

Bulanık TOPSIS ve Bulanık VIKOR Yöntemleriyle Alışveriş Merkezi Kuruluş Yeri Seçimi ve Bir Uygulama

Selection of Shopping Center Location with The Methods of Fuzzy VIKOR and Fuzzy TOPSIS and An Application

Selahattin YAVUZ¹, Muhammet DEVECİ²

ÖZET

İşletmelerin artan rekabet koşulları nedeniyle pazarda faaliyetlerini sürdürebilmesi için yer seçimiyle ilgili doğru kararlar vermesi çok önemlidir. Yanlış yer seçimi işletmeler için büyük zararlara, hatta iflasa sebep olabilmektedir. Kendileri için yer seçiminin çok önemli olduğu sektörlerin başında Alışveriş Merkezleri (AVM) gelmektedir. Alışveriş Merkezi (AVM) olarak seçilecek yer; müşteri potansiyelinin yüksek olduğu, düşük maliyet ve yüksek kârı sağlayabilecek bir yer olmalıdır. Bu çalışmada, Erzincan ilinde yeni bir AVM açılmasına karar verilmesi durumunda, olası kuruluş yerinin belirlenmesine çalışılmıştır. Bunun için birden fazla karar vericiyle, birçok alternatif arasından doğru olan alternatifi seçmek için Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) tekniklerinden yararlanılmıştır. Çalışmada, Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) tekniklerinden Bulanık TOPSIS ve Bulanık VIKOR teknikleriyle, Erzincan için AVM kuruluş yeri seçimi için potansiyel bölgelerin değerlendirilmesi ve bunun sonucunda en uygun yer seçimi belirlenmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kuruluş yeri seçimi, çok kriterli karar verme, bulanık mantık

ABSTRACT

Due to the increasing competition in the market, taking right decisions about the location selection for businesses is very important. The wrong choice of location for businesses may cause to large losses even bankruptcy. Shopping Centers (AVM) sector is the first sector for which the location selection is quite important. A location chosen as Shopping Center (AVM) should be a place providing high customer potential, low cost and high profit. In this study, the case of a business making a decision to open a new AVM in the province of Erzincan is studied to determine the possible location of a new shopping center. For this purpose we studied with more than one decision makers and Multi-Criteria Decision Making (MCDM) techniques were used to choose the right alternative among the wide range of alternatives. In this study by using techniques of Fuzzy TOPSIS and Fuzzy VIKOR, belonging to Multiple Criteria Decision Making (MCDM) techniques, it is examined to determine the evaluation and selection of the most appropriate potential location for the shopping center in province of Erzincan.

Keywords: Facility location selection, multiple criteria making decision, fuzzy logic

1. GİRİŞ

Kuruluş yeri seçimi gibi stratejik kararların çoğu, birbirleriyle çelişen pek çok kriterin dikkate alınması gerektiren kararlardır. Bu yüzden, bu tip kararlarda tüm değerlendirme kriterlerini değerlendirme sürecine dahil edecek yöntemlerin kullanılması gerekmektedir. Bu eksikliğin giderilmesi amacıyla bu tip problemlerin çözümü için Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri geliştirilmiştir. ÇKKV, birden fazla kritere göre bir karar kümesi içinden ve karar vericinin karar verme durumuna bağlı olarak en iyi kararı seçme işlemidir (Alpay, 2010). Literatür tarandığında, ÇKKV yöntemlerinin bulanık küme teorisi ile birlikte kullanılması sonucunda oluşan bulanık ÇKKV yöntemleri, son yıllarda sıklıkla tercih edilen karar verme yöntemleri olduğu görülmektedir (Demir, 2010). Alışveriş Merkezi (AVM) kuruluş yeri seçimi probleminin çözümünde kullanılan yöntemlerden ilki olan Bulanık TOPSIS; pozitif ideal çözümden en kısa, negatif ideal

çözümünden en uzak mesafedeki alternatifin seçilmesi olarak ifade edilmektedir. İkinci yöntem olan Bulanık VIKOR yöntemi ise, uzlaşmacı sıralama listesini ve çözümü belirtir (Opricovic ve Tzeng, 2004). Bu yöntemler, Çok Kriterli Karar Verme tekniklerinden sadece iki tanesidir. Opricovic ve Tzeng (2004), çalışmalarında her iki yöntemin temel farklılıklarını normalizasyon, toplama ve çözüm teknikleri bakımından açıklamaya çalışmışlardır. Bulanık VIKOR ve TOPSIS yöntemlerinde alternatiflerin sıralaması yapılırken Q ve yakınlık katsayısı (CC_i) indeksinin değerlerine bakılır. VIKOR yönteminde Q_i indeksinin "0" değerine yakın olması, TOPSIS yönteminde ise CC_i'nin "1" değerine yakın olması istenir. ÇKKV yöntemlerinin çözümü için ilk kez, 1981 yılında ortaya atılan TOPSIS yöntemi Hwang ve Yoon (1981); pozitif ideal çözüme en yakın ve negatif ideal çözüme en uzak alternatifleri belirleme ve buna göre alternatifler arasında bir sıralama yapma prensibine dayanmaktadır (Chen, 2000).

¹ Yrd. Doç. Dr., Erzincan Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, selahyavuz@hotmail.com

² Araş. Gör., Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, mdeveci@yildiz.edu.tr

Bu çalışmada Erzincan ili için, Bulanık TOPSIS ve Bulanık VIKOR yöntemleriyle çözüm aranan AVM kuruluş yeri seçim problemi kapsamında; şehir merkezine uzaklıklarına göre belirlenen 5 alternatif bölge, karar vericilerle yapılan görüşmeler ve ilgili literatür araştırması sonucunda 14 kriter (yetenekli işgücü, yatırım maliyeti, toplum tutumu, trafik, sosyal ve kültürel çevre, altyapı uygunluğu, müşterilere yakınlık, genişleyebilirlik, potansiyel talep, arazi özellikleri, yasal sınırlamalar ve teşvikler, tedarikçilere ve kaynaklara yakınlık, enerji ve yakıt bulunabilirliği, iklim koşulları) dikkate alınarak değerlendirmeye tabi tutulmuş ve nihayetinde her iki yöntemin ortaya koymuş olduğu bulgular, karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir.

2. KURULUŞ YERİ SEÇİMİ

Bu bölüm, kuruluş yeri seçim kriterlerini, problemin genel yapısını ve bu problemin çözümünde kullanılan yöntemleri belirlemeye yönelik literatür araştırmasını göstermektedir. Karar verici konumundaki yöneticilerin, kuruluş yeri seçim planlamasını matematiksel veya analitik yöntemlerle gerçekleştirmeleri, problemin başında belirledikleri hedeflere

daha hızlı ulaşmalarını sağlayacaktır. Bu noktada karar vericiler, yatırım maliyetlerinin düşük ve kârın yüksek olması başta olmak üzere çok sayıda kriteri göz önüne alıp, birçok alternatifi değerlendirmek durumundadırlar. Aynı anda birçok ölçütün optimize edilmesi ise karar sürecini oldukça karmaşıklaştırmaktadır. Bu durumda ÇKKV uygulanarak bu sorun giderilebilmektedir (Aydın, 2009).

Kuruluş yeri seçim problemlerinde, çok kriterli karar verme teknikleri ile bulanık mantığı kullanan birçok yazar bulunmaktadır. Bu yazarlar Çınar (2010), Liang ve Mao-jiun (1991), Chou vd. (2008), Chou (2010), Kahraman vd. (2003), Kaya ve Çınar (2007), Chu (2002), Hu vd. (2009), Ertuğrul ve Karakaşoğlu (2008), Kaboli vd. (2007), Demirel vd. (2010), Özdağoğlu (2011), Doğan (2012) tarafından kullanılmıştır. Örneğin Demirel vd. (2010) yılında yaptıkları çalışmada Choquet integrali ile bir depo yeri seçimi yapmıştır. Chu 2002 yılında bulanık TOPSIS yaklaşımıyla kuruluş yeri seçimi yapmıştır. Hu vd. (2009) yılında yaptıkları çalışmada dağıtım merkezi yerleşim seçimi için bulanık TOPSIS yaklaşımını kullanmışlardır.

