

## NAKLİYE FİRMASI SEÇİMİNDE BULANIK AHP VE BULANIK TOPSIS YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Prof. Dr. Ahmet ÖZTÜRK\*  
Yrd. Doç. Dr. İrfan ERTUĞRUL\*\*  
Arş. Grv. Nilsen KARAKAŞOĞLU\*\*\*

### Özet

Günümüzün rekabetçi ortamında işletmeler ürünlerini müşterilere zamanında teslim edebilmek için güvenilir nakliye firmalarına ihtiyaç duyarlar. Özellikle işletmelerin hizmet kalitesinin geliştirilmesi ve müşteri memnuniyetinin sağlanması gerekliliği doğru nakliye firması ile çalışmayı zorunlu kılmaktadır. İşletmeler doğru nakliye firmasını belirlemek için birbiri ile çelişen kriterler altında çeşitli alternatifler arasından seçim yapmak durumundadırlar. Klasik karar verme yöntemleri, belirsiz ve kesin olmayan durumları ele almada yetersiz olduğundan, bu gibi durumlar için bulanık karar verme yöntemleri önerilmiştir. Bu çalışmada, işletmelerin karar problemlerinde karar vericiler tarafından yapılan sözel değerlendirmelerde yer alan belirsizliği ele alabilmek için Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Bulanık TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemleri önerilmiştir. Uygulama bölümünde Denizli Makine İmalat Sanayinde faaliyet gösteren bir işletmenin nakliye firması seçim problemine bu iki yöntem yardımıyla çözüm aranmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Bulanık Mantık, Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi, Bulanık TOPSIS, Nakliye Firması Seçimi.

---

\* Uludağ Üniversitesi, İİBF, Ekonometri Bölümü, ahmetozturk@uludag.edu.tr

\*\* Pamukkale Üniversitesi, İİBF, İşletme Bölümü, irtugrul@pamukkale.edu.tr

\*\*\* Pamukkale Üniversitesi, İİBF, İşletme Bölümü, nkarakasoglu@pamukkale.edu.tr

## COMPARISON OF FUZZY AHP AND FUZZY TOPSIS METHODS IN TRANSPORTATION FIRM SELECTION

### **Abstract**

*In today's competitive environment, firms need reliable transportation firms to deliver their products to the customers on time. Especially companies have to work with the right transportation firms for improving service quality and providing customer satisfaction. In order to determine the right transportation firm, companies should make a selection among various alternatives under conflicting criteria. Classical decision making methods are inadequate to deal with ambiguous and imprecise situations so fuzzy decision making methods are proposed. In this paper, in order to take vague nature of the linguistic assessment into consideration, fuzzy Analytical Hierarchy Process and fuzzy TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) methods are proposed. At the application part, transportation firm selection problem of a company which operates in Denizli Machinery Manufacturing Industry is tried to be solved with the help of these two methods.*

**Key Words:** *Fuzzy logic, Fuzzy Analytical Hierarchy Process, Fuzzy TOPSIS, Transportation Firm Selection*

### **1. GİRİŞ**

Günümüzün rekabetçi ortamında doğru ve etkin kararlar alabilen işletmeler rakiplerine üstünlük sağlayabilmektedir. Doğru ve tutarlı kararların alınabilmesi doğru bilgilerin etkili ve zamanında değerlendirilmesine bağlıdır. Karar vericiler karar verme aşamasında genelde içgüdüsel hareket etmektedirler. Endüstride pek çok işlem sürecinde etkin karar verme yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu kararlar, işletme için personel, tedarikçi, kuruluş yeri, nakliye firması gibi seçimleri kapsamaktadır.

Artan rekabet ortamında işletmeler ayakta kalabilmek ve rakiplerine göre fark yaratabilmek için daha çok çaba sarf etmektedir. Zamanında teslimat, işletmeler için müşteri memnuniyetini sağlamada önemli faktörlerden biridir. İşletmelerin birçoğu, siparişlerini anlaşılmaya uygun olarak zamanında müşterilerine teslim edemediklerinden büyük miktarlarda ceza ödemekte ve uzun vadede müşterilerini kaybetmektedirler. Bu yüzden doğru nakliye firmasını seçmek işletmeler açısından kritik öneme sahiptir. İyi bir değerlendirme yapılırsa birden fazla nakliye firması ile çalışılmak zorunda kalınmaz ve bu durum uzun vadeli ortaklıkların gelişmesine yardımcı olur.

Nakliye firması seçim işleminin zaman alıcı ve zor bir süreç olup deneyim ve bilgi birikimi gerektirmesinden dolayı karar vericiler için birçok soruna neden olmaktadır. Uygun ve etkili bir karara ulaşmak için, karar verici birçok veriyi analiz etmek ve birçok faktörü dikkate almak zorundadır. İşletmeler en uygun nakliye firmasını belirlerken zaman kaybetmeden karar vermek durumundadırlar. Aksi takdirde ürünler zamanında müşteriye

---

teslim edilemeyecektir. Bu durumda çok kriterli karar verme yöntemleri yardımıyla karara ulaşmak uygun olacaktır<sup>1</sup>.

Karar verme sürecinde eksik ve sayısal olmayan bilgiler olması durumunda bulanık küme teorisi, karar verme sürecine dâhil edilerek daha etkin kararlara ulaşılabilmektedir. Ayrıca karar verme subjektif bir süreçtir ve belirsizlikler içermektedir. Klasik karar verme yöntemleri, belirsiz ve kesin olmayan durumları ele almada yetersiz kaldığından bu gibi durumlarda bulanık karar verme yöntemlerini kullanmak uygun olmaktadır. Bu çalışmada, karar sürecinde yer alan belirsizliği ele alabilmek için nakliye firması seçim probleminde Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP) ve Bulanık TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemleri ile çözüm aranmıştır.

Çalışmanın ilk bölümünde konuya ilişkin kısa bir girişe yer verildikten sonra ikinci bölümde bulanık mantık kavramı üzerinde durulmuş, bulanık küme ve bulanık sayılara değinilmiştir. Üçüncü bölümde bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi, dördüncü bölümde ise Bulanık TOPSIS yöntemi açıklanmıştır. Uygulama bölümünde ise Denizli Makina İmalat Sanayinde faaliyet gösteren bir işletmenin nakliye firması seçim problemi ele alınmıştır. Probleme BAHP ve Bulanık TOPSIS yöntemleri ile çözüm aranmıştır. Sonuç kısmında ise uygulamada elde edilen sonuçlar tartışılmış ve gelecekte yapılabilecek çalışmalar için önerilere yer verilmiştir.

## 2. Bulanık Mantık

Bulanık mantık kavramı, ilk kez 1965 yılında Lotfi A. Zadeh tarafından yayınlanan “Bulanık Kümeler” adlı makale ile ortaya atılmıştır. Bu makalede bulanık kümelerin tanımı, temel işlemleri, kavramları ve özellikleri verilmiştir. Bulanık mantık yaklaşımı, makinalara insanların özel verilerini işleyebilme ve onların deneyimlerinden ve önsözlerinden yararlanarak çalışabilme yeteneği verir. Bu yeteneği kazandırırken sayısal ifadeler yerine sembolik ifadeler kullanır. İşte bu sembolik ifadelerin makinalara aktarılması matematiksel bir temele dayanır. Bu matematiksel temel, bulanık kümeler kuramı ve bulanık mantıktır<sup>2</sup>.

### 2.1. Bulanık Küme

Zadeh’e göre klasik sistem kuramının matematiksel yöntemleri, gerçek dünyadaki özellikle insanları içeren karmaşık sistemlerle uğraşırken yetersiz kalmaktadır. Bu durumun üstesinden gelebilmek için Zadeh (1965), niteliklerin üyelik fonksiyonlarıyla ifade edildiği bulanık kümeler tanımlamasını önermiştir. Bulanık küme, devamlı üyelik derecesine sahip nesnel kümesidir. Bulanık küme, her nesneyi 0 ile 1 arasında değişen üyelik derecesine sahip üyelik fonksiyonu ile nitelendirmektedir<sup>3</sup>.  $E$  evrensel kümesinde tanımlanan, bulanık küme  $A$  için  $\mu_A$  üyelik fonksiyonu  $\mu_A : E \rightarrow [0,1]$  şeklinde ifade edilir. Yine bulanık  $A$  kümesindeki  $x$  elemanı için üyelik derecesinin gösterimi  $A = \{(x, \mu_A(x)) | x \in E\}$

---

<sup>1</sup> Karakaşoğlu, N., “Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve Uygulama”, Denizli, Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2008, s.1-2, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi).

<sup>2</sup> Elmas, Ç., **Bulanık Mantık Denetleyiciler**, Seçkin Yayıncılık, Ankara, 2003, s.25.

<sup>3</sup> Zadeh, L. A., “Fuzzy Sets”, **Information and Control**, 8, 1965, s.338.

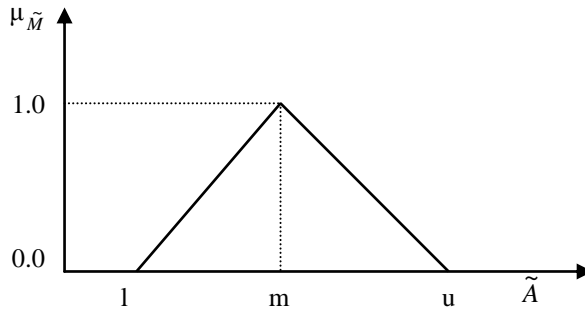
şeklinde<sup>4</sup>.  $\mu_A$  üyelik fonksiyonu,  $[0,1]$  kapalı aralığında gerçek bir sayıyı göstermektedir<sup>5</sup>. Burada 0 sayısı ilgili nesnenin kümenin üyesi olmadığını, 1 sayısı ilgili nesnenin kümenin tam üyesi olduğunu ve bu iki değer arasındaki herhangi bir sayı ise ilgili nesnenin kümeye kısmi üyeliğini gösterir.

## 2.2. Bulanık Sayılar

Bulanık sayılar dışbükey, normalleştirilmiş, sınırlı-sürekli üyelik fonksiyonları olan bir bulanık küme olarak ifade edilir<sup>6</sup>. Bulanık sayılar, bulanık kümelerin özel bir alt kümesidir. 5 civarı, hemen hemen 9, yaklaşık olarak 15, 200'den küçük vb. gibi kesin olmayan veya yaklaşık sayısal miktarların nitelenmesinde bulanık sayılar oldukça yararlıdır<sup>7</sup>. Ele alınan konuya göre değişik bulanık sayılar kullanmak mümkündür. Genel olarak pratik uygulamada kullanılan üçgen ve yamuk olmak üzere iki tane bulanık sayı söz konusudur<sup>8</sup>. Bu çalışmada üçgen bulanık sayılar kullanılmıştır.

Üçgen bulanık sayılar, üç tane gerçek sayıyla tanımlanmış bulanık sayıların özel bir çeşididir ve  $(l,m,u)$  şeklinde ifade edilir.  $l$ ,  $m$ , ve  $u$  parametreleri sırasıyla en küçük olası değeri, en olası değeri ve en büyük olası değeri göstermektedir. Üçgen bulanık sayı  $\tilde{A}$ 'nın gösterilişi Şekil 2.1'de görülmektedir<sup>9</sup>.

Şekil 2.1: Üçgen Bulanık Sayı,  $\tilde{A}$



Üçgen bulanık sayının üyelik fonksiyonu şu şekilde tanımlanır:

<sup>4</sup> Zimmermann, H.J., **Fuzzy Set Theory and Its Applications**, Kluwer Academic Publishers, USA, 1992, s.12

<sup>5</sup> Zadeh, L. A., "The Concept of a Linguistic Variable and its Application to Approximate Reasoning-I", **Information Sciences**, 8, 1975, s.222.

<sup>6</sup> Baykal N.- Beyan T., **Bulanık Mantık İlke ve Temelleri**, Bıçaklar Kitabevi, Ankara, 2004, s.115.

<sup>7</sup> Özkan, M., **Bulanık Hedef Programlama**, Ekin Kitabevi, Bursa, 2003, s.59.

<sup>8</sup> Baykal N., Beyan T., a.g.k, s.234.

<sup>9</sup> C. Kahraman ve diğerleri, "Multi-Attribute Comparison of Catering Service Companies Using Fuzzy AHP: The Case of Turkey", **International Journal of Production Economics**, 87, 2004, s.174.

$$\mu(x/\tilde{A}) = \begin{cases} 0, & x < l, \\ (x-l)/(m-l), & l \leq x \leq m, \\ (u-x)/(u-m), & m \leq x \leq u, \\ 0, & x > u \end{cases} \quad (1)$$

Üçgen bulanık sayılarda tanımlanmış birçok işlem vardır. Fakat burada bu çalışmada kullanılan işlemler açıklanmıştır.  $\tilde{A} = (l_1, m_1, u_1)$  ve  $\tilde{B} = (l_2, m_2, u_2)$  İki pozitif bulanık sayı,  $k$  da pozitif gerçel sayı olmak üzere:

$$\tilde{A} \oplus \tilde{B} = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2) \quad (2)$$

$$\tilde{A} \otimes \tilde{B} = (l_1.l_2, m_1.m_2, u_1.u_2) \quad (3)$$

$$\tilde{A} \otimes k = (l_1.k, m_1.k, u_1.k) \quad (4)$$

$$\tilde{A}^{-1} = (l_1, m_1, u_1)^{-1} \approx (1/u_1, 1/m_1, 1/l_1) \quad (5)$$

Ayrıca iki üçgen bulanık sayı arasındaki uzaklık vertex yöntemi yardımıyla hesaplanabilir<sup>10</sup>:

$$d_v(\tilde{m}, \tilde{n}) = \sqrt{\frac{1}{3} [(l_1 - l_2)^2 + (m_1 - m_2)^2 + (u_1 - u_2)^2]} \quad (6)$$

### 3. Bulanık AHP Yöntemi

Thomas L. Saaty (1980) tarafından geliştirilen Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yaygın olarak kullanılan çok kriterli karar verme yöntemlerinden biridir. AHP yöntemi, uzman kişinin bilgilerini ele alsa da, insani düşünme tarzını yansıtamamaktadır<sup>11</sup>. Ayrıca AHP yöntemi, ikili karşılaştırma sürecinde, belirsizlik ve kararsızlık durumlarını ele almada yetersiz olmasından dolayı eleştirilmektedir<sup>12</sup>. Bu yüzden hiyerarşik problemleri çözmek için Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP) geliştirilmiştir.

İlk BAHP çalışması, üçgen üyelik fonksiyonlarıyla tanımlanmış bulanık oranları karşılaştıran Van Laarhoven ve Pedrycz (1983) tarafından yapılmıştır. Daha sonra Buckley (1985), karşılaştırma oranlarının bulanık önceliklerinin yamuk üyelik fonksiyonu ile belirlendiği BAHP yöntemini önermiştir. Chang (1996), karşılaştırmalarda üçgen bulanık sayıları kullanarak BAHP için yeni bir yaklaşım ortaya atmıştır ve ikili karşılaştırmalarda genişletilmiş analiz yöntemini kullanmıştır. Cheng (1996), deniz taktik füzelerinin değerlendirilmesinde BAHP yöntemi ve entropi ağırlıklarına dayanan bir yöntem önermiştir. Zhu ve diğerleri (1999), üçgen bulanık sayıların temel teorisini kanıtlayarak, üçgen bulanık

<sup>10</sup> Chen, C. T., "Extensions of the TOPSIS for Group Decision-Making under Fuzzy Environment", **Fuzzy Sets and Systems**, 114, 2000, s.3.

