

## 2002-2022 Dönemi Türk Uçuş Verilerinin Yıllar ve Havalimanları Bakımından Değerlendirilmesi

M. Taha Yıldırım , Görkem Toprak , Mehmet Güray Ünsal 

Başkent Üniversitesi, İİBF, Teknoloji ve Bilgi Yönetimi Bölümü, Bağlıca Kampüsü, Ankara

### Öne Çıkanlar

- Günümüzde havayolu taşımacılığı vazgeçilmez bir ulaşım yöntemidir.
- Bu öneminden dolayı ülke ekonomisi açısından da önemli katkı sağlayan bir sektördür.
- Bu çalışmada hem yıllar hem de havalimanları açısından performans değerlendirilmesi yapılmaktadır.
- Değerlendirmeler sayesinde Türkiye'deki havayolu taşımacılığı ile ilgili analizlerle desteklenen bulgular elde edilmektedir.

### Makale Bilgileri

Geliş: 29/03/2023  
Kabul: 05/05/2023

### Anahtar Kelimeler

Veri Zarflama Analizi,  
Çarpaz Etkinlik,  
Sıralama,  
Uçuş İstatistikleri

### Öz

Günümüzde özellikle zamandan tasarruf sağlayan bir ulaşım yöntemi olan havayolu taşımacılığının tercih edilen bir ulaşım biçimi olarak ön plana çıkması ve ülke ekonomisinde kilit bir role sahip olması bu sektörün önemini artırmaktadır. Bu çalışmada havalimanlarının hizmet sektöründeki önemi dikkate alınarak, 2002-2022 yılları arasında taşımacılık verileri üzerinden bir değerlendirme yapılmaktadır. 2002-2021 dönemi yıl bazında, 2022 yılı ise havalimanları bazında değerlendirilmektedir. Literatürde performans sıralamalarında popüler olarak kullanılan Veri Zarflama Analizi ve Çarpaz Etkinlik, Türkiye'nin uçuş istatistiklerini değerlendirmek ve yorumlamak için kullanılmaktadır.

## Evaluation of Turkish Flight Data Between 2002-2022 Period in Terms of Years and Airports

### Highlights

- Today, air transportation is an indispensable transportation method.
- Because of this importance, it is a sector that makes a significant contribution to the country's economy.
- In this study, performance evaluation is investigated in terms of both years and airports.
- Thanks to the evaluations, findings supported by analyzes related to airtransport in Turkey are obtained.

### Article Info

Received: 29/03/2023  
Accepted: 05/05/2023

### Keywords

Data Envelopment,  
Analysis,  
Cross Efficiency,  
Ranking,  
Flight Statistics

### Abstract

The fact that air transport, which is a transportation method that saves time, comes to the fore as a preferred type of transportation and has a key role in economy of countries, increases the importance of this sector. In this study, by considering the importance of airports in the service sector, an evaluation is investigated in the transportation data between 2002-2022. The period of 2002-2021 is evaluated on a yearly basis and the year 2022 is evaluated on the basis of airports. Data Envelopment Analysis and Cross Efficiency, which are popularly used in performance measurement in the literature, are used to evaluate and interpret flight statistics of Turkey.



## 1. GİRİŞ

Günümüzde zaman tasarrufu sağlayan bir ulaşım yöntemi olarak hayatın akışını sağlayan havayolu taşımacılığı geçmişe göre daha büyük oranda ihtiyaç duyulmaktadır. Hem insan hem de kargo taşımacılığı açısından havayolu taşımacılığı dolayısıyla havalimanları hayatın çok önemli bir parçası hâline gelmiştir. Ülkemizdeki sivil ulaşımı amaçlı ilk sivil havalimanı Ankara Güvercinlik bölgesinde faaliyete geçmiştir [1]. Günümüzde Türkiye’de faaliyet gösteren 58 sivil havalimanı bulunmakta ve bunların içinden 37 havalimanında uluslararası uçuşlar yapılmaktadır. Günümüze baktığımızda yolcu yoğunluğu bakımından en büyük havalimanının 2022 yılı Kasım ayı istatistiksel verilerine göre 33.254.622 iç ve dış hatlar yolcu sayısı ile İstanbul’daki İstanbul Havalimanı olduğunu görülmektedir, ardından sırasıyla İstanbul Sabiha Gökçen, Antalya Havalimanı, İzmir Adnan Menderes Havalimanı ve Ankara Esenboğa Havalimanı gelmektedir. Bu kadar çok yolcuyu ağırlayan bu havalimanlarının yönetim performanslarının iyi düzeyde olması ülke ekonomisi açısından da oldukça önemlidir. Çünkü havalimanları fiziksel özellikleriyle, özellikle uluslararası uçuşlarda, ülkelerin tanıtımı ve turistlerde bıraktığı intiba yönünden ön plana çıkan ortamlardır.

Havalimanlarının ülke ekonomisi üzerindeki etkisi yadsınamaz bir gerçektir. Tüm bu yönleriyle havalimanlarının etkin ve yüksek performansta çalışması ve yönetilmesi gereklidir. Havalimanlarının bu öneminden dolayı, bu çalışmada 2002-2022 yılları arasında genel bir değerlendirme yapılması amaçlanmaktadır. Bu değerlendirme, 2002-2021 dönemi yıl bazında, 2022 yılı ise havalimanları bazında yapılacaktır. Değerlendirme sürecinde literatürde etkinlik analizi üzerine popüler olarak kullanılan Veri Zarflama Analizi (VZA) ve Çapraz Etkinlik yöntemleri kullanılacaktır. Üretilen ürün ve hizmet açısından benzer karar verme birimlerinden (KVB) oluşan grupların verimliliklerini değerlendirmenin parametrik olmayan yöntemi olan Veri Zarflama Analizi (VZA), Charnes vd. [2] tarafından keşfedilmiştir. VZA kısaca, karar verme birimlerinin (KVB) verimliliklerini değerlendirmek için parametrik olmayan bir yaklaşımdır.

