



**Research Article / Araştırma Makalesi**  
**A MCDM APPROACH WITH FUZZY DEMATEL AND FUZZY TOPSIS FOR**  
**3PL PROVIDER SELECTION**

**Özkan BALI\***, Salih TUTUN, Ali PALA, Cihan ÇÖREKÇİ

*Kara Harp Okulu, Endüstri ve Sistem Mühendisliği Bölümü, Bakanlıklar-ANKARA*

**Received/Geliş: 22.04.2013 Revised/Düzeltilme: 19.08.2013 Accepted/Kabul: 24.03.2014**

---

**ABSTRACT**

Especially, in the last 20 years, firms wanting to return core competencies and reduce costs are shown that they prefer outsourcing options in their logistics activities. Therefore, third party logistics (3PL) provider selection is one of the most important decision making problems for the firms that using outsourcing. The selection of 3PL provider affects the success of not only the firm but also the supply chain. In this study, a multi criteria decision making approach that consists of fuzzy The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory (DEMATEL) that is used to calculate the weights of criteria and fuzzy Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) is utilized to evaluate the alternatives is proposed for the selection of 3PL providers. In order to show the applicability and effectiveness of the proposed approach, a case study that consists of three decision makers, seven criteria and five alternatives is obtained to select two cargo companies for a firm that produces heat systems and wants to sell its specific products via internet.

**Keywords:** 3PL provider selection, multi criteria decision making, fuzzy DEMATEL, fuzzy TOPSIS.

**3PL SAĞLAYICI SEÇİMİ İÇİN BULANIK DEMATEL VE BULANIK TOPSIS İLE BİR ÇKKV YAKLAŞIMI**

**ÖZET**

Özellikle son 20 yılda maliyetleri azaltmak ve çekirdek yeteneklerine dönmek isteyen firmaların lojistik faaliyetlerinde dış kaynak kullanımını tercih ettiği görülmektedir. Bu sebeple, dış kaynak kullanan firmalar için üçüncü parti lojistik (3PL) sağlayıcı seçimi önemli problemlerden biridir. 3PL seçimi sadece firmanın değil, tedarik zincirinin başarısını da etkilemektedir. Bu çalışmada, 3PL seçimi için bulanık DEMATEL (The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory) ve bulanık TOPSIS (Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution) yönteminin birlikte kullanıldığı bir çok kriterli karar verme yaklaşımı önerilmektedir. Bulanık DEMATEL tekniği kriterlerin ağırlıklandırılması amacıyla kullanılmaktadır. Alternatif 3PL sağlayıcıların değerlendirilmesi için ise bulanık TOPSIS yönteminden yararlanılmaktadır. Önerilen yaklaşımın uygulanabilirliğini ve etkinliğini göstermek amacıyla, ısı sistemleri üreten ve belirli ürünlerini internet aracılığıyla satmak isteyen bir firmanın iki kargo şirketi seçimi için, üç karar verici, yedi kriter ve beş alternatiften oluşan bir örnek olay ele alınmaktadır.

**Anahtar Sözcükler:** 3PL sağlayıcı seçimi, çok kriterli karar verme, bulanık DEMATEL, bulanık TOPSIS.

---

\*Corresponding Author/Sorumlu Yazar: e-mail/e-ileti: obali@kho.edu.tr, tel: (312) 417 51 90

## 1. GİRİŞ

Dış kaynak kullanımı (DKK), en basit haliyle bir firma yada kurumun iç proseslerinden bir yada bir kaçını kontrat yaptığı üçüncü bir firmaya bırakması olarak tanımlanabilir. DKK'nın 1990'lardan sonra firmaların gelişen etkinliği ile artan bir öneme sahip olduğu görülmektedir. Genellikle, DKK uygulamalarına lojistik faaliyetlerde rastlanmaktadır. Lojistik faaliyetlerde DKK kullanımının en belirgin nedenleri; firmanın çekirdek yeteneklerine odaklanması, işlem maliyetlerini azaltması ve kontrol etmesi, teslimi sürelerinin azaltılması, rekabet gücünü artırması, tedarik zincirindeki ilişkileri güçlendirmesi, diğer yatırımlar için kaynak sağlaması, uluslararası yetenekler kazanılması, riskin paylaşılması ile hizmet ve işlem kalitesinin geliştirilmesi olarak sayılabilir [1, 2, 3]. Bu noktada, üçüncü parti lojistik (3PL) sağlayıcı seçimi, DKK konuları arasında önemli bir karar problemi olarak öne çıkmaktadır. Buna paralel olarak, lojistik DKK ortakları olarak da adlandırılan 3PL sağlayıcıların tedarik zincirindeki önemi artmaktadır [4].

3PL sağlayıcı, müşterilerine tedarik zinciri yönetimi fonksiyonlarından bir kısmı yada tümünü kapsayan lojistik faaliyetleri için hizmet sağlayan bir firmadır. Taşıma, depolama, envanter yönetimi, paketleme bu faaliyetlerden bazılarıdır. 3PL sağlayıcılar 21. asırda tedarik zincirinin etkinliği için anahtar bir rol üstlenmektedir. Küreselleşmeye bağlı olarak, hız, esneklik, kalite, maliyet ve rekabetin önemi, firmaları lojistik faaliyetlerini 3PL sağlayıcılara devretmeye yönlendirmektedir. Bu sebeple, 3PL sağlayıcı seçimi bir firma için en önemli problemlerden biridir. Aynı zamanda, en uygun 3PL sağlayıcı seçimi tedarik zincirinin başarısını etkileyen en önemli kararlardan biri olarak nitelendirilebilir. Böylece, 3PL seçimi sadece firma için değil tedarik zinciri için de önemli bir stratejik karar problemidir.

3PL sağlayıcı seçimi, alternatifler, kriterler ve karar vericiler içerdiğinden bir ÇKKV problemi olarak kabul edilmektedir. Alternatiflerin değerlendirilmesi sürecinde karar verici görüşleri insan düşünce yapısından kaynaklı belirsizlik göstermektedir. Ayrıca tam ve kesin bilgiye ulaşmak her zaman mümkün değildir. Özel kriterlerin değerlendirmesi kadar alternatiflerin bu özel kriterlere göre değerlendirmesi de belirsizlik göstermektedir. Diğer yandan nesnel ifade edilen kriterlere göre, eğer karar vericiler tam ve kesin bilgiye sahip değilse yine değerlendirmeler belirsizlik içermektedir. Bu çalışmada, belirsizliği ifade etmek için Zadeh'in (1965) sunduğu bulanık küme teorisinden yararlanılmaktadır [23]. Çalışmamızın amacı, 3PL sağlayıcı seçimi için Bulanık DEMATEL ve Bulanık TOPSIS yöntemlerinin birleşiminden oluşan bir değerlendirme süreci önermektir. Kriter ağırlıklarının bulunması için Bulanık DEMATEL tekniğinden yararlanılmaktadır. DEMATEL karmaşık kriterler arasındaki nedensel ilişkileri içeren bir yapısal modelin kurulması ve analiz edilmesi amacıyla kullanılan kapsamlı bir yöntemdir [24]. Önerilen yöntemde alternatiflerin değerlendirilmesi için ise bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmaktadır.

Bu çalışmanın geri kalan kısmı şu şekilde organize edilmiştir: İkinci bölümde 3PL sağlayıcı seçimiyle ilgili literatür taramasına yer verilmektedir. Üçüncü bölümde çalışmada kriterlerin değerlendirilmesi için kullanılan Bulanık DEMATEL'den bahsedilmektedir. Dördüncü bölümde bulanık TOPSIS yöntemi ve adımlarından bahsedilmektedir. Beşinci bölümde en uygun 3PL sağlayıcının seçimi için önerilen yöntem sunulmaktadır. Altıncı bölümde önerilen yöntem bir örnek olay üzerinde uygulanmaktadır. Son bölümde ise sonuçlar ve gelecekte yapılabilecek çalışmalardan söz edilmektedir.

