



COVID-19 Pandemisi Öncesinde ve Pandemi Döneminde Türkiye'deki Havalimanı Etkinliklerinin Üç Aşamalı Veri Zarflama Analizi İle Belirlenmesi

Koray Köçken^{1*}, Mehpere Timor², Mustafa U. Karakaplan³

^{1*} Doktora Öğrencisi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sayısal Yöntemler, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-7854-4022), koraykocken@gmail.com

² İstanbul Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İşletme Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0002-9782-545X), timorm@istanbul.edu.tr

³ Güney Karolina Üniversitesi ve Stanford Üniversitesi, İşletme Bölümü, ABD (ORCID: 0000-0003-2869-4553), mustafa.karakaplan@moore.sc.edu, karakaplan@stanford.edu

(İlk Geliş Tarihi 11 Mart 2022 ve Kabul Tarihi 30 Nisan 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1085597)

ATIF/REFERENCE: Köçken, K., Timor, M. & Karakaplan, M. U. (2022). COVID-19 Pandemisi Öncesinde Ve Pandemi Döneminde Türkiye'deki Havalimanı Etkinliklerinin Üç Aşamalı Veri Zarflama Analizi İle Belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (35), 643-652.

Öz

Hava taşımacılığının en temel bileşenlerinden olan havalimanlarının performansları, buldukları ülke ve bölge için ekonomik ve sosyal anlamda çok büyük öneme sahiptir. Bu çalışmada, tüm dünyayı etkisi altına alan COVID-19 pandemisinin öncesinde ve pandemi döneminde Türkiye'deki havalimanlarının performans sıralamaları Üç Aşamalı Veri Zarflama Analizi (VZA) ile elde edilen göreceli etkinlik değerlerine göre karşılaştırılmıştır. Bu analizde, 2018 yılına ait 46 havalimanı; 2020 yılına ait ve aralarında yeni hizmete giren İstanbul Havalimanı'nın da bulunduğu 51 adet havalimanı verisi kullanılmıştır. Analizin ikinci aşamasında; klasik VZA'dan farklı olarak, Stokastik Sınır Analizi aracılığıyla, il bazında gayrisafi yurtiçi hasıla (GSYİH), üçüncül sektör oranı ve turist sayısı; çevresel faktörler olarak alınmıştır. Böylece çevresel etkinin ve şans faktörünün etkinlik değerlerinden ayrıştırılması ve işletme performans değerlerinin sadece yönetsel etkinsizlik kaynaklı olması sağlanmıştır. Bu bilgiler ışığında, havalimanlarının etkinlik değerlerine göre sıralaması elde edilmiş ve karşılaştırmalar yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Üç Aşamalı Veri Zarflama Analizi, Etkinlik, Havalimanı, Hava Taşımacılığı, COVID-19.

Determination of Airport Efficiency in Turkey Before and During the COVID-19 Pandemic by Three-Stage Data Envelopment Analysis

Abstract

The performances of airports, which are one of the most basic components of air transportation, are of great economic and social importance for the country and region they are located in. In this study, the performance rankings of airports in Turkey before and during the COVID-19 pandemic, which affected the whole world, were compared according to the relative efficiency values obtained by the three-stage Data Envelopment Analysis (DEA). In this analysis, data from 46 airports in the year 2018 and 51 airports for the year 2020, including Istanbul Airport, which has just been put into service, has been used. In the second stage of the analysis; unlike the classical DEA, through the Stochastic Frontier Analysis, provincial gross domestic product (GDP), tertiary sector ratio, and the number of tourists are taken as environmental factors. Thus, it is ensured that the environmental impact and the luck factor are separated from the efficiency values and that the business performance values are based on only the managerial inefficiency. Considering this information, the ranking of the airports according to their efficiency values was obtained and comparisons were made.

Keywords: Three-Stage Data Envelopment Analysis, Efficiency, Airport, Air Transport, COVID-19.

