



Ürün Seçimi için Hibritlenmiş Fuzzy-AHP ve TOPSIS Yöntemine Dayalı Bir Karar Destek Sistemi

A Decision Support System for Product Selection Using Hybridized Fuzzy-AHP TOPSIS Methods

Ali Osman Kuşakcı*¹

¹*İbn Haldun Üniversitesi, Yönetim Bilimleri Fakültesi, İşletme Bölümü, İSTANBUL, TÜRKİYE*

Başyuru/Received: 07/06/2018

Kabul/Accepted: 27/08/2018

Son Versiyon / Final Version: 31/01/2019

Öz

Ürün gamının çok geniş olduğu ürün aileleleri için talep edilen ürünün müşterinin isteği doğrultusunda; maliyet, kalite, fonksiyonellik gibi müşterinin ihtiyaçlarına/önceliklerine en iyi cevap verebilecek şekilde seçilmesi süreci karmaşık ve zahmetli bir Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) problemidir. Bu çalışmada, Bulanık-AHP ve TOPSIS metotlarını kullanarak endüstriyel tip fan seçimi problemi için hibrit bir karar destek sistemi önerilmektedir. Önerilen model ile müşterinin taleplerine ve önceliklerine göre kriter ağırlıklarının Bulanık-AHP ile tespiti yapılmaktadır. Elde edilen kriter ağırlıkları kullanılarak TOPSIS yöntemi ile en iyi alternatifler sıralanmakta ve müşteriye sunulmaktadır.

Anahtar Kelimeler

“Çok kriterli karar verme, Fuzzy AHP, TOPSIS, Endüstriyel Fan Seçimi”

Abstract

Product selection process requires perfect satisfaction of the customer needs and preferences in terms of quality, cost and functionality. Considering this aspects, it is a complex multi-criteria decision making problem. This statement is especially true for such product families with wide product variety. This study aims to design an interactive decision support tool for selecting industrial fans by employing a hybridized fuzzy-AHP and TOPSIS approach. With this work, an expert system for industrial fan selection is realized which collects customer's requirements and preferences with Fuzzy-AHP and ranks the best fitting alternative products using TOPSIS approach.

Keywords

“Multi-criteria decision making, Fuzzy-AHP, TOPSIS, Industrial Fan Selection”

1. GİRİŞ

Karar destek sistemleri (KDS) son yıllarda daha da karmaşık hale gelen karar verme süreçlerini standardize etmek ve çözüm aşamasında etkili bir yaklaşım geliştirmek için gereklidir. Bu temel amaç çerçevesinde KDS'ler tedarikçi seçimi (Görener, Ayvaz, Kusakcı, & Altınok, 2017) (Scott, Ho, Dey, & Talluri, 2015), yer seçimi (Uzun & Kuşakcı, 2016), toplu taşımada mod seçimi (Erdoğan & Kaya, 2016) (Aydın, Celik, & Gumus, 2015), sezgisel algoritmaların performans ölçümü (Krohling & Pacheco, 2015), personel seçimi (Abdullah & Zulkifli, 2015) (Özbek, 2014), yazılım seçimi (Kilic, Zaim, & Delen, 2014) ve montaj hattı dengeleme gibi çok farklı alanlarda uygulanmıştır (Behzadian, Khanmohammadi Otaghsara, Yazdani, & Ignatius, 2012; Celik, Gul, Aydın, Gumus, & Guneri, 2015; Mardani, Jusoh, & Zavadskas, 2015).

Uygun ürünün seçimi problemi de dikkate alınması gereken seçim kriterlerinin ve değerlendirmeye tabii tutulması gereken alternatiflerin sayısı göz önüne alındığında, karmaşık bir ÇKKV problemidir (Bulut, Duru, & Kocak, 2015) (Ahmed Ali, Sapuan, Zainudin, & Othman, 2015). Sanayinin birçok sektöründe endüstriyel tip fanlar kullanılmaktadır. Fan seçilirken kullanılacağı projeye göre fanın türü, tahrik şekli, yatırım maliyeti, bakım maliyeti, enerji verimliliği, boyutları ve kullanım koşulları gibi birden çok kriter göz önünde bulundurulur. Yine bu kriterlerin önem derecesi de müşteriden müşteriye değişmekte; bu önem derecelerinin müşteri tarafından sayısal değerlere dönüştürülerek ifadesi de genelde çok kolay olmamaktadır (Gul, Celik, Gumus, & Guneri, 2017). İşte tam da bu noktada insanın günlük hayatta kullandığı doğal dile ve değerlendirme yaklaşımlarına daha uygun olan Bulanık KDS'ler önem kazanmaktadır (Görener et al., 2017) (Ayvaz & Kuşakcı, 2017).

