

PET ŞİŞE TEDARİKÇİSİ SEÇİMİNDE BULANIK AHP VE BULANIK TOPSIS YAKLAŞIMI*

FUZZY AHP AND FUZZY TOPSIS APPROACH TO PET BOTTLE SUPPLIER SELECTION

Yrd.Doç.Dr.Nezih TAYYAR†

ÖZET

Bu araştırmada bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi ve bulanık TOPSIS yöntemleri en iyi pet şişe tedarikçisi seçimi probleminde kullanılmıştır. Çalışmanın amacı pet şişe tedarikçisi seçerken göz önünde bulundurulması gereken kriterleri belirlemek ve iki yöntemin sonuçlarını karşılaştırmaktır. Pet şişe tedarikçisi seçerken göz önünde bulundurulması gereken kriterlerin ağız düzgünlüğü, hatalı oranı, gramaj, fiyat, nakliye maliyeti, ödeme opsiyonları, zamanında teslimat, müşteri ilişkileri ve güven olduğu belirlenmiştir. Ayrıca problemin yapısına bulanık TOPSIS'in bulanık AHP'ye oranla daha uygun olduğu bulunmuştur.

ABSTRACT

In this research, fuzzy Analytic Hierarchy Process and fuzzy TOPSIS methods were applied to the best pet bottle supplier selection problem. The purpose of this study is to find out the criteria that affects the pet bottle supplier selection and to compare the results of the two methods. It has been found that smoothness of bottle mouth, faulty ratio, weight of bottle, price, delivery cost, payment options, in time delivery, customer relations and assurance are the criteria to consider when selecting pet bottle supplier. Moreover, fuzzy TOPSIS is much more suitable than fuzzy AHP for the problem.

Çok Kriterli Karar Verme, Bulanık AHP, Bulanık TOPSIS, Tedarikçi Seçimi
Multi-Criteria Decision Making, Fuzzy AHP, Fuzzy TOPSIS, Supplier
Selection

1. GİRİŞ

Tedarikçi seçiminde göz önünde bulundurulması gereken yalnızca bir kriter olsaydı, seçimi yapmak çok kolay olurdu. Ancak çoğu zaman birden fazla kriter göz önünde bulundurulmak zorundadır. Kriterlerin etkisi birbiriyle eşit olabileceği gibi birbirinden farklı da olabilir. Bu durumda her

* Bu çalışmanın bir bölümü 10. Ulusal İşletmecilik Kongresinde sunulmuştur.

† Uşak Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Sayısal Yöntemler ABD.

bir kriterin verilecek alım kararına olan etkisinin belirlenmesi gereklidir (Yahya ve Kingsman, 1999:916). Tedarikçi seçerken birden fazla alternatif ve birden fazla kriter söz konusu olduğunda bunların arasından en iyi alternatifi seçmek kolay değildir. Bu amaçla geliştirilmiş analitik teknikler Çok Kriterli Karar Verme başlığı altında toplanmıştır.

Bu çalışma gıda sektöründe üretim yapan bir firmada uygulanmıştır. Firma ürettiği mamulleri pet şişelerde pazara sunmaktadır. Firmanın pet şişe alımı yaptığı dört tedarikçi vardır. Firma pet şişe alımı için tedarikçi seçerken fiyat, gramaj, kalite, şişenin ağız düzgünlüğü gibi bazı kriterleri göz önünde bulundurmakta ancak bilimsel bir yaklaşımda bulunmamaktadır. Söz konusu firmanın en iyi pet şişe tedarikçisini belirlemesi bir Çok Kriterli Karar Verme problemi. Çok Kriterli Karar Verme problemlerinde her zaman sayısal verilerle çalışma imkânı olmayabilir. Bazı durumlarda veriler sayısallaştırılamaz, bu durumda bulanık küme teorisinden yararlanan Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerine başvurulur.

Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin pet şişe tedarikçisi seçimine uygulaması problemine literatürde rastlanmamıştır. Bu çalışma ile amaçlanan öncelikle pet şişe tedarikçisi seçiminde göz önünde bulundurulması gereken kriterlerin belirlenmesidir. Çalışmanın diğer amacı ise bulanık AHP ve bulanık TOPSIS yöntemleri ile problemin çözülmesi ve sonuçlarının karşılaştırılmasıdır.

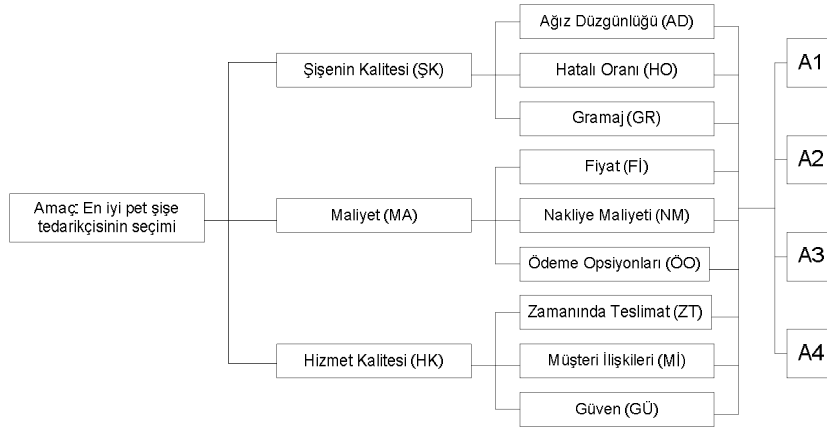
2. KRİTERLERİN BELİRLENMESİ

Ho vd. (2010) çok kriterli karar verme yöntemlerinin tedarikçi değerlendirme ve tedarikçi seçiminde uygulamalarını tarayan bir çalışmalarında 2000-2008 yılları arasında uluslararası dergilerde yayınlanan 78 makaleyi incelemiştir. Çalışmada tedarikçi seçiminde en çok kullanılan kriterlerin sırasıyla kalite (68), teslimat (64), fiyat/maliyet (63), üretim kapasitesi (39), servis (35), yönetim (25), teknoloji (25), araştırma ve geliştirme (24), finans (23), esneklik (18), itibar (15), ilişkiler (3), risk (3) ve güvenlik ve çevre (3) olduğu belirlenmiştir. Bu alanda yapılan 1966-1990 yıllarını kapsayan bir başka literatür taramasında ise tedarikçi seçiminde kullanılan 23 kriter önem sırasına göre: kalite, teslimat, performans geçmişi, garanti ve şikayet politikası, üretim yetenekleri ve kapasitesi, fiyat, teknik kapasite, finansal pozisyon, prosedürlere uyum, iletişim sistemi, itibar ve endüstrideki pozisyonu, iş yapma isteği, yönetim ve organizasyon, operasyon kontrol, onarım servisleri, davranış, etki, paketleme kabiliyeti, işçi ilişki kayıtları, coğrafi konum, geçmiş iş tutarı, eğitim yardımları ve karşılıklı düzenlemeler olarak belirtilmiştir (Weber vd., 1991).