## 2. LİTERATÜR TARAMASI

Son yıllarda literatürde, 3PL sağlayıcı seçimi ile ilgili birçok çalışmaya rastlanmaktadır. Çok kriterli karar verme (ÇKKV) metotları ve diğer teknikler en uygun 3PL sağlayıcı seçimi problemine uygulanmıştır. Kulak ve Kahraman (2005) en iyi taşıma şirketinin seçimi için bulanık çok nitelikli aksiyomatik tasarım yaklaşımını önermektedir [5]. Yazarlar önerdikleri yaklaşımı gerçek bir dünya problemi üzerinde uygulamaktadır ve aynı problemi kesin ve bulanık AHP

yaklaşımlarıyla da çözerek sonuçları karşılaştırmaktadır. Bottani ve Rizzi (2006) çalışmalarında en uygun 3PL sağlayıcı seçimi için bulanık TOPSIS temelli bir ÇKKV yaklaşımı önermektedir [6]. Işıklar vd. (2007) 3PL sağlayıcı değerlendirme ve seçimi için bir zeki karar destek çerçevesi sunmaktadır [7]. Önerdikleri yaklaşım, bulanık ortamda durum tabanlı muhakeme, kural tabanlı muhakeme ve uzlaşık programlama tekniklerini birleştirmektedir. Jharkharia and Shankar (2007) bir lojistik sağlayıcı seçmek için iki adımlı bir yöntem sunmaktadır [1]. Birinci adımda uygun sağlayıcılar belirlenmekte ve ikinci adımda analitik ağ süreci (ANP) tabanlı seçim metodu uygulanmaktadır. Büyüközkan vd. (2008) e-lojistik tabanlı stratejik ortakları etkin bir şekilde değerlendirmek için bir ÇKKV yaklaşımı önermektedir [8]. Bu amaçla, bulanık AHS ve bulanık TOPSIS tekniklerinden yararlanmaktadır. Efendigil vd. (2008) en uygun üçüncü parti tersine lojistik sağlayıcının belirlenmesi için karar vericilere yardım etmek maksadıyla yapay sinir ağları ve bulanık mantık tabanlı iki aşamalı model kullanan bir metod geliştirmektedir [9]. Kannan vd. (2009) en iyi 3PL sağlayıcı seçmek için bulanık ortamda bir çok kriterli grup karar verme modeli sunmaktadır [10]. Modelin geliştirilmesinde yorumlayıcı yapısal modelleme (ISM) ve bulanık TOPSIS'ten faydalanmaktadır. Liu ve Wang (2009) 3PL sağlayıcı değerlendirme ve seçimi için bir birleşik bulanık yaklaşım önermektedir [11]. Yazarlar, kriterlerin önem derecelerinin belirlenmesi için bulanık Delphi tekniğinden, uygun olmayan 3PL sağlayıcıların elenmesi için bulanık çıkarım metodundan ve en iyi alternatifin seçim için bulanık doğrusal atama yaklaşımından yararlanmaktadır. Liou ve Chuang (2010) DEMATEL metodu yardımıyla kriterler arasında bağımlı ilişkiler kurarak bir melez ÇKKV modeli geliştirmektedir [12]. Her bir kriterin görelî ağırlıklarını belirlemek amacıyla ANP ve alternatiflerin sıralanması için VIKOR yöntemini kullanmaktadır. Chen vd. (2010) 3PL sağlayıcıları sıralamak için bulanıklık altında maksimum sapma metodu ile dilsel PROMETHEE yöntemini birleştiren bir yaklaşım sunmaktadır [13]. Azadi ve Saen (2011) hem ikili rol faktörleri hem de stokastik veri mevcutken en uygun 3PL sağlayıcının belirlenmesi için karar vericilere destek olan yeni bir şans kısıtlı veri zarflama analizi yaklaşımı önermektedir [14]. Chen vd. (2011) 3PL seçimi için iki aşamalı bir metod geliştirmektedir [15]. Birinci aşamada potansiyel sağlayıcıların belirlenmesi maksadıyla müzakere mekanizması kullanılmakta ve ikinci aşamada en iyi alternatifin seçimi için AHS'den yararlanılmaktadır. Liou vd. (2011) DEMATEL tekniğini kullanarak kriterler arasında ilişki kurmakta ve sonrasında bulanık tercih programlama ve ANP ile en uygun 3PL sağlayıcıyı seçmeyi amaçlamaktadır [3]. Falsini vd. (2012) çalışmasında AHS, veri zarflama analizi ve doğrusal programlamayı birleştiren matematiksel bir metod önermektedir [16]. Wong (2012) bir küresel tedarik zincirinde lojistik dış kaynak kullanımı sağlayıcı seçimi için bulanık ANP ve öncelikli bulanık tamsayı hedef programlama kullandığı bir karar destek sistemi geliştirmektedir [17]. Yazar, öncelikli bulanık tamsayı hedef programlama modelini çözmek için genetik algoritmadan yararlanmıştır. Li vd. (2012) 3PL seçimi için bir model sunmakta ve bu modeli gerçek bir olaya uygulamaktadır [2]. Yazarlar, bir gösterge sistemi ve bir veri entegrasyon yöntemi önermekte ve bulanık küme tabanlı 3PL sağlayıcılar için kapsamlı bir değerlendirme modeli ortaya koymaktadır. Zhang vd. (2012) 3PL sağlayıcıları değerlendirmek için yenilikçi bilgi granülasyon entropi yöntemi geliştirmektedir [19]. Bu çalışmada hem öznel hem de nesnel bir şekilde alternatifleri değerlendirme imkanı verilmektedir. Hsu vd. (2013) çalışmasında DEMATEL ve ANP yöntemlerini birleştiren ve DANP olarak adlandırdıkları melez bir yaklaşım sunmaktadır [20]. Senthil vd. (2014) 3PL tersine lojistikte alternatiflerin değerlendirilmesi ve seçilmesi için AHP ve TOPSIS yöntemlerinin birleşiminden oluşan bir ÇKKV metodu önermektedir [18]. Maloni ve Carter (2006) konuyla ilgili 45 çalışmayı inceleyerek gelecekte yapılabilecek çalışmalar için konular, metodolojiler ve analitik yaklaşımları araştırmaktadır [21]. Marasco'nun (2008) çalışması da bu konudaki literatür taraması çalışmalarına örnek olarak verilebilir [4]. Yazar, çalışmasında 1989-2006 arasında 33 saygın uluslararası dergide yayınlanmış 152 makaleyi gözden geçirmektedir. Özbek ve Eren (2013) ise 2001-2012 yılları arasında uluslararası indeksli dergilerde yayınlanmış 70 adet makaleyi incelemiş ve kategorize etmiştir [22].

Literatür taraması incelendiğinde, 3PL sağlayıcı seçiminde bulanık DEMATEL ve bulanık TOPSIS yöntemlerinin birlikte kullanıldığı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu sebeple, bu çalışmada bu iki yöntemin birleşiminden oluşan bir yaklaşım 3PL sağlayıcı seçimi için önerilmektedir.

### 3. BULANIK DEMATEL

Bu bölümde, kriterlerin ağırlıklandırılmasında yararlanılan bulanık DEMATEL tekniğinden bahsedilmektedir. DEMATEL metodu, Cenevre Battelle Memorial Araştırma Merkezi tarafından 1972 ve 1976 arasında geliştirilmiştir [25]. Bu metot, kriterlerin önemlerini ve kriterler arasındaki ilişkileri tanımlar. DEMATEL, kriterleri neden ve etki grupları olarak ayıran ikili diyagram temelli bir yapıdadır [24, 26]. Bu tekniğin başlıca avantajı, kriterler arasındaki ilişkileri, ilişkilerin tipine göre kriterlerin önceliklerini ve kriterlerin diğer kriterler üzerindeki etkilerinin şiddetini ortaya koymaktır. Literatürde DEMATEL'in başarıyla uygulandığı çalışmalara rastlamak mümkündür. Örneğin, havayolu güvenliği değerlendirilmesinde [27], hastane servis kalitesinin belirlenmesinde [26], bilgi yönetimi stratejilerinin seçiminde [28], altı sigma proje seçiminde [29], dış kaynak kullanımı sağlayıcısı seçiminde [30], yeşil tedarik zinciri yönetiminde tedarikçi seçimi karbon yönetimi modelinin geliştirilmesinde [31] DEMATEL tekniğinden faydalanılmıştır. Daha sonra Lotfi A. Zadeh [23] tarafından sunulan bulanık küme teorisi (BKT) DEMATEL yöntemine uygulanarak bulanık DEMATEL tekniği geliştirilmiştir. BKT, belirsizliği ifade etmede yararlanılan bir yöntemdir ve karar vericilere dilsel değişkenleri kullanarak değerlendirmelerini yapma imkanı sağlamaktadır. Bulanık DEMATEL oldukça yeni bir teknik olmasına karşın, onun ile ilgili çalışmaların sayısında son yıllarda artış gözlenmektedir. Bulanık DEMATEL'in uygulandığı alanların bazıları şunlardır: Yeşil tedarik zinciri yönetimi uygulamalarının değerlendirilmesi [32], enteraktif ticaretin değerlendirilmesi [33], yer seçimi [34], kamyon seçimi [35], olağanüstü yönetimde kritik başarı faktörlerinin belirlenmesi [36], bilim ve teknoloji için insan kaynakları değerlendirmesi [37].

Bulanık DEMATEL'in işlemleri aşağıda özetlenmektedir[24-38]:

#### *Bulanık başlangıç direk ilişki matrisinin oluşturulması*

Karar vericilerden Çizelge 1'de sunulan dilsel değişkenleri kullanarak iki kriter arasındaki direk etki hakkındaki görüşlerini bildirmeleri istenir. Dilsel değişkenler üçgensel bulanık sayılara (ÜBS) karşılık gelmektedir.

