



## **Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri İle Tedarikçi Seçimi; Bir Traktör Fabrikası Örneği**

### **Supplier Selection With Fuzzy Multi-Criteria Decision-Making Techniques: An Example Of Tractor Factory**

**Fatmanur Çelik <sup>1</sup>\***, Gültekin Çağıl <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, Serdivan, Adapazarı, TÜRKİYE

<sup>2</sup>Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, Serdivan, Adapazarı, TÜRKİYE

Sorumlu Yazar / Corresponding Author \*: fatmanrcllkk@gmail.com

Geliş Tarihi / Received: 31.08.2020

Kabul Tarihi / Accepted: 27.12.2020

Araştırma Makalesi/Research Article

DOI:10.21205/deufmd.2021236822

Atıf şekli/How to cite: ÇELİK F.,ÇAĞIL G. (2021). Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri İle Tedarikçi Seçimi; Bir Traktör Fabrikası Örneği. DEÜFMD 23(68), 607-619.

#### **Öz**

Günümüzde tedarik zinciri kavramı, iş dünyasında kalite, maliyet ve performans gibi unsurlarla stratejik rekabetin artması sonucu firmaların piyasadaki saygınlığını sağlayan unsurlardan biridir. Zincirin ilk adımı olan 'tedarikçi seçimi' için alınan kararların doğru olduğunu söyleyebilmek zordur. Çünkü birbirlerinden farklı amaçları gerçekleştiren alternatiflerden en uygun olan tedarikçiyi bulmak gereklidir. Bu çalışmada Türkiye' nin tarım araçları üretimini gerçekleştiren bir firmaya ait tedarikçi seçimi problemi ele alınmıştır. Literatürde Çok Kriterli Karar Verme yöntemleri; hesaplama zamanı, basitlik ve güvenilirlik açısından farklılık göstermektedir. Çalışmada kullanılan yöntemler güvenilirlik açısından iyi, orta ve zayıf düzeyde olacak şekilde seçilmiştir. Tedarikçi seçiminde kriterlere göre alternatifler arasında değerlendirmelerde kesin yargılara varılamayacağı için klasik mantık anlayışı yeterli gelmeyecektir. Bu yüzden bütün yöntemler bulanık olarak kullanılmıştır. İlk çözüm yolu olarak Bulanık AHP, ikinci çözüm yolu olarak bütünlük Bulanık DEMATEL- Bulanık TOPSIS ve son çözüm yolu olarak bütünlük Bulanık AHP- Bulanık MOORA olmak üzere 3 farklı şekilde problem ele alınmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çalışmanın amaçlarından birisi de yöntemlerin bütünlük kullanılmasından elde edilen sonuçların, yaygın olarak kullanılan yöntemlerdeki sonuçlardan farklı olabileceğini göstermektir. Bu nedenle çözüm yolları arasında bir üstünlük saptanması yoluna gidilmemiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Çok Kriterli Karar Verme, Tedarikçi seçimi, Bulanık AHP, Bulanık DEMATEL, Bulanık TOPSIS, Bulanık MOORA

#### **Abstract**

Nowadays, the concept of supply chain is one of the factors that ensure the reputation of companies in the market as a result of the increase in strategic competition in the business world with elements such as quality, cost and performance. It is difficult to say that the decisions taken for "supplier selection", which is the first step of the chain, are correct. Because it is necessary to find the most suitable supplier among the alternatives that fulfill different purposes. In this study, Turkey's agricultural vehicles are considered a company owned supplier selection problems that made the production. Multiple Criteria Decision Making Methods in the Literature; they differ in computing

time, simplicity and reliability. The methods used in the study were chosen to be good, moderate and poor in terms of reliability. Since definitive judgments cannot be reached in evaluating alternatives according to criteria in supplier selection, classical logic will not be sufficient. Therefore, all methods are used in a blurry way. The first solution is Fuzzy AHP, the second solution is the integrated Fuzzy DEMATEL-Fuzzy TOPSIS, and the last solution is the integrated Fuzzy AHP-Fuzzy MOORA, were discussed and the results were compared. One of the aims of the study is to show that the results obtained from the integrated use of methods may differ from the results of commonly used methods. For this reason, no superiority was found among the solutions.

**Keywords:** *Multiple Criteria Decision Making, Supplier Selection, Fuzzy AHP, Fuzzy DEMATEL, Fuzzy TOPSIS, Fuzzy MOORA*

## 1. Giriş

Tedarik zinciri kavramı, bir ürünün ilk kaynağından tüketicisine ulaşana kadar ki süreci kapsar. Bu süreç ürüne değer katan üretici, tedarikçi ve lojistik gibi tüm işlem adımlarının grubu olarak tanımlanır. Tedarik zinciri, ürün için gerekli olan bütün malzemelerin ve bilgilerin, tedarikçiler ve müşterileri arasındaki akışının doğru ve etkin bir şekilde sağlanması için gerekli görevlere tedarik zinciri yönetimi denir. Tedarikçi; satın alınacak malı / hizmeti temin eden kişi, kurum ya da kuruluş olarak ifade edilir. Doğru tedarikçiler ile çalışmak işletmenin maliyetlerinin azalmasını, müşteri memnuniyetinin artmasını ve rekabet yeteneğinin gelişmesini sağlayacaktır. Bu yüzden işletmeler tedarikçilerinden zamanında teslimat, kalite, fiyat uygunluğu, tekliflere cevap verebilme vb. gibi beklenilere sahiptir [1].

Tedarikçi seçimi alanındaki ilk çalışmalar Dickson tarafından 1966 yılında yapılmıştır. Dickson tedarikçilerin zayıf ve güçlü yönlerini dikkate alarak 23 kriterden oluşan bir liste hazırlamıştır ve böylelikle tedarikçi seçimi çalışmalarına yön göstermiştir. Bu listede kalite, teslimat ve fiyat tedarikçi değerlendirme de en önemli üç kriter olarak tanımlanmıştır [2].

Yapılan literatür incelemesine göre; Karakış'ın yapmış olduğu çalışmada [3] okul öncesi eğitiminin hizmet kalitesi değerlendirmesi ve anaokulu seçimi problemi ele alınmıştır. Problem BAHP ve MOORA yöntemleri ile incelenmiştir. Dikkate alınan kriterlerin önem dereceleri için Bulanık AHP yöntemi kullanılmıştır. Daha sonra Bulanık MOORA yöntemi ile hizmet kalitesi değerlendirilerek anaokulu seçimi yapılmıştır.

Önay ve Yıldırım'ın yapmış olduğu çalışmada [4] bulut teknolojisi üzerine hazırlanmış bir rapordan yola çıkarak beş firmanın sağladığı hizmetin, değerlendirmeye alınan kriterler için

Bulanık AHP yöntemi ile ağırlıkları belirlenip MOORA yöntemi ile firmaların sıralaması yapılmıştır.

Uygun, Dalkılıç ve Erkan'ın yapmış oldukları çalışmada [5] tedarikçi seçimi için belirlenen kriterlerin Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi kullanarak ağırlıkları hesaplanmıştır. Sonrasında tedarikçilerin genel performansını değerlendirmek ve sıralama yapmak için Bulanık MOORA uygulanmıştır.

Kiraz ve Gürsoy'un yapmış oldukları çalışmada [6] üretme-satin alma kararlarının verilmesindeki sebepler ve üretme-satin alma kararlarının verilmesindeki teknikler üzerinden otomotiv yedek parça sektöründe örnek bir üretme-satin alma karar problemi ele alınmıştır. Bulanık DEMATEL ve Bulanık TOPSIS yöntemleri ile bütünlük bir çözüm önerisi sunulmuştur.

Karaatlı, Ömürbek, Işık, Yılmaz'ın yapmış olduğu çalışmada [7] Türkiye Şeker Fabrikaları Anonim Şirketi adı altında toplanmış 23 şeker fabrikasının performans değerlendirmesi yapılmıştır. Belirlenen kriterlerin ağırlıkları DEMATEL yöntemi ile hesaplanmıştır. Bu ağırlıklar kullanılarak Bulanık TOPSIS yöntemi ile performans değerlendirmesi yapılmıştır.