Bu çalışmada havalimanlarının hizmet sektöründeki önemi dikkate alınarak, 2002-2022 yılları arasında taşımacılık verileri üzerinden bir değerlendirme yapılmaktadır. Bu değerlendirmenin ilk aşamasında uçak trafiği (uçak kalkış ve iniş sayıları), yük trafiği (taşınan kargo sayıları) ve yolcu trafiği (taşınan yolcu sayıları) verileri üzerinden, yılların performanslarına göre sıralanması amaçlanmaktadır. Bu aşamada Çapraz Etkinlik skorlarına göre değerlendirme yapılacaktır. İkinci aşamada ise, aynı değişkenler bu sefer havalimanları özelinde toplanarak 2022 yılı üzerinden havalimanlarının performansları karşılaştırılacaktır. Çalışmanın geri kalan bölümleri izleyen şekilde tasarlanmaktadır: Çalışmanın ikinci bölümünde dünyadaki ve Türkiye’deki havalimanları üzerine literatürde daha önce yapılmış çalışmalar incelenmektedir. Üçüncü bölümde performans sıralamasına uygulanacak yöntem olarak Veri Zarflama Analizi (VZA) ve uzantısı olan Çapraz Etkinlik anlatılmaktadır. Kullanılan girdi-çıkıtı değişkenleri ve analiz sonuçları dördüncü bölümde verilmektedir. Çalışma beşinci bölümde sonuçlandırılmaktadır.

## 2. LİTERATÜR TARAMASI

Türkiye özelindeki ve dünya genelindeki literatürde yapılan çalışmalar izleyen şekilde bir literatür çalışmasıyla özetlenebilir: Sengur [3] 2001 yılında havaalanlarında performans analizi için bir model önermiş ve Türkiye’deki havalimanları üzerine bir uygulama yapmıştır. Ulutaş [4] 2006’da Türkiye’deki havaalanı etkinliklerini Veri Zarflama Analizi ile değerlendirmiştir. Kıyıldı ve Kardeşahin [5] yine 2006 yılında havalimanlarının altyapı performansı değerlendirilmesi konusunda çalışmışlardır. Barros ve Dieke [6] 2007’de İtalya havalimanlarının performans değerlendirmesi ile ilgili bir çalışma yapmıştır. Erden [7] 2007’de Türkiye’deki havalimanları için bir Veri Zarflama Analizi uygulaması yapmıştır. Barros [8] 2008 yılında Arjantin’in ekonomik krizinde havalimanlarının teknik etkinliğini araştırmıştır. Peker ve Birdoğan [9] 2009’da yine Türkiye’deki havalimanlarında etkinlik ölçümü uygulaması konusunda çalışmışlardır.

Mancuso ve Gitto [10] 2012 yılında İtalyan havalimanlarının durumunu incelemiştir. Ar [11] aynı yıl Türkiye’deki havalimanlarının etkinliklerindeki değişimi incelemiştir. Yu vd. [12] 2013 yılında Veri Zarflama Analizi kullanarak Tayvan üzerine inceleme yapmışlardır. Barros vd. [13] yine 2013’de Fransa bölgesindeki havalimanlarının verimliliğini incelemiştir. Taşlıgil [1], 2014 yılı için Türkiye’nin

havalimanları üzerine çalışmıştır. Ülkü [14] 2015 yılında İspanyol ve Türk havalimanlarını karşılaştırmıştır. Avcı ve Aktaş [15] aynı yıl Türkiye'deki havalimanlarının performanslarının ölçmüşlerdir. Yazgan ve Karkacıer [16], 2015 yılında Veri Zarflama Analizi ile havalimanı işletmeciliği üzerine bir uygulama yapmışlardır. Fragoudaki ve Giokas [17] 2016'da Yunanistan'daki havalimanlarının turizm sektörüne olan etkisini incelemiştir. Asker [18] 2016 yılında Türk havalimanlarına ait operasyonel etkinlik ölçümü yapmıştır. Bolat vd. [19] 2016'da Veri Zarflama Analizi ile Yapay Sınır Ağları'nın birlikte kullanımını içeren hibrit bir yaklaşımla havalimanlarımızı incelemiştir. Örkücü vd. [20] Türk Havalimanları için 2009-2014 tarihleri arası derlenen veri üzerinden yönetsel etkinlik ölçümünü gerçekleştirmişlerdir Storto [21] aynı yıl İtalya havalimanlarının maliyet-gelir üretim döngüsü verimliliğinin analizini yapmıştır. Ennen ve Batool [22] 2018 yılında Pakistan'da faaliyet gösteren havalimanları ile ilgili bir verimlilik ölçümü çalışması yapmıştır. Lu vd. [23] 2019 için Çin havalimanları üzerine bir analiz yapmışlardır. Fernandes vd. [24] 2019'da Brezilya havalimanlarının bölgesel değişikliğini incelemiştir. Köleoğlu ve Demirel [25] aynı yıl önemli turizm kentlerindeki havalimanlarının etkinliklerini ölçmüşlerdir. Ripoll-Zarraga ve Molinero [26] 2020 yılında İspanyol havalimanlarında verimliliğin nedenlerini keşfetmeyi amaçlayan bir çalışma yapmıştır. Ngo ve Tsui [27] aynı yıl Yeni Zellanda havalimanları verimliliğini tahmin etmek için araştırma yapmışlardır. Güner ve Cebeci [28] aynı yıl Türkiye'de yeni inşa edilen bir havalimanı için çıktı hedefleme ve kapasite kullanımını inceleyen araştırma yapmışlardır. Fragoudaki ve Giokas [29] özelleştirmenin havalimanlarının verimliliğine etkisini incelemiştir. Liu vd. [30] 2021 yılında Çin ve Japonya için yüksek hızlı demiryolu gelişiminin havalimanı verimliliğini nasıl etkilediğine yönelik çalışma yapmışlardır. Özsoy ve Örkücü [31] aynı yıl Türk havalimanlarının yapısal ve operasyonel yönetim etkinliğini incelemiştir. Thomas ve Jha [32] 2022'de Hindistan havalimanları üzerine çalışmışlardır. Kaya, vd. [33] 2022 yılında Türk havalimanlarının verimliliğini değerlendirmek bir çalışma yapmışlardır. Bahsedilen çalışmalar ile ilgili özet bilgiler *Çizelge 1*'de verilmektedir.

