

Veri Zarflama Analizi ile Finansal ve Operasyonel Etkinlik Ölçümü: Geleneksel Havayolu İşletmelerinde Bir Uygulama

Analysis of Financial and Operational Efficiency with Data Envelopment Analysis: An Application in Traditional Airlines Operations

Arş. Gör. Veysi Asker

Başvuru Tarihi: 10.02.2017

Kabul Tarihi: 04.08.2017

Öz

Teknolojinin gelişmesi ve küreleşmenin artması ile birlikte hava taşımacılığı sektörü yoğun olarak kullanılmaya başlanmıştır. Ancak havayolu işletmeleri için hayati öneme sahip olan uçak kiralama, alım ve bakım gibi maliyetlerin büyük yatırımlar gerektirmesi işletme ortaklarının ve yöneticilerinin daha dikkatli davranmalarını gerektirmektedir. Bu açıdan hava taşımacılığı ile ilgili faaliyetlerin gerçekleştirilmesi, geliştirilmesi yolcu ve yük talebinin doğru ve eksiksiz bir şekilde tahmin edilmeye çalışılması ve işletme kârlılığının artırılması işletme yöneticilerinin en önemli görevidir. Son yıllarda havacılık alanında yaşanan serbestleşme hareketleri ve yapılan düzenlemelerle birlikte hava taşımacılığı sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin artan rekabet koşullarına ayak uydurmalarını ve sürekli kendilerini yenilemelerini gerektirmektedir.

Bu çalışmanın amacı petrol fiyatlarının en yüksek seviyeye ulaştığı 2012 yılından sonra dünyanın farklı yerlerinde faaliyet gösteren 16 geleneksel havayolu işletmesinin etkinliğinin analiz edilmesidir. Çalışmada yöntem olarak veri zarflama analizi tekniği kullanılmıştır. Analiz aşamasında ASK, koltuk kapasitesi, çalışan sayısı ve yakıt giderleri girdi değişkenleri olarak kullanılmıştır. Çıktı değişkeni olarak ise RPK, doluluk oranı ve toplam taşınan yolcu sayısı kullanılmıştır. Çalı-

şmanın bulguları, birçok havayolu işletmesinin ilgili dönemde CCR modeline göre etkin çıkmadığını ancak girdi ve çıktı odaklı BCC modeline göre ise etkin çıktığını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Etkinlik, Verimlilik, VZA, Havayolu

Abstract

With the development of technology and the increasing of globalization, the air transportation sector has started to be used extensively. However, leasing, purchasing and maintenance of aircraft, which have vital importance for airline operators require large investments. This situation leads business partners and managers to be more cautious. In this respect, The most important duties of airline managers are to carry out the activities related to the air transportation, to try to estimate the passenger and freight demand accurately and completely and to increase the profitability of the enterprise. In recent years, along with the liberalization movements in the field of aviation and the arrangements made, the air transportation sector has turned into a sector where competition is more intense. This situation requires

companies operating in the air transport sector to keep up with the increasingly competitive conditions and constantly renew themselves.

The aim of this study is to analyze the effectiveness of 16 traditional airline operations operating in different parts of the world since 2012 when oil prices reached the highest level. Data envelopment analysis technique was used as a method in the study. Input variables such as ASK (Available Seat Kilometer), seat capacity, number of employees and fuel consumption are used during the analysis phase. Output variables are RPK (Revenue Passenger Kilometer), Load Factor and total number of passengers. Findings of the study show that most airline operations are not active according to the CCR model in the period concerned but active output according to the input and output-oriented BCC model.

Keywords: Efficiency, Productivity, DEA, Airline

Giriş

Dünya’da ve ülkemizde teknolojinin gelişmesi ve küreselleşmenin hızlanması ile beraber hava taşımacılığı sektörü büyüyüp gelişmiştir. Hava taşımacılığı sektörünün en önemli unsurlarından biri olan havayolu işletmelerinin artan rekabet ortamına ayak uydurabilmeleri ve rakip işletmelerle kendilerini karşılaştırabilmeleri için etkinlik ölçümüne ihtiyaç duymuşlardır. Havayolu işletmelerinin etkin olup olmadıkları sorusunun cevabını aramak için veri zarflama analizi tekniği kullanılarak yapılmış olan birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmaların birçoğunda genel olarak havayolu işletmelerinin hem operasyonel etkinliği hem de finansal etkinliği ölçülmeye çalışılmıştır.

Havayolu işletmeleri yakıt fiyatlarındaki dalgalanmalardan etkilenmemek için hedging yöntemini kullanmaktadır. Hedging yöntemi, gelecekte yaşanacak olan fiyat dalgalanmalarının yol açtığı zarar riskini azaltmak için kullanılan bir yöntemdir. Havayolu işletmeleri hedging yöntemi sayesinde ileri bir tarihte satın alacakları yakıt miktarından dolayı yapacakları ödemeleri sabitleyebilmektedirler. Yakıt giderinin havayolu işletme giderleri içerisinde önemli bir paya sahip olmasından dolayı hedging anlaşmaları havayolu işletmelerinin verimliliğini doğrudan etkilemektedir.

Bu çalışmada literatürde yer alan diğer çalışmalardan farklı olarak petrol fiyatlarının en yüksek seviyeye ulaştığı 2012 yılından sonraki dönem incelenmiştir. Bunun temel nedeni havayollarının petrol fiyatlarına verdikleri tepkilerin performans üzerindeki etkisinin tespit edilmesidir. Çalışmanın devamında alan yazında yapılmış çalışmalara yer verilecektir.

Schefczyk, Dünyanın Farklı yerlerinde faaliyet gösteren 15 havayolu işletmesinin operasyonel performansını veri zarflama analizi ile ölçmek için mevcut-ton km, çalışan sayısı, dönen varlıklar, yakıt maliyeti, personel giderleri, diğer varlıklar ve diğer giderler gibi değişkenleri girdi olarak ele almıştır. Yolcu ve kargo gelirleri ile diğer gelirler ise çıktı olarak ele almıştır. Analiz sonucunda yüksek performansla sahip işletmelerin yüksek kârlılığa sahip olduğu belirtilmiştir. Analize dâhil olan havayolu işletmelerinin büyük bir kısmın temel faaliyet alanlarına odaklanarak etkinliğe ulaşabileceği tespit edilmiştir (Schefczyk, 1993).

Yapılan bir diğer çalışmada Good vd., Amerika’nın en büyük 8 havayolu işletmesi ile Avrupa’nın en büyük 8 havayolu işletmesinin finansal ve operasyonel etkinliğini veri zarflama analizi tekniği aracılığıyla ölçmek için girdi olarak çalışan sayısı ile uçuş ekipman sayısını baz almış, çıktı olarak ise toplam geliri baz almıştır. Analiz sonucunda Avrupadaki ve Amerikadaki havayolu işletmelerinin 1978 yılında yapılan serbestleşme ilgili düzenlemelerden olumlu olarak etkilendikleri ancak Avrupadaki havayolu işletmeleri için gerekli olan düzenlemelerin daha da geliştirilmesi gerektiğinden söz edilmiştir (Good vd., 1995).

Yapılan bazı çalışmalarda ise etkinlik ölçümünde veri zarflama analizinin yanı sıra toplam faktör verimliliği ile regresyon analizi gibi yöntemler de kullanılmıştır. Örneğin Alam ve Sickles, Amerika’da bulunan 11 havayolu işletmesinin borsa getirileri ile teknik verimlilik arasındaki ilişkiyi veri zarflama analizi tekniği ile serbest atılabilir bölge analizi aracılığı ile ölçmüşlerdir. Analizde 1970-1990 yıllarına ait toplam uçak sayısı, toplam çalışan sayısı, toplam yakıt miktarı ile diğer giderler girdi olarak ele alınmış, çıktı olarak ise toplam kargo ve yolcu gelirleri ele alınmıştır. Analiz sonucunda ilgili havayolu işletmelerinin teknik verimlilikleri ile borsa hareketleri arasında güçlü bir ilişkinin bulunduğu diğer bir değişle firma değerlendirilmesi ile firma kaynaklarının ne kadar verimli kullanıldığı arasında güçlü bir bağ olduğu tespit edilmiştir (Alam ve Sickles, 1998).

Benzer bir çalışmada ise Scheraga, Avrupa'da, Asya'da, Kuzey Amerika'da ve Ortadoğu'da faaliyet gösteren 38 havayolu işletmesinin 2000 yılındaki etkinliğini veri zarflama analizi ve tobit regresyon modeli ile ölçmek amacıyla mevcut ton kilometre, faaliyet giderleri, uçuşla ilgili olmayan varlıkları girdi olarak ele almıştır. Toplam kargo ve yolcu gelirlerini ise çıktı olarak ele almıştır. Analiz sonucunda son yıllarda havayolu endüstri yapısının değişmekte olduğu ve bu durumun da ücretler üzerinde aşağı yönlü bir baskı oluşturabileceği belirtilmiş ve böyle bir ortamda havayolu işletmelerinin markalaşma açısından zorluk yaşayacağından bahsedilmiştir (Scheraga, 2004).