* Sorumlu Yazar: koraykocken@gmail.com

1. Giriş

Günümüzde havayolu taşımacılığının yaygınlaşmasının küreselleşme üzerinde önemli bir rolü vardır. Yüksek taşıma maliyetlerinin düşürülmesi ve taşıma ağının genişletilmesi sonucu ulaşılabilirliğinin artması, hem yolcu hem de kargo taşımacılığında havayolunun daha sık tercih edilmesine ve akabinde gökyüzünde çok yoğun bir hava trafiğinin varlığına neden olmuştur. Bu yoğun trafik ise beraberinde muazzam boyutlarda bir ekonomik güç oluşturmuştur. Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü'nün (ICAO, 2018) raporuna göre, 2018 yılında yıllık taşınan toplam yolcu sayısı bir önceki yıla göre %6.4 artarak 4.3 milyara, yıllık toplam yük miktarı %3.6 artarak 58 milyon tona ulaşmıştır. Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği (IATA)'nın 2019 yılı raporuna göre, 2018 yılında dünyadaki havayolu şirketlerinin toplam net karı 30 milyar dolardır ve yıllık yolcu sayısı 4 milyarı bulmuştur. Yine aynı rapora göre, yapılan taşımaların ortalama maliyeti son yirmi yılda yarıya düşürülmüştür. Hava taşımacılığı sektörü, desteklediği diğer sektörler de dikkate alındığında 65 milyon yeni iş imkânı sağlamıştır.

Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM)'nin 2018 yılı faaliyet raporuna göre, Türkiye'de toplam yolcu sayısı son 16 yılda %510 artarak 210 milyona, uçak trafiği %281 artarak 2017763'e ve toplam yük miktarı %296 artarak 3821894 tona ulaşmıştır. Yine son 16 yılda Türkiye'deki havayolu şirketlerinin uçak sayısı %218, koltuk kapasitesi %253, kargo kapasitesi %625 artmış, yurt içinde ve yurt dışında uçulan toplam nokta sayısı 374'e ulaşmıştır. 2018 yılında İstanbul Atatürk Havalimanı'nın yolcu sayısı 68 milyona yaklaşmış, Sabiha Gökçen Havalimanı'nın yolcu sayısı ise 34 milyonu aşmıştır. 29 Ekim 2018 tarihinde açılışı yapılan ve ilk etabı 90 milyon yolcu kapasiteli olan İstanbul Havalimanı'nın uzmanlarca artması öngörülen yolcu sayısına cevap vermesi beklenmektedir. Ülke ekonomileri için bu kadar önem arz eden ve gelecekte de önemini arttıracak olan havacılık sektöründe havalimanlarının etkin ve verimli kullanılmasının ekonomiyeye olan katkısının yüksek seviyede olacağı açıktır.

2019 yılının son çeyreğinde, COVID-19 salgını pandemiye dönüşerek tüm dünyayı etkisi altına almış ve hayatı durma noktasına getirmiştir. Sivil havacılık sektörü de alınan seyahat kısıtlamaları nedeniyle bu durumdan oldukça fazla etkilenmiştir. ICAO'nun yayınladığı verilere göre, 2020 yılında uluslararası yolcu trafiği %60 oranında düşüş ile 2003 yılı seviyelerine gerilemiştir. Koltuk kapasitesi %50, yolcu sayısı %60 oranında düşmüştür. IATA, dünya yolcu trafiği sonuçlarına göre, talebin 2020 yılında önceki yıla göre %65.9 düştüğünü açıklamıştır. SHGM'nin 2020 yılı faaliyet raporuna göre, iç hat yolcu sayısı önceki yıla göre %50.4; dış hat yolcu sayısı ise %70.5 azalmıştır. Ayrıca iç hat uçak trafiğinde önceki yıla göre %31.5; dış hat uçak trafiğinde ise %60.8 azalma gerçekleşmiştir.