Tablo 1: AVM Kuruluş Yeri Seçiminde Kullanılan Kriterler

Kriterler	Kaynaklar
C ₁ :İnsan Kaynağı (Yetenekli İşgücü Tedariki)	Liang ve Mao-jiun (1991), Russell ve Taylor (1999), Chu (2002), Kahraman vd. (2003), Demirel vd. (2010), Ersoy (2011), Kobu (2008), Momeni vd. (2011), Tavakkoli-Moghaddam vd. (2011), Doğan (2012)
C ₂ :Yatırım Maliyeti	Liang ve Mao-jiun (1991), Chu (2002), Kaya ve Çınar (2007), Momeni vd. (2011), Tavakkoli-Moghaddam vd. (2011)
C ₃ :Toplum Tutumu	Chu (2002), Doğan (2012), Ertuğrul ve Karakaşoğlu (2008)
C ₄ :Trafik	Deluka-Tibljias (2011), Özdağoğlu (2011)
C ₅ :Sosyal ve Kültürel Çevre	Deluka-Tibljias (2011), Kaya ve Çınar (2007), Demirel vd. (2010), Özdağoğlu (2011)
C ₆ :Altyapı Uygunluğu	Kahraman vd. (2003), Demirel vd. (2010), Özdağoğlu (2011)
C ₇ :Müşterilere Yakınlık	Michael vd. (1998), Kahraman vd. (2003), Ertuğrul ve Karakaşoğlu (2008), Kaya ve Çınar (2007)
C ₈ :Genişleyebilirlik	Momeni vd. (2011), Tavakkoli-Moghaddam vd. (2011)
C ₉ :Potansiyel Talep	Özdağoğlu (2011)
C ₁₀ :Arazi Özellikleri	Kobu (2008)
C ₁₁ :Yasal Sınırlamalar ve Teşvikler	Russell ve Taylor (1999), Ersoy (2011), Aytekin vd. (2005)
C ₁₂ :Tedarikçilere & Kaynaklara yakınlık	Ertuğrul ve Karakaşoğlu (2008), Kaya ve Çınar (2007), Momeni vd. (2011), Özdağoğlu (2011), Tavakkoli-Moghaddam vd. (2011)
C ₁₃ :Enerji ve Yakıt Bulunabilirliği	Russell ve Taylor (1999), Kobu (2008)
C ₁₄ :İklim Koşulları	Russell ve Taylor (1999)

(Kaynak: Deveci ve Kuvvetli, 2012)

3. BULANIK KÜME TEORİSİ

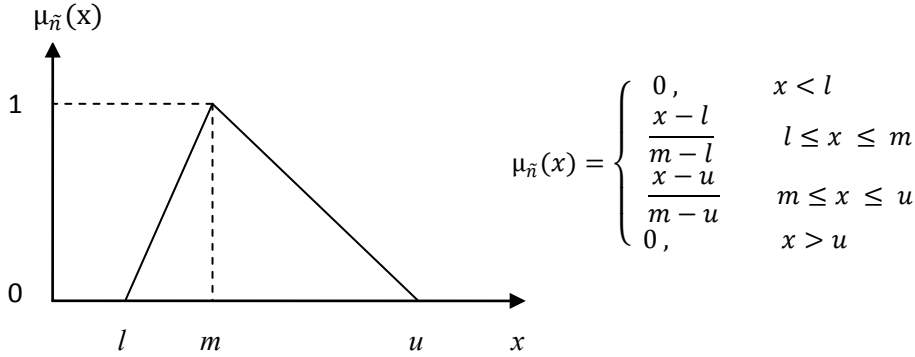
Bulanık küme teorisi 1965 yılında Lütfü Askerzade (Lotfi Askar Zadeh) tarafından geliştirilmiştir (Zadeh, 1965). Klasik mantıkta evet-hayır, doğru-yanlış, siyah-beyaz, uzun-kısa, yavaş-hızlı gibi kavramların kesin sınırları vardır. Bulanık mantıkta ise, kavramların kesin

sınırlamaları olmaksızın sınıflandırılabilir. Örneğin, çok sıcak, çok düşük, yüksek maaş ve orta boy gibi kişiden kişiye değişen ifadeler kullanılır. Bir bulanık kümede elemanın üyelik derecesi 1'e ne kadar yakın ise elemanın o kümeye üyeliğinin o derece yüksek olduğunu, üyelik derecesinin sıfır olması ise bulanık kümenin

dışında olduğu anlaşılmaktadır. Klasik mantıkta elemanın üyelik değeri $\{0,1\}$ gibi iki değerle sınırlı iken, bulanık küme kuramında bu değer $[0,1]$ aralığında herhangi bir sayı olabilmektedir.

Günümüzde birçok alanda uygulanan bulanık mantık, belirsizlik içeren problemler ve yargıları çözümede kullanılmaktadır. Bu belirsizlikleri sayısal de-

ğerler ile ifade etmek mümkün olamayabilir. Sayısal değerler yerine dilsel değişkenler kullanılabilir. Bu çalışmada kuruluş yeri seçimi için kullanılan üyelik fonksiyonu, üçgen bulanık sayılardır. Üçgen üyelik fonksiyonu l , m ve u olmak üzere üç parametre ile tanımlanır. Burada l ve u sırasıyla bulanık sayısının alt ve üst sınır değerlerini, m ise orta değerini ifade eder (Salehi ve Tavakkoli-Moghaddam, 2008).



Şekil 1: Üçgensel Üyelik Fonksiyonu

(Kaynak: Chen, 2000)

4. BULANIK VIKOR YÖNTEMİ

Vikor yöntemi, Opricovic (1998) tarafından çok ölçütlü kompleks sistemlerin optimizasyonu için geliştirilen Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden biridir. Yöntemin amacı, alternatiflerin sıralanması ve seçim aşamasında, maksimum grup faydası (çoğunluk kuralı) ve minimum bireysel pişmanlığı sağlayacak, uzlaştırıcı çözüme ulaşmaktır. Yöntem, alternatifler arasından yapılan seçim sürecinde nihai karar üzerinde birden fazla kriterin dikkate alınması zorunluluğunun olduğu haller için önerilmektedir (Opricovic ve Tzeng, 2004). Bulanık küme teorisinin VIKOR yöntemine uygulanma sonucu oluşan bulanık VIKOR yöntemi, bulanık çevrede nihai karar üzerinde belirleyici olan ve birbirleriyle çatışan farklı kriterlerin söz konusu olduğu durumlarda kullanılması uygun olan bir yöntemdir. Söz konusu bu yöntem; bulanık bir ortamda, kriter ve ağırlıklarının her ikisini de bulanıklaştırmaktadır (Opricovic, 2011). Aşağıda kullanılan formüller Opricovic ve Teng (2004) tarafından yayınlanan eserden yararlanılmıştır. Çok kriterli karar problemlerinin bulanık VIKOR yönetimi kullanılarak çözümünde aşağıda adımlar takip edilmektedir:

Adım 1: "n" sayıda uzman kişiden oluşan bir karar verici grubu oluşturulur.

Adım 2: "k" adet değerlendirme kriteri ve "m" adet alternatif belirlenir.

Adım 3: Kriterlerin ve alternatiflerin değerlendirilmesi için uygun dilsel değişkenler belirlenir. Kriter

ağırlıklarının ve alternatiflerin önem derecelerinin belirlenmesi için kullanılan dilsel değişkenler ve bunlara karşılık gelen bulanık sayılar Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2: Dilsel Değişkenler ve Bulanık Sayı Değerleri

Kriter Ağırlıkları için Dilsel Değişkenler		Alternatiflerin Derecelendirilmesi için Dilsel Değişkenler	
Dilsel Değişkenler	Bulanık Sayılar	Dilsel Değişkenler	Bulanık Sayılar
Çok Düşük (ÇD)	(0.00, 0.00, 0.10)	Çok Kötü (ÇK)	(0.00, 0.00, 1.00)
Düşük (D)	(0.00, 0.10, 0.30)	Kötü (K)	(0.00, 1.00, 3.00)
Orta Düşük (OD)	(0.10, 0.30, 0.50)	Orta Kötü (OK)	(1.00, 3.00, 5.00)
Orta (O)	(0.30, 0.50, 0.70)	Orta (O)	(3.00, 5.00, 7.00)
Orta Yüksek (OY)	(0.50, 0.70, 0.90)	Orta İyi (OI)	(5.00, 7.00, 9.00)
Yüksek (Y)	(0.70, 0.90, 1.00)	İyi (İ)	(7.00, 9.00, 10.00)
Çok Yüksek (CY)	(0.90, 1.00, 1.00)	Çok İyi (Çİ)	(9.00, 10.00, 10.00)

(Kaynak: Chen, 2000)

Adım 4: Her bir kriterin ve alternatifin bulanık ağırlıkları (1) ve (2) numaralı eşitlikler yardımıyla hesaplanır. Eşitliklerdeki "n" gruptaki karar verici sayısını ifade etmektedir.

$$\tilde{w}_j = \frac{1}{n} \left[\sum_{y=1}^n w_{jy} \right], \quad j = 1, 2, \dots, k \quad (1)$$

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{n} \left[\sum_{y=1}^n x_{ijy} \right], \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (2)$$

\tilde{x}_{ij} , "j" kritere göre; "i" alternatifinin derecesi ve \tilde{w}_j ise; "j" kriterinin önem ağırlığıdır.

Adım 5: (3) ve (4) numaralı eşitlikler yardımıyla bulanık karar matrisi oluşturulur.

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1j} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2j} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ X_{i1} & X_{i2} & \dots & X_{ij} \end{bmatrix}, \quad i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, k \quad (3)$$

$$\tilde{w} = [\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \dots, \tilde{w}_n], \quad (4)$$

Burada \tilde{x}_{ij} , j. kritere göre i. alternatifin derecesi ve \tilde{w}_n ise n.kriterin önem ağırlığıdır.

\tilde{D} ise bulanık karar matrisini ifade etmektedir.

Adım 6: Tüm kriter fonksiyonlarının, bulanık en iyi ve en kötü değerleri belirlenir (i=1,2,..n). (5) numaralı eşitlik en iyi, (6) numaralı eşitlik ise en kötü değerlerin hesaplanması için kullanılmaktadır.

$$\tilde{f}_i^* = \max_j x_{ij}, \quad (5)$$

$$\tilde{f}_i^- = \min_j x_{ij}, \quad (6)$$

Adım 7: \tilde{S}_j (7) ve \tilde{R}_j (8) değerleri, j=1, 2, ..., n için hesaplanır.

$$\tilde{S}_j = \sum_{i=1}^m \left[\tilde{w}_i (\tilde{f}_i^* - x_{ij}) / (\tilde{f}_i^* - \tilde{f}_i^-) \right], \quad (7)$$

$$\tilde{R}_j = \max_i \left[\tilde{w}_i (\tilde{f}_i^* - x_{ij}) / (\tilde{f}_i^* - \tilde{f}_i^-) \right], \quad (8)$$

Burada \tilde{w}_i kriterlerin ağırlığını ve önemini ifade ederken, \tilde{S}_j , "i" alternatifinin bütün kriterlere en iyi bulanık değerlere uzaklığının toplamını, \tilde{R}_j değeri ise "j" kritere göre "i" alternatifinin, bulanık en kötü değerlere maksimum uzaklığıdır (Akyüz, 2012).

