

AVRUPA’NIN EN BÜYÜK 20 HAVALİMANININ ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ VE VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

EVALUATION OF TOP 20 AIRPORTS IN THE EUROPE ACCORDING TO MULTI CRITERIA DECISION-MAKING METHODS AND DATA ENVELOPMENT ANALYSIS

Fatma Gül ALTIN*, **Meltem KARAATLI****, **İbrahim BUDAK*****

* Yrd. Doç. Dr. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Zeliha Tolunay Uygulamalı Teknoloji ve İşletmecilik Yüksekokulu, Uluslararası Ticaret Bölümü, gulaltin@mehmetakif.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0001-9236-0502>

** Doç. Dr. Süleyman Demirel Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Bölümü, İşletme Bölümü, Sayısal Yöntemler A.B.D., meltemkaraatli@sdu.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-7403-9587>

*** Doktora Öğrencisi, Pamukkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Bölümü, ibrahimbudak04@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7762-6114>

ÖZ

Bu çalışmada, Avrupa'nın yolcu sayısı bakımından en büyük 20 havalimanının performansları Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile sıralanmış ve Veri Zarflama Analizi yöntemiyle de etkinlikleri değerlendirilmiştir. 2010-2015 yılları esas alınarak, 20 havalimanına ilişkin kriterlerin öncelikle ENTROPI yöntemi ile ağırlıkları hesaplanmış, daha sonra COPRAS ve Gri İlişkisel Analiz yöntemleri ile de performans sıralaması yapılmıştır. Çalışmada, performansı etkileyen kriterler; yolcu sayısı, terminal sayısı, otopark kapasitesi, pist sayısı, havalimanının şehir merkezine uzaklığı, çıkış kapı sayısı ve uçak stand sayısı olarak belirlenmiştir. Veri Zarflama Analizinde ise terminal sayısı, otopark kapasitesi, pist sayısı, havalimanının şehir merkezine uzaklığı, çıkış kapı sayısı ve uçak stand sayısı girdi değişkeni olarak, yolcu sayısı çıktı değişkeni olarak kullanılmıştır.

Çalışma sonucunda, COPRAS yönteminde ilk üç sırada “Madrid Barajas International Airport”, “Frankfurt am Main International Airport” ve “Charles de Gaulle International Airport” havalimanları yer alırken, “Uluslararası Atatürk Havalimanı” on birinci sırada yer almıştır. Gri İlişkisel Analiz yönteminde ilk üç sırada “Madrid Barajas International Airport”, “Frankfurt am Main International Airport” ve “London Gatwick Airport” havalimanları yer alırken, “Uluslararası Atatürk Havalimanı” on dördüncü sırada yer almıştır. Her iki sıralama yönteminde son sırada “Uluslararası Sabiha Gökçen Havalimanı” yer almaktadır. Veri Zarflama Analizinde Charnes, Cooper ve Rhodes (CCR) modeline göre 10 havalimanının etkin olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çok Kriterli Karar Verme, Gri İlişkisel Analiz, ENTROPI, COPRAS, Veri Zarflama Analizi, Havalimanı.

Jel Kodları: C30, C61, L93

ABSTRACT

In this study, which deals with the biggest 20 airports in term of the number of passengers in Europe, the efficiency of airports was evaluated by using Multi Criteria Decision Making Methods and Data Envelopment Analysis. Based on the years 2010-2015, the criteria related to 20 airports were firstly weighted by the Entropy method and then the performance ranking was carried out by COPRAS and Grey Relational Analysis methods. In the study, criteria affecting performance were determined as; the number of passengers, the number of terminals, the parking capacity, the number of runways, the distance of the airport to the city center, the number of exit doors and the number of aircraft desks. In

the Data Envelopment Analysis, the number of terminals, the parking capacity, the number of runways, the distance of the airport to the city center, the number of exit doors and the number of aircraft desks were used as input variables; the number of passengers was used as output variable.

As a result of the study, "Atatürk International Airport" ranks as 11th while "Madrid Barajas International Airport", "Frankfurt am Main International Airport" and "Charles de Gaulle International Airport" were the top three in COPRAS method. The "Atatürk International Airport" ranks as 14th while "Madrid Barajas International Airport", "Frankfurt am Main International Airport" and "London Gatwick Airport" were the top three in the Gray Relational Analysis method. In both ranking methods, "International Sabiha Gökçen Airport" is at the last line. According to the CCR model in the Data Envelopment Analysis 10 airports have been determined as effective.

Keywords: Multi Criteria Decision Making, Grey Relational Analysis, Entropy, COPRAS, Data Envelopment Analysis, Airport.

Jel Codes: C30, C61, L93

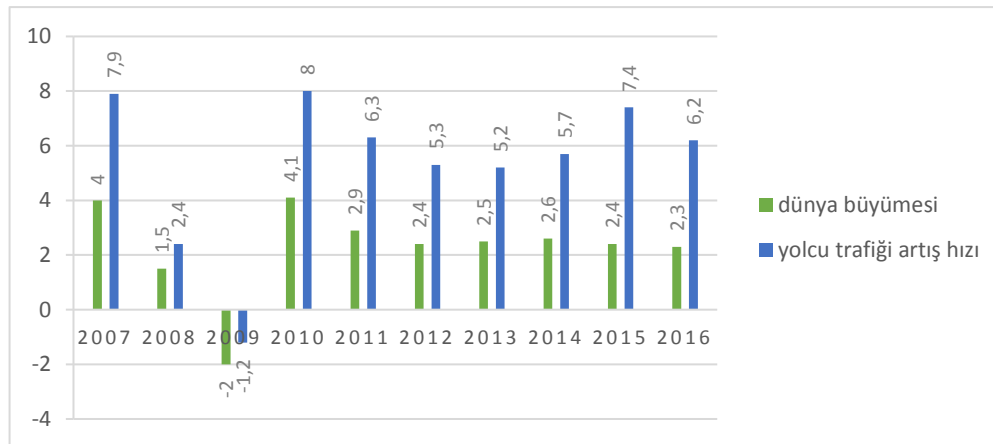
1. GİRİŞ

Havayolu taşımacılığı, hızlı, güvenli ve rahat ulaşımı sayesinde farklı yerlere gitme imkânı sağlayarak ticaret, turizm ve sosyal olarak gelişmeye ve farklı kültürlerin bir araya gelmesine yardımcı olmuştur. Özellikle son yıllarda özel havayolu işletmelerinin düşük maliyetli hizmetleri havayolu taşımacılığının daha çok tercih edilir hale getirmiştir. Bu gelişmeler hem havayolu işletmeleri hem de havalimanları arasında rekabetin artmasına neden olmuştur (Gökdalay ve Evren, 2009:159).

Öte yandan Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği (IATA), küresel havayolu

endüstrisinin 2017'de 29,8 milyar dolar net kâr beklediğini açıklamıştır. Bu durum toplam 736 milyar dolarlık gelir tahmini üzerine %4,1 kâr marjını temsil etmektedir. 2016 ise IATA, küresel GSYİH büyümesinin yavaşlaması ve yükselen maliyetler nedeniyle 2016 havayolu sektörü kârlılığının görünümünü hafifçe düşürerek 35,6 milyar dolara (Haziran ayı projeksiyonu 39,4 milyardan) revize etmiştir. Bu, yine de havayolu endüstrisinin yarattığı en yüksek net kâr ve en yüksek net kâr marjı (% 5,1)'dir (<http://www.iata.org/pressroom/pr/Pages/2016-12-08-01.aspx>).

Şekil 1: Küresel Ekonomik Büyüme ve Havayolu Yolcu Taşımacılığı Sektörünün Gelişimi (%)



Kaynak: IATA

Dünya havayolu taşımacılığı sektöründe talep son 10 yılda küresel ekonominin büyüme hızına paralel olarak gelişmiştir. İki seri arasındaki korelasyon ise %95 seviyesindedir. 2015 yılında %7,4 artan yolcu talebi 2016 yılında %6,2 olarak gerçekleşmiştir. Petrol fiyatlarına bağlı olarak ucuzlayan bilet fiyatları yolcu sayısının artmasındaki en önemli faktördür. Bu bağlamda IATA tarafından 2035 yılında yolcu sayısının %50 oranında artması beklenmektedir (Sarsın Kaya, 2016:8).

