

Türkiye'deki Havalimanlarının Veri Zarflama Analizi ve Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Endeksleri İle Finansal Etkinliklerinin Analizi

İbrahim Erem ŞAHİN*

ÖZ

Bu çalışmada Veri Zarflama Analizi (VZA) ve Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Endeksleri kullanılarak Türkiye'deki Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü'ne (DHMI) bağlı 42 havalimanının 2014-2018 yılları arasındaki etkinlikleri incelenmiştir. 2018 yılı itibarıyla Türkiye'de sivil hava ulaşımına açık 56 havalimanı bulunmaktadır. Ancak Veri Zarflama Analizi ve Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Endeksleri yöntemlerinin yapısı gereği, analizlerin sağlıklı sonuç verebilmesi için analiz süresince, yıllar itibarıyla kesintisiz veriye sahip havalimanları seçilmiştir. Dolayısıyla çalışmaya Türkiye'de Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü'ne ait, kesintisiz veriye sahip 42 Havalimanı dahil edilmiştir. Çalışmada ilk aşama olarak Veri Zarflama Analizi vasıtası ile 2014 yılından başlayarak 2018 yılı da dahil 5 yıllık bir periyotta yıllar itibarıyla havalimanlarının etkinlik değerleri tespit edilmiştir. Etkin olan ve etkinlik değeri yakalayamayan havalimanları belirlenmiştir. Son yıl etkinlik değerlerine göre etkin olmayan havalimanlarının etkin olabilmeleri için referans alabileceği havalimanları belirlenmiş ve referans yoğunluk değerleri tespit edilerek sonuçlar tablo haline getirilmiştir. Ardından ikinci aşama olarak, Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Endeksleri yardımı ile Havalimanlarının analiz süresi boyunca yıllar itibarı ile toplam faktör verimliliği değerlerinde gösterdikleri gelişmeler ortaya konulmuştur. Veri zarflama analizi, girdi odaklı ve ölçüğe göre sabit getiri varsayımı altında düzenlenmiştir. Analizde çalışan sayısı, işletme gideri, terminal alanı (m²), pist sayısı ve apron sayısı olmak üzere beş adet girdi değeri belirlenmiştir. Çıktı değerleri olarak ise, yolcu trafiği, işletme geliri, uçak trafiği ve yük trafiği olarak dört adet değer analize dahil edilmiştir. Analiz sonucunda elde edilen bulgular değerlendirilerek, Türkiye'de havalimanlarının performanslarının iyileştirilmesine yönelik çalışmalara katkı sağlanması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Veri Zarflama Analizi, Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Endeksleri, Etkinlik, Verimlilik, Havalimanlarında Finansal Etkinlik.

Financial Efficiency Analysis of Airports in Turkey by Data Envelopment Analysis and Malmquist Total Factor Productivity Indices

ABSTRACT

In this study, efficiencies of 42 airports between the years 2014 and 2018 which are affiliated to the General Directorate of State Airports Authority in Turkey were examined by Using Data Envelopment Analysis (DEA) and Malmquist Total Factor Productivity Indices. As of 2018, Turkey has 56 airports open to civil air transport. However, due to the nature of Data Envelopment Analysis and Malmquist Total Factor Productivity Indices methods, airports with uninterrupted data have been selected over the years for the analysis to provide a sound result. Therefore, 42 airports with continuous data which are affiliated to the General Directorate of State Airports Authority have been included in the research. As a first step in the study, the efficiency values of the airports have been determined by means of Data Envelopment Analysis for a period of 5 years including 2018 starting from 2014. The airports that are efficient and not efficient are identified. According to the efficiency values of the last year, the airports which can be referenced for inefficient airports to be efficient were determined and by determining reference density values the results were tabulated. Then, as the second stage, with the help of Malmquist Total Factor Productivity Indices, the improvements in total factor productivity values of the airports during the analysis period have been revealed. Data envelopment analysis has been arranged under the assumption of input-oriented and constant returns to scale. In the analysis, five input values were determined: number of employees, operating expenses, terminal area (m²), number of runways and number of aprons. As output values, four values as passenger traffic, operating income, aircraft traffic and freight traffic are included in the analysis. Thorough evaluating of the results obtained from the analysis, it is aimed to contribute to the efforts to improve the performance of airports in Turkey.

Keywords: Data Envelopment Analysis, Malmquist Total Factor Productivity Indices, Efficiency, Productivity, Financial Efficiency in Airports.

1. Giriş

Günümüzde, uluslararası alanda havayolu taşımacılığı, ulaştırma sektörünün en başat aktörü konumuna gelmiştir. Hem yolcu taşımacılığı hem de yük taşımacılığı alanında her geçen yıl, bir önceki yıla göre büyük gelişmeler kaydedilmektedir. Bu gelişmeler, Türkiye'de de sektörün hızla büyüyerek ilerlemesine neden olmuştur.

Devlet Hava Meydanları İşletmesi'nin (DHMİ) yayınladığı rakamlara göre, analizin başlangıç yılı olan 2014'te uçak trafiği toplam 1.345.954 olurken bir önceki yıla göre %10 artış gerçekleşmiştir. İç hatlardaki uçak trafiği artış oranı %10,5 olurken, bu oran dış hatlarda %9,3 olmuştur (DHMİ, 2014: 154). Yolcu trafiği (direkt transit dahil) açısından 2014 yılında havalimanlarımızdan toplam 1166.181.339 yolcu seyahat etmiştir. Bu alandaki olumlu gelişme bir önceki yıla göre %10,8 olmuştur. İç hatlardaki artış oranı %12,2 olur iken dış hatlarda bu rakam %9,6 oranında gerçekleşmiştir (DHMİ, 2014: 236). Toplam yük trafiğinde (kargo, posta, bagaj) ise 2014 yılında 2.893.000 ton taşınırken, bir önceki yıla göre artış oranı %11 olmuştur. İç hatta artış %9 iken dış hatlarda bu oran %12 olmuştur (DHMİ, 2014: 260).

Analizin son yılında, yani 2018 yılında uçak trafiği toplam 1.554.169 olarak gerçekleşmiş ve bir önceki yıla göre %2,9 oranında artış göstermiştir. İç hatlarda bir önceki yıla göre %1,9 oranında azalış kaydedilirken, dış hatlarda artış oranı %10,3 olmuştur (DHMİ, 2018: 62). Yolcu trafiğinde (direkt transit dahil) bu yılda, 210.947.639 kişi havalimanlarımızdan seyahat etmiştir. Bir önceki yıla göre toplamda %9 oranında bir artış görülürken, iç hatlarda artış oranı %3,1 olmuştur. Dış hatlardaki artış oranı %16,8 olarak gerçekleşirken direkt transit yolcu sayısında bir önceki yıla göre %15,4 oranında düşüş kaydedilmiştir (DHMİ, 2018: 228). Kargo, posta ve bagaj toplamından oluşan yük trafiğinde ise 2018 yılında, 3.855.231 ton yük taşınmıştır. Bir önceki yıla göre artış oranı binde bir olarak gerçekleşmiştir (DHMİ, 2018: 254).

Artan rekabet ortamı havacılık sektöründe de etkinlik kavramını ön plana çıkarmış ve hava yolları ile birlikte havalimanları da etkinliklerini arttırabilmenin uğraşısı içerisine girmişlerdir. Etkinliklerini arttırmayı başarabilen havalimanları, daha büyük müşteri kitlesine daha düşük maliyetlerle ulaşabilmektedir.

Etkinlik ölçümü, belirli miktar çıktı üretmek için minimum miktar girdiyi kullanıp kullanamadıklarını veya belirli miktar girdi ile maksimum çıktıyı üretip üretmediklerini göstermektedir (Fethi ve Pasiouras, 2010: 190).