Bu çalışmada endüstriyel tip fan seçimi için iki aşamalı bulanık-AHP ve TOPSIS temelli bir KDS önerilmektedir. İlk aşamada müşteriden online olarak fan seçiminde önem arzeden kriterlerin ikili karşılaştırmalarını dilsel ifadeler ile (eşit önemli, daha az önemli gibi...) yapması istenmekte; ve elde edilen veriler Bulanık-AHP yöntemi ile sayısallaştırılmaktadır. İkinci aşamada müşterinin tercihlerine göre şekillenen kriter ağırlıklarını dikkate alarak firmanın Uzman Sistemi tarafından TOPSIS yöntemi uygulanmakta ve müşteriye talebine uygun olan ürün modelleri sıralanmaktadır. Bu çalışma endüstriyel tip fan seçimi sürecinde müşteri ve tedarikçi firmanın yaklaşımlarını sistematik olarak bir araya getiren pratik bir vaka çalışması olması dolayısıyla özgünlük arz etmektedir.

Makale ana hatları ile şu bölümlerden oluşmaktadır: Birinci bölümde konuya giriş yapılmış; ikinci bölümde yapılan uygulama ile ilişkili bilimsel çalışmalar irdelenmiştir. Üçüncü bölüm kullanılan metodolojiye ayrılmış; dördüncü bölümde örnek bir uygulama gösterilmiştir. Beşinci bölümde son söz okuyucunun dikkatine sunulmuştur.

2. LİTERATÜR TARAMASI

ÇKKV yöntemleri ile ilgili yapılan çalışmalar dikkate alındığında bu yöntemler ve bunların bulanık versiyonları ile yapılan çalışmaların yoğun şekilde kullanıldığı görülmektedir (Al-Oqla ve Salit, 2017; Ayvaz ve Kuşakcı, 2017; Balo ve Sağbanşua, 2016; Dožić ve Kalić, 2015; Gul vd., 2017; Serrai vd, 2017). Burada bahsedilen teknikler kullanılarak yapılan çalışmalardan özellikle ürün seçimine odaklanan küçük bir kısmına değinilmiştir.

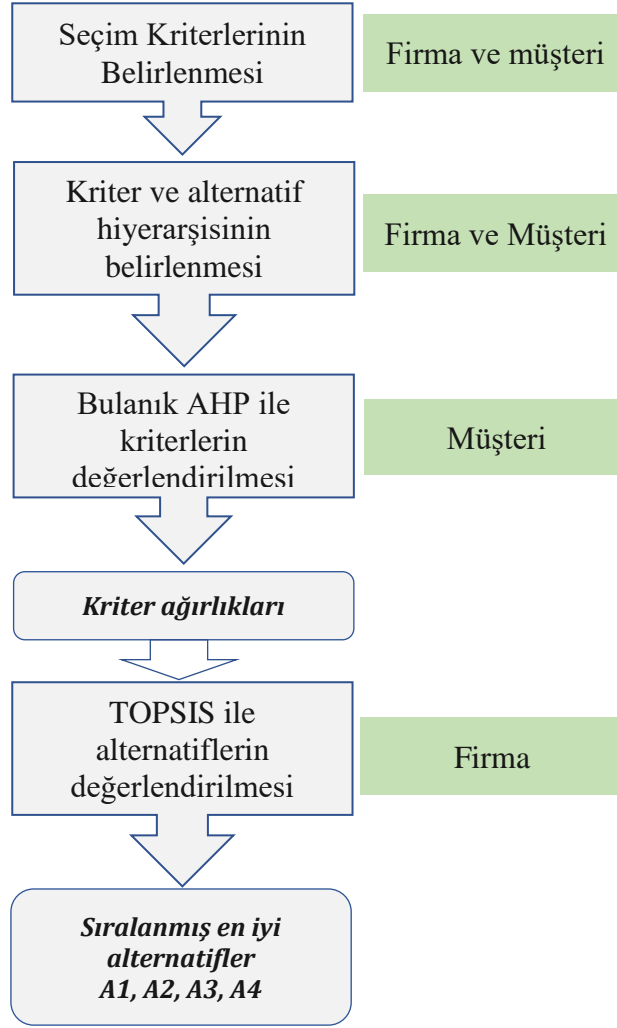
Serrai vd. (2017) web servis seçimi için dört farklı ÇKKV yöntemini kullanarak hibrit bir yöntem önermişlerdir. Elde edilen sonuçlar BORDA oylama yöntemi ile karşılaştırılmış ve alternatif sayısı arttıkça farklı ÇKKV metodlarının benzer sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Ürün seçimi ile ilgili benzer bir karşılaştırılmalı çalışma (Dožić ve Kalić, 2015)'de yapılmış ve uçak tiplerinin seçilmesinde kullanılmıştır.

