



Received: October 11, 2017  
Accepted: December 25, 2017  
Published Online: January 01, 2018

AJ ID: 2018.06.01.OR.01  
DOI: 10.17093/alphanumeric.369758

## A Hybrid Multi-Criteria Decision Making Approach for New Destination Selection in Aviation Industry

Tuncay Özcan, Ph.D. \*



Assist. Prof, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Istanbul University, Istanbul, Turkey,  
tuncay.ozcan@istanbul.edu.tr

\* İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İ. Ü. Avcılar Kampüsü 34320 Avcılar İstanbul / Türkiye

### ABSTRACT

New destination selection is one of the most important decision making process for airline companies. In this study, a multi-criteria decision making approach for the new destination selection problem is proposed by integrating fuzzy analytical hierarchy process and grey relational analysis methodologies. Fuzzy analytical hierarchy process is used to determine the weight of each criteria and grey relational analysis is used to rank the performance of the alternative destinations in the proposed approach. The effectiveness and applicability of the proposed approach is illustrated with a case study with data taken from an airline company in Turkey.

### Keywords:

Destination Selection, Fuzzy Analytical Hierarchy Process, Grey Relational Analysis, Aviation Industry

## Havacılık Endüstrisinde Yeni Destinasyon Seçimi İçin Hibrit Bir Çok Kriterli Karar Verme Yaklaşımı

### ÖZ

Yeni destinasyon seçimi, havayolu şirketleri için en önemli karar verme süreçlerinden biridir. Bu çalışmada; bulanık analitik hiyerarşi prosesi ve gri ilişki analizi metodolojileri bütünleştirilerek yeni destinasyon seçimi problemi için bir çok kriterli karar verme yaklaşımı önerilmiştir. Önerilen yaklaşımda, her bir kriterin ağırlığını belirlemede bulanık analitik hiyerarşi prosesi ve alternatif destinasyonların performansını sıralamada gri ilişki analizi kullanılmıştır. Önerilen yaklaşımın etkinliği ve uygulanabilirliği Türkiye'deki bir havayolu şirketinden alınan verilerle gerçekleştirilen bir vaka çalışması ile sunulmuştur.

### Anahtar Kelimeler:

Destinasyon Seçimi, Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi, Gri İlişki Analizi, Havacılık Endüstrisi



## 1. Giriş

Havacılık sektörü, ülkemizde hızlı bir şekilde gelişme ve büyüme gösteren en önemli sektörlerden biridir. Bu sektörün yapısına özgü, çok sayıda optimizasyon ve karar problemlerinden söz edilebilir. Bu noktada; literatürde havacılık endüstrisinin yolcu sayısının ve trafiğinin tahmini (Grosche, Rothlauf, & Heinzl, 2007; Nam & Schaefer; Suryani, Chou, & Chen, 2010), yedek parça talep tahmini (Ghobbar & Friend, 2003; Regattieri, Gamberi, Gamberini, & Manzini, 2005), kapı atama (Xu & Bailey, 2001; Ding, Lim, Rodrigues, & Zhu, 2005), filo atama (Rexing, Barnhart, Kniker, & Jarrah, 2000; Lohatepanont & Barnhart, 2004; Barnhart, Kniker, & Lohatepanont, 2002), uçuş çizelgeleme (Lee, Lee, & Tan, 2007) ve gelir yönetimi (Zhang & Cooper, 2005; Van Ryzin & McGill, 2000) gibi problemlerinin çözümüne yönelik çok sayıda çalışma yer almaktadır. Ayrıca, havacılık endüstrisindeki yeni bir havaalanı seçimi (Janic & Reggiani, 2002), havayolu rekabetinin değerlendirilmesi (Lee & Chou, 2006), havaalanı hizmet kalitesinin değerlendirilmesi (Chien-Chang, 2012; Chang & Yeh, 2002), stratejik ortak seçimi (Liou, 2012; Garg, 2016), tedarikçi seçimi (Rezaei, Fahim, & Tavasszy, 2014), dış kaynak sağlayıcı seçimi (Hsu & Liou, 2013) ve verimlilik analizi (Wanke, Barros, & Chen, 2015) gibi karar verme problemlerinin çözümünde, çok kriterli karar verme yaklaşımlarından faydalanılmıştır.

Bu çalışmada, havayolu işletmeleri için kritik öneme sahip yeni uçuş noktası seçimi problemi üzerinde odaklanılmıştır. Yeni uçuş noktalarının, mevcut uçuş ağına dahil edilmesi; havayolu işletmeleri için yolcu sayısı, gelir ve maliyet faktörleri açısından önemli role sahip olan stratejik bir karardır. Bu karar problemi; pazar, rekabet, maliyet ve gelir bileşenlerine yönelik çok sayıda kriteri içermektedir. Bu noktada, çok kriterli karar verme metodolojileri havayolu işletmeleri için yeni destinasyon seçimi probleminin çözümünde önemli fırsatlar sunmaktadır. Bu çalışmada, bu problemin çözümü için bulanık analitik hiyerarşi prosesi (AHP) ve gri ilişki analizi (GİA) yöntemleri kullanılarak hibrit bir karar verme yaklaşımı önerilmiştir. Bu yaklaşımda, ilk olarak kriterlerin önem ağırlıklarının belirlenmesi için üç farklı karar vericiden alınan değerlendirmeler Buckley tarafından önerilen bulanık AHP yöntemi ile analiz edilmiştir. Daha sonra, bulanık AHP ile elde edilen kriterlerin önem ağırlıkları kullanılarak, GİA yöntemi ile alternatifler değerlendirilmiş ve sıralanmıştır. Önerilen yaklaşımın uygulanabilirliği, Türkiye'deki bir havayolu şirketinden alınan verilerle, 8 kriter ve 5 alternatif içeren bir yeni destinasyon seçimi probleminin çözümü ile gösterilmiştir.