Bu çalışmanın amacı; Türkiye'de Devlet Hava Meydanları İşletmesi'ne bağlı olan havalimanlarının etkinliklerini ölçmek ve yıllar itibariyle gösterdikleri gelişmeyi tespit etmektir. Bu bağlamda, kesintisiz veriye sahip olan 42 adet havalimanının 2014-2018 yılları arasındaki etkinliği VZA yöntemiyle ölçülmüş, daha sonra Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Endekslerinden yararlanılarak yıllara göre bu havalimanlarının etkinliklerinde bir gelişme olup olmadığı karşılaştırılmalı olarak araştırılmıştır.

2. Literatür

Havalimanlarının etkinliği üzerine Türkiye'de ve diğer ülkelerde yapılan birtakım çalışmalar Tablo 1.'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Havalimanlarının Etkinliği Üzerine Literatür İncelemesi

Araştırmalar	Dönem Aralığı	Oluşturulan Örneklem	Girdi	Çıktı
Sarkis (2000)	1990-1994	44 adet ABD havalimanı	-Operasyonel giderler -Çalışan sayısı -Kapı sayısı -Pist sayısı	-Operasyonel gelirler -Yolcu sayısı -Uçuş sayısı -Yük miktarı
Düzakın ve Güçray (2001)		39 adet Havalimanı	-Pist sayısı -Çalışan sayısı -Taşınabilir yolcu kapasitesi	-İşletme geliri -Yolcu sayısı -Kargo değeri
Adler ve Berechman (2001)	1998	26 Batı Avrupa, Kuzey Amerika, Uzak Doğu Havalimanı	-Pist sayısı -Giriş sayısı -Çalışan sayısı -Bagaj toplama kemer sayısı -Park yeri sayısı	-Yolcu sayısı -Kargo sayısı
Martin ve Roman (2001)	1997	İspanya'daki havalimanlarının	-Çalışan giderleri -Sermaye harcamaları	-Toplam yolcu sayısı -Toplam kargo miktarı

		etkinliği	-Diğer operasyonel giderler	-Toplam uçuş sayısı
Bazargan ve Vasigh (2003)	1996-2000	45 adet ABD havalimanı	-Operasyonel giderler -Operasyon dışı giderler -Pist sayısı -Kapı sayısı	-Yolcu sayısı -Uçuş sayısı -Diğer uçuş sayıları (askeri vb.) -Havacılık gelirleri -Havacılık dışı gelirler -Zamanında yapılan uçuş yüzdesi
Kıyıldı ve Kardeşahin (2006)	1996-2002	32 küçük ölçekli havalimanının kapasite kullanım etkinlikleri	-Kontrol noktası sayısı - X-ray güvenlik tarayıcısı sayısı -Yolcu terminali binası -Yolcu kullanım alanı -Otopark araç kapasitesi -Havaalanı pist büyüklüğü, -Havaalanı apron büyüklüğü -Hava alanı apron uçak kapasitesi -Terminal binası konveyör sayısı	-Uçak sayısı -Yolcu sayısı
Baki ve Peker (2009)	2007	Türkiye'deki havalimanlarının yolcu sayılarına göre sınıflandırarak etkinliklerinin ölçülmesi	-Otopark kapasitesi -Pist sayısı -Havalimanı büyüklüğü, -Çalışan sayısı	-Yolcu sayısı -Kargo değeri
Koçak (2010)	2008	40 adet havalimanı	-Operasyonel giderler -Çalışan sayısı -Uçuş trafiği -Toplam yolcu sayısı	-Toplam yolcu sayısı / alan -Uçuş sayısı / pist sayısı -Toplam yük - Operasyonel gelirler
Ar (2012)	2007-2011	DHMİ tarafından işletilen havalimanları	-Personel sayısı -Pist ve apron başına uçak kapasiteleri -Alan başına yolcu kapasitesi	-Pist ve apron başına gerçekleşen uçak trafiği -Alan başına gerçekleşen yolcu trafiği -Yük trafiği
Perelman ve Serebrisky (2012)	1995-2007	21 adet Latin Amerika Havalimanı	-Personel Sayısı -Terminal Alanı -Pist Sayısı	-Yolcu Sayısı -Kargo Miktarı -Uçak Trafiği
Nicola vd. (2013)	2006-2008	20 adet İtalya havalimanı	-Personel gideri -Öz sermaye -Dolaylı giderler	-Uçak hareketlerinin sayısı -Kargo miktarı -Yolcu sayısı
Ömürbek, Demirgubuz ve Tunca (2013)		40 adet havalimanı	-Giderler -Hizmet verilen alan -Yolcu kapasitesi, -Otopark kapasitesi -Taşıt parkı -Apron kapasitesi Uçak kapasitesi -Bilgi işlem cihaz sayısı -Kurtarma cihaz sayısı -Personel sayısı	-Uçuş trafiği -Ticari uçuş trafiği -Kargo trafiği -Yolcu trafiği -Satış gelirleri
Lai vd. (2015)	2010	24 adet uluslararası havalimanları	-Personel sayısı -Kapı sayısı -Pist sayısı -Terminal alanı büyüklüğü -Pist uzunluğu -Operasyonel giderler	-Yolcu sayısı -Kargo miktarı -Uçak hareketleri -Toplam gelir
Yazgan ve Karkacıer (2015)	2008-2011	37 adet Havalimanı	-Çalışan Sayısı -İşletme Gideri -Terminal Alanı	-Yolcu Trafiği -İşletme Geliri -Uçak Trafiği

			-Pist Sayısı -Apron Sayısı	-Yük Trafığı
Bolat, Temur ve Gürler (2016)	2014	41 adet Havalimanı	-Check-in Kontuarları Sayısı -Bagaj Konveyörleri Sayısı -Yolcu Biniş Kapısı Sayısı -Pist Sayısı -Terminal Büyüklüğü -Çalışan Sayısı -Otopark Kapasitesi	Toplam Yolcu Sayısı -Toplam Yük Sayısı -Ticari Uçuş Trafığı Sayısı
Koç ve Çalçınar (2017)	2011-2014	38 adet Havalimanı	-Personel Sayısı -Gider ve Maliyetler	-Yolcu Sayısı -Taşınan Yük Miktarı

Sarkis (2000) ise, ortaya koyduğu çalışmada 1990-1994 yılları arasındaki 44 adet ABD yer alan büyük havalimanlarının performanslarını analiz etmiştir.

Düzakın ve Güçray (2001), havalimanlarının etkinliği ile ilgili ilk çalışmayı gerçekleştirmişlerdir. Bunun üzerine 3 girdi ve 3 çıktı kullanarak çalışmasında gerekli analizleri yapmıştır ve sonucunda da özelleştirme ile havalimanlarının üzerinde gerekli düzenlemelerin yapılması gerektiğini ortaya koymuştur.

Adler ve Berechman (2001), çalışmasında 1998 yılına ait 26 adet havalimanının VZA ve Temel Bileşen Analizi yöntemiyle incelemiştir.

Martin ve Roman (2001), 1997 yılında İspanya'daki havalimanlarının etkinliği üzerine çalışma yapmıştır.

Bazargan ve Vasigh (2003), 1996-2000 yılları arasında ABD'deki 45 adet havalimanını çalışmasında analiz etmiştir. Bununla beraber Mann-Whitney testini de uygulayarak hub büyüklüğünün etkisi ortaya koymuştur.

Kıyıldı ve Kardeşahin (2006), 2 çıktı ve 9 girdi ile yaptığı çalışmada 32 küçük ölçekli havalimanının kapasite kullanım etkinliğini araştırmıştır. Çalışma sonucuna göre Adana, Trabzon, Muş, Gaziantep, Konya, Urfa ve Van havalimanlarının uçak sayısı bakımından etkin olduğu, yolcu sayısı bakımından ise Adana, Trabzon, Urfa, Van ve Gaziantep havalimanlarının etkin olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Baki ve Peker (2009), 4 girdi ve 2 çıktı ile ortaya konulan çalışmada Ankara, Antalya, Adana, Kayseri, Trabzon, Malatya ve Çardak havalimanlarının etkin olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Koçak (2010), yaptığı çalışma sonucunda yolcu beklentilerini karşılamak için gerekli olan fiziksel ve işgücü altyapıları sürekli iyileştirme felsefesi izlenerek yüksek kalitede daha iyi hizmet verilebileceğini ortaya koymuştur.

