

DÜNYANIN EN İŞLEK HAVALİMANLARININ PIPRECIA-E, SMART VE MARCOS YÖNTEMLERİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Aşkın ÖZDAĞOĞLU*

Murat Kemal KELEŞ**

Barış İŞILDAK***

ÖZ

Günümüzde havayolu ulaşımı hızlı, güvenli ve rahat olması nedeniyle gerek yolcular gerekse de taşımacılık faaliyetleri konusunda yoğun olarak tercih edilmekte ve bu da havalimanlarındaki trafiği artırmaktadır. Havalimanlardaki oluşan yoğunluk ve işleklik, havalimanından kalkan ve havalimanına inen uçak sayısı, havalimanını kullanan yolcu sayısı ve havalimanındaki taşımacılık faaliyetleri ile doğru orantılıdır. Söz konusu faktörler havalimanlarının performanslarının değerlendirilmesinde etkili olmaktadır. Bu çalışmanın amacı, Uluslararası Havalimanları Konseyi (ACI) tarafından açıklanan 2019 yılına ait verilere göre dünyanın en işlek uluslararası havalimanlarının performanslarını değerlendirmektir. Çalışmada Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden PIPRECIA-E, SMART, MARCOS yöntemleri kullanılmıştır. Değerlendirme kriterlerinin ağırlıkları PIPRECIA-E yöntemiyle bulunmuştur. Önem derecesi en yüksek çıkan kriter “Yolcu sayısı” kriteridir. Çalışma kapsamındaki havalimanları da SMART ve MARCOS yöntemleriyle sıralanmıştır. Her iki yönteme göre yapılan sıralama sonuçları aynı çıkmıştır. Yapılan sıralamalar sonucunda, ilk sırada Çin’den Beijing Havalimanı yer alırken ikinci ve üçüncü sırada ABD’den sırayla Chicago ve Los Angeles havalimanları yer almıştır.

Anahtar Kavramlar: Uluslararası Havalimanı, Çok Kriterli Karar Verme, PIPRECIA-E, SMART, MARCOS.

* Doç.Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi, İşletme Fakültesi İşletme Bölümü, askin.ozdagoglu@deu.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0001-5299-0622>

** Dr.Öğr.Üyesi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Keçiborlu Meslek Yüksekokulu, Ulaştırma Hizmetleri Bölümü, Sivil Hava Ulaştırma İşletmeciliği Programı, muratkeles@isparta.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0003-0374-6839>

*** Öğr.Gör., Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Keçiborlu Meslek Yüksekokulu, Ulaştırma Hizmetleri Bölümü, Sivil Havacılık Kabin Hizmetleri Programı, barisisildak@isparta.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-2068-1611>

Makalenin gönderilme tarihi: Ocak 2021

Kabul tarihi: Mart 2021

EVALUATION OF THE WORLD'S BUSIEST AIRPORTS WITH PIPRECIA-E, SMART AND MARCOS METHODS

ABSTRACT

Nowadays, airway transportation is preferred for both passengers and transportation activities due to its fast, safe and comfortable nature. This increases the traffic at the airports. The density of the airports are directly proportional to the number of planes departing and landing at the airport, the number of passengers using the airport and the transportation activities at the airport. These factors are effective in evaluating the performance of airports. The purpose of this study is to evaluate the performance of the busiest international airports in the world according to the data for 2019 announced by Airport Council International (ACI). In the study, PIPRECIA-E, SMART, MARCOS Multi Criteria Decision Making Methods were used. The weights of the evaluation criteria were found by PIPRECIA-E method. The criterion with the highest importance is the "number of passengers". The airports within the scope of the study are also sorted using SMART and MARCOS methods. The ranking results made according to both methods are the same. As a result of the rankings, Beijing Airport from China took the first place, followed by Chicago and Los Angeles airports from the USA in the second and third place.

Keywords: International Airports, Multi Criteria Decision Making, PIPRECIA-E, SMART, MARCOS.

GİRİŞ

Günümüzde uluslararası havalimanları hava ve yer ulaşımı arasında aktarımı sağlamanın yanı sıra lojistik, hizmet, üretim, eğlence, turizm sektörleri ile ilişkili tüm faaliyetleri kapsayan ve ülkeleri birbirine yakınlaştıran önemli bir ekonomik birim olarak değerlendirilmektedir (Akca, 2020).

Havalimanları, yolcular ve havalimanlarında hizmet veren firmalar açısından önemli bir yere sahiptir. Yolcular, havayolu ulaşımını hızlı, güvenli ve rahat olması nedeniyle tercih etmekte ve bu da havalimanlarındaki insan yoğunluğunu artırmaktadır. Özellikle uluslararası uçuşların yoğun olduğu havalimanlarında hizmet veren firmalar farklı ülke ve kültürlerden gelen çok sayıda yolcuya hizmet sunmakta ve gelir elde etmektedirler.

Bu çalışmada Uluslararası Havalimanları Konseyi (ACI) tarafından açıklanan 2019 yılına ait verilere göre uluslararası havalimanlarının performansları incelenmiştir. Çalışmanın amacı, uluslararası havalimanlarının uzmanlar açısından değerlendirilmesidir. Uzmanlar açısından dikkate alınması gereken kriterler PIPRECIA-E yöntemi ile ağırlıklandırılmıştır. Daha sonra uluslararası havalimanları SMART ve MARCOS yöntemleri ile incelenmiştir.

Çalışmada öncelikle havalimanları konusunda ve bu çalışmada kullanılan Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinin uygulandığı

örnekleri içeren literatür araştırması bölümü bulunmaktadır. Devam eden aşamada PIPRECIA-E, SMART ve MARCOS yöntemlerinin algoritmaları hakkında bilgi verilmiştir. Uygulama kısmında, PIPRECIA-E, SMART ve MARCOS yöntemleri kullanılarak, Uluslararası Havalimanları Konseyi (ACI) tarafından açıklanan 2019 yılına ait uluslararası havalimanlarının performanslarına ilişkin verilerin analizi yapılmış ve dünyanın en işlek 10 havalimanının performans sıralaması yapılmıştır. Çalışmanın son kısmında sonuç ve öneriler kısmı bulunmaktadır.

I. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Çalışmada kullanılan PIPRECIA-E, SMART ve MARCOS yöntemleriyle yapılan uygulamalardan ve havalimanları ile ilgili çok kriterli karar verme yöntemlerinin kullanıldığı çalışmalardan örneklerin olduğu literatür araştırması Tablo 1’de gösterilmektedir.

Tablo 1. Literatür Araştırması

Çalışmanın yazarı/yazarları	Çalışmanın konusu	Kullanılan yöntem/ler
<i>Havalimanları konusundaki çalışma örnekleri</i>		
Dilmen ve Çetiyokuş (2020)	Çoklu havalimanı sisteminin çok kriterli karar verme yöntemleriyle değerlendirilmesi	AHP, TOPSIS ve ELECTRE
Özdağoğlu, Keleş ve Işıldak (2020)	Çok kriterli karar verme yöntemleriyle havalimanlarını kullanan havayolu firmalarının performans değerlendirilmesi	BWM, MAIRCA ve MABAC
Yıldız ve Deniz (2020)	Havalimanlarında operasyonel aksaklıkların belirlenmesi	MOORA
Ertunç ve Çay (2020)	Havalimanlarının yer seçimi	AHP
Deste ve Şimşek (2019)	Havayolu firmalarının havalimanlarına yönelik lojistik performanslarının değerlendirilmesi	ENTROPI ve TOPSIS
<i>PIPRECIA ve PIPRECIA-E yöntemlerinin kullanıldığı çalışma örnekleri</i>		
Bakir vd. (2020)	Havacılık sektöründe performans değerlendirilmesi	PIPRECIA ve MAIRCA
Memiş, Demir, Karamaşa ve Korucuk (2020)	Karayolu taşımacılığında risklerin belirlenmesi	PIPRECIA
Jaukovic Jovic vd. (2020)	E-Öğrenme üzerine ders seçimi	PIPRECIA ve Bulanık ARAS

Tablo 1'in devamı...

Çalışmanın yazarı/yazarları	Çalışmanın konusu	Kullanılan yöntem/ler
<i>Havalimanları konusundaki çalışma örnekleri</i>		
Popović, Đorđević ve Milanović (2019)	Madencilikte yöntem seçimi	PIPRECIA-E
Stanujkic, Zavadskas, Karabasevic, Smarandache ve Turskis (2017)	Grup ortamlarından alınan kararlarda katılımcıların tutumlarının belirlenmesi	PIPRECIA-E ve SWARA
<i>SMART yönteminin kullanıldığı çalışma örnekleri</i>		
Arslan (2020)	Istanbul-Ankara yüksek hızlı tren hattı için optimum güzergâhın belirlenmesi	AHP, Gri İlişkisel Analiz ve SMART
Fitriani, Suzanti, Jauhari, ve Khozaimi (2020)	Üniversite yurtlarındaki öğrencilerin etkinlik verilerinin incelenmesi	SMART
Rahadjeng (2020)	Losyon seçimi	SMART
Fahlepi (2020)	Karar disiplinlerin belirlenmesi	SMART
Ferreira, Costa, Tereso, ve Oliveira (2015)	Geri dönüşüm için toplanan atıkların özellikle en kısa sürede ve kapasite kısıtlarını dikkate alarak atık merkezine ulaşması için alternatif rotalar arasından en etkin olanının belirlenmesi	AHP ve SMART
<i>MARCOS yönteminin kullanıldığı çalışma örnekleri</i>		
Ulutaş vd. (2020)	Lojistik sektöründe sistem seçimi	CCSD, ITARA ve MARCOS
Puşka, Stojanović, Maksimović, ve Osmanović (2020)	Proje yönetiminde alternatiflerin ölçülmesi ve çözüm yollarının sıralanması	MARCOS
Stević, Pamučar, Puška, ve Chatterjee (2020)	Sağlık sektörüne tedarikçi seçimi	MARCOS
Badi ve Pamučar (2020)	Tedarik seçimi	GRİ MARCOS
Stević ve Brković (2020)	Lojistik sektöründe insan kaynaklarının değerlendirilmesi	FUCOM ve MARCOS

II. YÖNTEM

Çalışmada ÇKKV yöntemlerinden PIPRECIA-E, SMART ve MARCOS yöntemleri kullanılmıştır. Çalışmanın bu bölümünde söz konusu yöntemlerin matematiksel işleyişi hakkında bilgi verilecektir.

A. PİPRECIA-E YÖNTEMİ

PIPRECIA-E (PIVot Pairwise RELative Criteria Importance Assessment Extended) yöntemi bir karar verme problemindeki kriterlerin ağırlıklarını bulmak amacıyla kullanılan yöntemlerden birisidir. Kriter ağırlıklarını belirlerken önem sırası belirlemeye ihtiyaç duyulmaması nedeniyle tercih edilen yöntemlerden birisidir. Yöntemin işleyişi şu şekildedir (Stanujkic vd., 2017).

İlk aşamada problemin çözümünde etkisi olan kriterler belirlenir.

$$j: \text{kriter}; j = 1, 2, 3, \dots, n$$

İkinci adımda kriterin kendinden sonraki satırda yer alan kriterle göre önemi karar verici tarafından değerlendirilir. Göreceli önem değeri Eşitlik 1’de gösterilmiştir.

$$d: \text{karar verici}; d = 1, 2, 3, \dots, D$$

$$s_{jd}: d. \text{karar vericiye göre göreceli önem}$$

$$s_{jd} = \begin{cases} j \text{ kriteri } (j - 1) \text{ kriterinden önemli} \Rightarrow s_{jd} > 1 \\ j \text{ kriteri önemi} = (j - 1) \text{ kriteri önemi} \Rightarrow s_{jd} = 1 \\ (j - 1) \text{ kriteri } j \text{ kriterinden önemli} \Rightarrow s_{jd} < 1 \end{cases} \quad \text{Eşitlik 1}$$

Uzman görüşleri Eşitlik 2 kullanılarak birleştirilir.