Avrupa'da havacılık sektörü hem doğrudan yarattığı iş imkânları hem de dolaylı olarak uluslararası ticaret ve turizmi kolaylaştırması ile önemli yararlar sağlamaktadır. Öyle ki Avrupa'daki uçuş sayısı 2014 yılında 1990'a göre yaklaşık %80 oranında artış göstermiştir. Buna rağmen uçuş sayısı hâla olması gerekenin altında seyir izlemektedir. Ama 2035 yılına kadar uçuş sayısının %45'lik bir artışla 12,8 milyon olması beklenmektedir (European Aviation Environmental Report, 2016:14).

Havalimanları buldukları il ve ülkelerin ekonomilerinin büyümesinde her geçen gün artan bir öneme sahiptir. Bu çalışmada da, 2010-2015 yılları esas alınarak, Avrupa'da bulunan yolcu sayısı bakımından en büyük 20 uluslararası havalimanının performansı değerlendirilmeye çalışılmıştır. Bu değerlendirme için Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden Entropi, COPRAS ve Gri İlişkisel Analiz (GİA) yöntemleri ve parametrik olmayan Veri Zarflama Analizi (VZA) kullanılmıştır.

Çok kriterli bütün problemlerde birden fazla kriter dikkate alınmaktadır. Her problem setinde ilgili kriterler ve alternatifler belirlenmektedir. Karar verici, ihtiyaçların karşılanmasında mevcut alternatifleri, kriterleri ile karşılaştırarak en uygun olan alternatifi üç aşamada ortaya koymaktadır. Kriterin tespit edilmesi ve önem derecelerinin sıralanması ilk aşamadır. Alternatiflerin bu kriterleri ne oranda tatmin ettiklerine bakılarak bir değerlendirme yapılması ikinci aşamadır. En yüksek puana sahip alternatifin tercih

edilmesi de üçüncü aşamadır (Ersöz ve Kabak, 2010: 100).

Çalışmada havalimanları; toplam yolcu sayısı, toplam terminal sayısı, otopark kapasitesi, pist sayısı, havalimanının şehir merkezine uzaklığı, çıkış kapı sayısı, check-in sıra sayısı, uçak stand sayısı gibi kriterler doğrultusunda değerlendirme yapılarak sıralanmıştır. Çok kriterli karar verme yöntemleri birçok kriter altında alternatiflerin seçimi veya alternatiflerin sıralanmasında kullanılmaktadır. Bu çalışmada öncelikle sekiz kriter için Entropi yöntemi ile ağırlıklar belirlenmiştir. Daha sonra bu ağırlıklar kullanılarak CORRAS ve Gri İlişkisel Analiz (GİA) yöntemleri ile havalimanları sıralanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. VZA yöntemi ile de etkin havalimanları belirlenmeye çalışılmıştır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

ÇKKV Yöntemleri ve VZA kullanılarak havalimanları ile ilgili literatürde birçok çalışma yapılmıştır.

Baltazar ve diğerleri (2014), 3 İber havayolunun (Lisbon, Ponta Delgada ve Barcelona) gelişim performansını ve etkinliğini Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique (MACBETH) ve VZA yöntemi ile incelemiştir. Çalışmada 2006-2011 yıllarına ilişkin veriler kullanılmış olup MACBETH için taşınan yolcu sayısı/yolcu terminal alanı, taşınan kargo miktarı (ton)/kargo terminal alanı, uçak hareketi (iniş-kalkış)/uçak park yeri sayısı, uçak hareketi/pist sayısı, taşınan yolcu sayısı/biniş kapı sayısı, taşınan yolcu sayısı/check-in masa sayısı, uçak hareket sayısı/biniş kapı sayısı ve uçak hareket sayısı/bagaj sayısı kriterleri belirlenmiştir. Öte yandan VZA için pist sayısı, uçak park yeri, yolcu terminal alanı, kargo terminal alanı, biniş kapı sayısı, check-in masa sayısı, bagaj karoseli sayısı girdi değişkeni olarak uçak hareket sayısı, taşınan yolcu sayısı ve taşınan kargo miktarı (ton) çıktı değişkeni olarak belirlenmiştir. MACBETH ile kriterlerin ağırlıkları hesaplandıktan

sonra her bir havalimanının yıllık etkinlikleri VZA yöntemi ile hesaplanmıştır.

Janic (2015) tarafından yapılan çalışmada Londra'da yer alan bir havalimanı sisteminde talebe yönelik kapasiteyi karşılamak için alternatiflerin ÇKKV yöntemleri ile değerlendirilmesi yapılmıştır. Araştırmanın amacı yeni bir pistin alternatifler (Heathrow, Gatwick ve Stansted) arasında hangi havalimanında yapılması gerektiğinin belirlenmesidir. Havalimanlarının sıralanmasında ÇKKV yöntemlerinden SAW (Simple Additive Weighting) ve TOPSIS (Technique For Order Preference By Similarity To Ideal Solution) yöntemleri kullanılmıştır. Fiziksel, operasyonel, ekonomik, çevresel ve sosyal performans kriterleri dikkate alınmıştır. Çalışmanın sonucunda yeni bir pist inşa etmek için en iyi havalimanı Heathrow ikinci Gatwick ve üçüncü Stansted International Airport'dur .

Kuo ve Liang (2011) tarafından yapılan çalışmada bulanık ortamda havalimanlarının hizmet kalitesini değerlendirmek için ÇKKV yöntemlerinden GİA ve VIKOR kullanılmıştır. Çalışma kapsamında Kuzey-Doğu Asya'da bulunan yedi uluslararası havalimanı değerlendirmeye dâhil edilmiştir. İşlem süresi maliyeti, imkan, konfor, bilgi edinme, çalışanın nezaketi, güvenlik ve tepkime kapasitesi kriter olarak kullanılmıştır. Her bir kriterin performans dereceleri ve ağırlıkları, müşterilerin değerlendirmelerine yönelik tercih ve/veya karar vericilerin tutumlarını dâhil eden bir algoritma ile çözülmüştür. Analiz sonucunda her iki yöntemde de ilk iki sırada Osaka-Kansai International Airport ve Tokyo-Narita International Airport yer almıştır.

Chang ve diğerleri (2015) tarafından yapılan çalışmada ÇKKV yöntemleri ile Tayvan'daki havalimanlarının (Taoyuan, Kaohsiung ve Taipei Songshan) güvenlik yönetim sistemlerinin performans değerlendirmesi yapılmıştır. Güvenlik politikası ve hedefleri, güvenlik riski

yönetimi, güvenlik sigortası ve güvenlik tanıtımı adı altında on yedi kriter dikkate alınmıştır. Havalimanlarının kriter ağırlıkları için ÇKKV yöntemlerinden ANP (Analitik Ağ süreci) kullanılmıştır. Alternatifleri sıralamak için de TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Çalışma sonucunda havalimanları performan sıralaması; Taoyuan International Airport, Kaohsiung International Airport ve Songshan International Airport olarak gerçekleşmiştir .

Barros ve Dieke (2007) tarafından yapılan çalışmada VZA ile İtalya'da bulunan 31 havalimanının performans değerlendirilmesi yapılmıştır. 2001-2003 yılları arasında bulunan veri setleri kullanılarak havalimanlarının finansal ve operasyonel performansları ele alınmıştır. Uçak sayısı, yolcu sayısı, kargo, makbuz işlemleri, havacılık ile ilgili satışlar ve ticari satışlar çıktı değişkeni olarak; işçilik maliyetleri, sermaye yatırımları ve operasyonel maliyetler ise çıktı değişkeni olarak belirlenmiştir. Genel olarak İtalyan havalimanları görece yüksek yönetim becerilerine sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. .

Yukarıda ayrıntılı literatür özeti verilen çalışmalar dışında; Martín ve Roman (2006), Lima ve Belderrain (2016), Kadzinski ve diğerleri (2017), Ülkü (2015), Ömürbek ve diğerleri (2013), Rocha ve diğerleri (2016), Gomes ve diğerleri (2014), Norese ve Carbone (2014) bu sektöre ilişkin ÇKKV ve VZA kullanarak çalışmalar yapmıştır.