**Çizelge 1.** Bulanık Değerlendirme Ölçeği [24]

Dilsel Değişkenler	Üçgensel Bulanık Sayılar
Etki Yok (0)	(0;0;0,25)
Çok Az Etkili (1)	(0;0,25;0,50)
Az Etkili (2)	(0,25;0,50;0,75)
Yüksek Etkili (3)	(0,50;0,75;1)
Çok Yüksek Etkili (4)	(0,75;1;1)

**Tanım 1:** Bir bulanık  $\tilde{A}$  kümesinde ÜBS  $(l, m, u)$  olarak 3 değerle ifade edilir ve üyelik fonksiyonu aşağıdaki gibi tanımlanır:

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

Burada  $l, m$  ve  $u$  gerçel sayılardır ve  $l \leq m \leq u$  olması gerekir.

**Tanım 2:** İki bulanık küme  $\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3)$  ve  $\tilde{B} = (b_1, b_2, b_3)$  olduğunu farzedelim. Bu bulanık kümelere ait bazı işlemler aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$(1) (a_1, a_2, a_3) \oplus (b_1, b_2, b_3) = (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3)$$

$$(2) (a_1, a_2, a_3) \otimes (b_1, b_2, b_3) = (a_1 b_1, a_2 b_2, a_3 b_3)$$

$$(3) k \otimes (a_1, a_2, a_3) = (ka_1, ka_2, ka_3)$$

Bulanık başlangıç direk ilişki matrisi  $\tilde{Z} = [\tilde{z}_{ij}]_{n \times n}$  ile gösterilen ve kriterler arasında etki ve yönlendirme açısından ikili karşılaştırmalar ile elde edilen  $(n \times n)$  boyutlu bir matristir. Burada  $\tilde{z}_{ij}$   $i$  kriterinin  $j$  kriterini etkileme derecesi olarak belirtilir.

*Normalleştirilmiş Bulanık Direk İlişki Matrisinin Bulunması*

Normalleştirilmiş bulanık direk ilişki matrisi  $(\tilde{A} = [\tilde{a}_{ij}]_{n \times n})$  ile gösterilir ve Eş. (1) ve (2) ile bulunur. Matrisin diyagonal elemanları sifıra eşittir.

$$\tilde{a}_{ij} = \frac{\tilde{z}_{ij}}{s} = \left( \frac{l_{ij}}{s}, \frac{m_{ij}}{s}, \frac{u_{ij}}{s} \right) \tag{1}$$

$$s = \max_{1 \leq i \leq n} \left( \sum_{j=1}^n l_{ij} \right) \quad s = \max_{1 \leq i \leq n} \left( \sum_{j=1}^n m_{ij} \right) \quad s = \max_{1 \leq i \leq n} \left( \sum_{j=1}^n u_{ij} \right) \tag{2}$$

*Toplam Bulanık İlişki Matrisinin Elde Edilmesi*

Normalleştirilmiş bulanık direk ilişki matrisi  $(A_l, A_m, A_u)$  olarak üç matrise ayrılabilir. Buna göre, toplam bulanık ilişki matrisi Eş. (3) kullanılarak elde edilir. Burada  $I$  birim matris olarak tanımlanır.

$$\tilde{T} = \tilde{A} + \tilde{A}^2 + \tilde{A}^3 + \dots = \sum_{i=1}^{\infty} \tilde{A}^i = \tilde{A} (I - \tilde{A})^{-1} \tag{3}$$

Burada  $\tilde{T} = [\tilde{t}_{ij}]_{n \times n}$  ile gösterilir ve  $\tilde{t}_{ij} = (t_{ij,l}, t_{ij,m}, t_{ij,u})$   $i$  kriterinin  $j$  kriterine karşı karar vericinin belirlediği toplam etki derecesini gösterir.

*Gönderici ve Alıcı Grupların Bulunması*

Diyelim ki  $\tilde{T}$  matrisindeki  $i$ 'nci satırın toplamı  $(\tilde{E}_i = \sum_{j=1}^n \tilde{t}_{ij})$  ve  $j$ 'nci sütunun toplamı  $(\tilde{F}_j = \sum_{i=1}^n \tilde{t}_{ij})$  olsun.  $\tilde{E}_i$   $i$  kriterinin diğer kriterlere gönderdiği hem direk ve hem de dolaylı toplam etkiyi gösterir. Diğer yandan  $\tilde{F}_j$  ise diğer kriterlerden  $i$  kriterinin aldığı hem direk ve hem de dolaylı toplam etkiyi gösterir.  $(\tilde{E} + \tilde{F})$  toplamı  $i$  kriterinin hem gönderici hem de alıcı toplam etkisini temsil eden bir göstergedir. Diğer bir ifadeyle,  $i$  kriterinin önem derecesini gösterir.  $(\tilde{E} - \tilde{F})$  farkı ise  $i$  kriterinin sisteme sağladığı net etkiyi gösterir.  $(\tilde{E} - \tilde{F})$  pozitif olduğunda  $i$  kriteri net gönderici, negatif olduğunda net alıcı olarak tanımlanır [24, 25]. Eğer  $i$  kriteri için  $(\tilde{E} - \tilde{F})$  pozitif değer aldığında, bu kriterin diğerleri üzerinde daha yüksek etkiye ve daha yüksek önceliğe sahip olduğu söylenebilir. Eğer  $i$  kriteri için  $(\tilde{E} - \tilde{F})$  negatif değer alırsa, bu kriterin diğerleri üzerinde daha az etkiye ve daha düşük önceliğe sahip olduğu söylenebilir [25].

*Durulaştırma*

Bulanık sayıların durulaştırılması için uygun bir yöntemden yararlanılabilir. Bu çalışmada, durulaştırma için Eş. (4) ve (5) kullanılmaktadır [38].

$$(\tilde{E}_i + \tilde{F}_i)^{Def} = \frac{1}{4}(l + 2m + u) \tag{4}$$

$$(\tilde{E}_i - \tilde{F}_i)^{Def} = \frac{1}{4}(l + 2m + u) \tag{5}$$

Durulaştırılmış matrisin bulunması, eşik değerinin belirlenmesi için bir fırsat verir.  $(\tilde{E}_i + \tilde{F}_i)^{Def}$  ve  $(\tilde{E}_i - \tilde{F}_i)^{Def}$  ile neden etki diyagramı elde edilebilir ve analiz edilebilir.

*Kriter ağırlıklarının belirlenmesi*

Kriter ağırlıkları Eş. (6) ve (7) kullanılarak hesaplanır. Kriter ağırlıkları sıfır ve bir arasındadır ve kriter toplamları bire eşit olmalıdır.

$$w_i = \sqrt{\left[ (\tilde{E}_i + \tilde{F}_i)^{Def} \right]^2 + \left[ (\tilde{E}_i - \tilde{F}_i)^{Def} \right]^2} \tag{6}$$

$$W_i = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \tag{7}$$

**4. BULANIK TOPSIS**

TOPSIS metodu Hwang ve Yoon (1981) tarafından ilk kez ortaya atılmıştır [39]. Bu teknikte, en iyi alternatifin pozitif ideal çözüme en yakın ve negatif ideal çözüme en uzak değerlere sahip olduğu farzedilir [40]. Pozitif ideal çözüm fayda kriterini maksimize eden ve maliyet kriterini minimize eden bir çözüm iken, negatif ideal çözüm maliyet kriterini maksimize eden ve fayda kriterini minimize eden bir çözümdür [41]. TOPSIS yönteminin literatürde bir çok ÇKKV problemine uygulandığı görülmektedir [42, 43, 44, 45]. Geleneksel TOPSIS metodunda tam ve kesin bilgiye dayalı bir değerlendirme vardır. Ancak, birçok gerçek dünya durumunda özellikle insan değerlendirmeleri belirsizlik içerir. Bu sebeple, Zadeh tarafından ortaya atılan bulanık küme teorisi [23] kullanılarak TOPSIS yöntemi geliştirilmiş ve TOPSIS yöntemi belirsizlik altında karar vermeye kullanışlı hale getirilmiştir [46, 47]. Böylece bulanık TOPSIS metodu ve uygulamalarına ÇKKV problemlerinde alternatiflerin sıralanması için birçok çalışmada rastlanmaktadır [8, 41, 48, 49, 50]. Bu çalışmada önerilen yöntemde alternatiflerin değerlendirilmesi ve sıralanması için Chen (2000) tarafından sunulan bulanık TOPSIS yöntemi [46] kullanılmaktadır. Değerlendirmeler için üçgen bulanık sayılardan faydalanılmaktadır. Aşağıda Chen (2000) tarafından sunulan bulanık TOPSIS yöntemi ve ilgili tanımlar yer almaktadır:

Diyelim ki  $p$  adet karar vericiden oluşan bir karar verme grubu mevcut olsun. Karar vericilerin alternatifleri her bir kritere göre değerlendirerek önem derecelerinin hesaplanması için;