<sup>11</sup> C. Kahraman ve diğerleri, "Multi-Criteria Supplier Selection Using Fuzzy AHP", **Logistics Information Management**, 16 (6), 2003, s.386.

<sup>12</sup> Deng, H. (1999). "Multicriteria Analysis with Fuzzy Pairwise Comparison", **International Journal of Approximate Reasoning**, 21, s.215.

sayıların büyüklük kıyaslamalarının formülasyonunu geliştirmişlerdir. Bu bağlamda, BAHP yöntemi ile bir petrol araştırma örneği ele almışlardır. Leung ve Cao (2000), BAHP'deki alternatifler için tolerans sapmalarını dikkate alarak bulanık tutarlılığı tanımlamışlardır. Kwong ve Bai (2002), kalite fonksiyon görçeriminde müşteri gereksinimlerinin önem ağırlıklarının belirlenmesinde BAHP yaklaşımından yararlanmışlardır. Shamsuzzaman ve diğerleri (2003), esnek imalat sistemleri alternatiflerinden en uygun olanının seçilmesinde BAHP yöntemini önermişlerdir. Kahraman ve diğerleri (2003), belirlenen kriterleri en iyi karşılayacak tedarikçinin seçiminde BAHP yöntemini kullanmışlardır. Chang ve diğerleri (2003), havaalanı performans değerlendirme problemini ele almışlar ve değerlendirmede kriter ağırlıklarını belirlemek için BAHP yönteminden yararlanmışlardır. Enea ve Piazza (2004), BAHP'de dikkate alınması gereken kısıtlar üzerine odaklanmışlar ve BAHP yöntemini proje seçiminde kullanmışlardır. Kahraman ve diğerleri (2004), en çok müşteri memnuniyetini sağlayan yemek şirketini belirlemek için BAHP yöntemini önermişlerdir. Mikhailov ve Tsvetinov (2004), servis değerlendirme sürecindeki belirsizliği ve kesin olmamayı ele almak için BAHP yöntemini kullanmışlardır. Büyüközkan (2004), belirsizlik içeren koşullar altında e-pazar yeri seçiminde daha etkin karar verebilmek için BAHP yöntemine dayanan bir yaklaşım ele almıştır. Büyüközkan ve diğerleri (2004), yazılım geliştirme stratejisinin seçimi için BAHP yöntemini önermişlerdir. Tang ve Beynon (2005), BAHP yöntemi ile sermaye yatırım çalışmasının geliştirilmesi için uygulamada bulunmuşlardır. Tolga ve diğerleri (2005), işletim sistemi seçiminde bulanık yenileme analizini ve BAHP yöntemini kullanmışlardır. Tüysüz ve Kahraman (2006), eksik ve belirsiz bilgi altında proje risklerinin değerlendirilmesi için BAHP yöntemini önermişlerdir. Ayağ ve Özdemir (2006), makina seçim problemi için BAHP yöntemini önermişlerdir. Ertuğrul ve Karakaşoğlu (2007a), işletmelerin performanslarını ölçmek için BAHP ve TOPSIS yöntemlerinin bir arada kullanılmasına dayanan bir yaklaşım sunmuşlardır. Lee ve diğerleri (2008), Taiwan'da imalat sanayinde bilgi teknolojisi bölümlerini değerlendirmek için BAHP yöntemine dayanan bir yaklaşım sunmuşlardır. Cheng ve diğerleri (2008), çalışmalarında BAHP yöntemini, yeni ürün geliştirme alanında teknoloji tahmin yöntemlerini değerlendirmek için kullanmışlardır.

Bu çalışmada Chang (1996) tarafından ileri sürülen genişletilmiş BAHP yöntemi ele alınmıştır. Genişletilmiş BAHP yöntemi, insani düşünce tarzının belirsizliğini ele alma yeteneğine sahiptir ve çok kriterli karar verme problemlerini çözmede etkilidir<sup>13</sup>. Bu yöntemde izlenen metodoloji şu şekilde açıklanabilir:

$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  bir nesnel kümesi ve  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$  de bir amaçlar kümesi olsun. Genişletilmiş analiz yöntemine göre, her bir nesne bir amacı gerçekleştirmek üzere ele alınır. Genişletilmiş ifadesi ile bu nesnenin amacı ne kadar gerçekleştirdiği ifade edilmektedir. Böylece,  $m$  tane genişletilmiş analiz değeri elde edilmiş olup şu şekilde gösterilir:

---

<sup>13</sup> Chan, F.T.S.- Kumar, N., "Global Supplier Development Considering Risk Factors Using Fuzzy Extended AHP-based Approach", **Omega International Journal of Management Science**, 35, 2007, s.430.

$$M_{g_i}^1, M_{g_i}^2, \dots, M_{g_i}^m \quad i = 1, 2, \dots, n$$

(7)

Buradaki tüm  $M_{g_i}^j$  ( $j = 1, 2, \dots, m$ ) değerleri, üçgen bulanık sayılardır. Chang'ın genişletilmiş analizinin adımları aşağıdaki gibi özetlenebilir<sup>14</sup>:

**1. Adım:**  $i$ . nesne için bulanık büyüklük değeri şu şekilde tanımlanır:

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \otimes \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1}$$

(8)

Burada  $S_i$ ,  $i$ . amacın sentez değerini,  $M_{g_i}^j$  her bir amaca yönelik genişletilmiş değeri ifade etmektedir. Eşitlik (8)'deki işlem, bulanık sayılarda yapılan bir çeşit normalizasyon işlemi olarak da algılanabilir.

$\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j$  değerini elde etmek için,  $m$  adet genişletilmiş analiz değeri bulanık toplama işlemi yardımıyla bulunarak bir matris elde edilir. Bu matrisin elemanları eşitlik (9) yardımıyla bulunur:

$$\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left( \sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right)$$

(9)

$\left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1}$ ,  $i$  elde etmek için,  $M_{g_i}^j$  ( $j = 1, 2, \dots, m$ ) değerlerinin bulanık toplama işlemi şu şekilde uygulanır:

$$\left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} = \left( \frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right)$$

(10)

**2. Adım:** Chang'ın önerdiği yöntem, elde edilen sentez değerlerinin karşılaştırılması ve bu karşılaştırma değerlerinden ağırlık değerlerinin elde edilmesi esasına dayanmaktadır. İki bulanık sayının karşılaştırılması şu şekilde yapılmaktadır:

<sup>14</sup> Chang, D.Y., "Application of the Extent Analysis Method on Fuzzy AHP", **European Journal of Operational Research**, 95(3), 1996, s.650.

$\tilde{M}_1 = (l_1, m_1, u_1)$  ve  $\tilde{M}_2 = (l_2, m_2, u_2)$  iki üçgen bulanık sayı iken  $\tilde{M}_2 \geq \tilde{M}_1$  eşitliğinin olabilirlık derecesi şu şekilde tanımlanabilir:

$$V(\tilde{M}_2 \geq \tilde{M}_1) =_{y \geq x} \sup [\min(\mu_{\tilde{M}_1}(x), \mu_{\tilde{M}_2}(y))]$$

(11)

Bu eşitlik,  $y \geq x$  eşitsizliğinin genişleme prensibine göre ifade edilmiş şeklindedir. Eşitlik  $y \geq x$  ve  $\mu_{\tilde{M}_1}(x) = \mu_{\tilde{M}_2}(y)$  gibi ilişki bulunan  $(x, y)$  sayı çiftinin aralarındaki büyüklük ilişkisini yani  $M_2$ 'nin  $M_1$ 'den büyük olma olabilirlığını gösteren değerin  $V(\tilde{M}_2 \geq \tilde{M}_1) = 1$  olduğunu belirtmektedir. Bu eşitlikte  $\tilde{M}_2$ 'nin orta değerinin  $\tilde{M}_1$ 'den büyük olabilirlığı 1 değerini almaktadır. Aksi takdirde, olabilirlık hesabı eşitlik (13) kullanılarak yapılabilir. Ancak sadece,  $V(\tilde{M}_2 \geq \tilde{M}_1)$  değerini bilmek yeterli değildir. Ayrıca  $V(\tilde{M}_1 \geq \tilde{M}_2)$  değerinin de hesaplanması gereklidir. Şekil 3.1'de görüldüğü gibi  $\tilde{M}_1$  ve  $\tilde{M}_2$  gibi iki bulanık sayıdan  $\tilde{M}_2$ 'nin  $\tilde{M}_1$ 'den büyük olma olabilirlığı bu iki bulanık sayının kesişim noktasındaki üyelik fonksiyonunun değerine eşittir.  $\tilde{M}_1 = (l_1, m_1, u_1)$  ve  $\tilde{M}_2 = (l_2, m_2, u_2)$  bulanık sayılar iken:

$$V(\tilde{M}_2 \geq \tilde{M}_1) = \text{yükseklik}(\tilde{M}_1 \cap \tilde{M}_2) = \mu_{M_2}(d)$$

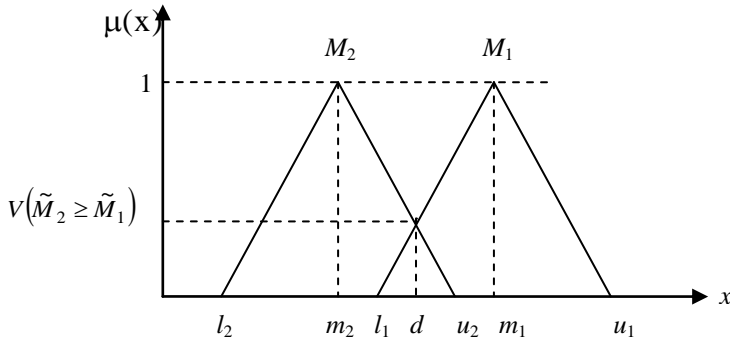
(12)

$$= \begin{cases} 1, & \text{eğer } m_2 \geq m_1 \\ 0, & \text{eğer } l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & \text{diğer durumlarda} \end{cases}$$

(13)



**Şekil 3.1:  $\tilde{M}_1$  ve  $\tilde{M}_2$  Sayılarının Büyüklüklerinin Karşılaştırılması**



Kaynak: Chang, D.Y., “Application of the Extent Analysis Method on Fuzzy AHP”, **European Journal of Operational Research**, 95(3), 1996, s.651

**3. Adım:** Konveks bir bulanık sayının  $k$  adet bulanık sayıdan,  $M_i$  ( $i=1, 2, \dots, k$ ) daha büyük olabilirlik derecesi şu şekilde tanımlanır:

$$V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) = V[(M \geq M_1) \text{ ve } (M \geq M_2) \text{ ve } \dots (M \geq M_k)]$$

$$= \min V(M \geq M_i), \quad i = 1, 2, 3, \dots, k \quad (14)$$

O takdirde  $S_j$ 'ler için şu varsayımlar yapılmıştır:

$$k = 1, 2, \dots, n; k \neq j \text{ için } d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k)$$

Daha sonra ağırlık vektörü  $A_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ )'nin  $n$  elemandan oluştuğu şu şekilde ifade edilir:

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T \quad (15)$$

**4. Adım:** Normalizasyon ile normalize edilmiş ağırlık vektörü  $W$  elde edilir ve burada  $W$  bir bulanık sayı değildir.

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T \quad (16)$$

**4. Bulanık TOPSIS Yöntemi**

Gerçek hayatta eksik ve elde edilmesi zor bilgiler yüzünden, veriler deterministik değil bulanıktır. Genellikle tercih içeren hükümler belirsizdir ve tercih kesin bir sayısal değer ile ifade edilemez. Bu nedenle TOPSIS yöntemi bulanık veriler kullanılabilir şekilde geliştirilmiştir<sup>15</sup>. Bulanık TOPSIS yöntemi, birden fazla karar vericinin çok sayıda

<sup>15</sup> G. R. Jahanshahloo ve diğerleri, “Extension of the TOPSIS Method for Decision Making Problems with Fuzzy Data”, **Applied Mathematics and Computation**, 181(2), 2006, s.1545.

kritere göre belirsizlik altında alternatifleri değerlendirerek sıralamasına, dolayısıyla da seçime yönelik kararını doğru vermesine yardımcı olan bir yöntemdir <sup>16</sup>.

TOPSIS yönteminde bulanık değerler kullanılarak yapılan çalışmaları 1989'da Negi bir doktora teziyle, Chen ve Hwang ise 1992 yılında yayınladıkları bir kitap ile başlatmışlardır <sup>17</sup>. Triantaphyllou ve Lin (1996), bulanık aritmetik işlemlere dayanan Bulanık TOPSIS yöntemini geliştirmişlerdir. Chen (2000), her alternatifin değerlendirilmesi ve her kriterin ağırlığı, üçgen bulanık sayılar ile ifade edilen sözel değişkenler ile tanımlayan bulanık TOPSIS yöntemini önermiştir. Chu (2002), fabrika kuruluş yeri seçimi için, çeşitli subjektif kriterler altında çeşitli alternatiflerin değerlendirmelerinin ve kriter ağırlıklarının sözel değişkenler yardımıyla ifade edildiği Bulanık TOPSIS yöntemini önermiştir. Chu ve Lin (2003), robot seçimi için Bulanık TOPSIS yöntemini ele almışlardır. Abo-Sinna ve Amer (2005), çok amaçlı büyük ölçekli doğrusal olmayan programlama problemlerini ele almak için Bulanık TOPSIS yöntemini önermişlerdir. Chen ve diğerleri (2006), tedarik zinciri sisteminde tedarikçi seçim problemini ele almak için bulanık karar verme yaklaşımından yararlanmışlardır. Jahanshahloo ve diğerleri (2006), bulanık veriler ile karar vermede, Bulanık TOPSIS yöntemini ele almışlardır. Bu çalışmada, her alternatifin değerlendirmesi ve her kriterin ağırlığı üçgen bulanık sayılar ile ifade edilmiş ve  $\alpha$  kesim kavramı kullanılarak bulanık sayılar normalize edilmiştir. Bottani ve Rizzi (2006), en uygun üçüncü parti lojistik (3PL) servis sağlayıcılarının belirlenmesinde TOPSIS yöntemine ve bulanık küme teorisine dayanan bir yaklaşım sunmuşlardır. Wang ve Elhag (2006), alfa düzey kümesi ve doğrusal olmayan programlamaya dayanan Bulanık TOPSIS yöntemini sunmuşlardır. Yong (2006), fabrika kuruluş yeri seçimi için yeni bir Bulanık TOPSIS yaklaşımı önermiştir. Yang ve Hung (2007), fabrika yerleşim problemi için TOPSIS ve Bulanık TOPSIS yöntemlerini önermişlerdir. Wang ve Chang (2007), bulanık ortamda, eğitim uçaklarını değerlendirmede Bulanık TOPSIS yöntemini kullanmışlardır. Benitez ve diğerleri (2007), üç otelin servis kalitesini değerlendirmek için bulanık TOPSIS yönteminden yararlanmışlardır. Kahraman ve diğerleri (2007a), belirsiz ve sözel veriler içeren karmaşık seçim problemleri için hiyerarşik Bulanık TOPSIS yöntemini geliştirmişlerdir. Kahraman ve diğerleri (2007b), yeni ürün geliştirme sürecinin kalitesini ve etkinliğini arttırmayı amaçlamışlar ve bunun için çok nitelikli fayda yöntemi ile hiyerarşik Bulanık TOPSIS yöntemlerine dayanan iki aşamalı bütünleşik bir karar verme yaklaşımı sunmuşlardır. Ertuğrul ve Karakaşoğlu (2007b) fabrika kuruluş yeri seçim problemi için BAHF ve Bulanık TOPSIS yöntemlerini kullanmışlardır. Çalışmalarında, iki yöntemin benzer ve farklı yönlerine değinerek, bu iki yöntemi kıyaslamışlardır. Wang (2008), Taiwan'da yerel havayollarında faaliyet gösteren üç havayolu işletmesinin finansal performansını ölçmek için bulanık ÇKKV yöntemlerinden Bulanık TOPSIS yöntemini kullanmıştır. Eleren (2007), kuruluş yeri seçim problemi için Bulanık TOPSIS yöntemini önermiştir. Ecer (2007), Bulanık TOPSIS yöntemi yardımıyla mağaza kuruluş yerlerini değerlendirmiştir. Dündar ve diğerleri (2007), Bulanık TOPSIS yöntemini kullanarak, sanal mağazaların web sitelerinin müşterilerin beğenilerine göre sıralamasını yapmışlardır.