Çalışmanın bundan sonraki bölümlerinin gelişimi ise şu şekildedir. İkinci bölümde, Buckley tarafından önerilen Bulanık AHP ve GİA yöntemleri hakkında bilgi verilecek ve bu yöntemlerin hesaplama adımları ortaya konulacaktır. Üçüncü bölümde, yeni uçuş destinasyonu seçimi probleminin çözümü için önerilen yaklaşım, uygulama adımları ile detaylandırılacak ve bir havayolu işletmesinden alınan verilerle gerçekleştirilen vaka çalışması sunulacaktır. Son bölümde ise elde edilen sonuçlar tartışılacaktır.

## 2. Metodoloji

Bu bölümde, çalışmada kullanılan bulanık AHP ve gri ilişki analizi metodolojileri ile ilgili temel bilgilere yer verilecek ve bu metodolojilerin hesaplama adımları detaylandırılacaktır.

## 2.1. Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi

Bulanık AHP, bulanık sayılar ile oluşturulan ikili karşılaştırma matrislerini kullanarak kriterlerin önem ağırlıklarının belirlenmesine olanak tanıyan bir çok kriterli karar verme metodolojisidir. Çok kriterli karar verme ile ilgili literatur incelendiğinde, birbirinden farklı çok sayıda bulanık AHP yönteminin kullanıldığı görülmektedir (Van Laarhoven & Pedrycz, 1983; Buckley, 1985; Chang D. Y., 1996) (Laarhoven ve Pedrycz, 1983; Buckley, 1985; Chang, 1996). Bu çalışmanın uygulama aşamasında, Buckley (1985) tarafından önerilen bulanık AHP metodu kullanılmıştır. Karar vericilerin ve kriterlerin belirlenmesinden sonra, bu metodun hesaplama adımları aşağıdaki gibidir (Hsieh, Lu, & Tzeng, 2004; Kahraman, Süder, & Kaya, 2014):

### Adım 1. İkili Karşılaştırma Matrisinin Oluşturulması

Her bir karar verici tarafından, karar vericilerin değerlendirmelerini içeren ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur. İkili karşılaştırma matrisi aşağıdaki şekilde gösterilebilir.

$$\tilde{C}_k = \begin{bmatrix} 1 & \tilde{c}_{12} & \cdots & \tilde{c}_{1n} \\ \tilde{c}_{21} & 1 & \cdots & \tilde{c}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{c}_{n1} & \tilde{c}_{n2} & \cdots & 1 \end{bmatrix}, \quad k = 1, 2, \dots, K \quad (1)$$

Burada,  $\tilde{C}_k$   $k$ . karar vericinin ikili karşılaştırma matrisini göstermektedir. Bulanık analitik hiyerarşi prosesinde, ikili karşılaştırma matrisinin her bir elemanı kriterlerin birbirine göre önemini gösteren bulanık sayılardan oluşmaktadır. Bu çalışmada, Tablo 1'de yer alan dilsel değişkenlere karşılık gelen bulanık sayılar kullanılmıştır (Hsieh, Lu, & Tzeng, 2004).

Bulanık Sayı	Dilsel İfade
(1,1,3)	Eşit Önemli (EÖ)
(1,3,5)	Biraz Daha Önemli (BDÖ)
(3,5,7)	Fazla Önemli (FÖ)
(5,7,9)	Çok Fazla Önemli (ÇFÖ)
(7,9,9)	Kesinlikle Önemli (KÖ)

**Tablo 1.** İkili karşılaştırma matrisi için kullanılan ölçek

### Adım 2. Karar vericilerin ikili karşılaştırma matrislerinin birleştirilmesi.

Çok sayıda karar vericinin ikili karşılaştırma değerlendirmeleri geometrik ortalama kullanılarak aşağıdaki eşitlik ile birleştirilir.

$$\tilde{r}_j = (\tilde{c}_{j1} \otimes \tilde{c}_{j2} \otimes \dots \otimes \tilde{c}_{jn})^{1/n} \quad (2)$$

Bu eşitlikte,  $\tilde{r}_j$  ikili karşılaştırma değerlerinin geometrik ortalamasıdır.

### Adım 3. Kriterlerin bulanık ağırlık değerlerinin hesaplanması

Her kriter için bulanık ağırlık değeri aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır.

$$\tilde{w}_j = \tilde{r}_j \otimes (\tilde{r}_1 + \tilde{r}_2 + \dots + \tilde{r}_n)^{-1} \quad (3)$$

Bu eşitlikte,  $\tilde{w}_j$   $j$ . kriter için elde edilen bulanık ağırlık değeridir ve  $\tilde{w}_j$  değerleri  $(L_j, M_j, U_j)$  şeklinde üçgen bulanık sayılar ile gösterilmektedir.

#### Adım 4. Kriterlerin bulanık ağırlık değerlerinin durulaştırılması

Kriterlerin bulanık ağırlık değerleri, ağırlık merkezi ile aşağıdaki eşitlik kullanılarak durulaştırılır.

$$w_j = \frac{\tilde{w}_j}{\sum_{j=1}^n \tilde{w}_j} = \frac{L_j + M_j + U_j}{\sum_{j=1}^n (L_j + M_j + U_j)} \quad (4)$$

## 2.2. Gri İlişki Analizi

Gri teori, ilk olarak Deng (1982) tarafından ortaya konulmuştur. Belirli ölçüde bilinen ve belirli ölçüde bilinmeyen sınırlı bilgi ve yetersiz veri ile tanımlanan sistemlere ait problemlerinin çözümünde gri teori kullanılmaktadır (Xiong, 2007). Gri teori; gri tahmin, gri ilişki analizi, gri karar alma, gri programlama ve gri kontrol olmak üzere beş ana bileşenden oluşmaktadır. Gri ilişki analizi (GİA) gri teorisinin en önemli bileşenlerinden biridir ve karar verme problemlerinde yaygın şekilde kullanılmaktadır. Bu çalışmada, alternatiflerin sıralanması için kullanılan GİA'nın en önemli avantajları; hesaplama kolaylığı ve orjinal veriyi kullanmasıdır. GİA'nın hesaplama adımları aşağıdaki gibi sıralanabilir (Wu, 2002; Xiong, 2007):