Yapılan literatür taramasında pet şişe tedarikçisi seçiminde çok kriterli karar verme yöntemlerinin henüz uygulanmadığı görülmüştür. Bu nedenle öncelikle pet şişe tedarikçisi seçiminde göz önünde bulundurulması gereken kriterler belirlenmiştir. Bu bağlamda tedarikçi seçiminde göz önünde bulundurulması gereken kriterlerin literatür taraması yapılmış, buradan elde edilen kriterler firma yöneticileri ile tartışılmış, onların önem verdiği ve literatürde

daha önceden geçmeyen kriterler belirlenmiştir. Firma yöneticileri ile yapılan mülakat sonucunda pet şişe tedarikçisi seçiminde üç ana kriter ve dokuz alt kriterin önemli olduğuna karar verildi. Ana kriterler pet şişenin kalitesi, maliyet ve hizmet kalitesi olarak belirlendi. Pet şişenin kalitesi ile ilgili alt kriterler ağız düzgünlüğü, hatalı oranı ve gramajdır. Maliyet ana kriterinin alt kriterleri, fiyat, nakliye maliyeti ve ödeme opsiyonlarıdır. Hizmet kalitesi ana kriterinin alt kriterleri ise zamanında teslimat, müşteri ilişkileri ve güvendir. Problemin hiyerarşik yapısı Şekil 1'den görülebilir.

Şekil 1: Problemin hiyerarşik yapısı



3. BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ YÖNTEMİ

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), Thomas H. Saaty tarafından 1977 yılında geliştirilmiş bir tekniktir. Bu teknik pek çok alanda çok kriterli karar problemlerinin modellenmesinde başarıyla kullanılmıştır. AHP en genel tanımıyla kriterlerin ve alternatiflerin ağırlıklarının belirlenmesinde yapısal bir yaklaşım sağlar. Çok kriterli karar problemlerinin AHP ile modellenmesinde aşağıdaki aşamalar gerçekleştirilir (Ulucan, 2007:358):

- Problemin Tanımlanması,
 - Kriterlerin Belirlenmesi,
 - Alternatiflerin ortaya konulması,
 - Hiyerarşik ağaç diyagramının çizilmesi,
- Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi,
- Alternatiflerin her kritere göre puanlanması,
- Her alternatifin çok kriterli puanının elde edilmesi,
- Genel puanların karşılaştırılması ve en iyi alternatiflerin seçilmesi.

Bulanık kümeler kuramı, 1965 yılında Zadeh'in, klasik sistem kuramının matematiksel yöntemlerinin gerçek dünyadaki pek çok sistemle, özellikle insanları içeren kısmen karmaşık sistemlerle uğraşırken yetersiz kalmasından hoşnut olmayışından doğmuştur. Bulanık kümeler kuramı, muğlak ve belirsiz olan problemlerin çözülmesi için geliştirilmiştir. Zadeh'ten bu yana bulanık mantık ve bulanık kümeler kuramı pek çok alanda uygulanmış ve hızla gelişmiştir (Kaptanoğlu ve Özok, 2006:197). Bu nedenle AHP'yi bulanık sayılarla kullanan yöntemler geliştirilmiştir (van Laarhoven & Pedrycz, 1983; Buckley, 1985; Chang, 1996).

Yaygın olarak kullanıldığından ve uygulaması diğer yöntemlere göre daha az işlem gerektirdiğinden dolayı çalışmamda Chang'ın (1996) mertebe analizi yöntemi kullanılmıştır. Yöntemin uygulanmasındaki adımlar aşağıda verilmiştir (Seçme ve Özdemir, 2008:180-182; Kahraman vd., 2004:176-177). Elemanların kümesinin $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ olduğunu ve amaç kümesinin de $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$ olduğunu kabul edelim. Chang'ın (1996) mertebe analizi yöntemine göre her bir eleman ele alınarak, her biri için sırası ile g_i amacı için derece analizi gösterilir. Bu nedenle her bir eleman için aşağıda gösterildiği gibi m derece analizi değeri elde edilir:

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

burada tüm $M_{g_i}^j$ ($j = 1, 2, \dots, m$)'ler üçgensel bulanık sayılardır. Derece analizi yöntemine göre ikili karşılaştırma matrislerinin ağırlıklarının hesaplanması için gerekli matematiksel işlemler aşağıda adım adım anlatılmıştır.

ADIM 1: i . eleman bakımından bulanık sentetik derecenin değeri aşağıdaki gibi tanımlanır:

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

$\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j$ ifadesini elde etmek için m dereceden analiz değerlerinin bulanık ilave matrisinde özel bir matris kullanılır. Bu matrisin matematiksel ifadesi aşağıdaki gibidir:

$$\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left(\sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right) \quad (3)$$

burada çarpımın ikinci kısmı olan $\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1}$ matematiksel ifadesini

elde etmek için $M_{g_i}^j$ ($j=1,2,\dots,m$) değerlerinin bulanık ilave işlemi aşağıdaki gibi gösterilir:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left(\sum_{i=1}^n l_i, \sum_{i=1}^n m_i, \sum_{i=1}^n u_i \right) \quad (4)$$

Eşitlik 4'deki vektörün tersi ise aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right) \quad (5)$$

ADIM 2: Karşılaştırılması yapılacak M_1 ve M_2 olmak üzere iki küme olsun. $M_2 = (l_2, m_2, u_2) \geq M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ eşitliğinin olabilirlik derecesi aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$V(M_2 \geq M_1) = \sup_{y \geq x} \left[\min(\mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y)) \right] \quad (6)$$

ve bu ifade eşitlik 7'ye eşittir:

$$V(M_2 \geq M_1) = hgt(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d) = \begin{cases} 1, & \text{eğer } m_2 \geq m_1, \\ 0, & \text{eğer } l_1 \geq u_2, \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & \text{diğer durumlarda,} \end{cases} \quad (7)$$

burada d değeri, μ_{M_1} ve μ_{M_2} arasındaki en yüksek kesişim değeri olan noktanın ordinatıdır. M_1 ve M_2 'nin karşılaştırılabilmesi için $V(M_1 \geq M_2)$ ve $V(M_2 \geq M_1)$ değerlerine ihtiyaç vardır.

ADIM 3: Konveks bulanık bir sayının, k tane konveks bulanık sayı M_i ($i=1,2,\dots,k$)'den büyük olmasının olası derecesi aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

$$\begin{aligned} V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) \\ = V[(M \geq M_1) \text{ ve } (M \geq M_2) \text{ ve } \dots \text{ ve } (M \geq M_k)] \\ = \min V(M \geq M_i), \quad i=1,2,3,\dots,k. \end{aligned} \quad (8)$$

Varsayalım ki $k=1,2,\dots,n$; $k \neq i$ için:

$$d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k). \quad (9)$$

Bu durumda ağırlık vektörü aşağıdaki gibi olur:

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T \quad (10)$$

burada A_i ($i=1,2,\dots,n$) n elemanlıdır.

ADIM 4: Normalizasyon işlemi ile normalize edilen ağırlık vektörü:

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T \quad (11)$$

burada W bulanık olmayan bir sayıdır.