Organ ve Kenger'in yapmış olduğu çalışmada [8] bir zincir markette işe alınacak personel için gerekli kriterlerin ağırlıkları Bulanık AHP yöntemi ile hesaplanmış, Bulanık MOORA yöntemi uygulanarak personel seçimi için alternatifler arasından tercih yapılmıştır.

Altunöz'ün yapmış olduğu çalışmada [9] Bulanık MOORA ve Bulanık AHP yöntemlerini bütünlendirerek Borsa İstanbul'da işlem gören 2007-2016 yılları arasındaki 12 bankanın finansal performansları değerlendirilmiştir.

Uygurtürk'ün yapmış olduğu çalışmada [10] bazı bankaların internet şubeleri belirlenen

kriterlere göre değerlendirilmiştir. Değerlendirmeye alınan bankaların internet şubeleri için Bulanık MOORA yöntemiyle hesaplanan değerler sıralanmış ve sonuçlar tartışılmıştır.

Tedarikçi seçiminde nitel ve nicel kriterler etkili olabilir. Kriterlerin birçok alt kriterleri olup ve kendi aralarında birbiri ile çelişebilir. Bu tarz problemleri çözmek için Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden faydalananır. Problemlerin çözüm aşamasındaki veriler, her zaman kesin yargılara ifade edilememektedir. Verilerdeki bu belirsizlikler, çözümde büyük bir eksikliği oluşturur ve klasik mantık anlayışının yeterli gelmemesine neden olur [11].

Bulanık kelimesi belirsiz, puslu, kesin olmayan gibi anınlara sahiptir. Bulanık mantık ise klasik mantıkta oluşan eksikliği ortadan kaldırır. Bulanık mantığın amacı belirsizliği gösteren, anlaşılması güç ve tanımlanması zor olan ifadelere belirlilik getirmektedir. Bu yüzden çalışmada bulanık mantıktan yararlanılmıştır [12].

Chakraborty' in yapmış olduğu çalışmada [13] Çok Kriterli Karar Verme yöntemleri basitlik, hesaplama zamanı ve güvenilirlik gibi konularda farklılık göstermektedir. Chakraborty' in çalışması öncülüğünde çalışmada kullanılan yöntemler güvenilirlik açısından iyi, orta ve zayıf düzeyde olacak şekilde seçilmiştir. Tedarikçi seçiminde kriterlere göre alternatifler arasında değerlendirmelerde kesin yargılara varılamayacağı için klasik mantık anlayışı yeterli gelmeyecektir [14]. Bu yüzden bütün yöntemler bulanık olarak kullanılmıştır. Bulanık AHP, bütünlük Bulanık DEMATEL- Bulanık TOPSIS ve bütünlük Bulanık AHP- Bulanık MOORA olmak üzere 3 farklı şekilde çözüm yolu sunulup sonuçlar karşılaştırılmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

Tedarik zincirinde, birbirinden farklı yetkinliklere ve niteliklere sahip tedarikçiler arasında doğru tedarikçi seçmek için birçok ve genelde çelişen kriterleri göz önünde bulundurmak gereklidir. Bu sebeple tedarikçi seçimi, Çok Kriterli Karar Verme problemlerindendir [15].

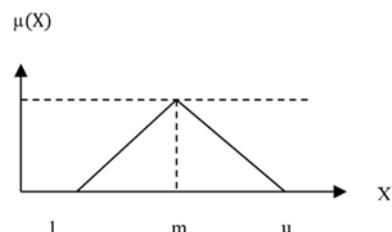
Literatürde görüldüğü gibi tedarikçi seçim problemleri ile alakalı çok fazla çalışma bulunmaktadır ve çeşitli Çok Kriterli Karar Verme yöntemleri bu çalışmalarında

uullanılmıştır. Yöntemlerden kaynaklanabilecek eksiklikleri ve hataları gidermek için iki ya da daha fazla yöntemin bütünlük olarak birlikte kullanılarak bir sonuca varılması yeni bir eğilimdir [1].

### 2.1. Bulanık Mantık

Bulanık mantık 1965 yılında Lotfi A. Zadeh tarafından yazılan 'Bulanık Kümeler' isimli makalenin [16] yaylanmasıyla ortaya çıkmıştır. Bulanık mantık, insanın düşünme becerisi baz alınarak geliştirilen ve bulanık küme teorisine dayanan bir sistemdir. Bu sistemde dilsel değişkenler ve mantıksal ifadeler arasında bağlantılar mevcuttur. Bulanık mantıkta "doğruyanlış", "evet-hayır" gibi kavramlar yoktur. Bunun yerine "çok yüksek, yüksek, orta, az, çok az" gibi değerler kullanılarak dereceli veri modellemesi yapılmaktadır. Buna günlük hayattan verilebilecek örneklerden biri havanın sıcak veya soğuk olmasını "bugün hava biraz soğuk, bugün hava çok sıcak, bugün hava çok soğuk" gibi sözcüklerle anlatılmıştır. Bulanık mantıkta amaç günlük hayatı kullanılan sözcükleri matematiksel ifadelere çevirmektir. Klasik küme bakımından kümeyin elemanın üyelik derecesi, elemanı var olduğunda "1" değerini alırken kümeyin elemanı var olmadığında "0" değerini almaktadır. Bulanık küme ise klasik küme gösteriminin genişletilmiş halidir. Bulanık kümede elemanın üyelik derecesi, (0-1) arasında herhangi bir değer olabilir [6].

Bulanık sayılarında birçok çeşit mevcuttur ama teoride ve uygulamalarda en yaygın ve en fazla kullanılan çeşidi üçgen bulanık sayılarıdır. Üçgen bulanık da bir sayı ( $l, m, u$ ) şeklinde gösterilir. " $l$ " mümkün olan en küçük değeri, " $m$ " en çok beklenen değeri ve " $u$ " değeri de mümkün olan en büyük değeri ifade eder [12].



**Şekil 1. Üçgen Bulanık Sayı [6]**

## 2.2. Bulanık AHP

Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinden biri olan Analitik Hiyerarşî Prosesi (AHP), çok nitelikli ve çok taraflı problemlerin çözümünü hiyerarşik yapı kurarak kolaylaştırmaktadır. Klasik AHP yöntemi tedarikçi seçim problemlerde ortaya çıkan belirsizliklere doğru cevapları veremeyebilir. Bu yüzden belirsizliklerin oluşacağı bu tip problemlerde Bulanık AHP uygulanması önerilir. Bulanık AHP'de kesin değerler yerine belirli aralıklardaki değerler ile çalışıldığından dolayı karar vericiler için oldukça etkili yöntemlerden biridir [17].

Çeşitli Çok Kriterli Karar Verme problemlerini çözmek için Liou ve Wang'ın Yöntemi, Chang'ın Genişletilmiş Analiz Yöntemi, Abdel-Kader ve Yöntemi gibi Bulanık AHP yöntemi kullanılmaktadır [18].

Bu çalışmada Chang'ın Genişletilmiş Analiz Yöntemi kullanılmıştır. Bu metot diğer BAHP yöntemlerine göre işlem adımları daha kolay, daha az hesaplama gerektirmektedir, bu da daha az zaman demektir. Klasik AHP'de ortaya çıkan eksiklikler bu yöntem tarafından kapatılır. Genişletilmiş Analiz Yönteminde ikili karşılaşıştırılmalar üçgen bulanık sayılarla temsil edilmektedir [18]. Karar verici olan uzmanların yargıları için geometrik ortalama yöntemi kullanılmıştır.