#### Adım 1. Başlangıç karar matrisinin oluşturulması

Her bir alternatif için  $X_i = \{x_i(1), x_i(2), \dots, x_i(n)\}$  karşılaştırma dizisi oluşturulur. Bu dizi, alternatif  $i$ 'nin her bir kriterine göre performans değerlerini içermektedir. Bu doğrultuda, karar matrisi aşağıdaki gibi oluşturulur.

$$X = \begin{bmatrix} x_1(1) & x_1(2) & \dots & x_1(n) \\ x_2(1) & x_2(2) & \dots & x_2(n) \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ x_m(1) & x_m(2) & \dots & x_m(n) \end{bmatrix} \quad (5)$$

Burada,  $m$  alternatiflerin sayısını ( $i=1,2,\dots,m$ ),  $n$  kriterlerin sayısını ( $j=1,2,\dots,n$ ) ve  $x_i(j)$   $i$ . alternatifin  $j$ . kriter karşısındaki performans değerini ifade etmektedir.

#### Adım 2. Referans dizinin oluşturulması

Karar matrisi kullanılarak bir referans seri  $X_0 = \{x_0(1), x_0(2), \dots, x_0(n)\}$  oluşturulur. Bu dizi, kriterlerin hedef değerlerinden ya da en iyi alternatif değerlerinden oluşmaktadır.

#### Adım 3. Karar matrisinin normalleştirilmesi

Karar matrisinin her bir elemanı için kriterin amacına göre Eşitlik (6)-(8) kullanılarak değer dönüşümü gerçekleştirilir.

Kazanç, fayda vb. gibi en büyüklenmek istenen kriterlere ait alternatif değerleri için;

$$x_i(j) = \frac{x_i(j) - \min_i x_i(j)}{\max_i x_i(j) - \min_i x_i(j)} \quad (6)$$

Maliyet, uzaklık vb. gibi en küçüklenmek istenen kriterlere ait alternatif değerleri için;

$$x_i(j) = \frac{\max_i x_i(j) - x_i(j)}{\max_i x_i(j) - \min_i x_i(j)} \quad (7)$$

Belirli bir nominal değere yakın olması istenen kriterlere ait alternatif değerleri için;

$$x_i(j) = 1 - \frac{|x_i(j) - u_j|}{\max\{\max_i x_i(j) - u_j, u_j - \min_i x_i(j)\}} \quad (8)$$

ile normalleştirilmiş değerler hesaplanabilir. Burada,  $u_i$ ,  $i$ . kriter için hedef performans değerini ifade etmektedir.

#### Adım 4. Gri ilişki katsayısının hesaplanması

Gri ilişki katsayısı, referans dizi ile alternatiflerin kriterler karşısındaki değerleri arasındaki ilişkiyi göstermektedir.  $\gamma_i(j)$   $i$ . alternatif için  $j$ . kriterin gri ilişki katsayısı olmak üzere, normalleştirilmiş değerler kullanılarak bu katsayı aşağıdaki eşitlikler ile hesaplanır.

$$\gamma_i(j) = \frac{\Delta_{\min} + \xi \Delta_{\max}}{\Delta_i(j) + \xi \Delta_{\max}} \quad (9)$$

$$\Delta_i(j) = |x_i(j) - x_0(j)| \quad (10)$$

$$\Delta_{\max} = \max_i \max_j |x_i(j) - x_0(j)| \quad (11)$$

$$\Delta_{\min} = \min_i \min_j |x_i(j) - x_0(j)| \quad (12)$$

Burada,  $\xi$  katsayısı, 0 ile 1 arasında değişen bir değer olup veri serisindeki uç değer olan  $\Delta_{\max}$ 'ın etkisini azaltmak için kullanılır. Bu katsayı, birçok problemde 0.5 olarak alınmaktadır.

#### Adım 5. Gri ilişki derecesinin hesaplanması

Gri ilişki katsayıları ve kriter ağırlıkları kullanılarak aşağıdaki eşitlik ile her bir alternatifin gri ilişki derecesi ( $\alpha_i$ ) hesaplanır.