3. YÖNTEM

Çalışmada 20 havalimanına ilişkin kriterlerin öncelikle Entropi yöntemi ile ağırlıkları hesaplanmış, daha sonra COPRAS ve Gri İlişkisel Analiz yöntemleri ile performans sıralaması yapılmıştır ve Veri Zarflama Analizi yöntemi ile de etkinlik skorları hesaplanmıştır. Aşağıda bu yöntemler detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

3.1. ENTROPİ Yöntemi

Alman Fizikçi Rudolf Clausius tarafından Entropi kavramı ilk olarak 1865 yılında termodinamiğin ikinci yasası olarak ortaya atılmıştır. Bir sistemdeki belirsizlik ve düzensizlik ölçüsü olarak tanımlanmıştır (Zhang, 2011: 444). Entropi bilgi ile ilişkili bir hale getirilerek fizik, matematik ve mühendislikte oldukça yaygın bir şekilde kullanılmıştır. Shannon Belirsizliği, Shannon Entropisi ya da Bilgi Entropisi olarak da bilinen Entropi 1948 yılında Claude Shannon tarafından enformasyon entropisine uyarlanmıştır. Enformasyon Entropisine göre eldeki bilginin sayısı ve kalitesi, bir karar verme probleminde verilecek kararın doğruluğunun ve güvenilirliğinin en önemli belirleyicisidir. Bu bağlamda Entropi Ağırlık yöntemi, eldeki verilerin sağlandığı faydalı bilginin miktarını ölçmede kullanılmıştır (Wu, 2011: 5163). Entropi yönteminin uygulama adımları şu şekilde gösterilebilir (Karami ve Joahansson, 2014: 524).

Adım 1: Karar Matrisinin Oluşturulması: m sayıda alternatifli ve n sayıda kriterli karar matrisi aşağıdaki gibi oluşturulur.

$$\begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1j} & \dots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2j} & \dots & X_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_{i1} & X_{i2} & \dots & X_{ij} & \dots & X_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_{m1} & X_{m2} & \dots & X_{mj} & \dots & X_{mn} \end{bmatrix},$$

Adım 2: Normalize Edilmiş Karar Matrisi: Karar matrisi Eşitlik (1) yardımıyla normalize edilir.

$$r_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_{i=1}^m X_{ij}} \quad i=1,2,\dots,m, \quad j=1,2,\dots,n \quad (1)$$

Adım 3: Entropi Değerinin Hesaplanması: Eşitlik (2) yardımıyla Entropi değeri hesaplanır.

$$e_j = \frac{-1}{\ln m} \sum_{i=1}^m r_{ij} \ln r_{ij} \quad i=1,2,\dots,m, \quad j=1,2,\dots,n \quad (2)$$

Adım 4: Ağırlık Değerinin Hesaplanması: Eşitlik (3) ile Entropi ağırlık değeri hesaplanır. Eşitlik (4)'te gösterildiği gibi kriter ağırlıklarının toplamı "1" olması gerekir.

$$W_j = \frac{1-e_j}{\sum_{j=1}^n (1-e_j)} \quad i=1,2,\dots,m, \quad j=1,2,\dots,n \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^n W_j = 1 \quad (4)$$

3.2. COPRAS Yöntemi

Tek bir kriterin çeşitli kullanıcılar tarafından izlenmekte olan amaçların tamamını ifade etmesi mümkün değildir. Bu nedenle, çok kriterli karar verme yöntemlerinden COPRAS yöntemi kullanılabilir. COPRAS yöntemi, Zavadskas ve Kaklauskas tarafından bulunmuştur. Yöntem, önem ve fayda derecesine dayanarak alternatiflerin aşamalı sıralama ve değerlendirme kuralına göre kullanılır. Ayrıca bu yöntem, yapı, emlak, ekonomi gibi çeşitli problemlerin çözümünde uygulanmıştır (Zavadskas vd, 2008: 241). COPRAS yönteminin uygulama adımları şunlardır (Kaklauskas vd., 2007: 168-169; Zavadskas vd., 2008: 242-243; Özdağoğlu, 2013: 235-236; Aksoy vd., 2015: 12-13):

Yöntem adımlarını oluştururken kullanılacak değişkenler;

$A_i = i.$ alternatif $i=1,2,\dots,m$

$C_j = j.$ değerlendirme ölçütü $j=1,2,\dots,n$

$W_j = j.$ değerlendirme ölçütünün önem düzeyi $j=1,2,\dots,n$

$X_{ij} = j.$ değerlendirme ölçütü açısından $i.$ alternatifin değeridir.

Adım 1: Karar matrisinin oluşturulması: Aşağıdaki gibi m sayıda alternatif ve n sayıda kriteri gösteren karar matrisi oluşturulur.

$$\begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_{m1} & X_{m2} & \dots & X_{mn} \end{bmatrix}$$

Adım 2: Karar Matrisinin Normalizasyonu: Eşitlik (5) kullanılarak karar matrisi normalize edilir.

$$X_{ij}^* = \frac{X_{ij}}{\sum_{i=1}^m X_{ij}} \quad j=1,2,\dots,n \quad (5)$$

Adım 3: Ağırlıklandırılmış Karar Matrisi: Eşitlik (6) yardımıyla her bir kriter için belirlenen w_{ij} ağırlık değerleri kullanılarak d_{ij} denklemi oluşturulur.

$$d_{ij} = x_{ij}^* \cdot w_{ij} \quad (6)$$

Adım 4: Faydalı ve Faydasız Ölçütlerin Hesaplanması: Faydalı ölçütler hedefe ulaşmada daha yüksek değerlerin daha iyi olduğu durumu gösterirken, faydasız ölçütler ise hedefe ulaşmada daha düşük değerlerin daha iyi olduğu durumu göstermektedir. Faydalı ve faydasız ölçütler için eşitlik (7) ve (8) yardımıyla elde edilir.

$$S_j^+ = \sum_{j=1}^k d_{ij} \quad j = 1,2,\dots,k \quad \text{faydalı ölçütler (7)}$$

$$S_j^- = \sum_{j=k+1}^n d_{ij} \quad j = k+1, k+2,\dots,n \quad \text{faydasız ölçütler (8)}$$

Adım 5: Q_i Göreceli Önem Değerinin Hesaplanması: Q_i değeri her bir alternatif için eşitlik (9) kullanılarak hesaplanır.

$$Q_i = S_i^+ + \frac{\sum_{i=1}^m S_i^-}{S_i^- \cdot \sum_{i=1}^m S_i^-} \quad (9)$$

Adım 6: En Yüksek Göreceli Önem Değerinin Hesaplanması: Eşitlik (10) numaralı denklem yardımıyla en yüksek göreceli değer hesaplanır.

$$Q_{\max} = \text{enbüyük } \{Q_i\} \quad \forall i=1,2,\dots,m \quad (10)$$

Adım 7: Alternatifler İçin P_i İndex Değerinin Hesaplanması: Her bir alternatif için P_i index değeri eşitlik (11) kullanılarak hesaplanır.

$$P_i = \frac{Q_i}{Q_{\max}} \cdot 100 \% \quad (11)$$

Elde edilen P_i index değeri 100 olan alternatif en iyi alternatiftir. Alternatifleri sıralamak için P_i index değerlerinin büyükten küçüğe doğru sıralanmış hali kullanılır.

3.3. GRİ İlişkisel Analiz Yöntemi

İlk kez Julong Deng tarafından 1982 yılında geliştirilen gri sistem teori, eksik veya tamamlanmamış bilgiler altında belirsizlik

problemlerini çözmeye kullanılmaya başlanmıştır. Ayrıca gri teori, kesikli veri setleri arasındaki çeşitli ilişkileri analiz etmede ve çok nitelikli durumlarda karar vermede kullanılan popüler bir yöntemdir (Sofyalıoğlu, 2011: 159).