Ar (2012), yapılan çalışma sonucunda analiz edilen havalimanlarının toplam faktör verimliliği değişimlerinde genel olarak bir artış gözlenmiştir. Toplam 24 havalimanının TFVD değeri artarken sadece 7 havalimanının değerinde azalma olmuştur (Ar, 2012: 155).

Perelman ve Serebrisky (2012), 1995-2007 yılları arasında 21 adet havalimanı üzerinde 3 girdi ve 3 çıktı ile çalışmasını gerçekleştirmiştir.

Nicola vd. (2013), 2006-2008 yılları arasında İtalya'daki havalimanlarına çalışmasında yer vermiştir.

Ömürbek, Demiregüç ve Tunca (2013), çalışmasında büyük havalimanlarından olan Atatürk ve Antalya havalimanları etkin, Muğla Dalaman etkin olmayan havalimanıdır. Orta büyüklükteki Samsun Çarşamba, Kayseri, Van Ferit Melen ve Malatya havalimanlarının etkin olduğu gözlenmiştir. Küçük havalimanlarından ise Balıkesir Körfez, Adıyaman, Sinop ve Amasya Merzifon havalimanlarının etkin olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Lai vd. (2015), 2010 yılında 24 adet uluslararası havalimanlarını irdelemiştir.

Yazgan ve Karacıer (2015), 2008-2011 yılları arasında Türkiye'de bulunan 37 havalimanının etkinliklerinin ölçümünü ele almıştır.

Bolat vd. (2016), 2014 yılında Türkiye'de bulunan 41 adet havalimanının etkinliğini incelemiştir.

Koç ve Çalçınar (2017), 2011-2014 yılları arasında 38 havalimanının Malmquist endeksleri ve Fareprimont ile etkinlikleri değerlendirilmiştir.

3. Yöntem

Günümüzde teknolojiye meydana gelen değişim ve gelişimler sektörel bazda rekabetin artmasına sebep olmuştur. Birçok işletme rakiplerinden geriye düşmemek adına mevcut durumlarını değerlendirmek, etkinliklerini ölçmek ve bu işlemler sonucunda elde ettikleri sonucu rakipleriyle kıyaslayarak gerekli önlemler alma yoluna gitmiştir. Kullanılan yöntemler firmaların faaliyette buldukları alanlarda üstünlük sağlamaktadır.

Bu çalışmada Veri Zarflama Analizi (VZA) ve Malmquist Toplam Faktör Verimlilik Endeksi (TFV) kullanıldığından sadece bu ikisi hakkında genel bilgiler verilecektir. Birçok ülkede, çeşitli alanlarda faaliyet gösteren kurumların performans analizinin yapılmasında VZA yöntemi kullanılmıştır. Bu alanlar eğitimden bankacılığa, imalattan sağlığa, ormancılıktan havalimanlarına kadar geniş bir yelpaze içerisinde kendine yer edinmiştir.

Veri zarflama analizinin matematiksel yapısı ilk olarak Charnes, Cooper ve Rhodors tarafından kesirli programlama modeli olarak 1978 de ortaya atılmıştır (Charnes vd., 1978: 431-432). Veri zarflama analizi, üretilen mal ya da hizmet açısından birbirlerine benzeyen karar verme unsurlarının etkinliklerinin ölçülme ve değerlendirilme aşamalarında kullanılan matematiksel tabanlı bir analiz yöntemidir (Asker, 2016: 50). Diğer bir açıdan veri zarflama analizi, birçok girdi ve birçok çıktı verisini içeren ve bu girdi ve çıktı verilerinin tek bir girdi veya tek bir çıktı şeklinde ifade edilemediği üretim durumlarında karar birimlerinin birbirleri ile olan nispi etkinliklerini ölçmeye yarayan doğrusal programlama tabanlı bir ölçüm tekniğidir (Gedik, 2011: 338). VZA girdi veya çıktı yönelimli olarak modellenebilir. Girdi yönelimli VZA kaynakların verimli bir şekilde kullanılıp kullanılmadığını incelerken, çıktı yönelimli VZA ise mevcut kaynaklardan maksimum çıktının elde edilip edilmediğine odaklanmaktadır (Güner vd., 2019: 40). Girdi ya da çıktı sayısının fazla olduğu durumlarda VZA etkin bir yöntem olarak kabul edilmiştir. Temel VZA modelleri; toplamsal model, çarpımsal model, CCR ve BCC modelleri olmak üzere dört ayrı grupta sınıflandırılabilir (Bakırcı ve Babacan, 2010: 218). CCR ve BCC modelleri çalışmalarda yaygın olarak kullanıldığından dolayı bu iki modelin genel bilgileri ve formülleri verilecektir.

CCR modeli; VZA'nın ilk modeli olup Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından geliştirilmiştir. Bu model, ölçüğe göre sabit getiri varsayımı altında karar birimlerinin toplam etkinlik skorlarını hesaplamaktadır (Behdioğlu ve Özcan, 2009: 305). Bir etkinlik/performans değerlendirme metodu olan VZA etkinlik değerlendirmesinde çıktıların ağırlıklı toplamının girdilerin ağırlıklı toplamına oranı şeklindeki mühendislik yaklaşımını kullanır (Deveci, 2003: 2). Şu şekilde formüle edilir:

$$\frac{u_1 y_1 + u_2 y_2 + \dots + u_n y_n}{v_1 x_1 + v_2 x_2 + \dots + v_m x_m} \quad (1.1)$$

J karar noktasında m adet girdi ve n adet de çıktı vardır. U_n n. çıktının ağırlığını, y_n n. çıktının miktarını, v_m m. girdinin ağırlığını, x_m ise m. girdinin miktarını sembolize eder. CCR modeli matematiksel olarak ifade edilmesi şu şekildedir:

$$Enbh_j = \frac{\sum_{r=1}^n u_r y_r}{\sum_{i=1}^m v_i x_i} \quad (1.2)$$

Kısıtları da ifade edilecek olunursa:

$$\begin{aligned} \frac{\sum_{r=1}^n u_r y_r}{\sum_{i=1}^m v_i x_i} &\leq 1 \\ u_r &\geq 0 \\ v_i &\geq 0 \end{aligned} \quad (1.3)$$

Buraya kadar gösterilen formüller kesirli programlamadır. Haliyle kesirli programlamanın çözümü doğrusal programlamaya göre zor olması birtakım değişiklikleri beraberinde getirmektedir. O halde formül yeniden düzenlenirse:

$$Enbh_j = \sum_{r=1}^n u_r y_r \quad (1.4)$$

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^m v_i x_i &= 1 \\ \sum_{r=1}^n u_r y_r - \sum_{i=1}^m v_i x_i &\geq 0 \\ u_r, v_i &\geq 0 \end{aligned} \quad (1.5)$$

haline gelmiştir. Gelinen yere kadar formüller girdi temelli olmak üzere düzenlenmiştir. Çıktı temellilik dikkate alındığında:

$$Enkg_j = \sum_{i=1}^m v_i x_i \quad (1.6)$$

$$\begin{aligned} \sum_{r=1}^n u_r y_r &= 1 \\ -\sum_{r=1}^n u_r y_r + \sum_{i=1}^m v_i x_i &\geq 0 \\ u_r, v_i &\geq 0 \end{aligned} \quad (1.7)$$

CCR modelinin ardından 1984 yılında ölçüğe göre değişken getiri varsayımı altında oluşturulan bu model, doğrusal programlama biçiminde aşağıdaki gibi ifade edilmektedir (Bolat vd., 2016: 4).