$$s_j: \text{göreceli önem}$$

$$s_j = \frac{\sum_{d=1}^D s_{jd}}{D} \quad \text{Eşitlik 2}$$

Uzman görüşlerini yansıtan birleştirilmiş değerler kullanılarak Eşitlik 3’te gösterilen katsayı hesaplanır.

$$k_j: j \text{ kriteri katsayısı}$$

$$k_j = \begin{cases} j = 1 \Rightarrow 1 \\ j > 1 \Rightarrow 2 - s_j \end{cases} \quad \text{Eşitlik 3}$$

Ardından normalize edilmemiş ağırlıklar Eşitlik 4 yardımıyla bulunur.

$$q_j: j \text{ kriteri normalize edilmemiş ağırlık}$$

$$q_j = \begin{cases} j = 1 \Rightarrow 1 \\ j > 1 \Rightarrow \frac{q_{j-1}}{k_j} \end{cases} \quad \text{Eşitlik 4}$$

Ağırlık değerleri Eşitlik 4 kullanılarak normalize edilir.

$$w_j = \frac{q_j}{\sum_{j=1}^n q_j} \quad \text{Eşitlik 5}$$

PIPRECIA yöntemi ile ağırlıklar hesaplandıktan sonra Ters PIPRECIA süreci başlatılır. Bu aşamada karar verici benzer değerlendirmeyi sondan başa doğru yapar. Sondan başa doğru göreceli önem Eşitlik 6'da verilmiştir.

s'_{jd} : d. karar vericiye göre ters göreceli önem

$$s'_j = \begin{cases} j \text{ kriteri } (j + 1) \text{ kriterinden önemli} \Rightarrow s'_j > 1 \\ j \text{ kriteri önemi} = (j + 1) \text{ kriteri önemi} \Rightarrow s'_j = 1 \\ (j + 1) \text{ kriteri } j \text{ kriterinden önemli} \Rightarrow s'_j < 1 \end{cases} \quad \text{Eşitlik 6}$$

Uzman görüşleri Eşitlik 7 kullanılarak birleştirilir.

s'_j : ters göreceli önem

$$s'_j = \frac{\sum_{d=1}^D s'_{jd}}{D} \quad \text{Eşitlik 7}$$

Uzman görüşlerini yansıtan bu değerler kullanılarak Eşitlik 8'de gösterilen ters katsayı hesaplanır.

k'_j : j kriteri ters katsayısı

$$k'_j = \begin{cases} j = n \Rightarrow 1 \\ j < n \Rightarrow 2 - s'_j \end{cases} \quad \text{Eşitlik 8}$$

Ardından normalize edilmemiş ters ağırlıklar Eşitlik 9 yardımıyla bulunur.

q'_j : j kriteri normalize edilmemiş ters ağırlık

$$q'_j = \begin{cases} j = n \Rightarrow 1 \\ j < n \Rightarrow \frac{q'_{j+1}}{k'_j} \end{cases} \quad \text{Eşitlik 9}$$

Ters ağırlık değerleri Eşitlik 10 kullanılarak normalize edilir.

$$w'_j = \frac{q'_j}{\sum_{j=1}^n q'_j} \quad \text{Eşitlik 10}$$

PIPRECIA ve Ters PIPRECIA yöntemlerinden elde edilen ağırlıklar Eşitlik 11 kullanılarak birleştirilir.

w''_j : j kriteri bütünleşik ağırlığı

$$w''_j = \frac{w_j + w'_j}{2} \quad \text{Eşitlik 11}$$

Bulunan bu değer PIPRECIA-E yöntemine göre kriterin ağırlığını ifade etmektedir.

B. SMART YÖNTEMİ

SMART (Simple Multi-Attribute Rating Technique) yöntemi çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerinden birisidir. Yöntemin işleyişi şu şekildedir (Lavik, 2020; Patel, 2017).

Başlangıç karar matrisi Eşitlik 12'deki gibi oluşturulur.

i : alternatif; $i = 1,2,3, \dots, m$

j : kriter; $j = 1,2,3, \dots, n$

x_{ij} : i alternatifinin j kriteri açısından değeri

$$\begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad \text{Eşitlik 12}$$

Fayda kriterleri için Eşitlik 13 kullanılarak değerler normalize edilir. Fayda kriteri, değer büyük olmasının daha iyi durumu gösterdiği kriteri ifade etmektedir.

u_{ij} : i alternatifinin j kriteri açısından normalize fayda değeri

$$u_{ij} = \frac{x_{ij} - \min_j x_{ij}}{\max_j x_{ij} - \min_j x_{ij}} \quad \text{Eşitlik 13}$$

Maliyet kriterleri için Eşitlik 14 kullanılarak değerler normalize edilir. Maliyet kriteri, değer küçük olmasının daha iyi durumu gösterdiği kriteri ifade etmektedir.

$$u_{ij} = \frac{\max_j x_{ij} - x_{ij}}{\max_j x_{ij} - \min_j x_{ij}} \quad \text{Eşitlik 14}$$

Her bir alternatif için genel fayda değeri hesaplanır.

u_i : i alternatifinin genel fayda değeri

w_j : j kriterinin ağırlığı

$$u_i = \sum_{j=1}^n w_j u_{ij} \quad \text{Eşitlik 15}$$

En yüksek genel fayda değeri tüm kriterler birlikte düşünüldüğünde en iyi alternatifi göstermektedir.

C. MARCOS YÖNTEMİ

MARCOS (Measurement Alternatives and Ranking According to Compromise Solution) yöntemi ideal değerler ile alternatifler arasındaki ilişkileri tanımlamaya dayanan güncel yöntemlerden birisidir. Yöntemin işleyişi şu şekildedir (Stević ve Brković, 2020).

İlk aşamada başlangıç karar matrisi oluşturulur. Başlangıç karar matrisi SMART yöntemindeki matris yapısı ile aynıdır.