Gri İlişkisel Analiz (GİA), kesinlik içermemesi ve yetersiz bilginin olması durumunda ortaya çıkan ve böyle bir ortamda işletme yöneticilerine doğru kararın verilmesinde yardımcı olan bir karar verme yöntemidir (Şişman ve Eleren, 2013: 413).

Gri İlişkisel Analiz, altı adımdan oluşmaktadır (Zhai vd., 2009: 7074).

Adım 1: Karar Matrisinin oluşturulması: Aşağıdaki gibi n sayıda alternatif ve m sayıda kriteri gösteren karar matrisi oluşturulur.

$$\begin{bmatrix} X_{1(1)} & X_{1(2)} & \dots & X_{1(m)} \\ X_{2(1)} & X_{2(2)} & \dots & X_{2(m)} \\ \dots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{n(1)} & X_{n(2)} & \dots & X_{n(m)} \end{bmatrix}$$

Adım 2: Referans Serisinin Oluşturulması: Hayali bir firma kullanılarak bu firmaya ait verilerin eklenmesi ile referans serisi oluşturulur.

Adım 3: Karşılaştırma Serisinin Oluşturulması: Bu adımda Eşitlik (12), (13) ve (14) kullanılarak karar matrisi normalize edilir.

$$X_{i(j)} = [x_{i(j)} - \min x_{i(j)}] / [\max x_{i(j)} - \min x_{i(j)}] \quad (12)$$

$$X_{i(j)} = [\max x_{i(j)} - x_{i(j)}] / [\max x_{i(j)} - \min x_{i(j)}] \quad (13)$$

$$X_{i(j)} = 1 - |x_{i(j)} - u_i| / \max |x_{i(j)} - u_i| \quad (14)$$

$$i=1,2,\dots,m, j=1,2,\dots,n$$

Burada $\min x_{i(j)} \leq u_i \leq \max x_{i(j)}$ ifade etmektedir. Ayrıca (12) no'lu formül fayda, (13) no'lu formül maliyet ve (14) no'lu formül ise ortalama tip kriter değerlerini standart değerlere dönüştürmede kullanılır.

Adım 4: Mutlak Değer Tablosunun Oluşturulması: Kriterlerin karakteristikleri esas alınarak katsayı farklılıkları hesaplanır. Katsayı farklılığı, sıra sayısı ile referans değeri arasındaki farkı gösterir. ΔX_i katsayı farkı (15) no'lu formül yardımıyla hesaplanır.

$$\Delta x_{i(j)} = |x_{0(1)} - x_{1(1)}|, |x_{0(2)} - x_{1(2)}|, \dots, |x_{0(m)} - x_{1(m)}| \quad (15)$$

Burada, $x_0 = x_{1(1)}, x_{1(2)}, \dots, x_{1(m)}$ 'dir.

Adım 5: Farklı Veri Dizilerine Ait Gri İlişkisel Katsayı Matrisinin Hesaplanması: Fark veri dizisi içerisinde Δ_{enb} ve Δ_{enk} değerleri hesaplanır. (16) no'lu formül ile gösterili

$$\beta_i = (\Delta_{enk} + \delta \Delta_{enb}) / (\Delta x_{i(j)} + \delta \Delta_{enb}) \quad (16)$$

Δ_{enb} = her dizi içerisindeki en büyük değişim değeri

Δ_{enk} = her dizi içerisindeki en küçük değişim değeri

δ katsayısı $[0,1]$ aralığında değişir. Genellikle literatürde 0,5 olarak alınır.

Adım 6: İlişki Matrisini Oluşturmak İçin Her Fark Veri Seti İçin Gri İlişki Derecesinin Hesaplanması:

$$\Gamma_i = \sum_{j=1}^m \beta_i(j) \quad (17)$$

$\Gamma_i = i$. sayı elemanının gri ilişki derecesini göstermektedir. Eğer veri noktaları için farklı ağırlıklar söz konusu ise Gri İlişkisel Derecesi (GİD) (18) no'lu formülü ile gösterilir.

$$\Gamma_i = \sum_{j=1}^m \beta_i(j) \cdot w(j) \quad (18)$$

Burada, $w(j)$; j. veri noktasının ağırlığını göstermektedir.

3.4. Veri Zarflama Analizi

Veri Zarflama Analizi (VZA), birden fazla girdi ve çıktının mevcut olması durumunda karar verme birimlerinin göreceli etkinliğinin ölçülebilmesi için kullanılan parametrik olmayan matematiksel bir programlama yaklaşımıdır (Charnes ve diğerleri, 1978:429). VZA'da temel varsayım, tüm işletmelerin benzer hedeflere

sahip olması ve aynı tür girdi kullanıp aynı tür çıktı elde etmeyi amaçlamasıdır (Bakırcı ve diğerleri, 2014:12).

Birden fazla girdili işletmelerle ilgili olarak ilk etkinlik ölçümü çalışmaları Farrell (1957) tarafından yapılmıştır. Takip eden yirmi yılda ise Boles (1966), Shephard (1970) ve Afriat (1972) gibi isimler Farrell'i takip etmiş ve birden fazla girdili işletmelerin etkinlik ölçümü için matematiksel programlama yöntemleri geliştirmişlerdir (Coelli ve diğerleri, 2005:162). VZA'nin ortaya çıkışı Cooper'in danışmanlığını yaptığı, doktora tez çalışması ile başlamaktadır. Çalışmada, bir eğitim programına katılanlar ve katılmayanlar açısından etkinliğin karşılaştırılması yapılmıştır. Daha sonra 1978 yılında, Charnes, Cooper ve Rhodes (CCR) tarafından "oran modeli" geliştirilmiştir (Charnes ve diğerleri, 1993:41).

VZA ilk olarak kamu yararına çalışan, kâr amacı gütmeyen kuruluşların teknik etkinliğini ölçmek amacıyla kullanılsa da günümüzde bankacılık, sağlık, tarım, ulaşım, eğitim, enerji, çevre ve finans alanlarında sıkça kullanılan bir yöntemdir (Zhu, 2014:5).

VZA modellerini genel olarak girdi ve çıktıya yönelik olmak üzere iki ana gruba ayırmak mümkündür. Eğer çıktılar üzerinde kontrol azsa (ya da yoksa) girdiye yönelik modeller kullanılmalıdır. Girdiye yönelik modellerde; mevcut çıktının üretilmesi için en az girdinin kullanılmasına çalışılmaktadır. Çıktıya yönelik modeller, belirli bir girdi bileşimi ile en fazla çıktı bileşimini belirlemeye çalışan modellerdir (Dinç ve Haynes, 1999:475).

Ölçeğe göre sabit getiri (CRS) varsayımına dayalı olan CCR modeli ile toplam etkinlik hesaplanabilmektedir. Aşağıda CRS varsayımına dayanan girdiye yönelik dual (zarflama) CCR modeli gösterilmiştir (Charnes ve diğerleri, 1993:41).

$$\max h_0 = \theta - \varepsilon \sum_{r=1}^s s_r^+ - \varepsilon \sum_{i=1}^m s_i^-$$

$$\sum_{j=1}^N \lambda_j Y_j - s^+ = Y_0$$

$$\theta X_0 - \sum_{j=1}^N \lambda_j Y_j - s^- = 0$$

$$\lambda_j, s_r^+, s_i^- > 0, \quad j = 0, 1, \dots, n, \quad r = 1, 2, \dots, s, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

Modelde (Oruç, 2008:25);

θ : $(y_{r0} + s_r^+)$ KVB₀'nin girdilerinin radyal olarak ne kadar azaltılabileceğini belirleyen büzülme katsayısı,

λ_j : Girdiye yönelik modeller için j. KVB'nin aldığı yoğunluk değeri (o. KVB'nin referans kümesinin alacağı değer)

s_i^- : KVB₀'nin i. girdisine ait aylak (atıl) girdi değeri,

s_r^+ : KVB₀'nin r. girdisine ait aylak (atıl) girdi değeri.

CCR Etkinliği: Primal modelde $(\sum_{r=1}^s u_r y_{r0})$ amaç fonksiyonunun değeri 1'e eşitse KVB₀ etkindir, diğer durumlarda KVB₀ etkin değildir. Dual modelde; $\theta=1$ ve $s_i^-, s_r^+=0$ için KVB₀ etkindir, diğer durumlar için etkin değildir ve $0 < \theta < 1$ 'dir (Yuan ve diğerleri, 2004:89).

