

## Araştırma Makalesi

# Havayolu Operasyonlarında DEA Yöntemi ile Yeni Uçuş Rotasının Belirlenmesi

Ali Akbaba<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Department of Airline Management, Topkapı University, Istanbul, Turkey

\*Correspondence: [jitsa@bandirma.edu.tr](mailto:jitsa@bandirma.edu.tr)

DOI: 10.51513/jitsa.1524224

**Özet:** Havayolu işletmelerinin faaliyetlerine devam edebilmeleri için büyümeleri kritik öneme sahiptir. Taşınan yolcu sayısını ve/veya kargo miktarını bir önceki döneme göre arttırmak pazardan daha fazla pay almanın yollarından biridir. Havayolları bir önceki döneme göre daha fazla yolcu veya kargo taşıyarak büyüme hedeflerine ulaşabilir. Uçak ve ekip kaynağını ilave yolcu seferi ile değerlendirmek daha fazla yolcu ve/veya kargo taşımak anlamına gelmektedir. Bu noktada potansiyel uçuş rotaları arasında maksimum kar edecek olanın seçilmesi kaynağın optimum değerlendirilmesinde önem arz etmektedir. Bu çalışmanın amacı havayolu sektöründe uçak kaynağının optimum fayda sağlayacak şekilde kullanılması için DAE (data envelopment analysis) yönetimi ile potansiyel uçuş rotaları arasından gelir ve gider temelinde etkin olanların seçilerek bunlar arasından uçuş saati ve transit yolcu sayısı gibi faktörlerin değerlendirilmesi sonucunda sefer düzenlenecek uçuş rotasının belirlenmesi olarak ifade edilebilir. Bu çalışmada Türkiye’de faaliyet gösteren bir havayolunun 2022 verileri kullanılmıştır. Çalışma iki fazdan oluşmaktadır. İlk fazda havayolunun 2022 verileri ile üç aşamalı olarak DAE yöntemi ile etkin olan uçuş rotaları belirlenmektedir. İkinci fazda ise havayolunun 2022 yılı verileri ile hesaplanan ortalama uçuş saati ve transit yolcu sayısı faktörleri değerlendirilerek etkin olarak belirlenen uçuş rotaları arasından sefer düzenlenecek uçuş rotasına karar verilmiştir. Çalışma sonucunda havayollarının yeni uçuş rotası belirlerken etkinlik değerlendirmesinde DAE yönteminin uçuş rotası ile ilgili diğer faktörler ile birlikte kullanılabilirliği belirtilebilmektedir.

**Key words:** Havayolu uçuş rotası, etkinlik, Veri zarflama analizi, Uçuş gelirleri, uçuş giderleri, transit yolcu

## Determination of New Flight Route with DEA Method in Airline Operations

**Abstract:** For airline companies to continue their operations, their growth is of critical importance. Increasing the number of passengers transported and/or cargo volume compared to the previous period is one way to gain a larger share of the market. At this point, selecting the most profitable potential flight routes is crucial in optimizing resource utilization. The aim of this study can be expressed as the determination of the flight route to be organized as a result of the evaluation of factors such as flight hours and transit passenger numbers among the potential flight routes selected with DAE (data envelopment analysis) management in order to use the aircraft resource in the airline sector in a way that will provide optimum benefit and the flight route to be organized. In this study, 2022 data of an airline operating in Turkey was used. The study consists of two phases. In the first phase, the effective flight routes are determined with the DAE method in three stages with the airline's 2022 data. In the second phase, the average flight hour and transit passenger number factors calculated with the airline's 2022 data were evaluated and the flight route to be organized among the effectively determined flight routes was decided. As a result of the study, it can be stated that the DEA method can be used together with other factors related to flight routes when airlines determine new flight routes.

**Key words:** Airline flight route, efficiency, Data Envelopment Analysis (DEA), flight revenues, flight expenses, transit passengers.

\* Corresponding author.

E-mail address: [ali.akbaba75@gmail.com](mailto:ali.akbaba75@gmail.com)

ORCID: 0000-0003-1745-8029 (in hierarchical order)

Received 29.07.2024; Received in revised form 17.10.2024; Accepted 22.10.2024

Peer review under responsibility of Bandirma Onyedi Eylul University. This work is licensed under CC BY 4.0.

## 1. Giriş

Havayolu işletmeleri ilave tarifeli yolcu ya da kargo seferi düzenleyerek mevcut uçak kaynaklarını değerlendirmektedirler. Hangi uçuş rotalarını tercih edeceklerini belirlemek amacıyla stratejilerine uygun belirli soruların cevaplarını bulmak için aşağıdaki süreçlerden oluşan bir araştırma yapmaktadırlar (URL1). Bu süreçler genel olarak pazar analizi ve rekabet analizi, transit yolcu potansiyeli, uçak mevcudiyeti gibi aşamaları içermektedir. Bu çalışmanın amacı havayolu sektöründe uçak kaynağının optimum fayda sağlayacak şekilde kullanılması için DAE (data envelopment analysis) yönetimi ile potansiyel uçuş rotaları arasından gelir ve gider temelinde etkin olanların seçilerek bunlar arasından uçuş saati ve transit yolcu sayısı gibi faktörlerin değerlendirilmesi sonucunda sefer düzenlenecek uçuş rotasının belirlenmesi olarak ifade edilebilir.