---

<sup>16</sup> S. Dündar ve diğerleri, "Fuzzy TOPSIS Yöntemi ile Sanal Mağazaların Web Sitelerinin Değerlendirilmesi", *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 21(1), 2007, s.287.

<sup>17</sup> S. Dündar ve diğerleri, (2007)., a.g.m, s.292.

Chen (2000) tarafından önerilen bulanık TOPSIS yönteminin ilk adımında, karar vericilerden oluşan bir komite oluşturulur.  $N$  tane karar vericiden oluşan küme  $E = \{KV_1, KV_2, \dots, KV_N\}$  şeklinde ifade edilir. Karar vericilerden oluşan bir komite oluşturulduktan sonra mevcut alternatifler  $A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$  ve bu alternatifleri değerlendirmede kullanılacak kriterler  $K = \{K_1, K_2, \dots, K_n\}$  belirlenir. Daha sonra alternatiflerin değerlendirilmesinde ve kriterlerin önem ağırlıklarının belirlenmesinde kullanılan sözel değişkenler seçilir. Karar vericiler, bu sözel değişkenler yardımıyla mevcut alternatif ve kriterleri değerlendirirler. Daha sonra, karar vericiler tarafından sözel değişkenler ile yapılan bu değerlendirmeler bulanık sayılar şeklinde ifade edilir.  $N$  tane karar vericinin alternatifler ve kriterler için değerlendirmelerini tek bir değere indirgeyebilmek için aşağıda açıklanan yol izlenir.

$$x_{ij} = \frac{1}{N} [\tilde{x}_{ij}^1 \oplus \tilde{x}_{ij}^2 \oplus \dots \oplus \tilde{x}_{ij}^N] \quad (17)$$

burada  $\tilde{x}_{ij}^N$ ,  $N$ . karar vericinin değerlendirmesini göstermektedir.

Her kriter için  $N$  tane karar verici tarafından belirlenen ağırlıkları tek bir değere indirgemek için,  $(\tilde{w}_j)$  şu şekilde hesaplanabilir:

$$\tilde{w}_j = \frac{1}{N} [\tilde{w}_j^1 \oplus \tilde{w}_j^2 \oplus \dots \oplus \tilde{w}_j^N] \quad (18)$$

burada  $\tilde{w}_j^N$ ,  $N$ . karar vericinin önem ağırlığını göstermektedir.

Tüm kriter ve alternatifler için tek bir değer elde edildikten sonra karar problemi matris formatında şu şekilde gösterilir:

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad \tilde{W} = [\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \dots, \tilde{w}_n] \quad (19)$$

burada  $\tilde{x}_{ij} = (a_{ji}, b_{ij}, c_{ij})$  ve  $\tilde{w}_j = (w_{j1}, w_{j2}, w_{j3})$  üçgen bulanık sayılar olup,  $\tilde{D}$  bulanık karar matrisini,  $\tilde{W}$  ise bulanık ağırlıklar matrisini göstermektedir.

Karar matrisinin oluşturulmasından sonraki adım karar matrisinin normalize edilmesidir. Bulanık karar matrisi eşitlik (21) ve (22) yardımıyla normalize edilir ve normalize bulanık karar matrisi  $\tilde{R}$  elde edilir:

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n} \quad (20)$$

$B$  ve  $C$ , fayda ve maliyet kriterleri olmak üzere:

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

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

şeklinde hesaplanır. Burada,  $r_{ij}, (\forall i, j)$  normalize edilmiş üçgen bulanık sayılardır.

Normalize bulanık karar matrisinin oluşturulmasından sonra, her bir karar kriterinin farklı önem ağırlığına sahip olabileceği dikkate alınarak ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi şu şekilde oluşturulur:

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

burada,  $\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij}(\cdot) \tilde{w}_j$  'dir.

Ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi oluşturulduktan sonra bulanık pozitif ideal çözüm (FPIS,  $A^*$ ) ve bulanık negatif ideal çözüm (FNIS,  $A^-$ ) şu şekilde tanımlanır:

$$A^* = (\tilde{v}_1^*, \tilde{v}_2^*, \dots, \tilde{v}_n^*) \quad (24)$$

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

burada,  $\tilde{v}_j^* = (1, 1, 1)$  ve  $\tilde{v}_j^- = (0, 0, 0)$   $j = 1, 2, \dots, n$  'dir.

Daha sonra, her alternatifin pozitif ideal çözüm ( $A^*$ ) ve negatif ideal çözüme ( $A^-$ ) olan uzaklıkları hesaplanır:

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

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

(26)

burada  $d_v(.,.)$  iki bulanık sayı arasındaki uzaklığı göstermektedir.

Pozitif ideal çözüme ve negatif ideal çözüme göre uzaklıklar belirlendikten sonra, alternatiflerin sıralamasını belirleyebilmek için her alternatifte ilişkin yakınlık katsayıları ( $CC_i$ ) hesaplanır. Yakınlık katsayısı, bulanık pozitif ideal çözüme ( $A^*$ ) ve bulanık negatif ideal çözüme ( $A^-$ ) uzaklığı aynı anda dikkate alır. Her alternatifin yakınlık katsayısı şu şekilde hesaplanır:

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

$A_i = A^*$  ise  $CC_i = 1$  olacağı ve  $A_i = A^-$  ise  $CC_i = 0$  olacağı açıktır. Diğer bir ifade ile  $CC_i$  değeri 1'e yaklaştıkça, alternatif  $A_i$  pozitif ideal çözüme daha yakın ve negatif ideal çözümden daha uzak olacaktır.  $CC_i$ 'nin dereceli sıralamasına göre, tüm alternatiflerin sıralaması belirlenebilir ve olası alternatifler arasından en iyi olanı seçilebilir. Alternatiflerin yakınlık katsayılarına göre mevcut değerlendirme durumları sözel değişkenler ile tanımlanabilmektedir. Her alternatifin değerlendirme durumunu belirleyebilmek için  $[0, 1]$  aralığı beş alt aralığa bölünerek, her bir aralık için sözel değişkenler tanımlanmıştır. Beş sınıfa ait karar kuralları Tablo 4.1'de gösterilmektedir.

**Tablo 4.1: Kabul Koşulları**

Yakınlık Katsayısı ( $CC_i$ )	Değerlendirme Durumu
$CC_i \in [0, 0.2)$	<b>Tavsiye edilmez</b>
$CC_i \in [0.2, 0.4)$	<b>Yüksek risk ile tavsiye edilir</b>
$CC_i \in [0.4, 0.6)$	<b>Düşük risk ile tavsiye edilir</b>
$CC_i \in [0.6, 0.8)$	<b>Kabul edilir</b>
$CC_i \in [0.8, 1.0)$	<b>Kabul edilir ve tercih edilir</b>

Kaynak: C. T. Chen ve diğerleri, "A Fuzzy Approach for Supplier Evaluation and Selection in Supply Chain Management", **International Journal of Production Economics**, 102, 2006, s.296.

Tablo 4.1'deki karar kurallarına göre, her alternatifin mevcut durumunu tanımlamak için sözel değişkenler kullanılabilir. İki alternatifin değerlendirme durumunda aynı sınıfa girmesi halinde, sıralamayı belirlemek için yakınlık katsayılarına bakılır.

## 5. Uygulama

Uygulamada ele alınan işletme, Denizli Makina İmalat Sanayi'nde faaliyet göstermektedir. İşletme müşterisinin siparişi üzerine Kazakistan'da hadde tesisi kurmaktadır ve hadde tesisi için gerekli tüm makina ve ekipmanlar işletmede üretilmekte ve Kazakistan'da montajı yapılmaktadır. Bu üretilen makina ve ekipmanların işletmenin Denizli'deki fabrikasından Kazakistan'daki müşterisine güvenli ve zamanında ulaştırılması, işletme açısından önem taşımaktadır. İşletme ürünlerini ürettikten sonra müşterilerine zamanında teslim edebilmek istemektedir. İşletme, üretiminin büyük bir bölümünü yurt dışına ihraç ettiğinden ve ürünlerinin yüksek tonajlı olmasından dolayı doğru nakliye firmasının seçimi, işletme açısından kritik öneme sahiptir. Doğru nakliye firmasının seçilememesi işletme açısından bir takım sorunlara neden olabilmektedir. İşletme, Kazakistan'da hadde tesisi kuracağı için ürünlerin müşteriye zamanında ulaşmaması durumunda iş akışının sürekliliği aksamakta ve tesis zamanında teslim

edilemeyebilmektedir. Ayrıca ürünlerin zamanında teslim edilememesi, müşteri güveninin kaybına neden olabilmektedir. Sözleşmede, ürünlerin zamanında teslim edilememesi durumunda işletme tarafından para cezası ödenmesi gerektiği belirtilmiş ise işletme maddi olarak da kayba uğramaktadır. Emniyetli bir şekilde taşınmayan ürün deformasyona uğrayabilmekte, bu da ürünün kalitesinin düşmesine neden olmaktadır. Ayrıca deformasyona uğrayan ürünün yeniden üretilmesi gerektiğinde zaman kaybı ve maddi kayıplar meydana gelebilmektedir. Bu yüzden nakliye firmasının seçilmesi işletme için önemli bir karar sürecidir<sup>18</sup>.

Nakliye firması seçim probleminde birbiri ile çelişen birden çok kriter dikkate alınmaktadır. Bazı kriterler kesin değerler ile ifade edilemediğinden, kesin sayıların kullanıldığı klasik ÇKKV yöntemlerinde bu değerler göz ardı edilmektedir. Ayrıca bu yöntemler karar vericilerin karar verme sürecinde karşılaştıkları belirsizlik ve kesin olmamayı ele alamamaktadır<sup>19</sup>. Bu bağlamda nakliye firması seçim problemini ele almak için bulanık ÇKKV yöntemlerinden BAHF ve Bulanık TOPSIS yöntemleri önerilmiştir.

İşletmede ihracat müdürü, ihracat uygulama şefi ve genel müdür ile görüşülerek nakliye firması seçiminde kullanılacak kriterler belirlenmiş ve dokuz ana başlık altında şu şekilde özetlenmiştir:

**Maliyet** ( $K_1$ ): Ürünlerin, işletmeden müşteriye ulaşması için işletme tarafından katlanılması gereken tutarı gösterir.

**Dokümantasyon yeterliliği** ( $K_2$ ): Ürünlerin nakliyesi sırasında gerekli evrakların doğru ve eksiksiz bir şekilde hazırlanması gerekir. Aksi takdirde ürünlerin teslimat süresi uzayabilmekte ya da banka tarafından ek masraflar çıkarılabilmektedir.

**Zamanında teslimat** ( $K_3$ ): İşletmenin, müşteri ile yaptığı anlaşmaya uygun olarak ürünlerin müşteriye belirtilen termin süresinde teslim edilmesidir.

**Firma güvenilirliği** ( $K_4$ ): Nakliye firması yeni kurulmuş bir firma değil ise işletme, kendi geçmiş tecrübelerden yararlanarak ya da bu firma ile ilk kez çalışacaksa diğer işletmelerden aldığı referanslar doğrultusunda firma hakkında bir fikre sahip olmaktadır. Bu kriter; firmanın pazarda sahip olduğu pazar payı, imaj, saygınlık gibi faktörleri de içermektedir.

**Araç filosu** ( $K_5$ ): İşletmeler kendi araç filosuna sahip nakliye firmalarını daha çok tercih etmekte ve filodaki araç sayısı işletmeler için önem taşımaktadır. Bazı nakliye firmalarının kendilerine ait araçları olmayıp kiralalmış oldukları araçlar ile hizmet vermektedirler. Kendi araç ve personeline sahip olan firmalar ile çalışıldığında, nakliye firması daha iyi organize olabileceği için daha az sorunla karşılaşmaktadır.

---

<sup>18</sup> Karakaşoğlu, N. “Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve Uygulama”, Denizli, Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2008, s.136-137 (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi)

<sup>19</sup> Kulak, O.- Kahraman, C., “Fuzzy Multi-Attribute Selection among Transportation Companies Using Axiomatic Design and Analytic Hierarchy Process”, **Information Sciences**, 170, 2005, s.192.

---

**Yükleme sonrası takip** ( $K_6$ ): İşletmeler, ürünlerini müşteriye teslim edilmek üzere yükledikten sonra da hangi aşamada olduğunu takip etmek istemektedirler. Bazı nakliye firmaları müşterilerine elektronik ticaretin olanaklarını sunan sistemler sayesinde internet ortamında yük takibi, yük sorgulama, rezervasyon ve uydu bağlantılı araç izleme avantajı sağlamaktadırlar.

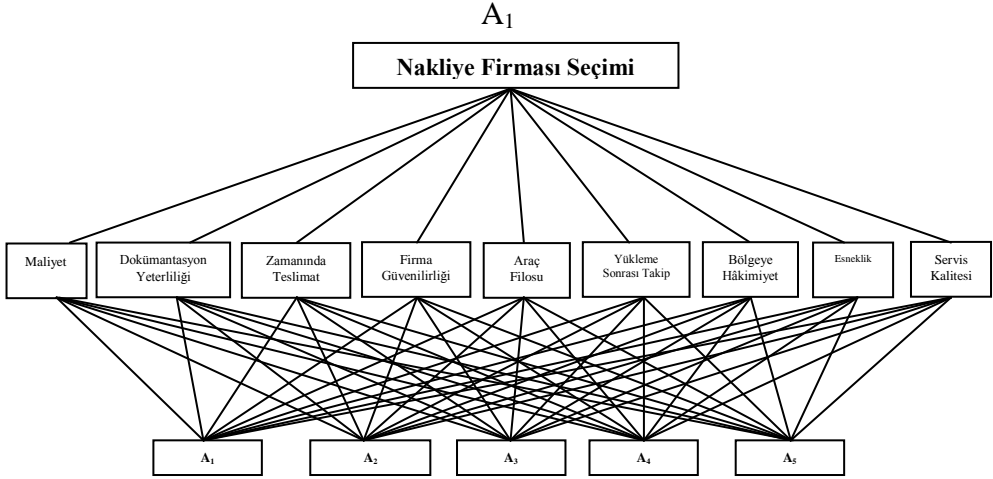
**Bölgeye hâkimiyet** ( $K_7$ ): Bölgeye hâkim, bölge hakkında bilgi sahibi olan firmalar ürünleri sorun yaşamadan müşteriye teslim edebilir. Sürekli belirli bölgeye yüklemeye yapan firmaların şoförleri bölgede konuşulan dili bilebilir, bu da bir sorunla karşılaşıldığında sorununun daha rahat çözülmesine yardımcı olur. Ayrıca şoförler bölgeyi iyi tanıdıkları için ürünleri daha kısa sürede ve daha az sorun yaşayarak istenilen noktaya ulaştırabilirler.

