ÜBS kullanıldığında ise,

$$\tilde{v}_j^* = \max_i \{v_{ij3}\} \text{ ve } \tilde{v}_j^- = \min_i \{v_{ij1}\} \text{ 'dir.}$$

$d_v(.,.)$ iki bulanık sayı arasındaki uzaklığı göstermek üzere her bir alternatifin BPİÇ ve BNİÇ'ten uzaklığı vertex metodu yardımıyla şöyle bulunur.

$$d_i^* = \sum_{j=1}^n d_v(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^*) \quad , \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (25)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d_v(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-) \quad , \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (26)$$

Uzaklıkların bulunmasının ardından alternatiflerin sıralamasını belirlemek için yakınlık katsayıları hesaplanır. Yakınlık katsayısı

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-} \quad , \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (27)$$

formülü yardımıyla belirlenir ve yakınlık katsayılarına göre alternatifler sıralanır.

Verilen bilgiler çerçevesinde yöntemin algoritması adım adım özetle şöyledir.

Adım 1: KV'lerden oluşan bir jüri oluşturulur ve karar kriterleri belirlenir.

Adım 2: Kriterler ve alternatifler dilsel ifadelerle değerlendirilir.

Adım 3: Değerlendirmenin ardından dilsel ifadeler yamuk ya da üçgen bulanık sayılara dönüştürülerek kriter ağırlıkları ve kriter değerleri bulunur.

Adım 4: Bulanık karar matrisi ve normalize edilmiş bulanık karar matrisi oluşturulur.

Adım 5: Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi oluşturulur.

Adım 6: BPİÇ ve BNİÇ belirlenir.

Adım 7: Her alternatifin BPİÇ ve BNİÇ'ten olan uzaklıkları hesaplanır.

Adım 8: Her alternatifin yakınlık katsayıları bulunur.

Adım 9: Yakınlık katsayılarına göre alternatifler sıralanır.

III) SAYISAL ÖRNEK

Fuzzy TOPSIS yönteminde ÜBS'lerin kullanımıyla YBS'lerin kullanımının nihai sonuca etkilerini karşılaştırmak amacıyla ülkemizde perakendecilik sektöründe faaliyet gösteren departmanlı bir mağazada satış elemanı adayları mülakata alınmıştır. Mülakata katılan beş aday (A_1, A_2, A_3, A_4, A_5) işletme müdürü, mağaza müdürü ve insan kaynakları uzmanından oluşan üç KV (KV_1, KV_2, KV_3) tarafından aşağıdaki karar kriterlerine (fayda kriterleri) göre değerlendirilmiştir:

- (1) Fiziksel Görünüm (K_1)
- (2) Diksiyon (K_2)
- (3) Kibarlık (K_3)
- (4) Güler Yüzlülük (K_4)

Karar probleminin hiyerarşik yapısı Ek Şekil : 3'te gösterildiği gibi olup yöntem adım adım şöyle özetlenebilir:

Adım 1: KV'ler Ek Tablo : 1'deki dilsel ifadeler yardımıyla karar kriterlerini değerlendirirler. Değerlendirmeler Ek Tablo : 3'te gösterilmiştir.

Adım 2: KV'ler Ek Tablo : 2'deki dilsel ifadeler yardımıyla adayları karar kriterlerine göre değerlendirirler. Değerlendirmeler Ek Tablo : 4'te gösterilmiştir.

Adım 3: Değerlendirmenin ardından dilsel ifadeler YBS ve ÜBS'ye dönüştürülür. (14) ve (15) kullanılarak bulanık karar matrisi, (16) ve (17) kullanılarak da kriterlerin bulanık ağırlıkları elde edilir. Bulanık karar matrisleri Ek Tablo : 5'te ve 6'da, kriterlerin bulanık ağırlıkları ise Ek Tablo : 7 ve 8'de verilmiştir.

Adım 4: Normalize edilmiş bulanık karar matrisleri (18)'deki gibi (19) ve (21) kullanılarak ve bulanık karar matrisleri yardımıyla oluşturulur. Normalize edilmiş bulanık karar matrisleri Ek Tablo : 9 ve 10'da gösterilmiştir.

Adım 5: Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi, normalize edilmiş bulanık karar matrisleri ve kriterlerin bulanık ağırlıkları yardımıyla (23)'te gösterildiği gibi ve (24) kullanılarak oluşturulur. Bu matrisler Ek Tablo : 11 ve 12'de verilmiştir.