4. BULANIK TOPSİS YÖNTEMİ

TOPSIS Hwang ve Yoon tarafından 1981 yılında geliştirilen bir çok kriterli karar verme yöntemidir. Yöntem kriterlerin ağırlıklarını göz önünde bulundurarak pozitif ideal çözüme en yakın ve negatif ideal çözüme en uzak olan alternatifi belirler. İnsan yargılarının ölçülmesinde sayısal değerlerin yetersiz kalmasından dolayı TOPSIS yöntemini bulanık sayılarla kullanan yöntemler geliştirilmiştir. Bunlardan ilki Chen ve Hwang tarafından 1992'de geliştirilmiştir. Bu yöntem yamuk bulanık sayıları kullanır. Daha sonra geliştirilen ve üçgensel bulanık sayıları kullanan başka yöntemler de vardır (Liang, 1999; Chen, 2000; Tsaur vd., 2002; Zhang ve Lu, 2003; Chu ve Lin, 2003). Bu yöntemlerin hiç birisi hiyerarşik yapıyı dikkate almaz. Bu nedenle bu çalışmada hiyerarşik yapıyı kullanabilen Kahraman vd. (2007) tarafından geliştirilen Hiyerarşik Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem Chen ve Hwang'ın (1992) çalışmasını temel alır. Yöntem bulanık ve bulanık olmayan sayılarla çalışabilir. Bulanık sayılar üçgen ya da yamuk olabilir. Aşağıda yöntemin uygulanmasındaki adımlar yalnızca üçgensel bulanık sayılar göz önünde bulundurularak verilmiştir.

Çok kriterli karar verme probleminin n ana kriter, m alt kriter, k alternatif ve s tane karar vericiden oluştuğunu varsayalım. Her ana kriterin r_i tane alt kriteri olsun, bu durumda toplam alt kriter sayısı $\sum_{i=1}^n r_i$ olur.

ADIM 1: Eşitlik 12'de verilen ilk matris (\tilde{I}_{MA}), ana kriterlerin ağırlıklarından oluşturulur:

$$\tilde{I}_{MA} = \begin{matrix} & \text{Amaç} \\ & MA_1 \\ & MA_2 \\ & \vdots \\ & MA_p \\ & \vdots \\ & MA_n \end{matrix} \begin{bmatrix} \tilde{w}_1 \\ \tilde{w}_2 \\ \vdots \\ \tilde{w}_p \\ \vdots \\ \tilde{w}_n \end{bmatrix} \quad (12)$$

burada MA_p p 'ninci ana kriteri gösterir, \tilde{w}_p karar vericilerin belirledikleri ağırlıkların aritmetik ortalamasıdır ve eşitlik 13 ile hesaplanır:

$$\tilde{w}_p = \frac{\sum_{i=1}^s \tilde{w}_{pi}}{s}, p = 1, 2, \dots, n \quad (13)$$

burada \tilde{w}_{pi} i 'ninci karar vericinin p 'ninci ana kritere verdiği bulanık değeri gösterir.

ADIM 2: Eşitlik 14'de verilen ikinci matris (\tilde{I}_{SA}) alt kriterlerin ağırlıklarını gösterir, birinci matristen (\tilde{I}_{MA}) elde edilen ağırlıklar bu matrisin (\tilde{I}_{SA}) üzerinde gösterilmiştir:

$$\begin{array}{c}
\tilde{w}_1 \quad \tilde{w}_2 \quad \dots \quad \tilde{w}_p \quad \dots \quad \tilde{w}_n \\
MA_1 \quad MA_2 \quad \dots \quad MA_p \quad \dots \quad MA_n \\
SA_{11} \left[\begin{array}{cccccc}
\tilde{w}_{11} & 0 & \dots & 0 & \dots & 0 \\
\tilde{w}_{12} & 0 & \dots & 0 & \dots & 0 \\
\vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\
\tilde{w}_{1r_1} & 0 & \dots & 0 & \dots & 0 \\
0 & \tilde{w}_{21} & \dots & 0 & \dots & 0 \\
0 & \tilde{w}_{22} & \dots & 0 & \dots & 0 \\
\vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\
0 & \tilde{w}_{2r_2} & \dots & 0 & \dots & 0 \\
\vdots & \vdots & & 0 & & \vdots \\
0 & 0 & \dots & \tilde{w}_{pl} & \dots & 0 \\
\vdots & \vdots & & \vdots & & 0 \\
0 & 0 & \dots & 0 & \dots & \tilde{w}_{n1} \\
0 & 0 & \dots & 0 & \dots & \tilde{w}_{n2} \\
\vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\
0 & 0 & \dots & 0 & \dots & \tilde{w}_{nr_n}
\end{array} \right]
\end{array} \quad (14)$$

burada SA_{pl} p 'ncinci ana kriterin, l 'ncinci alt kriterini gösterir, \tilde{w}_{pl} karar vericilerin belirledikleri ağırlıkların aritmetik ortalamasıdır ve eşitlik 15 ile hesaplanır:

$$\tilde{w}_{pl} = \frac{\sum_{i=1}^s \tilde{w}_{pli}}{s} \quad (15)$$

burada \tilde{w}_{pli} i 'ncinci karar vericinin p 'ncinci ana kriterin, l 'ncinci alt kriterine verdiği bulanık değeri gösterir.

ADIM 3: Eşitlik 16'da verilen üçüncü matris (\tilde{I}_A) alt kriterlerin alternatifler için bulanık değerlerini gösterir, birinci (\tilde{I}_{MA}) ve ikinci (\tilde{I}_{SA}) matrislerden elde edilen ağırlıkların çarpımı bu matrisin (\tilde{I}_A) üzerinde gösterilmiştir:

$$\tilde{I}_A = \begin{matrix} & \tilde{W}_{11} & \tilde{W}_{12} & \dots & \tilde{W}_{1r_1} & \dots & \tilde{W}_{pl} & \dots & \tilde{W}_{nr_n} \\ & SA_{11} & SA_{12} & \dots & SA_{1r_1} & \dots & SA_{pl} & \dots & SA_{nr_n} \\ A_1 & \left[\begin{matrix} \tilde{c}_{111} & \tilde{c}_{112} & \dots & \tilde{c}_{11r_1} & \dots & \tilde{c}_{1pl} & \dots & \tilde{c}_{1nr_n} \end{matrix} \right. \\ A_2 & \left[\begin{matrix} \tilde{c}_{211} & \tilde{c}_{212} & \dots & \tilde{c}_{21r_1} & \dots & \tilde{c}_{2pl} & \dots & \tilde{c}_{2nr_n} \end{matrix} \right. \\ \vdots & \left[\begin{matrix} \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \end{matrix} \right. \\ A_q & \left[\begin{matrix} \tilde{c}_{q11} & \tilde{c}_{q12} & \dots & \tilde{c}_{q1r_1} & \dots & \tilde{c}_{qpl} & \dots & \tilde{c}_{qnr_n} \end{matrix} \right. \\ \vdots & \left[\begin{matrix} \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \end{matrix} \right. \\ A_k & \left[\begin{matrix} \tilde{c}_{k11} & \tilde{c}_{k12} & \dots & \tilde{c}_{k1r_1} & \dots & \tilde{c}_{kpl} & \dots & \tilde{c}_{knr_n} \end{matrix} \right. \end{matrix} \quad (16)$$

burada,

$$\tilde{W}_{pl} = \sum_{j=1}^n \tilde{w}_p \tilde{w}_{pj} \quad (17)$$

$j \neq l$ için $\tilde{w}_{pj} = 0$ olduğundan, eşitlik 17 yerine, eşitlik 18 kullanılabilir:

$$\tilde{W}_{pl} = \tilde{w}_p \tilde{w}_{pl}. \quad (18)$$

\tilde{I}_A matrisinde, \tilde{c}_{qpl} karar vericilerin belirledikleri ağırlıkların aritmetik ortalamasıdır ve eşitlik 19 ile hesaplanır:

$$\tilde{c}_{qpl} = \frac{\sum_{i=1}^s \tilde{c}_{qpli}}{s} \quad (19)$$

burada \tilde{c}_{qpli} i 'nci karar vericinin q 'nuncu alternatif için, p 'nci ana kriterin l 'nci alt kriterine verdiği bulanık değeri gösterir.