Çalışma bir havayolunun uçak kaynağını en optimum şekilde değerlendirmek için potansiyel uçuş rotaları ile ilgili pazar araştırması yaptığı varsayımı ile yürütülmüştür. Pazar araştırması sonucu elde edilecek talep tahmini değerleri için bir havayolunu ilgili uçuş rotaları ile ilgili 2022 verileri kullanılmıştır. Sektörde Pazar araştırması yapılırken halihazırda bu rotalara seferi olan tüm havayollarının verileri araştırılır. Potansiyel uçuş rotalarına uçuşu olan tüm havayollarının talep verilerine ulaşmanın zorluğu nedeniyle Türkiye’de faaliyette bulunan bir havayolunun operasyon kontrol merkezinde 2022 yılı verileri ile çalışma yürütülmüş ve bu verilerin ilgili uçuş rotaları için (DMUs) talep tahmini olduğu varsayılmıştır. Araştırma iki fazdan oluşmaktadır. İlk fazda üç aşamadan oluşmaktadır ve her aşamada potansiyel uçuş rotalarının (DMUs-Decision Making Unit)) 2022 verilerine göre belirlenmiş gelirlerinin ve giderlerinin DEA yöntemi ile göreceli etkinlik ölçümü yapılmıştır. İkinci fazda ise DEA yöntemi ile etkin olarak belirlenen uçuş rotaları arasından ortalama uçuş saati ve transit yolcu tahminleri değerlendirilerek hangi uçuş rotasına sefer düzenleneceğine karar verilmiştir.

Bu çalışmada havayollarının uçuş rotası seçiminde DEA yöntemi kullanılarak etkinlik ölçümü yapılması amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda DEA yönteminin en etkin olan uçuş rotasının belirlenmesi için uygun olmadığı, Fakat en etkin rotanın belirlenmesi için DAE yöntemi ile etkin olmayan uçuş rotaları elenerek uçuş ile ilgili diğer faktörlerin de değerlendirilmesi sürecine katkı sağlanabileceği belirlenmiştir. En etkin rotanın belirlenmesi için öncelikle DAE yöntemi ile etkin olmayan uçuş rotaları elenmektedir. Daha sonra etkin olan rotalar uçuş ile ilgili diğer faktörler analiz edilerek optimum uçuş rotası belirlenmiştir. Bu çalışmada uçuş ile ilgili uçuş saati ve transit yolcu faktörleri değerlendirilmiştir. Bunun dışında operasyon ile ilgili müsaade ve/veya slot temin edebilme kolaylığı gibi faktörler de değerlendirilebilmektedir. Bu çalışmada bu başvurular gerçek uçuş planlaması gibi yapılamayacağından ikinci fazda sadece iki faktör dikkate alınmıştır. Çalışma sonunda DEA yönteminin etkin olan uçuş rotalarını belirleyerek potansiyel uçuş rotaları arasında eleme yapılabilmesinde kullanılabileceği ortaya çıkmıştır. En etkin rotanın belirlenmesi için DAE yöntemi ile etkin olmayan uçuş rotaları elenerek uçuş ile ilgili diğer faktörlerin de değerlendirilmesi sürecine katkı sağlanabileceği bildirilmiştir. DEA yöntemi ile uçuş saati ve transit yolcu talebi, müsaade ve/veya slot temin edebilme kolaylığı, uçak performansı ile havaalanı kolaylıklarının uyumluluğu gibi faktörler gözönünde bulundurularak yeni rota seçiminde karar verilebilir.

## 2. Literatür Taraması

Havayolu işletmelerinde rota etkinliğinin belirlenmesinde DAE yöntemi ile ilgili çalışmalar yer bulmuştur. Rota seçiminde pazar araştırması sonucu yapılan talep tahminleri ve uçuş saati gibi uçuş operasyonu ile ilgili faktörler önem arz etmektedir. Bu çalışmanın temelinde Pazar araştırması, DEA yöntemi ve uçuş rotası kararını etkileyen uçuş saati ve transit yolcu tahmini yer almaktadır.

### 2.1. Havayolu işletmelerinde yeni uçuş rotası belirlenmesi süreci

Havayolu işletmeleri ilave tarifeli yolcu ya da kargo seferi düzenleyerek mevcut uçak kaynaklarını değerlendirmektedirler. Hangi uçuş rotalarını tercih edeceklerini belirlemek amacıyla stratejilerine uygun belirli soruların cevaplarını bulmak için aşağıdaki süreçlerden oluşan bir araştırma yapmaktadırlar (URL 1).

### 2.1.2 Talep Tahmini ve Rekabet analizi

Havayolu işletmeleri ilave uçak kaynağını değerlendirmek istediğinde öncelikle networklerine uygun olarak potansiyeli mevcut olan uçuş rotalarını belirlemektedir. Uçuş rotaları yolcu talebi, kargo talebi, ağ yapısı, maliyet etkinliği gibi faktörlere göre belirlenmektedir (URL 2). Havayolu işletmeleri ağ yapısına yeni bir uçuş rotası eklerken tahmini talebin ne olacağını bilmek istemektedirler. Talep tahmininin belirlenmesi için market analizi yapmak kritik öneme sahiptir. Havayolu sektöründe uçuş rotası belirlemede yolcu talep tahmini için uygulanan bir çok model mevcuttur. Bu modeller genel olarak mevcut yolcu veya kargo miktarı verileri temel alınarak talep tahmini yapmayı içermektedir (Gunter and Zekan, 2021). Bu verilerin kaynaklarından biri ilgili uçuş rotalarına halihazırda sefer düzenleyen havayollarıdır. Bir diğer kaynak ise ICAO, IATA ve uçuşun düzenleneceği havacılık otorisi gibi kurumlardan gelen sektör verileri olarak bildirilebilir; ilgili uçuş rotasında taşınan toplam yolcu sayısı, mevsime göre yolcu sayısındaki trendler, ücretler, bağlantılı uçuş olanakları havayolunun uçuş rotasına karar vermesinde önemlidir (Madhavan vd., 2020).