Adım 6: BPİÇ ve BNİÇ değerlerine ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisine göre karar verilir. Buna göre YBS kullanılmasıyla elde edilen BPİÇ ve BNİÇ

$$A^* = [(1,1,1,1), (0.9,0.9,0.9,0.9), (1,1,1,1), (1,1,1,1)]$$

$$A^- = [(0,0,0,0), (0,0,0,0), (0.1,0.1,0.1,0.1), (0,0,0,0)]$$

ÜBS kullanılmasıyla elde edilen BPİÇ ve BNİÇ ise

$$A^* = [(1,1,1), (0.9,0.9,0.9), (1,1,1), (1,1,1)]$$

$$A^- = \left[(0.07, 0.07, 0.07), (0.07, 0.07, 0.07), (0.1, 0.1, 0.1), (0.08, 0.08, 0.08) \right]$$

şeklinde belirlenir.

Adım 7: Her adayın BPİÇ ve BNİÇ'ten olan uzaklıkları (25) ve (26) yardımıyla hesaplanır. Uzaklıklar Ek Tablo : 13 ve 14'te gösterilmiştir.

Adım 8: Her adayın yakınlık katsayıları (27) kullanılarak bulunur.

Adım 9: Yakınlık katsayılarına göre adaylar sıralanır. Yakınlık katsayıları ve adayların sıralamaları Ek Tablo : 15 ve 16'da gösterilmiştir.

Yakınlık katsayıları büyükten küçüğe doğru gerek YBS gerekse de ÜBS ile yapılan değerlendirmelerde $CC_5 > CC_4 > CC_3 > CC_1 > CC_2$ şeklinde gerçekleştiği için satış elemanı adayları $A_5 > A_4 > A_3 > A_1 > A_2$ olarak sıralanmıştır. Diğer bir ifadeyle değerlendirme sonucunda beşinci aday en başarılı olurken ikinci aday ise en başarısız aday olarak belirlenmiştir.

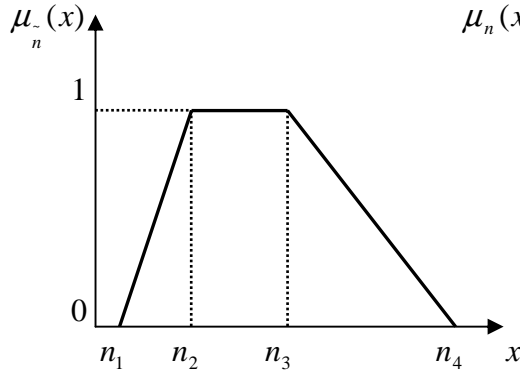
SONUÇLAR

Çalışmada bulanık ortamlarda grup kararı vermede yararlanılan ve ÇKKV yöntemlerinden biri olan Fuzzy TOPSIS yöntemi ayrıntılı olarak açıklanmış, dilsel ifadelerle üyelik fonksiyonu vererek kesin değerlere dönüştürmeyi sağlayan üçgen ve yamuk bulanık sayılar kullanılarak satış elemanı adayları değerlendirilmesi örneğiyle hem yöntemin işleyişine açıklık kazandırılmaya çalışılmış hem de farklı tür bulanık sayıların kullanılmasıyla ortaya çıkan sonuçlar karşılaştırılmıştır. Buna göre üçgen ve yamuk bulanık sayılar kullanılarak hesaplanan ve alternatiflerin skorlarını da ifade eden yakınlık katsayıları bakımından sıralamanın aynı olduğu hatta bir alternatifin her iki değerlendirmede de aynı skora sahip olduğu diğerlerinin ise yüzde birler düzeyinde farklılığa sahip oldukları görülmüştür. Ancak bu küçük farklılıkların her iki durumda da alternatiflerin sıralanmaları üzerinde bir etki yapmadığı belirlenmiştir. Yapılan hesaplamalarda virgülden sonra iki basamak esas alınmıştır. Basamak sayısı virgülden sonra on basamağa kadar çıkartılmasına rağmen yakınlık katsayıları değişmemiştir. Buradan hareketle küçük farklılıkların temelinde üçgen ve yamuk sayıların üyelik fonksiyonları arasındaki birtakım farklılıkların olduğu düşünülmüştür.