Gül vd. (2017) tarafından yapılan çalışmada otomobil ön konsol göstergeleri için malzeme seçimi yapılmış ve bu amaçla bulanık PROMETHEE yöntemi önerilmiştir. Otomobiller için kullanılan kompozit malzeme seçimi problemi ayrıca (Ahmed Ali vd., 2015) tarafından da ele alınmış ve AHP yöntemi uygulanmıştır. AHP kullanılarak yapılan başka bir ürün seçimi çalışmasında güneş enerjisi paneli seçilmiştir (Balo ve Sağbanşua, 2016). AHP yaklaşımı endüstriyel makineler için güvenlik ekipmanlarının seçimi için de kullanılmıştır (Caputo vd., 2013). Yazarlar bu ürün seçimi probleminde öne çıkan kriterleri tespit ettikten sonra AHP yöntemi ile mevcut alternatifleri sıralamıştır.

Meng vd. (2016) ömrünü tamamlamış ürünlerin değerlendirilmesi konusunda ilginç bir yaklaşım önermiş PROMETHEE ve hedef programlama yaklaşımları hibritlenmiştir. Karmaşık bir ÇKKV problemi olan üretim teknolojisi ve buna uygun olarak makine takım tezgâhi seçimi (Durán ve Aguilo, 2008) tarafından ele alınmış ve bulanık bir karar ortamı kabulü altında AHP modeli önerilmiştir. Önerilen yaklaşım pratik bir vaka için uygulanmıştır. Aynı alanda AHP kullanılarak benzer bir çalışma da Yurdakul (2004) tarafından yapılmıştır.

3. METODOLOJİ

Ürün seçimi sürecinde hem müşteri hem de üreticinin ve/veya distribütörün bakış açısının dikkate alınması çok önemlidir. Zira genelde müşteri kendisi açısından muhtemel kriterlerden hangilerinin daha önemli olduğuna karar verebilmekte ancak hangi ürünün hangi kriter açısından nasıl değerlendirilmesi gerektiği konusunda yeterli bilgiye sahip olmamaktadır.



Şekil 1. Önerilen hibrit metodun ana adımları

Önerilen yaklaşımda müşterinin endüstriyel fan seçimi ile ilgili dikkate aldığı kriterlere bulanık AHP yöntemi ile ağırlıklar vermesi beklenmektedir. Elde edilen bu çıktı firma müşteri temsilcisi tarafından TOPSIS ile değerlendirilmekte ve müşterinin beklentisine en uygun ürünler sıralanmaktadır. Önerilen bütünlük KDS'nin ana adımları

Şekil 1'de verilmiştir.

Sonraki alt bölümlerde, yapılan çalışmada kullanılan temel yaklaşımlar makalenin bütüncül yaklaşımını korumak için özetlenmiştir.

3.1. Bulanık AHP

Bulanık AHP yöntemi bulanık mantık yaklaşımını AHP yöntemi ile birleştiren ve bu yönü ile kesin verilerle sayısallaştırılmayan, belirsizliğin ve göreceliğin yüksek olduğu karar verme süreçlerinde etkin bir araçtır. Bu yaklaşımda karar vericinin kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi aşamasında kişisel değerlendirmesini sözel olarak ifade etmesi istenir. Bu yönü ile daha gerçekçi bir değerlendirme yöntemidir (Ayhan, 2013).

Alternatiflerin sıralanması dilsel değişkenler vasıtasıyla gerçekleştirilir. Her bir dilsel değişkenin bulanık mantıkta karşılığı vardır. Bu ifadelerin karşılıkları üçgensel üyelik fonksiyonlarıdır. Üçgensel üyelik fonksiyonunu tanımlayan 3 parametre vardır. Bu parametreler l , m , u olmak üzere üyelik fonksiyonu;

$$\mu_a(x; l, m, u) = \begin{cases} l \leq x \leq m & \text{ise} & \frac{(x-l)}{(m-l)} \\ m \leq x \leq u & \text{ise} & \frac{(u-x)}{(u-m)} \\ x > u \text{ veya } x < l & \text{ise} & 0 \end{cases} \quad (1)$$

şeklinde tanımlanmıştır. Burada m üçgensel bulanık sayının $\mu_A(m) = 1$ olduğu değer, u ve l ise bulanık sayının üst ve alt destek değerleridir (Baykal & Beyan, 2004).

Bulanık-AHP'nin adımları aşağıdaki gibidir (Ayhan, 2013);

1. Adım: Tablo 1'deki bulanık sayılar kullanılarak kriterler arasında sözel karşılaştırma matrisi oluşturulur (Eşitlik 2). Bu aşamada, k karar vericinin n tane kritere ilişkin değerlendirme yaptığı bir problem için, her k karar vericisi için bulanık karşılaştırma matrisi aşağıdaki gibi tanımlanır.