Adım 8: Maksimum grup faydasını ifade eden \tilde{S}_j , \tilde{S}_j^* (9), \tilde{R}_j , \tilde{R}_j^* (10) ve \tilde{Q}_i (11) değerleri hesaplanır.

$$\tilde{S}^* = \min_i \tilde{S}_i, \quad \tilde{S}^- = \max_i \tilde{S}_i \quad (9)$$

$$\tilde{R}^* = \min_i \tilde{R}_i, \quad \tilde{R}^- = \max_i \tilde{R}_i \quad (10)$$

$$\tilde{Q}_i = v(\tilde{S}_i - \tilde{S}^*) / (\tilde{S}^- - \tilde{S}^*) + (1-v)(\tilde{R}_i - \tilde{R}^*) / (\tilde{R}^- - \tilde{R}^*) \quad (11)$$

\tilde{S}^* , uzlaştırıcı çoğunluk kuralını ve \tilde{R}^* ise farklı görüştekilerin minimum bireysel pişmanlığını ifade etmektedir. Bu hesaplamalardan sonra \tilde{Q}_i indeksi elde edilir; bu indeks grup faydası ile bireysel pişmanlığın birlikte değerlendirilmesi ile hesaplanır. "v" değeri ise, kriterlerin çoğunluğunu veya maksimum gr up faydasını (v=0.5) sağlayan stratejinin önemine dikkat çekerken, "1-v" bireysel pişmanlık değerine karşılık gelmektedir (Opricovic, 2011).

Adım 9: Üçgensel bulanık sayılar durulaştırılır ve alternatifler " \tilde{Q}_i " indeksine göre sıralanır. Bu indeksin, en küçük değeri en iyi alternatifi gösterir. Bu çalışmada, Hsieh vd. (2004) tarafından önerilen (12) eşitliğinde verilen BNP (Best Nonfuzzy Performance Value) durulaştırma yöntemi kullanılmıştır.

$$BNP_i = \frac{(u_i - l_i) + (m_i - l_i)}{3} + l_i \quad (12)$$

Adım 10: Uzlaştırıcı çözümü belirlemek için aşağıdaki iki koşulun uygunluğu kontrol edilir.

1.Koşul: Kabul edilebilir avantaj

$$Q(a'') - Q(a') \geq DQ \quad (13)$$

$DQ = \frac{1}{m-1}$ (eğer $m \leq 5$ ise $DQ=0.25$); m alternatif sayısını ifade eder)

2.Koşul: Karar vermede kabul edilebilir istikrar

Alternatif a', S ve/veya R değerlerine göre yapılan sıralamada en iyi alternatif olmalıdır [32].

Eğer 1. koşul sağlanmaz ve $Q(a^{(m)}) - Q(a') \leq DQ$ olursa, $a^{(m)}$ ve a' aynı uzlaştırıcı çözüm olur.

Eğer 2. koşul kabul edilmez ve her ne kadar a'' 'nin nispi bir avantajı olsa da, karar vermede tutarsızlık vardır. Bundan dolayı a' ve a'' 'nin uzlaştırıcı çözümleri aynıdır.

Adım 11: "Q" değeri minimum olan en iyi alternatif seçilir.

5. BULANIK TOPSİS YÖNTEMİ

TOPSIS (Technique For Order Preference By Similarity To An Ideal Solution) yöntemi, çok kriterli karar verme problemleri için ilk kez 1981 yılında önerilmiştir (Hwang ve Yoon, 1981). Bu yöntem, pozitif ideal çözüme en yakın ve negatif ideal çözüme en uzak olan alternatifleri belirler ve buna göre bir sıralama yapar (Chen, 2000). Bu yöntemin mantığı, dilsel olarak ifade edilen değerlendirmelerin bulanıklaştırılarak analizde kullanılmasına dayanmaktadır. Bulanık TOPSIS yönteminde ilk beş adım, bulanık VİKOR yöntemiyle aynıdır. Yöntemin farklılaştığı altıncı adımdan itibaren izlenen yol ise aşağıda adımlar halinde sıralanmıştır:

Adım 6: Bulanık VIKOR yönteminin 5. adımında hesaplanmış olan bulanık karar matrisinden hareketle, normalize edilmiş bulanık karar matrisi elde edilir. Bu matris, (15) ile gösterilmiştir (Chen, 2000).

$$R = [r_{ij}]_{m \times n} \quad i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n \quad (15)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*} \right), \quad j \in B \quad (16)$$

$$c_j^* = \max_i c_{ij} \text{ Eğer } j \in B$$

Burada, normalize edilmiş bulanık karar matrisi,

c_j^* : Bulanık karar matrisinde bir sütundaki üçüncü bileşenlerin maksimum değeri,

\tilde{r}_{ij} : Bulanık karar matrisindeki her bir değer c_j^* değerine bölünmesiyle elde edilen normalize edilmiş değerleridir.

Her bir a, b, c ise bulanık karar matrisindeki değerlerdir.

Adım 7: Her bir kriterin ağırlığı göz önünde bulundurularak ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi (17) bulunur.

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n} \quad i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n \quad (17)$$

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} \cdot \tilde{w}_j \quad (18)$$

Burada, \tilde{V} normalize edilmiş bulanık karar matrisidir.

Adım 8: Her bir alternatifin Bulanık Pozitif İdeal Çözüm (BPİÇ, A^+) (19) ve Bulanık Negatif İdeal Çözüm (BNİÇ, A^-) (20) den uzaklığı sırasıyla aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplanır (Chen, 2000).

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

$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-), \quad (20)$$

ile tanımlanır.

$$\tilde{v}_j^* = \max_i v_{ij} \text{ Eğer } j \in B$$

$$\tilde{v}_j^- = \min_i v_{ij} \text{ Eğer } j \in B$$

Her bir alternatifin BPİÇ ve BNİÇ' ten uzaklığı sırasıyla (21) ve (22) numaralı formüller kullanılarak hesaplanır.

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

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

Burada $d(\dots)$, iki üçgen bulanık sayı arasındaki uzaklığı gösterir. Bu uzaklık, vertex yöntemi ile bulunur. Bu yöntem ile "m" ve "n" arasındaki uzaklığın

bulunmasında (23 numaralı formül) kullanılır (Chen, 2000).

$$\tilde{m} = (m_1, m_2, m_3) \text{ ve } \tilde{n} = (n_1, n_2, n_3)$$

$$d(\tilde{m}, \tilde{n}) = \sqrt{\frac{1}{3} [(m_1 - n_1)^2 + (m_2 - n_2)^2 + (m_3 - n_3)^2]} \quad (23)$$

Adım 9: Uzaklıkların bulunmasından sonra adayların yakınlık katsayıları,

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-} \quad i=1,2,3,\dots,m \quad (24)$$

(24) numaralı eşitlik kullanılarak hesaplanır. Açık ki; yakınlık katsayısı (CC_i) 1'e yaklaştıkça A_i alternatifi, BNİÇ' ten uzaklaşıp BPİÇ' e yaklaşır. Diğer bir ifadeyle; yakınlık katsayılarına göre bir sıralama yapılır ve set içerisinde en uygun alternatifler seçilir (Chen, 2000). Yakınlık katsayısı 1'e ne kadar yakınsa alternatifin tercih edilme şansı o kadar yüksektir (Ecer, 2006).