İdeal çözüm ve en kötü çözümler bulunarak genişletilmiş karar matrisi hazırlanır. En kötü çözüm değerleri Eşitlik 16 yardımıyla bulunur. Değerin büyük olmasının daha iyi durumu gösterdiği kriterler fayda kriterleri, değer küçük olmasının daha iyi durumu gösterdiği kriterler ise maliyet kriterleri olarak ifade edilir.

$$x_{agj}: j \text{ kriteri açısından en kötü çözüm değeri}$$

$$x_{agj} = \begin{cases} j \in \text{fayda} \Rightarrow \min_j x_{ij} \\ j \in \text{maliyet} \Rightarrow \max_j x_{ij} \end{cases} \quad \text{Eşitlik 16}$$

İdeal çözüm değerleri Eşitlik 17 kullanılarak bulunur.

$$x_{gj}: j \text{ kriteri açısından ideal çözüm değeri}$$

$$x_{gj} = \begin{cases} j \in \text{fayda} \Rightarrow \max_j x_{ij} \\ j \in \text{maliyet} \Rightarrow \min_j x_{ij} \end{cases} \quad \text{Eşitlik 17}$$

Buna göre genişletilmiş karar matrisi Eşitlik 18'deki gibidir.

X : genişletilmiş karar matrisi

$$X = \begin{bmatrix} x_{ag1} & x_{ag2} & \cdots & x_{agn} \\ x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \\ x_{g1} & x_{g2} & \cdots & x_{gn} \end{bmatrix} \quad \text{Eşitlik 18}$$

Genişletilmiş karar matrisi Eşitlik 19 kullanılarak normalize edilir.

n_{ij} : i alternatifinin j kriteri açısından normalize değeri

$$n_{ij} = \begin{cases} j \in \text{fayda} \Rightarrow \frac{x_{ij}}{x_{gj}} \\ j \in \text{maliyet} \Rightarrow \frac{x_{gj}}{x_{ij}} \end{cases} \quad \text{Eşitlik 19}$$

MARCOS yöntemine göre izleyen aşamada ağırlıklı normalize değerler Eşitlik 20 kullanılarak hesaplanır.

v_{ij} : i alternatifinin j kriteri açısından ağırlıklı normalize değeri

w_j : j kriterinin ağırlığı

$$v_{ij} = w_j n_{ij} \quad \text{Eşitlik 20}$$

Her bir alternatif için ağırlıklı normalize değerlerin toplamı Eşitlik 21 kullanılarak hesaplanır.

S_i : *i* alternatifinin toplam ağırlıklı normalize değeri

$$S_i = \sum_{j=1}^n v_{ij} \quad \text{Eşitlik 21}$$

Benzer hesaplama ideal çözüm ve en kötü çözüm için de tekrarlanır. İdeal çözüm için ağırlıklı normalize değer toplamı Eşitlik 22'de, en kötü çözüm için ağırlıklı normalize değer toplamı Eşitlik 23'te gösterilmiştir.

S_g : ideal çözüm toplam ağırlıklı normalize değeri

$$S_g = \sum_{j=1}^n v_{gj} \quad \text{Eşitlik 22}$$

S_{ag} : en kötü çözüm toplam ağırlıklı normalize değeri

$$S_{ag} = \sum_{j=1}^n v_{agj} \quad \text{Eşitlik 23}$$

En kötü çözüme göre her bir alternatif için fayda değeri Eşitlik 24 kullanılarak bulunur.

K_i^- : *i* alternatifi en kötü çözüme göre fayda değeri

$$K_i^- = \frac{S_i}{S_{ag}} \quad \text{Eşitlik 24}$$

İdeal çözüme göre her bir alternatif için fayda değeri Eşitlik 25 kullanılarak bulunur.

K_i^+ : *i* alternatifi ideal çözüme göre fayda değeri

$$K_i^+ = \frac{S_i}{S_g} \quad \text{Eşitlik 25}$$

Her bir alternatif için en kötü çözümle ilgili fayda fonksiyonu Eşitlik 26 kullanılarak hesaplanır.

$f(K_i^-)$: *i* alternatifi en kötü çözümle ilgili fayda fonksiyonu

$$f(K_i^-) = \frac{K_i^+}{K_i^+ + K_i^-} \quad \text{Eşitlik 26}$$

Her bir alternatif için ideal çözümle ilgili fayda fonksiyonu Eşitlik 27 kullanılarak hesaplanır.

$f(K_i^+)$: *i* alternatifi ideal çözümle ilgili fayda fonksiyonu

$$f(K_i^+) = \frac{K_i^-}{K_i^+ + K_i^-} \quad \text{Eşitlik 27}$$

Son aşamada her bir alternatif için fayda fonksiyonu Eşitlik 28 kullanılarak hesaplanır.

$f(K_i)$: *i* alternatifi fayda fonksiyonu

$$f(K_i) = \frac{K_i^+ + K_i^-}{1 + \frac{1-f(K_i^+)}{f(K_i^+)} + \frac{1-f(K_i^-)}{f(K_i^-)}}$$

Eşitlik 28

Fayda fonksiyonları arasındaki en yüksek değer tüm kriterler birlikte düşünüldüğünde en iyi alternatifi göstermektedir.

III. UYGULAMA

Değerlendirme çalışmalarının ilk aşamasında, havalimanları konusunda uzman kişiler açısından değerlendirme yapmak amacıyla havacılık sektöründe bilgi ve yetkinliğe sahip uzman kişilerle görüşme yapılmıştır. Bu çalışmada puanlama tablolarının doldurulmasında görüşlerine başvurulmuş uzman ekip, “kaptan pilot”, “kabin amiri”, “yolcu hizmetleri memuru”, “harekat memuru” ve “ulaştırma hizmetleri bölümü, sivil havacılık kabin hizmetleri programı öğretim elemanlarından” oluşmaktadır. Havalimanlarının değerlendirilmesinde dikkate alınması gereken kriterler, bu kriterlerin ölçüm birimleri ve ideal durumları Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2. Kriter Bilgileri

Kriter Kodu	Kriter Türü	Kriter Adı	Ölçüm Birimi
K1	Fayda	Toplam Yolcu	Adet
K2	Fayda	Toplam Kargo	Ton
K3	Fayda	Toplam Uçuş	İniş-Kalkış