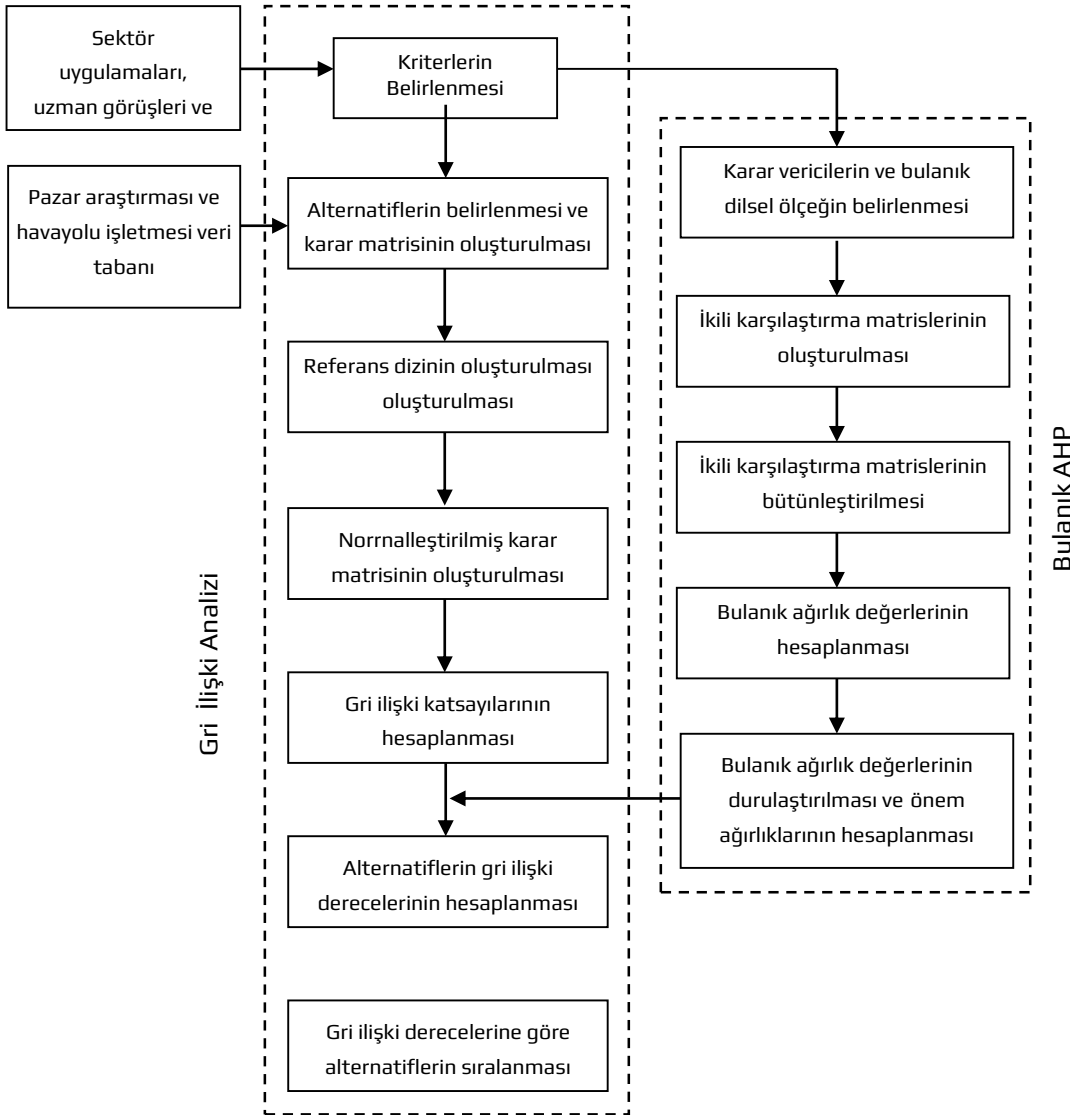
$$\alpha_i = \sum_{j=1}^n \gamma_i(j) * w_j \quad (13)$$

Gri ilişki derecelerinin değerlerine göre alternatifler sıralanır. En yüksek gri ilişki derecesine sahip olan alternatif en iyi alternatif olarak değerlendirilir.

### 3. Vaka Çalışması

Havayolu şirketleri için yeni uçuş lokasyonu seçimi zorlu bir karar sürecidir. Bu karar alınırken işletmeler tarafından çok sayıda kriteri eş zamanlı olarak dikkate alan yaklaşımların kullanılması gerekmektedir. Bu çalışmada; havayolu şirketlerinin yeni uçuş rotası seçimi kararı için bir çok kriterli karar verme yaklaşımı önerilmiştir. Önerilen yaklaşım, iki karar verme yaklaşımını bütünleştirmektedir. Bu yaklaşımda, ilk olarak her bir kriterin önem seviyesinin belirlenmesi için bulanık AHP kullanılırken, daha sonra, alternatif destinasyonları sıralanması için gri ilişki analizi kullanılmaktadır.

Şekil 1’de yeni uçuş noktası seçimi için önerilen karar verme yaklaşımının çatısı sunulmaktadır.



Şekil 1. Yeni Destinasyon Seçimi İçin Önerilen Karar Verme Yaklaşımı

Önerilen yaklaşımın etkinliği ve uygulanabilirliği Türkiye’deki bir havayolu şirketinden alınan verilerle gerçekleştirilen bir vaka çalışması ile sunulmuştur. Vaka çalışmasında izlenen uygulama adımları aşağıdaki gibi özetlenebilir.

### Adım 1. Kriterlerin belirlenmesi

Havayolu işletmesinin yeni destinasyon seçimi probleminin çözümünde kullanılacak kriterlerin belirlenmesinde, işletme içindeki uzmanların görüşlerinden ve sektör uygulamalarından faydalanılmıştır. Ayrıca, alternatifler için veri sağlanması mümkün olmayan kriterler elenmiştir. Bu çalışmalar sonucunda; toplam yolcu potansiyeli (C1), üst sınıf yolcu potansiyeli (C2), rakiplerin uçuş sıklığı (C3), yolcu talebinin düzenliliği (C4), uzaklık (C5), kişi başına düşen gelir seviyesi (C6), rakip sayısı (C7) ve rakiplerin fiyat düzeyi (C8) kriterleri problemin çözümünde kullanılacak kriterler olarak belirlenmiştir.

### Adım 2. Karar vericilerin ve bulanık dilsel ölçeğin belirlenmesi

Kriterlerin önem ağırlıklarının belirlenmesinde grup karar alma yaklaşımı kullanılarak işletmedeki 3 karar vericiden değerlendirme alınmıştır. Karar vericiler, karşılaştırma yaparken, üçgen bulanık sayılar ile Tablo 1’de yer alan ölçeği kullanmıştır.

### Adım 3. İkili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması

Bu adımda; karar vericiler, ilk olarak, kriterler arasında önem düzeyine göre dilsel değerlendirme yaparak ikili karşılaştırma matrislerini oluşturmuştur. Üç karar verici tarafından oluşturulan ikili karşılaştırma matrisleri Tablo 2’de sunulmaktadır.