Benzer şekilde yapılan bir diğer çalışmada Saranga ve Nagpal Hindistan'da bulunan 13 havayolu işletmesinin 2005-2012 yılları arasındaki etkinliğini veri zarflama analizi tekniği ve regresyon modeli ile ölçmüştür. Analizde girdi olarak personel sayısı, ASK, faaliyet ve personel giderleri kullanılmış çıktı olarak ise RPK ile faaliyet gelirleri kullanılmıştır. Analiz sonucunda Hindistan'da bulunan düşük maliyetli havayolu işletmelerinin operasyonel verimliliklerinin iyi durumda olduğu tespit edilmiştir. Hindistan'da bulu-

nan havayolu işletmelerinin öncelikli olarak yapısal düzenlemelere dikkat etmesi gerektiği vurgulanmış ve operasyon stratejisinin seçilen rekabet stratejisi ile uyumlu bir hale getirilmesi gerektiğinden bahsedilmiştir (Saranga ve Nagpal, 2016).

See ve Rashid Malezya Havayolu işletmesinin 1980-2013 yılları arasındaki gelişimini toplam faktör verimliliği ve tornqvist indeksi metodu ile analiz etmeye çalışmıştır. Çalışmada personel sayısı ve personel giderleri, yakıt miktarı ve gideri ile diğer giderler girdi olarak ele alınmış taşınan yolcu sayısı, taşınan yük miktarı ile havacılık dışı gelirler çıktı olarak ele alınmıştır. Analiz sonucunda Malezya Havayolu işletmesinin yıllara göre yavaş bir büyüme gösterdiği, yaşanan uçaklarla birlikte bakım masrafları ve uçak kiralama tutarlarının arttığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte uçakların daha etkin ve verimli kullanılması gerektiği belirlenmiştir. Malezyadaki hava taşımacılığı sektöründe rekabete aykırı politikaların bulunmasından dolayı Malezya Havayolu işletmesinin olumsuz etkilendiğinden bahsedilmiştir (See ve Rashid, 2016). VZA ile ilgili yapılmış diğer çalışmalar aşağıda Tablo 1'de verilmiştir:

Tablo 1. Havayolu İşletmelerinde Performans Ölçümü Üzerine Yapılmış Çalışmalar

Yazar / Yıl	Örneklem / Yıl	Yöntem	Girdi	Çıktı
Cao vd. (2015)	29 havayolu/ 2005-2009	Veri Zarflama Analizi ve Toplam Faktör Verimliliği	Çalışan Sayısı Toplam Uçak Sayısı Toplam Yakıt Miktarı	Toplam Uçuş Sayısı RTK(Kilometre Başına Ton Geliri) RPK(Kilometre Başına Yolcu Gelirleri)
Mallikarjun (2015)	27 havayolu / 2012	Veri Zarflama Analizi	Faaliyet Giderleri ASM(Arz Edilen Yolcu Mil)	Faaliyet Gelirleri RPM(Mil Başına Yolcu Geliri)
Lee ve Worthington /2014	42 Havayolu / 2006	Veri Zarflama Analizi ile Sınır Etkinliği Analizi	Çalışan Sayısı Toplam Aktifler	ATK(Arz Edilen Ton Kilometre)
Tavassoli vd. 2014	11 Havayolu/ 2010	Serbest Tabanlı Veri Zarflama Analizi modeli	Toplam Uçak Sayısı Çalışan Sayısı	ATK
Arjomandi ve Seufert (2014)	48 havayolu/ 2007-2010	Veri Zarflama Analizi	Çalışan Sayısı Toplam Uçuş Saati	ATK Co ₂ Emisyon

Tablo 1. Havayolu işletmelerinde Performans Ölçümü Üzerine Yapılmış Çalışmalar (Devamı)

Wu ve Diğerleri/ 2013	12	Havayolu	Veri Zarflama	Çalışan Sayısı	RTK
	/2006 - 2010		Analizi modeli	Faaliyet Giderleri	Faaliyet Gelirleri
				Toplam Uçak Sayısı	
Barros vd. /2013	11	Havayolu/ 1998-2010	Veri Zarflama Analizi modeli	Çalışan Sayısı Toplam Yakıt Miktarı Toplam Maliyet	Toplam Gelir RPM Doluluk Oranı
Gramani (2012)	34	Havayolu 1997-2006	Veri Zarflama Analizi	Yakıt maliyeti Personel Gideri Koltuk- mil başına maliyet	Yolcu başına gelir Toplam gelir
Lu vd. (2012)	30	Havayolu/ 2010	Veri Zarflama Analizi	Yakıt maliyeti Personel Gideri Toplam Koltuk sayısı Bakım giderleri	RPM Diğer giderler
Merkert ve Hensher /2011	58	Havayolu/ 2007-2009	Veri Zarflama Analizi ve Tobit Model	Çalışan Sayısı Personel Gideri ATK ATK Gideri	RPK RTK
Wang vd.(2011)	30	havayolu /2006	Veri Zarflama Analizi	Çalışan Sayısı Yakıt maliyeti Uçak Sayısı	ASK RPK Diğer gelirler
Zhu vd.(2011)	21	Havayolu /2007-2008	Veri Zarflama Analizi	Yakıt maliyeti Personel Gideri Koltuk- mil başına maliyet	RPM Doluluk Oranı
Hong ve Zhang (2010)	29	havayolu /1998- 2002	Veri Zarflama Analizi	ASM Çalışan sayısı	Toplam gelir RPK RTK
Chow (2010)	17	Havayolu/ 1980-2007	Veri Zarflama Analizi ve Toplam Faktör Verimliliği	Yakıt maliyeti Personel Gideri Toplam Koltuk Sayısı	RPK RTK
Barros Ve Paypoch (2009)	27	Havayolu /2000-2005	Veri Zarflama Analizi ve Regresyon Analizi	Çalışan Sayısı Faaliyet Giderleri	RPK FVÖK(Faiz ve Vergi Öncesi Kâr)

Tablo 1. Havayolu işletmelerinde Performans Ölçümü Üzerine Yapılmış Çalışmalar (Devamı)

Bhadra (2009)	13 /1985-2006	Havayolu	Veri Analizi	Zarflama	Çalışan Sayısı Yakıt Maliyeti Uçak başına Koltuk sayısı Uçak kullanım Oranı Uçak sayısı	ASM(Arz Edilen Koltuk Mil)
Greer (2009)	17 1999-2008	Havayolu/	Veri Analizi Regresyon Analizi	Zarflama ve Tobit	Koltuk kapasitesi Yakıt maliyeti Çalışan Sayısı	ASM
Barbot vd./ 2008	49 2005	Havayolu/			Çalışan Sayısı Yakıt Maliyeti Diğer Giderler Sermaye Maliyeti	Toplam Gelir
Greer / 2008	8 2000-2004	Havayolu/	Veri Analizi Toplam Verimliliği	Zarflama ve Faktör	Çalışan Sayısı Yakıt Maliyeti Koltuk Kapasitesi	ASM
Chiou ve Chen / 2006	15 Güzergâhı	Havayolu	Veri Analizi Regresyon Modeli	Zarflama ve Tobit	Yakıt Maliyeti Personel Maliyeti Uçakla İlgili Maliyetler	Uçuş Sayısı ASM Uçan Yolcu Sayısı

Veri Zarflama Analizi Yöntemi

Veri zarflama analizi, her bir karar verme biriminin göreceli olarak etkinliğini değerlendirebilmek için çok sayıda girdi ve çıktının kullanıldığı bir analiz çeşididir (Lang vd., 1995, s. 473). Veri zarflama analizi, homojen olduğu kabul edilen üretim faktörlerinin karşılaştırılması sonucunda elde edilen en iyi gözlem değerini etkinlik sınırı kabul ederek elde edilen diğer gözlemleri bu en iyi gözleme göre değerlendirmektir (Seyrek ve Ata, 2010, s. 70). Bir diğer tanıma göre ise veri zarflama analizi, farklı birimlere ait birden fazla girdi ve çıktının olduğu ve bu girdi ve çıktılarının ortak bir ölçütte değerlendirilemediği durumlarda göreceli toplam faktör etkinliğini ölçebilme olanağı sunan, üretim ekonomisine uyumlu bir yöntemdir (Güran ve Cingi, 2002, s. 64).

Veri zarflama analizi birden çok girdi ve çıktıyı nicel bir etkinlik kıstasına dönüştürebilen matematiksel programlama tabanlı bir analizdir. Analizin en temel özelliği benzer özelliklere sahip karar unsurlarının üretim aşamasındaki etkinliklerinin değerlendirilmesidir. Analize konu olan karar birimlerinin benzer amaçlara yönelik aynı işlevi görmesi, aynı piyasa şartlarında faaliyet göstermesi ve grup içerisindeki tüm değişkenlerin verimliliklerini açıklayan faktörlerin büyüklük miktarlarındaki farklılıklar dışında birbirine çok yakın olması beklenir (Karsak ve İşcan, 2000, s. 3).