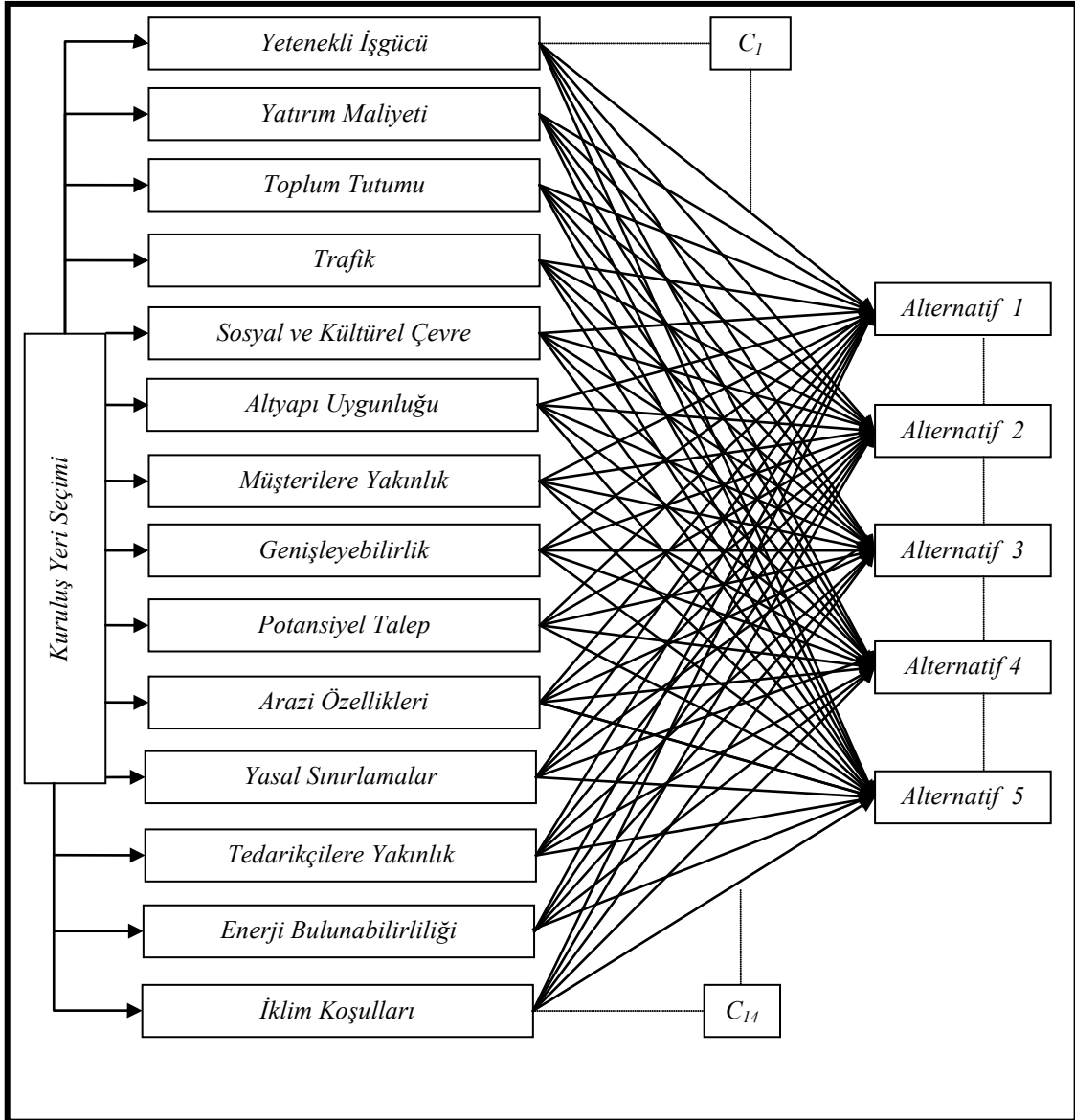
6. KURULUŞ YERİ SEÇİM PROBLEMİNE YÖNELİK BİR UYGULAMA

Bu çalışmada, Erzincan İl'inde yeni bir AVm açılmasına karar verilmesi durumunda olası kuruluş yerinin belirlenmesine çalışılmıştır. AVm kuruluş yeri seçim probleminin çözümü için bulanık ortamlarda grup karar vermeye olanak sağlayan yöntemler arasında en çok tercih edilenlerden Bulanık TOPSIS ve Bulanık VIKOR yöntemleriyle, potansiyel bölgelerin değerlendirilmesi ve bunun sonucunda en uygun yer seçilmesi hedeflenmektedir. Erzincan'daki mevcut AVm'lerin hem kapasitelerinin sınırlı olması hem de şehrin merkezinde kalmaları nedeniyle yeni bir AVm açılması düşünülmektedir. Bu çerçevede, karar vericilerle yapılan görüşmeler sonucunda 5 tane bölge ve bölgelerin değerlendirilmesi için 14 kriter belirlenmiştir. Bu kriterler Şekil 2'de gösterilmiştir. Alternatif bölgeler; A_1 : Şehir Merkezi, A_2 : Erzincan-Sivas Yolu Çevresi, A_3 : Tren İstasyonu Bölgesi, A_4 : Demirkent Bölgesi, A_5 : Akyazı Bölgesi şeklinde belirlenmiştir. Karar vericiler ise, Erzincan Ticaret Odası Başkanı (KV_1), İşadamı Müteahhit (Erzincan Evim Kur Sahibi) (KV_2), Erzincan Erimpaş AVm Sahibi (KV_3) ve Erzincan Belediye Başkanı Danışmanı'ndan (KV_4) oluşan 4 kişilik bir karar verici grubu oluşturulmuştur.

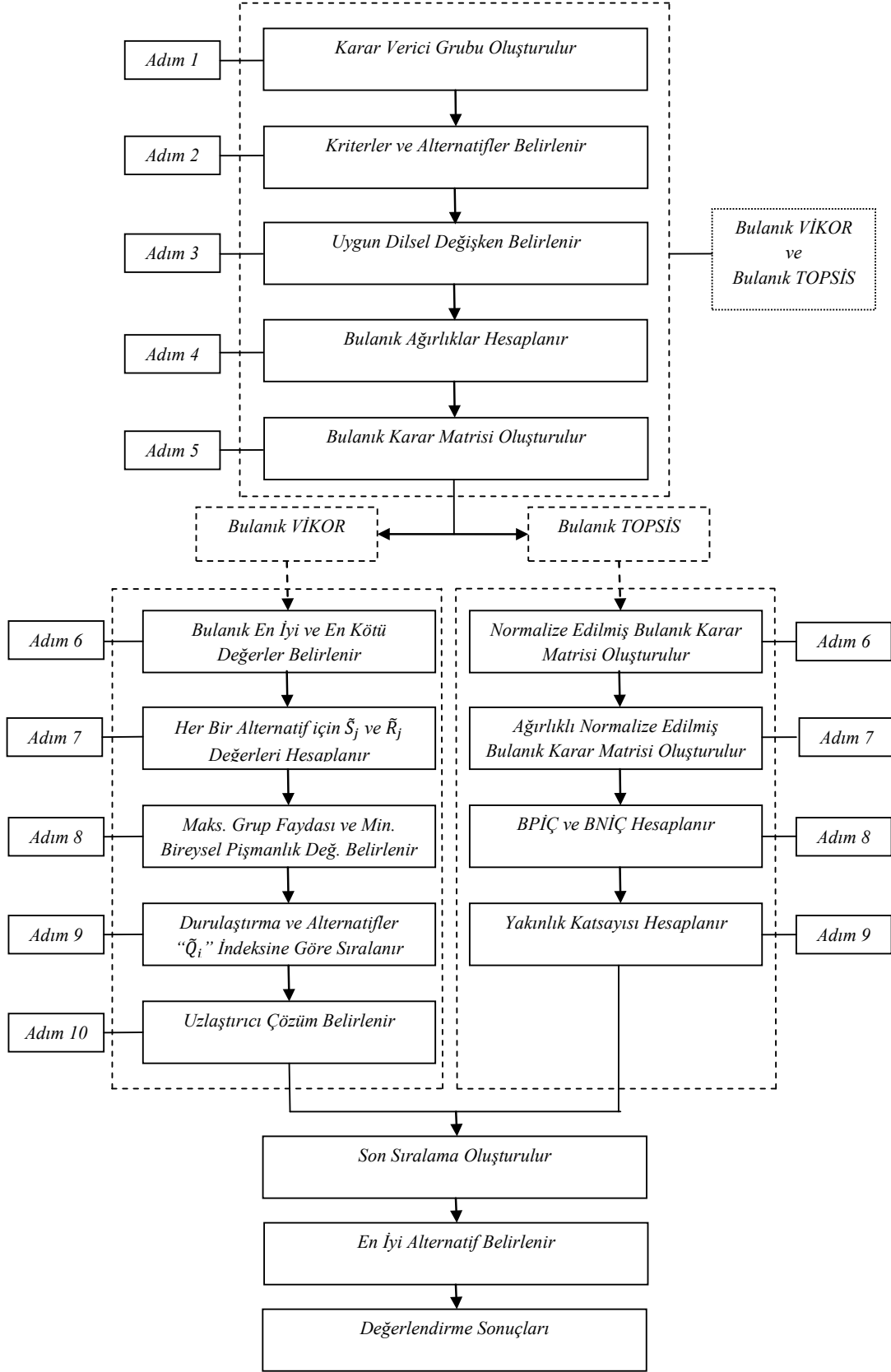
Şekil 2'de uygulamaya konu olan AVm kuruluş yeri seçimi probleminin genel yapısı gösterilmektedir. AVm yer seçiminin çözümünde kullanılan Bulanık VIKOR ve Bulanık TOPSIS yöntemlerinin ilk beş aşaması, karar verici grubunun oluşturulması, alternatiflerin ve değerlendirme kriterlerinin belirlenmesi, kriter ağırlıkları ve alternatifler için dilsel değişkenlerin belirlenmesi, bulanık ağırlıkların hesaplanması, bulanık karar matrisinin oluşturulması açısından aynı olmakla birlikte, altıncı aşamadan itibaren yöntemler

farklılaşmaktadır. Bulanık TOPSIS yönteminde yedinci aşamadan itibaren, normalize edilmiş bulanık karar matrislerinin elde edilmesi, ağırlıklı normalize bulanık karar matrisinin hesaplanması, her bir alternatif için bulanık pozitif ideal çözüm ve bulanık negatif ideal çözüm arası uzaklığın hesaplanması, yakınlık katsayılarının hesaplanması, en uygun yakınlık katsayısına ait alternatifin seçilmesi aşamaları takip edilmekte iken, Bulanık VİKOR yönteminde yedinci aşamadan

itibaren sırasıyla; tüm kriter fonksiyonlarının en iyi ve en kötü değerlerinin belirlenmesi, bulanık en iyi ve en kötü değerlere uzaklık değerlerinin hesaplanması, diğer hesaplamaların yapılması, bulanık sayıların durulaştırılması, kabul koşullarının kontrol edilmesi ve "Q" değeri en küçük alternatifin seçilmesi aşamaları izlenmektedir.