Havayolu işletmeleri market analizi yaparken özellikle rekabet seviyesi de araştırılmaktadır. Rekabet analizi havayolu için özellikle fiyatlandırma ve doluluk oranı tahminlerini belirleyerek uçuş rotası ile ilgili sefer kararının verilmesine katkı sağlayacaktır. Rekabetin yoğun olduğu havaalanlarında bilet ücretleri rekabetten etkilenecek yada düşük doluluk oranına neden olabilecektir (Wenliang Ma vd., 2019). Bu da havayolunun ilgili uçuş hattında elde edeceği karın düşük kalmasına neden olabilir. Dolayısıyla, havayolu şirketinin ölçeği veya network ağı rekabetin yoğun olduğu veya daha az yoğun olduğu uçuş rotası seçiminde etkili olacaktır (URL 3).

### 2.1.2 Transit Yolcu Potansiyeli

Genel olarak havayollarının bir yada iki merkezi mevcuttur. Havayolları uçuş ağının merkezi olan havaalanında (HUB-Havayolu Bağlantı Merkezi) aktarma uçuşları sayesinde transit yolculardan ilave gelirler elde edilebilirler (URL4). Dolayısı ile potansiyel uçuş rotalarının saatlerini havayolunun network'ünün uygun planlanması transit yolcu geliri açısından avantaj sağlayacaktır. Yolcular genel olarak transit uçuşlarında fazla beklemeyecekleri havayolunu tercih edeceklerdir. Yeni uçuş rotası seçiminde kaynağın optimum kullanılması boyutunda transit yolcu potansiyeli uçuş rotası karar sürecinde etkili olacaktır (URL 5).

### 2.1.3 Uçak Kaynağı Mevcudiyeti

Havayolu işletmeleri yeni bir uçuş rotasına sefer düzenlemek istediklerinde veya hali hazırda seferlerinin bulunduğu bir uçuş rotasında frekans artışına gitmek istediklerinde bir pazar araştırması yapmaktadırlar. Yapılan talep ve fiyat tahminleri sonucuna uygun uçak kaynağının mevcut olup olması uçuş rotası kararında kritik önem arz etmektedir (URL 6). Her uçak tipinin performans limitleri farklı olduğundan potansiyel uçuş rotalarının menzili, varış ve kalkış noktasındaki sıcaklıklar ve coğrafik özellikler, inilecek havaalanındaki pistin özellikleri uçak kaynağı sağlanmasında kritik etkenlerdir (Unal vd., 2021).

## 2.2. DAE Yöntemi ve Havayolu İşletmelerinde Uçuş Rotası Etkinlik Ölçümü

DAE birden fazla girdi ile birden fazla çıktı üreten benzer işletme, kurum, firma arasında göreceli olarak performans etkinliği ölçen bir yöntemdir. Etkinliği ölçülen işletme veya firmaya veya kuruma karar verme birimi denmektedir (Özçelik ve Kandemir, 2017). DAE etkinlik ölçümünü doğrusal programlama teknikleri ile parametrik olmayan ve deterministik olarak gerçekleştirmektedir (Min and Joo, 2016). DAE en az girdi ile en fazla çıktı veya aynı girdi ile daha fazla çıktı sağlayan DMU'ların ölçeğini referans alıp bir etkinlik çizgisi oluşturarak bu çizgi üzerindeki DMU'ları etkin olarak kabul etmektedir. Etkin olmayan DMU'lar için iyileştirme önerileri getirmektedir. DAE iki model olarak uygulanmaktadır (Okursoy ve Tezsürücü, 2014);

CCR (Charnes-Cooper-Rhodes) Modeli; DAE ilk olarak 1978 yılında CCR modeli olarak tanıtılmıştır. Bu model teknik etkinliği ölçerken ölçeğe göre sabit getiri temelinden hareket etmektedir. Bu modelde hem girdi hem çıktı etkinliğinin olması beklenmektedir. Başka bir ifade ile toplam etkinlik ölçülmektedir. Girdi yönlü ve çıktı yönlü olarak etkinlik ölçülmektedir (Kottas and Madas, 2018).

BCC (Banker-Charnes-Cooper) Modeli: CCR modeli sabit getiri varsayımına göre etkinliği ölçmektedir. Ancak pratikte her zaman girdideki her artış çıktıda sabit getiri ile sonuçlanmamaktadır. Bu nedenle BCC modeli 1984 yılında Banker, Charnes ve Cooper tarafından geliştirildi. BCC model ile değişken getiri temeli üzerine etkinlik ölçümü yapılmaktadır. Hem input hem output etkinliği hesaplanabilmektedir (Özden, 2008).

DEA bir çok alanda etkinlik ölçümü için kullanılmıştır; eğitim, sağlık, sosyal hizmetler, tedarik zinciri, bankalar, üniversiteler, hastaneler vb. (Okursoy ve Tezsürücü, 2014). Havayolu sektörü de bu alanlardan biridir. Finansal etkinlik başta olmak üzere bir çok konuda havayolu sektörünün etkinliğinin ölçüldüğü bildirilebilir (Yen and Li, 2022). Havayolu sektöründe uçuş rotasının etkinliği ve havayolunun etkinliği de DEA yöntemi ile etkinlik yönünden değerlendirilmiştir (Lin, 2008; Yen and Li, 2022). Yen ve Li, rota etkinliği ile ilgili DAE çalışmalarını analiz etmek için meta-analiz yaklaşımı kullanarak bir literatür taraması yapmıştır. Bu çalışmalar mevcut faaliyetlerin havayollarında etkinliğinin DEA yöntemi ile ölçülebileceğini orta koymuştur. Deveci vd., havayollarının kaynaklarının kullanmak için yeni rota seçiminde çok kriterli karar verme yöntemini kullanmışlardır (Deveci vd., 2017). Chang vd., havayolları için yeni rota seçiminde uzlaşma programlama yöntemini kullanmışlardır (Chang vd., 2019). Bu çalışmanın amacı ise havayollarının uçmayı düşündüğü potansiyel uçuş rotaları arasından talep tahminine göre DEA yöntemi ile etkinlik ölçümü yapılarak karar vermede etken diğer faktörlerle birlikte uçuş rotasını belirlemektir.