Veri zarflama analizi matematiksel programlama teorisini temel alan karar verme unsurlarının göreceli verimliliği hakkında fikir yürütmek için oluşturu-

rulmuş ve parametrik özelliği olmayan bir analiz yöntemidir (Kutlar ve Kartal, 2004, s. 53). Bunun yanında veri zarflama analizindeki temel beklenti, tüm karar verme birimlerinin aynı stratejik hedeflere sahip olması ve aynı türden girdi kullanılarak aynı türden çıktı elde edilmesidir (Golany ve Roll, 1989, s. 237).

Etkinlik analizindeki engelleri ortadan kaldırmak için geliştirilmiş bir yöntem olan veri zarflama analizi ilk dönemlerde kâr amacı olmayan kuruluşların etkinliklerinin ölçümünde kullanılmıştır. Daha sonraki yıllarda ise kâr amacı ile çalışan üretim sektörlerinde kullanılmaya başlanmıştır (Yolalan, 1993, s. 27). Bununla birlikte günümüzde alan yazına bakıldığında veri zarflama analizinin bankalar, oteller, sigorta şirketleri, hastaneler, imalathaneler gibi birçok yerde kullanıldığı görülmektedir. Analizin uygulama aşamasında ise ilgili kuruluşlar, faaliyette buldukları sektör içerisindeki diğer kuruluşlarla karşılaştırılarak göreceli verimlilikleri tespit edilmeye çalışılmaktadır (Tetik, 2003, s. 222).

Veri zarflama analizinde ilk kullanılan ve “ölçeğe göre sabit getiri” varsayımına dayanan CCR modeli ilk olarak kamu sektöründe verimlilik ölçümü amacı ile kullanılmış, sonraki dönemlerde ise birbirinden farklı alanlarda kullanılmaya başlanmıştır. Veri zarflama analizinde kullanılan bir değer yöntem “ölçeğe göre değişken getiri” varsayımına dayanan BCC modelidir. Bu model ilk olarak 1984 yılında kullanıldıktan sonra birçok farklı sektörde uygulama alanı bulmuştur (Coelli vd., 2005, s. 162).

Veri zarflama analizinde kullanılan modeller, birbirinden farklı kriterlerin baz alınması ile kendi içerisinde farklı şekillerde sınıflandırılabilir. İlk ortaya çıktığı dönemlerde “ölçeğe göre sabit getiri” varsayımına dayanan CCR modelleri kullanılmıştır. Daha sonra “ölçeğe göre değişken getiri” varsayımına dayanan BCC modelleri kullanılmıştır. Bununla birlikte veri zarflama analizi tekniğinin geliştirilmesi ile günümüzde birçok farklı model ve farklı sınıflandırma şekilleri bulunmaktadır (Lovell ve Pastor, 1997, s. 291). Tablo 2’de söz konusu modeller görülmektedir.

Tablo 2. Veri Zarflama Analizi Modelleri

Uygulanan Model	Kabul Edilen Varsayım	Yönelim Durumu
CCR	Ölçeğe Göre Sabit Getiri	Girdi ve Çıktı yönlü
BCC	Ölçeğe göre Değişken Getiri	Girdi ve Çıktı yönlü

Kaynak: A.Y. Lewin, L.M Seiford Extending The Frontiers of DEA, Annals of operations Research, Vol: 73, issue: 1,1997, s.2

CCR (Charnes, Cooper, Rhodes) Modeli

1978 yılında ilk defa Charnes, Cooper ve Rhodes’un oluşturmuş olduğu CCR modeli ölçeğe göre sabit getiri varsayımına dayanmaktadır. Model adını modeli oluşturan kişilerin baş harflerinden (CCR) almaktadır. Bununla birlikte CCR modeli aracılığı ile karar verme birimlerinin toplam etkinlikleri ölçülebilmekte ve karar verme birimlerinin CCR modelinde etkin olabilmesi için hem teknik açıdan hem de ölçek açısından etkin olması gerekmektedir. (Lorcu, 2008, s. 71).

Çıktıya Yönelik CCR Modeli

Girdi miktarını değiştirmeden, mevcut girdiler ile karar verme birimini etkin hale getirmek için analiz sonucunda elde edilen çıktıların hangi oranda artırıl-

ması gerektiğini gösteren çıktıya yönelik bir modeldir (Matthews ve Ismail, 2006, s. 7). Çıktıya yönelik CCR modelinin matematiksel gösterimi aşağıda verilmiştir (Cooper, Seiford, & Tone, 2006, s. 61):

$$Q_k = \max(\theta + \varepsilon \sum_{i=1}^m S_i^- + \varepsilon \sum_{r=1}^s S_r^+)$$

Kısıtlar,

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} \beta_j + S_i^- - X_{ik} = 0 \quad i = 1, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n Y_{rj} \beta_j - S_r^- - \beta Y_k = 0 \quad r = 1, \dots, p \quad j = 1, \dots, n \quad i = 1, \dots, m$$

$$\beta_j \geq 0 \quad S_i^- \geq 0 \quad S_r^+ \geq 0$$

Modelde,

θ : Göreceli etkinliği ölçülmüş olan karar verme birimine ait çıktı miktarının ne kadar arttırması gerektiğini belirleyen genişleme katsayısı,

β_j : Çıktı odaklı modellerde j'ye ait karar biriminin almış olduğu yoğunluk değeri,

BCC (Banker, Charnes, Cooper) Modeli

1984 yılında ilk defa Banker, Charnes ve Cooper'ın oluşturmuş olduğu BCC modeli ölçüğe göre değişken getiri varsayımına dayanmaktadır. Model adını modeli oluşturan kişilerin baş harflerinden (BCC) almaktadır. BCC modelleri CCR modellerinden farklı olarak belirli bir ölçekte üretim yapan karar verme unsurlarının etkinliğini değişken getiri varsayımına dayanarak ölçmektedir (İşbilen Yücel, 2010, s. 71).

Girdiye yönelik BCC modeli

Girdi odaklı BCC modelleri belirli bir çıktı kümesini en etkin bir şekilde elde edebilmek için kullanılması gereken en uygun girdi kümesinin ne şekilde oluşturulması gerektiğini gösteren modellerdir (Kazançoğlu, 2008, s. 151). Girdi odaklı BCC modelinin matematiksel gösterimi aşağıda verilmiştir (Banker vd., 2004, s. 346):

$$Q_k = \text{Min}(\theta - \varepsilon \sum_{i=1}^m S_i^- - \varepsilon \sum_{r=1}^p S_r^+)$$

Kısıtlar,

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} \beta_j + S_i^- - \theta X_{ik} = 0 \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n X_{rj} \beta_j - S_r^+ - Y_{rk} = 0 \quad r = 1, 2, \dots, p$$

$$\sum_{j=1}^n \beta_j = 1 \quad \beta_j \geq 0 \quad S_i^- \geq 0 \quad S_r^+ \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$i = 1, 2, \dots, m \quad r = 1, 2, \dots, p$$

Çıktıya Yönelik BCC Modeli

Çıktıya yönelik BCC modelinde, çıktıya yönelik CCR modelinde olduğu gibi belirli bir girdi değişkeninden oluşan girdi kümesinin en verimli bir şekilde kullanıl-

ması ile en çok ne kadar çıktı miktarı elde edilebileceği araştırılmaktadır (Cooper vd., 2006, s. 89). Çıktıya yönelik BCC modelinin matematiksel gösterimi şu şekildedir (Chen ve Ali, 2002, s. 477):

$$E_o = \text{Max}(\theta + \varepsilon \sum_{i=1}^m S_i^- + \varepsilon \sum_{r=1}^p S_r^+)$$

Kısıtlar,

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} \beta_j + S_i^- - X_{ik} = 0 \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n Y_{rj} \beta_j - \theta Y_{rk} - S_r^+ = 0 \quad r = 1, 2, \dots, p$$

$$\sum_{j=1}^n \beta_j = 1 \quad \beta_j \geq 0 \quad S_i^- \geq 0 \quad S_r^+ \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$i = 1, 2, \dots, m \quad r = 1, 2, \dots, p$$

Uygulama

Son zamanlarda etkinlik ölçümünde yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanan veri zarflama analizinin ilk aşaması karar verme birimlerinin tespit edilmesidir. Karar verme birimlerinin homojen özellik taşıması analiz sonucunda ortaya çıkacak sonuçların güvenilir olması açısından büyük önem taşımaktadır. Karar verme birimlerinin homojen özellik taşıması aynı girdi-çıkı kümelerine sahip oldukları anlamına gelmektedir. Karar verme birimi sayısının artması ile birlikte homojen yapı bozulabilmektedir (Yolalan, 1993, s. 89). Bu açıdan analize dâhil olan havayolu işletmelerinin buldukları ülkelerde bayrak taşıyıcı olmaları ve geleneksel havayolu özelliği taşımalarından dolayı benzer özellikler göstermektedirler.