**Çizelge 1.** Havalimanları çalışmaları ile ilgili literatür taraması

Yazar	Yıl	Ülke	Konu / Kapsam
Şengur-Kuyucak [3]	2001	Türkiye	Havaalanlarında Performans Analizi İçin Bir Model
Ulutaş [4]	2006	Türkiye	Türkiye'deki havaalanı etkinlikleri
Karşahin ve Kıyıldı [5]	2006	Türkiye	Altyapı Performansının Değerlendirilmesi
Barros ve Dieke [6]	2007	İtalya	İtalya havalimanlarının performansı
Erden [7]	2007	Türkiye	Havalimanları Etkinliklerinin Karşılaştırılması
Barros [8]	2008	Arjantin	Ekonomik kriz bağlamında teknik verimlilik
Peker ve Birdoğan [9]	2009	Türkiye	Havalimanları Etkinlik Ölçümü Uygulaması
Gitto ve Mancuso [10]	2012	İtalya	Havalimanları analizi
Ar [11]	2012	Türkiye	Etkinliklerindeki Değişimin İncelenmesi
Yu vd. [12]	2013	Tayvan	VZA kullanarak insan kaynakları belirlenmesi
Barros vd. [13]	2013	Fransa	Bölgesel havalimanlarının verimliliği
Taşlıgil [1]	2014	Türkiye	Türkiye'nin Havaalanları
Ülkü [14]	2015	Türkiye-İspanya	İspanyol ve Türk havalimanlarının karşılaştırılması
Avcı ve Aktaş [15]	2015	Türkiye	Havalimanları performanslarını değerlendirme

Çizelge 1. Devam ediyor

Yazar	Yıl	Ülke	Konu / Kapsam
Karkacıer ve Yazgan [16]	2015	Türkiye	Veri Zarflama Analizi ile Etkinlik Ölçümleri
Fragoudaki ve Giokas [17]	2016	Yunanistan	Turizm alan bir ülkede havaalanı performansı
Asker [18]	2016	Türkiye	Operasyonel Etkinlik Ölçümü
Bolat vd. [19]	2016	Türkiye	Veri Zarflama Analizi ve Yapay Sınır Ağlarının Birlikte Kullanımı
Örkcü [20]	2016	Türkiye	Yönetimsel Etkinlik Ölçümü
Storto [21]	2018	İtalya	İtalya havalimanlarının maliyet-gelir analizi
Ennen ve Batool [22]	2018	Pakistan	Havalimanı verimliliği
Lu vd. [23]	2019	Çin	Çin havalimanı analizi
Fernandes vd [24]	2019	Brezilya	Brezilya havalimanlarının bölgesel değişikliği
Köleoğlu ve Demirel [25]	2019	Türkiye	Turizm kentlerindeki havalimanları
Zarraga ve Molinero [26]	2020	İspanya	İspanyol havalimanlarında verimliliğin nedenleri
Ngo ve Tsui [27]	2020	Yeni Zelanda	Verimliliği tahmin etmek için veriye dayalı bir yaklaşım
Fragoudaki ve Giokas [28]	2020	Yunanistan	Özelleştirmenin havalimanlarına etkisi
Liu vd. [29]	2021	Çin-Japonya	Yüksek hızlı demiryolu gelişimi havalimanı verimliliğini etkileşimi
Güner ve Cebeci [30]	2021	Avrupa ve Asya	Çok periyotlu etkinlik analizi
Özsoy ve Örkcü [31]	2021	Türkiye	Yapısal ve operasyonel yönetim
Thomas ve Jha [32]	2022	Hindistan	Bölgesel havalimanlarının yapısal verimlilik değerlendirilmesi
Kaya vd. [33]	2022	Türkiye	Havalimanlarının verimliliği