Türkiye Cumhuriyeti, İstanbul Havalimanı'nın tam kapasite kullanılması ile birlikte sivil havacılık sektöründe büyük bir küresel oyuncu olmaya hazırlandığı sürecin başlarında bulunmaktadır. COVID-19 pandemi sürecinin yarattığı kriz ortamının fırsatlar sunabileceği bu noktada, Türkiye'deki havalimanlarının etkin ve verimli işletilip işletilmediğinin düzenli aralıklarla araştırılması, verimlilik ve etkinlik analizlerinin yapılarak etkin birimlerin ve etkin olmayan birimlerin belirlenerek gerekli önlemlerin alınmasına yardımcı olunması ihtiyacı doğmaktadır. Yapılan bu çalışma ile ekonomik anlamda

birbirleri ile etkileşim halinde olan havayolu, havalimanı, turizm, eğitim ve sanayi vb. alanlardaki işletmelerden havalimanı işletmelerinin güçlü ve zayıf yanları tespit ederek zayıf yanların güçlendirilmesi için alınması gereken önlemlere ve geliştirilecek olan politikalara yön verebilecek verilere katkı sunmaktır. Pehlivanlı (2020), ülkemizdeki 20 adet havalimanının 2019 ve 2020 yıllarının sadece ilk çeyreklerindeki verileri ile, VZA ve Malmquist toplam faktör etkinlik metodu kullanarak temel bir analiz gerçekleştirmiştir. Fakat, İstanbul Atatürk Havalimanının 7 Nisan 2019 tarihinde kapatılması ve 2020 yılı ilk çeyreğinde aktif olmaması sebebiyle analize dahil edilememiştir. Ayrıca pandemi dönemindeki durum da ortaya konulamamıştır. Çalışmamızın amacı, Covid-19'un başlangıcından bu yana tüm süreci ve ülkemizdeki tüm havalimanlarını dikkate alarak daha geniş çapta bir analiz sunmaktır. Buna istinaden, Türkiye havalimanlarının 2018 ve 2020 yıllarına ait verilerin kullanılması ile etkinliklerin karşılaştırması ve etkinliklere göre havalimanlarının sıralanması; COVID-19 pandemi sürecinin ve 2019 yılında faaliyete geçen İstanbul Havalimanı'nın Türkiye'deki havalimanlarına dahil edilerek etkinlik değerlerinin elde edilmesi için Üç Aşamalı VZA yönteminin Türkiye'de ilk defa kullanılması açısından ulusal ve uluslararası ölçekte katkı sağlanması hedeflenmektedir.

Dünyada ve Türkiye'de havalimanlarının etkinliği üzerine yapılmış birçok çalışma mevcuttur. Havalimanlarının performans değerlendirmesi ile ilgili yapılmış olan ulusal ve uluslararası çalışmalar incelendiğinde 1997 yılı dikkat çekmektedir. Hooper ve Hensher (1997) ile Gillen ve Lall (1997)'in yaptıkları çalışmalar havalimanı etkinliğinin araştırılması alanında öncü çalışmalar olarak kabul edilirler. Hooper ve Hensher (1997), Toplam Faktör Verimliliği'ni (TFV) (Total Factor Productivity), Gillen ve Lall (1997) ise Veri Zarflama Analizi'ni (VZA) havalimanı etkinlik ve verimlilik çalışmalarında ilk kez kullanan bilim insanlarıdır.

Performans ölçümünde birçok yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemler 3 ana başlık halinde değerlendirilebilirler. Bunlardan ilki olan Oran Analizi (Ratio Analysis), tek girdi ve tek çıktı ile sınırlı olan, çok az bilgiye gereksinim duyan ve uygulaması kolay bir yöntemdir. Buna karşın, performans değerlendirmesinde performansın tek boyutunu dikkate alması, benzer değerlerle karşılaştırılmaya gerek duyması ve bazı oranların performansını yüksek göstermesine rağmen bazı oranların tam aksini göstermesi analizin zayıf yanlarıdır (Yeşilyurt 2018). Diğer bir başlık olan Parametrik Yöntemler ile yapılan performans değerlendirmelerinde genel olarak regresyon teknikleri kullanılır ve tek çıktıya karşılık birçok girdinin ilişkilendirilmesi söz konusudur (Yolalan 1993). Çok boyutlu performans analiz yöntemlerinden olan parametrik yöntemler arasında En Küçük Kareler (Ordinary Least Squares) ve Stokastik Sınır Analizi (SSA) (Stochastic Frontier Analysis) gösterilebilir. Bunlardan SSA, havalimanı performans ölçümü ile ilgili bazı çalışmalarda kullanılmıştır. Performans ölçümünde son ana başlık olarak nitelendirilebilecek parametrik olmayan yöntemler de yine çok boyutlu performans analiz yöntemleri içinde değerlendirilmektedir. Parametrik olmayan yöntemler arasında bulunan TFV ve VZA havalimanı performans ölçüm çalışmalarında oldukça fazla kullanılan yöntemlerdir. Literatürde TFV ile havalimanlarının verimliliği yani havalimanlarının bir önceki döneme göre nasıl bir performans gösterdikleri, VZA ile de havalimanlarının etkinlikleri yani bir havalimanının diğer havalimanlarına göre nasıl bir performans gösterdiği araştırılmıştır. Çalışmalar incelendiğinde az sayıda olsa da Uzaklık Yönlü Fonksiyon (Directional Distance Function) ve