Tablo 1. Bulanık AHP'de sözel ifadeler ve bulanık üçgensel sayı karşılıkları

Saaty Ölçeği	Tanımlama	Bulanık Üçgensel Sayıları
1	EŞİT ÖNEMLİ (EÖ)	(1,1,1)
3	AZ ÖNEMLİ (AÖ)	(2,3,4)
5	ÖNEMLİ (Ö)	(4,5,6)
7	ÇOK ÖNEMLİ (ÇÖ)	(6,7,8)
9	DAHA ÇOK ÖNEMLİ (DÇÖ)	(9,9,9)
2	İki tanımlama arasında kalan değerler	(1,2,3)
4		(3,4,5)
6		(5,6,7)
8		(7,8,9)

Bu karşılaştırma matrisinde \widetilde{d}_{ij}^k ifadesi k nolu karar vericinin i. kriteri j. kriterle sözel ikili karşılaştırmasına tekabül eden bulanık üçgensel sayıdır.

$$\widetilde{A}^k = \begin{bmatrix} \widetilde{d}_{11}^k & \widetilde{d}_{12}^k & \dots & \widetilde{d}_{1n}^k \\ \widetilde{d}_{21}^k & \dots & \dots & \widetilde{d}_{2n}^k \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \widetilde{d}_{n1}^k & \widetilde{d}_{n2}^k & \dots & \widetilde{d}_{nn}^k \end{bmatrix} \quad (2)$$

2. Adım: Eğer karar verici sayısı K ise bu değerlerin ortalaması alınır. Buna göre;

$$\widetilde{d}_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^K \widetilde{d}_{ij}^k}{K} \quad (3)$$

Ortalaması alınan eşleştirme matrisi aşağıdaki gibi gösterilebilir.

$$\widetilde{A} = \begin{bmatrix} \widetilde{d}_{11} & \dots & \widetilde{d}_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \widetilde{d}_{n1} & \dots & \widetilde{d}_{nn} \end{bmatrix} \quad (4)$$

3. Adım: Her bir kriter için verilen bulanık üçgen sayıların geometrik ortalaması bulunur (Buckley, 1985).

$$\widetilde{r}_i = \left(\prod_{j=1}^n \widetilde{d}_{ij} \right)^{\frac{1}{n}}, i = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

4. Adım: Her bir kritere ait bulanık ağırlık değerleri aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\widetilde{w}_i = \widetilde{r}_i \otimes (\widetilde{r}_1 \oplus \widetilde{r}_2 \oplus \dots \oplus \widetilde{r}_n)^{-1} = (lw_i, mw_i, uw_i) \quad (6)$$

5. Adım: Bulanık olan \widetilde{w}_i değerleri aşağıdaki formül yardımı ile durulaştırılır.

$$M_i = \frac{lw_i + mw_i + uw_i}{3} \quad (7)$$

6. Adım: Son aşamada M_i değeri normalize edilir.

$$N_i = \frac{M_i}{\sum_{i=1}^n M_i} \quad (8)$$

3.2. TOPSIS Yöntemi

TOPSIS yöntemi, değerlendirilen alternatiflere göre yapay olarak oluşturulan pozitif ideal alternatife en yakın ve negatif ideale en uzak olan alternatifin seçilmesi fikrine dayanmaktadır (Lai, Liu, & Hwang, 1994).

TOPSIS yönteminin adımlarını aşağıdaki gibi özetleyebiliriz.

1. Adım: n kriter ve m alternatif olması durumunda karar verici her alternatifi n kritere göre değerlendirir.

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

2. Adım: i . kriter ve j . alternatif için normalize edilmiş karar matrisi aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanır.

$$R_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}} \quad (i = 1, \dots; m \text{ ve } j = 1, \dots, n) \quad (9)$$

Buna göre normalize karar matrisi aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1p} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mp} \end{bmatrix}$$

3. Adım: Daha önce Bulanık-AHP ile Eşitlik 8'e göre elde edilen ağırlıklar, n_i , kullanılarak normalize karar matrisi ağırlıklandırılır. Buna göre;

$$T_{ij} = \begin{bmatrix} n_1 r_{11} & n_2 r_{12} & \cdots & n_n r_{1n} \\ n_1 r_{21} & n_2 r_{22} & \cdots & n_n r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ n_1 r_{m1} & n_2 r_{m2} & \cdots & n_n r_{mn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} & \cdots & t_{1n} \\ t_{21} & t_{22} & \cdots & t_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ t & t_{m2} & \cdots & t_{mn} \end{bmatrix}$$

4. Adım: T_{ij} değerleri kullanılarak Pozitif ideal (A^*) ve Negatif İdeal Çözüm (A^-) değerleri hesaplanır.

$$A^* = \{t_1^*, t_2^*, \dots, t_n^*\} \text{ her sütuna ait maks. değerler} \quad (10)$$

$$A^- = \{t_1^-, t_2^-, \dots, t_n^-\} \text{ her sütuna ait min. değerler} \quad (11)$$

5. Adım: Her i alternatifi için pozitif ideal ve negatif ideal çözüme olan uzaklıklar (S_i^* ve S_i^-) sırasıyla Eşitlik 12 ve 13'e göre hesaplanır.