### 3. METODOLOJİ

#### 3.1. Veri Zarflama Analizi ve CCR Modeli

Charnes vd. [2] tarafından geliştirilen ve üretim sürecindeki performansları ya da etkinlikleri ölçülmek istenen karar verme birimlerinin (KVB) göreceli etkinliğini ölçen parametrik olmayan bir teknik olarak Veri Zarflama Analizi (VZA) kullanılır. VZA, çıktıların ağırlıklı toplamının girdilerin ağırlıklı toplamına oranı olarak ölçülen oran modellerinden türetilmiştir. Bu model ile KVB verimliliğini ölçmek istiyorsak, modeli her KVB için bir kez çözmemiz gerekir. En iyi amaç fonksiyonu değeri, her KVB için bir etkinlik değeri verir. Ayrıca, optimal ağırlık seti her KVB için tanımlanır. Etkinlik değeri 1 olan tüm KVB'ler etkin kabul edilir. Etkinlik değerleri 1'den farklı olan birimler de etkin olmayan olarak kabul edilir. VZA, girdiler ve çıktılar olarak ayrı değişkenler gerektirir. Değişkenlerin girdi ve çıktı olarak ayrılması, birimler üzerindeki etkilerine bağlıdır. Retzlaff-Roberts [34] 1996 yılında yaptığı bir çalışmada girdi ve çıktı değişkenlerinden ziyade varlıkları olumlu ve olumsuz etkileyen değişkenler kavramını kullanmanın daha uygun olduğunu

savunmuştur. Retzlaff-Roberts [34] etkinlik skorlarını artıran değişkenlerin pozitif etkiler olarak kabul edilmesi gerektiğini ve etkinlik skorlarını azalmasına neden olan değişkenlerin negatif etkiler olarak kabul edilmesi gerektiğini öne sürmüştür.

$x_{ij}$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ ) ve  $y_{rj}$  ( $r = 1, 2, \dots, s$ ) olarak  $j$ . örneğin (birimin)  $i$ . girdisini ve  $r$ . çıktısını,  $u_r$ ,  $r$ . çıktıya atanan ağırlığı,  $v_i$  ise  $i$ . girdiye atanan ağırlığı göstermektedir. Literatürde çıktı yönlü CCR modeli olarak geçen modelin matematiksel model yapısı aşağıdaki gibidir [2]:

$$\begin{aligned} \min h_j &= \sum_{i=1}^m v_i x_{io} \\ \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} &\geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n \\ \sum_{r=1}^s u_r y_{ro} &= 1, \quad u_r, v_i \geq 0 \end{aligned}$$

### 3.2. Çapraz Etkinlik Yöntemi

Çapraz etkinlik yöntemi özellikle sıralama modeli olarak literatürde kullanılmaktadır. Bir başka deyişle, KVB'lerin etkinlik değerlerine göre sıralanmasını sağlamaktadır. Çapraz etkinlik değerlendirmesi iki aşamada yapılmaktadır. Birinci aşamada CCR etkinlik hesaplamaları ile elde edilen optimal ağırlıklar alınır. İkinci aşama ise bu ağırlıklar ile her bir KVB'nin etkinlik değerleri hesaplanmaktadır. Bu skorların aritmetik ortalaması her bir KVB'nin çapraz etkinlik skorunu belirler [35,36]. Çapraz etkinlik skoru,  $\theta_{p,j}$ ,  $DMU_j$  için  $DMU_p$ 'nin ağırlıkları kullanılarak elde edilen etkinlik skorudur [36]. İkinci aşamada etkinlik skor değerleri izleyen şekilde hesaplanır [35,36]:

$$\theta_{p,j} = \frac{\sum_{r=1}^s u_{r,p} y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_{i,p} x_{ij}}$$

## 4. BULGULAR

Giriş kısmında belirtildiği üzere uçuş verilerinin değerlendirilmesi bu çalışma kapsamında iki ayrı biçimde yapılmaktadır. Öncelikle, KVB olarak yılları düşündüğümüz çalışmada, 2002 yılından 2021 yılına kadar havalimanlarının toplam verileri, Türkiye verileri olarak kabul edilerek, yılların göreceli performansları Çapraz Etkinlik yöntemi ile hesaplanmakta ve sıralanmaktadır. Daha sonra 2022 Kasım ayı verileri itibarıyla, en güncel durum olarak Türkiye'deki tüm verilerine ulaşılabilen 51 havalimanı için etkinlik analizi CCR modeli üzerinden yapılmaktadır. Kullanılan değişkenlerin belirlenmesinde literatürdeki yapılmış çalışmalardan yararlanılmıştır. Hem yıllar hem de havalimanları bazında yapılan çalışmada kullanılacak yolcu sayısı (trafiği), toplam iniş ve kalkış yapan uçak sayısı (trafiği) ve toplam taşınan (gelen ve giden) kargo sayısı (yük trafiği) değişkenleri literatürde performans ölçümünde popüler olarak tercih edilen çıktı değişkenlerdendir [9,11,19,20]. Tüm sonuçlar ve kullanılan programlama dili ile ilgili bilgiler aşağıdaki alt bölümlerde verilmektedir.

#### 4.1. R Programlama Dili ve Kullanılan Kodlar

R programlama dili 1996 yılında, Ross Ihaka ve Robert Gentleman tarafından geliştirilmiştir. Kullanışlı ve popüler bir programlama dilidir. R Studio, R'nin kullanımını kolaylaştıran bir arayüzdür (bütünleşik geliştirme ortamı, IDE). Açık kaynak kodlu oluşu, yüksek seviye bir programlama dili oluşu, Veri Bilimi, Veri Madenciliği, Makine Öğrenmesi, Yapay Zeka uygulamalarına yönelik çok sayıda kütüphaneye sahip oluşu ve ücretsiz oluşu gibi özelliklerinden dolayı oldukça tercih edilmektedir. R programlama dili ayrıca Yöneylem Araştırması (Sayısal Yöntemler) konusu olan Veri Zarflama Analizi ile ilgili paket ve fonksiyonları da barındırmaktadır. Bu çalışmada kullandığımız kodlar, yararlandığımız paket ve fonksiyonlar Ekler kısmında verilmektedir [37,38].