Sonuç olarak alternatiflerin skorlarındaki küçük farklılıkların sıralamaya etki edecek düzeyde olmaması nedeniyle iki tür bulanık sayının da aynı sonuca ulaştırdığı, bununla birlikte işlem kolaylığı ve hızlığı sağlaması nedeniyle ÜBS kullanımının KV'lere zaman ve kolaylık avantajı sağladığı söylenebilir.

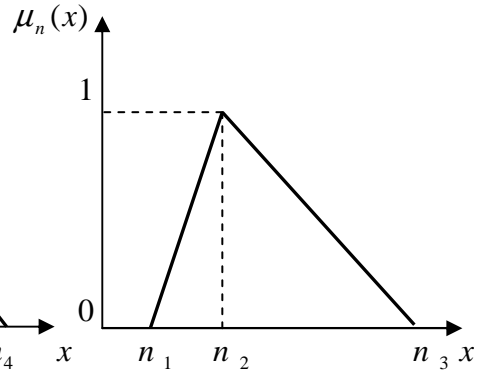
EKLER

EK Şekil : 1Yamuk Bulanık Sayı



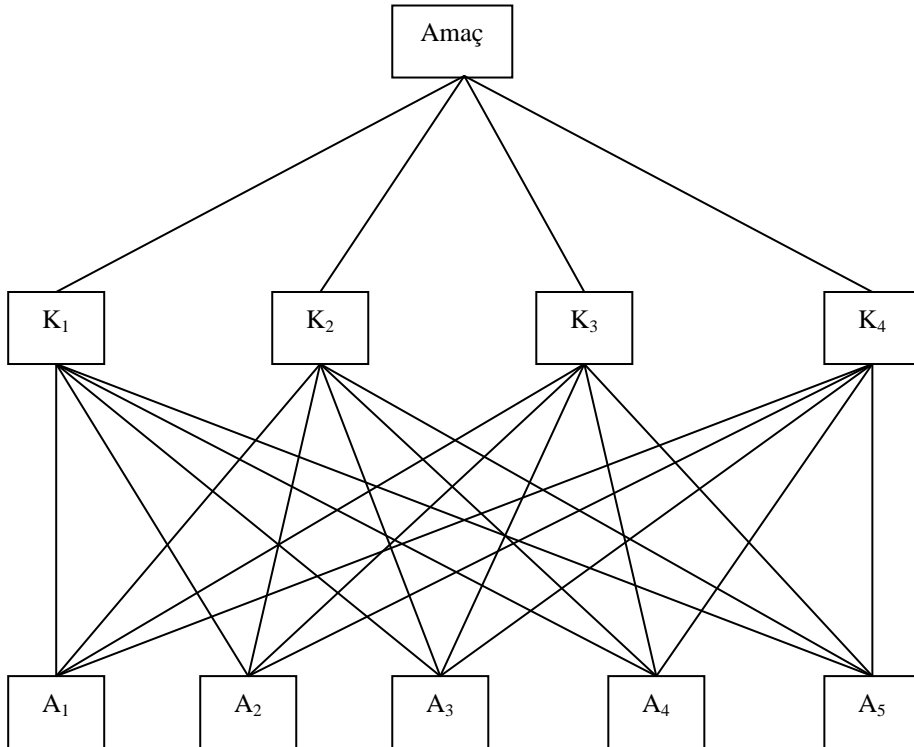
Kaynak: Chen vd., 2005: 4.

EK Şekil : 2 Üçgen Bulanık Sayı



Kaynak: Chen, 2000: 3.

EK Şekil : 3 Karar Probleminin Hiyerarşik Yapısı



EK Tablo : 1 Her Bir Kriter Ağırlığı İçin Dilsel İfadeler ve Üyelik Fonksiyonları

	ÜBS	YBS
Çok Yüksek (ÇY)	(0.8,1,1)	(0.8,0.9,1,1)
Yüksek (Y)	(0.7,0.8,0.9)	(0.7,0.8,0.8,0.9)
Biraz Yüksek (BY)	(0.5,0.7,0.8)	(0.5,0.6,0.7,0.8)
Epeyce (E)	(0.4,0.5,0.6)	(0.4,0.5,0.5,0.6)
Biraz Düşük (BD)	(0.2,0.4,0.5)	(0.2,0.3,0.4,0.5)
Düşük (D)	(0.1,0.2,0.3)	(0,0.2,0.2,0.3)
Çok Düşük (ÇD)	(0,0,0.2)	(0,0,0.1,0.2)