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (T_{ij} - T_j^*)^2} \quad (12)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (T_{ij} - T_j^-)^2} \quad (13)$$

6. Adım: Son adımda pozitif ideal çözüme göreceli uzaklık değeri C_i^* aşağıdaki gibi hesaplanır.

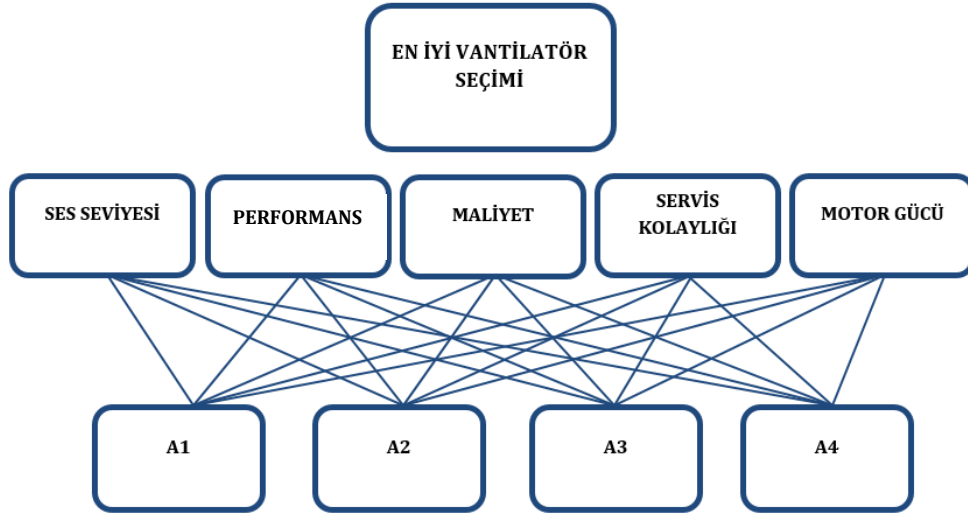
$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*} \quad (14)$$

Burada C_i^* değeri $0 \leq C_i^* \leq 1$ aralığındadır.

4. ENDÜSTRİYEL FAN SEÇİMİ PROBLEMİ İÇİN BİR UYGULAMA

Uygulama yapılan firma 1976'dan beri sektörde olup, geniş bir ürün gamında aksiyal ve radyal vantilatörler üretmekte; başta ABD ve Avrupa ülkeleri olmak üzere ihracat yapmaktadır. Firmada önerilen yöntem öncesi ürün seçim süreci, müşteri ve müşteri temsilcisi arasında yapılan görüşmede 50 ila 70 arası ürün eğrisinin birebir değerlendirilmesini gerektiren meşakkatli bir süreçti.

Şekil 1'de önerilen yöntemin ana adımlarını dikkate aldığımızda, ilk etapta ürün seçimi için önemli olan kriterlerin tespit edilmesi gerekmektedir. Firmanın daha önceki satış tecrübeleri ve müşterilerinden aldığı geri dönüşlere göre problem hiyerarşisi Şekil 2'deki gibi oluşturulmuş ve beş temel seçim kriteri belirlenmiştir. Bu beş temel kriter ile müşteriden alınan ilk doneler kullanılarak geniş bir ürün gamından dört farklı alternatif (A1, A2, A3 ve A4) müşteriye sunulacak ve kriterlere müşteri tarafından verilen ağırlıklar ile önceliklere en uygun ürün belirlenecektir.



Şekil 2. Önerilen AHP hiyerarşisi

Bir sonraki aşamada müşteriden bu beş kriterle ilgili Tablo 1’de verilen dilsel ifadelerle ikili karşılaştırmalar yapması istenmiştir. Burada ürün seçim süreci bir örnekle açıklanacaktır. Müşteriden beş temel kriter için ikili karşılaştırma yapması istenmiş ve bu matris Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Dilsel ikili karşılaştırma matrisi

	Ses Seviyesi	Performans	Maliyet	Servis Kolaylığı	Motor Gücü
Ses Seviyesi	EÖ	AÖ	1/AÖ	Ö	1/DÇÖ
Performans	1/AÖ	EÖ	ÇÖ	AÖ	1/ÇÖ
Maliyet	AÖ	1/ÇÖ	EÖ	EÖ	AÖ
Servis Kolaylığı	1/Ö	1/AÖ	EÖ	EÖ	1/DÇÖ
Motor Gücü	DÇÖ	ÇÖ	1/AÖ	DÇÖ	EÖ

Müşteriden online olarak alınan bu verinin üçgensel bulanık sayı karşılığı Tablo 3’te gösterilmiştir.