#### 4.2. 2002-2021 Dönemi Yıllara Göre Değerlendirme

Analizde karar verme birimleri (KVB) olarak 2002'den 2021'e kadar 20 yıl alınmaktadır, çıktı değişkenler olarak yıllara ait toplam yolcu sayısı (trafiği), toplam iniş ve kalkış yapan uçak sayısı (trafiği) ve toplam taşınan (gelen ve giden) kargo sayısı (yük trafiği) değişkenleri kullanılmış, girdi olarak her bir yılın eşit düzeyde değerlendirilmesini sağlamak için her bir yıl için 1 değeri kullanılmıştır [39]. Sayısal verilerine eksiksiz ulaşılabilen yıllar analize dâhil edilmiştir [40]. Çıktı değişkenlerine ait bazı betimsel istatistik değerleri aşağıda *Çizelge 2*'de verilmektedir.

*Çizelge 2. 2002-2021 yılları çıktı değişkenlerine ait bazı betimsel istatistikler*

	Yolcu Trafiği	Uçak Trafiği	Yük Trafiği
Minimum	33783892	374987	896865
1. Çeyreklik	68136314	673201	1499776
Medyan	110210430	980890	2249303
Ortalama	115409332	989640	2305701
3. Çeyreklik	167726060	1372714	3073852
Maksimum	210498164	1556417	4090168

CCR gibi klasik VZA modellerinde, KVB sayısı kullanılan değişken sayısından oldukça fazla değilse ayrıştırma problemi ortaya çıkabilir. Yıllara göre yapılan etkinlik analizinde böylesi bir durum ortaya çıktığından yılların birbiriyle daha net karşılaştırılabilmesi için bir sıralama modeline yer verilmiştir. R Studio kodları çalıştırılarak elde edilen yıllara göre çapraz etkinlik skorları aşağıda *Çizelge 3*'te verilmektedir.



*Şekil 1. Yıllara göre çapraz etkinlik skorları çizgi grafiği (2002-2021)*

**Çizelge 3.** 2002-2021 yıllarına ait çapraz etkinlik skorları ve sıralamaları

Yıl (KVB)	Çapraz Etk. Skoru	Sıralama	Yıl (KVB)	Çapraz Etk. Skoru	Sıralama
2002	0.2320	20	2012	0.6784	9
2003	0.2332	19	2013	0.7632	8
2004	0.2815	18	2014	0.8410	6
2005	0.3425	17	2015	0.9094	4
2006	0.3854	16	2016	0.9044	5
2007	0.4255	15	2017	0.9479	3
2008	0.4595	14	2018	0.9879	2
2009	0.4883	13	2019	0.9994	1
2010	0.5710	11	2020	0.5403	12
2011	0.6468	10	2021	0.7659	7

Yapılan Çapraz Etkinlik Analizi sonuçlarına göre, Türkiye’de uçuş istatistiklerine göre en yoğun kullanımın olduğu, bir başka deyişle havalimanları kullanımında en etkin yıl olarak 2019 belirlenmiştir. Çapraz etkinlik skorları yüksek olan yılların performanslarının, diğer yıllara göre göreceli olarak daha iyi olduğu yöntemin yorumsal getirisi. Buna göre 2020 yılına kadar Türkiye’de ki uçuş sektörünün yıl bazındaki performansı ilgili değişkenler bakımından değerlendirildiğinde artış göstermiş, ancak 2020 yılı ile beraber büyük bir düşüş yaşamıştır. Performans açısından sıralandığında en iyi ilk 5 yıl sırasıyla, 2019 (1), 2018 (2), 2017 (3), 2015 (4) ve 2016 (5) olarak tespit edilmiştir. Son 5 yıl ise 2002 (20), 2003 (19), 2004 (18), 2005 (17) ve 2006 (16) yıllarıdır. Şekil 1 etkinlik skorlarının yıllara göre değişimini göstermektedir.

#### 4.3. 2022 Yılı Havalimanları Değerlendirmesi

Analizde çıktı değişkenler olarak havalimanlarına ait 2022 yılı yolcu sayısı (trafiği), iniş ve kalkış yapan uçak sayısı (trafiği) ve taşınan (gelen ve giden) kargo sayısı (yük trafiği) değişkenleri kullanılmış, girdi olarak her bir havalimanının eşit düzeyde değerlendirilmesini sağlamak için her bir havalimanı için 1 olarak alınmıştır [39]. Sayısal verilerine eksiksiz ulaşılabilen 51 havalimanı analize dâhil edilmiştir (dhmi.gov.tr). Literatürde bazı çalışmalarda, havalimanları kapasitelerine ya da ulusal-uluslararası olmalarına göre ayrı ayrı incelenirse de, aynı zamanda tüm havalimanlarının toplu olarak alınarak, performanslarının birlikte değerlendirildiği çalışmalar da mevcuttur [4,19]. Çıktı değişkenlerine ait bazı betimsel istatistik değerleri aşağıda Çizelge 4’te verilmektedir.