Veri zarflama analizi tekniğinde karar verme biriminin seçimi ile ilgili iki farklı görüş bulunmaktadır. İlk görüşe göre karar verme birimi sayısının girdi ve çıktı sayısının en az iki katı olması gerekmektedir (Dyson vd., 2001, s. 247). İkinci görüşe göre ise karar verme birimi sayısının girdi ve çıktı sayısının çarpımına eşit olması veya karar verme birimi sayısının girdi ve çıktı sayısının minimum üç katı olması gerekmektedir (Cooper, vd., 2001, s. 219). Alan yazında yapılan çalışmaların birçoğunun birinci görüşü esas aldığı

tespit edilmiş ve bu çalışmada da birinci görüş doğrultusunda karar verme birimi sayısı ile girdi-çıkta değişkeni sayısı belirlenmiştir.

Araştırmaya dünyanın farklı yerlerinde faaliyet gösteren ve buldukları ülkelerin bayrak taşıyıcısı olan 16 geleneksel havayolu işletmesi dâhil edilmiştir. Bununla birlikte ilgili havayolu işletmelerinin 2013 ve 2014 yıllarına ait verimlilik ve etkinlik ölçümünün yapılması amaçlanmaktadır. 2013 ve 2014 yıllarının seçilmesinin amacı yakıt fiyatlarının en fazla artış kaydettiği 2012 yılından sonra takip eden yıllarda havayolu işletmelerinin etkinlik ve verimliliklerinin tespit edilmesidir. Araştırmaya dahil olan havayollarının iki tanesi Kuzey Amerika, iki tanesi Güney Amerika, iki tanesi Afrika, üç tanesi Asya, yedi tanesi ise Avrupa merkezli havayolu işletmeleridir. İlgili havayolu işletmelerinden Aegean Havayolları, Air Canada, All Nippon Havayolları, Avusturya, Avianca, Hırvatistan, Mısır, Güney Afrika ve Türk Havayolları Star Alliance işbirliğine üyedir. Finnair, Japon Havayolları, Ürdün Kraliyet Havayolları ve Tam Havayolları ise One World işbirliğine üyedir. Bununla birlikte Aeroflot, Aeromexico, ve Kore havayolları Sky Team işbirliğine üyedir. Bu çalışmada ilgili havayolu işletmelerinin etkinlik ölçümünün yapılmasının yanı sıra bu havayolu işletmelerinin bağlı bulunduğu stratejik ittifakların da kısmi olarak etkinliği ölçülmüş olacaktır.

Veri zarflama analizi ile yapılan etkinlik ölçümünde en önemli aşamalardan biri girdi ve çıkta kümesinin seçimidir. Seçilen girdi ve çıkta kümesinin kendi içerisinde tutarlı olması analizden güvenilir sonuçlar vermesini sağlamaktadır. Bu açıdan havayolu işletmelerinin verimlilik ve etkinlik ölçümünün yapıldığı çalışmalara bakıldığında genel olarak personel sayısı ve giderleri, uçak sayısı, toplam uçuş saati, faaliyet giderleri, yakıt maliyeti ve toplam maliyetler, bakım giderleri, ASK(Arz Edilen Koltuk Kilometre), ASM(Arz Edilen Koltuk Mil), toplam koltuk sayısı, uçak kullanım oranı, koltuk kapasitesi gibi verilerin girdi değişkeni olarak kullanıldığı görülmüştür (Cao vd., 2015; Lee & Worthington, 2014; Tavassoli vd.,2014; Zhu, 2011). Toplam uçuş sayısı, RTK(Kilometre Başına Ton Geliri), RPK, faaliyet gelirleri, toplam gelir, doluluk oranı, RPM(Mil başına yolcu geliri), FVÖK(Faiz ve Vergi öncesi Kâr), uçan yolcu sayısı gibi verilerin çıkta değişkeni olarak kullanıldığı görülmüştür (Wu vd, 2013; Barros vd., 2013; Gramani, 2012; Lu vd.,2012). Yapılan bazı çalışmalarda ise ASK, ASM ve

ATK gibi verilerin çıkta değişkeni olarak kullanıldığı görülmüştür (Arjomandi & Seufert, 2014; Merkert & Hensher, 2011; Wang, Lu, & Tsai, 2011).

Bu çalışmada havayolu işletmelerine ait çalışan sayısı, ASK, yakıt gideri ve koltuk kapasitesi olmak üzere dört adet girdi değişkenine ait veriler analize dâhil edilmiştir. RPK, doluluk oranı ve taşınan yolcu sayısı ise çıkta değişkeni olarak analize dâhil edilmiştir. Analize dahil edilen çalışan sayısı havayolu işletmelerinde çalışan bireyleri kapsamaktadır. Bir diğer girdi değişkeni olan yakıt gideri ise havayolu işletmelerine ait olan uçakların kullanmış olduğu yakıt tutarını ifade etmektedir. Yakıt gideri havayolu işletmelerinin önemli giderlerinden birini oluşturmaktadır. Bir diğer girdi değişkeni olan koltuk kapasitesi ise havayolu işletmelerine ait olan uçaklarda bulunan koltuk sayısını ifade etmektedir. ASK ise havayolu işletmelerinin yolcu taşıma kapasitesinin kilometre cinsinden hesaplanmasında kullanılmaktadır. Satışa sunulan koltuk sayısının uçuş mesafesi ile çarpımı sonucunda elde edilmektedir.

Araştırmaya dâhil edilen RPK ücret karşılığında taşınan tüm yolcuların kilometre cinsinden kat ettikleri mesafeyi vermektedir. Ücret karşılığında taşınan yolcu sayısının uçuş mesafesi ile çarpımı sonucunda elde edilmektedir. Bir diğer çıkta değişkeni olan doluluk oranı ise satışa sunulmuş koltuk sayısını veya kullanılmakta olan uçak kapasitesinin hesaplanmasında kullanılmaktadır. Aşağıda gösterildiği şekilde hesaplanmaktadır (Vasigh, Fleming, & Tacker, 2013, s. 23):

Çalışmaya dâhil edilen girdi ve çıkta değişkenleri tespit edildikten sonra çalışan sayısı ve yakıt gideri gibi veriler ilgili havayolu işletmelerinin faaliyet raporlarından elde edilmiştir. Girdi değişkeni olarak kullanılan koltuk kapasitesi ve ASK verileri ile çıkta değişkeni olarak analize dâhil edilen RPK, doluluk oranı ile toplam taşınan yolcu sayısı ise aylık olarak yayınlanan Airline Business Dergisinden elde edilmiştir. Airline Business dergisinin ilgili havayolu işletmelerine ait verileri, Flight Global Kuruluşu tarafından temin ettiği tespit edilmiştir.

İlgili havayolu işletmelerinin verimlilik ve etkinlik ölçümünün veri zarflama analizi ile yapılabilmesi için doğrusal programlama temelli problemlerin çözümünde kullanılan Deap yazılım programı kullanılmıştır. Karar verme birimi sayısının fazla olmasından dolayı Deap programının kullanılmasına karar verilmiştir.

Araştırmada ilgili havayolu işletmelerinin verimlilik ve etkinliklerinin ölçülmesinde ölçeğe göre sabit getiri varsayımına dayanan çıktı odaklı CCR modeli ile ölçeğe göre değişken getiri varsayımına dayanan girdi ve çıktı odaklı BCC modeli kullanılmıştır. Analiz aşı-

masında ilgili havayolu işletmelerinin ilk olarak CCR modeli ile ölçek etkinliği hesaplanmış ardından BCC modeli ile teknik etkinliği hesaplanmıştır. İlgili havayolu işletmelerinin CCR, girdi ve çıktı odaklı BCC modeline göre etkinlik değerleri Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Analize Dâhil Olan Havayolu İşletmelerinin CCR, Girdi Odaklı ve Çıktı Odaklı BCC Modeli ile Etkinlik Değerleri (2013)

Havayolu İşletmeleri	CCR Etkinlik Değeri (Ölçek Etkinliği)	Girdi Odaklı BCC Etkinlik Değeri (Teknik Etkinlik)	Çıktı Odaklı BCC Etkinlik Değeri (Teknik Etkinlik)
Aegean	1.000	1.000	1.000
Aeroflot	0.872	0.919	0.967
Aero Mexico	0.882	0.906	0.958
Air Canada	1.000	1.000	1.000
All Nippon Havayolları	0.827	1.000	1.000
Avusturya Havayolları	1.000	1.000	1.000
Avianca	0.969	1.000	1.000
Hırvatistan Havayolları	1.000	1.000	1.000
Mısır Havayolları	1.000	1.000	1.000
Finnair	1.000	1.000	1.000
Japon Havayolları	0.819	0.822	0.866
Kore Havayolları	0.861	0.880	0.939
Ürdün Kraliyet Havayolları	0.771	0.773	0.911
Güney Afrika Havayolları	0.850	0.851	0.924
Tam Havayolları	0.905	1.000	1.000
Türk Hava Havayolları	0.960	1.000	1.000