		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Karar Verici 1	C1		EÖ	BDÖ	FÖ	FÖ	ÇFÖ	ÇFÖ	KÖ
	C2			EÖ	BDÖ	FÖ	FÖ	ÇFÖ	ÇFÖ
	C3				EÖ	BDÖ	FÖ	FÖ	ÇFÖ
	C4					EÖ	BDÖ	FÖ	FÖ
	C5						EÖ	BDÖ	FÖ
	C6							EÖ	BDÖ
	C7								EÖ
	C8								
Karar Verici 2	C1		FÖ	EÖ	KÖ	FÖ	BDÖ	ÇFÖ	ÇFÖ
	C2			1/FÖ	FÖ	1/EÖ	1/BDÖ	EÖ	BDÖ
	C3				ÇFÖ	BDÖ	EÖ	FÖ	ÇFÖ
	C4					1/BDÖ	1/ÇFÖ	1/BDÖ	1/EÖ
	C5						1/EÖ	BDÖ	FÖ
	C6							BDÖ	BDÖ
	C7								EÖ
	C8								
Karar Verici 3	C1		EÖ	ÇFÖ	ÇFÖ	KÖ	BDÖ	FÖ	FÖ
	C2			ÇFÖ	FÖ	ÇFÖ	EÖ	BDÖ	FÖ
	C3				1/EÖ	EÖ	1/FÖ	1/FÖ	1/BDÖ
	C4					BDÖ	1/FÖ	1/BDÖ	1/EÖ
	C5						1/ÇFÖ	1/FÖ	1/FÖ
	C6							EÖ	BDÖ
	C7								EÖ
	C8								

Tablo 2. Karar vericilerin ikili karşılaştırma matrisleri

Daha sonra, bu dilsel değişkenlere karşılık gelen üçgen bulanık sayılar Tablo 1 yardımıyla belirlenerek, karar vericilerin bulanık sayıları içeren ikili karşılaştırma matrisleri Tablo 3’deki gibi oluşturulur.

		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
KV1	C1	(1,1,1)	(1,1,3)	(1,3,5)	(3,5,7)	(3,5,7)	(5,7,9)	(5,7,9)	(7,9,9)
	C2	(0.33,1,1)	(1,1,1)	(1,1,3)	(1,3,5)	(3,5,7)	(3,5,7)	(5,7,9)	(5,7,9)
	C3	(0.2,0.33,1)	(0.33,1,1)	(1,1,1)	(1,1,3)	(1,3,5)	(3,5,7)	(3,5,7)	(5,7,9)
	C4	(0.14,0.2,0.33)	(0.2,0.33,1)	(0.33,1,1)	(1,1,1)	(1,1,3)	(1,3,5)	(3,5,7)	(3,5,7)
	C5	(0.14,0.2,0.33)	(0.14,0.2,0.33)	(0.2,0.33,1)	(0.33,1,1)	(1,1,1)	(1,1,3)	(1,3,5)	(3,5,7)
	C6	(0.11,0.14,0.20)	(0.14,0.2,0.33)	(0.14,0.2,0.33)	(0.2,0.33,1)	(0.33,1,1)	(1,1,1)	(1,1,3)	(1,3,5)
	C7	(0.11,0.14,0.20)	(0.11,0.14,0.20)	(0.14,0.2,0.33)	(0.14,0.2,0.33)	(0.2,0.33,1)	(0.33,1,1)	(1,1,1)	(1,1,3)
	C8	(0.11,0.11,0.14)	(0.11,0.14,0.20)	(0.11,0.14,0.20)	(0.14,0.2,0.33)	(0.14,0.2,0.33)	(0.2,0.33,1)	(0.33,1,1)	(1,1,1)
KV2	C1	(1,1,1)	(3,5,7)	(1,1,3)	(7,9,9)	(3,5,7)	(1,3,5)	(5,7,9)	(5,7,9)
	C2	(0.14,0.2,0.33)	(1,1,1)	(0.14,0.2,0.33)	(3,5,7)	(0.33,1,1)	(0.2,0.33,1)	(1,1,3)	(1,3,5)
	C3	(0.33,1,1)	(3,5,7)	(1,1,1)	(5,7,9)	(1,3,5)	(1,1,3)	(3,5,7)	(5,7,9)
	C4	(0.11,0.11,0.14)	(0.14,0.2,0.33)	(0.11,0.14,0.20)	(1,1,1)	(0.2,0.33,1)	(0.11,0.14,0.20)	(0.2,0.33,1)	(0.33,1,1)
	C5	(0.14,0.2,0.33)	(1,1,3)	(0.2,0.33,1)	(1,3,5)	(1,1,1)	(0.33,1,1)	(1,3,5)	(3,5,7)
	C6	(0.2,0.33,1)	(1,3,5)	(0.33,1,1)	(5,7,9)	(1,1,3)	(1,1,1)	(1,3,5)	(1,3,5)
	C7	(0.11,0.14,0.20)	(0.11,0.14,0.20)	(0.14,0.2,0.33)	(1,3,5)	(0.2,0.33,1)	(0.2,0.33,1)	(1,1,1)	(1,1,3)
	C8	(0.11,0.14,0.20)	(0.2,0.33,1)	(0.11,0.14,0.20)	(1,1,3)	(0.14,0.2,0.33)	(0.2,0.33,1)	(0.33,1,1)	(1,1,1)
KV3	C1	(1,1,1)	(1,1,3)	(5,7,9)	(5,7,9)	(7,9,9)	(1,3,5)	(3,5,7)	(3,5,7)
	C2	(0.33,1,1)	(1,1,1)	(5,7,9)	(3,5,7)	(5,7,9)	(1,1,3)	(1,3,5)	(3,5,7)
	C3	(0.11,0.14,0.20)	(0.11,0.14,0.20)	(1,1,1)	(0.33,1,1)	(1,1,3)	(0.14,0.2,0.33)	(0.14,0.2,0.33)	(0.2,0.33,1)
	C4	(0.11,0.14,0.20)	(0.14,0.2,0.33)	(1,1,3)	(1,1,1)	(1,3,5)	(0.14,0.2,0.33)	(0.2,0.33,1)	(0.33,1,1)
	C5	(0.11,0.11,0.14)	(0.11,0.14,0.20)	(0.33,1,1)	(0.2,0.33,1)	(1,1,1)	(0.11,0.14,0.20)	(0.14,0.2,0.33)	(0.14,0.2,0.33)
	C6	(0.2,0.33,1)	(0.33,1,1)	(3,5,7)	(3,5,7)	(5,7,9)	(1,1,1)	(1,1,3)	(1,3,5)
	C7	(0.14,0.2,0.33)	(0.2,0.33,1)	(3,5,7)	(1,3,5)	(3,5,7)	(0.33,1,1)	(1,1,1)	(1,1,3)
	C8	(0.14,0.2,0.33)	(0.14,0.2,0.33)	(1,3,5)	(1,1,3)	(3,5,7)	(0.2,0.33,1)	(0.33,1,1)	(1,1,1)