Çalışmada kullanılan değerlendirme kriterleri, literatür araştırması (K1, K2 ve K3 kodlu kriterler; ACI, 2019) doğrultusunda belirlenmiştir. Söz konusu kriterlerin ne anlama geldiği şu şekilde açıklanmıştır (Havalimanı İstatistikleri Metaveri Dosyası, 2016);

- *Toplam yolcu*; uçuş personeli ve kabin ekibi dışında seyahat edenleri kapsamaktadır. Yolcu sayılarının fazla oluşu havalimanlarının daha çok işlemlerini ve havalimanı işletmelerinin hizmetlerini çeşitlendirmesini sağlamaktadır.
- *Toplam kargo*; yolcu bagajları haricinde uçakta taşınan eşyalardır. Kargolar; koli ve diplomatik çantaları içermektedir. Hava kargo, teslim aldığı ürünleri gideceği yere diğer ulaştırma türlerine göre daha hızlı ve güvenli bir biçimde ulaştırmaktadır. Bundan dolayı hava kargo için uygun ortamı sağlaması halinde havalimanlarının, pekçok şirket ya da işletme tarafından tercih edilmesi sağlanmış olacaktır.
- *Toplam uçuş*; havalimanına iniş, kalkış yapan uçak trafiğine denir. İniş ve kalkışlar iki eylem olarak sayılır. Havalimanlarının uçuş sayılarındaki çeşitliliğin fazla oluşu ve uçuş saatlerinin yolculara yönelik planlanması, yolcuların daha çok tercih edebilmesine ve memnuniyetlerine olumlu yönde katkı sağlayacaktır.

Değerlendirme yapılan uluslararası havalimanları Tablo 3’de gösterilmiştir.

Tablo 3. Alternatif Bilgileri

Alternatif Kodu	Alternatif Adı (Havalimanı)
A1	BEIJING, CN (PEK)
A2	LOS ANGELES, US (LAX)
A3	TOKYO, JP (HND)
A4	CHICAGO, US (ORD)
A5	LONDON, GB (LHR)
A6	SHANGHAI, CN (PVG)
A7	PARIS, FR (CDG)
A8	GUANGZHOU, CN (CAN)
A9	AMSTERDAM, NL (AMS)
A10	FRANKFURT, DE (FRA)

Kriterlerin belirlenmesinin ardından önem düzeylerini tespit etmek için PıPRECIA-E yöntemi ile değerlendirmeler yapılmıştır. Bu amaçla bir form hazırlanarak uzmanlara gönderilmiştir. Uzman cevapları birleştirilerek gerekli hesaplamalar yapılmış ve Tablo 4’deki sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 4. PıPRECIA İşlemleri

Kriter	s_j	k_j	q_j	w_j
K1		1,0000	1,0000	0,3342
K2	0,4643	1,5357	0,6512	0,2176
K3	1,5143	0,4857	1,3406	0,4481

PıPRECIA yöntemi ile ağırlıklar hesaplandıktan sonra Ters PıPRECIA süreci başlatılmıştır. Bu aşamada karar verici benzer değerlendirmeyi sondan başa doğru yapmıştır. Görüşlerin alınmasının ardından Eşitlik 7 kullanılarak bu görüşler birleştirilmiştir. Birleştirilmiş görüşlere Eşitlik 8, 9 ve 10’daki işlemlerin uygulanması sonucu bulunan değerler Tablo 5’te gösterilmiştir.

Tablo 5. Ters PıPRECIA İşlemleri

Kriter	s'_j	k'_j	q'_j	w'_j
K1	0,4643	1,5357	3,1618	0,6803
K2	1,5143	0,4857	0,4857	0,1045
K3		1,0000	1,0000	0,2152

PIPRECIA-E yöntemine göre son aşamada PIPRECIA ve Ters PIPRECIA yöntemlerinden elde edilen ağırlıklar Eşitlik 11 kullanılarak birleştirilmiştir. Bulunan değerler Tablo 6'daki gibidir.

Tablo 6. Kriter Ağırlıkları

Kriter	Ağırlık
K1	0,5073
K2	0,1611
K3	0,3316

Tablo 6'da görüldüğü üzere, uzman görüşlerine göre PIPRECIA-E yöntemine göre yapılan analizde önem derecesi en yüksek çıkan kriter “toplam yolcu sayısı” iken, önem derecesi en düşük çıkan kriter ise “toplam kargo sayısı”dır. Dünyanın en işlek havalimanları ifadesinde işlekliliğin temel unsurunun yolcu sayısı olduğu ortaya çıkmaktadır. Yolcu sayılarının fazla oluşu havalimanlarının daha çok işlemesine ve havalimanı işletmelerinin hizmetlerini çeşitlendirmesine etki etmektedir. Bununla birlikte, uluslararası havalimanlarının trafik yoğunluğunu incelerken, toplam yolcu sayısının yanı sıra, gerçekleşen toplam uçuş sayısı da önemli bir kriterdir. Zira bir havalimanına gerçekleştirilen uçuşların icra edildiği uçak tipleri, yolcu sayısı ve uçak hareketi ilişkisini temelden etkilemektedir.

Kriter ağırlıkları bulunduktan sonra uluslararası havalimanlarının verileri toplanmıştır. Oluşturulan karar matrisi Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7. Karar Matrisi

Alternatif Kodu	Alternatif Adı (Havalimanı)	Toplam Yolcu	Toplam Kargo	Toplam Uçuş
A1	BEIJING, CN (PEK)	110.011.438	1.957.779	594.329
A2	LOS ANGELES, US (LAX)	88.068.013	2.091.622	691.257
A3	TOKYO, JP (HND)	85.505.054	2.104.063	458.368
A4	CHICAGO, US (ORD)	84.619.115	1.758.119	919.704
A5	LONDON, GB (LHR)	80.888.305	1.672.874	478.002
A6	SHANGHAI, CN (PVG)	76.153.455	3.634.230	511.846
A7	PARIS, FR (CDG)	76.150.009	2.102.268	482.676
A8	GUANGZHOU, CN (CAN)	73.386.153	1.922.132	491.249
A9	AMSTERDAM, NL (AMS)	71.706.999	1.592.221	515.811
A10	FRANKFURT, DE (FRA)	70.556.072	2.091.174	513.912

Kaynak: Airport Council International, ACI Media Releases. Erişim Tarihi: 21.11.2020.