BCC modeli, 1984 yılında Banker, Charnes, ve Cooper tarafından geliştirilmiştir. CCR modeli, ölçeğe göre sabit getiri varsayımı üzerine kurulu iken BCC modeli ise ölçeğe göre artan, azalan ve değişken getiri varsayımı üzerine kurulmuştur (Aydemir, 2005:75-77).

Girdiye yönelik dual BCC (zarflama) modeli aşağıda gösterilmiştir (Banker ve diğerleri, 2004:347):

$$\min \theta - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j - \theta x_{i0} + s_i^- = 0, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - y_{r0} - s_r^+ = 0, \quad r = 1, 2, \dots, s$$

$$1 = \sum_{j=1}^n \lambda_j$$

$$\lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad r = 1, 2, \dots, s, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

CCR ile BCC modelleri arasındaki fark $(\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1)$ şeklinde gösterilen konvekslik (dışbükeylik) kısıtının modele eklenmesidir.

4. UYGULAMA

Bu bölümde araştırmanın amacı, belirlenen kriterler, alternatifler ve girdi-çıkıtı değişkenleri hakkında bilgi verilerek elde edilen bulgular yorumlanmıştır.

4.1. Araştırmanın Amacı ve Veriler

Avrupa'da **4649** tane havalimanı bulunmaktadır

(<http://airportdatabase.net/all-airports.html>, 14.05.2017). Çalışmada Airports Council International Europe (ACI Europe)'un 2014 yılında açıkladığı yolcu trafiği bakımından en büyük 30 havalimanı listesi kullanılmıştır (<https://www.aci-europe.org/policy/position-papers.html?view=group&group=1&id=11>, 15.07.2017). Ancak bu listedeki ilk 20 havalimanının verilerine ulaşılabildiği için 2014 yılı Avrupa'daki yolcu trafiği bakımından en büyük 20 havalimanı çalışmanın örneklemini oluşturmaktadır

20 havalimanının 2010-2015 yılları arasındaki verileri ile ÇKKV Yöntemleri kullanılarak performans sıralamaları yapılmıştır. Değerlendirme aşamasında kriter ağırlıkları için Entropi yöntemi performans sıralamaları için de COPRAS ve GİA Yöntemleri kullanılmıştır. Daha

sonra VZA yöntemi ile de havalimanlarının etkinlikleri değerlendirilmiştir.

Çalışmada kullanılacak kriterler için literatür taraması ve uzman görüşü sonucunda 8 kriter belirlenmiştir. Bunlar: **toplam yolcu sayısı (kişi/A1), toplam terminal sayısı (adet/A2), otopark kapasitesi (parça sayısı/A3), pist sayısı (adet/A4), havalimanın şehir merkezine uzaklığı (km²/A5), çıkış kapı sayısı (adet/A6), check-in sıra sayısı (adet/A7) ve uçak stand sayısı (adet/A8)**'dir. Öte yandan yukarıdaki kriterlerin dışında "apron sayısı (adet), havalimanı otel sayısı (adet), uçak sayısı (adet), kargo sayısı (ton),

posta sayısı (ton), uçak köprü sayısı (adet)" kriterleri havalimanlarının performansı için önemli kriterler olmasına rağmen, her ülkedeki havalimanı için bu verilere ulaşılamadığından çalışma için kapsam dışı bırakılmıştır.

2010-2015 yılları arasındaki veriler dikkate alınarak her bir kriter için aritmetik ortalama alınarak karar matrisi oluşturulmuştur. Çalışmada kullanılan her üç yöntemde de aynı karar matrisi kullanılmış (Tablo 1) ve Entropi, COPRAS ve GİA yöntemlerindeki adımlar uygulanarak aşağıdaki çözüm sonuçları elde edilmiştir.

Tablo 1: Karar Matrisi

Sıra	Havalimanları	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
1	London Heathrow Airport	70965048,5	5	2275	2	32	66	236	212
2	Charles de Gaulle International Airport	61323244	9	14375	4	27	95	420	212
3	Frankfurt am Main International Airport	57600096,5	11	14000	3	12	147	481	187
4	Atatürk International Airport	47365784,67	4	7200	3	24	41	268	90
5	Amsterdam Airport Schiphol	51917770,5	8	16000	6	15	105	311	196
6	Madrid Barajas International Airport	45521176,5	5	25162	4	12	228	480	355
7	Munich International Airport	38372330,67	3	21192	2	28	142	202	109
8	Leonardo da Vinci-Fiumicino Airport	37741489,33	5	19033	4	35	119	355	170
9	London Gatwick Airport	35517082,67	3	27500	2	5	94	187	120
10	Barcelona International Airport	35200381,83	6	25000	3	12	63	133	86
11	Moscow Domodedovo Airport	28414043,83	3	4691	2	42	70	140	143
12	Sheremetyevo International Airport	25779194,8	8	2500	2	28	73	237	85
13	Paris-Orly Airport	27729506,83	4	17640	3	14	72	220	116
14	Antalya International Airport	25864639,67	4	2015	3	13	41	156	38
15	Copenhagen Kastrup Airport	22630797,83	5	6170	3	8	90	80	81
16	Zürich Airport	24773765,5	4	8200	3	9	52	110	60
17	Oslo Airport Gardermoen	22395666,67	3	8000	2	35	39	64	71
18	Sabiha Gökçen International Airport	18166684,17	3	4790	1	35	36	136	25
19	Palma De Mallorca Airport	22689949	3	4840	2	8	68	204	85
20	Vienna International Airport	21703571,67	4	6450	2	16	48	128	84

(DMHİ, ADV, ANNA, AVINOR, CAA, CBS, DST gibi. E.T.: 12.05.2017).

4.2. ENTROPİ Ağırlık Yönteminin Çözüm Sonuçları

Entropi yöntemindeki adımlar sırasıyla uygulandığında Tablo 2'de görülen sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 2: Entropi Ağırlık Değerlerinin Sonuçları

A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
0,07444	0,08485	0,22902	0,06606	0,14039	0,12123	0,12940	0,15462

Tablo 2’de görüldüğü üzere kriter ağırlıklarının önem derecesi A3, A8, A5, A7, A6, A2, A1 ve A4 şeklinde sıralamak mümkündür. Önem derecesi en yüksek olan kriterler sırasıyla otopark kapasitesi (A3) %22,902, uçak stand sayısı (A8) %18,058, çıkış kapı sayısı (A5) %14,039 iken önem derecesi en düşük olan kriter ise pist sayısı (A4) %6,606 ‘dır.

4.3. ENTROPİ Ağırlıkları İle COPRAS ve Gri İlişkisel Aanaliz Yöntemlerinin Çözüm Sonuçları

COPRAS ve GİA yöntemlerindeki adımlar sırasıyla uygulandığında Tablo 3’te görülen sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 3: COPRAS Yöntemine Göre Havalimanlarının Sıralanması

Sıra	Havalimanları	COPRAS	GRI	Havalimanları
1	Madrid Barajas International Airport	100	0,80854	Madrid Barajas International Airport
2	Frankfurt am Main International Airport	75,81550	0,64911	Frankfurt am Main International Airport
3	Charles de Gaulle International Airport	71,68302	0,62294	London Gatwick Airport
4	Amsterdam Airport Schiphol	70,28671	0,57245	Amsterdam Airport Schiphol
5	Leonardo da Vinci–Fiumicino Airport	67,19797	0,55850	Charles de Gaulle International Airport
6	London Gatwick Airport	60,79939	0,54451	Barcelona International Airport
7	Munich International Airport	57,90021	0,50506	Leonardo da Vinci–Fiumicino Airport
8	Barcelona International Airport	55,71004	0,48413	Munich International Airport
9	Paris-Orly Airport	50,56083	0,47945	Paris-Orly Airport
10	London Heathrow Airport	45,19631	0,45516	London Heathrow Airport
11	Atatürk International Airport	38,84447	0,44883	Copenhagen Kastrup Airport
12	Sheremetyevo International Airport	35,00545	0,44292	Palma De Mallorca Airport
13	Moscow Domodedovo Airport	33,58216	0,43926	Zürich Airport
14	Copenhagen Kastrup Airport	33,18142	0,42222	Atatürk International Airport
15	Zürich Airport	31,14643	0,40734	Antalya International Airport
16	Palma De Mallorca Airport	30,99534	0,40589	Sheremetyevo International Airport
17	Vienna International Airport	29,48324	0,40536	Vienna International Airport
18	Oslo Airport Gardermoen	26,64995	0,37366	Moscow Domodedovo Airport
19	Antalya International Airport	23,68923	0,36475	Oslo Airport Gardermoen
20	Sabiha Gökçen International Airport	20,29653	0,35167	Sabiha Gökçen International Airport