Değişken Faktör Verimliliği (Variable Factor Productivity) yöntemleri ile de karşılaşılmıştır. Ayrıca Çok Kriterli Analiz yöntemlerinden TOPSIS, MACBETH, MOORA ve AHP kullanılan çalışmalara da rastlanmıştır.

Havalimanı performans değerlendirmesi çalışmalarında VZA'nın oldukça baskın olduğu görülmektedir. VZA'nın bu kadar çok tercih edilmesinin sebebi birden fazla girdi ve çıktıyı eş zamanlı olarak değerlendirebilmesi ve bunu yaparken de girdiler ile çıktılar arasındaki ilişkiyi belirten ve önceden tanımlanması gereken herhangi bir denkleme ihtiyaç duymamasıdır. VZA, girdi odaklı ya da çıktı odaklı olarak kullanılabilir. Havalimanı çalışmalarında, çalışmaların hemen hemen yarısının girdi odaklı olduğu görülmüştür. Ölçek olarak sabit (CCR) (Charnes, Cooper ve Rhodes 1978) ve değişken (BCC) (Banker, Charnes ve Cooper 1984) getiri varsayımlarının ikisi de kullanılmıştır. Etkinliğin zaman içerisindeki değişimini görmek için Malmquist İndeks oldukça sık kullanılan bir yöntem olmuştur. Birçok çalışmada da etkinliğin yanında verimlilik de ölçülmek istenmiş ve bunun için de Malmquist Toplam Faktör Verimliliği kullanılmıştır. Bunun yanında iki ya da daha çok aşamalı analiz yöntemlerinden de faydalanılmıştır. Ayrıca farklı bir VZA türü olan Ağ VZA ile ara aşamada düşük etkinliğin nedeni ortaya konulabilmektedir. Ayrıca iki aşamalı yöntemlerin kullanıldığı diğer bazı çalışmalarda çeşitli Regresyon Analizi yöntemlerinin de çalışmalara dahil edildiği gözlenmiştir. Ayrıca Yapay Sinir Ağları'nın, Kanonik Korelasyon Analizi'nin, Destek Vektör Makineleri'nin ve Temel Bileşenler Analizi'nin kullanıldığı çalışmalar da mevcuttur. Türkiye havalimanlarının etkinlik değerlerinin elde edilmesinde VZA, SSA, VZA Güven Bölgesi Yaklaşımı ve Malmquist kullanıldığı görülmüştür.

Yu (2010) Tayvan havalimanlarının kapasite etkinliğini, Liu ve Chen (2019) Çin havalimanlarının dinamik etkinliğini, Song vd. (2020) Çin'deki hava taşımacılığı sektörünün operasyonel etkinliğini, Zeng vd. (2020) Doğu Çin havalimanlarının etkinliğini Üç Aşamalı VZA ile elde etmişlerdir.