Şekil 2: AVM Kuruluş Yeri Seçim Probleminin Genel Yapısı



Şekil 3: Bulanık TOPSIS ve Bulanık VIKOR Yöntemlerinin Çözüm Aşamaları

7. BULANIK TOPSİS YÖNTEMİYLE PROBLEM ÇÖZÜMÜ

Adım 1: Alternatifler ve alternatifleri değerlendirmek için kullanılan kriterler hakkında bilgi sahibi olan "n" sayıda uzman kişiden oluşan bir karar verici grubu oluşturulur.

Adım 2: "k" adet değerlendirme kriteri ve "m" adet alternatif belirlenir.

Adım 3: Tablo 2'de verilen dilsel değişkenlere göre

karar vericiler tarafından doldurulan formlar; kriterlerin önem düzeyi ve her bir alternatif için kriterler bazında yapılan dilsel değerlendirmeler Ek-1 ve Ek-2'de verilmiştir.

Adım 4: Her bir kriterin ve alternatifin bulanık ağırlıkları 1. ve 2. formüllerle hesaplanır. Tablo 3'te bulanık ağırlık matrisi gösterilmiştir. Ayrıca Ek-3'te ilk sekiz kriter için bulanık ağırlıkların nasıl hesaplandığı gösterilmiştir.

Tablo 3: Kriterlerin Bulanık Ağırlık Matrisi

Bulanık Ağırlıklar							
Kriterler	l	m	u	Kriterler	l	m	u
C ₁	0,4	0,6	0,8	C ₈	0,35	0,55	0,75
C ₂	0,4	0,6	0,8	C ₉	0,75	0,9	0,975
C ₃	0,55	0,75	0,9	C ₁₀	0,6	0,8	0,95
C ₄	0,65	0,85	0,98	C ₁₁	0,55	0,75	0,93
C ₅	0,8	0,95	1,00	C ₁₂	0,4	0,6	0,8
C ₆	0,75	0,93	1,00	C ₁₃	0,4	0,6	0,8
C ₇	0,4	0,6	0,8	C ₁₄	0,55	0,75	0,93

Adım 5: 3. ve 4. formüller yardımıyla her bir kriterin, "A_i" alternatife göre bulanık karar matrisi oluşturulur. Tablo 4'te bulanık karar matrisi gösterilmiştir. Ayrıca Ek-4'te C₁ ve C₂ kriterleri için bulanık karar matrisinin nasıl hesaplandığı gösterilmiştir.

Adım 6: Bulanık karar matrisinden faydalanılarak, 15. ve 16. numaralı formüller yardımıyla normalize edilmiş bulanık karar matrisi elde edilir. Bu matris Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 4: Bulanık Karar Matrisi

Kriterler	Kriterlerin Alternatiflere Göre Bulanık Karar Matrisi														
	A ₁			A ₂			A ₃			A ₄			A ₅		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
C ₁	6,0	8,0	9,3	8,0	9,5	10	5,0	7,0	8,5	7,0	9,0	10	7,5	9,3	10
C ₂	4,0	6,0	8,0	7,0	8,8	9,8	3,5	5,5	7,5	5,0	7,0	9,0	6,0	8,0	9,5
C ₃	6,5	8,3	9,3	9,0	10,0	10	8,0	9,5	10	8,0	9,5	10	9,0	10	10
C ₄	4,5	6,5	8,3	9,0	10,0	10	6,0	8,0	9,3	9,0	10	10	9,0	10	10
C ₅	3,0	5,0	7,0	5,0	7,0	8,8	1,5	3,0	5,0	2,8	4,5	6,5	4,0	6,0	8,0
C ₆	8,0	9,5	10	6,5	8,5	9,8	7,5	9,3	10	5,5	7,5	9,3	6,0	8,0	9,5
C ₇	9,0	10	10	7,0	8,5	9,3	8,0	9,5	10	5,5	7,5	9,0	6,0	8,0	9,3
C ₈	4,5	6,5	8,3	9,0	10,0	10	6,5	8,5	9,8	9,0	10	10	9,0	10	10
C ₉	3,5	5,5	7,5	8,0	9,5	10	3,0	5,0	7,0	5,5	7,5	9,3	6,5	8,5	9,8
C ₁₀	7,0	8,5	9,3	9,0	10,0	10	8,0	9,5	10	9,0	10	10	9,0	10	10
C ₁₁	5,0	7,0	8,8	8,0	9,5	10	5,0	7,0	8,5	7,0	9,0	10	7,5	9,3	10
C ₁₂	2,0	4,0	6,0	9,0	10,0	10	6,0	8,0	9,5	8,0	9,5	10	8,5	9,8	10
C ₁₃	8,0	9,5	10	6,0	8,0	9,5	7,5	9,3	10	3,5	5,5	7,5	5,0	7,0	8,8
C ₁₄	7,0	9,0	10	6,0	8,0	9,5	7,0	9,0	10	5,0	7,0	9,0	5,5	7,5	9,3

Tablo 5: Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi

	Kriterlerin Alternatiflere Göre Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi														
	A ₁			A ₂			A ₃			A ₄			A ₅		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
C ₁	0,60	0,80	0,93	0,80	0,95	1,00	0,50	0,70	0,85	0,70	0,90	1,00	0,75	0,93	1,00
C ₂	0,41	0,62	0,82	0,72	0,90	1,00	0,36	0,56	0,77	0,51	0,72	0,92	0,62	0,82	0,97
C ₃	0,65	0,83	0,93	0,90	1,00	1,00	0,80	0,95	1,00	0,80	0,95	1,00	0,90	1,00	1,00
C ₄	0,45	0,65	0,83	0,90	1,00	1,00	0,60	0,80	0,93	0,90	1,00	1,00	0,90	1,00	1,00
C ₅	0,34	0,57	0,80	0,57	0,80	1,00	0,17	0,34	0,57	0,31	0,51	0,74	0,46	0,69	0,91
C ₆	0,80	0,95	1,00	0,65	0,85	0,98	0,75	0,93	1,00	0,55	0,75	0,93	0,60	0,80	0,95
C ₇	0,90	1,00	1,00	0,70	0,85	0,93	0,80	0,95	1,00	0,55	0,75	0,90	0,60	0,80	0,93
C ₈	0,45	0,65	0,83	0,90	1,00	1,00	0,65	0,85	0,98	0,90	1,00	1,00	0,90	1,00	1,00
C ₉	0,35	0,55	0,75	0,80	0,95	1,00	0,30	0,50	0,70	0,55	0,75	0,93	0,65	0,85	0,98
C ₁₀	0,70	0,85	0,93	0,90	1,00	1,00	0,80	0,95	1,00	0,90	1,00	1,00	0,90	1,00	1,00
C ₁₁	0,50	0,70	0,88	0,80	0,95	1,00	0,50	0,70	0,85	0,70	0,90	1,00	0,75	0,93	1,00
C ₁₂	0,20	0,40	0,60	0,90	1,00	1,00	0,60	0,80	0,95	0,80	0,95	1,00	0,85	0,98	1,00
C ₁₃	0,80	0,95	1,00	0,60	0,80	0,95	0,75	0,93	1,00	0,35	0,55	0,75	0,50	0,70	0,88
C ₁₄	0,70	0,90	1,00	0,60	0,80	0,95	0,70	0,90	1,00	0,50	0,70	0,90	0,55	0,75	0,93

Adım 7: Her bir kriterin ağırlığı göz önünde bulundurularak ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi 17. ve 18. formüllerle bulunur. Tablo 6'da ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi gösterilmiştir.

Tablo 6: Ağırlıklı Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi

	Kriterlerin Alternatiflere Göre Ağırlıklı Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi														
	A ₁			A ₂			A ₃			A ₄			A ₅		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
C ₁	0,24	0,48	0,74	0,32	0,57	0,80	0,20	0,42	0,68	0,28	0,54	0,80	0,30	0,56	0,80
C ₂	0,16	0,37	0,66	0,29	0,54	0,80	0,14	0,34	0,62	0,21	0,43	0,74	0,25	0,49	0,78
C ₃	0,36	0,62	0,83	0,50	0,75	0,90	0,44	0,71	0,90	0,44	0,71	0,90	0,50	0,75	0,90
C ₄	0,29	0,55	0,80	0,59	0,85	0,98	0,39	0,68	0,90	0,59	0,85	0,98	0,59	0,85	0,98
C ₅	0,27	0,54	0,80	0,46	0,76	1,00	0,14	0,33	0,57	0,25	0,49	0,74	0,37	0,65	0,91
C ₆	0,60	0,88	1,00	0,49	0,79	0,98	0,56	0,86	1,00	0,41	0,69	0,93	0,45	0,74	0,95
C ₇	0,36	0,60	0,80	0,28	0,51	0,74	0,32	0,57	0,80	0,22	0,45	0,72	0,24	0,48	0,74
C ₈	0,16	0,36	0,62	0,32	0,55	0,75	0,23	0,47	0,73	0,32	0,55	0,75	0,32	0,55	0,75
C ₉	0,26	0,50	0,73	0,60	0,86	0,98	0,23	0,45	0,68	0,41	0,68	0,90	0,49	0,77	0,95
C ₁₀	0,42	0,68	0,88	0,54	0,80	0,95	0,48	0,76	0,95	0,54	0,80	0,95	0,54	0,80	0,95
C ₁₁	0,28	0,53	0,81	0,44	0,71	0,93	0,28	0,53	0,79	0,39	0,68	0,93	0,41	0,69	0,93
C ₁₂	0,08	0,24	0,48	0,36	0,60	0,80	0,24	0,48	0,76	0,32	0,57	0,80	0,34	0,59	0,80
C ₁₃	0,32	0,57	0,80	0,24	0,48	0,76	0,30	0,56	0,80	0,14	0,33	0,60	0,20	0,42	0,70
C ₁₄	0,39	0,68	0,93	0,33	0,60	0,88	0,39	0,68	0,93	0,28	0,53	0,83	0,30	0,56	0,86

Adım 8: Her bir alternatifin Bulanık Pozitif İdeal Çözüm (BPİÇ_i) ve Bulanık Negatif İdeal Çözüm (BNİÇ_i) kümeleri sırasıyla 19. ve 20. formüller kullanılarak hesaplanır. Tablo 7'de ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi gösterilmiştir.