Tablo 3’te görüldüğü üzere COPRAS yöntemine göre “Madrid Barajas International Airport”, “Frankfurt am Main International Airport” ve “Charles de Gaulle International Airport” havalimanları ilk üç sırada yer alırken “Uluslararası Atatürk Havalimanı” on birinci sırada yerini almıştır. Son iki sırada ise “Uluslararası Antalya Havalimanı” ve “Uluslararası Sabiha Gökçen Havalimanı” görülmektedir.

GİA yöntemine göre sırasıyla “Madrid Barajas International Airport”, “Frankfurt am Main International Airport” ve “London Gatwick Airport” havalimanları ilk üç sırada yer alırken “Uluslararası Atatürk Havalimanı” on dördüncü sırada yerini almıştır. Son iki sırada ise “Oslo Airport Gardermoen” ve “Uluslararası Sabiha Gökçen Havalimanı” görülmektedir.

Her iki yöntemde de sıralamada ilk iki sırada olan havalimanlarının (“Madrid

Barajas International Airport” ve “Frankfurt am Main International Airport”) değişmediği görülmektedir. Ülkemizde bulunan “Uluslararası Sabiha Gökçen Havalimanı” ise her iki sıralama yönteminde de son sırada yer almaktadır.

4.4. Veri Zarflama Analizi Yöntemi ile Etkinlik Skorlarının Hesaplanması

VZA için 8 kriterden **toplam terminal sayısı (adet), otopark kapasitesi (parça sayısı), pist sayısı (adet), havalimanın şehir merkezine uzaklığı (km²), çıkış kapı sayısı (adet), check-in sıra sayısı (adet) ve uçak stand sayısı (adet)** girdi değişkeni

olarak diğer taraftan **toplam yolcu sayısı (kişi)** çıktı değişkeni olarak belirlenmiştir.

Havalimanlarının etkinlik analizleri Measurement System Version 1.3 (EMS 1.3) paket programı ile yapılmıştır. Etkinlik skorlarının hesaplanmasında çıktıya yönelik VZA modeli kullanılmıştır. Bu nedenle elde edilen skorlar 100 ve üzeri sonuçlardır. Ancak bu sonuçlar 100 ile oranlanarak Tablo 4'teki etkinlik değerlerine ulaşılmıştır. Tablo 4'teki etkinlik skoru 100 olan limanlar en iyi gözlem kümesini oluştururken 100'den küçük olan değerler ise göreceli olarak etkisiz durumdadır.

Tablo 4: Havalimanlarının Etkinlik Skorları

Sıra No	Havalimanları	Toplam Etkinlik (CCR)	Teknik Etkinlik (BCC)	Ölçek Etkinliği (CCR/BCC)	Referans Değerleri	
					CCR	BCC
1	London Heathrow Airport	% 100,00	% 100,00	% 100,00	10	5
2	Charles de Gaulle International Airport	% 86,67	% 90,69	% 95,57	1 (0.68) 3 (0.05) 4 (0.11) 9 (0.41)	1 (0.75) 3 (0.25)
3	Frankfurt am Main International Airport	% 100,00	% 100,00	% 100,00	5	3
4	Atatürk International Airport	% 100,00	% 100,00	% 100,00	4	2
5	Amsterdam Airport Schiphol	% 97,46	% 97,56	% 99,89	1 (0.28) 3 (0.34) 9 (0.38)	1 (0.28) 3 (0.35) 9 (0.37)
6	Madrid Barajas International Airport	% 88,91	% 96,32	% 92,31	1 (0.19) 3 (0.14) 9 (0.83)	1 (0.21) 3 (0.20) 9 (0.59)
7	Munich International Airport	% 94,91	% 100,00	% 94,91	1 (0.42) 4 (0.23)	0
8	Leonardo da Vinci–Fiumicino Airport	% 57,18	% 60,06	% 95,21	1 (0.58) 4 (0.53)	1 (0.66) 4 (0.34)
9	London Gatwick Airport	% 100,00	% 100,00	% 100,00	5	3
10	Barcelona International Airport	% 100,00	% 100,00	% 100,00	1	0
11	Moscow Domodedovo Airport	% 67,39	% 100,00	% 67,39	1 (0.59) 17 (0.02)	0
12	Sheremetyevo International Airport	% 72,24	% 100,00	% 72,24	1 (0.31) 14 (0.39) 18 (0.21)	0
13	Paris-Orly Airport	% 65,41	% 65,54	% 99,80	1 (0.08) 3 (0.01) 4 (0.35) 9 (0.54) 14(0.00) 16(0.00)	1 (0.09) 4 (0.34) 9 (0.53) 16 (0.04)
14	Antalya International Airport	% 100,00	% 100,00	% 100,00	3	0
15	Copenhagen Kastrup Airport	% 100,00	% 100,00	% 100,00	0	0
16	Zürich Airport	% 100,00	% 100,00	% 100,00	1	1
17	Oslo Airport Gardermoen	% 100,00	% 100,00	% 100,00	1	0
18	Sabiha Gökçen International Airport	% 100,00	% 100,00	% 100,00	1	0
19	Palma De Mallorca Airport	% 91,06	% 100,00	% 91,06	1 (0.17) 3 (0.17) 9 (0.07)	0
20	Vienna International Airport	% 66,66	% 100,00	% 66,66	1 (0.27) 10 (0.21) 14 (0.23)	0

Tablo 4'e göre 10 havalimanı (London Heathrow Airport, Frankfurt am Main International Airport, Atatürk International Airport, London Gatwick Airport, Barcelona International Airport, Antalya International Airport, Copenhagen Kastrup Airport, Zürich Airport, Oslo Airport Gardermoen ve Sabiha Gökçen International Airport) CCR modeline göre etkinken, 10 havalimanı (Charles de Gaulle International Airport, Amsterdam Airport Schiphol, Madrid Barajas International Airport, Munich International Airport, Leonardo da Vinci-Fiumicino Airport, Moscow Domodedovo Airport, Sheremetyevo International Airport, Paris-Orly Airport, Palma De Mallorca Airport ve Vienna International Airport) etkin değildir. BCC modeline göre ise 15 havalimanı etkinken 5 havalimanı etkin değildir.

BULGULAR

Türkiye'de bulunan Atatürk International Airport, Antalya International Airport ve Sabiha Gökçen International Airport toplam, teknik ve ölçek olarak etkin olan havalimanları arasında yer almaktadır. Adı geçen bu 3 havalimanı da COPRAS ve GİA yöntemlerine göre üst sıralarda yer almamasına rağmen VZA'ya göre etkin durumdadır.

COPRAS ve GİA yöntemlerine göre ilk sırada yer alan Madrid Barajas International Airport, VZA'ya göre etkin durumda değildir. Bunun sebebi ise otopark, çıkış kapı, check-in sıra ve uçak stand sayısının ilk sıralarda yer alan havalimanlarına göre fazla olmasının getirdiği atıl kapasite durumudur.

COPRAS ve GİA yöntemlerine göre ikinci sırada yer alan Frankfurt am Main International Airport, VZA'ya göre de etkin havalimanları arasında yer almaktadır. Yolcu sayısı açısından Avrupa'nın en büyük havalimanı olan London Heathrow Airport COPRAS ve GİA yöntemlerinde 10. sırada yer almasına rağmen VZA'ya göre etkin durumdadır. London Heathrow Airport'un COPRAS ve GİA yöntemlerine

göre alt sıralarda yer almasının sebebi ENTROPİ yönteminde en yüksek önem derecesine sahip kriterin otopark kapasitesi (%22,902) olmasından kaynaklanmaktadır.