Amaç fonksiyonu,

$$Enk\Theta_k$$

Kısıtları,

$$\sum_{j=1}^N y_{rj} \lambda_{jk} \geq y_{rk} \quad (1.8)$$

$$\Theta_k x_{ik} - \sum_{j=1}^N x_{ij} \lambda_{jk} \geq 0$$

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

Buraya kadar anlatılanlar dışında kullanılacak olan bir diğer yöntem Malmquist Toplam Faktör Verimlilik (TFV) Endeksleri'dir. Malmquist (1953) tarafından geliştirilen uzaklık (distance) fonksiyonlarına dayalı olarak ifade edilen bu endeks, her bir veri noktasının ortak teknolojiye göre nispi uzaklık oranlarını hesaplayarak, iki veri noktası arasındaki toplam faktör verimliliğindeki değişmeyi ölçer (Deliktaş, 2002: 252).

Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Endeksleri ile karar birimlerinin (t+1) döneminde (t) dönemine göre verimliliklerindeki değişim miktarının hesaplanabilmesi için 4 adet uzaklık fonksiyonu modeli kurulup

çözümlenmelidir. Bu modeller, herhangi bir dönemdeki girdi-çıkıtı verilerinin, ilgili dönemdeki etkin üretim sınırına uzaklıkları için $[Dt o(xt, yt \text{ ve } Dt+1o(xt+1, yt+1))]$ fonksiyonu ile ifade edilirken; herhangi bir dönemdeki girdi-çıkıtı verilerinin, diğer dönemdeki etkin üretim sınırına uzaklıkları için ise $[Dto(xt+1, yt+1 \text{ ve } Dt+1o(xt, yt))]$ fonksiyonu ile gösterilir (Oruç, 2016: 165).

4. Veri Seti

Çalışmada 42 adet havalimanı analize tabi tutulmuştur. Analiz, ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında VZA yöntemi kullanılması DEAP 2.1. paket programı kullanılarak yapılmıştır. Bu çalışmada kurulan model, girdiye yönelik, ölçeğe göre sabit odaklı ve çok aşamalı VZA yöntemi şeklinde olmuştur. Ardından Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Endekslerinden faydalanılmıştır.

Çalışmada hava meydanlarına ilişkin veriler Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü'nün yayınladığı istatistik yıllıklarından alınmıştır.

Çalışmada hava meydanlarının VZA ile 2014-2018 yılları arasında etkinlik değerleri ölçülerek, etkin olan ve olmayan hava meydanları belirlenmiştir. Etkin olmayan hava meydanlarının etkinliğe ulaşabilmeleri için potansiyel iyileştirme değerleri belirlenerek, potansiyel iyileştirme tablosu oluşturulmuştur. Ardından Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Endekslerinden yararlanılarak havalimanlarının yıllar itibarıyla gerçekleştirdikleri gelişmeler tablolastırılarak gösterilmiştir.

4.1. Karar Birimlerinin Belirlenmesi

VZA ile etkinlik ölçümü yapılabilmesi için veri setini oluşturan girdi ve çıktı değişkenlerin mümkün olduğunca sağlıklı ve doğru bir şekilde seçilmesi gerekmektedir. VZA'nın yapısı gereği analiz sonuçlarının anlamlı çıkıp çıkmayacağı, seçilen girdi ve çıktılarının isabetli ve doğru kalemler olması ile doğrudan bağlantılıdır. Model analiz sonucunda etkin veya etkisiz olarak sınıflandıracağı karar birimlerini belirlenecek girdi ve çıktı değişkenleri sayesinde saptayacaktır.

Karar alma birimlerinin etkinliğinin ölçülebilmesi için bu birimlere ait girdi ve çıktı değişkenlerinin belirlenmesi ve aynı zamanda VZA modelinin karar alma probleminde başarılı sonuçlar verebilmesi için de girdi ve çıktı sayısının olabildiğince çok olması gerekmektedir. Ayrıca seçilen girdi ve çıktı elemanlarının tümü her karar birimi için kullanılmak zorundadır. Bir VZA modeli için seçilen girdi sayısı (m) ve çıktı sayısı (p) ise en az $(m+p+1)$ tane karar birimi araştırmanın güvenilirliği açısından gerekli bir kısıt olarak ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, karar alma birimi sayısı değişken sayısının en az iki katı olmalıdır (Çolak ve Altan, 2002: 44-45).

Çalışmada uygulanan modelde 5 adet girdi, 4 adet te çıktı değişkeni kullanıldığı için karar birimleri sayısının en az;

Girdi Sayısı + Çıktı Sayısı + 1 = 10 ve (Girdi Sayısı + Çıktı Sayısı) x 2 = 18 olması gerekmektedir.

Bu bilgiler ışığında çalışmada, DHMİ'ye bağlı havalimanlarından 2014-2018 yılları arasında aralıksız olarak faaliyet gösteren ve kesintisiz veriye sahip olan 42 havalimanı karar birimi olarak belirlenmiştir. Böylelikle çalışmanın güvenilirliği ve doğru sonuç verebilmesi açısından belirtilen şartlar sağlanmış olmaktadır. Tablo 2.'de karar birimleri gösterilmektedir.

Tablo 2. Karar Birimleri Kümesini Oluşturan Havalimanları

Kod	Havalimanları	Kod	Havalimanları
1	İst. Atatürk	22	Erzincan
2	Ank.Esenboğa	23	Hatay
3	İzmir Adnan Menderes	24	Iğdır
4	Antalya	25	Isparta Süleyman Demirel
5	Muğla Dalaman	26	Kahramanmaraş
6	Muğla Milas Bodrum	27	Kars Harakani
7	Adana	28	Kastamonu
8	Trabzon	29	Kayseri
9	Erzurum	30	Kocaeli Cengiz Topel
10	Gaziantep	31	Konya
11	Adıyaman	32	Malatya
12	Ağrı	33	Mardin

13	Amasya Merzifon	34	Muş
14	Balıkesir Koca Seyit	35	Nevşehir Kapadokya
15	Batman	36	Samsun Çarşamba
16	Bingöl	37	Sinop
17	Bursa Yenişehir	38	Sivas Nuri Demirağ
18	Çanakkale	39	Şanlıurfa GAP
19	Denizli Çardak	40	Şırnak Şerafettin Elçi
20	Diyarbakır	41	Tekirdağ Çorlu
21	Elazığ	42	Van Ferit Melen

4.2. Girdi ve Çıktı Değişkenlerinin Belirlenmesi

Karar birimlerinin yanı sıra girdi ve çıktı değişkenlerinin belirlenmesi ve seçimi, parametrik olmayan etkinlik analizlerinde en önemli konulardan birisidir. Özellikle havalimanlarının etkinlik analizinde girdi ve çıktıların belirlenmesi konusunda ortak bir karar alınmamaktadır. Bunun temel nedeni, havalimanlarının ürettikleri hizmetlerin (çıktıların) somut olarak gözlenememesi ve buna bağlı olarak da ölçülebilir karşılıklarının olmamasıdır.

Çalışmada kullanılacak olan girdi ve çıktıların seçiminde bir yandan literatürdeki çalışmalardan yararlanılırken, diğer yandan havacılık sektöründe faaliyet gösteren havalimanlarının finansal etkinliklerinin ölçülebilmesi açısından da değerlendirme yapılmıştır. Kullanılacak girdi ve çıktıların en iyi şekilde tespit edilmesi, çalışmanın güvenilirliğini ve geçerliliğini artırmasının yanı sıra, etkin olmayan karar birimlerine önerilecek iyileştirmelerin ne şekilde ve nasıl yapılacağı hususunda daha doğru yönlendirme yapılması açısından önem taşımaktadır. Tablo 3.'te kullanılan girdi ve çıktılar yer almaktadır.