### 3. Metodoloji

**Çalışmanın amacı:** Havayolu sektörü ICAO (International Civil Aviation Organization-2018) verilerine göre 2040 yılına kadar yaklaşık yüzde yüz'den fazla büyüyecektir. IATA ise 2035 yılına kadar havayolu sektörünün her yıl ortalama yüzde 3.7 büyüyeceğini öngörmektedir (Koech et all, 2023). Havayolu işletmelerinin faaliyetlerine devam edebilmeleri için bu büyümeden pay almaları kritik öneme sahiptir. Taşınan yolcu sayısını ve/veya kargo miktarını bir önceki döneme göre arttırmak pazardan daha fazla pay almanın yollarından biridir. Uçak ve ekip kaynağını ilave yolcu seferi ile değerlendirmek daha fazla yolcu ve/veya kargo taşımak anlamına gelmektedir. Bu noktada potansiyel uçuş rotaları arasında maksimum kar sağlanacak olanın seçilmesi kaynağın optimum değerlendirilmesinde önem arz etmektedir (Lin, 2008). Bu çalışmanın amacı havayolu sektöründe uçak kaynağının optimum fayda sağlayacak şekilde kullanılması için DAE (data envelopment analysis) yönetimi ile potansiyel uçuş rotaları arasından gelir ve gider temelinde etkin olanların seçilerek bunlar arasından uçuş saati ve transit yolcu sayısı gibi faktörlerin değerlendirilmesi sonucunda sefer düzenlenecek uçuş rotasının belirlenmesi olarak ifade edilebilir.

**Çalışmanın varsayımları:** Çalışma bir havayolunun dar gövde (tek koridoru olan yolcu uçağı tipi) bir uçak tipinde kaynağı olduğu ve bu havayolu şirketinin uçak kaynağını en optimum şekilde değerlendirmek istediği varsayımıyla yürütülmüştür. Çalışma sonucunda uçak kaynağının potansiyel adaylar arasından hangi uçuş rotası için kullanılacağı belirlenmesi amaçlanmıştır.

Havayolları bir uçuş noktasına tarifelerinde sefer düzenlemek istediklerinde bazı süreçleri takip eder; pazar analizi ve rekabet analizi, transit yolcu potansiyeli, uçak mevcudiyeti. Başka bir ifade ile pazar analiz edilerek talep tahmini yapılmaktadır. Bu analiz yapılırken ilgili uçuş rotasında halihazırda uçuşu olan tüm havayollarının taşıdığı yolcu sayısı araştırılır. Tüm havayollarının verilerine ulaşmanın zorluğu nedeniyle bu çalışmada potansiyel uçuş rotalarında uçan ve Türkiye'de faaliyet gösteren tek bir havayolunun 2022 verileri kullanılmıştır. Bu havayolunun 2022 yılında taşıdığı ortalama yolcu sayıları ve kargo miktarı talep tahmini olarak varsayılmıştır. Bu havayolunun 2022 yılındaki verilerinin ortalaması alınarak potansiyel uçuş rota adayları için giderler ve gelirler belirlenmiştir. Tüm DMU'lar için belirlenen bu giderler ve gelirler etkinlik ölçümünde kullanılmıştır

**Çalışmanın methodu:** Çalışma bir havayolunun uçak kaynağını en optimum şekilde değerlendirmek için potansiyel uçuş rotaları ile ilgili pazar araştırması yaptığı varsayımı ile yürütülmüştür. Pazar araştırması yapılırken halihazırda bu rotalara seferi olan tüm havayollarının verileri araştırılır. Potansiyel uçuş rotalarına uçuşu olan tüm havayollarının talep verilerine ulaşmanın zorluğu nedeniyle Türkiye'de faaliyet gösteren tek bir havayolunun operasyon kontrol merkezinde 2022 yılı verileri ile çalışma yürütülmüş ve bu verilerin ilgili uçuş rotaları için (DMUs) talep tahmini olduğu varsayılmıştır.

Çalışmanın ilk amacı bu verileri kullanılarak DAE yöntemi ile etkinlik ölçümü yapılması olarak bildirilebilir

Araştırma iki fazdan oluşmaktadır. İlk faz üç aşamadan oluşmaktadır ve bu üç aşamada DEA yöntemi ile potansiyel uçuş rotalarının (DMUs) göreceli etkinlik ölçümü yapılacaktır. İlk aşamada aşağıdaki potansiyel uçuş rotalarının (ana base'den gidiş) göreceli etkinliği ölçülecektir.