**Tablo 1.** Chang'ın kullanmış olduğu bulanık skala [19]

| Dilsel İfade                     | Bulanık Karşıtlıklar |   |     | Eşlenikler |     |     |
|----------------------------------|----------------------|---|-----|------------|-----|-----|
|                                  | l                    | m | u   | l          | m   | u   |
| Eşit Derecede Önemli (0)         | 1                    | 1 | 1   | 1          | 1   | 1   |
| Biraz Daha Fazla Önemli (1)      | 2/3                  | 1 | 3/2 | 2/3        | 1   | 3/2 |
| Kuvvetli Derecede Önemli (2)     | 3/2                  | 2 | 5/2 | 2/5        | 1/2 | 2/3 |
| Çok Kuvvetli Derecede Önemli (3) | 5/2                  | 3 | 7/2 | 2/7        | 1/3 | 2/5 |
| Tamamıyla Önemli (4)             | 7/2                  | 4 | 9/2 | 2/9        | 1/4 | 2/7 |

Tablo 1'de çalışmada kullanılan bulanık skalalardan biri verilmiştir. Bu skalanın seçilmesinin nedeni Bulanık AHP yöntemiyle yaygın olarak kullanılmasıdır.

$X = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$  kriter kümesini  $u = u_1, u_2, u_3, \dots, u_n$  amaç kümesini temsil etmektedir. Bu yöntemde amaçlar için mertebe analizi uygulaması gerçekleştirilir. Kriterlere göre amaçlar için yapay değerler hesaplanır. Böylece her bir kriter için  $m$  tane kriter sayısı kadar yapay değer elde edilir. Bu değerler Denklem 1'de gösterilmektedir.

$$M_{gi}^{-1}, M_{gi}^{-2}, \dots, M_{gi}^m = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

Burada belirtilen  $M_{gi}^j$  ( $j = 1, 2, \dots, m$ ) tüm parametreleri  $l, m$  ve  $u$  olan üçgen bulanık sayılardır. Bulanık AHP işlem adımları aşağıda verilmiştir [3, 20].

**1.Adım:** Bulanık sentetik genişletmesi değeri için hesap yapılır. Bunun için Denklem 2 kullanılır.

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \times \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} \quad (2)$$

$\left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1}$  değerini bulmak için ikili karşılaşıştırma matrisindeki  $m$  tane genişletme analizi değerlerine bulanık toplam işlemi yapılır daha sonra tersi uygulanır.

$$\left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} = \left( \frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right) \quad (3)$$

**2.Adım:** Elde edilen bulanık değerler karşılaştırılarak ağırlıklar elde edilir.

$M_2 = (l_2, m_2, u_2)$  ve  $M_1 = (l_1, m_1, u_1)$  üçgen bulanık sayılardır ve olabilirlik dereceleri Denklem 4'deki gibi hesaplanır.

$$V(M_2 \geq M_1) = \sup_{y \geq x} [\min \mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y)] \quad (4)$$

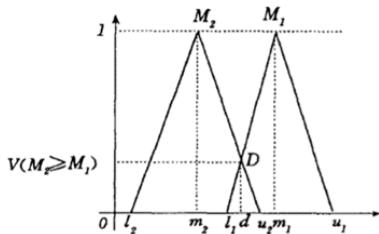
Olasılık derecelerinin karşılaştırılmasında aşağıdaki Denklem 5'ten yararlanılır.

$$V(M_2 \geq M_1) = hgt(M_1 \cap M_2) \quad (5)$$

$$= \mu_{M_2}(d) \begin{cases} 1 & \text{eğer } m_2 \geq m_1 \\ 0 & \text{eğer } l_1 \geq l_2 \\ \frac{(l_1 - u_2)}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} & \text{diğer} \end{cases}$$

$M_1$  ve  $M_2'$  yi karşılaştırabilmek için  $V(M_2 \geq M_1)$  ve  $V(M_1 \geq M_2)$  değerlerinin her ikisinin de bilinmesi gereklidir.

$V(M_2 \geq M_1)$ ' i d,  $\mu_{M_1}$  ve  $\mu_{M_2}$  arasındaki en yüksek kesişim noktası D' nin koordinatını ifade eder ve bu nokta Şekil 2' de gösterilmektedir.



Şekil 2.  $M_1$  ve  $M_2$  değerlerinin kesişimi [19].

**3.Adım:** Bir konveks bulanık sayının k adet konveks bulanık sayıdan  $M_i$  ( $i = 1, 2, \dots, k$ ) daha büyük olma derecesi hesaplanır.

$$\begin{aligned} V(M \geq M_1, M_2 \dots M_k) &= V[(M \geq M_1), \dots (M \geq M_k)] \\ &= \min V(M \geq M_i) \quad i = 1, 2, \dots, m \end{aligned} \quad (6)$$

$k = 1, 2, \dots, n$ ;  $k \neq j$  için  $d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k)$  olmak üzere ağırlık vektörü şu şekilde olur:

$$W' = (d'(A_1), \dots, d'(A_n))^T \quad (7)$$

Bulunan ağırlık vektörünün normalize edilmiş şekli Denklem 8' deki gibi ifade edilmektedir ve bulunan ağırlık vektörü bulanık bir sayı değildir.

$$W = (d(d(A_1), \dots, d(A_n))^T \quad (8)$$

### 2.3. Bulanık DEMATEL

DEMATEL yöntemi 1972 ve 1976 seneleri arasında Cenevre Battelle Memorial Enstitüsü tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntemde problem kümesindeki karmaşık yapı şeklinde verilen faktörler etkileyen ve etkilenen olarak belirlenir. Etkileyen ve etkilenen faktörler arasındaki karşılıklı etki (ilişki) neden sonuç diyagramı ile görselleştirip anlamlı sonuçlar çıkarmak hedeflenir. Ama faktörler arasındaki etkinin

derecesini belirlemek zordur. Bunun sebebi etkinin nicel şekilde ifade edilmesinin kolay olmamasıdır. Bu sebeple Wu ve Lin, DEMATEL yöntemini bulanık ortamda çözmüşlerdir [8, 21].

**1.Adım:** Kriterlerin belirlenmesi ve bulanık değerlendirme skalarının oluşturulması

Bu adımada uzman görüşleri ile karar verme probleminde etkisi olan tüm kriterler belirlenir. Daha sonra belirlenen bu kriterler arasında bir kriterin diğer kriterle ne derecede etkisi olduğu ile ilgili ikili karşılaştırmalar yapılır ve bu karşılaştırmalar dilsel değişkenlerle ifade edilir. Sonrasında bu dilsel ifadeler bulanık sayı karşılıklarıyla matematiksel değerlere dönüştürülür. Tablo 2' de verilen bulanık sayılar Chang' in yapmış olduğu çalışmasından [22] alınmıştır.

**Tablo 2.** Bulanık DEMATEL için kullanılan bulanık skala [25]

| Dilsel ifade     | Sayısal Karşılıklar | Bulanık Karşılıklar |      |      |
|------------------|---------------------|---------------------|------|------|
|                  |                     | l                   | m    | u    |
| Etki yok         | 0                   | 0                   | 0    | 0,25 |
| Az Etkili        | 1                   | 0                   | 0,25 | 0,5  |
| Normal Etkili    | 2                   | 0,25                | 0,5  | 0,75 |
| Çok Etkili       | 3                   | 0,5                 | 0,75 | 1    |
| Çok Fazla Etkili | 4                   | 0,75                | 1    | 1    |

Tablo 2' de çalışmada kullanılan bulanık skalarlardan biri verilmiştir. Bu skaların seçilmesinin nedeni Bulanık DEMATEL yöntemiyle yaygın olarak kullanılmasıdır.

**2.Adım:** Bulanık direkt ilişki matrisinin oluşturulması

$C = \{C_{ij} | i = 1, 2, \dots, n\}$  kriterler arasındaki ilişkilerin belirlenmesi için p tane uzman karar vericiden oluşan bir grup yukarıda verilen dilsel değişkenlerin karşılığı olan sayısal karşılıklarla kriterler arasındaki etkileşimi görmek için ikili karşılaştırmalar yaparlar. Bu şekilde p tane  $\tilde{z}_1, \tilde{z}_2, \dots, \tilde{z}_p$  bulanık matris oluşturulur.