Tablo 3. Kullanılan Girdiler ve Çıktılar

GİRDİLER		AÇIKLAMA
1	Çalışan Sayısı	Havalimanında çalışmakta olan personel sayısı (kişi)
2	İşletme Gideri	Havalimanı tarafından yıl içinde harcanan giderler toplamı (bin lira)
3	Terminal alanı büyüklüğü	Havalimanının kapladığı alan (m ²)
4	Pist Sayısı	Havalimanında yer alan toplam pist sayısı (adet)
5	Apron Sayısı	Havalimanında yer alan apron sayısı (adet)
ÇIKTILAR		AÇIKLAMA
1	Yolcu Trafikliği	Direkt transit dahil iç hat ve dış hat yolcu sayısı
2	İşletme Geliri	Havalimanı tarafından yıl içinde kazanılan gelirler toplamı (bin lira)
3	Uçak Trafikliği	İç hat ve dış hat uçuş sayısı
4	Yük Trafikliği	Kargo-posta-bagajdan oluşan toplam yük (ton)

Çalışmada girdi olarak, 1- Çalışan sayısı, 2- İşletme gideri (bin lira), 3- Terminal alanı (m²), 4- Pist sayısı, 5- Apron sayısı; çıktı olarak ise, 1- Yolcu trafikliği, 2- İşletme geliri (bin lira), 3- Uçak trafikliği, 4- Yük trafikliği (kargo, posta, bagaj) olarak belirlenmiştir. Sayılan girdiler ve çıktılar ile havalimanlarının etkin çalışıp çalışmadıkları analiz edilecektir. İlk olarak havalimanlarının etkinlik skorları elde edilerek, etkin havalimanları ile etkin olmayan havalimanlarının belirlenmesi hedeflenmektedir. Havalimanlarının etkinlik değerlerinin belirlenmesinin ardından etkin havalimanlarının referans gösterilme sayıları ve etkin olmayan havalimanlarının potansiyel iyileştirme tabloları hazırlanarak hedef değerlere ulaşmaları için yol gösterilecektir.

5. Uygulama Sonuçları

Öncelikle CCR modeli kullanılarak her yıl için Toplam Etkinlik Değerleri hesaplanmıştır. Ardından Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Analizi ile Malmquist Endeksi, Teknik Etkinlik, Teknolojideki Değişme, Saf Teknik Etkinlik ve Ölçek Etkinliği değerleri hesaplanmış ve yıllar itibarıyla tablolaştırılmıştır. Böylece, gözlem kümesini oluşturan havalimanlarında toplam faktör verimliliğindeki değişmelerin kaynakları ortaya konulacaktır.

Tablo 4.'te 2014-2018 yılları arasında gözlem kümesindeki havalimanlarının yıllar itibarıyla toplam etkinlik skorları verilmiştir.

Tablo 4. Gözlem Kümesi İçin Etkinlik Değerleri (2014-2018)

	Havalimanları	2014 Yılı Teknik Etkinlik	2015 Yılı Teknik Etkinlik	2016 Yılı Teknik Etkinlik	2017 Yılı Teknik Etkinlik	2018 Yılı Teknik Etkinlik
1	İst. Atatürk	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2	Ank.Esenboğa	0.414	0.411	0.449	0.509	0.518
3	İzmir Adnan Menderes	0.639	0.540	0.624	0.572	0.716
4	Antalya	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
5	Muğla Dalaman	0.540	0.578	0.616	0.572	0.556
6	Muğla Milas Bodrum	0.628	0.591	0.742	0.768	0.605
7	Adana	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
8	Trabzon	0.735	0.827	0.966	1.000	0.887
9	Erzurum	0.323	0.306	0.340	0.374	0.368
10	Gaziantep	0.592	0.590	0.624	0.659	0.534
11	Adıyaman	0.091	0.073	0.085	0.108	0.095
12	Ağrı	0.697	0.666	0.093	0.118	0.141
13	Amasya Merzifon	0.299	0.280	0.179	0.402	0.342
14	Balıkesir Koca Seyit	0.262	0.237	0.667	0.794	0.640
15	Batman	0.262	0.075	0.164	0.200	0.218
16	Bingöl	0.165	0.149	0.149	0.150	0.201
17	Bursa Yenişehir	0.367	0.244	0.268	0.290	1.000
18	Çanakkale	0.184	0.914	1.000	0.229	1.000
19	Denizli Çardak	0.301	0.224	0.268	0.483	0.246
20	Diyarbakır	0.955	0.992	0.326	0.464	0.409
21	Elazığ	0.308	0.304	0.344	0.329	0.298
22	Erzincan	0.156	0.106	0.114	0.165	0.166
23	Hatay	0.507	0.310	0.276	0.393	0.363
24	Iğdır	0.258	0.217	0.215	0.224	0.274
25	Isparta Süleyman Demirel	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
26	Kahramanmaraş	0.333	0.394	0.400	0.448	0.104
27	Kars Harakani	0.211	0.108	0.146	0.199	0.188
28	Kastamonu	0.097	0.090	0.111	0.091	0.100
29	Kayseri	0.536	0.528	0.570	0.570	0.532
30	Kocaeli Cengiz Topel	0.105	0.101	0.127	0.147	0.277
31	Konya	0.328	0.948	0.290	0.310	0.269
32	Malatya	0.382	0.378	0.436	0.412	0.382
33	Mardin	0.312	0.213	0.226	0.281	0.243
34	Muş	0.545	0.528	0.557	0.653	0.213
35	Nevşehir Kapadokya	0.255	0.288	0.453	0.202	0.674
36	Samsun Çarşamba	0.766	0.795	0.922	0.548	0.702
37	Sinop	0.472	0.418	0.338	0.111	0.151
38	Sivas Nuri Demirağ	0.196	0.166	0.186	0.174	0.166
39	Şanlıurfa GAP	0.276	0.292	0.322	0.331	0.323
40	Şırnak Şerafettin Elçi	0.359	0.277	0.244	0.284	0.349
41	Tekirdağ Çorlu	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
42	Van Ferit Melen	0.697	0.749	0.532	0.610	0.586
	Ortalama	0.466	0.474	0.461	0.457	0.472

Analiz dönemi boyunca tüm yıllarda etkinlik gösteren havalimanı sayısı 5 olmuştur. Bu havalimanları İstanbul Atatürk, Antalya, Adana, Isparta Süleyman Demirel ve Tekirdağ Çorlu havalimanlarıdır. 2014 ve 2015 yıllarında her yıl etkinlik gösteren bu beş havalimanı etkinlik gösterirken, 2016 yılında bu beş havalimanına Çanakkale havalimanı da eklenerek etkin birim sayısı altıya çıkmıştır. 2017 yılında her yıl etkinlik gösteren beş havalimanına Trabzon havalimanı da eklenmiş ve etkin havalimanı sayısı bu yıl altı olmuştur. Bir önceki yıl tam etkin olan Çanakkale havalimanı bu yılda etkin olamamıştır. 2018 yılında, her yıl etkinlik değeri yakalayan beş havalimanına ek olarak Bursa Yenişehir ve Çanakkale havalimanları ile birlikte 7 havalimanı tam etkin olmuşlardır.

Tablo 5. Yıllar İtibariyle Ortalama İstatistikler

	2014	2015	2016	2017	2018
Ortalama Etkinlik Derecesi	0.466	0.474	0.461	0.457	0.472
Gözlem Kümesini Oluşturan Havalimanı Sayısı	42	42	42	42	42
Etkin Birim Sayısı	5	5	6	6	7
En Düşük Etkinlik Derecesi	0.091	0.073	0.085	0.091	0.095

Havalimanlarının her yıl için ayrı ayrı hesaplanan etkinlik değerlerine ilişkin ortalama istatistiklerin gösterildiği Tablo 5'in birinci satırı gözlem kümesi içerisinde yer alan havalimanlarının ilgili yıllar için hesaplanan etkinlik derecelerinin ortalamasını, ikinci satırı ise yıllar itibariyle gözlem kümesini oluşturan havalimanlarının sayısını göstermektedir. Ortalama etkinliklere bakıldığında 2014 yılında %46.6, 2015 yılında %47.4, 2016 yılında %46.1, 2017 yılında %45.7, 2018 yılında ise %47.2 olarak gerçekleşmiştir.