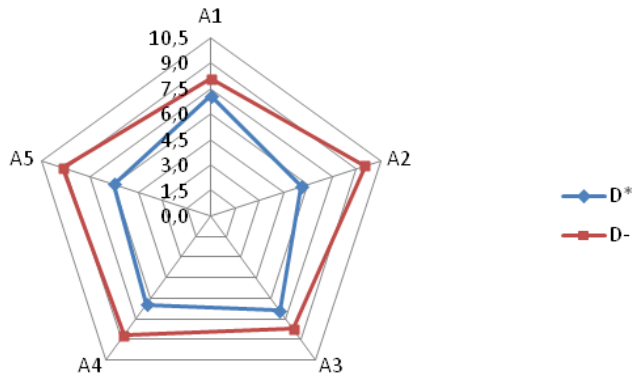
Tablo 7: Bulanık Pozitif ve Bulanık Negatif İdeal Çözüm (BPIÇ & BNIÇ)

	BPIÇ & BNIÇ									
	A ₁ , A*	A ₂ , A*	A ₃ , A*	A ₄ , A*	A ₅ , A*	A ₁ , A-	A ₂ , A-	A ₃ , A-	A ₄ , A-	A ₅ , A-
C ₁	0,55	0,48	0,60	0,51	0,49	0,53	0,60	0,48	0,58	0,59
C ₂	0,64	0,50	0,66	0,58	0,54	0,45	0,58	0,41	0,51	0,55
C ₃	0,44	0,33	0,37	0,37	0,33	0,63	0,73	0,71	0,71	0,73
C ₄	0,50	0,26	0,40	0,26	0,26	0,59	0,82	0,69	0,82	0,82
C ₅	0,51	0,34	0,68	0,54	0,42	0,58	0,77	0,39	0,53	0,68
C ₆	0,24	0,32	0,27	0,38	0,35	0,84	0,78	0,83	0,71	0,74
C ₇	0,45	0,52	0,48	0,57	0,55	0,61	0,54	0,60	0,51	0,53
C ₈	0,65	0,49	0,56	0,49	0,49	0,42	0,57	0,52	0,57	0,57
C ₉	0,54	0,25	0,58	0,39	0,33	0,53	0,82	0,49	0,69	0,76
C ₁₀	0,39	0,29	0,33	0,29	0,29	0,69	0,78	0,76	0,78	0,78
C ₁₁	0,51	0,37	0,52	0,40	0,38	0,58	0,72	0,57	0,70	0,71
C ₁₂	0,75	0,45	0,55	0,48	0,46	0,31	0,61	0,54	0,60	0,60
C ₁₃	0,48	0,55	0,49	0,67	0,60	0,60	0,54	0,59	0,40	0,49
C ₁₄	0,40	0,46	0,40	0,51	0,48	0,70	0,64	0,70	0,59	0,62

Her bir alternatifin BPIÇ ve BNIÇ' ten uzaklığı sırasıyla 21. ve 22. formüllerle hesaplanmıştır. Uzaklıkların bulunmasından sonra adayların yakınlık katsayıları (23) numaralı formülle hesaplanmıştır. Karar vericilerin verdikleri bilgiler doğrultusunda, Bulanık TOPSIS yöntemiyle çözüm neticesinde, alternatifler arasında ortaya çıkan sıralama Tablo 8'de gösterilmiştir. Buna göre; A₂ bölgesi 1.sırada ve A₅ bölgesi ise 2.sırada yer almıştır.

Tablo 8: Alternatiflerin İdeal Çözümüne Yakınlık Katsayıları ve Sıralamaları

Alternatifler	D*	D-	CC	Sıralama
A ₁	7,052	8,058	0,533	5
A ₂	5,610	9,511	0,629	1
A ₃	6,891	8,254	0,545	4
A ₄	6,458	8,695	0,574	3
A ₅	5,985	9,168	0,605	2

**Şekil 4:** AVM Yeri Seçimi İçin D* & D- Değerlendirilmesi

8. BULANIK VIKOR YÖNTEMİYLE PROBLEM ÇÖZÜMÜ

Yukarıda Bulanık TOPSIS yöntemine göre çözümü sunulan kuruluş yer seçim problemi, bu aşamada Bulanık VIKOR yöntemine göre de çözülmüştür. Daha önce de ifade ettiğimiz üzere, her iki yöntem bulanık karar

matrisinin oluşturulması aşamasına kadar aynıdır. Bu nedenle Bulanık VIKOR yönteminin çözümü, yöntemlerin farklılaştığı "Adım 6"dan itibaren gösterilmiştir.

Adım 6: Tüm kriter fonksiyonlarının, bulanık en iyi (\tilde{f}_i^*) (5) ve en kötü değerleri (\tilde{f}_i^-) (6) no'lu formüllerle hesaplanmış ve Tablo 9'da gösterilmiştir.

Tablo 9: Kriterlerin Bulanık En İyi ve Bulanık En Değerler

	\tilde{f}_i^*			\tilde{f}_i^-		
	l	m	u	l	m	u
C ₁	8	9,5	10	5	7	8,5
C ₂	7	8,75	9,75	3,5	5,5	7,5
C ₃	9	10	10	6,5	8,25	9,25
C ₄	9	10	10	4,5	6,5	8,25
C ₅	5	7	8,75	1,5	3	5
C ₆	8	9,5	10	5,5	7,5	9,25
C ₇	9	10	10	5,5	7,5	9
C ₈	9	10	10	4,5	6,5	8,25
C ₉	8	9,5	10	3	5	7
C ₁₀	9	10	10	7	8,5	9,25
C ₁₁	8	9,5	10	5	7	8,5
C ₁₂	9	10	10	2	4	6
C ₁₃	8	9,5	10	3,5	5,5	7,5
C ₁₄	7	9	10	5	7	9

Adım 7: \tilde{S}_i (7) ve \tilde{R}_i (8) formülleri kullanılarak her bir alternatifin en iyi bulanık ve en kötü bulanık değerlere uzaklıkları hesaplanmış ve Tablo 10'da gösterilmiştir.

Tablo 10: Alternatiflerin \tilde{S}_i ve \tilde{R}_i Değerlerinin Belirlenmesi

Alternatifler	\tilde{S}_i			\tilde{R}_i		
	l	m	u	l	m	u
A ₁	4,842	6,443	7,447	0,650	0,850	0,975
A ₂	1,131	1,423	1,556	0,450	0,463	0,333
A ₃	4,528	5,476	5,125	0,800	0,950	1,000
A ₄	3,812	4,726	4,635	0,750	0,925	1,000
A ₅	2,377	2,847	2,731	0,600	0,694	0,667

Adım 8: Maksimum grup faydası \tilde{S}_i^* , \tilde{S}_i^* (9) ve minimum bireysel pişmanlık \tilde{R}_i^* , \tilde{R}_i^* (10) formülleri kullanılarak hesaplanmış ve Tablo 11'de gösterilmiştir.

Tablo 11: \tilde{S}_i^* , \tilde{S}_i^* , \tilde{R}_i^* ve \tilde{R}_i^* Değerleri

	l	m	U
\tilde{S}_i^* (Min.)	1,131	1,423	1,556
\tilde{S}_i^* (Maks.)	4,842	6,443	7,447
\tilde{R}_i^* (Min.)	0,450	0,463	0,333
\tilde{R}_i^* (Maks.)	0,800	0,950	1,000

Adım 9: Bu son adımda uzlaşık çözüm veren \tilde{Q}_i (11) değerleri hesaplanır. Ayrıca bulanık sayılar durulaştırılarak (12); S_i , R_i ve Q_i indeks değerleri bulunmuştur. Elde edilen ortalama sonuçlar Tablo 12'de gösterilmiştir. Bulunan indeks değerlerine göre alternatifler arasında küçükten büyüğe doğru bir sıralama yapılmıştır. İndeks değeri en küçük olan en iyi alternatif göstermektedir. Bu yöntemle göre; A_2 bölgesi 1. sırada ve A_5 bölgesi ise 2. sırada yer almıştır.

Tablo 12: Alternatiflerin İndeksine Göre Sıralaması Q_i

Alternatifler	Q_i			Q_i		S_i		R_i	
	l	m	u	İndeks	Sıra	İndeks	Sıra	İndeks	Sıra
A_1	0,786	0,897	0,981	0,888	4	6,244	5	0,825	4
A_2	0,000	0,000	0,000	0,000	1	1,370	1	0,415	1
A_3	0,958	0,904	0,803	0,888	4	5,043	4	0,917	5
A_4	0,790	0,803	0,761	0,785	3	4,391	3	0,892	3
A_5	0,382	0,379	0,350	0,370	2	2,652	2	0,653	2

Adım 10: A_2 alternatifinin en iyi çözüm olup olmadığını test etmek için aşağıdaki iki koşulun uygunluğu kontrol edilmiştir.