Bölüm 3.1’de tarif edilen adımlar takip edildiğinde Tablo 4’teki kriter ağırlıklarına ulaşılmıştır. Buna göre bu müşteri için Motor Gücü kriteri fan seçiminde en önemli kriterdir.

Tablo 3. Karşılaştırma matrisinin üçgensel bulanık sayı halinde ifadesi

	Ses Seviyesi			Performans			Maliyet			Servis Kolaylığı			Motor Gücü		
Ses Seviyesi	1	1	1	2	3	4	¼	1/3	½	4	5	6	1/9	1/9	1/9
Performans	¼	1/3	1/2	1	1	1	6	7	8	2	3	4	1/8	1/7	1/6
Maliyet	2	3	4	1/8	1/7	1/6	1	1	1	1	1	1	2	3	4
Servis Kolaylığı	1/6	1/5	1/4	1/4	1/3					1	1	1			
Motor Gücü	9	9	9	6	7	8	¼	1/3	½	9	9	9	1	1	1

Son aşamada ise müşteriden alınan kriter ağırlıkları ile belirlenen dört alternatif ürün için TOPSIS yöntemi uygulanmıştır. Değerlendirilecek ilk dört ürün ile ilgili detaylar ve üretici kataloglarına göre atanan skorlar Tablo 5’teki gibidir.

Tablo 4. Kriter ağırlıkları Table 4. Weights of the criteria

KRİTER	M_i	N_i
Ses Seviyesi	0,148	0,145
Performans	0,168	0,164
Maliyet	0,173	0,169
Servis Kolaylığı	0,063	0,061
Motor Gücü	0,474	0,462

Tablo 5. Alternatif ürünlerin kriterlere göre değerlendirilmesi

Alteratifler	Ürün Kodu	Ses Seviyesi	Performans	Maliyet	Servis Kolaylığı	Motor Gücü
A1	ERV 50/63 CA 1000d/d 11kW	0,884	1	0,427	0,864	0,406
A2	ERV 60/56 CA 1500d/d 11kW	0,915	0,75	0,348	0,770	0,406
A3	ERV 90/100 CA 1000d/d 11kW	0,879	0,5	0,344	0,752	0,406
A4	ERV 35/71 CA 750d/d 11kW	0,750	1	0,328	0,687	0,406

Bir sonraki adımda Bulanık-AHP ile bulunan ağırlıklar kullanılarak Eşitlik 9'a göre normalize edilmiş karar matrisi bulunmuştur (Tablo 6 ve Tablo 7).

Tablo 6. Normalize edilmiş karar matrisi

R	r_1	r_2	r_3	r_4	r_5
A1	0,514	0,596	0,586	0,560	0,5
A2	0,532	0,447	0,479	0,499	0,5
A3	0,511	0,298	0,472	0,487	0,5
A4	0,436	0,596	0,450	0,445	0,5

Tablo 7. Normalize edilmiş ağırlıklandırılmış karar matrisi

T=N*R	t1	t2	t3	t4	t5
A1	0,074	0,097	0,098	0,034	0,230
A2	0,077	0,073	0,080	0,030	0,230
A3	0,074	0,048	0,079	0,029	0,230
A4	0,063	0,097	0,076	0,027	0,230

Tablo 7'de verilen değerler kullanılarak Eşitlik 10 ve 11'e göre pozitif ve negatif ideal çözümler elde edilmiş ve Tablo 8'de verilmiştir.

Son adımda her alternatifin pozitif ve negatif ideal çözümlere uzaklıkları ve göreceli uzaklık değeri C, Tablo 9'daki gibi hesaplanmıştır.

Tablo 8. Pozitif ve negatif ideal çözümler

A ⁻	0,063	0,048	0,076	0,027	0,230
A [*]	0,077	0,097	0,098	0,034	0,230

Tablo 9. Alternatiflerin ideal çözümlere uzaklıkları ve göreceli uzaklık değerleri

	S*	S-	C
A1	6,85237E-06	0,003085928	0,99778440
A2	0,000937665	0,000824111	0,46777260
A3	0,002780011	0,000139348	0,04773253
A4	0,000767724	0,00238432	0,75643616

Buna göre öne çıkan bu dört alternatif, müşterinin kriterlere verdiği ağırlıklar neticesinde A1, A4, A2 ve A3 şeklinde sıralanmıştır.