Tablo 5.'te yer alan değerlere göre, 2015 yılı havalimanlarının ortalama etkinlik derecelerinin en yüksek olduğu yıl olurken, 2018 yılı etkin havalimanı sayısının en çok olduğu (7 havalimanı) yıl olmuştur. Yine 2015 yılı en düşük etkinlik derecesine sahip havalimanının olduğu yıl olmuştur.

Tablo 6. Etkin Olmayan Firmaların Referans Kümeleri ve Yoğunluk Değerleri

2	Ankara Esenboğa	Referans Kümesi	Adana	İst. Atatürk	Isparta Süleyman Demirel	
		<i>Yoğunluk</i>	0.175	0.234	0.156	
8	Trabzon	Referans Kümesi	Isparta Süleyman Demirel	Adana	Antalya	
		<i>Yoğunluk</i>	0.107	0.116	0.106	
9	Erzurum	Referans Kümesi	Adana	İst. Atatürk		
		<i>Yoğunluk</i>	1.142	0.008		
10	Gaziantep	Referans Kümesi	Adana	İst. Atatürk	Isparta Süleyman Demirel	
		<i>Yoğunluk</i>	0.159	0.025	0.061	
13	Amasya Merzifon	Referans Kümesi	Adana	Trabzon		
		<i>Yoğunluk</i>	0.031	0.027		
14	Balıkesir Koca Seyit	Referans Kümesi	İst. Atatürk	Antalya	Isparta Süleyman Demirel	
		<i>Yoğunluk</i>	0.032	0.007	0.171	
16	Bingöl	Referans Kümesi	Adana	Isparta Süleyman Demirel	İst. Atatürk	
		<i>Yoğunluk</i>	0.029	0.001	0.001	
19	Denizli Çardak	Referans Kümesi	İst. Atatürk	Isparta Süleyman Demirel		
		<i>Yoğunluk</i>	0.010	0.057		
20	Diyarbakır	Referans Kümesi	Antalya	İst. Atatürk		
		<i>Yoğunluk</i>	0.004	0.028		
21	Elazığ	Referans Kümesi	Adana	İst. Atatürk	Antalya	Isparta Süleyman Demirel
		<i>Yoğunluk</i>	0.053	0.000	0.023	0.014
24	İğdir	Referans Kümesi	Adana	Isparta Süleyman Demirel	İst. Atatürk	
		<i>Yoğunluk</i>	0.036	0.003	0.001	
26	Kahramanmaraş	Referans Kümesi	Antalya	İst. Atatürk		
		<i>Yoğunluk</i>	0.002	0.005		
28	Kastamonu	Referans Kümesi	Adana	Isparta Süleyman Demirel	İst. Atatürk	

		<i>Yoğunluk</i>	0.012	0.015	0.000	
29	Kayseri	Referans Kümesi	İst. Atatürk	Antalya	Adana	
		<i>Yoğunluk</i>	0.027	0.004	0.035	
30	Kocaeli Cengiz Topel	Referans Kümesi	Isparta Süleyman Demirel	Adana	Çanakkale	
		<i>Yoğunluk</i>	0.058	0.006	0.097	
31	Konya	Referans Kümesi	Adana	İst. Atatürk	Antalya	Isparta Süleyman Demirel
		<i>Yoğunluk</i>	0.019	0.005	0.022	0.056
32	Malatya	Referans Kümesi	Isparta Süleyman Demirel	Adana	Antalya	
		<i>Yoğunluk</i>	0.038	0.076	0.014	
34	Muş	Referans Kümesi	İst. Atatürk	Adana		
		<i>Yoğunluk</i>	0.005	0.021		
35	Nevşehir	Referans Kümesi	Adana	Isparta Süleyman Demirel	Çanakkale	
		<i>Yoğunluk</i>	0.070	0.206	0.094	
36	Samsun	Referans Kümesi	Isparta Süleyman Demirel	Adana	Antalya	
		<i>Yoğunluk</i>	0.116	0.122	0.032	
38	Sivas	Referans Kümesi	Adana	İst. Atatürk	Isparta Süleyman Demirel	
		<i>Yoğunluk</i>	0.002	0.008	0.012	
39	Şanlıurfa	Referans Kümesi	Adana	İst. Atatürk	Isparta Süleyman Demirel	
		<i>Yoğunluk</i>	0.051	0.008	0.003	
40	Şırnak	Referans Kümesi	İst. Atatürk	Adana		
		<i>Yoğunluk</i>	0.002	0.051		
42	Van	Referans Kümesi	Adana	İst. Atatürk	Antalya	Isparta Süleyman Demirel
		<i>Yoğunluk</i>	0.062	0.004	0.029	0.200

Tablo 6.'da etkin olmayan havalimanlarının etkin hale gelebilmeleri için referans almaları gereken etkin havalimanları ve bu havalimanlarını hangi oranda referans almaları gerektiği ayrıntılı şekilde verilmiştir. Bu tabloda etkin havalimanlarına yer verilmemiştir, zira tam etkinliğe ulaşmışlardır ve yoğunluk değerleri 1.000'dır. Belirli bir çıktı düzeyini olabilecek en etkin girdi bileşenleri ile yakalamışlardır. Bu açıdan başka bir havalimanını hedef almalarına gerek yoktur.

Analizde girdiye yönelik model kullanıldığı için, etkin olmayan havalimanlarının etkinlik değerlerinin yükseltilebilmesi için çıktılarının sabit tutulup, girdilerin ne oranda azaltılması gerektiği araştırılmıştır. Etkinlik değerine ulaşamayan havalimanlarının girdilerini etkin bir şekilde kullanamadıkları ve girdi fazlası oluşturdukları görülmüştür.

Çalışmada analizin son aşamasında, zaman boyutu nedeniyle teknik etkinliğin ve teknolojik değişimin etkisinin ayırt edilebilmesi için Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Endekslerinden yararlanılmıştır. Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Endeksi, 2015-2018 yılları olmak üzere dört dönem için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Tablo 7'de her dönemde bir önceki yıla göre havalimanlarının gösterdikleri gelişmelerin sonuçları tabloleştirilmiştir.

Tablo 7. Gözlem Kümesini Oluşturan Havalimanlarının Malmquist Endeksi Analizi Sonuçları

	Havalimanları	2015 Yılı Malmquist Endeksi	2016 Yılı Malmquist Endeksi	2017 Yılı Malmquist Endeksi	2018 Yılı Malmquist Endeksi
1	İst. Atatürk	1.128	0.945	1.035	1.145
2	Ank.Esenboğa	1.044	1.071	1.154	1.018
3	İzmir Adnan Menderes	0.951	0.958	0.893	1.307
4	Antalya	1.313	0.954	0.923	1.247
5	Muğla Dalaman	1.076	0.865	1.123	1.327
6	Muğla Milas Bodrum	1.096	0.996	1.073	1.172
7	Adana	1.075	0.984	0.993	0.994
8	Trabzon	1.186	1.090	1.114	0.966
9	Erzurum	1.056	1.088	1.121	0.997
10	Gaziantep	1.059	1.000	1.110	0.846
11	Adıyaman	1.145	1.007	1.069	0.964
12	Ağrı	1.050	0.137	1.009	1.305
13	Amasya Merzifon	1.061	0.680	2.339	0.857
14	Balıkesir Koca Seyit	1.191	2.451	1.103	0.839
15	Batman	0.410	1.873	1.078	1.246
16	Bingöl	0.982	0.996	0.993	1.305
17	Bursa Yenişehir	0.906	1.041	1.135	15.757
18	Çanakkale	5.586	1.186	0.242	3.682
19	Denizli Çardak	0.972	1.052	1.690	0.508
20	Diyarbakır	1.147	0.326	0.988	1.020
21	Elazığ	1.040	1.065	1.005	0.992
22	Erzincan	0.974	1.018	1.166	1.103
23	Hatay	0.876	0.933	0.993	1.014
24	Iğdır	0.948	0.975	1.061	1.225
25	Isparta Süleyman Demirel	1.518	0.905	0.953	0.861
26	Kahramanmaraş	1.250	1.062	1.064	0.230
27	Kars Harakani	0.744	1.189	1.026	1.059
28	Kastamonu	1.045	1.223	0.810	1.021
29	Kayseri	1.107	1.004	1.025	1.002
30	Kocaeli Cengiz Topel	1.162	1.226	1.262	1.355
31	Konya	3.185	0.285	1.096	0.926
32	Malatya	1.101	1.153	0.934	0.948
33	Mardin	0.991	1.131	0.835	1.009
34	Muş	1.079	1.072	1.149	0.339
35	Nevşehir Kapadokya	1.231	1.555	0.460	2.816
36	Samsun Çarşamba	1.166	1.127	0.597	1.313
37	Sinop	0.953	0.843	0.305	1.405
38	Sivas Nuri Demirağ	1.091	1.018	0.935	1.015
39	Şanlıurfa GAP	1.132	1.046	1.064	1.009
40	Şırnak Şerafettin Elçi	0.843	0.865	1.181	1.246
41	Tekirdağ Çorlu	1.332	1.019	1.182	0.640
42	Van Ferit Melen	1.153	0.701	1.154	0.995
	Ortalama	1.119	0.949	0.978	1.099