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{p} \left[ \tilde{x}_{ij}^1(+)\tilde{x}_{ij}^2(+)\cdots(+)\tilde{x}_{ij}^p \right] \tag{8}$$

$$\tilde{w}_j = \frac{1}{p} \left[ \tilde{w}_j^1(+)\tilde{w}_j^2(+)\cdots(+)\tilde{w}_j^p \right] \tag{9}$$

burada  $\tilde{x}_{ij}^p$  ve  $\tilde{w}_j^p$   $p$ 'inci karar vericinin verdiği önem derecesini göstermektedir. Buna göre bulanık ÇKKV grup karar verme yöntemi bir karar matrisi olarak şöyle açıklanabilir:

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

Burada  $\tilde{x}_{ij}$  ve  $\tilde{w}_j$   $i=1, 2, \dots, m$   $j=1, 2, \dots, n$  dilsel değişkenlerdir. Bu dilsel değişkenler  $[0, 1]$  aralığında ifade edilen ÜBS ile ifade edilebilir,  $\tilde{x}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$  ve  $\tilde{w}_j = (w_{j1}, w_{j2}, w_{j3})$ . Daha sonra bulanık karar matrisi ( $\tilde{D}$ ) normalize edilerek normalize bulanık karar matrisi ( $\tilde{R}$ ) adını alır.

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n} \tag{10}$$

$B$  fayda kriterlerini ve  $C$  ise maliyet kriterlerini göstermek üzere;

$$\tilde{r}_{ij} = \left( \frac{a_{ij}}{c_j}, \frac{b_{ij}}{c_j}, \frac{c_{ij}}{c_j} \right), \quad c_j^* = \max_i c_{ij} \text{ eger } j \in B; \tag{11}$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left( \frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}} \right), \quad a_j^- = \min_i a_{ij} \text{ eger } j \in C \tag{12}$$

Burada  $\tilde{r}_{ij}$  normalize edilmiş ÜBS için kullanılır. Daha sonra kriter ağırlıklarının dikkate alınmasıyla ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi elde edilir:

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n}, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n \tag{13}$$

Burada  $\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij}(\cdot)\tilde{w}_j$  ile hesaplanır. Bir sonraki adımda bulanık pozitif ideal çözüm (FPIS,  $A^*$ ) ve bulanık negatif ideal çözüm (FPIS,  $A^-$ ) tanımlanır.  $A^* = (\tilde{v}_1^*, \tilde{v}_2^*, \dots, \tilde{v}_n^*)$  ve  $A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-)$  olarak belirtilir. Burada  $\tilde{v}_j^* = (1,1,1)$  ve  $\tilde{v}_j^- = (0,0,0)$   $j=1, 2, \dots, n$ . Buna göre her bir alternatifte ait pozitif ve negatif mesafe ölçüleri aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$d_i^* = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^*) \quad i=1, 2, \dots, m \tag{14}$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-) \quad i=1, 2, \dots, m \tag{15}$$

Son olarak alternatiflerin yakınlık katsayıları Eş. (16)'daki gibi bulunur.

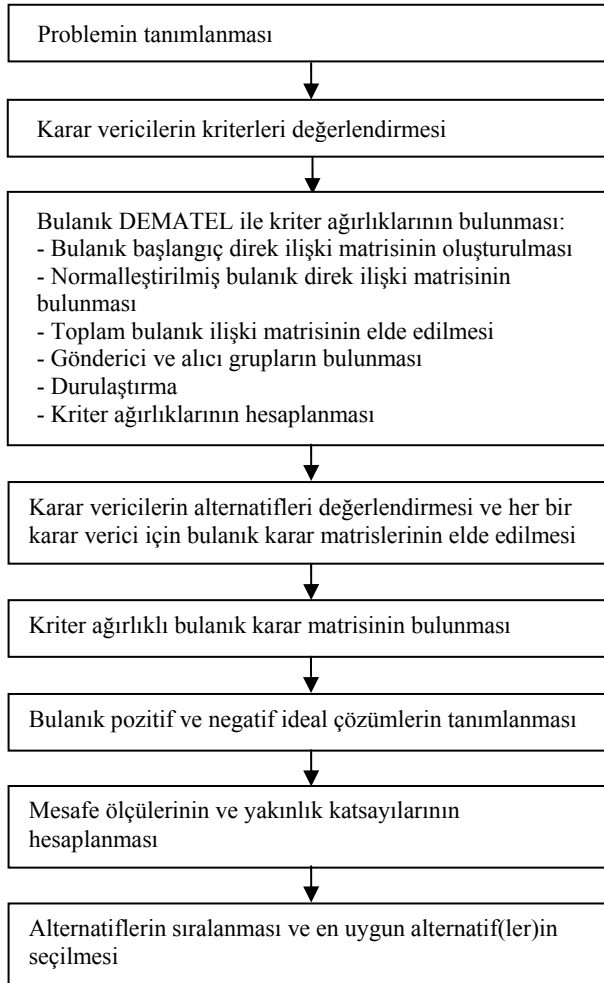
$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-} \tag{16}$$

Alternatifler, elde edilen yakınlık katsayılarına göre sıralanır ve en yüksek yakınlık katsayısına sahip alternatif en iyi olarak seçilir.

### 5. ÖNERİLEN YÖNTEM

Bu bölümde, 3PL seçimi için önerilen yöntem ve adımları sunulmaktadır. Önerilen yöntemde kriterlerin ağırlıklarının hesaplanması için Bulanık DEMATEL tekniğinden faydalanılırken,

alternatiflerin karşılaştırılması için Bulanık TOPSIS metodu kullanılmaktadır. Önerilen yöntemin adımları Şekil 1’de görülmektedir.



Şekil 1. 3PL sağlayıcı seçimi için önerilen yöntemin adımları

Önerilen yöntemin uygulanmasında ihtiyaç duyulan bazı tanımlar aşağıda verilmektedir:

- $X = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$ :  $X$ ,  $m$  mümkün adaydan oluşan kesikli bir kümedir,  $i = 1, \dots, m$ .
- $C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$ :  $C$ , belirlenen  $n$  kriterden oluşan sonlu bir kümedir,  $j = 1, \dots, n$ .
- $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$  ise kriter ağırlıklarını temsil eden bir vektördür,  $w_j \geq 0$ ,  $j=1, 2, \dots, n$ ,  $\sum_{j=1}^n w_j = 1$ .
- $D = \{d_1, d_2, \dots, d_p\}$ :  $D$ ,  $p$  sonlu sayıda karar vericiden oluşan kümedir,  $k = 1, \dots, p$ .



Yukarıda verilen tanımlara dayanarak 3PL sağlayıcı seçimi için önerdiğimiz yöntemin adımları aşağıdaki gibidir:

**Adım 1:** Karar vericilerin kriterleri değerlendirilmesi.

Karar vericilerin her biri, Çizelge 1'de sunulan dilsel değişkenleri kullanarak  $n$  adet kriter için iki kriter arasındaki direk etki hakkındaki görüşlerini bildirir.

**Adım 2:** Kriter ağırlıklarının Bulanık DEMATEL ile hesaplanması.

Öncelikle karar vericilerin yaptığı değerlendirmelere karşılık gelen ÜBS yazılır ve karar verici sayısına göre ortalamaları alınır. Böylece, bulanık başlangıç direk ilişki matrisi  $\tilde{Z} = [\tilde{z}_{ij}]_{n \times n}$  elde edilir. Eş. (1) ve (2) kullanılarak normalleştirilmiş bulanık direk ilişki matrisi  $\tilde{A} = [\tilde{a}_{ij}]_{n \times n}$  bulunur. Normalleştirilmiş bulanık direk ilişki matrisi  $(A_l, A_m, A_u)$  olarak üç matrise ayrılır ve Eş. (3) ile toplam bulanık ilişki matrisi  $\tilde{T} = [\tilde{t}_{ij}]_{n \times n}$  elde edilir. Gönderici ve alıcı grupların tespiti için  $(\tilde{E} + \tilde{F})$  ve  $(\tilde{E} - \tilde{F})$  değerleri hesaplanır. Eşitlik (4) ve (5) yardımıyla durulaştırma yapılır ve  $(\tilde{E}_i + \tilde{F}_i)^{Def}$  ve  $(\tilde{E}_i - \tilde{F}_i)^{Def}$  ile neden etki diyagramı elde edilir. Bu adımın sonunda Eş. (6) ve (7) kullanılarak kriter ağırlıkları hesaplanır.

**Adım 3:** Karar vericilerin alternatifleri değerlendirilmesi ve her bir karar verici için bulanık karar matrislerinin elde edilmesi.