EK Tablo : 2 Kriter değerleri İçin Dilsel İfadeler ve Üyelik Fonksiyonları

	ÜBS	YBS
Çok İyi (Çİ)	(8,10,10)	(8,9,10,10)
İyi (İ)	(7,8,9)	(7,8,8,9)
Biraz İyi (Bİ)	(5,7,8)	(5,6,7,8)
Epeyce (E)	(4,5,6)	(4,5,5,6)
Biraz Kötü (BK)	(2,4,5)	(2,3,4,5)
Kötü (K)	(1,2,3)	(0,2,2,3)
Çok Kötü (ÇK)	(0,0,2)	(0,0,1,2)

EK Tablo : 3 Kriter Ağırlıklarının KV'ler Tarafından Değerlendirilmesi

	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄
KV ₁	Y	Y	Y	ÇY
KV ₂	ÇY	Y	BY	ÇY
KV ₃	ÇY	Y	ÇY	ÇY

KV_n : n'inci Karar Verici

ÇY: Çok Yüksek, Y:Yüksek, BY: Biraz Yüksek

EK Tablo : 4 Satış Elemanı Adaylarının KV'ler Tarafından Değerlendirilmesi

Kriterler	Adaylar	KV ₁	KV ₂	KV ₃
K ₁	A ₁	E	İ	İ
	A ₂	BK	K	K
	A ₃	İ	İ	İ
	A ₄	İ	Bİ	İ
	A ₅	Çİ	Çİ	Çİ
K ₂	A ₁	E	E	Bİ
	A ₂	K	K	K
	A ₃	İ	Bİ	Bİ
	A ₄	Çİ	İ	İ
	A ₅	Çİ	İ	Çİ
K ₃	A ₁	Bİ	İ	E
	A ₂	BK	BK	BK
	A ₃	Bİ	İ	İ
	A ₄	İ	Çİ	İ
	A ₅	İ	Çİ	Çİ
K ₄	A ₁	E	Bİ	Bİ
	A ₂	K	BK	K
	A ₃	İ	İ	İ
	A ₄	İ	Çİ	İ
	A ₅	Çİ	İ	Çİ

KV_n : n'inci Karar Verici

Çİ: Çok İyi, İ:İyi, Bİ: Biraz İyi, E:Epeyce, BK: Biraz Kötü, K:Kötü

EK Tablo : 5 ÜBS Kullanılarak Elde Edilen Göre Bulanık Karar Matrisi

	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄
A ₁	(4.00, 7.00, 9.00)	(4.00, 5.67, 8.00)	(4.00, 6.67, 9.00)	(4.00, 6.33, 8.00)
A ₂	(1.00, 2.67, 5.00)	(1.00, 2.00, 3.00)	(2.00, 4.00, 5.00)	(1.00, 2.67, 5.00)
A ₃	(7.00, 8.00, 9.00)	(5.00, 7.33, 9.00)	(5.00, 7.67, 9.00)	(7.00, 8.00, 9.00)
A ₄	(5.00, 7.67, 9.00)	(7.00, 8.67, 10.00)	(7.00, 8.67, 10.0)	(7.00, 8.67, 10.0)
A ₅	(8.00, 10.0, 10.0)	(7.00, 9.33, 10.00)	(7.00, 9.33, 10.0)	(7.00, 9.33, 10.0)

K_n : n'inci Kriter

A_n : n'inci Aday

EK Tablo : 6 YBS Kullanılarak Elde Edilen Göre Bulanık Karar Matrisi

	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄
A ₁	(4.00, 7.0, 7.0, 9.00)	(4.00, 5.33, 5.67, 8.00)	(4.00, 6.33, 6.67, 9.0)	(4, 5.67, 6.33, 8.0)
A ₂	(0.0, 2.33, 2.67, 5.0)	(0.00, 2.00, 2.00, 3.00)	(2.00, 3.00, 4.00, 5.0)	(0, 2.33, 2.67, 5.0)
A ₃	(7.00, 8.0, 8.0, 9.00)	(5.00, 6.67, 7.33, 9.00)	(5.00, 7.33, 7.67, 9.0)	(7, 8.00, 8.00, 9.0)
A ₄	(5.0, 7.33, 7.67, 9.0)	(7.00, 8.33, 8.67, 10.0)	(7.0, 8.33, 8.67, 10.0)	(7, 8.33, 8.67, 10)
A ₅	(8.0, 9.0, 10.0, 10.0)	(7.00, 8.67, 9.33, 10.0)	(7.0, 8.67, 9.33, 10.0)	(7, 8.67, 9.33, 10)