ADIM 4: Bu üç matris elde edildikten sonra alt kriterlerin alternatifler için bulanık değerlerini gösteren \tilde{I}_A matrisi normalleştirilir ve r matrisi elde edilir. Çalışmada kullanılan üçgensel bulanık sayının i 'nci alternatif, j 'nci alt kriter için bulanık değeri $x_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ şeklinde gösterilirse, önce her alt-kriter için $x_j^* = (a_j^*, b_j^*, c_j^*)$ ve $x_j^- = (a_j^-, b_j^-, c_j^-)$ değerleri eşitlik 20 ve eşitlik 21 yardımıyla hesaplanır:

$$a_j^* = \max(a_{ij}), b_j^* = \max(b_{ij}), c_j^* = \max(c_{ij}) \quad (20)$$

$$a_j^- = \min(a_{ij}), b_j^- = \min(b_{ij}), c_j^- = \min(c_{ij}) \quad (21)$$

r_{ij} değerleri eşitlik 22'den yararlanılarak hesaplanır:

$$r_{ij} = \begin{cases} \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{b_j^*}, \frac{c_{ij}}{a_j^*} \right) & \text{eğer fayda kriteri ise} \\ \left(\frac{a_j^-}{c_{ij}^-}, \frac{b_j^-}{b_{ij}^-}, \frac{c_j^-}{a_{ij}^-} \right) & \text{eğer maliyet kriteri ise} \end{cases} \quad (22)$$

ADIM 5: Bu adımda ağırlıklandırılmış normalize matris v eşitlik 23 yardımıyla elde edilir:

$$v_{ij} = r_{ij}(\cdot) \tilde{W}_{pl} \quad (23)$$

ADIM 6: Bu adımda ayırma mesafeleri eşitlik 24 ve eşitlik 25 yardımıyla elde edilir:

$$D_{ij}^* = \begin{cases} 1 - \frac{c_{ij} - a^*}{b^* + c_{ij} - a^* - b_{ij}} & \text{eğer } b_{ij} < b^* \text{ ise} \\ 1 - \frac{c^* - a_{ij}}{b_{ij} + c^* - a_{ij} - b^*} & \text{eğer } b^* < b_{ij} \text{ ise} \end{cases} \quad (24)$$

$$D_{ij}^- = \begin{cases} 1 - \frac{c_{ij} - a^-}{b^- + c_{ij} - a^- - b_{ij}} & \text{eğer } b_{ij} < b^- \text{ ise} \\ 1 - \frac{c^- - a_{ij}}{b_{ij} + c^- - a_{ij} - b^-} & \text{eğer } b^- < b_{ij} \text{ ise} \end{cases} \quad (25)$$

ADIM 7: Pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözüm değerleri sırasıyla eşitlik 26 ve eşitlik 27'den yararlanılarak hesaplanır:

$$S_i^* = \sum_{j=1}^k D_{ij}^* \quad (26)$$

$$S_i^- = \sum_{j=1}^k D_{ij}^- \quad (27)$$

ADIM 8: Her bir alternatif için yakınlık endeksi C_i eşitlik 28'den yararlanılarak hesaplanır. En yüksek yakınlık endeksine sahip alternatif en iyi alternatif olur.

$$C_i = \frac{S_i^-}{(S_i^* + S_i^-)} \quad (28)$$

5. BULANIK AHP VE BULANIK TOPSIS YÖNTEMLERİNİN PET ŞİŞE TEDARİKÇİSİ SEÇİMİ PROBLEMİNE UYGULANMASI

Bu çalışma gıda sektöründe üretim yapan bir firmada uygulanmıştır. Firma ürettiği mamulleri pet şişelerde pazara sunmaktadır. Firmanın pet şişe alımı yaptığı dört tedarikçi vardır. Firma pet şişe alımı için tedarikçi seçerken fiyat, gramaj, kalite, şişenin ağız düzgünlüğü gibi bazı kriterleri göz önünde bulundurmakta ancak bilimsel bir yaklaşımda bulunmamaktadır. Şekil 1'den görülebileceği gibi problemde üç ana kriter ve dokuz alt kriter vardır. Probleme önce Bulanık AHP ardından da Bulanık TOPSIS yöntemleri uygulanmıştır.

5.1. Probleme Bulanık AHP'nin Uygulanması

Bulanık AHP uygulanırken Tablo 1'de verilen üçgensel bulanık sayılar kullanılmıştır. Ana ve alt kriterlerin ikişerli karşılaştırılması ve alternatiflerin alt kriterlere göre ikişerli karşılaştırılmalarında üç firma yöneticisine eş zamanlı anket uygulanmıştır. Takip eden tablolardaki veriler üç yöneticinin ortak kararıdır. Yöneticilere ayrı ayrı anket uygulanmamıştır.

Tablo 1: Bulanık AHP uygulamasında kullanılan bulanık sayılar ve tersleri

	Bulanık Sayı	Tersi
Eşit	(1,1,1)	(1,1,1)
Daha Önemli	(2/3,1,3/2)	(2/3,1,3/2)
Çok Daha Önemli	(3/2,2,5/2)	(2/5,1/2,2/3)
Çok Fazla Önemli	(5/2,3,7/2)	(2/7,1/3,2/5)
Kesin Önemli	(7/2,4,9/2)	(2/9,1/4,2/7)

Üç yöneticinin ana kriterler olan Şişe kalitesi, Maliyet ve Hizmet kalitesi kriterlerini ikili karşılaştırmaları sonucunda elde edilen değerler Tablo 2'de verilmiştir. Yöneticiler şişe kalitesinin maliyetten çok daha önemli, hizmet kalitesinden ise çok fazla önemli olduğunu, maliyetin ise hizmet kalitesinden daha önemli olduğunu belirtmişlerdir.

Tablo 2: Amaç Bakımından Bulanık Değerlendirme Matrisi

	ŞK	MA	HK
ŞK	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)	(5/2,3,7/2)
MA	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)	(2/3,1,3/2)
HK	(2/7,1/3,2/5)	(2/3,1,3/2)	(1,1,1)

Tablo 2'den, $S_{ŞK} = (5, 6, 7) \otimes (1/13.07, 1/10.83, 1/9.02) = (0.38, 0.55, 0.78)$, $S_{MA} = (2.07, 2.5, 3.17) \otimes (1/13.07, 1/10.83, 1/9.02) = (0.16, 0.23, 0.35)$, $S_{HK} = (1.95, 2.33, 2.9) \otimes (1/13.07, 1/10.83, 1/9.02) = (0.15, 0.21, 0.32)$ elde edilir. Bu vektörleri kullanarak $V(S_{ŞK} \geq S_{MA})=1$, $V(S_{ŞK} \geq S_{HK})=1$, $V(S_{MA} \geq S_{ŞK})=0$, $V(S_{MA} \geq S_{HK})=1$, $V(S_{HK} \geq S_{ŞK})=0$, $V(S_{HK} \geq S_{MA})=0.91$ olarak bulunur. Sonuçta ana kriterlerin ağırlık vektörü $W_{Amaç}=(1,0,0)^T$ olarak elde edilmiştir.