**Tablo 3.** Karar vericilerin değerlendirmelerinin bulanık sayılara dönüştürülmesi

#### Adım 4. Karar vericilerinin ikili karşılaştırma matrislerinin bütünleştirilmesi

Üç karar vericinin ikili karşılaştırma değerlendirmeleri, Eşitlik (2) yardımıyla geometrik ortalama alınarak tek bir ikili karşılaştırma matrisine dönüştürülür.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
C1	(1,1,1)	(1.44,1.71,3.98)	(1.71,2.76,5.13)	(4.72,6.80,8.28)	(3.98,6.08,7.61)	(1.71,3.98,6.08)	(4.22,6.26,8.28)	(4.72,6.80,8.28)
C2	(0.25,0.58,0.69)	(1,1,1)	(0.89,1.12,2.08)	(2.08,4.22,6.26)	(1.71,3.27,3.98)	(0.84,1.19,2.76)	(1.71,2.76,5.13)	(2.47,4.72,6.80)
C3	(0.19,0.36,0.58)	(0.48,0.89,1.12)	(1,1,1)	(1.19,1.91,3)	(1.2,0.8,4.22)	(0.75,1,1.91)	(1.09,1.71,2.54)	(1.71,2.54,4.33)
C4	(0.12,0.15,0.21)	(0.16,0.24,0.48)	(0.33,0.52,0.84)	(1,1,1)	(0.52,0.84,1.71)	(0.25,0.44,0.69)	(0.49,0.82,1.91)	(0.69,1.71,1.91)
C5	(0.13,0.16,0.25)	(0.25,0.31,0.58)	(0.24,0.48,1)	(0.58,1.19,1.91)	(1,1,1)	(0.33,0.52,0.84)	(0.52,1.22,2.03)	(1.09,1.71,2.54)
C6	(0.16,0.25,0.58)	(0.36,0.84,1.19)	(0.52,1,1.33)	(1.44,2.27,3.98)	(1.19,1.91,3)	(1,1,1)	(1.44,1.71,3.98)	(1.44,3.56,5.59)
C7	(0.12,0.16,0.24)	(0.19,0.36,0.58)	(0.39,0.58,0.92)	(0.52,1.22,2.03)	(0.49,0.82,1.91)	(0.25,0.58,0.69)	(1,1,1)	(1,1,3)
C8	(0.12,0.15,0.21)	(0.15,0.21,0.41)	(0.23,0.39,0.58)	(0.52,0.58,1.44)	(0.39,0.58,0.92)	(0.18,0.28,0.69)	(0.33,1,1)	(1,1,1)

**Tablo 4.** İkili karşılaştırma matrisi

#### Adım 5. Bulanık ağırlık değerlerinin hesaplanması

Eşitlik (3) kullanılarak her bir kriter için bulanık ağırlık değerleri hesaplanır. Tablo 4'de yer alan ikili karşılaştırma matrisi ile elde edilen kriterlerin bulanık ağırlık değerleri Tablo 5'de sunulmaktadır.

$\tilde{w}_j$	$L_j$	$M_j$	$U_j$
C1	0.162	0.358	0.781
C2	0.074	0.181	0.416
C3	0.051	0.121	0.286
C4	0.023	0.055	0.133
C5	0.027	0.063	0.154
C6	0.049	0.121	0.298
C7	0.026	0.060	0.151
C8	0.019	0.042	0.102

**Tablo 5.** Kriterlerin bulanık ağırlık değerleri



### Adım 6. Bulanık ağırlık değerlerinin durulaştırılması ve kriterlerin önem ağırlıklarının hesaplanması

Eşitlik (4) kullanılarak her bir kriterin bulanık ağırlık değerleri durulaştırılır. Bu hesaplama sonucunda elde edilen kriterlerin önem ağırlıkları Tablo 6'da sunulmaktadır.

Kriter	$w_j$
C1	0.347
C2	0.179
C3	0,122
C4	0.056
C5	0.065
C6	0.125
C7	0.063
C8	0.043

Tablo 6. Kriterlerin önem ağırlıkları

### Adım 7. Alternatiflerin belirlenmesi ve karar matrisinin oluşturulması

Havayolu işletmesi tarafından, orta vadede uçuş ağına dahil edilmesi planlanan 5 alternatif uçuş noktası, problemin çözümünde ele alınmıştır. Bu alternatiflerin kriterler karşısındaki performans değerlerine göre oluşturulan karar matrisi aşağıdaki tablodaki gibidir:

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
A1	753836	95343	2	0.53	10340	\$3210	1	\$635
A2	585783	10990	1	0.40	6042	\$13300	1	\$527
A3	814118	101700	20	0.17	7450	\$15591	6	\$641
A4	756803	11654	3	0.83	7700	\$8166	2	\$654
A5	195649	11105	4	0.21	5757	\$12068	2	\$685