Her bir karar verici her bir kriter için alternatifleri dilsel değişkenleri kullanarak değerlendirirler. Bu değerlendirmelerde dilsel değişkenler, onlara karşılık gelen üçgen bulanık sayılara dönüştürülür ve her bir karar verici için bulanık karar matrisleri  $R^1, R^2, \dots, R^p$  elde edilir.

$$R^d = [\tilde{r}_{ij}] = \begin{bmatrix} \tilde{r}_{11} & \tilde{r}_{12} & \dots & \tilde{r}_{1n} \\ \tilde{r}_{21} & \tilde{r}_{22} & \dots & \tilde{r}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \tilde{r}_{m1} & \tilde{r}_{m2} & \dots & \tilde{r}_{mn} \end{bmatrix} \quad d=1,2,\dots,p, \quad i=1,2,\dots,m, \quad j=1,2,\dots,n \quad (17)$$

**Adım 4:** Kriter ağırlıklı bulanık karar matrisinin bulunması.

Kriter ağırlıklı bulanık karar matrisinin  $\tilde{V}$  bulunması için bulanık karar matrisinde  $\tilde{R}^d$  bulunan tüm değerler ile Adım 2'de elde edilen kriter ağırlıkları  $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$  çarpılır.

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n} \quad i=1,2,\dots,m, \quad j=1,2,\dots,n \quad (18)$$

$$\text{Burada } \tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij}(\cdot)w_j.$$

**Adım 5:** Bulanık pozitif ve negatif ideal çözümlerin tanımlanması.

Kriterler, fayda ve maliyet kriterleri olarak kategorize edilir. Bulanık pozitif ideal çözüm  $A^* = (\tilde{v}_1^*, \tilde{v}_2^*, \dots, \tilde{v}_n^*)$  ve bulanık negatif ideal çözüm  $A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-)$  kriter yapısına göre tanımlanır. Burada  $\tilde{v}_j^* = (1, 1, 1)$  ve  $\tilde{v}_j^- = (0, 0, 0)$ ,  $j=1, 2, \dots, n$ .

**Adım 6:** Mesafe ölçülerinin ve yakınlık katsayılarının hesaplanması.

Bulanık pozitif ideal çözüm  $A^*$  ve bulanık negatif ideal çözüm  $A^-$  yardımıyla her bir alternatif için pozitif mesafe ölçüleri  $d_i^*$  ve negatif mesafe ölçüleri  $d_i^-$  Eş. (14) ve (15)'teki gibi hesaplanır. Alternatiflerin yakınlık katsayıları ise Eş. (16)'daki gibi bulunur.

**Adım 7:** Alternatiflerin sıralanması ve en uygun alternatifin seçilmesi.

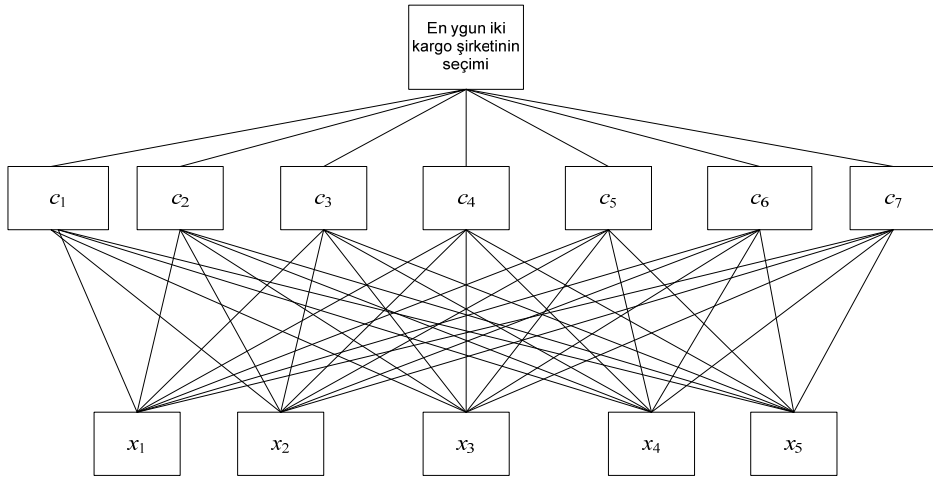
Alternatiflere ait Adım 6'da elde edilen yakınlık katsayıları büyükten küçüğe sıralanır. En yüksek yakınlık katsayısına sahip alternatif(ler) en uygun 3PL sağlayıcı(lar) olarak seçilir.

## 6. ÖRNEK OLAY

Bu bölümde, önerilen yöntemin uygulanabilirliğini ve etkinliğini göstermek amacıyla, ısınma sistemleri ile ilgili üretim yapan bir firmanın 3PL saylayıcı seçimi, bir örnek olay olarak ele alınmaktadır. Yirmi yıldan fazla bir süre önce kurulan firma, Bursa organize sanayi bölgesinde 13.000 metrekaarelik bir alanda yerleşiktir ve 300'den fazla çalışını bulunmaktadır. Firma ağırlıklı olarak panel radyatör, havlu radyatör, doğalgaz sobası, elektrikli ısıtıcı, ısı eşanjörleri vb. ürünler imal etmektedir. Ürünlerini 20'den fazla ülkeye ihraç etmektedir. Son yıllara kadar sadece üretici olan firma, artık ürünlerini internet üzerinden satışa başlamış ve gelen talepler üzerine satışlarının çoğunu internet yoluyla yapma kararı almıştır. Müşterilerin özellikle, elektrikli radyatör ve havlu radyatörleri internet üzerinden almayı tercih ettiğini gören firma, ürünlerin müşterilere ulaştırılması amacıyla kendi imkanları yerine iki kargo şirketiyle anlaşılmasının daha iyi olacağı düşüncesindedir. Böylece, firma asıl işi olan radyatör ve benzeri ısı sistemleri üzerine odaklanabilecek, yeni ürün geliştirme çalışmalarına ağırlık verebilecek ve müşteri tatmin düzeyini artırmaya çalışacaktır. Bu maksatla, en iyi iki kargo şirketinin seçimi için görevlendirilen karar verme grubu bir yönetim kurulu üyesi ( $d_1$ ), üretim müdürü ( $d_2$ ) ve finans müdüründen ( $d_3$ ) oluşmaktadır. Firmanın ürünlerin müşterilere ulaştırılması için bir yerine iki kargo şirketiyle anlaşmak istemesinin sebebi, müşterilere seçme esnekliğinin sağlanmasıdır. Yapılan araştırmalar sonucunda ulusal ve uluslararası çapta faaliyet gösteren beş kargo şirketi alternatif olarak tespit edilmiştir. Alternatif kargo şirketleri, firmanın daha önce çeşitli sebeplerle beraber çalıştığı ve karar vericiler tarafından bilinen ve tanınan kargo şirketleri arasından seçilmiştir. Firmanın özellikleri ve müşterilerin beklentileri dikkate alınarak en uygun iki kargo şirketinin belirlenmesi için Çizelge 2'de açıklamalarıyla birlikte sunulan ve literatürde ilgili çalışmalarda rastlanan yedi kriter karar verme grubu tarafından belirlenmiştir. 3PL sağlayıcı seçimi probleminin hiyerarşik yapısı Şekil 2'de verilmektedir.

**Çizelge 2.** Kriterler ve açıklamaları

Kodu	Kriter	Açıklama	Kaynaklar
$c_1$	şirketin imajı ve tecrübesi	şirketin tanınırlığı, reklam etkisi, tesislerin ve araçların görünüşü, marka etkisi, pozitif ve negatif tecrübeleri, logosu, çalışan tavrı ve giyimi, marka etkisi, halk arasında tanınırlığı.	[2, 3, 7, 11, 20]
$c_2$	teknolojik yetenekleri	araçların yenilenme sıklığı, yeni malzeme ve cihaz kullanımı, internet sitesi ve kullandığı yazılımların yeniliği ve hızı.	[2, 7, 8, 9, 10, 11, 18]
$c_3$	teslim süreleri	rekabetçi teslim süreleri, tam zamanında teslim yeteneği, siparişlere cevap verme hızı.	[1, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 18, 20]
$c_4$	servis kalitesi	şirketin ulusal ve uluslararası kalite belgeleri, kalite yönetim sistemi, müşterilerin şirketle ilgili kalite algısı, müşteri tatmini.	[1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 18, 20]
$c_5$	fiyatlama	rekabetçi fiyatlar, ödeme seçenekleri, indirim imkanları.	[1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 18, 20]
$c_6$	erişilebilirlik ve esneklik	iletişim araçlarıyla müşteri temsilcilerine erişim, esnek çalışma saatleri, teslim adresinde değişiklik yapma imkanları, paketleme seçenekleri.	[1, 3, 5, 9, 10, 11, 12, 20]
$c_7$	çevreci faktörler	çevreci yaklaşımı, kirlilik kontrolü, geri dönüşümlü paketleme, çevreci malzeme kullanımı, çevreci yakıt kullanımı.	[9, 11, 18]