Bu sonuçlara göre en önemli ana kriterin şişenin kalitesi olduğunu, maliyet ve hizmet kalitesi ana kriterlerinin ise ağırlıklarının sıfır olmasından dolayı çözümde bir etkileri olmayacağını söyleyebiliriz.

Her bir ana kriterin alt kriterlerinin ikili karşılaştırılmaları Tablo 3, Tablo 4 ve Tablo 5’de verilmiştir. Tablo 3’ten şişe kalitesi ana kriterinin en önemli alt kriterinin hatalı oranı olduğu, bunu ağız düzgünlüğünün izlediğini ve gramajın ağırlığının olmadığını söyleyebiliriz. Tablo 4’e göre maliyet ana kriterinin tek önemli alt kriterinin fiyat olduğunu, diğer alt kriterlerin bir etkisinin olmadığını söyleyebiliriz. Hizmet Kalitesi ana kriterinin en önemli alt kriterinin zamanında teslimat olduğunu, bunu sırasıyla güven ve müşteri ilişkileri alt kriterlerinin izlediği Tablo 5’den yararlanılarak söylenebilir.

Tablo 3: Şişe Kalitesi Ana Kriteri Açısından Alt Kriterlerin Değerlendirilmesi

	AD	GR	HO
AD	(1,1,1)	(5/2,3,7/2)	(1,1,1)
GR	(2/7,1/3,2/5)	(1,1,1)	(2/9,1/4,2/7)
HO	(1,1,1)	(7/2,4,9/2)	(1,1,1)

Tablo 3’den $W_{SK}=(0.32,0,0.67)^T$ olarak elde edilmiştir.

Tablo 4: Maliyet Ana Kriteri Açısından Alt Kriterlerin Değerlendirilmesi

	Fİ	NM	ÖO
Fİ	(1,1,1)	(5/2,3,7/2)	(7/2,4,9/2)
NM	(2/7,1/3,2/5)	(1,1,1)	(2/3,1,3/2)
ÖO	(2/9,1/4,2/7)	(2/3,1,3/2)	(1,1,1)

Tablo 4’ten $W_{MA}=(1,0,0)^T$ olarak elde edilmiştir.

Tablo 5: Hizmet Kalitesi Ana Kriteri Açısından Alt Kriterlerin Değerlendirilmesi

	ZT	Mİ	GÜ
ZT	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)	(2/3,1,3/2)
Mİ	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)	(2/3,1,3/2)
GÜ	(2/3,1,3/2)	(2/3,1,3/2)	(1,1,1)

Tablo 5’ten $W_{HK}=(0.45,0.23,0.32)^T$ olarak elde edilmiştir.

Tablo 6-14 alternatiflerin (A1, A2, A3, A4) her bir alt kritere göre ikili karşılaştırmalarını gösterir. Ağız düzgünlüğüne göre A3 ve A4’ün ağırlıkları aynıken A1 ve A2’nin ağırlığı sıfır olarak bulunmuştur. Gramaja göre tüm alternatifler eşit ağırlıktadır. Hatalı oranına göre en iyi alternatif A4’tür, A1’in ağırlığı yoktur. Fiyatı en uygun alternatif A1’dir. Nakliye maliyetinde en avantajlı firma A1’dir. Ödeme opsiyonlarında ise en fazla

esnekliği A4 gösterir. Zamanında teslimat ve güven alt kriterlerinde de en iyi alternatif A4 iken, müşteri ilişkilerinde en iyi alternatif A3'tür.

Tablo 6: Ağız Düzgünlüğü Alt Kriteri Açısından Alternatiflerin Değerlendirilmesi

	A1	A2	A3	A4
A1	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)	(2/9,1/4,2/7)	(2/9,1/4,2/7)
A2	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	(2/7,1/3,2/5)	(2/7,1/3,2/5)
A3	(7/2,4,9/2)	(5/2,3,7/2)	(1,1,1)	(1,1,1)
A4	(7/2,4,9/2)	(5/2,3,7/2)	(1,1,1)	(1,1,1)

Tablo 6'dan $W_{AD}=(0,0,0.5,0.5)^T$ olarak elde edilmiştir.

Tablo 7: Gramaj Alt Kriteri Açısından Alternatiflerin Değerlendirilmesi

	A1	A2	A3	A4
A1	(1,1,1)	(2/3,1,3/2)	(1,1,1)	(1,1,1)
A2	(2/3,1,3/2)	(1,1,1)	(2/3,1,3/2)	(2/3,1,3/2)
A3	(1,1,1)	(2/3,1,3/2)	(1,1,1)	(2/3,1,3/2)
A4	(1,1,1)	(2/3,1,3/2)	(2/3,1,3/2)	(1,1,1)

Tablo 7'den $W_{GR}=(0.25,0.25,0.25,0.25)^T$ olarak elde edilmiştir.

Tablo 8: Hatalı Oranı Alt Kriteri Açısından Alternatiflerin Değerlendirilmesi

	A1	A2	A3	A4
A1	(1,1,1)	(2/7,1/3,2/5)	(2/7,1/3,2/5)	(2/9,1/4,2/7)
A2	(5/2,3,7/2)	(1,1,1)	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)
A3	(5/2,3,7/2)	(1,1,1)	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)
A4	(7/2,4,9/2)	(3/2,2,5/2)	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)

Tablo 8'den $W_{HO}=(0,0.1,0.1,0.8)^T$ olarak elde edilmiştir.

Tablo 9: Fiyat Alt Kriteri Açısından Alternatiflerin Değerlendirilmesi

	A1	A2	A3	A4
A1	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)	(5/2,3,7/2)	(2/3,1,3/2)
A2	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)	(2/3,1,3/2)	(2/3,1,3/2)
A3	(2/7,1/3,2/5)	(2/3,1,3/2)	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)
A4	(2/3,1,3/2)	(2/3,1,3/2)	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)

Tablo 9'dan $W_{FF}=(0.51,0.15,0,0.33)^T$ olarak elde edilmiştir.

Tablo 10: Nakliye Maliyeti Alt Kriteri Açısından Alternatiflerin Değerlendirilmesi

	A1	A2	A3	A4
A1	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)	(3/2,2,5/2)	(3/2,2,5/2)
A2	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)
A3	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)
A4	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)

Tablo 10'dan $W_{NM}=(1,0,0,0)^T$ olarak elde edilmiştir.

Tablo 11: Ödeme Opsiyonları Alt Kriteri Açısından Alternatiflerin Değerlendirilmesi

	A1	A2	A3	A4
A1	(1,1,1)	(2/7,1/3,2/5)	(2/5,1/2,2/3)	(2/9,1/4,2/7)
A2	(5/2,3,7/2)	(1,1,1)	(2/3,1,3/2)	(2/3,1,3/2)
A3	(3/2,2,5/2)	(2/3,1,3/2)	(1,1,1)	(2/3,1,3/2)
A4	(7/2,4,9/2)	(2/3,1,3/2)	(2/3,1,3/2)	(1,1,1)

Tablo 11'den $W_{\text{öo}}=(0,0.34,0.25,0.41)^T$ olarak elde edilmiştir.