**Esneklik** ( $K_8$ ): İşletme, ürünlerini müşteriye termin süresine uygun bir şekilde teslim edebilmek için nakliye firmasından talep ettiği zamanda aracın yüklemeye hazır bir şekilde işletmede olmasını istemektedir. Bu da, nakliye firmasının esnekliğine bağlı olmaktadır.

**Servis kalitesi** ( $K_9$ ): İşletmeye ait ürünler müşteriye güvenli bir şekilde ulaşıncaya kadar alınan hizmetin niteliğini göstermektedir. Bununla birlikte, alınan servisin kalitesi, nakliye firmasında çalışan satış sorumlularının özelliklerine de bağlı olmaktadır. Bu kişilerin konusuna hâkim, gerektiğinde işletmeyi yönlendirebilecek bilgi birikimine sahip, iyi ilişkiler kurabilen, güler yüzlü kişilerden oluşması önemlidir.

Şekil 5.1'te, nakliye firması seçiminde kullanılacak kriterler ve alternatifler hiyerarşik olarak görülmektedir. İşletmenin ihracat sorumlusu Kazakistan'a yapacakları yüklemeye için beş nakliye firmasından teklif almıştır. Bu belirtilen dokuz kriter altında, beş nakliye firması alternatifleri BAHF ve Bulanık TOPSIS yöntemleri yardımıyla değerlendirilerek, işletme için en uygun olan nakliye firması belirlenmeye çalışılmıştır.

**Şekil 5.1: Nakliye Firması Seçim Probleminin Hiyerarşik Yapısı**





## 5.1. Problemin BAHP Yöntemi ile Çözümü

Klasik AHP yöntemi karar vericilerin gereksinimlerini tam olarak karşılayamadığından ve karar vericilerin alternatifleri değerlendirirken subjektif olup kesin yargılar verememelerinden dolayı bu çalışmada nakliye firması seçim problemi için ilk olarak BAHP yöntemi önerilmiştir. Öncelikle kriterler ve alternatifler ikili karşılaştırmalar yoluyla karar vericiler tarafından değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeler anketler yardımıyla yapılmıştır. İşletmede yer alan üç karar verici anketleri cevaplandırdıktan sonra anketlerdeki değerler ile bulanık karar matrisleri oluşturulmuştur. Anketler tek bir kişi yerine üç kişilik bir grup tarafından doldurularak sübjektiflik önlenmeye çalışılmıştır. Bu matrisler bulanık şekle getirilmeden önce tutarlılıkları Expert Choice<sup>20</sup> paket programı yardımıyla kontrol edilmiş ve tüm matrisler tutarlı bulunmuştur. Bulanık karar matrisinde değerlendirme sonuçları üçgen bulanık sayı şeklindedir. Bu matris oluşturulurken Tablo 5.1'deki ölçek kullanılmıştır.

**Tablo 5.1: Değerlendirmede Kullanılan Sözel Değişkenlerin Üçgen Bulanık Sayı Cinsinden Karşılıkları**

Sözel Değişken	Bulanık Ölçek	Karşılık Ölçek
Eşit derecede önem	(1,1,1)	(1/1,1/1,1/1)
Orta derecede önem	(1,3,5)	(1/5,1/3,1/1)
Kuvvetli derecede önem	(3,5,7)	(1/7,1/5,1/3)
Çok kuvvetli derecede önem	(5,7,9)	(1/9,1/7,1/5)
Mutlak derecede önem	(7,9,9)	(1/9,1/9,1/7)

Karar vericiler tarafından kriter ve alternatiflerin değerlendirilerek bu değerlendirme sonuçları ile bulanık karar matrislerinin oluşturulmasından sonra bu matrislerdeki değerler eşitlik (28) yardımıyla tek bir değere indirgenir:

$$\tilde{M}_{ij} = (1/N) \otimes (\tilde{m}_{ij}^1 \oplus \tilde{m}_{ij}^2 \oplus \dots \oplus \tilde{m}_{ij}^N) \quad (28)$$

Burada  $\tilde{M}_{ij}$  karar vericilerin değerlendirme sonuçlarının bütünlük değerini gösteren üçgen bulanık sayı,  $\tilde{m}_{ij}^k$  ise  $k$ . karar verici tarafından  $i$ . alternatifin  $j$ . kriter bazında kıyaslama sonucunu,  $N$  de karar verici sayısını göstermektedir <sup>21</sup>.

Üç karar vericinin, kriterleri ikili karşılaştırması sonucu oluşturulan birleştirilmiş karar matrisi Tablo 5.2'te görülmektedir.

<sup>20</sup> [http:// www.expertchoice.com](http://www.expertchoice.com)

<sup>21</sup> A. C. Cheng ve diğerleri, "A Fuzzy Multiple Criteria Comparison of Technology Forecasting Methods for Predicting the New Materials Development", **Technological Forecasting & Social Change**, 75, 2008, s.135.

**Tablo 5.2: Üç Karar Vericinin Birleştirilmiş İkili Karşılaştırmalar Matrisi**

	Maliyet	Dokümantasyon yeterliliği	Zamanında teslimat	Firma güvenilirliği	Araç filosu	Yükleme sonrası takip	Bölgeye hâkimiyet	Esneklik	Servis kalitesi
Maliyet	(1,1,1)	(3,0,5,0,7,0)	(0,7,1,4,2,1)	(1,7,3,7,5,7)	(3,7,5,7,7,0)	(3,4,4,8,6,3)	(3,0,5,0,7,0)	(2,7,4,1,5,7)	(2,0,3,4,4,8)
Dokümantasyon yeterliliği	(0,1,0,2,0,3)	(1,1,1)	(0,1,0,2,0,5)	(0,4,1,2,2,1)	(1,0,1,7,2,3)	(0,7,1,4,2,1)	(0,7,1,4,2,3)	(0,4,1,2,2,1)	(0,4,1,1,1,8)
Zamanında teslimat	(0,5,0,7,1,4)	(2,1,4,8,7,1)	(1,1,1)	(3,0,4,3,5,0)	(4,3,6,3,7,7)	(3,0,5,0,7,0)	(3,7,5,7,7,0)	(2,3,4,3,6,3)	(1,7,3,0,4,3)
Firma güvenilirliği	(0,2,0,3,0,6)	(0,5,0,8,2,2)	(0,2,0,2,0,3)	(1,1,1)	(2,1,3,4,5,0)	(2,0,3,4,4,7)	(1,0,2,3,3,7)	(1,4,2,7,4,1)	(1,4,2,0,2,7)
Araç filosu	(0,1,0,2,0,3)	(0,4,0,6,1,0)	(0,1,0,2,0,2)	(0,2,0,3,0,5)	(1,1,1)	(0,4,1,2,2,1)	(0,7,1,4,2,1)	(0,4,1,1,1,9)	(0,4,1,1,1,8)
Yükleme sonrası takip	(0,2,0,2,0,3)	(0,5,0,7,1,4)	(0,1,0,2,0,3)	(0,2,0,3,0,5)	(0,5,0,8,2,2)	(1,1,1)	(1,8,2,6,3,7)	(0,7,0,8,1,0)	(0,4,0,5,0,8)
Bölgeye hâkimiyet	(0,1,0,2,0,3)	(0,4,0,7,1,4)	(0,1,0,2,0,3)	(0,3,0,4,1,0)	(0,5,0,7,1,4)	(0,3,0,4,0,6)	(1,1,1)	(0,7,1,4,2,1)	(0,4,1,1,2,0)
Esneklik	(0,2,0,2,0,4)	(0,5,0,8,2,2)	(0,2,0,2,0,4)	(0,2,0,4,0,7)	(0,5,0,9,2,3)	(1,0,1,3,1,4)	(0,5,0,7,1,4)	(1,1,1)	(0,5,0,6,1,0)
Servis kalitesi	(0,2,0,3,0,5)	(0,5,0,9,2,4)	(0,2,0,3,0,6)	(0,4,0,5,0,7)	(0,6,0,9,2,5)	(1,3,2,0,2,2)	(0,5,0,9,2,3)	(1,0,1,8,2,1)	(1,1,1)

Tablo 5.2'teki verilerden yararlanarak Chang'in (1996) Genişletilmiş Analiz Yöntemi'ne göre öncelikle sentez değerlerinin bulunması gereklidir. Kriterlere ait sentez değerleri eşitlik (8) ile şu şekilde hesaplanır:

$$S_1 = (21.23, 32.62, 46.56) \otimes (1/189.73, 1/129.87, 1/81.01) = (0.112, 0.251, 0.575)$$

$$S_2 = (5.04, 9.39, 14.64) \otimes (1/189.73, 1/129.87, 1/81.01) = (0.027, 0.072, 0.181)$$

$$S_3 = (21.62, 35.23, 46.84) \otimes (1/189.73, 1/129.87, 1/81.01) = (0.114, 0.271, 0.578)$$

$$S_4 = (9.69, 16.26, 24.35) \otimes (1/189.73, 1/129.87, 1/81.01) = (0.051, 0.125, 0.301)$$

$$S_5 = (3.90, 7.03, 10.90) \otimes (1/189.73, 1/129.87, 1/81.01) = (0.021, 0.054, 0.135)$$

$$S_6 = (5.44, 7.11, 11.20) \otimes (1/189.73, 1/129.87, 1/81.01) = (0.029, 0.055, 0.138)$$

$$S_7 = (3.87, 6.13, 10.04) \otimes (1/189.73, 1/129.87, 1/81.01) = (0.020, 0.047, 0.124)$$

$$S_8 = (4.53, 6.14, 10.88) \otimes (1/189.73, 1/129.87, 1/81.01) = (0.024, 0.047, 0.134)$$

$$S_9 = (5.68, 8.56, 14.33) \otimes (1/189.73, 1/129.87, 1/81.01) = (0.030, 0.066, 0.177)$$

Elde edilen bu değerler kullanılarak eşitlik (13) yardımıyla bulanık sayıların karşılaştırılması yapılır ve şu değerler elde edilir:

---

$V(S_1 \geq S_2) = 1$	$V(S_2 \geq S_1) = 0.278$
$V(S_1 \geq S_3) = 0.958$	$V(S_2 \geq S_3) = 0.251$
$V(S_1 \geq S_4) = 1$	$V(S_2 \geq S_4) = 0.710$
$V(S_1 \geq S_5) = 1$	$V(S_2 \geq S_5) = 1$
$V(S_1 \geq S_6) = 1$	$V(S_2 \geq S_6) = 1$
$V(S_1 \geq S_7) = 1$	$V(S_2 \geq S_7) = 1$
$V(S_1 \geq S_8) = 1$	$V(S_2 \geq S_8) = 1$
$V(S_1 \geq S_9) = 1$	$V(S_2 \geq S_9) = 1$
$V(S_3 \geq S_1) = 1$	
$V(S_3 \geq S_2) = 1$	
$V(S_3 \geq S_4) = 1$	
$V(S_3 \geq S_5) = 1$	
$V(S_3 \geq S_6) = 1$	
$V(S_3 \geq S_7) = 1$	
$V(S_3 \geq S_8) = 1$	
$V(S_3 \geq S_9) = 1$	
$V(S_4 \geq S_1) = 0.600$	$V(S_5 \geq S_1) = 0.103$
$V(S_4 \geq S_2) = 1$	$V(S_5 \geq S_2) = 0.856$
$V(S_4 \geq S_3) = 0.561$	$V(S_5 \geq S_3) = 0.087$
$V(S_4 \geq S_5) = 1$	$V(S_5 \geq S_4) = 0.540$
$V(S_4 \geq S_6) = 1$	$V(S_5 \geq S_6) = 0.994$
$V(S_4 \geq S_7) = 1$	$V(S_5 \geq S_7) = 1$
$V(S_4 \geq S_8) = 1$	$V(S_5 \geq S_8) = 1$
$V(S_4 \geq S_9) = 1$	$V(S_5 \geq S_9) = 0.899$
$V(S_6 \geq S_1) = 0.118$	
$V(S_6 \geq S_2) = 0.864$	
$V(S_6 \geq S_3) = 0.101$	
$V(S_6 \geq S_4) = 0.553$	
$V(S_6 \geq S_5) = 1$	
$V(S_6 \geq S_7) = 1$	
$V(S_6 \geq S_8) = 1$	
$V(S_6 \geq S_9) = 0.907$	

$$\begin{aligned}V(S_7 \geq S_1) &= 0.056 & V(S_8 \geq S_1) &= 0.099 \\V(S_7 \geq S_2) &= 0.795 & V(S_8 \geq S_2) &= 0.811 \\V(S_7 \geq S_3) &= 0.043 & V(S_8 \geq S_3) &= 0.083 \\V(S_7 \geq S_4) &= 0.483 & V(S_8 \geq S_4) &= 0.516 \\V(S_7 \geq S_5) &= 0.937 & V(S_8 \geq S_5) &= 0.943 \\V(S_7 \geq S_6) &= 0.927 & V(S_8 \geq S_6) &= 0.934 \\V(S_7 \geq S_8) &= 0.999 & V(S_8 \geq S_7) &= 1 \\V(S_7 \geq S_9) &= 0.834 & V(S_8 \geq S_9) &= 0.849 \\V(S_9 \geq S_1) &= 0.260 \\V(S_9 \geq S_2) &= 0.959 \\V(S_9 \geq S_3) &= 0.235 \\V(S_9 \geq S_4) &= 0.679 \\V(S_9 \geq S_5) &= 1 \\V(S_9 \geq S_6) &= 1 \\V(S_9 \geq S_7) &= 1 \\V(S_9 \geq S_8) &= 1\end{aligned}$$

Elde edilen bu değerler yardımıyla eşitlik (14) kullanılarak kriterlerin öncelik değerleri şu şekilde hesaplanır:

$$\begin{aligned}d'(K_1) &= \min(1, 0.958, 1, 1, 1, 1, 1) = 0.958 \\d'(K_2) &= \min(0.278, 0.251, 0.710, 1, 1, 1, 1) = 0.251 \\d'(K_3) &= \min(1, 1, 1, 1, 1, 1, 1) = 1 \\d'(K_4) &= \min(0.600, 1, 0.561, 1, 1, 1, 1) = 0.561 \\d'(K_5) &= \min(0.103, 0.856, 0.087, 0.540, 0.994, 1, 1, 0.899) = 0.087 \\d'(K_6) &= \min(0.118, 0.864, 0.101, 0.553, 1, 1, 1, 0.907) = 0.101 \\d'(K_7) &= \min(0.056, 0.795, 0.043, 0.483, 1, 0.937, 0.927, 0.999) = 0.043 \\d'(K_8) &= \min(0.099, 0.811, 0.083, 0.516, 0.943, 0.934, 1, 0.849) = 0.083 \\d'(K_9) &= \min(0.260, 0.959, 0.235, 0.679, 1, 1, 1, 1) = 0.235\end{aligned}$$

Öncelik vektörünün hesaplanması sonucunda aşağıdaki vektör elde edilir:

$$W' = (0.958, 0.251, 1, 0.561, 0.087, 0.101, 0.043, 0.083, 0.235)$$

Bu vektörde yer alan değerlerin normalizasyonu sonucunda kriterlerin öncelik değerleri sırasıyla; (0.289, 0.076, 0.301, 0.169, 0.026, 0.030, 0.013, 0.025, 0.071) olarak hesaplanır. Bu değerlere göre, işletme nakliye firması seçim probleminde en fazla zamanında teslimat kriterine önem vermektedir. Bu kriteri sırasıyla maliyet, firma güvenilirliği, dokümantasyon yeterliliği, servis kalitesi, yükleme sonrası takip, araç filosu, esneklik ve bölgeye hâkimiyet kriterleri izlemektedir.