Karar matrisi verileri toplandıktan sonra SMART yöntemine göre alternatif değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu amaçla öncelikle değerler normalize edilmiştir. Ardından Eşitlik 15 kullanılarak her bir alternatifiin genel fayda değeri hesaplanmıştır. Eşitlik 15'te yer alan ağırlık değerleri için PIPRECIA-E yönteminden elde edilen sonuçlar kullanılarak yöntemler bütünleştirilmiştir. SMART yöntemine göre normalize karar matrisi, genel fayda değerleri ve sıralama sonuçları Tablo 8'de gösterilmiştir.

Tablo 8. Normalize Karar Matrisi ve Sonuçlar (SMART)

	K1	K2	K3	u_i	Sıra
A1	1,0000	0,1790	0,2947	0,6339	1
A2	0,4438	0,2446	0,5048	0,4320	3
A3	0,3789	0,2507	0,0000	0,2326	5
A4	0,3564	0,0812	1,0000	0,5255	2
A5	0,2619	0,0395	0,0426	0,1533	6
A6	0,1419	1,0000	0,1159	0,2715	4
A7	0,1418	0,2498	0,0527	0,1296	7
A8	0,0717	0,1616	0,0713	0,0860	8
A9	0,0292	0,0000	0,1245	0,0561	10
A10	0,0000	0,2443	0,1204	0,0793	9

Tablo 8'de bulunan sıralamada ilk 3 sırayı dünyanın en büyük iki ekonomisine sahip Amerika Birleşik Devletleri (ABD) ve Çin Halk Cumhuriyeti (Çin)'ne ait uluslararası havalimanları oluşturmaktadır. İlk sırada Çin'den Beijing Havalimanı yer alırken ikinci ve üçüncü sırada ABD'den sırayla Chicago Havalimanı ve Los Angeles Havalimanı yer almıştır.

Beijing Havalimanı, Çin'in başkenti Pekin'de faaliyet göstermektedir. Pekin, Şanghay'dan sonra ülkenin ikinci metropol alanıdır. Ekonomi açısından, tarım, madencilik, inşaat, otomotiv ve hizmet sektörleriyle birlikte önemli bir yer tutmaktadır. Havayolu ulaşımı, bu sektörlerden üretilen ürünlerin yurt içi ve yurt dışı pazarına kazandırılmasına ve bölgenin turizm noktası olarak kullanılmasına ciddi anlamda katkı sağlamaktadır.

SMART yöntemine göre çıkan bu sonuçların ardından bir başka çok kriterli karar verme yöntemi olan MARCOS yöntemi uygulanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. MARCOS yönteminin de ilk adımı SMART gibi karar matrisidir. Bu karar matrisi Tablo 6'da daha önce gösterilmiştir. Ardından Eşitlik 16 ve 17 yardımıyla ideal çözüm ve en kötü çözümler bulunarak genişletilmiş karar matrisi hazırlanır. Genişletilmiş karar matrisi Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9. Genişletilmiş Karar Matrisi

	K1	K2	K3
En kötü	70.556.072	1.592.221	458.368
A1	110.011.438	1.957.779	594.329
A2	88.068.013	2.091.622	691.257
A3	85.505.054	2.104.063	458.368
A4	84.619.115	1.758.119	919.704
A5	80.888.305	1.672.874	478.002
A6	76.153.455	3.634.230	511.846
A7	76.150.009	2.102.268	482.676
A8	73.386.153	1.922.132	491.249
A9	71.706.999	1.592.221	515.811
A10	70.556.072	2.091.174	513.912
İdeal	110.011.438	3.634.230	919.704

Genişletilmiş karar matrisi Eşitlik 19 kullanılarak normalize edilir. Normalize genişletilmiş karar matrisi Tablo 10'dadır.

Tablo 10. Normalize Genişletilmiş Karar Matrisi

	K1	K2	K3
En kötü	0,6414	0,4381	0,4984
A1	1,0000	0,5387	0,6462
A2	0,8005	0,5755	0,7516
A3	0,7772	0,5790	0,4984
A4	0,7692	0,4838	1,0000
A5	0,7353	0,4603	0,5197
A6	0,6922	1,0000	0,5565
A7	0,6922	0,5785	0,5248
A8	0,6671	0,5289	0,5341
A9	0,6518	0,4381	0,5608
A10	0,6414	0,5754	0,5588
İdeal	1,0000	1,0000	1,0000

MARCOS yöntemine göre izleyen aşamada ağırlıklı normalize değerler Eşitlik 20 kullanılarak hesaplanır. Ağırlıklı normalize genişletilmiş karar matrisi Tablo 11'de gösterilmiştir.

Tablo 11. Ağırlıklı Normalize Genişletilmiş Karar Matrisi

	K1	K2	K3
En kötü	0,3253	0,0706	0,1653
A1	0,5073	0,0868	0,2143
A2	0,4061	0,0927	0,2493
A3	0,3943	0,0933	0,1653
A4	0,3902	0,0779	0,3316
A5	0,3730	0,0741	0,1724
A6	0,3512	0,1611	0,1846
A7	0,3511	0,0932	0,1740
A8	0,3384	0,0852	0,1771
A9	0,3307	0,0706	0,1860
A10	0,3253	0,0927	0,1853
İdeal	0,5073	0,1611	0,3316

Her bir alternatif için ağırlıklı normalize değerlerin toplamı Eşitlik 21 kullanılarak hesaplanır. İdeal çözüm için ağırlıklı normalize değer toplamı Eşitlik 22’de, en kötü çözüm için ağırlıklı normalize değer toplamı Eşitlik 23’te gösterilmiştir. En kötü çözüme göre her bir alternatif için fayda değeri Eşitlik 24 kullanılarak bulunur. İdeal çözüme göre her bir alternatif için fayda değeri Eşitlik 25 kullanılarak bulunur. Bulunan bu değerler sırasıyla Tablo 12’de gösterilmiştir.