K_n : n'inci Kriter

A_n : n'inci Aday

EK Tablo : 7 Kriterlerin ÜBS Olarak Bulanık Ağırlıkları

K ₁	(0.70, 0.93, 1.00)
K ₂	(0.70, 0.80, 0.90)
K ₃	(0.50, 0.83, 1.00)
K ₄	(0.80, 1.00, 1.00)

K_n : n'inci Kriter

EK Tablo : 8 Kriterlerin YBS Olarak Bulanık Ağırlıkları

K_1	(0.70, 0.87, 0.93, 1.00)
K_2	(0.70, 0.80, 0.80, 0.90)
K_3	(0.50, 0.77, 0.83, 1.00)
K_4	(0.80, 0.90, 1.00, 1.00)

 K_n : n'inci Kriter**EK Tablo : 9** ÜBS Kullanılarak Oluşturulan Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi

	K_1	K_2	K_3	K_4
A_1	(0.40, 0.70, 0.90)	(0.40, 0.57, 0.80)	(0.40, 0.67, 0.90)	(0.40, 0.63, 0.80)
A_2	(0.10, 0.27, 0.50)	(0.10, 0.20, 0.30)	(0.20, 0.40, 0.50)	(0.10, 0.27, 0.50)
A_3	(0.70, 0.80, 0.90)	(0.50, 0.73, 0.90)	(0.50, 0.77, 0.90)	(0.70, 0.80, 0.90)
A_4	(0.50, 0.77, 0.90)	(0.70, 0.87, 1.00)	(0.70, 0.87, 1.00)	(0.70, 0.87, 1.00)
A_5	(0.80, 1.00, 1.00)	(0.70, 0.93, 1.00)	(0.70, 0.93, 1.00)	(0.70, 0.93, 1.00)

 K_n : n'inci Kriter A_n : n'inci Aday**EK Tablo : 10** YBS Kullanılarak Oluşturulan Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi

	K_1	K_2	K_3	K_4
A_1	(0.4, 0.7, 0.7, 0.9)	(0.4, 0.53, 0.57, 0.8)	(0.4, 0.63, 0.67, 0.9)	(0.4, 0.57, 0.63, 0.8)
A_2	(0.0, 0.23, 0.27, 0.5)	(0.0, 0.2, 0.2, 0.3)	(0.2, 0.3, 0.4, 0.5)	(0.0, 0.23, 0.27, 0.5)
A_3	(0.7, 0.8, 0.8, 0.9)	(0.5, 0.67, 0.73, 0.9)	(0.5, 0.73, 0.77, 0.9)	(0.7, 0.8, 0.8, 0.9)
A_4	(0.5, 0.73, 0.77, 0.9)	(0.7, 0.83, 0.87, 1.0)	(0.7, 0.83, 0.87, 1.0)	(0.7, 0.83, 0.87, 1.0)
A_5	(0.8, 0.9, 1.0, 1.0)	(0.7, 0.87, 0.93, 1.0)	(0.7, 0.87, 0.93, 1.0)	(0.7, 0.87, 0.93, 1.0)

 K_n : n'inci Kriter A_n : n'inci Aday

EK Tablo : 11 ÜBS Kullanılarak Oluşturulan Ağırlıklı Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi

	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄
A ₁	(0.28, 0.65, 0.9)	(0.28, 0.45, 0.72)	(0.20, 0.56, 0.90)	(0.32, 0.63, 0.80)
A ₂	(0.07, 0.25, 0.5)	(0.07, 0.16, 0.27)	(0.10, 0.33, 0.50)	(0.08, 0.27, 0.50)
A ₃	(0.49, 0.75, 0.9)	(0.35, 0.59, 0.81)	(0.25, 0.64, 0.90)	(0.56, 0.80, 0.90)
A ₄	(0.35, 0.72, 0.9)	(0.49, 0.69, 0.90)	(0.35, 0.72, 1.00)	(0.56, 0.87, 1.00)
A ₅	(0.56, 0.93, 1.0)	(0.49, 0.75, 0.90)	(0.35, 0.78, 1.00)	(0.56, 0.93, 1.00)