Şekil 2. 3PL sağlayıcı seçiminin hiyerarşik yapısı

**Adım 1:** Karar vericilerin kriterleri değerlendirmesi.

Karar vericiler, Çizelge 2'de belirtilen kriterleri Çizelge 1'de sunulan dilsel değişkenleri kullanarak ikili karşılaştırmalarla iki kriter arasındaki direk etki değerlendirmelerini yapmıştır. Her bir karar vericinin değerlendirmeleri aşağıdaki karar matrislerinde görülmektedir.

$$d_1 = \begin{vmatrix} 0 & 1 & 1 & 4 & 2 & 1 & 2 \\ 4 & 0 & 2 & 3 & 1 & 3 & 2 \\ 1 & 3 & 0 & 4 & 3 & 0 & 0 \\ 4 & 3 & 4 & 0 & 4 & 4 & 4 \\ 3 & 3 & 4 & 4 & 0 & 4 & 3 \\ 4 & 2 & 4 & 3 & 0 & 0 & 1 \\ 4 & 2 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{vmatrix} \quad d_2 = \begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 & 3 & 2 & 1 & 0 \\ 2 & 0 & 3 & 3 & 2 & 3 & 2 \\ 1 & 3 & 0 & 3 & 2 & 1 & 1 \\ 4 & 3 & 4 & 0 & 4 & 4 & 4 \\ 4 & 4 & 4 & 4 & 0 & 4 & 3 \\ 2 & 2 & 4 & 3 & 0 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{vmatrix}$$

$$d_3 = \begin{vmatrix} 0 & 2 & 3 & 3 & 1 & 2 & 3 \\ 3 & 0 & 4 & 3 & 3 & 2 & 1 \\ 1 & 3 & 0 & 4 & 3 & 1 & 1 \\ 4 & 2 & 3 & 0 & 3 & 3 & 2 \\ 3 & 3 & 4 & 3 & 0 & 4 & 3 \\ 3 & 2 & 2 & 2 & 0 & 0 & 0 \\ 4 & 2 & 0 & 2 & 1 & 1 & 0 \end{vmatrix}$$

**Adım 2:** Kriter ağırlıklarının Bulanık DEMATEL ile hesaplanması.

Karar vericilerin Adım 1'de belirtilen değerlendirmelerine karşılık gelen ÜBS'lar yazılarak üç karar verici için ortalamaları alındı. Daha sonra Eş. (1) ve (2) kullanılarak normalleştirilmiş direk ilişki matrisi  $\tilde{A}$  Çizelge 3'teki gibi bulundu.

Çizelge 3. Normalleştirilmiş Bulanık Direk İlişki Matrisi

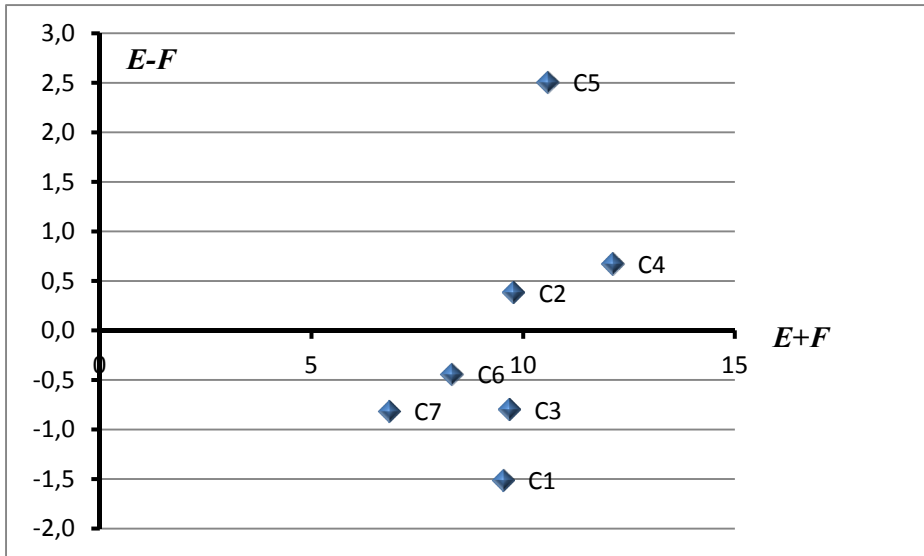
	$c_1$	$c_2$	$c_3$	$c_4$	$c_5$	$c_6$	$c_7$
$c_1$	(0;0;0)	(0,03;0,08;0,11)	(0,09;0,11;0,14)	(0,20;0,19;0,18)	(0,06;0,09;0,12)	(0,03;0,08;0,11)	(0,09;0,09;0,12)
$c_2$	(0,17;0,17;0,16)	(0;0;0)	(0,17;0,17;0,16)	(0,17;0,17;0,18)	(0,09;0,11;0,14)	(0,14;0,15;0,17)	(0,06;0,09;0,12)
$c_3$	(0;0,06;0,09)	(0,17;0,17;0,18)	(0;0;0)	(0,23;0,21;0,18)	(0,14;0,15;0,17)	(0,0,04;0,08)	(0;0,04;0,08)
$c_4$	(0,26;0,23;0,18)	(0,14;0,15;0,17)	(0,23;0,21;0,18)	(0;0;0)	(0,23;0,21;0,18)	(0,23;0,21;0,18)	(0,20;0,19;0,17)
$c_5$	(0,20;0,19;0,18)	(0,20;0,19;0,18)	(0,26;0,23;0,18)	(0,23;0,21;0,18)	(0;0;0)	(0,26;0,23;0,18)	(0,17;0,17;0,18)
$c_6$	(0,17;0,17;0,16)	(0,09;0,09;0,14)	(0,20;0,19;0,17)	(0,14;0,15;0,17)	(0;0;0,06)	(0;0;0)	(0;0,04;0,08)
$c_7$	(0,20;0,19;0,17)	(0,09;0,11;0,14)	(0;0;0,5)	(0,03;0,08;0,11)	(0,0,06;0,11)	(0,0,06;0,09)	(0;0;0)

Elde edilen normalleştirilmiş direk ilişki matrisinin bulanık sayıları ( $A_l, A_m, A_u$ ) olarak üç ayrı matrise ayrıldı ve Eş. (3) yardımıyla toplam bulanık ilişki matrisi  $\tilde{T}$  bulundu. Gönderici ve alıcı grupların tespiti için  $(\tilde{E} + \tilde{F})$  ve  $(\tilde{E} - \tilde{F})$  değerleri hesaplandı. Eş. (4) ve (5) ile durulaştırma işlemleri yapıldı. Nihayetinde Eş. (6) ve (7) kullanılarak kriter ağırlıkları hesaplandı. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4’te özetlenmektedir.

Çizelge 4. E ve F değerleri

	$\tilde{E} + \tilde{F}$	$\tilde{E} - \tilde{F}$	$(\tilde{E} + \tilde{F})^{Def}$	$(\tilde{E} - \tilde{F})^{Def}$	$w_i$
$c_1$	(6,54; 9,09; 13,38)	(-1,76; -1,56; -1,16)	9,53	-1,51	0,143
$c_2$	(6,69; 9,11, 14,18)	(0,43; 0,44; 0,24)	9,77	0,38	0,145
$c_3$	(7,20; 9,16; 13,15)	(-0,97; -0,84; -0,55)	9,67	-0,80	0,144
$c_4$	(9,60; 11,64; 15,60)	(0,84; 0,75; 0,35)	12,12	0,67	0,180
$c_5$	(8,00; 10,02; 14,31)	(2,80; 2,62; 2,00)	10,59	2,51	0,162
$c_6$	(5,58; 7,70; 12,30)	(-0,21; -0,63; -0,28)	8,32	-0,44	0,124
$c_7$	(3,62; 6,30; 11,12)	(-1,13; -0,77; -0,59)	6,83	-0,81	0,102

Şekil 3’te kriterlerin  $(E+F)$  ve  $(E-F)$  değerleri ile çizilen neden etki diyagramı görülmektedir. Buna göre, 3PL sağlayıcı seçiminde fiyatlama, servis kalitesi ve teknolojik yetenekler etkileyen niteliğe sahipken, diğer kriterlerin ise 3PL seçiminden etkilenen kriterler olduğu söylenebilir.



Şekil 3. Neden Etki Diyagramı

**Adım 3:** Karar vericilerin alternatifleri değerlendirmesi ve her bir karar verici için bulanık karar matrislerinin elde edilmesi.

Karar vericiler, Çizelge 5'te verilen dilsel değişkenleri kullanarak her bir kriter için alternatifleri değerlendirdiler. Yapılan değerlendirmeler Çizelge 6'da sunulmaktadır. Daha sonra, karar vericilerin dilsel değişkenleri kullanarak yaptığı değerlendirmeler, bu dilsel değişkenlere karşılık gelen üçgen bulanık sayılara dönüştürüldü ve Eş. (17)'deki gibi her bir karar verici için bulanık karar matrisleri elde edildi.