**Tablo 1.** birinci Aşamadaki DMU'lar

DMU'lar	Uçuş Noktaları
DMU 1	IST-VIE
DMU 2	IST-MUC
DMU 3	IST-FRA
DMU 4	IST-FCO
DMU 5	IST-ZRH
DMU 6	IST-VCE
DMU 7	IST-BCN
DMU 8	IST-NCE
DMU 9	IST-LJU
DMU 10	IST-MXP

ikinci aşamada aşağıdaki potansiyel uçuş rotalarının (ana base'e dönüş) göreceli etkinlikleri ölçülmüştür;

**Tablo 2** İkinci aşamadaki DMU'lar

DMU'lar	Uçuş Noktaları
DMU 1	VIE-IST
DMU 2	MUC-IST
DMU 3	FRA-IST
DMU 4	FCO-IST
DMU 5	ZRH-IST
DMU 6	VCE-IST
DMU 7	BCN-IST
DMU 8	NCE-IST
DMU 9	LJU-IST
DMU 10	MUC-IST

Üçüncü aşamada aşağıdaki potansiyel uçuş rotalarının (gidiş-dönüş toplam) göreceli etkinlikleri ölçülmüştür.

**Tablo 3.** Üçüncü Aşamadaki DMU'lar

DMU'lar	Uçuş Noktaları
DMU 1	IST-VIE-IST
DMU 2	IST-MUC-IST
DMU 3	IST-FRA-IST
DMU 4	IST-FCO-IST
DMU 5	IST-ZRH-IST
DMU 6	IST-VCE-IST
DMU 7	IST-BCN-IST
DMU 8	IST-NCE-IST
DMU 9	IST-LJU-IST
DMU 10	IST-MUC-IST

DEA çoklu girdi ve çoklu çıktıya göre etkinlik ölçen bir yöntemdir. DEA analizi için bir uçuşdan elde edilen çıktılar ve bu çıktıları elde etmek için kullanılacak girdiler Tablo 4'de gösterilmiştir.

İkinci fazda ise 1. fazda etkin olarak ölçülen uçuş rotalarının toplam uçuş saati ve transit yolcu tahminleri verileri değerlendirilerek sefer düzenlenecek uçuş rotasına karar verilmiştir.

DEA çalışmalarında değişkenler inputlar ve outputlar olarak belirtilebilmektedir. Havayolu işletmeleri için uçuş rotası seçiminde input maliyetlerdir, output ise elde edilen gelirlerdir. Çalışmada input olarak Tablo 4'te gösterilen maliyetler ve gelirler değişkenler olarak belirlenmiştir.

Bu çalışmada mevcut uçak kaynağını değerlendirmek için potansiyel uçuş rotaları arasından optimum gelir getirini seçmek için DEA modellerinden BBC MAX yönetimi kullanılacaktır. Elde edilecek gelir değişken getiri getirdiğinden ve uçağın kapasitesi ile sınırlı olduğundan değişken getiri sağlayan BBC modeli kullanılmıştır. Gelirin maximizasyonu amaçlandığından BBC MAX yöntemi ile teknik etkinlik ölçümü yapılacaktır.

**Veri toplama methodu:** Bu çalışma Türkiye'de faaliyet gösteren bir havayolunun operasyon kontrol merkezinde gerçekleştirilmiştir. Çalışma iki fazdan oluşmaktadır. İlk faz üç aşamadan oluşmaktadır. İlk faz için uçuş noktaları (DMUs) rastgele havayolunun mevcut uçuş rotalarından seçilmiştir. Bu çalışmanın değişkenleri havayollarının ürünü ya da hizmeti olan uçuş sürecinin çıktıları ve girdileridir. Veriler Türkiye'de faaliyet gösteren bir havayolunun 2022 yılına aittir. Bu uçuş rotalarının (DMU) Tablo 4'te belirtilen çıktıları ve girdileri bu havayolunun 2022 yılı veri deposundan alınmıştır. Daha sonra ilk fazın ilk iki aşamasında kullanma üzere bu değerlerden potansiye uçuş rotaları için ortalama olarak Tablo 4'te belirtilen çıktıları ve girdileri hesaplanarak DAE yöntemi ile etkinlik ölçümü yapılmıştır. Daha sonra üçüncü aşamada ilk iki aşamada kullanılan veriler toplanarak toplam uçuşun etkinliği DEA yöntemi ile belirlenmiştir. İkinci fazda havayolunun 2022 yılı verilerinden, ilk aşamada etkin çıkan uçuş rotası arasında yer alan DMU'ların ortalama uçuş saati ve ortalama transit yolcu sayıları belirlenerek sefer düzenlenebilecek uçuş rotası seçiminde kullanılmıştır.

#### 4. Bulgular

Bu çalışma iki fazdan oluşmaktadır. Birinci fazda ilgili uçuş rotalarının talep tahminleri doğrultusunda girdilerinin ve çıktılarının DEA yöntemi ile etkinliği ölçülecektir. Daha sonra ikinci fazda DEA analizi sonucu etkin olan uçuş rotaları ortalama uçuş saati ve transit yolcu sayısına göre değerlendirilerek uçulacak rotaya karar verilecektir.

#### 4.1. Faz 1

İlk faz üç aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada Tablo 1'deki DMU'ların, ikinci aşamada Tablo 2'deki DMU'ların, 3. Aşamada ise Tablo 3'deki DMU'ların DEA yöntemiyle göreceli etkinlikleri ölçülmüştür. DEA çoklu girdilerin ve çıktılarının göreceli etkinliğini ölçmektedir. Bu çalışmada bir uçuşun girdi ve çıktı değerleri için Türkiye'de Faaliyet gösteren bir havayolunun 2022 verileri kullanılmıştır. Başka bir ifade ile bu veriler ilgili uçuş noktaları için talep tahmini olarak varsayılmıştır. Uçuş hizmeti için girdi ve çıktı verileri bu havayolunun 2022 yılı verilerine göre Tablo 4'de gösterilmiştir (Akbaba, 2022; Qin, 2018).