Tablo 12: Zamanında Teslimat Alt Kriteri Açısından Alternatiflerin Değerlendirilmesi

	A1	A2	A3	A4
A1	(1,1,1)	(2/3,1,3/2)	(3/2,2,5/2)	(2/3,1,3/2)
A2	(2/3,1,3/2)	(1,1,1)	(2/3,1,3/2)	(2/5,1/2,2/3)
A3	(2/5,1/2,2/3)	(2/3,1,3/2)	(1,1,1)	(2/9,1/4,2/7)
A4	(2/3,1,3/2)	(3/2,2,5/2)	(7/2,4,9/2)	(1,1,1)

Tablo 12'den $W_{ZT}=(0.30,0.06,0,0.64)^T$ olarak elde edilmiştir.

Tablo 13: Müşteri İlişkileri Alt Kriteri Açısından Alternatiflerin Değerlendirilmesi

	A1	A2	A3	A4
A1	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)	(2/7,1/3,2/5)	(2/3,1,3/2)
A2	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	(2/3,1,3/2)	(2/3,1,3/2)
A3	(5/2,3,7/2)	(2/3,1,3/2)	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)
A4	(2/3,1,3/2)	(2/3,1,3/2)	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)

Tablo 13'ten $W_{MI}=(0,0.33,0.52,0.15)^T$ olarak elde edilmiştir.

Tablo 14: Güven Alt Kriteri Açısından Alternatiflerin Değerlendirilmesi

	A1	A2	A3	A4
A1	(1,1,1)	(2/3,1,3/2)	(2/5,1/2,2/3)	(2/7,1/3,2/5)
A2	(2/3,1,3/2)	(1,1,1)	(2/3,1,3/2)	(2/5,1/2,2/3)
A3	(3/2,2,5/2)	(2/3,1,3/2)	(1,1,1)	(2/3,1,3/2)
A4	(5/2,3,7/2)	(3/2,2,5/2)	(2/3,1,3/2)	(1,1,1)

Tablo 14'den $W_{GU}=(0,0.15,0.33,0.52)^T$ olarak elde edilmiştir.

Tablo 2-14'den elde edilen ağırlık vektörlerinin birleştirilmesi ile Tablo 15'deki sonuçlara ulaşılmıştır. Buna göre iki tedarikçi A3 ve A4 aynı ağırlığa sahip en iyi tedarikçilerdir. Bunları yine aynı ağırlıklarla A1 ve A2 izler.

Tablo 15: Ağırlıklarının Bütünleştirilmesi

Şişenin Kalitesi Ana Kriteri				
	AD	GR	HO	Alternatiflerin Ağırlıkları
Ağırlık	0.33	0.00	0.67	
Alternatifler				
A1	0.00	0.00	0.25	0.17
A2	0.00	0.10	0.25	0.17
A3	0.50	0.10	0.25	0.33
A4	0.50	0.81	0.25	0.33
Maliyet Ana Kriteri				
	Fİ	NM	ÖO	Alternatiflerin Ağırlıkları
Ağırlık	1.00	0.00	0.00	
Alternatifler				
A1	0.52	1.00	0.00	0.52
A2	0.15	0.00	0.34	0.15
A3	0.00	0.00	0.25	0.00
A4	0.34	0.00	0.41	0.34
Hizmet Kalitesi Alt Kriteri				
	ZT	Mİ	GÜ	Alternatiflerin Ağırlıkları
Ağırlık	0.45	0.23	0.32	
Alternatifler				
A1	0.30	0.00	0.00	0.14
A2	0.06	0.34	0.15	0.15
A3	0.00	0.52	0.34	0.22
A4	0.64	0.15	0.52	0.49
Amaca Göre Ana Kriterler				
	ŞK	MA	HK	Alternatiflerin Ağırlıkları
Ağırlık	1.00	0.00	0.00	
Alternatifler				
A1	0.17	0.52	0.14	0.17
A2	0.17	0.15	0.15	0.17
A3	0.33	0.00	0.22	0.33
A4	0.33	0.34	0.49	0.33

5.2. Probleme Bulanık TOPSIS'in Uygulaması

Ana kriterlerin ve alt kriterlerin önem derecelerinin belirlenmesinde Tablo 16'da verilen üçgensel bulanık sayılar, alternatiflerin alt kriterlere göre değerlendirilmesinde ise Tablo 17'de verilen üçgensel bulanık sayılar kullanılmıştır.

Tablo 16: Ana kriterlerin ve alt kriterlerin önem derecelerinin belirlenmesinde kullanılan bulanık sayılar

Sözel değer	Bulanık sayı karşılığı
Çok düşük	(0,0,0.2)
Düşük	(0,0.2,0.4)
Orta	(0.3,0.5,0.7)
Yüksek	(0.6,0.8,1)
Çok Yüksek	(0.8,1,1)

Tablo 17: Alternatiflerin alt kriterlere göre değerlendirilmesinde kullanılan bulanık sayılar

Sözel değer	Bulanık sayı karşılığı
Çok düşük	(0,0,20)
Düşük	(0,20,40)
Orta	(30,50,70)
Yüksek	(60,80,100)
Çok Yüksek	(80,100,100)

Ana ve alt kriterlerin ağırlıkları ve alternatiflerin alt kriterlere göre değerlendirilebilmesi için üç firma yöneticisine eş zamanlı anket uygulanmıştır. Takip eden tablolardaki veriler üç yöneticinin ortak kararıdır. Yöneticilere ayrı ayrı anket uygulanmamıştır. Tablo 18'de ana kriterlerin ağırlıkları verilmiştir. Buna göre şişenin kalitesinin öneminin çok yüksek, maliyetin öneminin yüksek ve hizmet kalitesinin öneminin orta seviyede olduğu söylenebilir.

Tablo 18: Ana kriterlerin ağırlıkları (\tilde{I}_{MA})

Şişenin Kalitesi (ŞK)	(0.80,1.00,1.00)
Maliyet (MA)	(0.60,0.80,1.00)
Hizmet Kalitesi (HK)	(0.30,0.50,0.70)

Tablo 19'da alt kriterlerin ağırlıkları verilmiştir. Buna göre şişenin kalitesi ana kriteri için ağız düzgünlüğü ve hatalı oranı alt kriterlerinin ağırlıklarının çok yüksek olduğu, gramajın ise yüksek derecede ağırlığı olduğu söylenebilir. Maliyet ana kriteri için ise fiyatın ağırlığı çok yüksekken, nakliye maliyetinin orta seviyede, ödeme opsiyonlarının ise düşük seviyede ağırlığı olduğu söylenebilir. Hizmet kalitesi ana kriterinde zamanında teslimat alt kriteri yüksek seviyede önem düzeyine sahipken, güven orta, müşteri ilişkileri düşük seviyede önem düzeyine sahiptir.

Tablo 19: Alt kriterlerin ağırlıkları (\tilde{I}_{SA})

Şişenin Kalitesi (ŞK)	Maliyet (MA)	Hizmet Kalitesi (HK)
AD (0.80,1.00,1.00)	Fİ (0.80,1.00,1.00)	ZT (0.60,0.80,1.00)
HO (0.80,1.00,1.00)	NM (0.30,0.50,0.70)	Mİ (0.00,0.20,0.40)
GR (0.60,0.80,1.00)	ÖO (0.00,0.20,0.40)	GÜ (0.30,0.50,0.70)

Tablo 20’de alternatiflerin alt kriterler için bulanık değerleri matrisi verilmiştir. Bu matris eşitlik 22’den yararlanılarak normalleştirilmiş ve Tablo 21’deki normalize edilmiş değerler elde edilmiştir. Normalize edilmiş değerler eşitlik 23’den yararlanılarak ağırlıklarla çarpılmış ve Tablo 22’deki ağırlıkla çarpılmış değerler elde edilmiştir. Ayırma mesafeleri eşitlik 24 ve 25’den yararlanılarak hesaplanmış ve Tablo 23 ve 24’de verilmiştir. Pozitif ideal çözüm değerleri eşitlik 26, negatif ideal çözüm değerleri eşitlik 27 ve yakınlık endeksleri eşitlik 28’den yararlanılarak hesaplanmış ve sonuçlar Tablo 25’de verilmiştir. Bu tabloya göre en iyi alternatifin A4 olduğu, bunu A3, A2 ve A1’in izlediği söylenebilir.