Çizelge 5. Dilsel değişkenler ve bulanık sayılar

Dilsel değişkenler	Bulanık Sayılar
Çok Zayıf (ÇZ)	(0,0; 0,0; 0,1)
Zayıf (Z)	(0,0; 0,1; 0,3)
Orta Zayıf (OZ)	(0,1; 0,3; 0,5)
Orta (O)	(0,3; 0,5; 0,7)
Orta İyi (Oİ)	(0,5; 0,7; 0,9)
İyi (İ)	(0,7; 0,9; 1,0)
Çok İyi (Çİ)	(0,9; 1,0; 1,0)

**Adım 4:** Kriter ağırlıklı bulanık karar matrisinin bulunması.

Karar vericilere ait bulanık karar matrisleri, Adım 2'de hesaplanan kriter ağırlıklarıyla  $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$  çarpılarak kriter ağırlıklı bulanık karar matrisi  $\tilde{V}$  Eş. (18)'deki gibi elde edildi. Bu matrisin değerleri Çizelge 6'da görülmektedir.

Çizelge 6. Alternatiflerin karar vericiler tarafından değerlendirilmesi

Kriter	Alternatif	$d_1$	$d_2$	$d_3$	Kriter ağırlıklı bulanık karar matrisi değerleri
$c_1$	$x_1$	O	Oİ	Çİ	(0,081;0,105;0,124)
	$x_2$	O	İ	İ	(0,081;0,110;0,129)
	$x_3$	İ	Oİ	O	(0,072;0,100;0,124)
	$x_4$	Oİ	O	OZ	(0,043;0,072;0,100)
	$x_5$	O	İ	O	(0,062;0,091;0,115)
$c_2$	$x_1$	O	O	Oİ	(0,053;0,082;0,111)
	$x_2$	O	Oİ	Oİ	(0,063;0,092;0,121)
	$x_3$	İ	Oİ	O	(0,073;0,102;0,126)
	$x_4$	İ	O	OZ	(0,053;0,082;0,106)
	$x_5$	İ	Oİ	Oİ	(0,082;0,111;0,136)
$c_3$	$x_1$	O	Oİ	OZ	(0,043;0,072;0,101)
	$x_2$	Z	OZ	OZ	(0,010;0,034;0,062)
	$x_3$	OZ	OZ	OZ	(0,014;0,043;0,072)
	$x_4$	OZ	O	Oİ	(0,043;0,072;0,101)
	$x_5$	O	OZ	Oİ	(0,043;0,072;0,101)
$c_4$	$x_1$	OZ	O	Oİ	(0,054;0,090;0,126)
	$x_2$	Çİ	Çİ	Oİ	(0,138;0,162;0,174)
	$x_3$	Çİ	İ	Çİ	(0,150;0,174;0,180)
	$x_4$	İ	Oİ	OZ	(0,078;0,114;0,144)
	$x_5$	İ	İ	İ	(0,126;0,162;0,180)
$c_5$	$x_1$	Z	OZ	Z	(0,005;0,027;0,059)
	$x_2$	OZ	Z	OZ	(0,011;0,038;0,070)
	$x_3$	OZ	Z	OZ	(0,011;0,038;0,070)
	$x_4$	O	O	O	(0,048;0,081;0,113)
	$x_5$	O	OZ	Oİ	(0,048;0,081;0,113)
$c_6$	$x_1$	Oİ	Oİ	İ	(0,070;0,095;0,115)
	$x_2$	Çİ	Çİ	İ	(0,103;0,120;0,124)
	$x_3$	İ	Oİ	O	(0,062;0,087;0,107)
	$x_4$	Z	O	Z	(0,012;0,029;0,054)
	$x_5$	O	İ	Oİ	(0,062;0,087;0,107)
$c_7$	$x_1$	O	O	Oİ	(0,037;0,058;0,078)
	$x_2$	İ	İ	Çİ	(0,078;0,095;0,102)
	$x_3$	İ	Oİ	Oİ	(0,058;0,078;0,095)
	$x_4$	O	Z	O	(0,020;0,037;0,058)
	$x_5$	İ	İ	İ	(0,072;0,092;0,102)

**Adım 5:** Bulanık pozitif ve negatif ideal çözümlerin tanımlanması.

Bu örnek olayda teslim süresi ve fiyatlandırma kriterleri maliyet kriteri diğer kriterler ise fayda kriteri olarak kabul edilmektedir. Buna göre bulanık pozitif ideal çözüm ve bulanık negatif ideal çözüm aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$A^+ = [(1,1,1), (1,1,1), (0,0,0), (1,1,1), (0,0,0), (1,1,1), (1,1,1)]$$

$$A^- = [(0,0,0), (0,0,0), (1,1,1), (0,0,0), (1,1,1), (0,0,0), (0,0,0)]$$

**Adım 6:** Mesafe ölçülerinin ve yakınlık katsayılarının hesaplanması.

Her bir alternatif için pozitif mesafe ölçüleri  $d_i^+$  ve negatif mesafe ölçüleri  $d_i^-$  sırasıyla Eş. (14) ve (15)'teki gibi hesaplanır. Hesaplama sonuçları Çizelge 7'de sunulmaktadır. Daha sonra Eş. (16) yardımıyla her bir alternatifin yakınlık katsayıları  $CC_i$  hesaplanır. Yine yakınlık katsayıları için bulunan sonuçlar Çizelge 7'de yer almaktadır.

**Çizelge 7.** Mesafe ölçüleri ve yakınlık katsayıları

Alternatif	$d^+$	$d^-$	$CC_i$
$x_1$	4,688	2,339	0,333
$x_2$	4,524	2,496	0,356
$x_3$	4,567	2,456	0,350
$x_4$	4,827	2,199	0,313
$x_5$	4,633	2,386	0,340

**Adım 7:** Alternatiflerin sıralanması ve en uygun alternatifin seçilmesi.

Çizelge 7'de sunulan yakınlık katsayılarına göre alternatiflerin ( $i=1,2,\dots,m$ ) sıralaması  $x_2 \succ x_3 \succ x_5 \succ x_1 \succ x_4$  olur. Buna göre ikinci ve üçüncü alternatifler en uygun iki kargo şirketi olarak tanımlanabilir. Seçimin yapılabilmesi için tüm sonuçlar firmanın yönetim kurulunun onayına sunulur.

## 7. SONUÇ

Günümüzde küreselleşmenin etkisiyle rekabet artmakta ve firmalar maliyetleri azaltmak ve çekirdek yeteneklere odaklanmak için dış kaynak kullanımına gitmektedirler. Genelde lojistik faaliyetlerde dış kaynak kullanımı olarak 3PL sağlayıcılardan yararlandığı görülmektedir. Bu sebeple, 3PL sağlayıcı seçimi hem firmalar hem de tedarik zinciri için stratejik bir karar verme problemi haline gelmektedir. Çalışmamızda, bulanık DEMATEL ile bulanık TOPSIS yöntemi birlikte kullanılarak 3PL sağlayıcı seçimi için bir ÇKKV yaklaşımı sunulmaktadır. Karar verme sürecinde karşılaşılan belirsizliği ifade etmek maksadıyla Zadeh'in sunduğu [23] bulanık küme teorisinden yararlanılmıştır. Önerilen yaklaşım, bir örnek olay olarak internet aracılığıyla yaptığı satışları artırmak isteyen bir firmanın ürünlerini müşterilere ulaştırmak maksadıyla iki kargo şirketini seçmek istemesi problemine uygulanmıştır. Gelecekte yapılacak çalışmalarda bu çalışmada önerilen yaklaşım diğer ÇKKV problemlerine uygulanabilir. Diğer yandan kriterlerin ağırlıklandırılması için bulanık DEMATEL ve ANP tekniklerinin birleşimi kullanılabilir; alternatiflerin değerlendirilmesi için ise TOPSIS yerine VIKOR, ELECTRE gibi diğer ÇKKV yöntemlerinden faydalanılabilir.