**Tablo 4.** Uçuş Maliyetleri ve Gelirleri

GİDERLER	GELİRLER
<p><b>1. SABİT GİDERLER:</b> Yönetim harcamaları gibi uçuş Operasyon sayısına göre değişmeyen, sabit kalan maliyetlerdir.</p>	<p><b>1. Yolcu Gelirleri:</b> Talep tahmini sonucu bilet satışından elde edilmesi beklenen gelir</p>
<p><b>2. SEFERE ÖZGÜ DOLAYLI GİDERLER:</b> Uçuş Operasyon sayısı arttıkça artan maliyetlerdir.</p>	<p><b>2. Kargo gelirleri:</b> Talep tahmini sonucu kargo satışından beklenen gelir</p>
<p><b>3. DEĞİŞKEN GİDELER</b></p>	
<p>3.1 Yakıt maliyetleri; Bir uçuşun gerçekleşmesi için ulusal ve uluslararası mevzuata göre uçağa yüklenen yakıt miktarının maliyeti</p>	
<p>3.2 Üst geçiş maliyetleri; uçuşun üzerinden geçtiği ülkelere ödenen ücret</p>	
<p>3.3 Uçuş Ekibi Maliyetleri; uçuş ekibinin harcırah gibi değişken maliyet kısmına giren giderleri</p>	
<p>3.4 İkram ve kabin içi eğlence maliyetleri; yolcuya uçuş sırasında verilen ikramın ve uçuşun daha keyifli geçmesi için yolcuya sunulan hizmetlerin maliyeti.</p>	
<p>3.5 Handling maliyetleri: uçağa ve yolcuya yerde verilen hizmet için alınan ücretler</p>	
<p>3.6 Bakım giderleri; sefer öncesi yapılan controller gibi bakım maliyetlerinin değişken olan bölümü</p>	
<p>3.7 Terminal ve iniş maliyetleri; uçağın ve yolcunun havaalanını ve terminali kullanmasından kaynaklanan ücret</p>	
<p>3.8 Diğer değişken maliyetler: yukarıdaki kalemler dışında kalan değişken maliyetler.</p>	

Yukarıdaki maliyet kalemleri ve gelirler ortalama bir uçuş için hesaplanarak aşağıdaki DMU'ların DEA yöntemi ile etkinlikleri ölçülmüş ve Tablu 5, ve 6'da gösterilmiştir.

**Tablo 5.** Birinci Aşamada DMU'ların etkinlik ölçüm sonuçları

DMU'lar	Uçuş Noktaları	Sonuç
DMU 1	IST-VIE	0,99407317
DMU 2	IST-MUC	0,878776508
DMU 3	IST-FRA	0,882940507
DMU 4	IST-FCO	1
DMU 5	IST-ZRH	0,915923975
DMU 6	IST-VCE	0,901068954
DMU 7	IST-BCN	0,956217249
DMU 8	IST-NCE	1
DMU 9	IST-LJU	1
DMU 10	IST-MXP	0,934793324

Tablo 5 seferlerin ilk bacaklarının etkinlik sonuçlarını göstermektedir. Her bacağın analizinin yapılmasındaki amaç DEA yönteminin havayoluna etkin olmayan DMU'lar ile ilgili analiz yapma imkanı sunmasıdır. Seferin her aşamasında havayolu analiz yaparak etkin olmayan DMU'lar için veriye sahip olabilecektir. Çalışma sonucunda 1. Aşamada etkinliklerin farklı çıkmasının nedeni olarak beklenen taleplerdeki farklılıklar olduğu sonucuna varılabilmektedir. Maliyet kalemlerinde DMU'lar arasında büyük farklılıklar görülmemiştir.

**Tablo 6.** Birinci aşamada DMU'ların etkinlik ölçüm sonuçları

DMU'lar	Uçuş Noktaları	Sonuç
DMU 1	VIE-IST	1
DMU 2	MUC-IST	0,835696509
DMU 3	FRA-IST	1
DMU 4	FCO-IST	1
DMU 5	ZRH-IST	1
DMU 6	VCE-IST	1
DMU 7	BCN-IST	1
DMU 8	NCE-IST	1
DMU 9	LJU-IST	0,856201484
DMU 10	MUC-IST	0,980216

Tablo 6 seferlerin ikinci bacaklarının etkinlik sonuçlarını göstermektedir. Yapılan analiz sonucunda 2. Aşamada da etkinliğin farklı çıkmasının nedeninin beklenen talep olduğu belirtilebilmektedir.



**Tablo 7.** Toplam uçuşların etkinlik değerleri

DMU'lar	Uçuş Noktaları	Sonuç
DMU 1	IST-VIE-IST	1
DMU 2	IST-MUC-IST	0,798601839
DMU 3	IST-FRA-IST	0,979143976
DMU 4	IST-FCO-IST	1
DMU 5	IST-ZRH-IST	0,904863568
DMU 6	IST-VCE-IST	1
DMU 7	IST-BCN-IST	1
DMU 8	IST-NCE-IST	1
DMU 9	IST-LJU-IST	1
DMU 10	IST-MUC-IST	0920387967

Tablo 7 seferin iki bacağına verilerinin toplamının etkinliğini göstermektedir. Tablo 7’de çıkan sonuçlar DEA yönteminin tek başına rota seçiminde yeterli olmadığını fakat bazı rotaların karar sürecinden çıkarılmasına yardımcı olabileceğini göstermektedir. Bu çalışmada DMU 2, 3, 5, 10 DEA yöntemi sonucunda karar sürecinden çıkarılmıştır. Bu nedenle DAE yöntemi ile uçuş rotası etkinliği ölçüldüğünde diğer faktörlerin değerlendirilerek karar verilmesinin optimizasyon açısından kritik öneme sahip olduğu bildirilebilir. İkinci fazda DMU’ların uçuş saati ve transit yolcu sayıları değerlendirilmiştir.