Önerilen karar destek sistemi için hazırlanan yazılım arayüzü Şekil 3’te verilmiştir. Firma hazırlanan programı kullanıma almış; daha önce 50-70 civarı grafiğin incelenmesi ile uzun bir sürede yapılan ürün seçim işi önerilen yaklaşımla dakikalar içerisinde yapılmaktadır. Ayrıca sisteme doğrudan müşterinin katılımı müşteri memnuniyetini arttırmıştır.

The screenshot displays the 'SEÇİM DEĞERLERİ' (Selection Values) window. At the top, there are input fields for 'DEBİ:' (15000 m3/h), 'ÇALIŞMA SICAKLIĞI:' (50 C), 'BASINÇ:' (150 mmSS), and 'RAKIM:' (150 m). Below this, the 'SORU VE' (Question and) section contains ten questions (SORU1 to SORU10) arranged in a grid. Each question asks the user to rate the importance of a specific criterion on a scale from 'a.Eşit Önemli' (Equal importance) to 'e.Daha Çok Önemli' (Much more important). The criteria include fan selection, performance, service, cost, and motor power. Each question has a 'Cevaplar' (Answers) section with a dropdown menu and a radio button for 'b.' (More important). At the bottom, there are three buttons: 'TAMAM' (Finish), 'SIFIRLA' (Reset), and 'KAPAT' (Close).

Şekil 3. Önerilen KDS'nin arayüzü

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada interaktif bir karar destek sistemi aracı olarak endüstriyel tip fan seçimi probleminde Bulanık-AHP ve TOPSIS metotlarını hibritleyen bir yaklaşım geliştirilmiştir. Önerilen KDS’de müşteri şahsi tercihlerine göre endüstriyel fan seçiminde önemli olan 5 temel kriterin kendisi için ne kadar önemli olduğunu program üzerinden dilsel ifadelerle (önemli, çok önemli gibi...) belirtmekte; bu ifadeler Bulanık-AHP ile kriter ağırlıklarına dönüştürülmektedir. Bir sonraki aşamada TOPSIS yöntemine göre ürünler için firma tarafından her bir kriter göre yapılan değerlendirmeler ve müşteriden alınan subjektif kriter ağırlıkları kullanılmaktadır. Önerilen yöntem elde edilen skollara göre en iyi dört alternatif müşteriye sıralanmaktadır.

Yapılan çalışmanın sonucu olarak ortaya çıkan KDS müşterilerden alınan geri dönüşe göre çok büyük oranda başarı sağlamıştır. Programın en doğru biçimde çalışabilmesi için ürün gamının tamamının veri tabanına eklenmesi ve bu sistemin firmanın stok yönetimi yazılımı ile entegre edilmesi öngörülmektedir.

REFERENCES

Abdullah, L., & Zulkifli, N. (2015). Integration of fuzzy AHP and interval type-2 fuzzy DEMATEL: An application to human resource management. *Expert Systems with Applications*, 42(9), 4397–4409. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2015.01.021>

Ahmed Ali, B. A., Sapuan, S. M., Zainudin, E. S., & Othman, M. (2015). Implementation of the expert decision system for environmental assessment in composite materials selection for automotive components. *Journal of Cleaner Production*, 107, 557–567. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.05.084>