Tablo 20: Alt kriterlerin alternatifler için bulanık değerleri (\tilde{I}_A)

	AD	HO	GR
A1	(0,0,20)	(0,20,40)	(60,80,100)
A2	(0,20,40)	(30,50,70)	(80,100,100)
A3	(80,100,100)	(30,50,70)	(60,80,100)
A4	(80,100,100)	(80,100,100)	(60,80,100)
	Fİ	NM	ÖO
A1	(80,100,100)	(80,100,100)	(0,20,40)
A2	(30,50,70)	(0,20,40)	(30,50,70)
A3	(0,20,40)	(0,20,40)	(0,20,40)
A4	(60,80,100)	(0,20,40)	(60,80,100)
	ZT	Mİ	GÜ
A1	(60,80,100)	(0,20,40)	(0,20,40)
A2	(30,50,70)	(60,80,100)	(30,50,70)
A3	(0,20,40)	(80,100,100)	(60,80,100)
A4	(80,100,100)	(30,50,70)	(80,100,100)

Tablo 21: Normalized edilmiş değerler (r_{ij})

	AD	HO	GR
A1	(0.00,0.00,0.25)	(0.00,0.20,0.50)	(0.60,0.80,1.25)
A2	(0.00,0.20,0.50)	(0.30,0.50,0.88)	(0.80,1.00,1.25)
A3	(0.80,1.00,1.25)	(0.30,0.50,0.88)	(0.60,0.80,1.25)
A4	(0.80,1.00,1.25)	(0.80,1.00,1.25)	(0.60,0.80,1.25)
	Fİ	NM	ÖÖ
A1	(0.80,1.00,1.25)	(0.80,1.00,1.25)	(0.00,0.25,0.67)
A2	(0.30,0.50,0.88)	(0.00,0.20,0.50)	(0.30,0.63,1.17)
A3	(0.00,0.20,0.50)	(0.00,0.20,0.50)	(0.00,0.25,0.67)
A4	(0.60,0.80,1.25)	(0.00,0.20,0.50)	(0.60,1.00,1.67)
	ZT	Mİ	GÜ
A1	(0.60,0.80,1.25)	(0.00,0.20,0.50)	(0.00,0.20,0.50)
A2	(0.30,0.50,0.88)	(0.60,0.80,1.25)	(0.30,0.50,0.88)
A3	(0.00,0.20,0.50)	(0.80,1.00,1.25)	(0.60,0.80,1.25)
A4	(0.80,1.00,1.25)	(0.30,0.50,0.88)	(0.80,1.00,1.25)

Tablo 22: Ağırlıklarla çarpılmış değerler (v_{ij})

Ana ağırlıklar	(0.80,1.00,1.00)	(0.80,1.00,1.00)	(0.80,1.00,1.00)
Alt ağırlıklar	(0.80,1.00,1.00)	(0.80,1.00,1.00)	(0.60,0.80,1.00)
Ağırlıklar çarpımı	(0.64,1.00,1.00)	(0.64,1.00,1.00)	(0.48,0.80,1.00)
	AD	HO	GR
A1	(0.00,0.00,0.25)	(0.00,0.20,0.50)	(0.29,0.64,1.25)
A2	(0.00,0.20,0.50)	(0.19,0.50,0.88)	(0.38,0.80,1.25)
A3	(0.51,1.00,1.25)	(0.19,0.50,0.88)	(0.29,0.64,1.25)
A4	(0.51,1.00,1.25)	(0.51,1.00,1.25)	(0.29,0.64,1.25)
Ana ağırlıklar	(0.60,0.80,1.00)	(0.60,0.80,1.00)	(0.60,0.80,1.00)
Alt ağırlıklar	(0.80,1.00,1.00)	(0.30,0.50,0.70)	(0.00,0.20,0.40)
Ağırlıklar çarpımı	(0.48,0.80,1.00)	(0.18,0.40,0.70)	(0.00,0.16,0.40)
	Fİ	NM	ÖÖ
A1	(0.38,0.80,1.25)	(0.14,0.40,0.88)	(0.00,0.04,0.27)
A2	(0.14,0.40,0.88)	(0.00,0.08,0.35)	(0.00,0.10,0.47)
A3	(0.00,0.16,0.50)	(0.00,0.08,0.35)	(0.00,0.04,0.27)
A4	(0.29,0.64,1.25)	(0.00,0.08,0.35)	(0.00,0.16,0.67)
Ana ağırlıklar	(0.30,0.50,0.70)	(0.30,0.50,0.70)	(0.30,0.50,0.70)
Alt ağırlıklar	(0.60,0.80,1.00)	(0.00,0.20,0.40)	(0.30,0.50,0.70)
Ağırlıklar çarpımı	(0.18,0.40,0.70)	(0.00,0.10,0.28)	(0.09,0.25,0.49)
	ZT	Mİ	GÜ
A1	(0.11,0.32,0.88)	(0.00,0.02,0.14)	(0.00,0.05,0.25)
A2	(0.05,0.20,0.61)	(0.00,0.08,0.35)	(0.03,0.13,0.43)
A3	(0.00,0.08,0.35)	(0.00,0.10,0.35)	(0.05,0.20,0.61)
A4	(0.14,0.40,0.88)	(0.00,0.05,0.25)	(0.07,0.25,0.61)

Tablo 23: Ayırma mesafeleri D_{ij}^*

	AD	HO	GR	Fİ	NM	ÖO	ZT	Mİ	GÜ
A1	1.36	1.02	0.16	0.00	0.00	0.31	0.10	0.36	0.54
A2	1.02	0.58	0.00	0.45	0.61	0.11	0.30	0.05	0.26
A3	0.00	0.58	0.16	0.85	0.61	0.31	0.61	0.00	0.08
A4	0.00	0.00	0.16	0.16	0.61	0.00	0.00	0.17	0.00

Tablo 24: Ayırma mesafeleri D_{ij}^-

	AD	HO	GR	Fİ	NM	ÖO	ZT	Mİ	GÜ
A1	0.00	0.00	0.00	0.85	0.61	0.00	0.50	0.00	0.00
A2	0.44	0.49	0.16	0.40	0.00	0.18	0.29	0.30	0.26
A3	1.36	0.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.36	0.44
A4	1.36	1.02	0.00	0.69	0.00	0.31	0.61	0.18	0.54

Tablo 25: Alternatiflerin puanları

	Si*	Si-	Ci	Normalleştirilmiş Ci
A1	3.84	1.95	0.34	0.17
A2	3.38	2.52	0.43	0.21
A3	3.19	2.65	0.45	0.22
A4	1.09	4.70	0.81	0.40

6. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışma ile daha önceden tedarikçi seçimi literatüründe yer alan hatalı oranı, fiyat, nakliye maliyeti, zamanında teslimat, müşteri ilişkileri ve güven kriterlerine ek olarak pet şişe tedarikçisi seçiminde ağız düzgünlüğü, gramaj ve ödeme opsiyonları kriterlerinin de dikkate alınması gerektiği ortaya çıkarılmıştır.