**Çizelge 4.** Havalimanları çıktı değişkenlerine ait bazı betimsel istatistikler

	Yolcu Trafiği	Uçak Trafiği	Yük Trafiği
Minimum	454	468	86
1. Çeyreklik	110860	2390	1405
Medyan	380496	5232	4025
Ortalama	2313817	21158	61887
3. Çeyreklik	1101744	18097	11184
Maksimum	33254622	251085	1383528

Yapılan CCR modeli analiz çıktısı olarak aşağıda verilen Çizelge 5’teki sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 5. Havalimanları etkinlik analizi CCR modeli sonuçları ve sıralamaları

Havalimanı (KVB)	CCR Skoru	Sıralama	Havalimanı (KVB)	CCR Skoru	Sıralama
İstanbul Atatürk	0,5648	4	Eskişehir Hasan Polatkan	0,0188	30
İstanbul	1,0000	1	Hakkari Selahaddin Eyyubi	0,0057	44
İstanbul Sabiha Gökçen	0,6825	2	Hatay	0,0278	21
Ankara Esenboğa	0,2437	5	Iğdır Şehit Bülent Aydın	0,0067	43
İzmir Adnan Menderes	0,2138	6	Isparta Süleyman Demirel	0,1051	10
Antalya	0,6416	3	Kahramanmaraş	0,0084	40
Gazipaşa Alanya	0,0208	27	Kars Harakani	0,0125	36
Muğla Dalaman	0,1222	8	Kastamonu	0,0032	48
Muğla Milas-Bodrum	0,1155	9	Kayseri	0,0503	18
Adana	0,1345	7	Kocaeli Cengiz Topel	0,0119	37
Trabzon	0,0777	12	Konya	0,0236	23
Erzurum	0,0242	22	Malatya	0,0202	28
Gaziantep	0,0597	15	Mardin	0,0162	33
Adıyaman	0,0049	46	Muş Sultan Alparslan	0,0103	38
Ağrı Ahmed-i Hani	0,0072	42	Kapadokya	0,0670	14
Amasya Merzifon	0,0038	47	Ordu-Giresun	0,0212	25
Balıkesir Koca Seyit	0,0771	13	Samsun Çarşamba	0,0476	19
Batman	0,0148	35	Siirt	0,0019	51
Bingöl	0,0052	45	Sinop	0,0079	41
Bursa Yenişehir	0,0577	17	Sivas Nuri Demirağ	0,0154	34
Çanakkale	0,0213	24	Şanlıurfa GAP	0,0197	29
Denizli Çardak	0,0170	32	Şırnak Şerafettin Elçi	0,0187	31
Diyarbakır	0,0371	20	Tekirdağ Çorlu Atatürk	0,0926	11
Elazığ	0,0208	26	Van Ferit Melen	0,0579	16
Erzincan Yıldırım Akbulut	0,0090	39	Zafer	0,0025	50
			Zonguldak Çaycuma	0,0028	49

Havalimanları özelindeki analiz sonuçları, etkinlik skorları yönünden ilk beş ve son beş havalimanı için değerlendirilmiştir. Bu yönüyle, çalışma kapsamında VZA'nın projeksiyon özelliğinden ziyade performans kıyaslama özelliğine odaklanılmıştır. Etkinlik Analizi CCR Modeli sonuçlarına göre, Türkiye'deki en etkin havalimanı İstanbul havalimanıdır. İlk 5 havalimanı İstanbul, İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı, Antalya, İstanbul Atatürk ve Ankara Esenboğa havalimanlarıdır. Türkiye'deki en etkisiz 5 havalimanı ise Adıyaman, Amasya Merzifon, Kastamonu, Zonguldak Çaycuma, Zafer ve Siirt havalimanlarıdır.



## 5. SONUÇ

Günümüzde havayolu taşımacılığının ön plana çıkmasıyla önemli ve kilit bir role sahip olan havalimanlarına büyük oranda ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada havalimanlarının hizmet sektöründeki önemi dikkate alınarak, 2002-2022 yılları arasında taşımacılık verileri üzerinden bir değerlendirme yapılmaktadır. Türkiye’de uçuş istatistiklerine göre en yoğun kullanım olduğu, bir başka deyişle havalimanları kullanımının en etkin yıl olarak 2019 belirlenmiştir. Performans açısından sıralandığında en iyi ilk 5 yıl sırasıyla, 2019 (1), 2018 (2), 2017 (3), 2015 (4) ve 2016 (5) olarak tespit edilmiştir. Ayrıca 2020 (12) ve 2021 (7) yıllarına ait etkinlik sıralaması pandemi dönemiyle birlikte havayolu ulaşımının kullanım sürecinin olumsuz olarak etkilendiğini de göstermektedir. Ayrıca, Türkiye’deki havalimanlarına ait bazı veriler üzerinden yapılan analiz sonuçlarına göre, Türkiye’deki en etkin ilk 5 havalimanı İstanbul, İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı, Antalya, İstanbul Atatürk ve Ankara Esenboğa havalimanlarıdır. Türkiye’deki en etkisiz 5 havalimanı ise Adıyaman, Amasya Merzifon, Kastamonu, Zonguldak Çaycuma, Zafer ve Siirt havalimanlarıdır. Bu durumda yapımı yakın zamanda biten bazı yeni havalimanlarının ulaşımı kolaylaştırma etkilerinin haricinde, coğrafi konumları ve/veya kullanım amaçları sebebiyle kısa vadede ülke ekonomisine henüz tam bir katma değer sağlayamamışlardır.

## BİLDİRİM

Bu çalışma, Başkent Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Teknoloji ve Bilgi Yönetimi Bölümü, TBY 402 kodlu Bitirme Projesi dersi lisans bitirme projesi kapsamında yapılmıştır.

## ÇIKAR ÇATIŞMASI/ÇAKIŞMASI BİLDİRİMİ

Yazarlar arasında çıkar çatışması/çakışması bulunmamaktadır.