2013 yılında CCR modeli ile yapılan etkinlik ölçümü sonucunda 6 havayolu işletmesinin etkin çıktığı diğerlerinin ise etkin çıkmadığı görülmüştür. Girdi

odaklı BBC modelinde ise 10 havayolu işletmesinin etkin çıktığı tespit edilmiştir. Aynı şekilde çıktı odaklı BBC modelinde de 10 havayolu işletmesi etkin

çıkıştır. BCC modelinde teknik etkinliğin ölçülmesinden dolayı karar verme birimlerinin etkinlik durumları CCR modeline göre daha yüksek çıkmaktadır. BCC modeline göre etkin çıkan karar verme

birimlerinin CCR modeline göre etkin çıkmamaları durumunda ilgili karar verme birimlerinin yerel olarak etkin oldukları genel olarak ise etkin olmadıkları söylenebilmektedir.

Tablo 4. Analize Dâhil Olan Havayolu İşletmelerinin CCR, Girdi Odaklı ve Çıktı Odaklı BCC Modeli ile Etkinlik Değerleri (2014)

Havayolu İşletmeleri	CCR Etkinlik Değeri (Ölçek Etkinliği)	Girdi Odaklı BCC Etkinlik Değeri (Teknik Etkinlik)	Çıktı Odaklı BCC Etkinlik Değeri (Teknik Etkinlik)
Aegean	1.000	1.000	1.000
Aeroflot	0.774	0.888	0.956
Aero Mexico	0.900	1.000	1.000
Air Canada	0.863	1.000	1.000
ANA	0.849	1.000	1.000
Avusturya Havayolları	0.913	1.000	1.000
Avianca	0.907	1.000	1.000
Hırvatistan Havayolları	1.000	1.000	1.000
Mısır Havayolları	1.000	1.000	1.000
Finnair	1.000	1.000	1.000
Japon Havayolları	0.972	1.000	1.000
Kore Havayolları	0.726	0.836	0.918
Ürdün Kraliyet Havayolları	1.000	1.000	1.000
Güney Afrika Havayolları	0.717	0.717	0.936
Tam Havayolları	0.952	1.000	1.000
Türk Hava Havayolları	0.921	1.000	1.000

2014 yılında CCR modeli ile yapılan etkinlik ölçümü sonucunda 5 havayolu işletmesinin etkin çıktığı diğerlerinin ise etkin çıkmadığı görülmüştür. Girdi odaklı BBC modelinde ise 13 havayolu işletmesinin etkin çıktığı tespit edilmiştir. Aynı şekilde çıktı odaklı BBC modelinde de 13 havayolu işletmesi etkin çıkmıştır. 2013 yılında CCR modeline göre etkin çıkan havayolu işletmelerinden Air Canada ve Avusturya

havayollarının 2014 yılında etkin çıkmadığı görülmüştür. Ürdün Kraliyet Havayolları işletmesinin ise 2013 yılında etkin değilken 2014 yılında ise etkin çıktığı görülmüştür. 2013 yılında girdi ve çıktı odaklı BCC modelinde etkin çıkmayan Aero Mexico, Japonya Havayolları ve Ürdün Kraliyet Havayolları işletmelerinin 2014 yılında etkin çıktığı görülmüştür.

Tablo 5. Etkin Olmayan Havayolları ve Referans Değerleri Kümesi (2014)

CCR Modeli		Girdi Odaklı BCC Modeli		Çıktı Odaklı BCC Modeli	
Etkin Olmayan Havayolu İşletmeleri	Referans Kümesi	Etkin Olmayan Havayolu İşletmeleri	Referans Kümesi	Etkin Olmayan Havayolu İşletmeleri	Referans Kümesi
Aeroflot	Finnair (2.462)	Aeroflot	Air Canada (0.280)	Aeroflot	Air Canada (0.439)
	Aegean Havayolları (0.495)		Tam Havayolları (0.057)		Tam Havayolları (0.085)
	Mısır Havayolları (0.211)		Türk Havayolları (0.095)		Türk Havayolları (0.476)
			Finnair (0.568)		
Aero Mexico	Finnair (0.607)				
	Aegean Havayolları (1.314)				
Air Canada	Finnair (4.125)				
	Aegean Havayolları (0.494)				
All Nippon Havayolları	Aegean Havayolları (4.525)				
	Finnair (1.424)				
Avusturya Havayolları	Finnair (0.391)				
	Aegean Havayolları (0.842)				
Avianca	Aegean Havayolları (2.488)				
	Finnair (0.273)				
	Mısır Havayolları (0.130)				
Japonya Havayolları	Aegean Havayolları (0.298)				
	Finnair (2.429)				
	Mısır Havayolları (0.304)				
Kore Havayolları	Aegean Airlines (0.456)	Kore Havayolları	Air Canada (0.247)	Kore Havayolları	Air Canada (0.441)
	Finnair (2.561)		Tam Havayolları (0.099)		Tam Havayolları (0.134)
	Mısır Havayolları (0.360)		Türk Havayolları (0.088)		Finnair (0.424)
			Finnair (0.566)		
Güney Afrika Havayolları	Ürdün Kraliyet Havayolları (0.351)	Güney Afrika Havayolları	Finnair (0.625)	Güney Afrika Havayolları	Finnair (0.969)
	Finnair (0.874)		Mısır Havayolları (0.119)		Tam Havayolları (0.031)
	Mısır Havayolları (0.166)		Ürdün Kraliyet Havayolları (0.256)		
Tam Havayolları	Finnair (3.854)				
	Mısır Havayolları (0.636)				
Türk Hava Yolları	Finnair (2.732)				
	Aegean Havayolları (3.281)				

Veri zarflama analizi yöntemi ile etkin çıkmayan karar verme birimlerinin etkin duruma geçebilmesi için referans alması gereken karar verme birimleri belirleterek referans kümesi oluşturulmaktadır. Etkin çıkmayan havayolu işletmelerinin etkin duruma geçebilmesi için örnek almaları gereken havayolu işletmeleri ile bu havayolu işletmelerinin 2014 yılına ait referans değerleri Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5'e göre Aeroflot havayolu işletmesinin CCR modeline göre etkin duruma geçebilmesi için 2.462 oranında Finnair, 0.465 oranında Aegean Havayolları ve 0.211 oranında Mısır Havayolları işletmesini ör-

nek alması gerekmektedir. Bu açıdan Aeroflot havayolu işletmesinin CCR modeline göre etkin duruma geçebilmesi için girdi değişkenlerini 2.462 oranında azaltması, çıktı değişkenlerini de 2.462 oranında arttırarak Finnair'e benzetmesi gerekmektedir. Veri zarflama analizi tekniğinde etkin olmayan havayolu işletmelerinin etkin duruma geçebilmeleri için girdi ve çıktı değişkenlerini arttırmaları veya azaltmaları gerekmektedir. CCR modeline göre etkinlik sınırının altında kalan havayolu işletmelerinin etkin duruma geçebilmeleri için mevcut girdi-çıktı kümesini ne kadar değiştireceği Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. CCR Modeline göre Etkin Olmayan Havayolu İşletmelerinin Mevcut Değerleri ile Etkinliğe Ulaşabilmeleri İçin Gerekli Olan Hedef Girdi Değişkenleri (2013)

Etkin Olmayan Havayolu İşletmeleri	Çalışan sayısı		ASK		Yakıt Gideri (Milyon\$)		Koltuk Kapasitesi	
	Mevcut	Hedef (CCR)	Mevcut	Hedef (CCR)	Mevcut	Hedef (CCR)	Mevcut	Hedef (CCR)
Aeroflot	26998	26998	76500	76500	3306000	3089522	17890	9511
Aero Mexico	13688	13688	32496	32496	1380000	1215881	13652	4314
All Nippon Havayolları	48433	41395	102497	102497	2991000	2991000	14196	14196
Avianca	18529	18115	38762	38762	1326000	1326000	19153	6395
Japon Havayolları	39421	30516	83319	83319	2528000	2528000	31472	15594
Kore Havayolları	30914	30914	89110	89110	3946000	3429740	19470	11003
Ürdün Kraliyet Havayolları	5081	5081	12000	12000	833000	560347	4643	2279
Güney Afrika Havayolları	11314	11314	33441	33441	1761000	1196187	11462	4088
Tam Havayolları	58943	47621	131691	131691	4414000	4414000	52997	24998
Türk Hava Havayolları	42236	42236	116433	116433	4947000	3470006	18882	14554