Çalışmanın ikinci bölümünde, çalışmada kullanılan girdi-çıkıtı parametreleri, çevresel faktörler, veri ile ilgili tanımlayıcı istatistikler ve Üç Aşamalı VZA'nın her bir aşaması ile ilgili temel bilgiler; üçüncü bölümde, uygulamadan elde edilen sonuçlar ve bu sonuçların karşılaştırılması; dördüncü bölümde ise, çalışmanın sonuçlarının değerlendirilmesi ve gelecekte yapılabilecek çalışmalar için öneriler bulunmaktadır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Veri

Türkiye'deki havalimanlarının etkinliklerinin Üç Aşamalı VZA ile belirlenmesi ve elde edilen bu değerlere göre havalimanlarının sıralanması için öncelikle hangi girdi ve çıktılarının kullanılacağına karar verilmesi gerekmektedir. Çalışmamızda, 2009 ile 2017 yılları arasında havalimanı etkinlikleri üzerine yapılmış olan ulusal ve uluslararası çalışmaların detaylı bir şekilde incelendiği Iyer ve Jain (2019) literatür taraması baz alınarak, en çok kabul gören parametrelerden girdi olarak apron büyüklüğü (ApBuy), uçak

park yeri sayısı (UcPark) ve yolcu terminal toplam alanı (YolTer); çıktı olarak ise yolcu trafiği (YolTraf), ticari uçak trafiği (UcTraf) ve yük trafiği (YukTraf) seçilmiştir.

2019 yılı sonlarında tüm dünyayı etkisi altına alan COVID-19 salgını nedeniyle küresel çapta tüm faaliyetler durdurulmuş ya da durma noktasına gelmiştir. Birçok sektör (ekonomi, bankacılık, turizm vs.) bu durumdan etkilenmiş ve etkiler üzerine çalışmalar yoğunluk kazanmıştır (Kartal 2021, Yetiz 2021, Demir vd. 2020). Bu salgından doğal olarak sivil hava taşımacılığı da ciddi anlamda etkilenmiştir. 2019 yılı aynı zamanda İstanbul Atatürk Havalimanı'nın yerine İstanbul Havalimanı'nın faaliyete başlaması anlamında da önemlidir. Bu iki önemli olayın etkinlik değerleri üzerindeki etkisinin belirlenmesi için 2018 ve 2020 yıllarına ait veriler kullanılmıştır. Bu veriler, Devlet Hava Meydanları İşletmesi'nin (DHMİ) yayınlamış olduğu 2018 ve 2020 yıllarına ait faaliyet raporlarından alınmıştır (DHMİ, 2018 ve 2020). Çalışmada ayrıca, Üç Aşamalı VZA modelinin kullanılmasının bir avantajı olarak, havalimanlarının üzerinde önemli etkileri olan çevresel faktörler de dikkate alınabilmektedir. Çevresel faktörlerin olası etkileri üzerinde yapılan çalışmalardan bazıları şu şekildedir: İnan ve Gökmen (2021) yolcu sayısı ile gayrisafi yurtiçi hasıla (GSYİH) arasında anlamlı bir ilişki olduğunu belirtmiştir. Fernandez vd. (2018) göre turizm odaklı havalimanları diğerlerine göre daha yüksek etkinlik değerlerine sahip olmaktadır. Bu çalışmalar ışığında; turizm ve buna bağlı olarak üçüncül bir sektör olan hizmet sektörünün oranı (HizSek), turist sayısı (TurSay) ve GSYİH değerleri havalimanlarını etkileyen çevresel faktörler olarak dikkate alınmıştır. 2018 yılında 46 havalimanının, 2020 yılında ise 51 havalimanının verileri kullanılarak modeller oluşturulmuştur. Analizin birinci ve üçüncü aşamasında Win4Deap2 programı, ikinci aşamasında ise STATA 15 programı kullanılmıştır.

Girdi ve çıktı verileri, normal dağılım göstermediğinden aralarındaki ilişkinin belirlenmesi amacıyla Spearman sıra korelasyon katsayıları, STATA 15 programı ile elde edilmiş ve Tablo 1'de gösterilmiştir. Elde edilen değerler, girdiler ve çıktılar arasındaki ilişkinin varlığını ve bu ilişkinin pozitif yönlü bir ilişki olduğunu göstermektedir. Ayrıca Tablo 2'de 2018 ve 2020 yıllarına ait girdi, çıktı ve çevresel faktörler ile ilgili tanımlayıcı istatistikler verilmiştir.