Buna göre elemanları i. kriterin j. kriteri etkileme derecesini gösteren k uzmanına ait

$\tilde{z}_{ij}^k = (l_{ij}^k, m_{ij}^k, u_{ij}^k)$  üçgen bulanık sayılarından oluşan direkt ilişki matrisi Denklem 9' da gösterildiği gibi olacaktır.

$$\tilde{Z}_k = \begin{bmatrix} 0 & \cdots & \tilde{z}_{1n}^k \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{z}_{n1}^k & \cdots & 0 \end{bmatrix}, k = 1, \dots, p; i = 1, \dots, n \quad (9)$$

**3.Adım:** Normalize bulanık direkt ilişki matrisinin oluşturulması

Burada direkt ilişki matrisindeki "u" sütunları toplanır ve onların maksimum değeri belirlenir. Bulanık direkt ilişki matrisindeki tüm sayılar bu değere bölünür ve bu sayede normalleştirme işlemi yapılmış olur. Denklem 10 ve 11' de gösterilmiştir.

$$\tilde{z}_{ij}^k = \frac{\tilde{z}_{ij}^k}{r^k} = \left( \frac{l_{ij}^k}{r^k}, \frac{m_{ij}^k}{r^k}, \frac{u_{ij}^k}{r^k} \right) \quad (10)$$

$$r^k = \max_{1 < i < n} \left( \sum_{j=1}^n \tilde{u}_{ij}^k \right) \quad (11)$$

Denklem 12' de gösterildiği gibi normalize bulanık direkt ilişki matrisi oluşturulur.

$$\tilde{X} = \begin{bmatrix} \tilde{X}_{11} & \tilde{X}_{12} & \cdots & \tilde{X}_{1n} \\ \tilde{X}_{21} & \tilde{X}_{22} & \cdots & \tilde{X}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{X}_{n1} & \tilde{X}_{n2} & \cdots & \tilde{X}_{nn} \end{bmatrix} \quad (12)$$

**4.Adım:** Toplam bulanık direkt ilişki matrisinin oluşturulması

Normalize bulanık direkt ilişki matrisinin üzerine Denklem 13 uygulanarak toplam direkt ilişki matrisi oluşturulur.

$$\begin{aligned} \tilde{T} &= \tilde{X}_1 + \tilde{X}_2 + \tilde{X}_3 + \dots = \sum_{i=1}^{\infty} \tilde{X}_i \\ &= \tilde{X} \left( I - \tilde{X} \right)^{-1} \end{aligned} \quad (13)$$

Üçgensel sayılardan oluşmuş olan normalize bulanık direkt ilişki matrisine Denklem 13' ü uygulamak zor olduğu için l, m, u sayılarının her birinden ayrı birer matris oluşturulur. Üç matris için de aynı işlem adımları uygulanır. Normalize edilen matris önce birim matristen çıkarılır,

sonrasında ortaya çıkan matrisin tersi alınır, en son işlem olarak da matrisin ilk haliyle çarpılır. Bu işlem üç matris için de uygulandıktan sonra üç matris de birleştirilir ve toplam ilişki matrisi Denklem 14' deki gibi olur.

$$\tilde{T} = \begin{bmatrix} \tilde{T}_{11} & \tilde{T}_{12} & \cdots & \tilde{T}_{1n} \\ \tilde{T}_{21} & \tilde{T}_{22} & \cdots & \tilde{T}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{T}_{n1} & \tilde{T}_{n2} & \cdots & \tilde{T}_{nn} \end{bmatrix} \quad (14)$$

**5.Adım:** Neden sonuç ilişkilerinin belirlenmesi  
Toplam ilişki matrisi oluşturulduktan sonra bu matrisin sütun elemanları toplamı  $\tilde{D}_i$  ve satır elemanları toplamı olan  $\tilde{R}_i$  değerleri bulunur. Bu değerlerin toplanmasıyla  $\tilde{D}_i + \tilde{R}_i$  ve  $\tilde{D}_i - \tilde{R}_i$  değerleri ortaya çıkar. Bu değerler hala üçgen bulanık sayılardan oluşmakta olduğu için bu değerlere Denklem 15 ve Denklem 16 uygulanarak durulastırma işlemi yapılır.

$$\tilde{D}_i \text{def} + \tilde{R}_i \text{def} = \frac{1}{4} (x_{ij,l} + 2x_{ij,m} + x_{ij,u}) \quad (15)$$

$$\tilde{D}_i \text{def} - \tilde{R}_i \text{def} = \frac{1}{4} (x_{ij,l} + 2x_{ij,m} + x_{ij,u}) \quad (16)$$

$\tilde{D}_i \text{def} + \tilde{R}_i \text{def}$  değeri bir kriterin diğer kriterlere toplam etkisini ve diğer kriterler içindeki önemini gösterirken,  $\tilde{D}_i \text{def} - \tilde{R}_i \text{def}$  değeri ise kriterlerin alıcı ya da gönderici olarak gruplara ayrılmasını sağlar. Bu değer pozitifse kriter gönderici grubunda olup diğer kriterler üzerindeki etkisi yüksek, negatifse kriter alıcı grupta yer almaktır olup diğer kriterler üzerindeki etkisi düşük olduğu ortaya çıkar. Bu değerler yardımıyla neden sonuç ilişki diyagramı çizilebilir.

**6.Adım:** Ağırlıkların hesaplanması

Denklem 17' ye göre kriter ağırlıkları hesaplanır.

$$w_i = \{(\tilde{D}_i \text{def} + \tilde{R}_i \text{def})^2 + (\tilde{D}_i \text{def} - \tilde{R}_i \text{def})^2\}^{1/2}, W_i = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (17)$$

## 2.4. Bulanık TOPSIS

TOPSIS yöntemi Yoon ve Hwang tarafından geliştirilen Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinden biridir ve karar noktalarının pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözüm noktasına olan yakınlıklarına göre karar verilmesine dayanır [23].

Bulanık TOPSIS, belirsizliğin hakim olduğu ortamlarda karar süreçlerinde uygulanması için geliştirilen bir yaklaşımdır. Chen [24] tarafından önerilen bu yöntem, kesinliğin sağlanmadığı ve çoklu karar vericilerin olduğu problemlerde oldukça kullanışlıdır. Bulanık TOPSIS yönteminde problemin içeriğindeki belirsizliğin ortadan kaldırılıp gerçeğin yansıtılabilmesi için dilsel ifadeler kullanılmaktadır. Karar vericiler ile belirlenen kriterler ve alternatifler değerlendirilirken karar vericilerin düşünceleri sözel kelimeyle ifade edilir ve bu sözel terimler daha sonra üçgen ya da yamuk bulanık değerlere dönüştürülürler. Her alternatifin yakınlık katsayıları hesaplanarak sıralanır [25].

Bulanık TOPSIS yönteminin uygulanması için sırasıyla aşağıdaki adımlar izlenir [24].

**1.Adım:** Karar vericilerin ve alternatiflerin seçimi

Kararının verilmesinde yetkisi olan konuda uzman kişilerin dahil olduğu karar verici grubu oluşturulur ve alternatifler belirlenir.

**2.Adım:** Kriter ve alternatiflerin dilsel değişkenler ile değerlendirilmesi

Uzman kişilerle belirlenen kriterlere göre alternatifler dilsel değişkenler ile değerlendirilirler.

**3.Adım:** Değerlendirmelerin bulanık sayılarla dönüştürülmesi

2.adımda yapılan değerlendirmelerdeki dilsel değişkenler belirlenen bulanık skala ile bulanık sayılar dönüştürülür. Bulanık sayılar yine Chang'ın yapmış olduğu çalışmasından [22] alınmıştır.

**4.Adım:** Bulanık karar matrisinin oluşturulması

Bu aşamada karar verici grubunun her birinin verdiği kararların bulanık sayılarla dönüştürülmesi sonucu, bu sayıların ortalaması ile bulanık karar matrisi oluşturulur. Karar vericiler ( $k$  tane),  $C = \{C_i | i = 1, 2, \dots, n\}$  şeklinde tanımlanmış kriterleri dikkate alarak  $A_1, A_2, \dots, A_m$  alternatif çözümleri arasından

değerlendirmelerini yapar.  $\tilde{D}$  bulanık karar matrisi Denklem 19'daki gibi olup Denklem 18'de gösterildiği gibi  $x_{ij}$  elemanlarından oluşur ve bu elemanlar da  $C = \{C_i | i = 1, 2, \dots, n\}$  kriterlerine göre  $A_i (i = 1, 2, \dots, m)$  alternatiflerinin performansını gösterir. W ise  $C_i (i = 1, 2, \dots, n)$  kriterlerinin önem ağırlıklarını temsil eden  $w_i$  elemanlarının oluşturduğu karar kriterlerinin matrisidir ve Denklem 20'de gösterilmiştir.