Tablo 7. CCR Modeline göre Etkin Olmayan Havayolu İşletmelerinin Mevcut Değerleri ile Etkinliğe Ulaşabilmeleri İçin Gerekli Olan Hedef Çıktı Değişkenleri (2013)

Etkin Olmayan Havayolu İşletmeleri	Taşınan Yolcu Sayısı		RPK		Doluluk Oranı	
	Mevcut	Hedef (CCR)	Mevcut	Hedef (CCR)	Mevcut	Hedef (CCR)
Aeroflot	20900000	25288829	60200	69056	79	85.5
Aero Mexico	15500000	17580626	24474	27759	77	84
All Nippon Havayolları	45700000	55254539	68474	82789	67	77
Avianca	24600000	25390107	31200	32202	81	86.5
Japon Havayolları	24100000	29433982	59136	72224	71	78.2
Kore Havayolları	23600000	29159083	68361	79440	77	82.1
Ürdün Kraliyet Havayolları	3308000	5170223	8400	10901	70	82.5
Güney Afrika Havayolları	7100000	10782338	24880	29274	74	83.4
Tam Havayolları	37400000	41335488	106466	117669	81	87.5
Türk Hava Havayolları	48300000	50305186	91997	95816	79	85

Tablo 8. Girdi ve çıktı odaklı BCC Modeline göre Etkin Olmayan Havayolu İşletmelerinin Mevcut Değerleri ile Etkinliğe Ulaşabilmeleri İçin Gerekli Olan Hedef Girdi Değişkenleri (2013)

Etkin Olmayan Havayolu İşletmeleri	Çalışan sayısı		ASK		Yakıt (Milyon\$)	Gideri	Koltuk Kapasitesi	
	Mevcut	Hedef (BCC)	Mevcut	Hedef (BCC)	Mevcut	Hedef (BCC)	Mevcut	Hedef (BCC)
Aeroflot	26998	26464	76500	76500	3306000	1806766	17890	17890
Aero Mexico	13688	13688	32496	32496	1380000	985932	13652	11633
Japon Havayolları	39421	29949	83319	83319	2528000	2036508	31472	21853
Kore Havayolları	30914	30095	89110	89110	3946000	2035655	19470	19470
Ürdün Kraliyet Havayolları	5081	5081	12000	11694	833000	343793	4643	1742
Güney Afrika Havayolları	11314	11314	33441	33441	1761000	804536	11462	5836

Tablo 9. Girdi ve çıktı odaklı BCC Modeline göre Etkin Olmayan Havayolu İşletmelerinin Mevcut Değerleri ile Etkinliğe Ulaşabilmeleri İçin Gerekli Olan Hedef Çıktı Değişkenleri (2013)

Etkin Olmayan Havayolu İşletmeleri	Taşınan Yolcu Sayısı		RPK		Doluluk Oranı	
	Mevcut	Hedef (BCC)	Mevcut	Hedef (BCC)	Mevcut	Hedef (BCC)
Aeroflot	20900000	26014158	60200	62827	79	81.6
Aero Mexico	15500000	17402239	24474	26033	77	80.4
Japon Havayolları	24100000	30255787	59136	68556	71	82.1
Kore Havayolları	23600000	28390681	68361	73402	77	81.9
Ürdün Kraliyet Havayolları	3308000	7255121	8400	9220	70	79.5
Güney Afrika Havayolları	7100000	12326719	24880	26913	74	80

Tablo 10. CCR Modeline göre Etkin Olmayan Havayolu İşletmelerinin Mevcut Değerleri ile Etkinliğe Ulaşabilmeleri İçin Gerekli Olan Hedef Girdi Değişkenleri (2014)

Etkin Olmayan Havayolu İşletmeleri	Çalışan sayısı		ASK		Yakıt (Milyon\$)		Gideri		Koltuk Kapasitesi	
	Mevcut	Hedef (CCR)	Mevcut	Hedef (CCR)	Mevcut	Hedef (CCR)	Mevcut	Hedef (CCR)	Mevcut	Hedef (CCR)
Aeroflot	28788	28788	85800	85800	3735000	2324029	18981	10905		
Aero Mexico	14799	14799	36217	34779	1485000	837240	12910	4879		
Air Canada	44450	41498	136842	133441	2871000	2871000	24400	16384		
All Nippon Havayolları	50764	44809	109700	99173	3222000	2445688	14314	14314		
Avusturya Havayolları	10493	9503	23343	22358	538000	538000	6067	3135		
Avianca	22092	21547	41052	41052	1346000	1346000	20545	6413		
Japonya Havayolları	40138	28252	84003	84003	2476000	2476000	31534	10709		
Kore Havayolları	31271	31271	90979	90979	3656000	2761128	20543	11708		
Güney Afrika Havayolları	11590	1159	33999	33999	1945000	1268511	11491	5391		
Tam Havayolları	57653	43420	130201	130201	4167000	4167000	53072	16579		
Türk Hava Yolları	48163	48163	135330	124406	5858000	2888206	19902	16724		

Tablo 11. CCR Modeline göre Etkin Olmayan Havayolu İşletmelerinin Mevcut Değerleri ile Etkinliğe Ulaşabilmeleri İçin Gerekli Olan Hedef Çıktı Değişkenleri (2014)

Etkin Olmayan Havayolu İşletmeleri	Taşınan Yolcu Sayısı		RPK		Doluluk Oranı	
	Mevcut	Hedef (CCR)	Mevcut	Hedef (CCR)	Mevcut	Hedef (CCR)
Aeroflot	23600000	30497719	67100	86711	78	88
Aero Mexico	17200000	19102978	28245	31369	80	85
Air Canada	38500000	44588906	114113	132160	83	90
All Nippon Havayolları	50400000	59374265	74221	87436	68	77
Avusturya Havayolları	11200000	12261374	18428	20174	79	86
Avianca	26200000	28895984	32602	35956	79	87
Japonya Havayolları	28200000	29003449	84003	86396	72	80
Kore Havayolları	23500000	32356280	67948	93555	75	80
Güney Afrika Havayolları	7000000	10998518	25606	35734	75	81
Tam Havayolları	37900000	42593048	130201	136828	83	89
Türk Hava Yolları	54700000	59365923	106787	115895	79	86

Tablo 12. Girdi ve Çıktı Odaklı BCC Modeline göre Etkin Olmayan Havayolu İşletmelerinin Mevcut Değerleri ile Etkinliğe Ulaşabilmeleri İçin Gerekli Olan Hedef Girdi Değişkenleri (2014)

Etkin Olmayan Havayolu İşletmeleri	Çalışan sayısı		ASK		Yakıt (Milyon\$)	Gideri	Koltuk Kapasitesi	
	Mevcut	Hedef (BCC)	Mevcut	Hedef (BCC)	Mevcut	Hedef (BCC)	Mevcut	Hedef (BCC)
Aeroflot	28788	28788	85800	85800	3735000	1925796	18981	16989
Kore Havayolları	31271	31271	90979	90979	3656000	2104923	20543	19479
Güney Afrika Havayolları	11590	10738	33999	33999	1945000	765948	11491	5279

Tablo 13. Girdi ve Çıktı Odaklı BCC Modeline göre Etkin Olmayan Havayolu İşletmelerinin Mevcut Değerleri ile Etkinliğe Ulaşabilmeleri İçin Gerekli Olan Hedef Çıktı Değişkenleri (2014)

Etkin Olmayan Havayolu İşletmeleri	Taşınan Yolcu Sayısı		RPK		Doluluk Oranı	
	Mevcut	Hedef (BCC)	Mevcut	Hedef (BCC)	Mevcut	Hedef (BCC)
Aeroflot	2360000	24680540	67100	75829	78	81.5
Kore Havayolları	23500000	26153000	67948	80949	75	81
Güney Afrika Havayolları	7000000	10486227	25606	33999	75	80.1

Tablo 14. Etkin Havayolu İşletmeleri ve Referans Sayıları

Etkin Havayolu İşletmeleri	CCR Modeli		Girdi Odaklı BCC Modeli		Çıktı Odaklı BCC Modeli	
	2013	2014	2013	2014	2013	2014
Aegean Havayolları	5	9	2	-	2	-
Air Canada	4	-	3	2	4	2
Avianca		-	2	-	4	-
Hırvatistan Havayolları	1	-	2	-	1	-
Mısır Havayolları	9	6	5	1	-	-
Finnair	6	11	3	3	4	3
Ürdün Kraliyet Havayolları	-	1	-	1	-	-
Tam Havayolları	-	-	-	2	-	3
Türk Hava Yolları			1	2	-	-

Analiz sonucunda etkin çıkan havayolu işletmelerinin etkin çıkmayan havayolu işletmeleri tarafından kaç defa referans gösterildiği Tablo 14'te verilmiştir.