K_n : n'inci Kriter

A_n : n'inci Aday

EK Tablo : 12 YMS Kullanılarak Oluşturulan Ağırlıklı Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi

	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄
A ₁	(0.28, 0.61, 0.65, 0.9)	(0.28, 0.43, 0.45, 0.72)	(0.20, 0.49, 0.56, 0.9)	(0.32, 0.51, 0.63, 0.8)
A ₂	(0.0, 0.20, 0.25, 0.50)	(0.00, 0.16, 0.16, 0.27)	(0.10, 0.23, 0.33, 0.5)	(0.00, 0.21, 0.27, 0.5)
A ₃	(0.49, 0.69, 0.75, 0.9)	(0.35, 0.53, 0.59, 0.81)	(0.25, 0.56, 0.64, 0.9)	(0.56, 0.72, 0.80, 0.9)
A ₄	(0.35, 0.64, 0.72, 0.9)	(0.49, 0.67, 0.69, 0.90)	(0.35, 0.64, 0.72, 1.0)	(0.56, 0.75, 0.87, 1.0)
A ₅	(0.56, 0.78, 0.93, 1.0)	(0.49, 0.69, 0.75, 0.90)	(0.35, 0.66, 0.78, 1.0)	(0.56, 0.78, 0.93, 1.0)

K_n : n'inci Kriter

A_n : n'inci Aday

EK Tablo : 13 ÜBS Kullanılarak Elde Edilen BPİÇ ve BNİÇ'ten Olan Uzaklıklar

	d _i [*]	d _i ⁻
A ₁	1.91	2.13
A ₂	2.93	0.93
A ₃	1.47	2.46
A ₄	1.35	2.67
A ₅	1.16	2.89

d_i^{*} : BPİÇ'ten Olan Uzaklıklar Toplamı

d_i⁻ : BNİÇ'ten Olan Uzaklıklar Toplamı

EK Tablo : 14 YBS Kullanılarak Elde Edilen BPİÇ ve BNİÇ'ten Olan Uzaklıklar

	d_i^*	d_i^-
A ₁	1.90	2.03
A ₂	3.04	0.85
A ₃	1.45	2.40
A ₄	1.32	2.60
A ₅	1.12	2.82

d_i^* : BPİÇ'ten Olan Uzaklıklar Toplamı

d_i^- : BNİÇ'ten Olan Uzaklıklar Toplamı

EK Tablo : 15 ÜBS Kullanılarak Elde Edilen Yakınlık Katsayıları ve Adayların Sıralamaları

Adaylar	CC_n	Sıralamadaki Yeri
A ₅	0.71	1.
A ₄	0.66	2.
A ₃	0.63	3.
A ₁	0.53	4.
A ₂	0.24	5.

CC_n : n'inci Adayın Yakınlık Katsayısı

EK Tablo : 16 YBS Kullanılarak Elde Edilen Yakınlık Katsayıları ve Adayların Sıralamaları

Adaylar	CC_n	Sıralamadaki Yeri
A ₅	0.72	1.
A ₄	0.66	2.
A ₃	0.62	3.
A ₁	0.52	4.
A ₂	0.22	5.