1.Koşul: Kabul edilebilir avantaj

$Q(a'')-Q(a') \geq 0,25$ koşulu sağlanmalıdır (0,376-0,0,25).

$DQ = \frac{1}{m-1}$ (eğer $m \leq 5$ ise $DQ=0.25$); m alternatif sayısını ifade eder)

A_2 alternatifi kabul edilebilir avantaj koşulunu sağlamaktadır.

2.Koşul: Karar vermede kabul edilebilir istikrar

Alternatif a' , S ve/veya R değerlerine göre yapılan sıralamada en iyi alternatif olmalıdır.

Eğer 1. koşul sağlanmaz ve $Q(a^{(m)})-Q(a') \leq DQ$ olursa, $a^{(m)}$ ve a' aynı uzlaştırıcı çözüm olur.

Tablo 13: Karar Vermede Kabul Edilebilir İstikrar

Q_i	$A_2 > A_5 > A_4 > A_3 = A_1$
S_i	$A_2 > A_5 > A_4 > A_3 > A_1$
R_i	$A_2 > A_5 > A_4 > A_1 > A_3$

Bulanık Topsis ve Vikor yöntemlerin sonuçları karşılaştırıldığında; her iki yöntemde de 1. sırada A_2 bölgesi, 2. sırada A_5 bölgesi ve 3. sırada A_4 bölgesi çıkmıştır. Sadece A_1 ve A_3 alternatiflerinin sıralamalarında bir değişiklik olduğu gözlenmektedir. Bu bağlamda her iki yöntemin uygulanması sonucunda A_2 bölgesinin seçilmesi uygun görülmüştür.

9. SONUÇ

Müşteri beklentilerinde meydana gelen değişim; satın alma kararı üzerinde fiyat faktörünün tek ve yeter belirleyici olarak kabul görmesini ortadan kaldırmış, fiyatın yanı sıra kalite, güvenilirlik, satış sonrası hizmetler satın alma kararı üzerinde gün geçtikçe daha da fazla etkili olmaya başlamıştır. Bu bağlamda, minimum maliyetlerle işletmelerin uzun dönemli rekabetçi yapılarını destekleyecek, yüksek kâr ve müşteri memnuniyeti sağlayacak yerleri seçmek gerekir. Bu çalışmada, sonuçları dikkate alındığında uzun vadede geri dönülemez, dönülse dahi yüksek maliyetlere katlanılmasına neden olan ve bu nedenle ilk seferde doğru kararın verilmesini gerektiren stratejik karar türlerinden AVM yer seçimi üzerinde durulmuştur. AVM yer seçimi, pek çok faktörün birbirleriyle etkileşim halinde olduğu ve çoğu zaman arzulan kazanımların çeliştiği durumlarda, uzlaştırıcı çözüme ulaştıracak yöntemlerin seçimi her zamankinden daha da fazla önem kazanmaktadır. Bu nedenle, çözüme ulaşmada kullanılan yöntemlerin nihai seçim kararı üzerinde etkili olan pek çok faktörü dikkate alabilen yöntemler olması gerekliliği, etkin çözüme ulaşılması açısından hayati önem taşımaktadır.

Alternatiflerin değerlendirilmesi ve en iyi olanın seçimi için; birden fazla kriter ve karar vericiye dayalı değerlendirmeleri gerektiren durumlar ile son yıllarda sıklıkla kullanılan; Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden Bulanık VIKOR ve Bulanık TOPSIS yöntemleri kullanılarak çözüm için farklı bir yaklaşım sergilenmeye çalışılmıştır. Alternatiflerin değerlendirilmesi için; yetenekli işgücü, yatırım maliyeti, toplum tutumu, trafik, sosyal ve kültürel çevre, altyapı uygunluğu, müşterilere yakınlık, genişleyebilirlik, potansiyel talep, arazi özellikleri, yasal sınırlamalar ve teşvikler, tedarikçilere ve kaynaklara yakınlık, enerji ve yakıt bulunabilirliği ve iklim koşulları olmak üzere toplam 14 kriter belirlenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda söz konusu kriterler arasından; potansiyel talep, altyapı uygunluğu, sosyal ve kültürel çevre karar vericiler tarafından kuruluş yeri seçiminde en önemli değerlendirme kriterleri olarak kabul gördüğü belirlenmiştir. İncelenen kuruluş yeri seçim probleminin Bulanık VIKOR ve Bulanık TOPSIS yöntemleriyle çözümü neticesinde, A_2 bölgesinin diğer alternatifler arasında birinci sırada seçilmiştir.

Bulanık TOPSIS ve VIKOR yöntemiyle elde edilen sonuçların sıralaması birbirine çok yakındır. Sadece bulanık VIKOR yönteminde A_1 ve A_3 alternatiflerinin sıralamalarında bir değişiklik olduğu gözlenmektedir. Bunun sebebi ise alternatiflerin sıralanması ve seçim aşamasında, maksimum grup faydası (çoğunluk kuralı) ve minimum bireysel pişmanlığı sağlayacak uzlaştı-

rıcı çözüm aranmasıdır. ÇKKV tekniği olan TOPSIS ve VIKOR yöntemlerinin her ikisi de “ideal çözüme yakınlık” referans noktasına dayanmaktadır. Bu iki yöntem alternatifleri sıralarken kullandığı analiz birbirinden farklıdır. VIKOR yöntemi Q_j fonksiyonunu kullanırken, TOPSIS yöntemi ise C_j fonksiyonunu kullanmaktadır. Bu iki ÇKKV yöntemi farklı normalizasyon tekniği kullanmaktadır. VIKOR liner normalizasyonu kullanırken TOPSIS vektör normalizasyonunu kullanmaktadır

(Opricovic ve Tzeng). Bu yöntemlerin uygulama alanı sadece kuruluş yeri seçimi ile sınırlı olmayıp, grup kararı vermeyi gerektiren tedarikçi seçimi, insan kaynakları yönetiminde personel seçimi veya performans değerlendirme, yatırım sektöründe, üretim yönetimi ve yönetim ve organizasyon gibi alanlarda da uygulama alanı bulabilir.

KAYNAKLAR

- Akyüz, G. (2012) “Bulanık VIKOR Yöntemi İle Tedarikçi Seçimi” *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 26(1):197-215.
- Alpay, M. (2010) “Kredi Değerliliğinin Ölçülmesinde TOPSIS Yöntemi ve Bir Uygulama” Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İzmir, D.E.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Aydın, Ö., Öznehir, S. ve Akçalı, E. (2009) “Ankara için Optimal Hastane Yeri Seçiminin Analitik Hiyerarşi Süreci İle Modellenmesi” *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(2): 69-86.
- Aytekin, A. ve Kaygın, B. (2005) “Bilgisayar Destekli İşletme Kuruluş Yeri Seçimi” *Gazi Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 25(2): 213-226.
- Chen, C.T. (2000) “Extensions of the TOPSIS for Group Decision Making Under Fuzzy Environment” *Fuzzy Sets and Systems*, 114: 1-9.
- Chen, L.Y. ve Wang, T.C. (2009) “Optimizing Partners Choice İn IS/IT Outsourcing Projects: The Strategic Decision of Fuzzy VIKOR” *International Journal of Production Economics*, 120(1): 233-242.
- Chou, S.Y., Chang, Y.H. ve Shen, C.Y. (2008) “A Fuzzy Simple Additive Weighting System Undergroup Decision-Making Forfacility Location Selection with Objective/Subjective Attributes” *European Journal of Operational Research*, 189(1): 132-145.
- Chou, C.C. (2010) “Application of a Fuzzy MCDM Model to the Evaluation of Plant Location” *International Journal of Innovative Computing*” *Information and Control*, 6(6): 2581-2594.
- Chu, T.C. (2002) “Facility Location Selection Using Fuzzy TOPSIS Under Group Decisions” *International Journal of Uncertainty Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 10(6):687-702.
- Çınar, N.T. (2010) “Kuruluş Yeri Seçiminde Bulanık TOPSIS Yöntemi ve Bankacılık Sektöründe Bir Uygulama” *KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 12(18): 37-45.
- Deluka-Tibljias, A., Karleusa, B. ve Benac, C. (2011) “AHP Methodology Application in Garage-Parking Facility Location Selection” *Promet-Traffic&Transportation*, 23(4): 303-313.
- Demir H.H. (2010) “İmalat Sektöründe Bulanık TOPSIS Yöntemiyle Tedarikçi Seçimi” Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, İ. Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Demirel, T., Demirel, N.Ç. ve Kahraman, C. (2010) “Multi-Criteri Aware House Location Selection Using Choquet İntegral” *Expert Systems with Applications*, 37(5): 3943-3952.
- Deveci, M. ve Kuvvetli, Y. (2012) “Kuruluş Yeri Seçiminde Bulanık VIKOR Yöntemi ve Bir Uygulama” 32. Ulusal Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği Kongresi Bildiri Özetleri Kitabı, 75.
- Doğan, I. (2012) “Analysis of Facility Location Model Using Bayesian Networks” *Expert Systems with Applications: An International Journal*, 39(1):1092-1104.
- Ecer, F. (2006) “Bulanık Ortamlarda Grup Kararı Vermeye Yardımcı Bir Yöntem: Fuzzy Topsis ve Bir Uygulama” *İşletme Fakültesi Dergisi*, 7(2), 77-96.
- Ersoy, A. ve Saat, E.M. (2011) *Üretim/İşlemler Yönetimi*, 2.Basım, Ankara, İmaj Yayınevi.
- Ertuğrul, İ. ve Karakaşoğlu, N. (2008) “Comparison of Fuzzy AHP And Fuzzy TOPSIS Methods for Facility Location Selection” *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 39(7): 783-795.
- Hsieh, T.Y., Lu, S.T. ve Tzeng, G.H. (2004) “Fuzzy MCDM Approach for Planning and Design Tenders Selection in Public Office Buildings” *International Journal of Project Management*, 22(7): 573-584.
- Hu, Y., Wu, S. ve Cai, L. (2009) “Fuzzy Multi-Criteria Decision-Making TOPSIS for Distribution Center Location Selection” *International Conference on Networks Security, Wireless Communications and Trusted Computing IEEE*, 707-710.
- Hwang, C.L. ve Yoon, K. (1981) *Multiple Attributes Decision Making Methods and Applications*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Kaboli, A., Aryanezhad, M., Shahanaghi, K. ve Niroomand, I. (2007) “A New Method for Plant Location Selection Problem: A Fuzzy-AHP Approach” *Systems, Man and Cybernetics, ISIC. IEEE International Conference*, 582-585.
- Kahraman, C., Ruan, D. ve Dogan, I. (2003) “Fuzzy Group Decision-Making Forfacility Location Selection” *Information Sciences*, 157: 135-153.
- Kaya, I. ve Çınar, D. (2007) “Facility Location Selection Using a Fuzzy out Ranking Method” *Journal Of Multiple Valued Logic And Soft Computing*, 14: 251-263.