Tablo 12. $S_i, S_g, S_{ag}, K_i^-, K_i^+$ Değerleri

	S_i	K_i^-	K_i^+
En kötü	0,5612		
A1	0,8084	1,4404	0,8084
A2	0,7481	1,3330	0,7481
A3	0,6528	1,1633	0,6528
A4	0,7998	1,4251	0,7998
A5	0,6195	1,1039	0,6195
A6	0,6968	1,2416	0,6968
A7	0,6184	1,1019	0,6184
A8	0,6007	1,0704	0,6007
A9	0,5872	1,0464	0,5872
A10	0,6033	1,0751	0,6033
İdeal	1,0000		

Her bir alternatif için en kötü çözümle ilgili fayda fonksiyonu Eşitlik 26 kullanılarak hesaplanır. Her bir alternatif için ideal çözümle ilgili fayda fonksiyonu Eşitlik 27 kullanılarak hesaplanır. Son aşamada her bir alternatif için fayda fonksiyonu Eşitlik 28 kullanılarak hesaplanır. Fayda fonksiyonları arasındaki en yüksek değer tüm kriterler birlikte düşünüldüğünde en iyi alternatifi göstermektedir. Bulunan değerler ve buna bağlı sıralama Tablo 13’de gösterilmiştir.

Tablo 13. $f(K_i^-)$, $f(K_i^+)$, $f(K_i)$ Değerleri ve Sıralama

	$f(K_i^-)$	$f(K_i^+)$	$f(K_i)$	Sıra
A1	0,3595	0,6405	0,6727	1
A2	0,3595	0,6405	0,6225	3
A3	0,3595	0,6405	0,5432	5
A4	0,3595	0,6405	0,6655	2
A5	0,3595	0,6405	0,5155	6
A6	0,3595	0,6405	0,5798	4
A7	0,3595	0,6405	0,5146	7
A8	0,3595	0,6405	0,4999	9
A9	0,3595	0,6405	0,4886	10
A10	0,3595	0,6405	0,5021	8

Tablo 13’de ortaya çıkan sıralamaya göre ilk 3 sırayı sırayla; Beijing, Chicago ve Los Angeles havalimanları alırken, son 3 sırayı da sırayla; Frankfurt, Guangzhou ve Amsterdam havalimanları almıştır. Toplam yolcu sayısı bakımından birinciliği, hareketli bir yıl geçiren ve halk hareketinin eksik olmadığı Beijing Havalimanı elde ettiği görülmektedir.

SONUÇ

Günümüzde nüfusun hızla artması ve ihtiyaçların çeşitlenmesi, hızlı, güvenilir ve ekonomik ulaşım taleplerini karşılamayı güç hale getirmiştir. Karayolu, demiryolu, denizyolu ve nihayet havayolu ulaşımı da artan taleplere göre ulaşım ağları arasında gelişme göstermiştir. Havayolu ulaşımı sayesinde insanlar daha hızlı, daha ekonomik ve daha güvenilir bir şekilde seyahat etmektedirler (Ertunç ve Çay, 2020). Havayolu faaliyetlerinin gerçekleştiği mekanlar da ülkelerin ve şehirlerin havalimanlarıdır. Havalimanları; hava araçlarının iniş ve kalkışı için özel olarak hazırlanmış, yolcu ve yük alınmasına ve verilmesine ilişkin tesisleri bünyesinde bulunduran alanlardır (Güner, 2018).

Bu çalışmada Uluslararası Havalimanları Konseyi (ACI) tarafından açıklanan 2019 yılına ait uluslararası havalimanlarına ilişkin veriler baz alınarak

dünyada faaliyet gösteren en işlek 10 adet havalimanının performansları değerlendirilmeye çalışılmıştır. Değerlendirmede ÇKKV yöntemlerinden PIPRECIA-E, SMART ve MARCOS kullanılmıştır. PIPRECIA-E yöntemi ile 3 adet kriterin ağırlığı belirlenmiştir. Yapılan değerlendirmede havalimanını kullanarak seyahat eden “yolcu sayısı” ağırlığı en yüksek olan kriter olarak çıkmış, havalimanında işlem gören “toplam kargo sayısı” ise ağırlığı en düşük kriter olmuştur.

Havalimanlarının performans sıralaması, SMART ve MARCOS yöntemleri ile yapılmıştır. Yapılan sıralamada ilk 3 sırayı dünyanın en büyük iki ekonomisine sahip Çin Halk Cumhuriyeti (Çin) ve Amerika Birleşik Devletleri’ne (ABD) ait uluslararası havalimanları almıştır. İlk sırada Çin’den Beijing Havalimanı yer alırken ikinci ve üçüncü sırada ABD’den sırayla Chicago ve Los Angeles havalimanları yer almıştır. Analiz sonuçlarında son sırada Amsterdam Havalimanı yer almıştır. İlk sıralarda yer alan havalimanlarının faaliyet gösterdikleri şehir ve bölgedeki ticari hacim, insan hareketlilikleri bakımından yoğunluk gibi unsurların etkili olduğu düşünülmektedir. Beijing Havalimanı’nın ilk sırada çıkmasında insan hareket sayısının fazla oluşu ve ülkenin ikinci metropol şehri olmasıyla “nüfus”, tarım, madencilik, inşaat, otomotiv ve hizmet sektörleriyle uğraşılması ve bu sektörlerden elde edilen ürünlerin yurt içi ve yurt dışı pazarına kazandırılmasıyla “ekonomi”, bulunduğu konum ve tarihi geçmişiyle “turizm” gibi faktörler etkili olmuştur.

Bundan sonra yapılacak çalışmalarda, havalimanı performanslarının ölçümünde farklı ÇKKV yöntemleri kullanılabilir. Ayrıca farklı havalimanları da değerlendirilebilir.