#### 4.2. İkinci Faz

İlk fazda belirlenen etkin uçuş rotaları arasından 2. Fazda en etkin olanı seçmek amacıyla uçuş saatleri ve transit yolcu sayıları belirlenmiştir. Bir uçuş rotası kararını etkileyen bunların dışında faktörler de mevcuttur; uçak kaynağı ile havaalanı operasyon uyumluluğu, handling imkanları, müsaade ve slot temin edebilme imkanları gibi. Çalışma sanal bir havayolu için yapıldığından bu faktörler veri haline dönüştürülemez. Bu sebeple çalışmaya bu faktörler dahil edilmemiştir.

Uçuş süresinin az olması havayolu işletmeleri açısından eşit gelir etkinliği durumunda daha avantajlıdır. Uçak kaynağını diğer uçuşlar için kullanmak ek gelir getirecektir. Transit yolcu sayısı ise havayolları için bir uçuştan elde edilen dolaylı gelir anlamına gelmektedir. Dolayısı ile transit yolcu sayısının fazla olması havayolu açısından daha avantajlıdır. Aşağıda bu veriler yer almaktadır.

**Tablo 8.** Etkin DMU’ların uçuş süreleri ve transit yolcu sayıları

	Toplam Uçuş Süresi	Transit Yolcu Sayısı
DMU 1	04:40	52
DMU 4	05:10	69
DMU 6	04:55	84
DMU 7	07:10	92
DMU 8	06:05	64
DMU 9	04:30	58

DMU 6, DMU 9’dan 25 dakika daha fazla uçuş süresine sahip olmasına rağmen 26 ilave transit yolcu geliri öngörüsüne sahip. Bu ilave gelir nedeniyle DMU 9’dan daha etkin bir rota olduğu bildirilebilir.

DMU 6, Dmu 7'den 8 transit yolcu geliri eksik öngörülmesine rağmen ortalama 02:35 saat daha az uçuş süresi ile icra edilmektedir. Dolayısı ile uçak kaynağının ilave seferde kullanılması daha fazla gelir anlamına geldiğinden havayolu için DMU 6 daha etkin bir rota olabilir. Bu veriler DMU 6'nın optimum sefer düzenlenecek DMU olduğunu bildirmektedir.

## 5. Tartışma ve Sonuç

Havayollarının kaynaklarını optimum kullanmaları rekabet avantajı sağlamaktadır. Mevcut uçuş rotalarının etkinliğini belirlemek amacıyla literatürde DAE yöntemi ile çalışmalar mevcuttur. Yen ve lie, 112 uçuş rotasının etkinliğini DEA yöntemi ile ölçmüşler ve belirli bir uçuş rotası için etkinliğin geliştirmesinde kilit rol oynayan faktörlerin DEA yöntemi ile tespit edilebildiğini bildirmişlerdir (Lin, 2008; Yen and Li, 2022). Dorta vd., DEA yöntemi ile havayolu etkinliğini ölçmüştür ve sürdürülebilir büyüme için DAE yöntemi ile geliştirilmesi gereken yönlerin ortaya çıkarılabileceğini belirtmişlerdir (Dorta vd, 2024). Heydari vd., İran havayollarının etkinliğini DEA yöntemi ile değerlendirmişlerdir; ve etkinlik değerlerini belirleyebilmiştir (Heydari vd., 2020). Ganji vd., İran havayollarının tarife etkinliğini DEA yöntemi ile değerlendirmişlerdir ve DEA yöntemi ile tarife ağ etkinliğinin uygulanabilirliği sonucuna ulaşmışlar (Ganji vd., 2024). Tseng vd., Taiwan Havayollarının rota performansını DEA yöntemi ile değerlendirmişlerdir; DAE yönteminin etkinliği belirlediği gibi etkin olmayan rotaların geliştirilmesi için kriterleri de belirlediğini bildirmişlerdir (Tseng vd., 2024).

Bu çalışmanın amacı havayollarının uçak ve ekip kaynaklarının kullanacakları yeni rota seçiminde DEA yönteminin kullanılarak diğer faktörlerle birlikte tarifeye eklenecek yeni uçuş rotasını veya rotalarının belirleyecek bir model ortaya koymaktır. Çalışma sonunda DEA yönteminin etkin olan uçuş rotalarını belirleyerek potansiyel uçuş rotaları arasında eleme yapılabilmesinde kullanılabileceği ortaya çıkmıştır. En etkin rotanın belirlenmesi için DAE yöntemi ile etkin olmayan uçuş rotaları elenerek uçuş ile ilgili diğer faktörlerin de değerlendirilmesi sürecine katkı sağlanabileceği bildirilmiştir. DEA yöntemi ile uçuş saati ve transit yolcu talebi, müsaade ve/veya slot temin edebilme kolaylığı, uçak performansı ile havaalanı kolaylıklarının uyumluluğu gibi faktörler gözönünde bulundurulularak yeni rota seçiminde karar verilebilir. Başka bir ifade ile bu çalışma yeni rota seçiminde DEA yönteminin kullanıldığı bir model ortaya koymaktadır.

### Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Tek Yazarlı çalışmadır.

### Destek ve Teşekkür Beyanı

Çalışma herhangi bir destek almamıştır. Teşekkür edilecek bir kurum veya kişi bulunmamaktadır.