2.2. Üç Aşamalı Veri Zarflama Analizi

Fried vd. (2002) çalışmasında önerilen Üç Aşamalı VZA, şansın etkisini yönetimsel performans ve çevresel etkilerden izole eden, stokastik, VZA tabanlı bir performans değerlendirme modeli oluşturmaya olanak sağlamaktadır. İlk aşamada, performansın ilk değerlendirmesini elde etmek için girdi ve çıktı verilerine VZA uygulanır. Bu değerlendirme, işletme ortamının veya istatistiksel gürültünün üretici performansı üzerindeki etkilerini hesaba katmamaktadır. Bu nedenle, ikinci aşamada, birinci aşama performansındaki değişimi çevresel etkilere, yönetimsel etkisizliğe ve istatistiksel gürültüye bağlamak için Stokastik Sınır Analizi kullanılır. Üçüncü aşamada, girdiler veya çıktılar, ikinci aşamada ortaya çıkan çevresel etkileri ve istatistiksel gürültüyü hesaba katacak şekilde tekrar oluşturulur ve yine ilk aşamada olduğu gibi VZA uygulanır.

Tablo 1. Girdiler ve çıktılar arasındaki Spearman sıra korelasyonu katsayıları* (Table 1. Spearman rank correlation coefficients between inputs and outputs)

Çıktılar	Yıl	Girdiler		
		ApBuy	UcPark	YolTer
YolTraf	2018	0.7629	0.7456	0.7495
	2020	0.7481	0.7302	0.7530
UcTraf	2018	0.7560	0.7436	0.7533
	2020	0.7427	0.7264	0.7547
YukTraf	2018	0.7839	0.7601	0.7405
	2020	0.8084	0.7878	0.7282

*Tüm değerler %1 anlamlılık düzeyinde verilmiştir.

Tablo 2. 2018 ve 2020 Yıllarına Ait Tanımlayıcı İstatistikler (Table 2. Descriptive Statistics for 2018 and 2020)

Değişken	2018				2020			
	Ortalama	Standart Sapma	Min.	Maks.	Ortalama	Standart Sapma	Min.	Maks.
YolTraf	4542989	1.20e+07	21897	6.83e+07	1600316	4193042	7500	2.34e+07
UcTraf	28892.43	77250.41	198	447419	11590.02	30997.97	73	178918
YukTraf	83438.48	362092.3	149.438	2428869	32555.17	137944	63.291	965639.9
ApBuy	122728.8	226040.9	3600	994770	132902.2	256983.2	3600	1265385
UcPark	21.47826	34.21808	1	146	24.39216	53.94259	0	347
YolTer	46766.33	82483.61	1200	388113	64816.59	2095.55	598	1464588
GSYİH	35789	16120.14	14136	78494	47648.16	19341.55	20421	97950
HizSek	0.1931	0.0659253	0.088	0.367	0.1749412	0.0628479	0.059	0.303
TurSay	1483876	4629991	78	2.09e+07	374319.4	1141914	0	5001981

1. Aşama: VZA ile ilk performans değerlendirilmesinin elde edilmesi

Verilere, problemin yapısına bağlı olarak girdi ya da çıktı odaklı VZA uygulanarak performans değerlendirilmesi için ilk değerler elde edilir. Bu çalışmada, girdiler üzerindeki değişimlerle ilgilenildiğinden girdi odaklı BCC VZA modeli kullanılmıştır. N girdi sayısı, M çıktı sayısı ve I karar verme birimi (KVB) sayısı olmak üzere girdi odaklı BCC VZA modeli şu şekildedir (Fried vd. 2002):

Amaç : $\min \theta$

Kısıtlar : $\theta x^o \geq X \lambda$ (1)

$Y \lambda \geq y^o$

$e^T \lambda = 1$

$\lambda_i \geq 0, \forall i = 1, 2, \dots, I$

(1) modelinde, x^o belirli bir KVB'ne ait $N \times I$ boyutunda girdi vektörü, y^o ilgili $M \times 1$ boyutunda çıktı vektörü, $X = [x_1, x_2, \dots, x_i]$ karşılaştırma kümesindeki $N \times I$ boyutunda girdi vektörü matrisi, $Y = [y_1, y_2, \dots, y_i]$ karşılaştırma kümesindeki $M \times I$ boyutunda çıktı vektörü matrisi, $\lambda = [\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_i]^T$ $I \times 1$ boyutunda yoğunluk değişkenleri vektörü, $e = [1, 1, \dots, 1]^T$ $I \times 1$ boyutunda vektör ve $\theta \leq 1$ ilgili KVB için etkinlik değerini

göstermektedir. (1) problemi, her bir KVB için olmak üzere toplamda I defa çözdürülerek tüm etkinlik değerleri üretilir.