Kobu, B. (2008) Üretim Yönetimi, 14. Baskı, İstanbul, Beta Yayınları.

Liang, G.S. ve Mao-Jiun, J. (1991) "A Fuzzy Multi-Criteria Decision-Making Method for Facility Site Selection" *The International Journal of Production Research*, 29(11): 2313-2330.

Michael, J.H., Teitelve, J. ve Granskog, J.E. (1998) "Production Facility Site Selection Factors for Texas Value-Added Wood Producers" *Forest products journal*, 48(7-8): 27-32.

Momeni, M., Fathi, M.R. ve Kashef, M. (2011) "A Fuzzy VIKOR Approach for Plant Location Selection" *Journal of American Science*, 7 (9):766-771.

Opricovic, S. (1998) *Multi Criteria Optimization of Civil Engineering Systems*, Faculty of Civil Engineering, Belgrade.

Opricovic, S. ve Tzeng, G.H. (2004) "The compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS" *European Journal of Operational Research*, 156(2): 445-455.

Opricovic, S. (2011) "Fuzzy VIKOR with an application to water resources planning" *Expert Systems with Applications*, 38:12983-12990.

Özdağoğlu, A. (2011) "A Multi-Criteria Decision-Making Methodology on The Selection of Facility Location: Fuzzy ANP" *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 1-17.

Russell, R.S. ve Taylor, B.W. (1999) *Operations Management*, Third Edition, Prentice Hall.

Salehi, M. ve Tavakkoli-Moghaddam, R. (2008) "Project Selection by Using a Fuzzy TOPSIS Technique" *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 40: 85-90.

Tavakkoli-Moghaddam, R., Mousavi, S. ve Heydar, M. (2011) "An Integrated AHP-VIKOR Methodology for Plant Location Selection" *International Journal of Engineering*, 24 (2): 127-137.

Zadeh, L.A. (1965) "Fuzzy Sets" *Information and Control*, 8: 338-353.

EKLER**Ek 1: Kriterlerin Önem Düzeyi**

Karar Verici	Kriterler													
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄
KV ₁	OY	OY	Y	Y	ÇY	ÇY	OY	OY	Y	Y	Y	OY	OY	Y
KV ₂	O	O	OY	Y	Y	Y	O	O	OY	OY	OY	O	O	OY
KV ₃	O	OY	O	OY	ÇY	Y	OY	O	ÇY	Y	OY	OY	O	OY
KV ₄	OY	O	Y	Y	Y	Y	O	O	ÇY	OY	OY	O	OY	OY

Ek 2: Kriterler Bazında Alternatiflerin Değerlendirilmesi

Alternatifler	Karar Verici	Kriterler													
		C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄
A ₁ (Bölge 1)	KV ₁	i	o	i	o	o	i	çİ	o	o	i	i	OK	i	i
	KV ₂	o	oi	çİ	o	o	çİ	çİ	i	oi	çİ	oi	o	çİ	i
	KV ₃	i	o	i	oi	o	çİ	çİ	oi	o	çİ	oi	o	çİ	i
	KV ₄	i	oi	i	i	o	i	çİ	o	o	çİ	o	OK	i	i
A ₂ (Bölge 2)	KV ₁	çİ	i	çİ	çİ	i	i	o	çİ	çİ	çİ	çİ	çİ	i	i
	KV ₂	i	oi	çİ	çİ	oi	i	i	çİ	i	çİ	i	çİ	oi	oi
	KV ₃	çİ	i	çİ	çİ	oi	i	çİ	çİ	i	çİ	i	çİ	oi	oi
	KV ₄	i	çİ	çİ	çİ	o	oi	çİ	çİ	çİ	çİ	çİ	çİ	i	i
A ₃ (Bölge 3)	KV ₁	i	o	i	i	K	i	çİ	i	o	çİ	i	i	i	i
	KV ₂	o	o	çİ	i	o	i	i	i	o	i	i	oi	çİ	i
	KV ₃	o	o	çİ	o	K	çİ	i	oi	o	i	o	i	i	i
	KV ₄	i	oi	i	i	o	i	çİ	i	o	çİ	o	oi	i	i
A ₄ (Bölge 4)	KV ₁	i	oi	i	çİ	oi	oi	o	çİ	oi	çİ	i	i	o	oi
	KV ₂	i	oi	çİ	çİ	o	oi	i	çİ	oi	çİ	i	i	o	oi
	KV ₃	i	oi	i	çİ	o	i	oi	çİ	i	çİ	i	çİ	oi	oi
	KV ₄	i	oi	çİ	çİ	K	oi	i	çİ	oi	çİ	i	çİ	o	oi
A ₅ (Bölge 5)	KV ₁	çİ	i	çİ	çİ	o	oi	o	çİ	i	çİ	i	çİ	oi	oi
	KV ₂	i	oi	çİ	çİ	oi	i	i	çİ	i	çİ	i	i	o	i
	KV ₃	i	i	çİ	çİ	o	i	i	çİ	i	çİ	i	çİ	oi	oi
	KV ₄	i	oi	çİ	çİ	oi	oi	i	çİ	oi	çİ	çİ	çİ	i	oi

Ek 3: Kriterlerin Bulanık Ağırlık Matrisi

	C ₁			C ₂			C ₃			C ₄		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
KV1	0,5	0,7	0,9	0,5	0,7	0,9	0,7	0,9	1	0,7	0,9	1
KV2	0,3	0,5	0,7	0,3	0,5	0,7	0,5	0,7	0,9	0,7	0,9	1
KV3	0,3	0,5	0,7	0,5	0,7	0,9	0,3	0,5	0,7	0,5	0,7	0,9
KV4	0,5	0,7	0,9	0,3	0,5	0,7	0,7	0,9	1	0,7	0,9	1
Ortalama	0,40	0,60	0,80	0,40	0,60	0,80	0,55	0,75	0,90	0,65	0,85	0,98
	C ₅			C ₆			C ₇			C ₈		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
KV1	0,9	1	1	0,9	1	1	0,5	0,7	0,9	0,5	0,7	0,9
KV2	0,7	0,9	1	0,7	0,9	1	0,3	0,5	0,7	0,3	0,5	0,7
KV3	0,9	1	1	0,7	0,9	1	0,5	0,7	0,9	0,3	0,5	0,7
KV4	0,7	0,9	1	0,7	0,9	1	0,3	0,5	0,7	0,3	0,5	0,7
Ortalama	0,80	0,95	1	0,75	0,93	1	0,40	0,60	0,80	0,35	0,55	0,75

Ek 4: Bulanık Karar Matrisi

Alternatifler	Karar Vericiler	C ₁			C ₂		
		l	m	u	l	m	u
A1 (Bölge 1)	KV1	7	9	10	3	5	7
	KV2	3	5	7	5	7	9
	KV3	7	9	10	3	5	7
	KV4	7	9	10	5	7	9
	Ortalama	6,00	8,00	9,25	4,00	6,00	8,00
A2 (Bölge 2)	KV1	9	10	10	7	9	10
	KV2	7	9	10	5	7	9
	KV3	9	10	10	7	9	10
	KV4	7	9	10	9	10	10
	Ortalama	8,00	9,50	10,00	7,00	8,75	9,75
A3 (Bölge 3)	KV1	7	9	10	3	5	7
	KV2	3	5	7	3	5	7
	KV3	3	5	7	3	5	7
	KV4	7	9	10	5	7	9
	Ortalama	5,00	7,00	8,50	3,50	5,50	7,50
A4 (Bölge 4)	KV1	7	9	10	5	7	9
	KV2	7	9	10	5	7	9
	KV3	7	9	10	5	7	9
	KV4	7	9	10	5	7	9
	Ortalama	7,00	9,00	10,00	5,00	7,00	9,00
A5 (Bölge 5)	KV1	9	10	10	7	9	10
	KV2	7	9	10	5	7	9
	KV3	7	9	10	7	9	10
	KV4	7	9	10	5	7	9
	Ortalama	7,50	9,25	10,00	6,00	8,00	9,50