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{k} (\tilde{x}_{ij}^1 + \tilde{x}_{ij}^2 + \tilde{x}_{ij}^3 + \dots + \tilde{x}_{ij}^k) \quad (18)$$

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} \tilde{D}_{11} & \tilde{D}_{12} & \dots & \tilde{D}_{1n} \\ \tilde{D}_{21} & \tilde{D}_{22} & \dots & \tilde{D}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{D}_{m1} & \tilde{D}_{m2} & \dots & \tilde{D}_{mn} \end{bmatrix} \quad (19)$$

$$W = [\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \dots, \tilde{w}_n] \quad (20)$$

**5.Adım:** Normalize edilmiş bulanık karar matrisinin oluşturulması

4.adımda oluşturulmuş olan bulanık karar matrisi Denklem 21 ve Denklem 22 kullanılarak normalize edilir. Burada  $\tilde{r}_{ij}$  normalize edilmiş bulanık karar matrisinin elemanlarını gösterir.

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

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

Kriterler fayda ve maliyet olarak ikiye ayrılabilir. Denklem 21'de yer alan B faydayı, Denklem 22'de yer alan C ise maliyeti ifade etmektedir. Denklem 23'te gösterilen normalize edilmiş bulanık karar matrisi de  $\tilde{R}$  ile ifade edilmektedir.

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

**6.Adım:** Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisinin oluşturulması

Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi  $\tilde{V}_{ij}$  elemanlarından oluşan  $\tilde{V}$  matrisidir. Denklem 24' te bu matris gösterilmiştir.

$$\begin{aligned}\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}] &= r_{ij} \times w_j, \\ i &= 1, 2, \dots, m, j \\ &= 1, 2, \dots, n\end{aligned}\quad (24)$$

**7.Adım:** Bulanık pozitif ve negatif ideal çözümlerin belirlenmesi

$A^*$  =Bulanık pozitif ideal çözümü ifade eder, Denklem 25' e göre hesaplanır.

$A^-$  =Bulanık negatif ideal çözümü ifade eder, Denklem 26' ya göre hesaplanır.

$$A^* = (\tilde{v}_1^*, \tilde{v}_2^*, \dots, \tilde{v}_n^*) \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (25)$$

$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-) \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (26)$$

**8.Adım:** Yakınlık katsayılarının hesaplanması

Her bir çözüm alternatifinin bulanık pozitif ideal çözümünden ve bulanık negatif ideal çözümünden uzaklıklarını Denklem 27 ve Denklem 28 ile hesaplanır.  $d_i^*$  bulanık pozitif ideal çözümünden olan uzaklığı,  $d_i^-$  ise bulanık negatif ideal çözümünden olan uzaklığını ifade eder.

$$d_i^* = \sum_{j=1}^n d(v_{ij}, v_j^*), \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (27)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d(v_{ij}, v_j^-), \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (28)$$

$d(\dots)$  iki bulanık sayı arasındaki uzaklığını ifade eder ve Vertex yöntemine göre hesaplanır. Bu yöntem  $\tilde{m} = (m_1, m_2, m_3)$ ,  $\tilde{n} = (n_1, n_2, n_3)$  gibi iki üçgen bulanık sayı arasındaki uzaklık Denklem 29' da görüldüğü gibi hesaplanır.

$$d(\tilde{m}, \tilde{n}) = \sqrt{\frac{1}{3} [(m_1 - n_1)^2 + (m_2 - n_2)^2 + (m_3 - n_3)^2]} \quad (29)$$

**9.Adım:** Yakınlık katsayılarının alternatifler için bulunması

Tüm alternatifler için yakınlık katsayıları Denklem 30' daki gibi hesaplanır.

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-}, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (30)$$

#### 10.Adım: Alternatiflerin sıralanması

Her bir alternatif için hesaplanan yakınlık katsayılarına göre en büyük değerden en küçük değere doğru sıralama yapılır. En büyük yakınlık katsayısına sahip alternatif çözüm olarak seçilir. Yakınlık katsayısı yüksek ise alternatif bulanık pozitif ideal çözüme daha yakın, bulanık negatif ideal çözüme de daha uzaktır.

#### 2.5. Bulanık MOORA

Oransal analize dayalı Çok Amaçlı Optimizasyon yöntemi olan MOORA, çeşitli karar problemlerinde uygulanmakta ve alternatif çözümler sunmaktadır. Bu yöntem diğer Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerine göre daha yeni olmasına rağmen literatürdeki çalışmalarla fazlaca yer almıştır. [26].

Chakraborty' in 2011 yılında yapmış olduğu çalışma [13] incelendiğinde MOORA yöntemi bazı Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinden güvenilirlik, basitlik, hesaplama zamanı ve matematiksel işlem gibi konularda farklılık göstermiştir. Örneğin MOORA yönteminin diğer Çok Kriterli Karar Verme yöntemleri olan AHP, TOPSIS, ELECTRE, VIKOR ve PROMETHEE' e göre hesaplama zamanı oldukça azdır. Ayrıca MOORA yönteminin güvenilirliği diğer yöntemlere göre yüksek olup veri inceleme için karar vericiye kolaylıklar sağlamaktadır. Çok Kriterli Karar Verme yöntemleri arasındaki farklılıklar Tablo 3' te gösterilmiştir [27].

**Tablo 3.** MOORA Yönteminin Diğer ÇKKV Yöntemleri ile Karşılaştırılması [13]

| ÇKKV Yöntemi | Hesaplama Zamanı | Basitlik   | Matematiksel İşlemler | Güvenilirlik |
|--------------|------------------|------------|-----------------------|--------------|
| MOORA        | Çok düşük        | Çok basit  | Minimum               | İyi          |
| AHP          | Çok yüksek       | Çok kritik | Maksimum              | Zayıf        |
| TOPSIS       | Orta             | Normal     | Makul                 | Orta         |
| VIKOR        | Düşük            | Basit      | Makul                 | Orta         |
| ELECTRE      | Yüksek           | Normal     | Makul                 | Orta         |
| PROMETHEE    | Yüksek           | Normal     | Makul                 | Orta         |

Bulanık küme teorisinin MOORA yöntemiyle birlikte kullanılmasıyla oluşan Bulanık MOORA

yönteminin uygulama adımları aşağıda gösterilmektedir [16].

**1.Adım:** Bulanık karar matrisinin hazırlanması.

Matriste  $X_{lij}$ ,  $X_{mij}$ ,  $X_{nij}$  değerleri j. ölçüt açısından i. alternatif için bulanık karar matrisi hazırlanır.

**2.Adım:** Normalize bulanık karar matrisinin oluşturulması için Denklem 31, Denklem 32 ve Denklem 33 kullanılır.

$$r_{ij}^l = \frac{x_{ij}^l}{\sqrt{\sum_{i=1}^m [(x_{ij}^l)^2 + (x_{ij}^m)^2 + (x_{ij}^n)^2]}} \quad (31)$$

$$r_{ij}^m = \frac{x_{ij}^m}{\sqrt{\sum_{i=1}^m [(x_{ij}^l)^2 + (x_{ij}^m)^2 + (x_{ij}^n)^2]}} \quad (32)$$

$$r_{ij}^n = \frac{x_{ij}^n}{\sqrt{\sum_{i=1}^m [(x_{ij}^l)^2 + (x_{ij}^m)^2 + (x_{ij}^n)^2]}} \quad (33)$$

**3.Adım:** Ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi oluşturmak için Denklem 34, Denklem 35 ve Denklem 36 kullanılır.

$$V_{ij}^l = w_j r_{ij}^l \quad (34)$$

$$V_{ij}^m = w_j r_{ij}^m \quad (35)$$

$$V_{ij}^n = w_j r_{ij}^n \quad (36)$$

**4.Adım:** Fayda ve maliyet ölçütleri açısından her bir alternatifin sıralamaları hesaplanır. Fayda ölçütleri için Denklem 37, Denklem 38 ve Denklem 39 kullanılmaktadır.