**REFERENCES / KAYNAKLAR**

- [1] Jharkharia S., Shankar R., “Selection of logistics service provider: An analytic network process (ANP) approach”, *Omega*, 35, 274 – 289, 2007.
- [2] Li F., Li L., Jin C., R.Wang, et al., “3PL supplier selection model based on fuzzy sets”, *Computers & Operations Research*, 39, 1879–1884, 2012.
- [3] Liou J.J.H., Wang H.S., Hsu C.C., Yin S.L., “A hybrid model for selection of an outsourcing provider”, *Applied Mathematical Modelling*, 35, 5121–5133, 2011.
- [4] Marasco A., “Third-party logistics: A literature review”, *International Journal of Production Economics*, 113, 127–147, 2008.
- [5] Kulak, O. and Kahraman, C., “Fuzzy Multi-Criterion Selection Among Transportation Companies Using Axiomatic Design and Analytic Hierarchy Process”, *Information Sciences*, 170, 191-210, 2005.
- [6] Bottani, E. ve Rizzi, A., “A Fuzzy TOPSIS Methodology to Support Outsourcing of Logistic Services”, *Supply Chain Management: An International Journal*, 11 (4), 294-308, 2006.
- [7] Işıklar G., Alptekin E., Büyüközkan G., “Application of a hybrid intelligent decision support model in logistics outsourcing”, *Computers & Operations Research*, 34, 3701–3714, 2007.
- [8] Büyüközkan G., Feyzioglu O., Nebol E., “Selection of the strategic alliance partner in logistics value chain”, *International Journal of Production Economics*, 113, 148–158, 2008.
- [9] Efindigil T., Önüt S., Kongar E., “A holistic approach for selecting a third-party reverse logistics provider in the presence of vagueness”, *Computers & Industrial Engineering*, 54, 269–287, 2008.
- [10] Kannan G., Pokharel S., Kumar P.S., “A hybrid approach using ISM and fuzzy TOPSIS for the selection of reverse logistics provider”, *Resources, Conservation and Recycling*, 54, 28–36, 2009.
- [11] Liu, H.-T., Wang W.-K., “An integrated fuzzy approach for provider evaluation and selection in third-party logistics”, *Expert Systems with Applications*, 36, 4387–4398, 2009.
- [12] Liou J.J.H., Chuang Y.-T., “Developing a hybrid multi-criteria model for selection of outsourcing providers”, *Expert Systems with Applications*, 37, 3755–3761, 2010.
- [13] Chen, C.-T., Pai P.-F., Hung W.-Z., “An Integrated Methodology using Linguistic PROMETHEE and Maximum Deviation Method for Third-party Logistics Supplier Selection”, *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 3, 4, 438-451, 2010.
- [14] Azadi M., Saen R.F., “A new chance-constrained data envelopment analysis for selecting third-party reverse logistics providers in the existence of dual-role factors”, *Expert Systems with Applications*, 38, 12231–12236, 2011.
- [15] Chen Y.M., Goan M.-J., Huang P.-N., “Selection process in logistics outsourcing – a view from third party logistics provider”, *Production Planning & Control*, 22, 3, 308–324, 2011.
- [16] Falsini D., Fondi F., Schiraldi M. M., “A logistics provider evaluation and selection methodology based on AHS, DEA and linear programming integration”, *International Journal of Production Research*, 50, 17, 4822–4829, 2012.
- [17] Wong J.-T., “DSS for 3PL provider selection in global supply chain: combining the multi-objective optimization model with experts’ opinions”, *Journal of Intelligent Manufacturing*, 23 (3), 599-614, 2012.



- [18] Senthil S., Srirangacharyulu B., Ramesh A., “A robust hybrid multi-criteria decision making methodology for contractor evaluation and selection in third-party reverse logistics”, *Expert Systems with Applications*, 41 (1), 50-58, 2014.
- [19] Zhang G., Shang J., Li W., “An information granulation entropy-based model for third-party logistics providers evaluation”, *International Journal of Production Research*, 50, 1, 177-190, 2012.
- [20] Hsu C.-C., Liou J.J.H., Chuang Y.-C., “Integrating DANP and modified grey relation theory for the selection of an outsourcing provider”, *Expert Systems with Applications*, 40, 2297-2304, 2013.
- [21] Maloni, M.J., Carter, C.R., “Opportunities for research in third-party logistics”, *Transportation Journal*, 45 (2), 23-38, 2006.
- [22] Özbek A. ve Eren T. “Üçüncü parti lojistik firma seçiminde kullanılan çok ölçütlü karar verme yöntemleri: literatür araştırması” *Sigma Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 31, 178-202, 2013.
- [23] Zadeh L.A., “Fuzzy sets”, *Information and Control*, 8, 338-353, 1965.
- [24] Wu W-W. ve Lee Y-T., “Developing global managers’ competencies using the fuzzy DEMATEL method”, *Expert Systems with Applications*, 32, 499-507, 2007.
- [25] Aksakal E. ve Dağdeviren M., “ANP ve DEMATEL yöntemleri ile personel seçimi problemine bütünlük bir yaklaşım”, *Gazi Uni. Journal of Eng. and Arc.*, 25 (4), 905-910, 2010.
- [26] Shieh, J., Wub, H-H. and Kuan-Kai Huang, “A DEMATEL method in identifying key success factors of hospital service quality”, *Knowledge-Based Systems*, 23, 277-282, 2010.
- [27] Liou J.J.H., Tzeng G-H., Chang H-C., “Airline safety measurement using a hybrid model”, *Journal of Air Transport Management*, 13 (4), 243-249, 2007.
- [28] Wu W-W., “Choosing knowledge management strategies by using a combined ANP and DEMATEL approach”, *Expert Systems with Applications*, 35 (3), 828-835, 2008.
- [29] Büyüközkan G., Öztürkcan D., “An integrated analytic approach for Six Sigma project selection”, *Expert Systems with Applications*, 37 (8), 5835-5847, 2010.
- [30] Liou J.J.H., Chuang Y-T., “Developing a hybrid multi-criteria model for selection of outsourcing providers”, *Expert Systems with Applications*, 37 (5), 3755-3761, 2010.
- [31] Hsu C-W., Kuo T-C., Chen S-H., Hu A.H., “Using DEMATEL to develop a carbon management model of supplier selection in green supply chain management”, *Journal of Cleaner Production*, 56, 164-172, 2013.
- [32] Lin R-J., “Using fuzzy DEMATEL to evaluate the green supply chain management practices”, *Journal of Cleaner Production*, 40, 32-39, 2013.
- [33] Wang T.-C., “The interactive trade decision-making research: An application case of novel hybrid MCDM model”, *Economic Modelling*, 29, 926-935, 2012.
- [34] Kuo M-S., “Optimal location selection for an international distribution center by using a new hybrid method”, *Expert Systems with Applications*, 38, 7208-7221, 2011.
- [35] Baykasoglu A., Kaplanoglu V., Durmusoglu Z.D.U., Sahin C., “Integrating fuzzy DEMATEL and fuzzy hierarchical TOPSIS methods for truck selection, *Expert Systems with Applications*, 40, 899-907, 2013.
- [36] Zhou Q., Huang W., Zhang Y., “Identifying critical success factors in emergency management using a fuzzy DEMATEL method”, *Safety Science*, 49, 243-252, 2011.
- [37] Choua Y-C., Sun C-C., Yen H-Y., “Evaluating the criteria for human resource for science and technology (HRST) based on an integrated fuzzy AHP and fuzzy DEMATEL approach”, *Applied Soft Computing*, 12, 64-71, 2012.
- [38] Organ A., “Bulanık Dematel Yöntemiyle Makine Seçimini Etkileyen Kriterlerin Değerlendirilmesi”, *Ç.Ü. Sosyal Bil. Ens. Dergisi*, 22 (1), 157-172, 2013.

- [39] Hwang C. L., Yoon K. P., “Multiple attribute decision making: Methods and applications”, New York: Springer-Verlag, 1981.
- [40] Ertuğrul İ., Karakaşoğlu N., “Performance evaluation of Turkish cement firms with fuzzy analytic hierarchy process and TOPSIS methods”, *Expert Systems with Applications*, 36, 1, 702-715, 2009.
- [41] 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, 2, 309-319, 2006.
- [42] Chu T. C., “Selecting plant location via a fuzzy TOPSIS approach”, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 20, 859–864, 2002.
- [43] Chu, T. C., Lin, Y. C., “A fuzzy TOPSIS method for robot selection”, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 21, 284–290, 2003.
- [44] Lai Y-J., Liu T-Y., Hwang C-L., “TOPSIS for MODM”, *European Journal of Operational Research*, 76, 3, 11, 486-500, 1994.
- [45] Wang, J., Liu, S. Y., Zhang, J., “An Extension of TOPSIS for Fuzzy MCDM based on vague set theory”, *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 14, 1, 73–84, 2005.
- [46] Chen C-T., “Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment”, *Fuzzy Sets and Systems*, 114, 1-9, 2000.
- [47] Kulak O., Durmuşoğlu M.B., Kahraman C., “Fuzzy multi-attribute equipment selection based on information axiom”, *Journal of Materials Processing Technology*, 169, 3, 337-345, 2005.
- [48] Kahraman C., Çevik S., Ates N.Y., Gülbay M., “Fuzzy multi-criteria evaluation of industrial robotic systems”, *Computers & Industrial Engineering*, 52, 4, 414-433, 2007.
- [49] Önüt S., Soner S., “Transshipment site selection using the AHS and TOPSIS approaches under fuzzy environment”, *Waste Management*, 28, 9, 1552-1559, 2008.
- [50] Yang T., Hung C-C., “Multiple-attribute decision making methods for plant layout design problem”, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 23, 1, 126-137, 2007.