Sonuç

Bu çalışmada buldukları ülkelerin bayrak taşıyıcısı olan 16 geleneksel havayolu işletmesinin 2013 ve 2014 yıllarına ait finansal ve operasyonel etkinlik ölçümü yapılmıştır. 2013 ve 2014 yıllarının seçilmesinin nedeni 2012 yılındaki yakıt fiyatlarının en yüksek seviye ulaşması ile birlikte takip eden yıllarda ilgili havayolu işletmelerinin bu durumdan etkilenip etkilenmediğinin tespit edilmesidir. Veri yetersizliğinden dolayı araştırmaya sadece 16 havayolu işletmesi dâhil edilebilmiştir.

Araştırmada veri zarflama analizi tekniğinin çıktı odaklı CCR modeli ile girdi ve çıktı odaklı BCC modelleri kullanılmıştır. Analizin güvenilir sonuçlar vermesi için girdi ve çıktı değişkenlerinin kendi içerisinde anlamlı olması gerekmektedir. Bu açıdan bu çalışmada havayolu işletmelerinin verimliliklerini önemli ölçüde yansıtan çalışan sayısı, ASK, yakıt gideri ve koltuk kapasitesi gibi girdi değişkenleri kullanılmış çıktı olarak ise RPK, doluluk oranı ile toplam taşınan yolcu sayısı kullanılmıştır. Girdi değişkenleri içerisinde yer alan yakıt gideri havayolu işletmelerinin

verimlilik ve etkinliklerini doğrudan etkilemektedir.

Veri zarflama analizinin CCR modeli ile yapılan etkinlik ölçümünde 2013 yılında 6 havayolu işletmesi etkin çıkarken 2014 yılında etkin havayolu işletmesi 5'e düşmüştür. Air Canada ve Avusturya Havayolları işletmelerinin 2013 yılında etkin oldukları 2014 yılında ise etkinlik sınırının altında kaldıkları görülmüştür. Air Canada Havayolları işletmesinin 2014 yılında etkin çıkmamasının nedeni çalışan sayısının azaltılması ile birlikte yakıt gideri, koltuk kapasitesi ile ASK'nın artması ve çıktı değişkeni olan doluluk oranının değişmemesidir. Avusturya Havayollarının 2014 yılında etkin çıkmamasının nedeni ise toplam taşınan yolcu sayısının azalmasına rağmen ASK ve koltuk kapasitesinin artırılmasıdır. 2014 yılında etkin çıkan Ürdün Kraliyet Havayolları işletmesinin ise 2013 yılında etkin olmadığı görülmüştür. İlgili havayolu işletmesinin etkin çıkmamasının nedeni çalışan sayısının, yakıt tüketiminin, ASK ve koltuk kapasitesinin 2014 yılına göre daha fazla olmasıdır.

Girdi ve çıktı odaklı BCC modeli ile yapılan etkinlik ölçümünde 2013 yılında 10 havayolu işletmesi etkin çıkarken 2014 yılında etkin havayolu işletmesi 13'e yükselmiştir. Aeromexico, Japon Havayolları ve Ürdün Kraliyet Havayolları işletmelerinin 2013 yılında etkin çıkmadıkları 2014 yılında ise etkin duruma geç-

tikleri görülmüştür. AeroMexico havayolu işletmesinin 2013 yılında etkin çıkmamasının nedeni çalışan sayısının bir sonraki yıla göre daha fazla olmasıdır. ASK ve koltuk kapasitesinin ise bir sonraki yıla göre daha düşük olmasıdır. Aynı şekilde RPK ile toplam taşınan yolcu sayısının bir sonraki yıla göre daha az olmasıdır. Japon Havayolları işletmesinin ise 2013 yılındaki tüm girdi ve çıktı değişkenlerinin 2014 yılının oldukça gerisinde kaldığından dolayı 2013 yılında etkinlik sınırının altında kalmıştır. Ürdün Kraliyet Havayolları işletmesinin ise 2013 yılında CCR modelinde olduğu gibi girdi ve çıktı odaklı BBC modelinde de etkin çıkmadığı görülmüştür.

Analiz sonucunda etkin çıkan havayolu işletmeleri içerisinde etkin olmayan havayolu işletmeleri tarafından en fazla referans gösterilen havayolu işletmesinin Finnair olduğu görülmüştür. Finnair'den sonra sırası ile Mısır Havayolları ile Aegean Havayolları en fazla referans gösterilen havayolu işletmeleridir. 2013 yılındaki etkinlik ölçümüne göre etkin olmayan havayolu işletmeleri içerisinde en düşük performansı Ürdün Kraliyet Havayolları ile Japon Havayolları göstermiştir. 2014 yılında ise Güney Afrika Havayolları ile Kore Havayolları en düşük performansı sergilemiştir.

Araştırma sonucunda etkin olmayan havayolu işletmelerinin etkin duruma geçebilmeleri için yakıt maliyetlerini azaltmaları ve koltuk kapasitesini düşürmeleri gerektiği bununla birlikte doluluk oranının artırılması gerektiği tespit edilmiştir. Koltuk kapasitesinin azaltılması, ilgili havayolu işletmelerinin küçük uçaklardan oluşan bir filoya sahip olmasını gerektirmektedir. Bunun yanında ilgili havayolu işletmeleri buldukları stratejik ittifaklarda kod paylaşımı uygulamasına giderek etkinliklerini arttırabilirler.

Havayolu işletmelerinin etkinlik ölçümünün yapıldığı çalışmalara bakıldığında birçok çalışmada sadece etkinlik ölçümünün yapıldığı görülmüş referans kümesinin belirlenmesi, etkin olan havayolu işletmelerinin etkin olmayan havayolu işletmeleri tarafından kaç defa referans gösterildiği gibi veri zarflama analizinin önemli kısımları belirtilmemiştir. Bu açıdan bu çalışmanın bu yönü ile benzer çalışmalardan farklı olduğu söylenebilmektedir. Geleneksel havayolu işletmelerinin etkinlik ölçümünün yapıldığı bu çalışmanın bu alandaki literatüre katkısı olduğu düşünülmektedir. Bununla birlikte havayolu yöneticilerine yardımcı olabilecek bilgiler içermektedir. Havayolu işletmele-

rindeki yöneticiler, etkinlik ölçümü sonucunda elde edilen verileri analiz ederek operasyonel ve finansal performansı arttırmak için yeni stratejiler belirleyip bu stratejileri izleyebilirler.

Girdi ve çıktı değişkenlerinin seçimi etkinlik ölçümünün sonucunu değiştirmektedir. Bununla birlikte havacılık alanındaki düzenlemeler ve vergilendirme usulleri de verimlik ve etkinlik ölçümünü etkilemektedir.

Araştırmaya dahil edilen havayolu işletmelerinin tümü geleneksel havayolu işletmesidir. Bu açıdan ilerleyen çalışmalarda geleneksel havayolu işletmeleri ile düşük maliyetli havayolu işletmelerinin karşılaştırılabildiği çalışmalar yapılabilir.

Kaynakça

- Alam, I. S., Sickles, R. C. (1998). The Relationship Between Stock Market Returns and Technical Efficiency Innovations: Evidence from the US Airline Industry. *Journal of Productivity Analysis*, 35-51. 10.1023/A:1018368313411
- Arjomandi, A., Seufert, J. H. (2014). An evaluation of the world's major airlines' technical and environmental performance. *Economic Modelling*, 133-144. <http://ro.uow.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=1384&context=buspapers>
- Banker, R., Cooper, W. W., Seiford, L. M., Thrall, R. M., & Zhu, J. (2004). Returns to scale in different DEA models. *European Journal of Operational Research*, 345-362. 10.1016/S0377-2217(03)00174-7
- Barbot, C., Costa, Á., & Sochirca, E. (2008). Airlines performance in the new market context: A comparative productivity and efficiency analysis. *Journal of Air Transport Management*, 270-274. 10.1016/j.jairtraman.2008.05.003
- Barros, C. P. (2009). An evaluation of European airlines' operational performance. *International Journal of Production Economics*, 525-533. 10.1016/j.ijpe.2009.04.016