Kriterlere ilişkin ağırlıklar belirlendikten sonra, karar vericilerin her kriter altında beş nakliye firması alternatifini değerlendirmeleri ele alınmıştır. İlk olarak maliyet kriteri için alternatiflerin değerlendirme sonuçlarının birleştirilmiş şekli Tablo 5.3'te görüldüğü gibidir. Bu tablodaki verilerden yararlanarak maliyet kriteri altında beş alternatife ilişkin öncelik değerleri sırasıyla (0.306, 0.481, 0.150, 0.063, 0) olarak hesaplanır. Bu değerlere göre maliyet kriteri altında en uygun alternatif A<sub>2</sub> alternatifi iken, onu sırasıyla A<sub>1</sub>, A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub> ve A<sub>5</sub> alternatifleri izler.

**Tablo 5.3: Maliyet Kriteri için Alternatiflerin Birleştirilmiş Değerlendirme Sonuçları**

C <sub>1</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>
A <sub>1</sub>	(1,1,1)	(0.18,0.29,0.78)	(1.40,2.78,4.33)	(1.00,3.00,5.00)	(3.67,5.67,7.67)
A <sub>2</sub>	(1.29,3.46,5.53)	(1,1,1)	(3.00,5.00,7.00)	(3.67,5.67,7.67)	(6.33,8.33,9.00)
A <sub>3</sub>	(0.23,0.36,0.71)	(0.14,0.20,0.33)	(1,1,1)	(1.40,2.11,3.00)	(2.33,4.33,6.33)
A <sub>4</sub>	(0.20,0.33,1.00)	(0.13,0.18,0.27)	(0.33,0.47,0.71)	(1,1,1)	(1.67,3.67,5.67)
A <sub>5</sub>	(0.13,0.18,0.27)	(0.11,0.12,0.16)	(0.16,0.23,0.43)	(0.18,0.27,0.60)	(1,1,1)

Dokümantasyon yeterliliği kriteri için değerlendirme sonuçlarının birleştirilmiş şekli Tablo 5.4'te görülmektedir. Bu verilerden yararlanarak dokümantasyon yeterliliği kriteri altında beş alternatife ilişkin öncelik değerleri sırasıyla (0.385, 0.258, 0.357, 0, 0) olarak elde edilir. Bu değerlere göre dokümantasyon yeterliliği kriteri altında en iyi alternatif A<sub>1</sub> iken bu alternatifi sırasıyla A<sub>3</sub>, A<sub>2</sub> alternatifleri izler. A<sub>5</sub> ve A<sub>4</sub> alternatifleri ise sıfır değerini alır.

**Tablo 5.4: Dokümantasyon Yeterliliği Kriteri için Alternatiflerin Birleştirilmiş Değerlendirme Sonuçları**

C <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>
A <sub>1</sub>	(1,1,1)	(1.00,3.00,5.00)	(0.73,1.44,2.33)	(4.33,6.33,8.33)	(3.67,5.67,7.67)
A <sub>2</sub>	(0.20,0.33,1.00)	(1,1,1)	(0.45,0.51,0.78)	(2.33,4.33,6.33)	(1.67,3.67,5.67)
A <sub>3</sub>	(0.43,0.69,1.36)	(1.29,1.96,2.33)	(1,1,1)	(4.33,6.33,8.33)	(3.67,5.67,7.00)
A <sub>4</sub>	(0.12,0.16,0.23)	(0.16,0.23,0.43)	(0.12,0.16,0.23)	(1,1,1)	(0.47,1.22,2.33)
A <sub>5</sub>	(0.13,0.18,0.27)	(0.18,0.27,0.60)	(0.14,0.18,0.27)	(0.43,0.82,2.14)	(1,1,1)

Zamanında teslimat kriteri için değerlendirme sonuçlarının birleştirilmiş şekli Tablo 5.5'te verilmiştir. Bu verilerden yararlanarak zamanında teslimat kriteri için alternatiflere ilişkin öncelik değerleri sırasıyla (0.332, 0.384, 0, 0, 0.284) olarak bulunur. Bu değerlere bakarak zamanında teslimat kriteri altında en iyi alternatif  $A_2$  iken bu alternatifi,  $A_1$  ve  $A_5$  izlediği söylenebilir.  $A_3$  ve  $A_4$  alternatifleri ise sıfır değerini almışlardır.

**Tablo 5.5: Zamanında Teslimat Kriteri için Alternatiflerin Birleştirilmiş Değerlendirme Sonuçları**

$C_3$	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$A_5$
$A_1$	(1,1,1)	(0.45,1.18,2.11)	(3.00,5.00,7.00)	(3.00,5.00,7.00)	(0.73,1.44,2.33)
$A_2$	(0.47,0.85,2.23)	(1,1,1)	(4.33,6.33,8.33)	(4.33,6.33,7.67)	(1.40,2.78,4.33)
$A_3$	(0.14,0.20,0.33)	(0.12,0.16,0.23)	(1,1,1)	(0.73,1.44,2.33)	(0.15,0.23,0.51)
$A_4$	(0.14,0.20,0.33)	(0.13,0.16,0.23)	(0.43,0.69,1.36)	(1,1,1)	(0.15,0.23,0.51)
$A_5$	(0.43,0.69,1.36)	(0.23,0.36,0.71)	(1.96,4.44,6.61)	(1.96,4.44,6.61)	(1,1,1)

Firma güvenilirliği kriteri için değerlendirme sonuçlarının birleştirilmiş şekli Tablo 5.6'da görüldüğü gibidir. Bu verilerden yararlanarak firma güvenilirliği kriteri altında alternatiflerin öncelik değerleri (0.208, 0.421, 0, 0, 0.371) olarak elde edilir. Bu değerlere göre firma güvenilirliği kriteri altında en iyi alternatif  $A_2$  iken bu alternatifi sırasıyla  $A_5$  ve  $A_1$  alternatifleri izler.  $A_3$  ve  $A_4$  alternatifleri ise sıfır değerini almışlardır.

**Tablo 5.6: Firma Güvenilirliği Kriteri için Alternatiflerin Birleştirilmiş Değerlendirme Sonuçları**

$C_4$	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$A_5$
$A_1$	(1,1,1)	(0.16,0.24,0.56)	(1.00,3.00,5.00)	(1.67,3.67,5.67)	(0.18,0.29,0.78)
$A_2$	(1.80,4.09,6.18)	(1,1,1)	(4.33,6.33,8.33)	(5.00,7.00,8.33)	(0.73,2.11,3.67)
$A_3$	(0.20,0.33,1.00)	(0.12,0.16,0.23)	(1,1,1)	(1.00,1.67,2.33)	(0.13,0.18,0.29)
$A_4$	(0.18,0.27,0.60)	(0.12,0.14,0.20)	(0.43,0.60,1.00)	(1,1,1)	(0.12,0.16,0.24)
$A_5$	(1.29,3.46,5.53)	(0.27,0.47,1.36)	(3.46,5.53,7.56)	(4.09,6.18,8.22)	(1,1,1)

Araç filosu kriteri için değerlendirme sonuçlarının birleştirilmiş şekli Tablo 5.7'de verilmiştir. Bu verilerden yararlanarak, alternatiflerin araç filosu kriteri altında öncelik değerleri sırasıyla (0.383, 0.308, 0.040, 0, 0.269) olarak hesaplanır. Bu değerlere bakarak araç filosu kriteri için en iyi alternatifin  $A_1$  olduğu söylenebilir. Bu alternatifi sırasıyla  $A_2$ ,  $A_5$  ve  $A_3$  alternatifleri izlerken  $A_4$  alternatifi ise sıfır değerini almıştır.

**Tablo 5.7: Araç Filosu Kriteri için Alternatiflerin Birleştirilmiş Değerlendirme Sonuçları**

C <sub>5</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>
A <sub>1</sub>	(1,1,1)	(1.00,2.33,3.67)	(3.67,5.67,7.67)	(4.33,6.33,7.67)	(1.40,2.78,4.33)
A <sub>2</sub>	(0.27,0.43,1.00)	(1,1,1)	(3.00,4.33,5.67)	(3.00,5.00,7.00)	(0.71,2.07,3.44)
A <sub>3</sub>	(0.13,0.18,0.27)	(0.18,0.23,0.33)	(1,1,1)	(0.73,2.11,3.67)	(0.16,0.24,0.56)
A <sub>4</sub>	(0.13,0.16,0.23)	(0.14,0.20,0.33)	(0.27,0.47,1.36)	(1,1,1)	(0.15,0.23,0.51)
A <sub>5</sub>	(0.23,0.36,0.71)	(0.29,0.48,1.40)	(1.80,4.09,6.18)	(1.96,4.44,6.61)	(1,1,1)

Yükleme sonrası takip kriteri için değerlendirme sonuçlarının birleştirilmiş şekli Tablo 5.8’de görüldüğü gibidir. Bu verilerden yararlanarak yükleme sonrası takip kriteri altında beş alternatifte ilişkin öncelik değerleri sırasıyla (0.399, 0.227, 0, 0, 0.373) olarak elde edilir. Bu değerlere bakarak yükleme sonrası takip kriteri altında en iyi alternatifin A<sub>1</sub> olduğu söylenebilir. Bu alternatifi sırasıyla ve A<sub>5</sub> ve A<sub>2</sub> alternatifleri izlerken A<sub>3</sub> ve A<sub>4</sub> alternatifleri ise sıfır değerini almıştır.

**Tablo 5.8: Yükleme Sonrası Takip Kriteri için Alternatiflerin Birleştirilmiş Değerlendirme Sonuçları**

C <sub>6</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>
A <sub>1</sub>	(1,1,1)	(1.67,3.67,5.67)	(4.33,6.33,7.67)	(3.67,5.67,7.67)	(0.73,1.44,2.33)
A <sub>2</sub>	(0.18,0.27,0.60)	(1,1,1)	(1.67,3.67,5.67)	(1.67,3.00,4.33)	(0.18,0.29,0.78)
A <sub>3</sub>	(0.13,0.16,0.23)	(0.18,0.27,0.60)	(1,1,1)	(0.47,1.22,2.33)	(0.12,0.16,0.29)
A <sub>4</sub>	(0.13,0.18,0.27)	(0.23,0.33,0.60)	(0.43,0.82,2.14)	(1,1,1)	(0.15,0.21,0.49)
A <sub>5</sub>	(0.43,0.69,1.36)	(1.29,3.46,5.53)	(3.46,6.18,8.22)	(2.03,4.66,6.61)	(1,1,1)

Bölgeye hâkimiyet kriteri için değerlendirme sonuçlarının birleştirilmiş şekli Tablo 5.9’da görüldüğü gibidir. Bu verilerden yararlanarak bölgeye hâkimiyet kriteri altında beş alternatifte ilişkin öncelik değerleri sırasıyla (0.143, 0.352, 0.337, 0.168, 0) olarak hesaplanır. Bu değerlere bakarak bölgeye hâkimiyet kriteri için en iyi alternatifin A<sub>2</sub> olduğu söylenebilir. Bu alternatifi sırasıyla A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub> ve A<sub>1</sub> alternatifleri izler. A<sub>5</sub> alternatifi ise sıfır değerini almıştır.

**Tablo 5.9: Bölgeye Hakimiyet Kriteri için Alternatiflerin Birleştirilmiş Değerlendirme Sonuçları**

C <sub>7</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>
A <sub>1</sub>	(1,1,1)	(0.15,0.23,0.51)	(0.17,0.26,0.71)	(0.45,1.18,2.11)	(1.40,2.78,4.33)
A <sub>2</sub>	(1.96,4.44,6.61)	(1,1,1)	(0.73,1.44,2.33)	(1.67,3.67,5.67)	(4.33,6.33,8.33)
A <sub>3</sub>	(1.40,3.86,5.87)	(0.43,0.69,1.36)	(1,1,1)	(2.33,3.67,5.00)	(4.33,6.33,8.33)
A <sub>4</sub>	(0.47,0.85,2.23)	(0.18,0.27,0.60)	(0.20,0.27,0.43)	(1,1,1)	(1.67,3.67,5.67)
A <sub>5</sub>	(0.23,0.36,0.71)	(0.12,0.16,0.23)	(0.12,0.16,0.23)	(0.18,0.27,0.60)	(1,1,1)

Esneklik kriteri için değerlendirme sonuçlarının birleştirilmiş şekli Tablo 5.10'da görüldüğü gibidir. Bu verilerden yararlanarak esneklik kriteri için alternatiflerin öncelik değerleri sırasıyla (0.409, 0.566, 0, 0.025, 0) olarak elde edilir. Buna göre esneklik kriteri altında en iyi alternatif  $A_2$  olurken bu alternatifi  $A_1$  ve  $A_4$  izler.  $A_3$  ve  $A_5$  alternatifleri ise sıfır değerini almıştır.

**Tablo 5.10: Esneklik Kriteri için Alternatiflerin Birleştirilmiş Değerlendirme Sonuçları**

$C_8$	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$A_5$
$A_1$	(1,1,1)	(0,20,0.33,1.00)	(3.67,5.67,7.67)	(1.67,3.67,5.67)	(2.33,4.33,6.33)
$A_2$	(1.00,3.00,5.00)	(1,1,1)	(5.67,7.67,8.33)	(3.67,5.67,7.67)	(4.33,6.33,8.33)
$A_3$	(0.13,0.18,0.27)	(0.12,0.13,0.18)	(1,1,1)	(0.45,0.51,0.78)	(0.45,1.18,2.11)
$A_4$	(0.18,0.27,0.60)	(0.13,0.18,0.27)	(1.29,1.96,2.23)	(1,1,1)	(0.73,2.11,3.67)
$A_5$	(0.16,0.23,0.43)	(0.12,0.16,0.23)	(0.47,0.85,2.23)	(0.27,0.47,1.36)	(1,1,1)

Servis kalitesi kriteri için değerlendirme sonuçlarının birleştirilmiş şekli Tablo 5.11'de görüldüğü gibidir. Bu kriter altında alternatiflere ilişkin öncelik değerleri sırasıyla (0.453, 0.480, 0.067, 0, 0) olarak hesaplanır. Bu değerlere göre servis kalitesi kriteri altında en iyi alternatif  $A_2$  iken bu alternatifi sırasıyla  $A_1$  ve  $A_3$  izler.  $A_5$  ve  $A_4$  alternatifleri ise sıfır değerini alır.