- Al-Oqla, F. M., & Salit, M. S. (2017). Material selection of natural fiber composites using the analytical hierarchy process. In *Materials Selection for Natural Fiber Composites* (pp. 169–234). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100958-1.00006-2>
- Aydin, N., Celik, E., & Gumus, A. T. (2015). A hierarchical customer satisfaction framework for evaluating rail transit systems of Istanbul. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 77, 61–81. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.03.029>
- Ayhan, M. B. (2013). A Fuzzy AHP Approach for Supplier Selection Problem: A Case Study in a Gearmotor Company. *International Journal of Managing Value and Supply Chains (IJMVSC)*, 4(3), 11–23. <https://doi.org/10.5121/ijmvsc.2013.4302>
- Ayvaz, B., & Kuşakcı, A. O. (2017). A trapezoidal type-2 fuzzy multi-criteria decision making method based on TOPSIS for supplier selection. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 23(1), 71–80. <https://doi.org/10.5505/pajes.2016.56563>
- Balo, F., & Şağbanşua, L. (2016). The Selection of the Best Solar Panel for the Photovoltaic System Design by Using AHP. *Energy Procedia*, 100, 50–53. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.10.151>
- Baykal, N., & Beyan, T. (2004). *Bulanık Mantık İlke Ve Temelleri* (1st ed.). İstanbul: Seçkin.
- Behzadian, M., Khanmohammadi Otaghsara, S., Yazdani, M., & Ignatius, J. (2012). A state-of the-art survey of TOPSIS applications. *Expert Systems with Applications*, 39(17), 13051–13069. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.05.056>
- Buckley, J. J. (1985). Ranking alternatives using fuzzy numbers. *Fuzzy Sets and Systems*, 15(1), 21–31. [https://doi.org/10.1016/0165-0114\(85\)90013-2](https://doi.org/10.1016/0165-0114(85)90013-2)
- Bulut, E., Duru, O., & Kocak, G. (2015). Rotational priority investigation in fuzzy analytic hierarchy process design: An empirical study on the marine engine selection problem. *Applied Mathematical Modelling*, 39(2), 913–923. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2014.07.018>
- Caputo, A. C., Pelagagge, P. M., & Salini, P. (2013). AHP-based methodology for selecting safety devices of industrial machinery. *Safety Science*, 53, 202–218. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2012.10.006>
- Celik, E., Gul, M., Aydin, N., Gumus, A. T., & Guneri, A. F. (2015). A comprehensive review of multi criteria decision making approaches based on interval type-2 fuzzy sets. *Knowledge-Based Systems*, 85, 329–341. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2015.06.004>
- Dožić, S., & Kalić, M. (2015). Comparison of Two MCDM Methodologies in Aircraft Type Selection Problem. *Transportation Research Procedia*, 10, 910–919. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2015.09.044>
- Durán, O., & Aguilo, J. (2008). Computer-aided machine-tool selection based on a Fuzzy-AHP approach. *Expert Systems with Applications*, 34(3), 1787–1794. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2007.01.046>
- Erdoğan, M., & Kaya, İ. (2016). Evaluating Alternative-Fuel Busses for Public Transportation in Istanbul Using Interval Type-2 Fuzzy AHP and TOPSIS. *Journal of Multiple-Valued Logic & Soft Computing*, 26(6), 625. Retrieved from <http://ezproxy.ticaret.edu.tr/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edb&AN=116399297&site=eds-live>
- Görener, A., Ayvaz, B., Kusakci, A. O., & Altinok, E. (2017). A hybrid type-2 fuzzy based supplier performance evaluation methodology: The Turkish Airlines technic case. *Applied Soft Computing*, 56(1), 436–445. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2017.03.026>
- Gul, M., Celik, E., Gumus, A. T., & Guneri, A. F. (2017). A fuzzy logic based PROMETHEE method for material selection problems. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.bjbas.2017.07.002>
- Kilic, H. S., Zaim, S., & Delen, D. (2014). Development of a hybrid methodology for ERP system selection: The case of Turkish Airlines. *Decision Support Systems*, 66, 82–92. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2014.06.011>
- Krohling, R. A., & Pacheco, A. G. C. (2015). A-TOPSIS – An Approach Based on TOPSIS for Ranking Evolutionary Algorithms. *Procedia Computer Science*, 55(1), 308–317. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.07.054>
- Lai, Y.-J., Liu, T.-Y., & Hwang, C.-L. (1994). TOPSIS for MODM. *European Journal of Operational Research*, 76(3), 486–500. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(94\)90282-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(94)90282-8)

Mardani, A., Jusoh, A., & Zavadskas, E. K. (2015). Fuzzy multiple criteria decision-making techniques and applications - Two decades review from 1994 to 2014. *Expert Systems with Applications*, 42(8), 4126–4148. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2015.01.003>

Meng, K., Lou, P., Peng, X., & Prybutok, V. (2016). A hybrid approach for performance evaluation and optimized selection of recoverable end-of-life products in the reverse supply chain. *Computers & Industrial Engineering*, 98, 171–184. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2016.05.025>

Özbek, A. (2014). Selection of Executives in Non-Governmental Organizations with an Integrated Approach. *Uluslararası Muhendislik Arastirma ve Gelistirme Dergisi*, 6(2), 39–46. <https://doi.org/10.29137/umagd.346092>

Scott, J., Ho, W., Dey, P. K., & Talluri, S. (2015). A decision support system for supplier selection and order allocation in stochastic, multi-stakeholder and multi-criteria environments. *International Journal of Production Economics*, 166, 226–237. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.11.008>

Serrai, W., Abdelli, A., Mokdad, L., & Hammal, Y. (2017). Towards an efficient and a more accurate web service selection using MCDM methods. *Journal of Computational Science*. <https://doi.org/10.1016/j.jocs.2017.05.024>

Uzun, S., & Kuşakcı, A. O. (2016). AFET LOJİSTİĞİ ALANINDA TESİS YERİ SEÇİMİ ÇALIŞMALARI. In *International Symposium on Natural Hazards and Hazard Management 2016* (pp. 798–806). Karabük.

Yurdakul, M. (2004). AHP as a strategic decision-making tool to justify machine tool selection. *Journal of Materials Processing Technology*, 146(3), 365–376. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2003.11.026>