CC_n : n'inci Adayın Yakınlık Katsayısı

KAYNAKÇA

- BANDEMER, Hans and GOTTWALD, Siegfried. (1995), *Fuzzy Sets, Fuzzy Logic, Fuzzy Methods with Applications*, John Wiley&Sons Ltd., England.
- BYRNE, Peter. (1995), "Fuzzy Analysis a Vague Way of Dealing With Uncertainty in Real Estate Analysis", *Journal of Property Valuation & Investment*, Vol. 13, No : 3, pp. 22-41.
- CEBECİ, U. and BESKESE, A. (2002), "An Approach to the Evaluation of Quality Performance of the Companies in Turkey", *Managerial Auditing Journal*, Vol. 17, No : 1, pp. 92-100.
- CHEN, C. T., LIN, C. T. and HUANG, S. F. (2005), "A Fuzzy Approach for Supplier Evaluation and Selection in Supply Chain Management", *International Journal of Production Economies*, pp. 1-13.
- CHEN, Chen-Tung. (2001), "A Fuzzy Approach to Select the Location of the Distribution Center", *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 118, pp. 65-73.
- CHEN, Chen-Tung. (2000), "Extensions of the TOPSIS for Group Decision-Making under Fuzzy Environment", *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 114, pp. 1-9.
- CHENG, S., CHAN, C. W. and HUANG, G. H. (2002), "Using Multiple Criteria Decision Analysis for Supporting Decisions of Solid Waste Management", *Journal of Environment Science Health*, Vol. 37, No : 6, pp. 975-990.
- CHOU, T. Y. and LIANG, G. S. (2001), "Application of A Fuzzy Multi-Criteria Decision Making Model for Shipping Company Performance Evaluation", *Maritime Policy & Management*, Vol. 28, No : 4, pp.375-392.
- DAFT, Richard L., 1991, *Management*, The Dryden Press, 2nd Edition, USA.
- DEMİR, M. Hulusi, BİRCAN, Bülent ve TÜTEK, Hülya. (1985), *Yönetmel Karar Verme*, Bilgehan Basımevi, İzmir.
- DESPIC, O. and SIMONOVIC, S. P. (2000), "Aggregation Operations for Soft Decision Making in Water Resources", *Fuzzy Sets and Systems*, Vol.115, pp. 11-33.
- HAMİTOĞULLARI, Hüsnü Cemal. (1999), *Fuzzy Çok Amaçlı Optimizasyon Yöntemiyle Portföy Seçimi*, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- HWANG, Ching-Lai and LIN Ming-Jeng. (1987), *Group Decision Making Under Multiple Criteria*, Springer Verlag, Berlin.
- KAHYA, Esra. (2003), *İnsangücü Seçiminde Bulanık Uzman Sistemler Yardımı ile İş Başvuru Formlarının Değerlendirilmesi*, Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Kayseri.

- KARANFİL, Salih. (1997), *Fuzzy Lojik Problemlerinde Üyelik Fonksiyonunun Belirlenmesinde Deneysel Verilere Dayanarak Bir Yöntem Geliştirilmesi*, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmış Doktora Tezi, İstanbul.
- KAUFMANN, Arnold and GUPTA, Madan M. (1991), *Introduction to Fuzzy Arithmetic Theory and Applications*, Van Nostrand Reinhold, New York.
- KLEYLE, R., KORVIN, A. D. and KARIM, K. (1997), "Investing in New Companies in an Unstable Economic Environment: A Fuzzy Set Approach", *Managerial Finance*, Vol. 23, No : 6, pp.68-80.
- KNIGHT K. G. (2001), *A Fuzzy Logic Model for Predicting Commercial Building Design Cost Overruns*, Master of Science Thesis, University of Alberta.
- KOÇEL, Tamer. (2003), *İşletme Yöneticiliği*, Beta Basım, İstanbul.
- LIANG, Y. (2001), *Dynamic Strategic Planning and Justification Systems for Advanced Manufacturing Technology Acquisition*, Master of Science Thesis, University of Windsor.
- MAO, H. (1999), *Estimating Labour Productivity Using Fuzzy Set Theory*, Master of Science Thesis, University of Alberta.
- SANCHEZ, J. and Gomez, A. T. (2003), "Applications of Fuzzy Regression in Actuarial Analysis", *The Journal of Risk and Insurance*, Vol. 70, No : 4, pp. 665-699.
- ZADEH, Lotfi A. (1987a), "Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Process", *Fuzzy Sets and Applications: Selected Papers by L.A. Zadeh*, Ed.: R.R. Yager, S. Ovchinnikov, R.M. Tong, H.T. Nguyen, John Wiley&Sons Publishing, Canada, pp. 105-146.
- ZADEH, Lotfi A. (1987b), "A Fuzzy Set Theoretic Interpretation of Linguistic Hedge", *Fuzzy Sets and Applications: Selected Papers by L.A. Zadeh*, Ed.: R.R. Yager, S. Ovchinnikov, R.M. Tong, H.T. Nguyen, John Wiley&Sons Publishing, Canada, pp. 467-498.
- ZADEH, Lotfi A. (1965), "Fuzzy Sets", *Information and Control* , Vol. 8, pp. 338-353.
- ZIMMERMANN, Hans-Jürgen. (1990), *Fuzzy Set Theory and Its Applications*, Kluwer Academic Publishers, London.