- Barros, C. P., Liang, Q. B., & Peypoch, N. (2013). The technical efficiency of US Airlines. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 139-148. 10.1016/j.tra.2013.01.019
- Bhadra, D. (2009). Race to the bottom or swimming upstream: Performance analysis of US airlines. *Journal of Air Transport Management*, 227-235. 10.1016/j.jairtraman.2008.09.014
- Cao, Q., Lv, J., & Jun, Z. (2015). Productivity efficiency analysis of the airlines in China after deregulation. *Journal of Air Transport Management*, 135-140. /10.1016/j.jairtraman.2014.09.009
- Chen, Y., & Ali, A. I. (2002). Continuous optimization output-input ratio analysis and dea frontier. *European Journal of Operational Research*, 476-479. S 0 3 7 7 - 2 2 1 7 (0 1) 0 0 3 1 8 - 6
- Chiou, Y. C., & Chen, Y.-H. (2006). Route-based performance evaluation of Taiwanese domestic airlines using data envelopment analysis. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 116-127. 10.1016/j.tre.2005.09.005
- Chow, C. K. (2010). Measuring the productivity changes of Chinese airlines: The impact of the entries of non-state-owned carriers. *Journal of Air Transport Management*, 320-324. 10.1016/j.jairtraman.2010.04.001
- Coelli, T., Rao, P., O'Donnell, C., & Battese, G. (2005). *An introduction to efficiency and productivity analysis*. Australia: Springer.
- Cooper, W. W., Li, S., Seiford, L. M., Tone, K., Thrall, R. M., & Zhu, J. (2001). Sensitivity and Stability Analysis in DEA: Some Recent Developments. *Journal of Productivity Analysis*, 217-246. 10.1023/A:1011128409257
- Cooper, W. W., Seiford, L. M., & Tone, K. (2006). *Introduction to data envelopment analysis and its uses*. Newyork: Springer.
- Dyson, R. G., Allen, R., Camanho, A. S., Podinovski, V. V., Sarrico, C. S., & Shale, E. A. (2001). Pitfalls and protocols in DEA. *European Journal of Operational Research*, 245-259. 10.1016/S0377-2217(00)00149-1
- Golany, B., & Roll, Y. (1989). An Application Procedure For DEA. *Omega*, 17(3), 237-250. 10.1016/0305-0483(89)90029-7
- Good, H. D., Röller, L.-H., & Sickles, R. C. (1995). Airline efficiency differences between Europe and the US: Implications for the pace of EC integration and domestic regulation . *European Journal of Operational Research*, 508-518. 10.1016/0377-2217(94)00134-X
- Gramani, M. C. (2012). Efficiency decomposition approach: A cross-country airline analysis. *Expert Systems with Applications*, 5815-5819. 0.1016/j.eswa.2011.11.086
- Greer, M. (2008). Nothing focuses the mind on productivity quite like the fear of liquidation: Changes in airline productivity in the United States, 2000-2004. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 414-426. 10.1016/j.tra.2007.11.001
- Greer, M. (2009). Is it the labor unions' fault? Dissecting the causes of the impaired technical efficiencies of the legacy carriers in the United States. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 779-789. 10.1016/j.tra.2009.07.007
- Güran, M. C., & Cingi, S. (2002). Devletin ekonomik müdahalelerinin etkinliği. *Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi*, 56-69. <http://www.acarindex.com/dosyalar/makale/acarindex-1423868928.pdf>
- Hong, S., & Zhang, A. (2010). An efficiency study of airlines and air cargo/passenger divisions: a DEA approach. *World Review of Intermodal Transportation Research*, 137-149. 10.1504/WRITR.2010.031584
- İşbilen Yücel, L. (2010). *Portföy Etkinliğinin Veri Zarflama Analizi İle Ölçülmesi ve Portföy Etkinleştirilmesine Yönelik Bir Uygulama*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi. Yayınlanmamış Doktora Tezi

- Karsak, E., & İşcan, F. (2000). Çimento sektöründe gö-reli faaliyet performanslarının ağırlık kısıtlamaları ve çapraz etkinlik kullanılarak veri zarflama analizi ile değerlendirilmesi. *Endüstri Mühendislięi Dergisi*, 2-10. <http://arsiv.mmo.org.tr/pdf/11754.pdf>
- Kazançoğlu, Y. (2008). *Lojistik yönetim sürecinde tedarikçi seçimi ve performans değerlendirilmesinin yö-neylem araştırması teknikleri ile gerçekleştirilmesi*. İzmir: Ege Üniversitesi. Yayınlanmamış Doktora Tezi
- Kutlar, A., & Kartal, M. (2004). Cumhuriyet üniver-sitesinin verimlilik analizi: fakülteler düzeyinde veri zarflama yöntemiyle bir uygulama. *Kocaeli Üniver-sitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 8(2), 49-79. <http://www.acarindex.com/dosyalar/makale/aca-rindex-1423907864.pdf>
- Lang, P., Yolalan, R., & Kettani, O. (1995). Control-led envelopment by face extension. *Journal of the Operational Research Societ*, 473-491. <https://www.jstor.org/stable/pdf/2584595.pdf>
- Lee, B. L., & Worthington, A. C. (2014). Technical ef-ficiency of mainstream airlines and low-cost car-riers: New evidence using bootstrap data envelop-ment analysis truncated regression. *Journal of Air Transport Management*, 15-20. 10.1016/j.jairtra-man.2013.12.013
- Lorcu, F. (2008). *Veri zarflama analizi (dea) ile türkiye ve avrupa birliği ülkelerinin sağlık alanındaki etkin-liklerinin değerlendirilmesi*. İstanbul: İstanbul Üni-veritesi. Yayınlanmamış Doktora Tezi
- Lovell, C., & Pastor, J. (1997). Target setting: an appli-cation to a bank branch network. *European Journal of Operational Research*, 98(2), 290-299. 10.1016/S0377-2217(96)00348-7
- Lu, W.-M., Wang, W.-K., Hung, S.-W., & Lu, E.-T. (2012). The effects of corporate governance on air-line performance: Production and marketing effi-ciency perspectives. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 529-544. 10.1016/j.tre.2011.09.003
- Mallikarjun, S. (2015). Efficiency of US airlines: A stra-tegic operating model. *Journal of Air Transport Ma-nagement*, 45-56. 10.1016/j.jairtraman.2014.12.004
- Matthews, K., & Ismail, M. (2006). *Efficiency and pro-ductivity growth of domestic and foreign commercial banks in malaysia*. Cardiff: Cardiff Business School. 7-8 http://business.cardiff.ac.uk/sites/default/files/e2006_2.pdf
- Merkert, R., & Hensher, D. A. (2011). The impact of strategic management and fleet planning on airline efficiency – A random effects Tobit model based on DEA efficiency scores. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 686-695. 10.1016/j.tra.2011.04.015
- Saranga, H., & Nagpal, R. (2016). Drivers of operati-onal efficiency and its impact on market perfor-mance in the Indian Airline industry. *Journal of Air Transport Management*, 53, 165-176. 10.1016/j.jairtraman.2016.03.001
- Schefczyk, M. (1993). Operational Performance Of Airlines: An Extension Of Traditional Measur-ment Paradigms. *Strategic Management Journal*, 14, 301-317. [file:///C:/Users/user/Downloads/ope-ration%20performance%20of%20airlines.pdf](file:///C:/Users/user/Downloads/operation%20performance%20of%20airlines.pdf)
- Scheraga, C. A. (2004). Operational efficiency versus financial mobility in the global airline industry: a data envelopment and Tobit analysis. *Transporta-tion Research Part A: Policy and Practice*, 383-404. 10.1016/j.tra.2003.12.003
- See, K. F., & Rashid, A. A. (2016). Total factor produc-tivity analysis of Malaysia Airlines: Lessons from the past and directions for the future. *Research in Transportation Economics*, 42-49. 10.1016/j.ret-rec.2016.07.004
- Seyrek, İ. H., & Ata, A. (2010). Veri zarflama analizi ve veri madenciliği ile mevduat. *BDDK Bankacılık ve Finansal Piyasalar*, 4(2), 67-84. https://www.bddk.org.tr/WebSitesi/turkce/Raporlar/BDDK_Dergi/9071brahim.pdf

- Tavassoli , M., Farmarzi, G. R., & Saen, R. F. (2014). Efficiency and effectiveness in airline performance using a SBM-NDEA model in the presence of shared input. *Journal of Air Transport Management*, 146-153. 10.1016/j.jairtraman.2013.09.001
- Tetik, S. (2003). İşletme performansını belirlemede veri zarflama analizi. *Celal Bayar Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, 10(2), 221-229. <http://www2.bayar.edu.tr/yonetimekonomi/dergi/pdf/C10S22003/st.pdf>
- Vasigh, B., Fleming, K., & Tacker, T. (2013). *Introduction to Air Transport Economics From Theory to Applications*. London: MPG Books.
- Wang, W.-K., Lu, W.-M., & Tsai, C.-J. (2011). The relationship between airline performance and corporate governance amongst US Listed companies. *Journal of Air Transport Management*, 148-152. 10.1016/j.jairtraman.2010.06.005
- Wu, Y., He, C., & Cao, X. (2013). The impact of environmental variables on the efficiency of Chinese and other non-Chinese airlines. *Journal of Air Transport Management*, 35-38. 10.1016/j.jairtraman.2013.02.004
- Yolalan, R. (1993). *İşletmelerarası görelilik ölçümü*. Ankara: Milli produktivite merkezi yayınları.
- Zhu, J. (2011). Airlines Performance via Two-Stage Network DEA Approach. *Journal of CENTRUM Cathedra*, 260-269. <file:///C:/Users/user/Downloads/SSRN-id1931862.pdf>