$$S_i^{+l} = \sum_{j=1}^m v_{ij}^l, \quad J \in J^{maksimum} \quad (37)$$

$$S_i^{+m} = \sum_{j=1}^m v_{ij}^m, \quad J \in J^{maksimum} \quad (38)$$

$$S_i^{+n} = \sum_{j=1}^m v_{ij}^n, \quad J \in J^{maksimum} \quad (39)$$

Maliyet ölçütı için ise Denklem 40, Denklem 41 ve Denklem 42 kullanılmaktadır.

$$S_i^{-l} = \sum_{j=1}^m v_{ij}^l, \quad J \in J^{minimum} \quad (40)$$

$$S_i^{-m} = \sum_{j=1}^m v_{ij}^m, \quad J \in J^{minimum} \quad (41)$$

$$S_i^{-n} = \sum_{j=1}^m v_{ij}^n, \quad J \in J^{minimum} \quad (42)$$

**5.Adım:** Her bir alternatif için  $S_i$  indeks değeri belirlenir. Bu indeks değerini belirleme aşamasında durulaştırma işlemi için Vertex yöntemi kullanılır.

$$S_i = \sqrt{\frac{1}{3}[(S_i^{+l} - S_i^{-l})^2 + (S_i^{+m} - S_i^{-m})^2 + (S_i^{+n} - S_i^{-n})^2]} \quad (43)$$

**6.Adım:** Çıkan sonuçlar performans indeks değerine göre büyükten küçüğe doğru sıralanır ve en yüksek değer en iyi seçenek olarak değerlendirilir.

### 3. Bulgular

Çalışmada Türkiye' de tarım araçları üretimi gerçekleştiren bir fabrikada üretilen traktörlerde kullanılmakta olan yan çeki kolu komplesi için en uygun alternatif tedarikçi seçimi yapılmıştır. Şekil 2' de yan çeki kolu komplesi örneği verilmiştir.



**Şekil 2.** Tedarikçi seçimi için ele alınan yan çeki kolu komplesi [28]

Tedarikçi seçimi için kullanılan kriterler, problemin ele alındığı tarım üretimi yapan firmanın misyonuna ve vizyonuna göre ilgili uzmanlar tarafından belirlenmiştir. Belirlenen kriterler "ana kriterler" ve "alt kriterler" olmak üzere 2 başlık altında işleme alınmıştır. Sonrasında ise yapılacak tedarikçi seçimi için alternatif tedarikçiler firmanın satınalma ekibiyle değerlendirilmiştir.

İlk çözüm yolu için Bulanık AHP adımları takip edilmiştir. Bulanık skala ile önce ana kriterler, sonrasında alt kriterler uzmanlar tarafından değerlendirilmiştir. Tablo 4'te kriterlerin Bulanık AHP ile bulunan ağırlıkları verilmiştir.

**Tablo 4.** Kriterlerin Bulanık AHP' ye göre ağırlıkları

|                   | ANA KRİTER | ANA KRİTER ÖNEM DERECESİ                    | ALT KRİTER | ALT KRİTER ÖNEM DERECESİ |
|-------------------|------------|---|------------|--------------------------|
| FİYAT             | 0,1717399  | Bütçeye Uygunluk                            | 0,361867   |                          |
|                   |            | Fiyat Güvenliği                             | 0,2484842  |                          |
|                   |            | Opsiyon Süresi                              | 0,3258979  |                          |
|                   |            | Ürün Kalitesi                               | 0,2342188  |                          |
| KALİTE            | 0,1717399  | Üretim Kalitesi                             | 0,19827    |                          |
|                   |            | Hatasız Ürün Miktarı                        | 0,1942751  |                          |
|                   |            | Kalite Geliştirme Araçlarını Kullanma       | 0,174966   |                          |
|                   |            | Teslimat Hızı                               | 0,5        |                          |
| TESLİMAT          | 0,1180319  | Teslimat Kalitesi                           | 0,5        |                          |
|                   |            | Zamanında Teslimat Esneklik                 | 0          |                          |
|                   |            | Teknik Problem Çözme                        | 0,25       |                          |
|                   |            | Yeterliliği                                 |            |                          |
| TEKNİK YETERLİLİK | 0,1401522  | Tedarikçinin Üretebileceği Ürün Çeşitliliği | 0,25       |                          |
|                   |            | Teknik İlgücü                               | 0,25       |                          |

|               |           |  |  |
|---------------|-----------|--|--|
| ESNEKLİK      | 0,1401522 | ARGE Alt yapısı Ürün Miktarındaki Değişimine Cevap Verebilmeye Ürün Çeşitlilikindeki Değişimine Cevap Verebilmeye Tasarımındaki Değişimine Cevap Verebilmeye Teknolojiyi Kullanma İstenilen Teknolojiye Sahiplik Yenilik | 0,25<br>0,6664323<br>0<br>0,3335677<br>0,4506958<br>0,3237186<br>0,2255856 |
| COĞRAFI KONUM | 0,1180319 | Coğrafi Konum  | 1  |

Bulunan kriter ağırlıkları ile alternatif tedarikçiler yine Bulanık AHP ile değerlendirildiğinde sıralama T4> T3> T1> T2> T5 şeklinde olmuştur.

İkinci çözüm yolu için bu defa ana kriter ve alt kriterler Bulanık DEMATEL yöntemi ile değerlendirilmiştir.

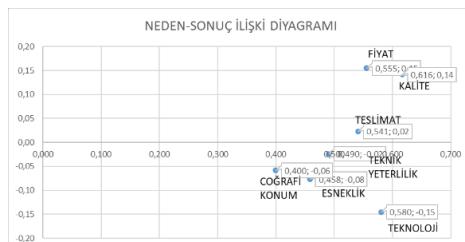
Tablo 5'te ana kriterlerin ve alt kriterlerin Bulanık DEMATEL yöntemiyle bulunan ağırlıkları verilmiştir.

**Tablo 5.** Kriterlerin Bulanık DEMATEL yöntemiyle bulunan ağırlıkları

| ANA KRİTER | ANA KRİTER AĞIRLIKLARI | ALT KRİTER                            | ALT KRİTER AĞIRLIKLARI |
|------------|------------------------|---------------------------------------|------------------------|
| FİYAT      | 0,155558872            | Bütçeye Uygunluk                      | 0,28344732             |
|            |                        | Fiyat Güvenliği                       | 0,18642063             |
|            |                        | Opsiyon Süresi                        | 0,282858               |
|            |                        | Ödeme Şekli                           | 0,24727405             |
| KALİTE     | 0,170605266            | Ürün Kalitesi                         | 0,23038642             |
|            |                        | Üretim Kalitesi                       | 0,20216885             |
|            |                        | Hatasız Ürün Miktarı                  | 0,22664564             |
|            |                        | Kalite Geliştirme Araçlarını Kullanma | 0,19019725             |
| TESLİMAT   | 0,145992673            | Müşteri Odaklılık                     | 0,15060184             |
|            |                        | Teslimat Hızı                         | 0,29502516             |
|            |                        | Teslimat Kalitesi                     | 0,40994969             |

|                   |             |  |  |
|-------------------|-------------|--|--|
| TEKNİK YETERLİLİK | 0,132471112 | Teslimat Zamanında Esneklik Teknik Problem Çözme Yeterliliği   | 0,29502516<br>0,25147529   |
|                   |             | Tedarikçinin Üretebileceği Ürün Çeşitliliği  | 0,22538744   |
|                   |             | Teknik İşgücü ARGE Alt yapısı Ürün Miktardaki Değişime Cevap Verebilme Ürün Çeşitliliğindeki Değişime Cevap Verebilme Tasarimdaki Değişime Cevap Verebilme Teknolojiyi Kullanma İstenilen Teknolojiye Sahiplik Yenilik | 0,27072725<br>0,25241002<br>0,13307054<br>0,46480147<br>0,40212799<br>0,35937306<br>0,28125388<br>0,35937306 |
|                   |             | Coğrafi Konum  | 1  |
|                   |             |  |  |
|                   |             |  |  |
|                   |             |  |  |
|                   |             |  |  |
|                   |             |  |  |
|                   |             |  |  |

Bulunan kriter ağırlıkları, Bulanık DEMATEL yöntemi ile bütünlük olarak en yaygın şekilde kullanılan Bulanık TOPSIS yöntemi ile alternatif tedarikçiler değerlendirilmiştir ve sıralama T3> T4> T1> T2> T5 şeklinde olmuştur.