Tablo 8.'de ise gözlem kümesini oluşturan tüm havalimanlarının 2015-2018 dönemi için Malmquist Endekslerinin uygulanması ile elde edilen sonuçlar yıl ortalamaları olarak gösterilmektedir.

Tablo 8. Gözlem Kümesi İçin Hesaplanan Malmquist Endekslerinin Dönemsel Karşılaştırılması

Yıl		Teknik Etkinlik Değişimi (TE)	Teknolojik Değişim (TC)	Saf Etkinlik Değişimi (PTE)	Ölçek Etkinlik Değişimi (SE)	Malmquist Üretim Endeksi (MTFV)
2014-2015	Gözlem Kümesi	0.947	1.181	0.998	0.949	1.119
2015-2016	Gözlem Kümesi	0.994	0.955	1.001	0.992	0.949
2016-2017	Gözlem Kümesi	1.017	0.962	1.001	1.016	0.978
2017-2018	Gözlem Kümesi	1.027	1.070	1.005	1.022	1.099
Ortalama	Gözlem Kümesi	0.996	1.038	1.002	0.994	1.034

Tablo 8’de yer alan değerlere, her bir havalimanı için bulunan Malmquist Üretim Endeksi değerlerinin geometrik ortalamalarının hesaplanmasıyla ulaşılmıştır. Tabloların son sütunundaki rakamlar, toplam faktör üretkenliğindeki değişmeyi, yani Malmquist Üretim Endeksinin değerini göstermektedir. Bu değer birden büyük olması toplam faktör verimliliğinin arttığını, birden küçük olması azaldığını ifade etmektedir. Malmquist üretim endeksinin bire eşit olması ise, birbiriyle mukayese edilen iki dönem arasında toplam faktör verimliliğinde bir değişim olmadığını göstermektedir.

Tablo 8’in son sütununda yer alan değerlere bakıldığında, 2015 yılı için 2014 yılına kıyasla gözlem kümesindeki havalimanlarının toplam verimliliği %11.9 oranında artmıştır. 2015-2016 yılının Malmquist endeksi sonucu ise 0,949 çıkmıştır. Yani gözlem kümesini oluşturan havalimanlarının 2016 yılında, 2015 yılına göre %5,1 oranında toplam faktör verimliliği azalmıştır. 2016-2017 yılının Malmquist endeksi sonucu 1.099 olmuştur. Bu sonuca göre toplam faktör verimliliğinde 2017 yılında, 2016 yılına göre %9.9 oranında bir artış olmuştur. Analiz dönemi ortalamasına göre ise Malmquist toplam faktör verimliliğinde %3.4 oranında olumlu bir gelişme görülmüştür.

Toplam faktör verimliliğinde meydana gelen değişmeyi 4 ayrı endeks kullanarak açıklamak mümkündür. Bunun için öncelikle Malmquist üretim endeksinin ana bileşenlerinden teknik etkinlik değişimi (TE) ile teknolojik değişimin (TC) etkilerini incelemek gerekmektedir. Bu endekslerde de endeks değerinin 1,00’dan büyük olması olumlu katkıyı, birden küçük değer alması ise olumsuz katkıyı göstermektedir. Saf etkinlik değişimi (PTE) değeri ile Ölçek etkinlik değişimi (SE) değerinin çarpımı, Teknik etkinlik (TE) değerini vermektedir. Teknik etkinlik değeri (TE) ile teknolojik değişim (TC) değerinin çarpımı Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Endeksi (MTFV) değerini vermektedir.

5. Sonuç

Uluslararası finansal sistemde havacılık sektöründe yaşanan gelişmeler ve bu sektörde havalimanlarının artan önemi, havalimanlarının performansını ve finansal etkinliğini ölçmeyi önemli hale getirmiştir. Havalimanlarının küresel ortamda rekabetçi olabilmeleri için kaynak israfından kaçınmaları ve etkin olarak çalışmaları gerekmektedir.

Türkiye’de ve yabancı ülkelerde havacılık sektöründe havalimanlarının etkinliklerinin değerlendirilmesinde VZA kullanılarak çok sayıda çalışma yapılmıştır. VZA’nın havalimanı ile ilgili çalışmalarda sıklıkla kullanılmasının sebebi, bu sektörün çok sayıda girdi ve çıktıya sahip olmasıdır. VZA’nın diğer etkinlik hesaplama yöntemlerine göre avantajı çok sayıda girdi ve çıktının olduğu durumlarda sağlıklı analizler yapılabilmesine olanak vermesi ve etkin olmayan birimleri tespit ederek etkinliğe ulaşmak için bu etkisiz birimlere hedefler tayin etmesidir. Bu çalışmada, araştırma bölümünün girdi ve çıktıları belirlenirken, finansal açıdan da etkinliğin ölçülebilmesi için işletme gideri girdi, işletme geliri ise çıktı olarak eklenmiştir.

Bu çalışmada T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü’ne bağlı olarak faaliyet gösteren 42 adet havalimanının 2014- 2018 yıllarına ait yıllık kesintisiz verileri kullanılarak etkinlikleri incelenmiştir. Analizlerde ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında VZA yöntemi ve Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Endeksleri kullanılmıştır. Çalışmada kurulan model, girdiye yönelik, ölçeğe göre sabit odaklı ve çok aşamalı VZA yöntemidir. Ardından Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Endekslerinden Faydalanılmıştır. Havalimanlarının etkinlik değerleri ölçülerek etkin olan ve etkin olmayan havalimanları belirlenmiştir. Tam etkinlik yakalayamayan havalimanlarının, etkinliğe

ulaşabilmeleri için referans almaları gereken havalimanları ve referans yoğunlukları verilmiştir. Ayrıca Malmquist endekslerine yer verilerek havalimanlarının yıllık bazda gelişim gösterip gösteremedikleri incelenmiştir.

Çalışmadan elde edilen bulgulara göre; Analizi yapılan dönemde havalimanlarının ortalama etkinlik skorları 2014 yılında 0.466 olur iken, 2015 yılında çok küçük bir oranda artış göstererek 0.474 olarak gerçekleşmiştir. 2016 yılında az da olsa düşüş gösteren ortalama etkinlik değeri 0.461 olmuştur. 2017 yılında hafif düşüş sürmüş ve ortalama etkinlik değeri 0.457 olmuştur. Analizin son yılı olan 2018 yılında ise, ortalama etkinlik değeri bir önceki yıla göre %3.2 oranında artış göstererek 0.472 olmuştur.