## YAZAR KATKI ORANI

**M. Taha Yıldırım:** Araştırma, Materyal temini, İçerik analizi, Makalenin yazımı- İnceleme ve Düzenleme  
**Görkem Toprak:** Araştırma, Materyal temini, İçerik analizi Kavramlaştırma, İçerik analizi, Makalenin yazımı- İnceleme ve Düzenleme. **Mehmet Güray Ünsal:** Metodoloji, Yazılım, Makalenin yazımı- İnceleme ve Düzenleme, Danışman/Kontrolörlük

## KAYNAKLAR

- [1] Taşlıgil, N. (2014) Türkiye'nin havaalanları, *Türk Coğrafya Dergisi*, 31, 259-281.
- [2] Charnes, A., Cooper W.W., and Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2, 429-444.
- [3] Şengur-Kuyucak, F. (2001) Havaalanlarında Performans Analizi İçin Bir Model Önerisi Ve Türkiye’deki Havalimanlarında Uygulanması, *Yüksek Lisans Tezi*, Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- [4] Ulutaş, B. B. (2006) Türkiye'deki havaalanı etkinliklerinin veri zarflama analizi ile değerlendirilmesi, *Yüksek Lisans tezi*, ESOGÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [5] Kıyıldı, R. K., Kardeşahin, M. (2006) Türkiye’deki Hava Alanlarının Veri Zarflama Analizi İle Altyapı Performansının Değerlendirilmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 103,391-397.
- [6] Barros P.C., Deike.U.C. (2007) Performance evaluation of Italian airports: A data envelopment analysis, *Journal of Air Transport Management*, 13, 184-191.
- [7] Erden, E. (2007) Türkiye’deki Havalimanlarının İç Hat Uçuşları Yönünden Etkinliklerinin Karşılaştırılması: Bir Veri Zarflama Analizi Uygulanması, *Yüksek Lisans Tezi*, Akdeniz Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- [8] Barros, C.P., (2008) Airports in Argentina: Technical efficiency in the context of an economic crisis, *Journal of Air Transport Management*, 14, 315-319.
- [9] Peker, İ., Birdoğan, B. (2009) Veri Zarflama Analizi İle Türkiye Havalimanlarında Bir Etkinlik Ölçümü Uygulanması, *Ç.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 18(2), 72-88.
- [10] Mancuso, P., Gitto, S. (2012) Two faces of airport business: A non-parametric analysis of the Italian airport industry, *Journal of Air Transport Management*, 20, 39-42.

- [11] Ar, İ. (2012) Türkiye'deki Havalimanlarının Etkinliklerindeki Değişimin İncelenmesi: 2007-2011 dönemi için Malmquist-TFV endeksi uygulaması, *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 26(3), 143-160.
- [12] Yu, M., Chern, C.C., Hsiao, B. (2013) Human resource rightsizing using centralized data envelopment analysis: Evidence from Taiwan's Airports, *Omega*, 41,119-130.
- [13] Barros, C.P., Liang, Q.B, Peypoch, N. (2013) The efficiency of French regional airports: An inverse -convex analysis, *International Journal of Production Economics*, 141, 668-674.
- [14] Ülkü, T. (2015). A comparative efficiency analysis of Spanish and Turkish airports. *Journal of Air Transport Management*, 46 (1), 56-68.
- [15] Avcı, T., Aktaş, M. (2015) Türkiye'de faaliyet gösteren havalimanlarının performanslarının değerlendirilmesi, *International Journal of Alanya Faculty of Business/Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*, 7(3), 67-77.
- [16] Yazgan, E., Karkacier O. (2015) Veri Zarflama Analizi İle Etkinlik Ölçümleri ve Havalimanı İşletmeciliği Sektöründe Bir Uygulama, *International Journal of Alanya Faculty of Business/Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*, 7 (2): 15-28.
- [17] Fragoudaki, A., Giokas, D. (2016) Airport performance in a tourism receiving country: Evidence from Greece, *Journal of Air Transport Management*, 52, 80-89.
- [18] Asker, V. (2016) Havalimanlarında operasyonel etkinlik ölçümü: Seçilmiş havalimanlarında bir uygulama, *Yüksek lisans tezi*, Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sivil Havacılık Yönetimi Anabilim Dalı.
- [19] Bolat, B., Temur G. T., Gürlü H. (2016) Türkiye'deki Havalimanlarının Etkinlik Tahmini: Veri Zarflama Analizi ve Yapay Sınır Ağlarının Birlikte Kullanımı, *Ege Akademik Bakış*, 16, 1-10.
- [20] Örkücü, H. H., Balıkcı, C., Doğan, M.İ., Genç, A. (2016) An evaluation of the operational efficiency of turkish airports using data envelopment analysis and the Malmquist productivity index: 2009–2014 case, *Transport Policy*, 48, 92-104.
- [21] Storto, C. (2018) The analysis of the cost-revenue production cycle efficiency of the Italian airports: A NSBM DEA approach, *Journal of Air Transport Management*, 72, 77-85.
- [22] Ennen, D., Batool, I. (2018) Airport efficiency in Pakistan - A Data Envelopment Analysis with weight restrictions, *Journal of Air Transport Management*, 69, 205-212.
- [23] Lu, W., Park, S.H., Huang, T., Yeo, G.T. (2019) An analysis for Chinese airport efficiency using weighted variables and adopting CFPR, *The Asian Journal, of Shipping and Logistics*, 35, 230-242.
- [24] Fernandes, V.A., Pacheco, R. R., Silva, W.R., Fernandes, E. (2019) Regional change in the hierarchy of Brazilian airports 2007–2016, *Journal of Transport Geography*, 79, 102467.
- [25] Köleoğlu, N., Demirel, E. (2019) Türkiye'nin önemli turizm kentlerindeki Havalimanlarının etkinliklerinin veri zarflama analizi yöntemiyle ölçülmesi, *Seyahat ve Otel İşletmeciliği Dergisi*, 16(3), 352-365.
- [26] Ripoll-Zarraga, A.E., Mar-Molinero, C. (2020) Exploring the reasons for efficiency in Spanish airports, *Transport Policy*, 99, 186-202.
- [27] Ngo, T., Tsui, K.W.T. (2020) A data-driven approach for estimating airport efficiency under endogeneity: An application to New Zealand airports, *Research in Transportation Business and Management*, 34, 100412.
- [28] Güner, S., Cebeci, H.İ (2021) Multi-period efficiency analysis of major European and Asian airports under fixed proportion technologies, *Transport Policy*, 107, 24-42.
- [29] Fragoudaki, A., Giokas, D. (2020) Airport efficiency in the dawn of privatization: The case of Greece, *Journal of Air Transport Management*, 86, 101821.
- [30] Liu, S., Wan, Y., Zhang, A. (2021) Does high-speed rail development affect airport productivity? Evidence from China and Japan, *Transport Policy*, 110, 1-15.
- [31] Özsoy V. S., Örkücü H. H. (2021) Structural and operational management of Turkish airports: A bootstrap data envelopment analysis of efficiency, *Utilities Policy*, 69, 101180.
- [32] Thomas, N., Jha, K.N. (2022) Structural efficiency assessment of regional airports: Lessons from India, *Utilities Policy*, 79,101-149.
- [33] Kaya, G., Aydın, U., Karadayı, M. A., Ülengin, F., Ülengin, B. ve İçken, A. (2022). Integrated methodology for evaluating the efficiency of airports: A case study in Turkey. *Transport Policy*, 127, 31-47.
- [34] Retzlaff-Roberts, D.L. (1996). Relating discriminant analysis and data envelopment analysis to one another. *European Journal of Operational Research*. 23, 311-322.
- [35] Sexton, T.R. , Silkman, R.H., Hogan, A.J. (1986), Data envelopment analysis: Critique and extensions R.H. Silkman (Ed.), *Measuring efficiency: An assessment of data envelopment analysis*, 32, Jossey-Bass, San Francisco, CA (1986), pp. 73-105.
- [36] Andersen, T.R., Hollingsworth, K.B., Inman, L.B., (2002) The Fixed Weighting Nature of a Cross Evaluation Model, *Journal of Productivity Analysis*, 18 (1) 249–255.
- [37] Puthanpura, A.K., (2022) Package: MultiplierDEA <https://cran.r-project.org/web/packages/MultiplierDEA/MultiplierDEA.pdf>.