**Tablo 5.11: Servis Kalitesi Kriteri için Alternatiflerin Birleştirilmiş Değerlendirme Sonuçları**

$C_9$	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$A_5$
$A_1$	(1,1,1)	(0.47,1.22,2.33)	(3.00,5.00,7.00)	(3.67,5.67,7.00)	(3.67,5.67,7.67)
$A_2$	(0.43,0.82,2.14)	(1,1,1)	(3.67,5.67,7.67)	(4.33,6.33,8.33)	(4.33,6.33,7.67)
$A_3$	(0.14,0.20,0.33)	(0.13,0.18,0.27)	(1,1,1)	(1.40,2.11,3.00)	(0.73,2.11,3.67)
$A_4$	(0.14,0.18,0.27)	(0.12,0.16,0.23)	(0.33,0.47,0.71)	(1,1,1)	(1.13,1.89,3.00)
$A_5$	(0.13,0.18,0.27)	(0.13,0.16,0.23)	(0.27,0.47,1.36)	(0.33,0.53,0.88)	(1,1,1)

Alternatiflerin dokuz kriter altında değerlendirme sonuçlarının belirlenmesinden sonra elde edilen bu değerler ile her kritere ilişkin ağırlıklar çarpılarak elde edilen ağırlıklı değerler toplanır. Böylece her alternatife ilişkin toplam değerlendirmeye ulaşılır. Bu toplam değerler, bir başka deyişle alternatiflerin üstünlük ağırlıkları Tablo 5.12'te görülmektedir. Bu değerlere göre alternatifler arasında bir sıralamaya ulaşılabilir. Buna göre nihai sıralama  $A_2 > A_1 > A_5 > A_3 > A_4$  şeklindedir. İşletme için belirlenen kriterler altında nakliye firmalarından en uygun olanı  $A_2$  alternatifidir. Bir başka deyişle, işletme ürünlerini müşteriye ulaştırmak için nakliye firmalarından  $A_2$  alternatifini seçmelidir.



**Tablo 5.12: Kriterlere Göre Önem Ağırlıklarının Özeti**

Kriterler	Maliyet	Dokümantasyon yeterliliği	Zamanında teslimat	Firma güvenilirliği	Araç filosu	Yükleme sonrası takip	Bölgeye hâkimiyet	Esneklik	Servis kalitesi	Alternatif Üstünlük Ağırlığı
<b>Kriter Ağırlığı</b>	0.289	0.076	0.301	0.169	0.026	0.030	0.013	0.025	0.071	
<b>Alternatif A<sub>1</sub></b>	0.306	0.385	0.332	0.208	0.383	0.399	0.143	0.409	0.453	<b>0.319</b>
<b>A<sub>2</sub></b>	0.481	0.258	0.384	0.421	0.308	0.227	0.352	0.566	0.480	<b>0.413</b>
<b>A<sub>3</sub></b>	0.150	0.357	0.000	0.000	0.040	0.000	0.337	0.000	0.067	<b>0.081</b>
<b>A<sub>4</sub></b>	0.063	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.168	0.025	0.000	<b>0.021</b>
<b>A<sub>5</sub></b>	0.000	0.000	0.284	0.371	0.269	0.373	0.000	0.000	0.000	<b>0.167</b>

## 5.2. Problemin Bulanık TOPSIS Yöntemi ile Çözümü

Nakliye firması seçim problemi BAHF yöntemi ile ele alındıktan sonra aynı problem için Bulanık TOPSIS yöntemi önerilmiştir. Bu iki yöntem de en iyi nakliye firması seçimi için aynı amaca hizmet etseler de bazı farklılıklar içermektedirler. Nakliye firması seçim probleminin Bulanık TOPSIS yöntemi ile çözümünde öncelikle işletmeden üç karar verici, nakliye firması seçim probleminde dikkate alınacak kriter ve alternatifleri sözel değişkenler kullanarak değerlendirmişlerdir. Kriterler karar vericiler tarafından değerlendirilirken Tablo 5.13'teki sözel değişkenler kullanılmıştır. Üç karar vericiye ait bu değerlendirmeler ise Tablo 5.14'te görülmektedir.

**Tablo 5.13: Kriterlerin Değerlendirilmesinde Kullanılan Sözel Değişkenler**

Sözel Değişkenler	Üçgen Bulanık Sayılar
Çok Düşük (ÇD)	(0, 0, 0.1)
Düşük (D)	(0, 0.1, 0.3)
Orta Düşük (OD)	(0.1, 0.3, 0.5)
Orta (O)	(0.3, 0.5, 0.7)
Orta Yüksek (OY)	(0.5, 0.7, 0.9)
Yüksek (Y)	(0.7, 0.9, 1.0)
Çok Yüksek (ÇY)	(0.9, 1.0, 1.0)

Kaynak: Chen, C. T., "Extensions of the TOPSIS for Group Decision-Making under Fuzzy Environment", **Fuzzy Sets and Systems**, 114, 2000, s.5

**Tablo 5.14: Kriterlerin Karar Vericiler Tarafından Değerlendirme Sonuçları**

Kriter No	Kriterler	Karar vericiler		
		KV <sub>1</sub>	KV <sub>2</sub>	KV <sub>3</sub>
K <sub>1</sub>	Maliyet	ÇY	OY	ÇY
K <sub>2</sub>	Dokümantasyon yeterliliği	O	OY	Y
K <sub>3</sub>	Zamanında teslimat	ÇY	ÇY	Y
K <sub>4</sub>	Firma güvenilirliği	Y	O	Y
K <sub>5</sub>	Araç filosu	OD	OY	OY
K <sub>6</sub>	Yükleme sonrası takip	O	Y	O
K <sub>7</sub>	Bölgeye hâkimiyet	OY	OD	O
K <sub>8</sub>	Esneklik	O	Y	OD
K <sub>9</sub>	Servis kalitesi	OY	Y	O

Daha sonra karar vericiler Tablo 5.15'teki sözel değişkenleri kullanarak beş nakliye firması alternatifini her kriter için değerlendirmişlerdir. Bu sözel değişkenleri kullanarak üç karar vericinin alternatiflere ilişkin değerlendirme sonuçları Tablo 5.16'da sunulmuştur.

**Tablo 5.15: Alternatiflerin Değerlendirilmesinde Kullanılan Sözel Değişkenler**

Sözel Değişkenler	Üçgen Bulanık Sayılar
Çok Zayıf (ÇZ)	(0, 0, 1)
Zayıf (Z)	(0, 1, 3)
Orta Zayıf (OZ)	(1, 3, 5)
Orta (O)	(3, 5, 7)
Orta İyi (OI)	(5, 7, 9)
İyi (İ)	(7, 9, 10)
Çok İyi (Çİ)	(9, 10, 10)

Kaynak: Chen, C. T. "Extensions of the TOPSIS for Group Decision-Making under Fuzzy Environment",

**Fuzzy Sets and Systems**, 114, 2000, s.5

**Tablo 5.16. Alternatiflerin Kriterler Altında Değerlendirme Sonuçları**

Kriterler	Alternatifler	Karar vericiler		
		KV <sub>1</sub>	KV <sub>2</sub>	KV <sub>3</sub>
Maliyet	A <sub>1</sub>	İ	Oİ	Oİ
	A <sub>2</sub>	Çİ	Çİ	İ
	A <sub>3</sub>	O	İ	O
	A <sub>4</sub>	Oİ	O	O
	A <sub>5</sub>	OZ	OZ	OZ
Dokümantasyon yeterliliği	A <sub>1</sub>	Çİ	İ	Çİ
	A <sub>2</sub>	İ	Oİ	İ
	A <sub>3</sub>	Çİ	Çİ	İ
	A <sub>4</sub>	O	O	O
	A <sub>5</sub>	Oİ	OZ	Oİ
Zamanında teslimat	A <sub>1</sub>	İ	Oİ	Çİ
	A <sub>2</sub>	Çİ	Çİ	İ
	A <sub>3</sub>	O	O	Oİ
	A <sub>4</sub>	O	O	Oİ
	A <sub>5</sub>	Oİ	İ	Çİ
Firma güvenilirliği	A <sub>1</sub>	Oİ	Oİ	Oİ
	A <sub>2</sub>	İ	Çİ	Çİ
	A <sub>3</sub>	O	O	O
	A <sub>4</sub>	O	OZ	O
	A <sub>5</sub>	Çİ	İ	İ
Araç filosu	A <sub>1</sub>	Çİ	İ	İ
	A <sub>2</sub>	İ	O	İ
	A <sub>3</sub>	O	O	OZ
	A <sub>4</sub>	OZ	OZ	O
	A <sub>5</sub>	Oİ	Çİ	Oİ
Yükleme sonrası takip	A <sub>1</sub>	Çİ	İ	İ
	A <sub>2</sub>	Oİ	Oİ	Oİ
	A <sub>3</sub>	OZ	O	O
	A <sub>4</sub>	O	Oİ	OZ
	A <sub>5</sub>	İ	İ	Çİ
Bölgeye hâkimiyet	A <sub>1</sub>	Oİ	OZ	Oİ
	A <sub>2</sub>	Çİ	İ	İ
	A <sub>3</sub>	İ	Çİ	İ
	A <sub>4</sub>	İ	Oİ	O
	A <sub>5</sub>	O	O	OZ
Esneklik	A <sub>1</sub>	İ	İ	İ
	A <sub>2</sub>	Çİ	Çİ	Çİ

	A <sub>3</sub>	Oİ	OZ	OZ
	A <sub>4</sub>	Oİ	Oİ	O
	A <sub>5</sub>	O	O	Oİ
Servis kalitesi	A <sub>1</sub>	Çİ	İ	İ
	A <sub>2</sub>	İ	Çİ	Çİ
	A <sub>3</sub>	Oİ	O	O
	A <sub>4</sub>	OZ	O	Oİ
	A <sub>5</sub>	O	Oİ	OZ

Daha sonra Tablo 5.14 ve 5.16'daki üç karar vericiye ait sözel değerlendirmeler üçgen bulanık sayılara dönüştürülerek Tablo 5.17 ve 5.18 oluşturulmuştur. Tablo 5.18 her kriterin üç karar verici tarafından değerlendirme sonuçlarının bulanık sayılar ile ifade edilmiş şeklini göstermektedir.

**Tablo 5.17: Kriterlerin Üç Karar Verici Tarafından Değerlendirme Sonuçlarının Üçgen Bulanık Sayılar Şeklinde İfadesi**

Kriterler	Karar vericiler		
	KV <sub>1</sub>	KV <sub>2</sub>	KV <sub>3</sub>
Maliyet	(0.9, 1.0, 1.0)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.9, 1.0, 1.0)
Dokümantasyon yeterliliği	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.7, 0.9, 1.0)
Zamanında teslimat	(0.9, 1.0, 1.0)	(0.9, 1.0, 1.0)	(0.7, 0.9, 1.0)
Firma güvenilirliği	(0.7, 0.9, 1.0)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.7, 0.9, 1.0)
Araç filosu	(0.1, 0.3, 0.5)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.5, 0.7, 0.9)
Yükleme sonrası takip	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.7, 0.9, 1.0)	(0.3, 0.5, 0.7)
Bölgeye hâkimiyet	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.1, 0.3, 0.5)	(0.3, 0.5, 0.7)
Esneklik	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.7, 0.9, 1.0)	(0.1, 0.3, 0.5)
Servis kalitesi	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.7, 0.9, 1.0)	(0.3, 0.5, 0.7)

**Tablo 5.18: Alternatiflerin Üç Karar Verici Tarafından Değerlendirme Sonuçlarının Üçgen Bulanık Sayılar Şeklinde İfadesi**

Kriterler	Alternatifler	Karar vericiler		
		KV <sub>1</sub>	KV <sub>2</sub>	KV <sub>3</sub>
Maliyet	A <sub>1</sub>	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)
	A <sub>2</sub>	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)
	A <sub>3</sub>	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)
	A <sub>4</sub>	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)
	A <sub>5</sub>	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)
Dokümantasyon yeterliliği	A <sub>1</sub>	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)
	A <sub>2</sub>	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)
	A <sub>3</sub>	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)
	A <sub>4</sub>	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)
	A <sub>5</sub>	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)	(5, 7, 9)
Zamanında teslimat	A <sub>1</sub>	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(9, 10, 10)
	A <sub>2</sub>	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)
	A <sub>3</sub>	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)
	A <sub>4</sub>	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)
	A <sub>5</sub>	(5, 7, 9)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)
Firma güvenilirliği	A <sub>1</sub>	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)
	A <sub>2</sub>	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
	A <sub>3</sub>	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)
	A <sub>4</sub>	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)
	A <sub>5</sub>	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)
Araç filosu	A <sub>1</sub>	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)
	A <sub>2</sub>	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)
	A <sub>3</sub>	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)
	A <sub>4</sub>	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)
	A <sub>5</sub>	(5, 7, 9)	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)
Yükleme sonrası takip	A <sub>1</sub>	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)
	A <sub>2</sub>	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)
	A <sub>3</sub>	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)
	A <sub>4</sub>	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)
	A <sub>5</sub>	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)
Bölgeye hâkimiyet	A <sub>1</sub>	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)	(5, 7, 9)
	A <sub>2</sub>	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)
	A <sub>3</sub>	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)
	A <sub>4</sub>	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)
	A <sub>5</sub>	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)

Esneklik	A <sub>1</sub>	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)
	A <sub>2</sub>	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
	A <sub>3</sub>	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)
	A <sub>4</sub>	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)
	A <sub>5</sub>	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)
Servis kalitesi	A <sub>1</sub>	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)
	A <sub>2</sub>	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)
	A <sub>3</sub>	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)
	A <sub>4</sub>	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)
	A <sub>5</sub>	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)

Kriterler ve alternatiflerin sözel değişkenler kullanılarak karar vericiler tarafından değerlendirilmesinin ardından üç karar vericinin kriterleri değerlendirme sonuçları eşitlik (17) yardımıyla tek bir değere indirgenerek kriterlere ilişkin önem ağırlıkları belirlenir. Her kritere ilişkin ağırlıklar Tablo 5.19'da görülmektedir.