Yolcu sayısı açısından Avrupa'nın en büyük havalimanı olan London Heathrow Airport COPRAS ve GİA yöntemlerinde alt sıralarda yer almasına rağmen VZA'ya göre etkin durumdadır. Bunun sebebi ENTROPİ yönteminde en yüksek önem derecesine sahip kriterin otopark kapasitesi (%22,902) olmasından kaynaklanmaktadır. Entropi yöntemi ile hesaplanan ağırlık kriterleri, yolcu sayısı bakımından yapılan sıralama ile COPRAS ve GİA yöntemlerinde ortaya çıkan sıralama sonuçlarını etkilemiştir. Öte yandan bu sıralama yöntemlerine göre üst sıralarda yer alan havalimanlarının bazıları (Amsterdam Airport Schiphol iki yöntemde göre de 4. Sırada) VZA bakımından etkin olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu durum havalimanı kaynaklarının etkin kullanılmadığını göstermektedir.

SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Ulaşımı büyük ölçüde etkileyen havalimanları günümüzde büyük bir öneme sahiptir. Havalimanları ulaşımın dışında turizmdeki turist sayısının, ekonomik gelişme ve iş olanaklarının, nüfustaki yıllık değişmelerin başlıca sebeplerinden biridir. Bu çalışmada Avrupa'daki yolcu sayısı bakımından en büyük 20 havalimanının ÇKKV yöntemleri ile performans sıralanması ve VZA yöntemi ile de etkinlik skorları hesaplanmıştır.

Son yıllarda uçak biletlerinin ucuzlaması ile yolcu sayıları giderek artmaktadır. Bu durum havalimanlarının daha etkin bir şekilde hizmet vermeye zorlamaktadır. Çalışmaya konu 20 havalimanından yarısı etkin bir şekilde faaliyet göstermektedir. Ancak günümüz rekabet koşullarında etkin olmayan havalimanlarının (Charles de Gaulle International Airport, Amsterdam Airport Schiphol, Madrid Barajas International Airport, Munich International Airport, Leonardo da Vinci-Fiumicino Airport, Moscow Domodedovo Airport,

Sheremetyevo International Airport, Paris-Orly Airport, Palma De Mallorca Airport ve Vienna International Airport) da etkinliklerini artırmaları gerekmektedir.

Çalışmada elde edilen bulgular, baz alınan 2014 yılı, yolcu sayısı bakımından en büyük 20 havalimanı, belirlenen kriterler ve çalışmada kullanılan yöntemler için geçerlidir. Ancak 2015-2016 yılına ilişkin tablonun değiştiği aşikârdır. Örneğin 2016 yılında Türkiye'nin yaşadığı terör olayları nedeniyle gerek "Uluslararası Atatürk Havalimanı" gerekse "Uluslararası Sabiha Gökçen Havalimanı'nın yolcu sayısının

azaldığı doğru bir çıkarım olacaktır. Bununla birlikte gelecek birkaç yılda Türkiye'nin siyasi istikrarını sağlaması ve İstanbul'da yapımı devam eden 3. havalimanı ile birlikte yeniden üst sıralarda yer alması olası bir durumdur. Bunun gibi gelişmelerin sıralamayı ne şekilde değiştireceği gelecek yıllarda yapılacak çalışmalarda değerlendirilebilir. Ayrıca farklı bir ağırlıklandırma yöntemi tercih edildiğinde ÇKKV yöntemlerindeki sıralamanın değişebileceği göz ardı edilmemelidir. Daha sonraki çalışmalarda farklı ağırlıklandırma yöntemleri uygulanarak sonuçlar kıyaslanabilir.

KAYNAKÇA

- AKSOY, E., Ömürbek, N. ve Karaatlı, M., (2015), "AHP Temelli Multimoora ve COPRAS Yöntemi İle Türkiye Kömür İşletmeleri'nin Performans Değerlendirmesi", **Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, 33:4, 1-28.
- AYDEMİR, M. Ve Demirci, m. K., (2005), "Son Dönemlerde Yaşanan Krizlerin İşletmeler Üzerindeki Olumlu Etkilerinin Analizi" **Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, 29:1, 65-81.
- BAKIRCI F., Eslamian Shiraz S. ve Sattary A., (2014), "BIST'da Demir, Çelik Metal Ana Sanayii Sektöründe Faaliyet Gösteren İşletmelerin Finansal Performans Analizi: VZA Süper Etkinlik ve TOPSIS Uygulaması" **Ege Akademik Bakış**, 14:1, 9-19.
- BALTAZAR, M. E., Jardim, J., Alves, P. ve Silva, J. (2014), "Air Transport Performance and Efficiency: MCDA vs. DEA Approaches", **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, 111, 790-799.
- BANKER R.D., Cooper W.W., Seiford L.M., Thrall R.M., Zhu J. (2004) "Returns to Scale in Different DEA Models", *European Journal of Operational Research*, 154:2, 345-362.
- BARROS, C. P., ve Dieke, P. U., (2007), "Performance Evaluation of Italian Airports: A Data Envelopment Analysis", **Journal of Air Transport Management**, 13:4, 184-191.
- CHANG, Y. H., Shao, P. C., ve Chen, H. J., (2015), "Performance Evaluation of Airport Safety Management Systems in Taiwan", **Safety Science**, 75, 72-86.
- CHARNES A., Cooper W.W., Rhodes E. (1978), "Measuring The Efficiency of Decision Making Units", *European Journal of Operational Research*, 2:6, 429-444.
- CHARNES A., Cooper W.W., Lewin A.Y., Seiford L. M. (1993) *Data Envelopment Analysis, Theory, Methodology and Applications*, Kluwer Academic Publishers, Boston/Dordrecht/London.
- CHATTERJEE, P. ve Chakraborty, S., (2012), "Materials Selection Using COPRAS and COPRAS-G Methods", **International Journal of Materials and Structural Integrity**, 6, S.2-4.
- CHEN, T., Jin, Y., Qiu, X. ve Chen, X., (2014), "A Hybrid Fuzzy Evaluation Method For Safety Assessment of Food-Waste Feed Based On Entropy And The Analytic Hierarchy Process Methods", **Expert**