Uygulanan bulanık TOPSIS yöntemine göre en iyi alternatif A4 olarak belirlenmiş, bunu takip eden A3'ün sıralama puanı ise A4'ün puanının yaklaşık yarısı kadar bulunmuştur. Bulanık AHP'nin sonucuna göre ise A3 ve A4 alternatifleri aynı puanla en iyi alternatifler olarak belirlenmiştir.

Bulanık TOPSIS'de tüm kriterler ağırlıkları oranında problemin çözümüne katkıda bulunmuştur. Ancak bulanık AHP'de durum çok farklıdır. Maliyet kriterinin alt kriterlerinde fiyat'ın ağırlığı bir iken diğer alt kriterler olan nakliye maliyeti ve ödeme opsiyonlarının ağırlığı sıfırdır. Benzer şekilde şişe kalitesinin alt kriteri olan gramajın ağırlığı da sıfırdır. Dahası maliyet ve hizmet kalitesi ana kriterlerinin ağırlığı da sıfırdır. Ağırlığı sıfır olan bu kriterlerin problemin çözümüne bir katkısı olmamıştır. Problemin çözümünde yalnızca şişenin kalitesi ana kriteri ve onun alt kriterlerinden olan ağız düzgünlüğü ve hatalı oranı kullanılmışlardır. Diğer ana ve alt kriterler çözümde dikkate alınmamıştır. Dolayısıyla Chang'in bulanık AHP yönteminin bu problemin çözümü için ideal bir yöntem olmadığı söylenebilir.

Çalışmada kullanılan bulanık TOPSIS'in bulanık AHP'ye olan bir üstünlüğünün de hesaplamalarının daha kısa olmasıdır. Ancak AHP'nin kriterleri ve alternatifleri ikili olarak karşılaştırmasının da bu yöntemin bir avantajı olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Sonuçta çalışmada kullanılan problemin yapısına Kahraman vd. (2007)'nin geliştirdiği bulanık TOPSIS yönteminin daha uygun olduğu aşikârdır.

Bu çalışmanın bilim dünyasına katkısı pet şişe tedarikçisi seçiminde, Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinin uygulandığı ilk çalışma olmasıdır. Pet şişe tedarikçisi seçerken göz önünde bulundurulması gereken kriterler ilk kez bu çalışma ile belirlenmiştir. Çalışmanın iş dünyasına katkısı ise pet şişe tedarikçisi seçerken bilimsel karar verme yöntemlerinin kullanımınıdır.

Çalışma gıda sektöründe üretim yapan bir firmada uygulanmıştır. Aynı sektörde ya da farklı sektörlerde üretim yapan diğer firmaların pet şişe tedarikçisi seçiminde göz önünde bulunduracağı kriterler ve bunların ağırlıkları farklı olabilir. Bu nedenle elde edilen sonuçlar yalnızca çalışılan firma için geçerlidir. Ayrıca bu çalışmada Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden yalnızca ikisi uygulanmıştır. Gelecekte yapılacak çalışmalarda sonuçların genelleştirilebilmesi için aynı sektöre ya da farklı sektörlerde uygulama yapılabilir ve diğer Çok Kriterli Karar Verme (ELECTRE, PROMETHE, VIKOR, SAW v.b.) yöntemlerinden ya da farklı bulanık AHP ve bulanık TOPSIS algoritmalarından yararlanılabilir.

KAYNAKÇA

1. Buckley, J. J. (1985), "Fuzzy hierarchical analysis", *Fuzzy Sets and Systems*, 17(3), pp. 233-247.
2. Chang, D.-Y. (1996), "Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP", *European Journal of Operational Research*, 95(3), pp. 649-655.
3. Chen, C.-T. (2000), "Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment", *Fuzzy Sets and Systems*, 114(1), pp. 1-9.
4. Chen, S. J., & Hwang, C. L. (1992), *Fuzzy multiple attribute decision making methods and applications*, Springer-Verlag, Berlin.
5. Chu, T.-C., & Lin, Y.-C. (2003), "A Fuzzy TOPSIS Method for Robot Selection", *Int J Adv Manuf Technol*(21), pp. 284-290.
6. Ho, W., Xu, X., & Dey, P. K. (2010), "Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review", *European Journal of Operational Research*, 202(1), pp. 16-24.
7. Hwang, C. L., & Yoon, K. (1981), *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*, Springer-Verlag, New York.
8. Kahraman, C., Cebeci, U., & Ruan, D. (2004), "Multi-attribute comparison of catering service companies using fuzzy AHP: The case of

- Turkey", *International Journal of Production Economics*, 87, pp. 171–184.
9. Kahraman, C., Ates, N. Y., Çevik, S., Gülbay, M., & Erdogan, S. A. (2007), "Hierarchical fuzzy TOPSIS model for selection among logistics information technologies", *Journal of Enterprise Information Management*, 20(2), pp.143–168.
 10. Kaptanoğlu, D., & Özok, A. F. (2006), "Akademik performans değerlendirmesi için bir bulanık model", *itüdergisi/d mühendislik*, 5(1), s. 193-204.
 11. Liang, G.-S. (1999), "Fuzzy MCDM based on ideal and anti-ideal concepts", *European Journal of Operational Research*, 112(3), pp. 682-691.
 12. Saaty, R. W. (1987), "The analytic hierarchy process--what it is and how it is used", *Mathematical Modelling*, 9(3-5), pp. 161-176.
 13. Seçme, N. Y., & Özdemir, A. İ. (2008), "Bulanık Analitik Hiyerarşi Yöntemi ile Çok Kriterli Stratejik Tedarikçi Seçimi: Türkiye Örneği", *İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 22(2), pp. 175-191.
 14. Tsaur, S.-H., Chang, T.-Y., & Yen, C.-H. (2002), "The evaluation of airline service quality by fuzzy MCDM", *Tourism Management*, 23(2), pp. 107-115.
 15. Ulucan, A. (2007), *Yöneylem Araştırması, İşletmecilik Uygulamalı Bilgisayar Destekli Modelleme*, Siyasal Kitabevi, Ankara.
 16. van Laarhoven, P. J. M., & Pedrycz, W. (1983), "A fuzzy extension of Saaty's priority theory", *Fuzzy Sets and Systems*, 11(1-3), pp. 199-227.
 17. Weber, C. A., Current, J. R., & Benton, W. C. (1991), "Vendor selection criteria and methods", *European Journal of Operational Research*, 50(1), pp. 2-18.
 18. Yahya, S., & Kingsman, B. (1999), "Vendor rating for an entrepreneur development programme: a case study using the analytic hierarchy process method", *Journal of the Operational Research Society*, 50, pp. 916-930.
 19. Zadeh, L. A. (1965), "Fuzzy sets", *Information and Control*, 8(3), pp. 338-353.
 20. Zhang, G., & Lu, J. (2003), "An integrated group decision-making method dealing with fuzzy preferences for alternatives and individual judgments for selection criteria", *Group Decision and Negotiation*, 12, pp. 501-515.