Malmquist toplam faktör verimliliği endekslerinin dönemsel olarak karşılaştırılması sonuçlarına göre endeks sonuçları yıllar itibarıyla birbirine yakın değerler taşımışlardır. 2015 yılı için 2014 yılına kıyasla gözlem kümesindeki havalimanlarının toplam verimliliği %11.9 oranında artmıştır. 2016 yılında ise, 2015 yılına göre % 5.1'lik oranda bir düşüş olmuştur. 2017 yılında, 2016 yılına göre az da olsa endeks değerinde düşüş sürmüş ve 0.978'lik sonuca ulaşılmıştır. Araştırmanın son yılı olan 2018 yılında Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Endeks değeri bir önceki yıla göre %9.9 luk bir artış göstermiştir.

Kaynakça

- Adler, N. ve Berechman J. (2001). "Measuring Airport Quality from the Airlines: An Application of Data Envelopment Analysis", *Transport Policy*, 8 (3): 171-181.
- Ar, İ. M. (2012). "Türkiye'deki Havalimanlarının Etkinliklerindeki Değişimin İncelenmesi: 2007-2011 Dönemi İçin Malmquist-Tfv Endeksi Uygulaması", *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 26 (3-4), s. 143-160,
- Asker, V. (2016). "Havalimanlarında operasyonel etkinlik ölçümü: seçilmiş havalimanlarında bir uygulama", Yayımlanmamış yüksek lisans tezi, Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sivil Havacılık Yönetimi Anabilim Dalı.
- Bakırcı, F. ve Babacan, A. (2010). "İktisadi ve İdari Bilimler Fakültelerinde Ekonomik Etkinlik", *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 24 (2): 215-234.
- Baki, B. ve Peker, İ. (2009). "Veri Zarflama Analizi İle Türkiye Havalimanlarında Bir Etkinlik Ölçümü Uygulaması", *Ç.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 18(2): 72-88.
- Bazargan, M. ve Vasigh, B. (2003). "Size Versus Efficiency: A Case Study of US Commercial Airports" *Journal of Air Transport Management*, 9 (3): 187-193.
- Behdioğlu, S. ve Özcan G. (2009). "Veri Zarflama Analizi ve Bankacılık Sektöründe Bir Uygulama", *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14 (3): 301-326.
- Bolat, B., Temur G. ve Gürler H. (2016). "Türkiye'deki Havalimanlarının Etkinlik Tahmini: Veri Zarflama Analizi ve Yapay Sınır Ağlarının Birlikte Kullanımı", *Ege Akademik Bakış*, cilt: 16, s. 1-10.
- Charnes, A., Cooper, W. W. ve Rhodes, E. (1978). "Measuring the Efficiency of Decision Making Units", *European Journal of Operations Research*, sayı: 2, s. 429-444.
- Çolak, Ö. F. ve Altan, Ş. (2002). "Toplam Etkinlik Ölçümü: Türkiye'deki Özel ve Kamu Bankaları İçin Bir Uygulama", *İktisat İşletme ve Finans*, 17 (196): 45-55.
- Deliktaş, E. (2002). "Türkiye Özel Sektör İmalat Sanayinde Etkinlik ve Toplam Faktör Verimliliği Analizi", *ODTÜ Gelişme Dergisi METU Studies in Development*, 29 (3-4): 247-284.
- Deveci İ. (2003). "Veri Zarflama Analizi'ndeki Ağırlık Kısıtlamalarının Belirlenmesinde Analitik Hiyerarşi Sürecinin Kullanımı", *Dokuz Eylül Üniversitesi İ.İ.B.F Dergisi*, 18 (2): 1-12.
- DHMİ (2014), İstatistik Yıllığı, Devlet Hava Meydanları İşletmesi Yayınları, Ankara.
- DHMİ (2015), İstatistik Yıllığı, Devlet Hava Meydanları İşletmesi Yayınları, Ankara.
- DHMİ (2016), İstatistik Yıllığı, Devlet Hava Meydanları İşletmesi Yayınları, Ankara.
- DHMİ (2017), İstatistik Yıllığı, Devlet Hava Meydanları İşletmesi Yayınları, Ankara.
- DHMİ (2018), İstatistik Yıllığı, Devlet Hava Meydanları İşletmesi Yayınları, Ankara.
- Düzakın, E., & Güçray, A. (2001). "An analysis of the efficiency of airports in Turkey", *Forty Three Conference Handbook Operational Research Society Annual Conference*, The University of Bath, Bath, United Kingdom, 4-6 September.

- Fethi, M. D. ve Pasiouras, F. (2010). “*Assessing Bank Efficiency and Performance with Operational Research and Artificial Intelligence Techniques: A Survey*”, European Journal of Operational Research, sayı: 204, s. 189-198.
- Gedik Akdoğan, M. (2011). “*Vergi Rekabeti Etkinlik Değerlendirmesi: OECD Üyesi Ülkeler İçin Veri Zarflama Analizi Uygulaması*”, Maliye Dergisi, sayı: 160, s. 328-350.
- Güner, S., Ergüzel, O. Ş. ve Cebeci, H. İ. (2019). “*Uluslararası Havalimanlarının Operasyonel Etkinliğinin Değerlendirilmesi: Bölgesel Bir Karşılaştırma*”, Alphanumeric Journal the Journal of Operations Research, Statistics, Econometrics and Management Information Systems, 7 (3): 37-44.
- Kıyıld, R. K. ve Karşahin M. (2006). “*Türkiye’deki Hava Alanlarının Veri Zarflama Analizi ile Altyapı Performansının Değerlendirilmesi*”, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, sayı: 103, s. 391-397.
- Koç, E. ve Çalırınar H. (2017). “*Fareprimont ve Malmquist Verimlilik Endeksleri ile Türk Havalimanlarının Etkinliklerinin Karşılaştırılması*”, International Journal of Academic Value Studies, 3 (8): 77-87.
- Koçak, H. (2010). “*Efficiency Examination of Turkish Airports with DEA Approach*”, International Business Research, 4 (2): 204-212.
- Lai, P., Potter, A., Beynon, M. ve Beresford, A. (2015). “*Evaluating the Efficiency Performance of Airports Usingan Integrated AHP / DEA-AR Technique*”. Transport Policy, sayı: 42, s. 75-85.
- Martín, J. C. ve Concepcion, R. (2001). “*An Application of DEA to Measure the Efficiency of Spanish Airports Prior to Privatization*”, Journal of Air Transport Management, 7(3): 149-157.
- Nicola, A. De, Gitto, S. ve Mancuso, P. (2013). “*Airport Quality and Productivity Changes: A Malmquist Index Decomposition Assessment*”, Transportation Research Part E, sayı: 58, s. 67-75.
- Oruç, K. O. (2016). “*Bulanık Ortamda Malmquist Verimlilik Endeksi ve Üniversite Hastanelerinde Bir Uygulama*”, International Journal of Management Economics & Business, 12 (28), 163-188.
- Ömürbek, N., Demirgubuz M. ve Tunca, M. Z. (2013). “*Hizmet Sektöründe Performans Ölçümünde Veri Zarflama Analizinin Kullanımı: Havalimanları Üzerinde Bir Uygulama*”, Visionary E Journal/Vizyoner Dergisi, 4 (9), 21-43.
- Perelman, S. ve Serebrisky, T. (2012). “*Measuring the Technical Efficiency of Airports in Latin America*”, Policy Research Working Paper, no: 5339.
- Sarkis, J. (2000). “*An Analysis of the Operational Efficiency of Major Airport in the United States*”, Journal of Operational Management, 18 (3): 335-351.
- Yazgan, E. ve Karkacier O. (2015). “*Veri Zarflama Analizi İle Etkinlik Ölçümleri ve Havalimanı İşletmeciliği Sektöründe Bir Uygulama*”, International Journal of Alanya Faculty of Business, 7 (2): 15-28.