### Çıkar Çatışması Beyanı

Çalışma kapsamında herhangi bir kurum veya kişi ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

## Kaynakça

- Akbaba, A.** (2022). Düzensiz Operasyonların Havayolu Ücret Politikalarına ve Gelir Yönetimine Etkisiüzerine Modelleme. İşletme Araştırmaları Dergisi, 14(4), 2833–2847.
- Angelos T. Kottas and Michael A. Madas.** (2018). Comparative Efficiency Analysis of Major International Airlines Using Data Envelopment Analysis: Exploring Effects of Alliance Membership and Other Operational Efficiency Determinants, *Journal of Air Transport Management*, 70, P.1-17.
- Augusto Voltes-Dorta, Rodrigo Britto, Bradley Wilson,** (2019). Efficiency of global airlines incorporating sustainability objectives: A Malmquist-DEA approach, *Journal of Air Transport Management*, 119, 102634.
- Barbara T.H. Yen and Jun-Sheng Li.** (2022). Route-based performance evaluation for airlines – A metafrontier data envelopment analysis approach. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 162, 102748.
- Chiman Heydari, Hashem Omrani, Rahim Taghizadeh,** (2020). A fully fuzzy network DEA-Range Adjusted Measure model for evaluating airlines efficiency: A case of Iran. *Journal of Air Transport Management*, 89, 101923.

**Considerations Airlines Must Make When Planning New Routes** (Sabre). Erişim Tarihi: 26.05.2024, <https://www.sabre.com/insights/4-considerations-airlines-must-make-when-planning-new-routes/> .

**Erwin T.J. Lin.** (2008). Route-based performance evaluation of Taiwanese domestic airlines using data envelopment analysis: A comment. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 44 (5), P. 894-899,

**Flight Operations Risk Assessment Checklist - New Destination** (SKYbrary). Erişim Tarihi: 25.06.2024, <https://skybrary.aero/articles/flight-operations-risk-assessment-checklist-new-destination> .

**Flight Operations Risk Assessment Checklist - New Destination** (Aviation for Aviators). Erişim Tarihi: 28.05.2024, <https://aviationforaviators.com/2021/03/23/which-planes-are-used-for-short-medium-and-long-haul-flights/> .

**Hokey Min and Seong-Jong Joo.** (2016). A Comparative Performance Analysis of Airline Strategic Alliances Using Data Envelopment Analysis, *Journal of Air Transport Management*, 52, P.99-110.

**How Do Airlines Plan New Routes?** (Simple Flying). Erişim Tarihi: 23.06.2024, <https://simpleflying.com/how-airlines-plan-new-routes>.

**How Airlines Launch New Routes** (Airways). Erişim Tarihi: 25.05.2024, <https://airwaysmag.com/how-airlines-launch-new-routes/> .

**Madhavan, M., Ali Sharafuddin, M., Piboonrungrøj, P., & Yang, C.-C.** (2023). Short-term Forecasting for Airline Industry: The Case of Indian Air Passenger and Air Cargo. *Global Business Review*, 24(6), 1145-1179.

**M. Deveci, N.Ç Demirel and E. Ahmetoğlu.** (2017). Airline new route selection based on interval type-2 fuzzy MCDM: A case study of new route between Turkey- North American region destinations. *Journal of Air Transport Management*, 59, 83-99.

**Okursoy ve Tezsürücü.** (2014). Veri Zarflama Analizi ile Görelî Etkinliklerin Karşılaştırılması: Türkiye'deki İllerin Kültürel Göstergelerine İlişkin Bir Uygulama, *European Journal of Operational Research*, 21(2), P.1-18.

**Özden, Ü., H.** (2008) Veri Zarflama Analizi (VZA) ile Türkiye'deki Vakıf Üniversitelerinin Etkinliğinin Ölçülmesi. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 37 (2), P, 167-185.

**Özçelik H. ve Kandemir B..** (2017). Veri Zarflama Analizi Ve İmalat Sektöründe Bir Uygulama, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 22 (1), P.43-53.

**How Do Airlines Plan New Routes?** (AN Aviation Service). Erişim Tarihi: 23.05.2024, <https://an.aero/how-airlines-plan-for-new-route/> .

**The Practice of Airport And Airline Route Development** (International Airport Review). Erişim Tarihi: 26.06.2024, <https://www.internationalairportreview.com/article/111407/route-development-risks-limitations-flaws-results/> .

**Qin, Peng.** (2018). The Revenue and Cost of the Airline Company, *Research in Economics and Management*, 3 (2) P.134-138.

**S.S. Ganji, Abbas Mardani, Rasul Jahed,** (2024). Assessment of Iranian airlines using network cross-efficiency DEA and the regret theory. *Case Studies on Transport Policy*, 18, 101266.

**Ulrich Gunter and Bozana Zekan.** (2021). Forecasting Air Passenger Numbers with a GVAR model. *Annals of Tourism Research*, 89, 103252.

**Unal Y, Z., Sevklı, M., Uysal, O., Turkyilmaz, A.** (2021). A New Approach to Fleet Assignment and Aircraft Routing Problems. *Transportation Research Procedia*, 59, P. 67-75.

**Wen-Chun Tseng, Xin Wang, Yu-Cheng Ting,** (2024). Evaluating air route performance with context-dependent data envelopment analysis: A case study in Taiwan. *Asian Transport Studies*, 10, 100148.

**Wenliang M., Wang, Q., Yang, H., Zhang, Y. (2019).** An Analysis of Price Competition and Price Wars in Australia's Domestic Airline Market. *Transport Policy*, 81. P. 163-172.

**Yu-Chun Chang, Wei-Hao Lee, Chi-Hung Wu. (2019).** Airline new route selection using compromise programming - The case of Taiwan-Europe. *Journal of Air Transport Management*, 76, 10-20,