**Şekil 3.** Ana kriterlerin neden sonuç ilişkisi diyagramı

Şekil 3'te görüldüğü gibi Bulanık DEMATEL yöntemine göre Teknik Yeterlilik, Coğrafi Konum, Esneklik ve Teknoloji alıcı ya da etkilenen; Fiyat, Kalite ve Teslimat ise gönderici ya da etkileyen gruptadır. Kalite kriteri en çok etkileyen kriter olarak ortaya çıkmıştır.

Üçüncü çözüm yolunda ise Bulanık AHP ile bulunan ana kriterlerin ve alt kriterlerin

ağırlıkları işleme alınarak alternatifler Bulanık MOORA ile değerlendirilmiştir.

**Tablo 6.** Kriterlerin fayda ve maliyete göre sınıflandırılması

| ANA KRİTER        | ALT KRİTER                                     | KRİTER TÜRÜ |         |
|-------------------|--|-------------|---------|
|                   |  | FAYDA       | MALİYET |
| FİYAT             | Bütçeye Uygunluk                               | ✓           |         |
|                   | Fiyat Güvenliği                                | ✓           |         |
|                   | Opsiyon Süresi                                 | ✓           |         |
|                   | Ödeme Şekli                                    | ✓           |         |
|                   | Ürün Kalitesi                                  | ✓           |         |
|                   | Üretim Kalitesi                                | ✓           |         |
| KALİTE            | Hatasız Ürün Miktarı                           | ✓           |         |
|                   | Kalite Geliştirme                              | ✓           |         |
|                   | Araçlarını Kullanma                            | ✓           |         |
|                   | Müşteri Odaklılık                              | ✓           |         |
| TESLİMAT          | Teslimat Hızı                                  | ✓           |         |
|                   | Teslimat Kalitesi                              | ✓           |         |
|                   | Teslimat Zamanında Esneklik                    | ✓           |         |
| TEKNİK YETERLİLİK | Teknik Problem                                 | ✓           |         |
|                   | Çözme Yeterliliği                              | ✓           |         |
|                   | Tedarikçinin Üretebileceği Ürün Çeşitliliği    | ✓           |         |
|                   | Teknik İşgücü                                  | ✓           |         |
|                   | ARGE Alt yapısı                                | ✓           |         |
|                   | Ürün Miktardaki Değişime Cevap Verebilme       | ✓           |         |
| ESNEKLİK          | Ürün Çeşitliliğindeki Değişime Cevap Verebilme | ✓           |         |
|                   | Tasarimdaki Değişime Cevap Verebilme           | ✓           |         |
|                   | Teknolojiyi Kullanma                           | ✓           |         |
| TEKNOLOJİ         | İstenilen Teknolojiye Sahiplik                 | ✓           |         |
|                   | Yenilik  | ✓           |         |
|                   | Coğrafi Konum                                  | ✓           |         |
| COĞRAFİ KONUM     |  |             |         |

Bulanık MOORA' yı diğer yöntemlerden ayıran özelliklerinden biri kriterlerin fayda ve maliyete göre farklılık göstererek birbirinden ayrılmasıdır. Tablo 6'da problemdeki kriterlerin fayda ve maliyete göre sınıflandırılması verilmiştir.

Bulanık MOORA ile alternatif tedarikçilerin sıralanması T3> T4> T1> T2> T5 şeklinde olmuştur.

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Günümüzdeki stratejik rekabet ortamında doğru tedarikçi seçimi, firmaların maliyetlerinin azalması ve saygılılığıyla doğru orantılıdır. Ancak alternatif tedarikçiler arasından seçilen tedarikçinin her zaman doğru olduğunu söyleyebilmek zordur. Bu yüzden tedarikçi seçimi literatürde birçok farklı yöntemle birçok farklı çalışmada yer almaktadır.

Bu çalışmada Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinin literatürde bilinen güvenilirlik kriteri dikkate alınarak belirlenen yöntemlerle tedarikçi seçim problemi ele alınmıştır. Chakraborty' in çalışması [13] öncülüğünde güvenilirliği zayıf, orta ve iyi seviyede olan yöntemler sırasıyla AHP, TOPSIS ve MOORA olarak seçilmiştir ve problem kesin yargilar içermediği için bulanık ortamda çözülmüştür. Böylelikle tedarikçi seçimi için literatürdeki bu bilgi sayesinde çeşitli yöntemler uygulanmış ve yeni çalışmalara yön verilmiştir. Ayrıca yeni bir eğilim olan bütünlük kullanım şekli çalışmada karşılaştırılmıştır.

İlk olarak satınalma uzmanlarıyla birlikte firmanın amaçları doğrultusunda ana kriterler ve bunlara bağlı alt kriterler belirlenmiştir. Sonrasında literatür taraması yapılarak kullanılacak yöntemlere karar verilmiştir. Yöntemlere uygun şekilde alternatif tedarikçiler 4 satınalma uzmanı tarafından değerlendirilmiştir.

Birinci çözüm yolu için bilinen en eski yöntemlerden AHP seçilmiştir. Bu yöntem güvenilirlik açısından zayıf ve yaygın kullanılan bir yöntem olmasından dolayı tercih edilmiştir [13]. Önce kriter ağırlıkları Bulanık AHP ile bulunmuş, sonrasında bu kriter ağırlıkları kullanılarak yine Bulanık AHP ile alternatifler değerlendirilmiş ve  $T_4 > T_3 > T_1 > T_2 > T_5$  şeklinde sıralanmıştır.

Ikinci çözüm yolu için bütünlük kullanım şekli tercih edilmiş ve literatürde yaygın olarak kullanılan, güvenilirlik açısından orta seviye olan TOPSIS işleme alınmıştır [13]. Önce kriter ağırlıkları Bulanık DEMATEL ile hesaplanmış, sonrasında bulunan kriter ağırlıkları kullanılarak Bulanık TOPSIS yöntemiyle alternatifler değerlendirilmiş ve  $T_3 > T_4 > T_1 > T_2 > T_5$  şeklinde sıralanmıştır.

Üçüncü çözüm yolu için yine bütünlük kullanım şekli uygulanmış ve literatürde güvenilirlik açısından iyi seviye olan Bulanık MOORA yöntemi tercih edilmiştir [13]. Bulanık AHP ile belirlenen kriter ağırlıkları kullanılarak Bulanık MOORA yöntemiyle alternatifler değerlendirilmiş ve  $T_3 > T_4 > T_1 > T_2 > T_5$  şeklinde sıralanmıştır.

Üç çözüm yoluna bakıldığından farklı kriter ağırlıkları ve farklı alternatif sıralamaları bulunmaktadır. Bunun sebeplerinden biri Bulanık AHP ile Bulanık DEMATEL yönteminin farklı

amaçlar için çalışmasıdır. Bulanık AHP' de kriterlerin birbirleriyle kıyaslanması dikkate alınırken Bulanık DEMATEL de kriterlerin birbiriyle etkileşimi dikkate alınır. Bu doğrultuda sıralamayı değiştiren farklardan biri de "kalite" ve "fiyat" ana kriterlerinin Bulanık AHP de aynı ağırlıklara sahipken Bulanık DEMATEL'de "kalite" nin "fiyat" tan daha büyük ağırlığa sahip olmasıdır.

Diger bir farklılığın sebebi Bulanık MOORA yönteminin de Bulanık AHP' den farklı amaç için çalışmasıdır. Bulanık MOORA da kriterler fayda ve maliyet şeklinde gruplandırılarak işleme alınır. Bundan dolayı aynı kriter ağırlığını kullanarak işleme alınan yöntemlerde alternatifler farklı sıralanmıştır.