Tablo 7. Alternatiflerin kriterler karşısındaki performans değerleri

Toplam yolcu potansiyeli (C1) ve üst sınıf yolcu potansiyeli (C2) kriterlerine ait değerler yıllık yolcu sayıları kullanılarak değerlendirilmiştir. Rakiplerin uçuş sıklığı (C3) kriterinde ise rakiplerin haftalık toplam uçuş sayıları dikkate alınarak veri seti oluşturulmuştur. Yolcu talebinin düzenliliği (C4) ise varyasyon katsayısı istatistiği ile hesaplanmış ve bu hesaplama yapılırken aylık veriler kullanılmıştır. Uzaklık (C5) kriterine ait değerler, alternatif destinasyonların başlangıç noktasına olan mil cinsinden uzaklığı ile belirlenmiştir. Kişi başına düşen gelir seviyesi (C6) değerleri ise alternatif destinasyonların bulunduğu ülkelerin son yıla ait kişi başına düşen milli gelirleri dikkate alınarak oluşturulmuştur. Rakip sayısı (C7), aynı rota üzerinde uçuş yapan rakiplerin toplam sayısını ve rakiplerin fiyat düzeyi (C8) ise rakiplerin son 1 yıllık döneme ait aynı rota üzerindeki bilet fiyatlarının ortalamasını ifade etmektedir.

### Adım 8: Referans dizinin oluşturulması

Bu adımda, kriterler için hedef değerlerden ya da alternatiflerin en iyi değerlerinden oluşan referans veri seti oluşturulur. Karar kriterleri arasında; C1, C2, C6 ve C8 kriterleri en büyüklenmek istenen kriterler iken C3, C4, C5 ve C7 kriterleri en küçüklenmek istenen karar kriterleridir. Bu doğrultuda; referans dizi alternatiflerin en iyi değerleri dikkate alınarak  $X_0 = \{814118, 101700, 1, 0.17, 5757, 15591, 1, 685\}$  olarak belirlenmiştir.

### Adım 9: Karar matrisinin normalleştirilmesi

C1, C2, C6 ve C8 kriterleri için Eşitlik (6) ve C3, C4, C5 ve C7 kriterleri için Eşitlik (7) kullanılarak alternatif destinasyonların kriterler karşısındaki normalleştirilmiş performans değerleri Tablo 8'deki gibi hesaplanmıştır.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
A1	0.903	0.930	0.947	0.455	0.000	0.000	1.000	0.684
A2	0.631	0.000	1.000	0.652	0.938	0.815	1.000	0.000
A3	1.000	1.000	0.000	1.000	0.631	1.000	0.000	0.722
A4	0.907	0.007	0.895	0.000	0.576	0.400	0.800	0.804
A5	0.000	0.001	0.842	0.939	1.000	0.715	0.800	1.000

Tablo 8. Alternatifler için normalleştirilmiş değerler

### Adım 10. Gri ilişki katsayılarının hesaplanması

Alternatif destinasyonlar için gri ilişki katsayıları Eşitlik (9)-(12) kullanılarak Tablo 9'daki gibi hesaplanmıştır.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
A1	0.837	0.877	0.905	0.478	0.333	0.333	1.000	0.612
A2	0.575	0.333	1.000	0.589	0.889	0.730	1.000	0.333
A3	1.000	1.000	0.333	1.000	0.575	1.000	0.333	0.642
A4	0.844	0.335	0.826	0.333	0.541	0.455	0.714	0.718
A5	0.333	0.334	0.760	0.892	1.000	0.637	0.714	1.000

Tablo 9. Alternatiflerin gri ilişki katsayıları

### Adım 11. Alternatiflerin gri ilişki derecelerinin hesaplanması ve sıralanması

Son olarak, alternatifler için gri ilişki dereceleri Eşitlik (13) kullanılarak hesaplanmakta ve elde edilen değerlere göre alternatifler sıralanmaktadır. Destinasyon alternatifleri için hesaplanan gri ilişki dereceleri ve oluşan sıralama Tablo 10'da sunulmaktadır.

	Gri İlişki Derecesi	Sıralama
A1	0.737	2
A2	0.641	3
A3	0.833	1
A4	0.640	4
A5	0.551	5

Tablo 10. Alternatifler için gri ilişki dereceleri

Gri ilişki derecesine göre alternatif destinasyonlar sıralandığında; A3, A1, A2, A4 ve A5 sıralaması elde edilmektedir. Yeni bir uçuş hattı için en iyi alternatif A3 olarak belirlenmiştir.

## 4. Sonuçlar

Havacılık sektörü, hızlı bir şekilde büyüyen ve gelişen sektörlerden biridir. Bu noktada; havayolu işletmeleri, yeni müşteriler kazanmak ve pazar payını ve karlılıklarını arttırmak için yeni uçuş noktalarını, uçuş ağlarına dahil etmek istemektedir. Yeni uçuş noktasının seçimi, önemli maliyet ve pazar unsurlarını içermesi nedeniyle önemli bir stratejik karardır. Bu bağlamda, bu çalışma yeni uçuş noktası seçimi kararı için bulanık analitik hiyerarşi prosesi ve gri ilişki analizi metodolojilerini bütünleştiren bir çok kriterli karar verme yaklaşımı sunmaktadır. Önerilen yaklaşım, her bir anahtar kriterin

bulanık AHP ile önem ağırlığının belirlenmesine ve bu ağırlıklar kullanılarak gri ilişki analizi ile alternatif destinasyonların değerlendirilmesine ve sıralanmasına olanak tanımaktadır.

Önerilen yaklaşım, bir havayolu şirketinden alınan veriler esas alınarak 8 kriter ve 5 alternatif nokta içeren örnek bir seçim problemine başarılı şekilde uygulanmıştır. Bu nedenle, önerilen yaklaşım, havayolu işletmeleri için yeni uçuş noktası seçimi probleminin çözümünde bir rehberlik sağlamaktadır.