[38] Stackoverflow website, Accessed: December (2022) [Online]. Available: <https://stackoverflow.com/questions/71725935/dea-how-to-implement-weight-constraints-in-r>.

[39] Alp, İ., (2006) Performance evaluation of goalkeepers of the world cup, *Gazi University Journal of Science* 19 (2), 119-125.

[40] Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü 2022 Güncel Resmi Websitesi: <https://www.dhmi.gov.tr/Sayfalar/HavaLimanlari.aspx>.

## EKLER

### ## Çapraz Etkinlik için kodlar

#### #excelden veri çekmek ve betimsel istatistikleri almak

```
install.packages("readxl")  
library(readxl)  
data=read_excel("tahaveriler.xlsx")  
View(data)  
summary(data)
```

#### # KVB, girdi ve çıktı sayısı belirlemek

```
N=20  
inputs = data.frame(data[,5])  
outputs = data.frame(data[,c(2:4)])  
N = dim(data)[1]  
m = dim(inputs)[2]  
s = dim(outputs)[2]
```

#### #Cross efficiency (çapraz etkinlik) sonuçlar

```
install.packages("MultiplierDEA")  
library(MultiplierDEA)  
result=CrossEfficiency(x=inputs, y=outputs, rts="crs", orientation = "output")  
crosseff=matrix(result$ce_ave, nrow=N)  
crosseff
```

#### #sıralama kodu

```
siralama=21-rank(crosseff)  
siralama
```

### ## CCR için kodlar

#### #excelden veri çekmek ve betimsel istatistikleri almak

```
rm(list=ls(all=TRUE))  
install.packages("readxl")  
library(readxl)  
data=read_excel("gorkemveriler.xlsx")  
summary(data)
```

```
# KVB, girdi ve çıktı sayısı belirlemek
```

```
m=1
```

```
s=3
```

```
d=m+s
```

```
N=51
```

```
inputs = data.frame(data[,d+1])
```

```
outputs = data.frame(data[,c(2:d)])
```

```
N = dim(data)[1]
```

```
m = dim(inputs)[2]
```

```
s = dim(outputs)[2]
```

```
##CCR sonuçlar (https://stackoverflow.com/questions/71725935/dea-how-to-implement-weight-constraints-in-r)
```

```
install.packages("lpSolve")
```

```
library(lpSolve)
```

```
f.rhs = c(rep(0,1,N),1)
```

```
f.dir = c(rep("<=",1,N),"=")
```

```
aux = cbind(-1*inputs,outputs)
```

```
for (i in 1:N) {
```

```
  f.obj = c(0*rep(1,m),as.numeric(outputs[i,]))
```

```
  f.con = rbind(aux ,c(as.numeric(inputs[i,]), rep(0,1,m)))
```

```
  results = lp ("max",as.numeric(f.obj), f.con, f.dir, f.rhs,scale=0, compute.sens=TRUE)
```

```
  if (i==1) {
```

```
    weights = results$solution
```

```
    effcrs = results$objval
```

```
    lambdas = results$duals[seq(1,N)]
```

```
  } else {
```

```
    weights = rbind(weights, results$solution)
```

```
    effcrs = rbind(effcrs , results$objval)
```

```
    lambdas = rbind(lambdas, results$duals[seq(1,N)] )
```

```
  }
```

```
}
```

```
effcrs
```