**Tablo 5.19: Kriterlerin Önem Ağırlıkları**

Kriterler	Ağırlıklar
Maliyet	(0.767, 0.900, 0.967)
Dokümantasyon yeterliliği	(0.500, 0.700, 0.867)
Zamanında teslimat	(0.833, 0.967, 1)
Firma güvenilirliği	(0.567, 0.767, 0.900)
Araç filosu	(0.367, 0.567, 0.767)
Yükleme sonrası takip	(0.433, 0.633, 0.800)
Bölgeye hâkimiyet	(0.300, 0.500, 0.700)
Esneklik	(0.367, 0.567, 0.733)
Servis kalitesi	(0.500, 0.700, 0.867)

Kriterlere ait ağırlıkların belirlenmesinin ardından Tablo 5.18'de yer alan alternatiflerin üç karar verici tarafından değerlendirme sonuçları eşitlik (18) kullanılarak tek bir değere indirgenir ve Tablo 5.20'de görülen bulanık karar matrisi oluşturulur. Daha sonra bulanık karar matrisi eşitlik (21) yardımıyla normalize edilerek normalize bulanık karar matrisi oluşturulur. Normalize bulanık karar matrisi Tablo 5.21'de görülmektedir. Normalize bulanık karar matrisi oluşturulduktan sonra bu matriste yer alan değerlerin her biri ilgili kriter ağırlığı ile çarpılarak ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi oluşturulur. Bu matris ise Tablo 5.22'de görülmektedir

**Tablo 5.20: Bulanık Karar Matrisi**

	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>
K <sub>1</sub>	(5.67, 7.67, 9.33)	(8.33, 9.67, 10.00)	(4.33, 6.33, 8.00)	(3.67, 5.67, 7.67)	(1.00, 3.00, 5.00)
K <sub>2</sub>	(8.33, 9.67, 10.00)	(6.33, 8.33, 9.67)	(8.33, 9.67, 10.00)	(3.00, 5.00, 7.00)	(3.67, 5.67, 7.67)
K <sub>3</sub>	(7.00, 8.67, 9.67)	(8.33, 9.67, 10.00)	(3.67, 5.67, 7.67)	(3.67, 5.67, 7.67)	(7.00, 8.67, 9.67)
K <sub>4</sub>	(5.00, 7.00, 9.00)	(8.33, 9.67, 10.00)	(3.00, 5.00, 7.00)	(2.33, 4.33, 6.33)	(7.67, 9.33, 10.00)
K <sub>5</sub>	(7.67, 9.33, 10.00)	(5.67, 7.67, 9.00)	(2.33, 4.33, 6.33)	(1.67, 3.67, 5.67)	(6.33, 8.00, 9.33)
K <sub>6</sub>	(7.67, 9.33, 10.00)	(5.00, 7.00, 9.00)	(2.33, 4.33, 6.33)	(3.00, 5.00, 7.00)	(7.67, 9.33, 10.00)
K <sub>7</sub>	(3.67, 5.67, 7.67)	(7.67, 9.33, 10.00)	(7.67, 9.33, 10.00)	(5.00, 7.00, 8.67)	(2.33, 4.33, 6.33)
K <sub>8</sub>	(7.00, 9.00, 10.00)	(9.00, 10.00, 10.00)	(2.33, 4.33, 6.33)	(4.33, 6.33, 8.33)	(3.67, 5.67, 7.67)
K <sub>9</sub>	(7.67, 9.33, 10.00)	(8.33, 9.67, 10.00)	(3.67, 5.67, 7.67)	(3.00, 5.00, 7.00)	(3.00, 5.00, 7.00)

**Tablo 5.21: Normalize Bulanık Karar Matrisi**

	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>
K <sub>1</sub>	(0.567, 0.767, 0.933)	(0.833, 0.967, 1)	(0.433, 0.633, 0.800)	(0.367, 0.567, 0.767)	(0.100, 0.300, 0.500)
K <sub>2</sub>	(0.833, 0.967, 1)	(0.633, 0.833, 0.967)	(0.833, 0.967, 1)	(0.300, 0.500, 0.700)	(0.367, 0.567, 0.767)
K <sub>3</sub>	(0.700, 0.867, 0.967)	(0.833, 0.967, 1)	(0.367, 0.567, 0.767)	(0.367, 0.567, 0.767)	(0.700, 0.867, 0.967)
K <sub>4</sub>	(0.500, 0.700, 0.900)	(0.833, 0.967, 1)	(0.300, 0.500, 0.700)	(0.233, 0.433, 0.633)	(0.767, 0.933, 1)
K <sub>5</sub>	(0.767, 0.933, 1)	(0.567, 0.767, 0.900)	(0.233, 0.433, 0.633)	(0.167, 0.367, 0.567)	(0.633, 0.800, 0.933)
K <sub>6</sub>	(0.767, 0.933, 1)	(0.500, 0.700, 0.900)	(0.233, 0.433, 0.633)	(0.300, 0.500, 0.700)	(0.767, 0.933, 1)
K <sub>7</sub>	(0.367, 0.567, 0.767)	(0.767, 0.933, 1)	(0.767, 0.933, 1)	(0.500, 0.700, 0.867)	(0.233, 0.433, 0.633)
K <sub>8</sub>	(0.700, 0.900, 1)	(0.900, 1, 1)	(0.233, 0.433, 0.633)	(0.433, 0.633, 0.833)	(0.367, 0.567, 0.767)
K <sub>9</sub>	(0.767, 0.933, 1)	(0.833, 0.967, 1)	(0.367, 0.567, 0.767)	(0.300, 0.500, 0.700)	(0.300, 0.500, 0.700)

**Tablo 5.22: Ağırlıklı Normalize Bulanık Karar Matrisi**

	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>
K <sub>1</sub>	(0.434, 0.690, 0.902)	(0.639, 0.870, 0.967)	(0.332, 0.570, 0.773)	(0.281, 0.510, 0.741)	(0.077, 0.270, 0.483)
K <sub>2</sub>	(0.417, 0.677, 0.867)	(0.317, 0.583, 0.838)	(0.417, 0.677, 0.867)	(0.150, 0.350, 0.607)	(0.183, 0.397, 0.664)
K <sub>3</sub>	(0.583, 0.838, 0.967)	(0.694, 0.934, 1)	(0.306, 0.548, 0.767)	(0.306, 0.548, 0.767)	(0.583, 0.838, 0.967)
K <sub>4</sub>	(0.283, 0.537, 0.810)	(0.472, 0.741, 0.900)	(0.170, 0.383, 0.630)	(0.132, 0.332, 0.570)	(0.434, 0.716, 0.900)
K <sub>5</sub>	(0.281, 0.529, 0.767)	(0.208, 0.434, 0.690)	(0.086, 0.246, 0.486)	(0.061, 0.208, 0.434)	(0.232, 0.453, 0.716)
K <sub>6</sub>	(0.332, 0.591, 0.800)	(0.217, 0.443, 0.720)	(0.101, 0.274, 0.507)	(0.130, 0.317, 0.560)	(0.332, 0.691, 0.800)
K <sub>7</sub>	(0.110, 0.283, 0.537)	(0.230, 0.467, 0.700)	(0.230, 0.467, 0.700)	(0.150, 0.350, 0.607)	(0.070, 0.217, 0.443)
K <sub>8</sub>	(0.257, 0.510, 0.733)	(0.330, 0.567, 0.733)	(0.086, 0.246, 0.464)	(0.159, 0.359, 0.611)	(0.134, 0.321, 0.562)
K <sub>9</sub>	(0.383, 0.653, 0.867)	(0.417, 0.677, 0.867)	(0.183, 0.397, 0.664)	(0.150, 0.350, 0.607)	(0.150, 0.350, 0.607)

Ağırlıklı normalize bulanık karar matrisinin oluşturulmasından sonra bulanık pozitif ideal çözüm (FPIS) ve bulanık negatif ideal çözüm (FNIS) değerleri şu şekilde belirlenir:

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

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

Daha sonra her alternatifin tüm kriterler için FPIS ve FNIS'a olan uzaklıkları hesaplanır. İlk kriter için birinci alternatifin FPIS ve FNIS'a olan uzaklıkları şu şekilde hesaplanır:

$$d(A_1, A^*) = \sqrt{\frac{1}{3} [(1 - 0.434)^2 + (1 - 0.690)^2 + (1 - 0.902)^2]} = 0.377$$

$$d(A_1, A^-) = \sqrt{\frac{1}{3} [(0 - 0.434)^2 + (0 - 0.690)^2 + (0 - 0.902)^2]} = 0.702$$

Diğer beş alternatifin, sekiz kritere göre FPIS ve FNIS'a olan uzaklıklarının hesaplanması da aynı şekilde yapılacaktır. Bu hesaplamaların sonuçları Tablo 5.23 ve Tablo 5.24'te yer almaktadır.



**Tablo 5.23. Her Kriteria Göre  $A_i (i=1,2,3,4,5)$  ve  $A^*$  Arasındaki Uzaklık**

	$d(A_1, A^*)$	$d(A_2, A^*)$	$d(A_3, A^*)$	$d(A_4, A^*)$	$d(A_5, A^*)$
K <sub>1</sub>	0.377	0.222	0.477	0.524	0.742
K <sub>2</sub>	0.393	0.471	0.393	0.658	0.617
K <sub>3</sub>	0.259	0.180	0.497	0.497	0.259
K <sub>4</sub>	0.505	0.344	0.634	0.679	0.370
K <sub>5</sub>	0.514	0.590	0.746	0.781	0.568
K <sub>6</sub>	0.467	0.578	0.725	0.687	0.467
K <sub>7</sub>	0.712	0.568	0.568	0.658	0.772
K <sub>8</sub>	0.537	0.486	0.751	0.651	0.684
K <sub>9</sub>	0.416	0.393	0.617	0.658	0.658

**Tablo 5.24. Her Kriteria Göre  $A_i (i=1,2,3,4,5)$  ve  $A^-$  Arasındaki Uzaklık**

	$d(A_1, A^-)$	$d(A_2, A^-)$	$d(A_3, A^-)$	$d(A_4, A^-)$	$d(A_5, A^-)$
K <sub>1</sub>	0.702	0.837	0.587	0.544	0.323
K <sub>2</sub>	0.679	0.617	0.679	0.414	0.459
K <sub>3</sub>	0.812	0.886	0.572	0.572	0.812
K <sub>4</sub>	0.584	0.726	0.437	0.388	0.710
K <sub>5</sub>	0.562	0.486	0.318	0.280	0.507
K <sub>6</sub>	0.605	0.504	0.338	0.379	0.605
K <sub>7</sub>	0.356	0.504	0.504	0.414	0.288
K <sub>8</sub>	0.537	0.568	0.307	0.419	0.382
K <sub>9</sub>	0.665	0.679	0.459	0.414	0.414

Alternatiflerin tüm kriterler için bulanık pozitif ideal çözüme ve bulanık negatif ideal çözüme olan uzaklıkları hesaplandıktan sonra beş alternatif için  $d_i^*$  ve  $d_i^-$  değerleri hesaplanır. Bu hesaplamaların sonuçları Tablo 5.25'te görülmektedir.

**Tablo 5.25:  $d_i^*, d_i^-$  ve  $CC_i$  'nin Hesaplanması**

	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>
$d_i^*$	4,178	3,833	5,408	5,794	5,137
$d_i^-$	5,501	5,806	4,200	3,824	4,499
$d_i^* + d_i^-$	9,679	9,639	9,609	9,617	9,636
$CC_i$	0,568	0,602	0,437	0,398	0,467

Her alternatif için göreceli uzaklık değeri  $CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-}$ .  $i=1,2,\dots,m$

formülünden yararlanarak şu şekilde hesaplanır:

$$CC_1 = \frac{5.501}{4.178 + 5.501} = 0.568$$

$$CC_2 = \frac{5.806}{3.833 + 5.806} = 0.602$$

$$CC_3 = \frac{4.200}{5.408 + 4.200} = 0.437$$

$$CC_4 = \frac{3.824}{5.794 + 3.824} = 0.398$$

$$CC_5 = \frac{4.499}{5.137 + 4.499} = 0.467$$

Alternatiflerin göreceli uzaklık değerlerine bakılarak alternatifler büyüken küçüğe sıralanır. Buna göre beş nakliye firması alternatifi arasındaki sıralama  $A_2 > A_1 > A_5 > A_3 > A_4$  olarak belirlenir. Bir başka deyişle, işletme nakliye firması alternatiflerinden en yüksek göreceli uzaklık değerine sahip  $A_2$  alternatifini seçmelidir. Ayrıca Tablo 4.1'deki alternatiflerin kabul koşulları değerlerine bakarak  $A_2$  alternatifinin değerlendirme durumunun “kabul edilir”,  $A_1, A_5, A_3$  alternatiflerinin “düşük risk ile tavsiye edilir” ve  $A_4$  alternatifinin ise “yüksek risk ile tavsiye edilir” olduğu belirtilebilir.

BAHP ve Bulanık TOPSIS yöntemleri sonucu elde edilen alternatif sıralaması aynıdır. Her iki yöntem sonucunda da işletme için belirlenen kriterler altında en uygun alternatif  $A_2$  olarak belirlenmiştir. İşletmenin nakliye firması seçiminden sorumlu karar vericiler elde edilen sonuçları tatmin edici bularak ürünlerinin nakliyesi için  $A_2$  firması ile çalışmaya karar vermişlerdir.

## 6. Sonuç

Nakliye firması seçim süreci günümüzün rekabetçi ortamında işletmeler için artan bir öneme sahiptir. En iyi nakliye firmasının seçim sürecinde yer alan performans değerlerini sayısal veriler ile ifade etmek güç olduğundan bu değerlerin ifade edilmesinde sözel değişkenlerin kullanılması faydalı olacaktır. Bu tür problemler kesin olmayan belirsiz verilere dayandığı için bu gibi durumlarda bulanık küme yaklaşımının kullanılması uygundur. Karar vericiler seçim sürecinde öznel algılardan ve deneyimden kaynaklanan belirsizlik ile karşı karşıya kaldıklarından bu tür problemleri ele almak için bulanık ÇKKV yöntemleri önerilmiştir. Bu yöntemler hem sözel hem sayısal kriterleri ele alarak uygun alternatifin seçilmesini sağlamaktadırlar. Bu çalışmada, makina imalatı yapan bir işletmenin nakliye firması seçim problemi için bulanık ÇKKV yöntemlerinden BAHP ve Bulanık TOPSIS yöntemleri karar verme aracı olarak kullanılmıştır. Böylece klasik AHP ve TOPSIS yöntemlerinin bünyesinde yer alan bazı kısıtlamalar ortadan kaldırılarak karar problemlerinin içerdığı belirsizlik giderilmiş ve sonucun bu belirsizlikten etkilenmemesi sağlanmıştır.

Nakliye firması seçim probleminin BAHP ve Bulanık TOPSIS yöntemleri ile ele alınması sonucu alternatifler arasında aynı sıralama elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar ışığında, işletmeye Kazakistan'da faaliyet gösteren müşterisine ürünlerini teslim edebilmek için  $A_2$  nakliye firması ile çalışması önerilmiştir. Karar vericiler elde edilen sıralamayı tatmin edici bulmuşlardır. Böylelikle nakliye firması seçiminde sadece geçmiş

---

deneyimlerden yararlanarak içgüdüsel olarak karar veren işletmeye bilimsel yöntemler önerilmiştir.

BAHP ve Bulanık TOPSIS yöntemlerinin her ikisi de işletmenin nakliye firması seçim problemini ve diğer çok kriterli karar problemleri ele almak için uygun yöntemlerdir. Fakat bu iki yöntemin birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Bunlar şu şekilde özetlenebilir:

- Bu iki yöntem yapılması gereken hesaplama miktarına göre karşılaştırıldığında BAHP yöntemi, Bulanık TOPSIS yöntemine göre daha karmaşık hesaplamalar gerektirmektedir.