KAYNAKÇA

- Airport Council International, ACI Media Releases, ACI Reveals Top 20 Airports for Passenger Traffic, Cargo and Aircraft Movements, Erişim Adresi: <https://aci.aero/news/2020/05/19/aci-reveals-top-20-airports-for-passenger-traffic-cargo-and-aircraft-movements/>, Erişim Tarihi: 21.11.2020.
- Akca, M. (2020). Havalimanı şehri modeli. *International Journal of Management and Administration*, 4(7), 178-188. doi: 10.29064/ijma.688454.
- Arslan, H. M. (2020). Toplumsal fayda açısından İstanbul-Ankara yüksek hızlı tren hattı için optimum güzergâhın belirlenmesi. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 16(3), 474-493.
- Badi, I. ve Pamučar, D. (2020). Supplier selection for steelmaking company by using combined Grey-MARCOS Methods. *Decision Making*:

- Applications in Management and Engineering*, 3(2), 37-48. doi: 10.31181/dmame2003037b.
- Bakir, M., Akan, Ş., Kiraci, K., Karabasevic, D., Stanujkic, D., ve Popović, G. (2020). Multiple-Criteria approach of the operational performance evaluation in the airline industry: Evidence from the emerging markets. *Romanian Journal of Economic Forecasting*, XXIII(2), 149-172.
- Deste, M. ve Şimşek, A. İ. (2019). Havayolu şirketlerinin lojistik performanslarının ENTROPI ve TOPSIS Yöntemleri kullanılarak karşılaştırılması. *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 17(1), 395-411.
- Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü, İstatistikler, Havalimanı İstatistikleri Metaveri Dosyası, Erişim Adresi: <https://www.dhmi.gov.tr/sayfalar/istatistik.aspx>, Erişim Tarihi: 21.11.2020.
- Dilmen, E. ve Çetinyokuş, T. (2020). Potansiyel çoklu havalimanı sisteminin çok kriterli karar verme yöntemleri ile değerlendirilmesi. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 9(2), 859-876.
- Ertunç, E. ve Çay, T. (2020). Havaalanı yer seçiminde coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) kullanımı. *Konya Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8(2), 200-210.
- Fahlepi, R. (2020). Decision support systems employee discipline identification using The Simple Multi Attribute Rating Technique (SMART) Method. *Journal of Applied Engineering and Technological Science (JAETS)*, 1(2), 103-112.
- Ferreira, J. A., Costa, M., Tereso, A., ve Oliveira, J. A. (2015). A Multi-Criteria decision support system for a routing problem in waste collection. *Switzerland: Springer International Publishing*.
- Fitriani, N., Suzanti, I. O., Jauhari, A., ve Khozaimi, A. (2020). Application monitoring and evaluation using SMART (Simple Multi attribute Rating Technique) Method. *In Journal of Physics: Conference Series*, (Vol. 1569, No. 2, p. 022090). IOP Publishing.
- Güner, S. (2018). *Türkiye’de havalimanı işletmeciliği’nin kısa tarihçesi ve havalimanları üzerinde inceleme* (Yüksek lisans tezi). Maltepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Jaukovic Jovic, K., Jovic, G., Karabasevic, D., Popović, G., Stanujkic, D., Zavadskas, E. K., ve Thanh Nguyen, P. (2020). A novel integrated PIPRECIA–Interval-Valued triangular Fuzzy ARAS Model: E-Learning course selection. *Symmetry*, 12(6), 928. doi: 10.3390/sym12060928.

- Lavik, M. S., Hardaker, J. B., Lien, G., ve Berge, T. W. (2020). A multi-attribute decision analysis of pest management strategies for Norwegian crop farmers. *Agricultural Systems*, 178, 102741. doi: 10.1016/j.agsy.2019.102741. 1-11.
- Memiş, S., Demir, E., Karamaşa, Ç., ve Korucuk, S. (2020). Prioritization of road transportation risks: An application in Giresun province. *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications*, 3(2), 111-126.
- Özdağoğlu, A., Keleş, M. K., ve Işıldak, B. (2020). Isparta Süleyman Demirel Havalimanını kullanan havayolu firmaları performanslarının BWM, MAIRCA ve MABAC ile değerlendirilmesi. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, (29), 175-194.
- Patel, M. R., Vashi, M. P., ve Bhatt, B. V. (2017). SMART-Multi-criteria decision-making technique for use in planning activities. *Proceedings of New Horizons in Civil Engineering (NHCE 2017)*, 1-6.
- Popović, G., Đorđević, B., ve Milanović, D. (2019). Multiple criteria approach in the mining method selection. *Industrija*, 47(4), 47-62. doi: 10.5937/industrija47-24128.
- Puşka, A., Stojanović, I., Maksimović, A., ve Osmanović, N. (2020). Evaluation software of project management used Measurement of Alternatives and Ranking According to Compromise Solution (MARCOS) Method. *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications*, 3(1), 89-102. doi: 10.31181/oresta2001089p.
- Rahadjeng, I. R. (2020). Application of the Simple Multi Attribute Rating Technique (SMART) Method on the selection of anti mosquito lotion based on the consumer. *IJISTECH (International Journal of Information System & Technology)*, 3(2), 152-158.
- Stanujkic, D., Zavadskas, E. K., Karabasevic, D., Smarandache, F., ve Turskis, Z. (2017). The use of the pivot pairwise relative criteria importance assessment method for determining the weights of criteria. *Romanian Journal of Economic Forecasting*, XX(4), 116-133.
- Stević, Ž. ve Brković, N. (2020). A novel integrated FUCOM-MARCOS Model for evaluation of human resources in a transport company. *Logistics*, 4(1), 2-14. doi: 10.3390/logistics4010004.
- Stević, Ž., Pamučar, D., Puška, A., ve Chatterjee, P. (2020). Sustainable supplier selection in healthcare industries using a new MCDM Method: Measurement of Alternatives and Ranking According to Compromise Solution (MARCOS). *Computers & Industrial Engineering*, 140, 106231. doi: 10.1016/j.cie.2019.106231.

- Ulutaş, A., Karabasevic, D., Popović, G., Stanujkic, D., Nguyen, P. T., ve Karaköy, Ç. (2020). Development of a novel integrated CCSD-ITARA-MARCOS decision-making approach for stackers selection in a logistics system. *Mathematics*, 8(10), 1672. doi: 10.3390/math8101672.
- Yıldız, O. T. ve Deniz, Ö. (2020). Havacılıkta operasyonel aksaklık maliyetlerinin moora yöntemiyle incelenmesi. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Teknoloji ve Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 3(1), 1-11.