Sıralamalara tekrar bakıldığından bütünlük olarak çözüme giden yöntemlerde farklı kriter ağırlıkları işleme alınsa bile sonuç olarak aynı sıralama ortaya çıkmıştır. Bunun sebeplerinden biri yöntemlerin eksikliklerinin başka yöntemlerle ortadan kaldırılması şeklinde açıklanabilir. Güvenilirliği zayıf olan AHP, güvenilirliği iyi olan MOORA ile işleme alındığında [13] güvenilirlik açısından kıyaslama ortadan kalkmıştır. Ayrıca güvenilirliği orta olan TOPSIS' in Bulanık DEMATEL yöntemi ile işleme alınması sonucunda da yöntemlerden kaynaklı eksiklikler ortadan kaldırılmış olabilir.

Çalışmada kullanılan bütünlük yöntemlerin arasında birbirlerinden ayıracak bir üstünlükleri bulunamamıştır. Fakat bu iki bütünlük yöntemlerden çıkan sonuçlara göre birbirlerinin alternatif yöntemleri olabileceğini söyleyebiliriz.

Yapılan literatür çalışmasında yöntemlerin ortaya çıkabilecek eksiklerini ortadan kaldırmak için yeni bir eğilim olan bütünlük kullanımının yaygın olarak kullanılmadığı görülmüştür. Bu çalışmaya birlikte bütünlük kullanımının iki örneği verilerek klasik yöntemlerdeki sonuçlarla değişiklikler oluşturabileceği gösterilmiştir. Bundan sonraki çalışmalarında bütünlük olarak farklı yöntemler sentezlenerek farklı çalışmalar yapılabilir.

**Kaynakça**

- [1] Özçelik, T.Ö., S.A., Eryılmaz 2019. Traktör İmalatında Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Tedarikçi Seçimi. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (Özel Sayı), 498-512. DOI: 10.31590/ejosat.590418
- [2] Dickson, G.W. 1966. An analysis of vendor selection system and decisions. *Journal of Purchasing*, 2(1), 5-17.
- [3] Karaklış, E. 2018. Bulanık AHS ve Bulanık MOORA Yöntemleri ile Okul Öncesi Eğitimi Hizmet Kalitesi Değerlendirmesi ve Anaokulu Seçimi. Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 19 (2), 184-198.
- [4] Yıldırım, B., Önay, O. 2018. Bulut Teknolojisi Firmalarının Bulanık AHP - MOORA Yöntemi Kullanılarak Sıralanması. İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi İşletme İktisadi Enstitüsü Yönetim Dergisi, 24 (75), 59-81.
- [5] Uygur, Ö., Dalkılıç, F., Erkan, E. 2018. Bulanık AHP ve Bulanık MOORA Yöntemleri Kullanarak Tedarikçi Seçimi. *Academic Perspective Procedia*, 1 (1), 1189-1199. DOI: 10.33793/acerpro.01.01.189
- [6] Kiraz, A., Gürsoy, N. 2019. Üretme-Satın Alma Karar Problemi için Otomotiv Yedek Parça Sektöründe Entregre Bulanık DEMATEL ve Bulanık TOPSIS Uygulaması. Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 6 (2), 309-326. DOI: 10.35193/bseufbd.555695
- [7] Karaathı, M., Ömürbek, N., Işık, E. ve Yılmaz, E. 2016. Performans Değerlemesinde DEMATEL ve Bulanık TOPSIS Uygulaması. *Ege Academic Review*, 16 (1), 49-64.
- [8] Organ, A., Kenger, M. 2018. Bütünleşik Bulanık AHP-Bulanık MOORA Yaklaşımının Market Personeli Seçimi Problemine Uygulanması. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 6 (ICEESS'18), 271-280. DOI: 10.18506/anemon.452694
- [9] Altunöz, U. 2017. Bankaların Finansal Performanslarının Bulanık MOORA ve Bulanık AHP Yöntemleri ile Analizi: Türk Bankaları Deneyimi, *Route Educational and Social Science Journal*, 4(4), 116-132. DOI: 10.17121/ressjournal.692
- [10] Uygurtürk, H. 2015. Bankaların İnternet Şubelerinin Bulanık MOORA Yöntemi ile Değerlendirilmesi. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 11 (25), 115-128. DOI: 10.17130/ijmbe.2015.11.25.791
- [11] Şengül, Ü. 2019. Tedarikçi Seçim Kriterlerinin Bulanık Vikor ile Belirlenmesi. *Management and Political Sciences Review*, 1 (1), 93-116.
- [12] Yalçın Seçme, N. ve Özdemir, A. 2010. Bulanık Analitik Hiyerarşi Yöntemi ile Çok Kriterli Stratejik Tedarikçi Seçimi: Türkiye Örneği. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 22 (2), 175-191.
- [13] Chakraborty, S. 2011. Applications Of The MOORA Method For Decision Making In Manufacturing Environment. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 54(9-12), 1155-1166
- [14] Kerkhoff, E. 2018. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleriyle Tedarikçi Seçimi. İstanbul Ticaret Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 111s, İstanbul.
- [15] Supçiller, A. ve Deligöz, K. 2018. Tedarikçi Seçimi Probleminin Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleriyle Uzlaşıklı Çözümü. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 18. EYİ Özel Sayısı, 355-368. DOI: 10.18092/ulikidince.352742.
- [16] Zadeh, L.A. 1965. Fuzzy sets. *Information Control*, 8, 338-353.
- [17] Vatansever, K. ve Uluköy, M. 2013. Kurumsal Kaynak Planlaması Sistemlerinin Bulanık AHP ve Bulanık MOORA Yöntemleriyle Seçimi: Üretim Sektöründe Bir Uygulama. *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 11 (2), 274-293.
- [18] Denizhan, B., Yalçınner, A. ve Berber, Ş. 2017. Analitik Hiyerarşî Proses ve Bulanık Analitik Hiyerarşî Proses Yöntemleri Kullanılarak Yeşil Tedarikçi Seçimi Uygulaması. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6 (1), 3-78. DOI: 10.17100/nevbiltek.288003
- [19] Chang, D.Y. 1996. Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research*, 95 649-655.
- [20] Sezen Akar, G. ve Çakır, E. 2016. Lojistik Sektöründe Bütünleştirilmiş Bulanık AHP- MOORA Yaklaşımı ile Personel Seçimi. *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 14 (2), 185-199.
- [21] Gök Kısa, C. ve Percin, S. 2017. Bütünleşik Bulanık DEMATEL-Bulanık VIKOR Yaklaşımının Makine Seçimi Problemine Uygulanması. *Journal of Yaşar University*, 12 (48), 249-256.
- [22] Chang, B., Chang, C.-W., & Wu, C.-H. 2011. Fuzzy DEMATEL method for developing supplier selection criteria. *Expert Systems with Applications*, 38(3), 1850-1858.
- [23] Karaklış, E. 2019. Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS ile bütünleşik karar destek modeli önerisi: Özel Okullarda Öğretmen Seçimi. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (53), 112-137. DOI: 10.18070/erciyesiibd.414655.
- [24] Chen, C. T. 2000. Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment. *Fuzzy Sets and Systems*, 114, 1-9.
- [25] Tekez, E. ve Bark, N. 2016. Mobilya Sektöründe Bulanık TOPSIS Yöntemi ile Tedarikçi Seçimi. *Sakarya University Journal of Science*, 20(1), 55-63.
- [26] Şışman, B. ve Doğan, M. 2016. Türk Bankalarının Finansal Performanslarının Bulanık AHP ve Bulanık MOORA Yöntemleri ile Değerlendirilmesi. *Yönetim ve Ekonomi: Celal Bayar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 23 (2), 353-371. DOI: 10.18657/yecbu.99311
- [27] Şışman, B. 2016. Bulanık MOORA Yöntemi Kullanılarak Yeşil Tedarikçi Geliştirme Programlarının Seçimi ve Değerlendirilmesi. *Journal of Yaşar University*, 11(44), 302-315.
- [28] [www.dovsan.com.tr](http://www.dovsan.com.tr)