Bu çalışmada, yalnızca işletme tarafından alternatiflerin performans değerleri sağlanabilen kriterler dikkate alınmıştır. Bu çalışmada kullanılan kriterlerin yanında operasyon maliyeti, kapasite, rakip uçuşların doluluk oranları, ve mevsimsellik gibi kriterlerin dikkate alınması durumunda alternatifler daha iyi değerlendirilebilecektir.

## Kaynakça

- Barnhart, C., Kniker, T. S., & Lohatepanont, M. (2002). Itinerary-based airline fleet assignment. *Transportation Science*, 36(2), 199-217.
- Buckley, J. J. (1985). Fuzzy hierarchical analysis. *Fuzzy sets and systems*, 17(3), 233-247.
- Chang, D. Y. (1996). Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European journal of operational research*, 95(3), 649-655.
- Chang, Y. H., & Yeh, C. H. (2002). A survey analysis of service quality for domestic airlines. *European journal of operational research*, 139(1), 166-177.
- Chien-Chang, C. (2012). Evaluating the quality of airport service using the fuzzy multi-criteria decision-making method: a case study of Taiwanese airports. *Expert Systems*, 29(3), 246-260.
- Deng, J.-L. (1982). Control problems of grey systems. *Systems & Control Letters*, 1(5), 288-294.
- Ding, H., Lim, A., Rodrigues, B., & Zhu, Y. (2005). The over-constrained airport gate assignment problem. *Computers & Operations Research*, 32(7), 1867-1880.
- Garg, C. P. (2016). A robust hybrid decision model for evaluation and selection of the strategic alliance partner in the airline industry. *Journal of Air Transport Management*, 52, 55-66.
- Ghobbar, A. A., & Friend, C. H. (2003). Evaluation of forecasting methods for intermittent parts demand in the field of aviation: a predictive model. *Computers & Operations Research*, 30(14), 2097-2114.
- Grosche, T., Rothlauf, F., & Heinzl, A. (2007). Gravity models for airline passenger volume estimation. *Journal of Air Transport Management*, 13(4), 175-183.
- Hsieh, T. Y., Lu, S. T., & Tzeng, G. H. (2004). Fuzzy MCDM approach for planning and design tenders selection in public office buildings. *International journal of project management*, 22(7), 573-584.
- Hsu, C. C., & Liou, J. J. (2013). An outsourcing provider decision model for the airline industry. *Journal of Air Transport Management*, 28, 40-46.
- Janic, M., & Reggiani, A. (2002). An application of the multiple criteria decision making (MCDM) analysis to the selection of a new hub airport. *European journal of transport and infrastructure research EJTIR*, 2(2), 114-141.
- Kahraman, C., Süder, A., & Kaya, İ. (2014). Fuzzy multicriteria evaluation of health research investments. *Technological and Economic Development of Economy*, 20(2), 210-226.
- Lee, H. S., & Chou, M. T. (2006). A fuzzy multiple criteria decision making model for airline competitiveness evaluation. In *International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information and Engineering Systems* (s. 902-909). Berlin: Springer.
- Lee, L. H., Lee, C. U., & Tan, Y. P. (2007). A multi-objective genetic algorithm for robust flight scheduling using simulation. *European Journal of Operational Research*, 177(3), 1948-1968.
- Liou, J. J. (2012). Developing an integrated model for the selection of strategic alliance partners in the airline industry. *Knowledge-Based Systems*, 28, 59-67.

- Lohatepanont, M., & Barnhart, C. (2004). Airline schedule planning: Integrated models and algorithms for schedule design and fleet assignment. *Transportation Science*, 38(1), 19-32.
- Nam, K., & Schaefer, T. (tarih yok). Forecasting international airline passenger traffic using neural networks. *Logistics and Transportation Review*, 31(3), 239.
- Regattieri, A., Gamberi, M., Gamberini, R., & Manzini, R. (2005). Managing lumpy demand for aircraft spare parts. *Journal of Air Transport Management*, 11(6), 426-431.
- Rexing, B., Barnhart, C., Kniker, T., & Jarrah, A. (2000). Airline fleet assignment with time windows. *Transportation Science*, 34(1), 1-20.
- Rezaei, J., Fahim, P. B., & Tavasszy, L. (2014). Supplier selection in the airline retail industry using a funnel methodology: Conjunctive screening method and fuzzy AHP. *Expert Systems with Applications*, 41(18), 8165-8179.
- Suryani, E., Chou, S. Y., & Chen, C. H. (2010). Air passenger demand forecasting and passenger terminal capacity expansion: A system dynamics framework. *Expert Systems with Applications*, 37(3), 2324-2339.
- Van Laarhoven, P. J., & Pedrycz, W. (1983). A fuzzy extension of Saaty's priority theory. *Fuzzy sets and Systems*, 11(1-3), 229-241.
- Van Ryzin, G., & McGill, J. (2000). Revenue management without forecasting or optimization: An adaptive algorithm for determining airline seat protection levels. *Management Science*, 46(6), 760-775.
- Wanke, P., Barros, C. P., & Chen, Z. (2015). An analysis of Asian airlines efficiency with two-stage TOPSIS and MCMC generalized linear mixed models. *International Journal of Production Economics*, 169, 110-126.
- Wu, H. H. (2002). A comparative study of using grey relational analysis in multiple attribute decision making problems. *Quality Engineering*, 2, 209-217.
- Xiong, Y. (2007). Grey relational evaluation of financial situation of listed company. *Journal of Modern Accounting and Auditing*, 3(2), 41-44.
- Xu, J., & Bailey, G. (2001). The airport gate assignment problem: mathematical model and a tabu search algorithm. In *System Sciences, 2001. Proceedings of the 34th Annual Hawaii International Conference on*, (s. 10).
- Zhang, D., & Cooper, W. L. (2005). Revenue management for parallel flights with customer-choice behavior. *Operations Research*, 53(3), 415-431.