- Systems with Applications, An International Journal, Science Direct**, 41:16, 7328-7337.
12. COELLRI T., Rao D.S.P., O'Donnell C.J., Battese,G.E. (2005) An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis, Second Edition, Springer Science Business Media Inc., New York.
 13. DİNÇ, M., Haynes K. E. (1999) "Sources of Regional Inefficiency: An Integrated Shift-Share, Data Envelopment Analysis and Input-Output Approach", *The Analysis of Regional Science*, 33:4, 469-489.
 14. ERMETITA., Wardoyo, R., Hartati, S. ve Harjoko, A., (2012), "ELECTRE-Entropy Method in Group Decision Support System Model To Gene Mutation Detection", **International Journal of Advanced Research in Artificial Intelligence**, Indonesia, 1:1, 58-63.
 15. ERSÖZ, F., ve Kabak, M., (2010), "Savunma Sanayi Uygulamalarında Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Literatür Araştırması", **Kara Harp Okulu, Savunma Bilimleri Enstitüsü, Savunma Bilimleri Dergisi**, Ankara, 9:1, 97-125.
 16. European Aviation Environmental Report (2016), <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/european-aviation-environmental-report-2016-72dpi.pdf>, 15.07.2017)
 17. GOMES, L.F.A.M., Mattos Fernandes, J.E., Mello, J.C.C.B.S., (2014), "A Fuzzy Stochastic Approach to The Multicriteria Selection of An Aircraft for Regional Chartering", **Journal of Advanced Transportation**, 48:3, 223-237.
 18. GÖKDALAY, M. H. ve Evren, G., (2009), "Havaalanlarının Performans Analizinde Bulanık Çok Ölçütlü Karar Verme Yaklaşımı", **İstanbul Teknik Üniversitesi Dergisi**, İstanbul, 8:6, 157-168.
 19. JANIC, M., (2015), "A Multi-Criteria Evaluation of Solutions and Alternatives For Matching Capacity to Demand In An Airport System: The Case of London", **Transportation Planning and Technology**, 38:7, 709-737.
 20. KADZINSKI, M., Labijak, A., Napieraj, M., (2017), "Integrated Framework for Robustness Analysis Using Ratio-Based Efficiency Model With Application to Evaluation of Polish Airports", **Omega**, 67, 1-18.
 21. KARAATLI, M., Ömürbek, N., Budak, İ. ve Dağ, O., (2015), "Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri İle Yaşanabilir İllerin Sıralanması", **Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, 33, 215-228.
 22. KARAMI, A, Johansson, R., (2014), "Utilization Of Multi Attribute Decision Making Techniques To Integrate Automatic And Manual Ranking Of Options", **Journal of Information Science And Engineering**, 30, 519-534.
 23. KAKLAUSKAS, A., Zavadskas, E. K., Raslanas, S., Ginevicius, R., Komka, A. ve Malinauskas, P., (2006), "Selection of Low-e Windows In Retrofit of Public Buildings By Applying Multiple Criteria Method COPRAS: A Lithuanian Case", **Energy and Buildings**, Lithuania, 38:5, 454-462.
 24. KAKLAUSKAS, A., Zavadskas, E. K. ve Trinkunas, V., (2007), "A Multiple Criteria Decision Support On-Line System For Construction", **Engineering Applications Of Artificial Intelligence**, 20, 163-175.
 25. KUO, M. S., ve Liang, G. S., (2011), "Combining VIKOR with GRA Techniques to Evaluate Service Quality of Airports Under Fuzzy Environment", **Expert Systems With Applications**, 38:3, 1304-1312.

26. LEE, W. ve Lin, Y., (2011), "Evaluating and Ranking Energy Performance of Office Buildings Using Grey Relational Analysis", **Science Direct**, 36:5, 2551-2556.
27. LIMA, M. G. ve Belderrain, M. C. N., (2016), "Structuring Multicriteria Model for Airports Selection for Cargo Airlines Exclusively", **Ingeniare. Revista Chilena de Ingenieria**, 24:3, 465-479.
28. LIN, J. L. ve Lin, C. L., (2002), "The Use Of the Orthogonal Array With Grey Relational Analysis To Optimize The Electrical Discharge Machining Process With Multiple Performance Characteristics", **International Journal Of Machine Tool And Manufacturing**, 42:2, 237-244.
29. LU, H. S., Chang, C. K., Hwang, N. C. ve Chung, C. T., (2009), "Grey Relational Analysis Coupled with Principal Component Analysis For Optimization Design of The Cutting Parameters In High-Speed End Milling", **Journal of Materials Processing Technology**, 209:8, 3808-3817.
30. MARTÍN, J. C., ve Román, C., (2006), "A Benchmarking Analysis of Spanish Commercial Airports. A Comparison Between SMOP and DEA Ranking Methods", **Networks and Spatial Economics**, 6:2, 111-134.
31. NORESE, M.F. ve Carbone, V., (2014), "An Application of ELECTRE Tri to Support Innovation", **Journal of Multi-Criteria Decision Analysis**, 21:1-2, 77-93.
32. ORUÇ, K.O., (2008), **Veri Zarflama Analizi ile Bulanık Ortamda Etkinlik Ölçümleri ve Üniversitelerde Bir Uygulama**, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta.
33. ÖMÜRBEK, N., Demirgubuz Öksüz, M., Tunca, M. Z., (2013), "Hizmet Sektöründe performans Ölçümünde Veri Zarflama Analizinin Kullanımı: Havalimanları Üzerine Bir Uygulama", **Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi**, 4:9, 21-43.
34. PALANIKUMAR, K., Karunamoorthy, L. ve Karthikeyan, R., (2006), "Multiple Performance Optimization of Machining Parameters on the Machining of GFRP Composites Using Carbide (K10) Tool", **Materials and Manufacturing Processes**, 21:8, 846-852.
35. ROCHA, P.M., Barros, A.P., Silva, G.B. ve Costa, H.G., (2016), "Analysis of The Operational Performance of Brazilian Airport Terminals: A Multicriteria Approach with De Borda-AHP Integraation", **Journal of Air Transport Management**, 51, 19-26.
36. SARSIN Kaya, D., (2016), Havayolu Yolcu Taşımacılığı Sektörü, Türkiye İş Bankası Yayınları.
37. SOFYALIOĞLU, Ç., (2011), "Süreç Hata Modu Etki Analizini Gri Değerlendirme Modeli", **Ege Üniversitesi, Ekonomi, İşletme, Uluslararası İlişkiler ve Siyaset Bilimi Dergisi, Ege Akademik Bakış**, 11:1, 155-164.
38. ŞİŞMAN, B. ve Eleren, A., (2013), "En Uygun Otomobilin Gri İlişkisel Analiz ve ELECTRE Yöntemleri ile Seçimi", **Süleyman Demirel Üniversitesi, İ.İ.B.F. Dergisi**, 18:3, 411-429.
39. TARNG, T. S., Juang, S. C. ve Chang C. H., (2002), "The Use of Grey Based Taguchi Methods To Determine Submerged Arc Welding Process Parameters In Hardfacing", **Journal of Materials Processing Technology**, 128, 1-6.
40. ÖZDAĞOĞLU, A., (2013), "Çok Ölçütlü Karar Verme Modellerinde Normalizasyon Tekniklerinin Sonuçlara Etkisi: COPRAS Örneği", **Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi**, 8:2, 229-252.

41. ÜLKÜ, T., (2015), "A Comparative Efficiency Analysis of Spanish and Turkish Airports", **Journal of Air Transport Management**, 46, 56-68.
42. WU, Z., Sun, J., Liang, L. ve Zha, Y., (2011), "Determination Of Weights For Ultimate Cross Efficiency Using Shannon Entropy", **Expert Systems With Applications**, 38, 5162-5165.
43. YUN Y.B., Nakayama H., Tanino T. (2004) "A Generalized Model For Data Envelopment Analysis", *European Journal of Operational Research*, 157:1, 87-105.
44. ZAVADSKAS, E. K., Kaklauskas, A., Turskis, Z. ve Tamosaitiene, J., (2008), "Contractor Selection Multi-Attribute Model Applying COPRAS Method with Grey Interval Numbers", **20th EURO Mini Conference, 'Continuous Optimization and Knowledge-Based Technologies'**, Neringa, Lithuania, 241-247.
45. ZHAI, L., Khoo, L. ve Zhong, Z., (2009), "Design Concept Evaluation In Product Development Using Rough Sets and Grey Relation Analysis", **School of Mechanical and Aerospace Engineering**, Nanyang Technological University, Singapore, 7072-7079.
46. ZHANG, H., Gu, C., Gu, L. ve Zhang, Y. (2011), "The Evaluation Of Tourism Destination Competitiveness By TOPSIS & Information Entropy E A Case In The Yangtze River Delta Of China", **Tourism Management**, 32, 443-451.
47. ZHOU, H., You, J. ve Liu, H., (2016), "Failure Mode and Effect Analysis Using MULTIMOORA Method with Continuous Weighted Entropy Under Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Environment", **Springer**, Berlin, s.1-13.
48. Zolfani, S. H. ve Bahrami, M., (2014), "Investment Prioritizing In High Tech Industries Based On SWARA-COPRAS Approach", **Technological and Economic Development of Economy**, Iran, 20:3, 534-553.
49. ZHU J. (2015) *Quantitative Models for Performance Evaluation and Benchmarking: Data Envelopment Analysis with Spreadsheets*, Third Edition, Springer Science Business Media Inc., New York/Dordrecht/London.
50. (<http://airportdatabase.net/all-airports.html>, 14.05.2017).
51. (<https://www.aci-europe.org/policy/position-papers.html?view=group&group=1&id=11>, 15.07.2017).
52. (<http://www.iata.org/pressroom/pr/Pages/2016-12-08-01.aspx>, 15.07.2017).