- BAHP yönteminde karar vericiden kriterleri ve alternatifleri değerlendirmede ikili karşılaştırmalar yapması istenirken, Bulanık TOPSIS yönteminde ikili karşılaştırmalara ihtiyaç duyulmamaktadır.

- BAHP’de karar vericiden bir kriterin diğer kriterlere göre göreceli önemi ya da bir alternatifin diğer alternatife göre tercih etme düzeyi hakkında yargıda bulunması istenmektedir. Fakat alternatif ya da kriter sayısı arttıkça ikili karşılaştırma süreci, karar verici açısından sıkıcı bir hal almaya başlamakta ve tutarsızlık riski de artmaktadır<sup>22</sup>.

- TOPSIS yönteminde, optimal olmayan bir alternatifin karar sürecine dâhil edilmesi durumunda alternatifler arasındaki sıralamanın değişme riski azdır. BAHP yönteminde ise karar verme sürecine optimal olmayan bir alternatif eklendiğinde sıralama değişebilmektedir.

- Bulanık TOPSIS yöntemi tek aşamalı hiyerarşileri ele almada etkin bir yöntem iken BAHP yöntemi ile karmaşık hiyerarşik yapıya sahip problemler ele alınabilmektedir<sup>23</sup>. Fakat Kahraman ve diğerleri (2007a, 2007b) karmaşık hiyerarşileri de dikkate alabilen hiyerarşik Bulanık TOPSIS yöntemini geliştirmişlerdir.

- Chang (1996) tarafından önerilen Genişletilmiş BAHP yönteminde kriterlerin ve alternatiflerin öncelik ağırlıkları sıfıra eşit çıkabilmektedir. Bu da bu kriter veya alternatifin karar analizi sırasında dikkate alınmayacağını gösterir. Eğer karar kriteri veya alternatif dikkate alınmayacaksa başlangıçta bulanık karar matrisinde değerlendirmeye alınmaması daha uygun olacaktır<sup>24</sup>.

- Ayrıca Chang (1996) tarafından önerilen Genişletilmiş BAHP yönteminin algoritması sözel değişken değerleri olarak üçgen bulanık sayıların kullanılmasına uygunken, Bulanık TOPSIS yönteminde hem üçgen hem de yamuk bulanık sayılar kullanılabilir.

---

<sup>22</sup> Bottani, E. - Rizzi, A., “A Fuzzy TOPSIS Methodology to Support Outsourcing of Logistics Services”, **Supply Chain**

Management: An International Journal, 11(4), 2006, s.299.

<sup>23</sup> Bottani, E.- Rizzi, A. (2006). a.g.m. s.299.

<sup>24</sup> Y. M., Wang ve diğerleri, “On the Extent Analysis Method for Fuzzy AHP and its Applications”. **European Journal of Operational Research**, 186, 2008, s.738.

- Bulanık TOPSIS yöntemi alternatifleri sıralarken pozitif ve negatif ideal çözümlere olan uzaklıkları dikkate almaktadır. BAHP yönteminde ise ikili karşılaştırmalara dayanan sentez değerleri hesaplanarak alternatiflerin öncelikleri belirlenmektedir.

- Bulanık TOPSIS ve BAHP yöntemlerinin ikisi de karar verme sürecine sözel değişkenlerin dâhil edilmesine izin vermektedir.

- BAHP ve Bulanık TOPSIS yöntemlerinde karar verici sözel değişkenler yardımıyla alternatifleri ve kriterleri değerlendirirken kendisiyle tutarlı olduğu sürece benzer sonuçlar elde edilecektir.

İşletmelerde karar vericiler, karşılaştığı problemlerin yapılarına göre kendileri için en uygun yönteme karar vermelidirler. Karar vericiler hangi yöntemi kullanacaklarına karar verirken bu iki yöntemin avantaj ve dezavantajlarını da göz önünde bulundurmalıdırlar. Gelecek çalışmalarda nakliye firması seçiminde, bulanık PROMETHEE ve ELECTRE, VIKOR gibi diğer çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılabilir. Ayrıca önerilen yöntemler işletmenin personel seçimi, yazılım seçimi, tedarikçi seçimi, proje seçimi ve makina seçimi gibi diğer çok kriterli karar problemlerine de uygulanabilir.

---

## KAYNAKÇA

- ABO-SINNA, M.A. - AMER, A.H., "Extension of TOPSIS for Multi-Objective Large Scale Nonlinear Programming Problems", **Applied Mathematics and Computation**, 162, 2005, s.243-256.
- AYAĞ, Z. - ÖZDEMİR, R.G., "A Fuzzy AHP Approach to Evaluating Machine Tool Alternatives", **Journal of Intelligent Manufacturing**, 17, 2006, s.179-190.
- BAYKAL N.- BEYAN T., **Bulanık Mantık İlke ve Temelleri**, Bıçaklar Kitabevi, Ankara, 2004.
- BENITEZ, J. M.- MARTIN, J. C. - ROMAN, C., "Using Fuzzy Number for Measuring Quality of Service in the Hotel Industry", **Tourism Management**, 28 (2), 2007, s.544-555.
- BOTTANI, E. - RIZZI, A., "A Fuzzy TOPSIS Methodology to Support Outsourcing of Logistics Services", **Supply Chain Management: An International Journal**, 11(4), 2006, s.294-308.
- BUCKLEY, J. J., "Fuzzy Hierarchical Analysis", **Fuzzy Sets and Systems**, 17, 1985, s. 233-247.
- BÜYÜKÖZKAN, G., "Multi Criteria Decision Making for e-market Selection", **Internet Research**, 14(2), 2004, s.138-154.
- BÜYÜKÖZKAN, G. - KAHRAMAN, C. - RUAN, D., "A Fuzzy Multi-Criteria Decision Approach for Software Development Strategy Selection", **International Journal of General Systems**, 33 (2-3), 2004, s.259-280.
- CHAN, F.T.S.- KUMAR, N., "Global Supplier Development Considering Risk Factors Using Fuzzy Extended AHP-based Approach", **Omega International Journal of Management Science**, 35, 2007, s.417-431.
- CHANG, D.Y., "Application of the Extent Analysis Method on Fuzzy AHP", **European Journal of Operational Research**, 95(3), 1996, s.649-655.
- CHANG, Y.H.- CHENG, C.H. - WANG, T.C., "Performance Evaluation of International Airports in the Region of East Asia", **Proceedings of Eastern Asia Society for Transportation Studies**, 4, 2003, s.213-230.
- CHEN, C. T. "Extensions of the TOPSIS for Group Decision-Making under Fuzzy Environment", **Fuzzy Sets and Systems**, 114, 2000, s.1-9.
- CHEN, C. T.- LIN, C. T. - HUANG, S. F., "A Fuzzy Approach for Supplier Evaluation and Selection in Supply Chain Management", **International Journal of Production Economics**, 102, 2006, s.289-301.

- CHENG, A. C.- CHEN, C. J.- CHEN, C. Y., “A Fuzzy Multiple Criteria Comparison of Technology Forecasting Methods for Predicting the New Materials Development”, **Technological Forecasting & Social Change**, 75, 2008, s.131–141.
- CHENG, C. H., “Evaluating Naval Tactical Missile Systems by Fuzzy AHP Based on the Grade Value of Membership Function”, **European Journal of Operational Research**, 96, 1996, s.343-350.
- CHU, T.C., “Selecting Plant Location via Fuzzy TOPSIS Approach”, **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, 20, 2002, s.859-864.
- CHU, T.C.- LIN, Y. C. “A Fuzzy TOPSIS Method for Robot Selection”, **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, 21, 2003, s.284-290.
- DENG, H., “Multicriteria Analysis with Fuzzy Pairwise Comparison”, **International Journal of Approximate Reasoning**, 21, 1999, s.215-231.
- DÜNDAR, S.- ECER, F. - ÖZDEMİR, Ş., “Fuzzy TOPSIS Yöntemi ile Sanal Mağazaların Web Sitelerinin Değerlendirilmesi”, **Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi**, 21(1), 2007, s.287-305.
- ECER, F., “Bulanık Ortamlarda Mağaza Kuruluş Yerlerinin Değerlendirilmesi: Bir Karar Verme Aracı Olarak Fuzzy TOPSIS Yöntemi”, **Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, 25 (1), 2007, s.143-172.
- ELEREN, A., “Kuruluş Yeri Seçiminin Fuzzy TOPSIS Yöntemi ile Belirlenmesi: Deri Sektörü Örneği”, **Akdeniz İ.İ.B.F Dergisi**, 13, 2007, s.280-295.
- ELMAS, Ç., **Bulanık Mantık Denetleyiciler**, Seçkin Yayıncılık, Ankara, 2003.
- ENEA, M. - PIAZZA, T., “Project Selection by Constrained Fuzzy AHP”, **Fuzzy Optimization and Decision Making**, 3, 2004, s.39–62.
- ERTUĞRUL, İ. - KARAKAŞOĞLU, N. “Performance Evaluation of Turkish Cement Firms with Fuzzy Analytic Hierarchy Process and TOPSIS Methods”, **Expert Systems with Applications**, doi: 10.1016/j.eswa.2007.10.014., 2007a.
- ERTUĞRUL, İ. - KARAKAŞOĞLU, N., “Comparison of Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS Methods for Facility Location Selection”, **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, doi: 10.2007/s00170-007-1249-8., 2007b.
- JAHANSHALOO, G.R. - HOSSEINZADEH, L.F. - IZADIKHAH, M., “Extension of the TOPSIS Method for Decision Making Problems with Fuzzy Data”, **Applied Mathematics and Computation**, 181(2), 2006, s.1544-1551.
- KAHRAMAN, C.- ATEŞ, N. Y.- ÇEVİK, S.- GÜLBAY, M.- ERDOĞAN, S.A., “Hierarchical Fuzzy TOPSIS Model for Selection among Logistics Information

- 
- Technologies”, **Journal of Enterprise Information Management**, 20(2), 2007a, s.143-168.
- KAHRAMAN, C.- BÜYÜKÖZKAN, G.- ATEŞ, N. Y., “A Two Phase Multi-Attribute Decision Making Approach for New Product Introduction”, **Information Sciences**, 177, 2007b, s.1567-1582.
- KAHRAMAN, C.- CEBECİ, U.- RUAN, D., “Multi-Attribute Comparison of Catering Service Companies Using Fuzzy AHP: The Case of Turkey”, **International Journal of Production Economics**, 87, 2004, s.171–184.
- KAHRAMAN, C.- CEBECİ, U.- ULUKAN, Z., “Multi-Criteria Supplier Selection Using Fuzzy AHP”, **Logistics Information Management**, 16 (6), 2003, s.382-394.
- KARAKAŞOĞLU, N., “Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve Uygulama”, Denizli, Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2008, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi),
- KULAK, O.- KAHRAMAN, C., “Fuzzy Multi-Attribute Selection among Transportation Companies Using Axiomatic Design and Analytic Hierarchy Process”, **Information Sciences**, 170, 2005, s.191-210.
- KWONG, C. K. - BAI, H., “A Fuzzy AHP Approach to the Determination of Importance Weights of Customer Requirements in Quality Function Deployment”, **Journal of Intelligent Manufacturing**, 13, 2002, s.367-377.
- LEE, A. H. I.- CHEN, W. C.- CHANG, C. J., “A fuzzy AHP and BSC Approach for Evaluating Performance of IT Department in the Manufacturing Industry in Taiwan”, **Expert Systems with Applications**, 34, 2008, s.96–107.
- LEUNG, L.- CAO, D., “On Consistency and Ranking of Alternatives in Fuzzy AHP”, **European Journal of Operational Research**, 124, 2000, s.102-113.
- MIKHAILOV, L.- TSVETINOV, P., “Evaluation of Services Using Fuzzy Analytic Hierarchy Process”, **Applied Soft Computing**, 5, 2004, s.23-33.
- ÖZKAN, M., **Bulanık Hedef Programlama**, Ekin Kitabevi, Bursa, 2003.
- SAATY, T. L., **The Analytic Hierarchy Process**, McGraw-Hill, Newyork, 1980.
- SHAMSUZZAMAN, M.- ULLAH, A.M.M.S.- BOHEZ, E.L.J., “Applying Linguistic Criteria in FMS Selection: Fuzzy Set AHP Approach”, **Integrated Manufacturing Systems**, 14 (3), 2003, s.247-254.
- TANG, Y.- BEYNON M. J., “Application and Development of a Fuzzy Analytic Hierarchy Process within a Capital Investment Study”, **Journal of Economics and Management**, 1 (2), 2005, s.207-230.

- TOLGA, E.- DEMİRCAN M.- KAHRAMAN, C. “Operating System Selection Using Fuzzy Replacement Analysis and Analytic Hierarchy Process”, **International Journal of Production Economics**, 97, 2005, s.89-117.
- TRIANAPHYLLOU, E.- LIN, C.T., “Development and Evaluation of Five Fuzzy Multiattribute Decision-Making Methods”, **International Journal of Approximate Reasoning**, 14, 1996, s.281-310.
- TÜYSÜZ, F.- KAHRAMAN, C. “Project Risk Evaluation Using a Fuzzy Analytic Hierarchy Process: an Application to Information Technology Projects”, **International Journal of Intelligent Systems**, 21, 2006, s.559-584.
- VAN LAARHOVEN, P.J.M.- PEDRYCZ, W., “A Fuzzy Extension of Saaty’s Priority Theory, Fuzzy Sets and Systems”, 11, 1983, s.229-241.
- WANG, T. C.- CHANG, T. H., “Application of TOPSIS in Evaluating Initial Training Aircraft Under a Fuzzy Environment”, **Expert Systems with Applications**, 33(4), 2007, s.870-880.
- WANG, Y. J., “Applying FMCDM to Evaluate Financial Performance of Domestic Airlines in Taiwan”, **Expert Systems with Applications**, 34(3), 2008, s.1837-1845.
- WANG, Y.M.- ELHAG, T.M.S., “Fuzzy TOPSIS Method Based on Alpha Level Sets with an Application to Bridge Risk Assessment” , **Expert Systems with Applications**, 31, 2006, s.309-319.
- YANG, T.- HUNG, C.C., “Multiple-Attribute Decision Making Methods for Plant Layout Design Problem”, **Robotics and Computer Integrated Manufacturing**, 23, 2007, s.126-137.
- YONG, D., “Plant Location Selection Based on Fuzzy TOPSIS”, **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, 28, 2006, s.839-844.
- ZADEH, L. A., “Fuzzy Sets”, **Information and Control**, 8, 1965, s.338-353.
- ZADEH, L.A., “The Concept of a Linguistic Variable and its Application to Approximate Reasoning-I”, **Information Sciences**, 8, 1975, s.199-249.
- ZHU, K.- JING, Y.- CHANG, D., “A discussion on Extent Analysis Method and Applications of Fuzzy AHP”, **European Journal of Operational Research**, 116, 1999, s.450 – 456.
- ZIMMERMANN H.J., **Fuzzy Set Theory and Its Applications**, Kluwer Academic Publishers, USA, 1992.