2. Aşama: SSA ile girdilere ait aylak değerlerin ayrıştırılması

Bu aşamada, önceki aşamada her bir girdi için elde edilmiş olan toplam (radyal ve radyal olmayan) aylak değerlere odaklanılır. Bu aylak değerlerin temel anlamda üç etkiden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bunlar, çevresel faktörler, yönetsel etkinsizlik ve ölçüm hatalarından kaynaklanan istatistiksel gürültüdür. Bu aşamadaki ana amaç, aylak değerlerin bu üç etkiye göre ayrıştırılmasıdır. Ayrıştırma işlemi aylak değerleri bu üç etki ile açıklamaya çalışmayı içerir. Bunu yaparken SSA kullanılır.

Yöntemde her bir girdi aylak değişkeni için ayrı bir SSA regresyon modeli oluşturulması gerekmektedir. İkinci aşamada oluşturulacak olan SSA regresyon modellerindeki bağımlı değişkenler, birinci aşamada elde edilmiş olan toplam aylak değerlerdir. SSA regresyon modellerindeki bağımsız değişkenler ise $i = 1, 2, \dots, I$ olmak üzere K adet $z_i = [z_{1i}, z_{2i}, \dots, z_{ki}]$ çevresel değişkenleridir. Oluşturulan N adet ayrı SSA modelinin genel biçimi:

$$s_{ni} = f^n(z_i, \beta^n) + v_{ni} - u_{ni} \quad (2)$$

şeklinde (2) eşitliğinde, s_{ni} , i. işletmenin n. girdisi için birinci

aşamada elde edilmiş toplam aylak değeridir ve $s_{ni} \geq 0$ dır.

$f^n(z_i, \beta^n)$ deterministik uygun aylak sınırı, $v_{ni} - u_{ni}$ ise birleşik hata terimini oluşturmaktadır. Stokastik üretim sınırı formülasyonunun kullanıldığı bu modelde, $v_{ni} \sim N(0, \sigma_{vn}^2)$

istatistiksel gürültüyü (şans faktörü), $u_{ni} \sim N(0, \sigma_{un}^2)$ yönetimsel etkinsizliği göstermektedir. Her bir girdi için ayrı ayrı oluşturulmuş SSA modellerinden elde edilen sonuçlara göre işletmelere ait düzeltilmiş girdi değerleri

$$x_{ni}^A = x_{ni} + \left[\max_i \{z_i \hat{\beta}^n\} - z_i \hat{\beta}^n \right] + \left[\max_i \{\hat{v}_{ni}\} - \hat{v}_{ni} \right] \quad (3)$$

eşitliği ile belirlenir. (3) eşitliğinde, x_{ni}^A düzeltilmiş girdi değeri iken x_{ni} orijinal girdi değeridir. İlk düzeltme terimi olan

$\max_i \{z_i \hat{\beta}^n\} - z_i \hat{\beta}^n$, tüm işletmeleri en elverişsiz çevre şartlarında buluştururken diğer düzeltme terimi olan $\max_i \{\hat{v}_{ni}\} - \hat{v}_{ni}$, işletmelerin en şanssız durumda buluşmalarını sağlar.

Düzeltilmiş girdi değerlerinin bulunabilmesi, her bir işletme için v_{ni} 'nin tahmini değerlerinin bulunmasına bağlıdır. Bu da ancak istatistiksel gürültü ile yönetimsel etkinsizliğin birbirinden ayrılması ile mümkün olabilir. SSA regresyon modelindeki birleşik hata teriminin ayrıştırılması için bir yöntem öneren Jondrow vd. (1982) sayesinde bu durumun gerçekleşmesi sağlanmıştır. Jondrow ve diğerlerinin önerdikleri bu yöntem ile koşullu tahminleme (koşullu beklenen değer) yapılarak, $v_{ni} - u_{ni}$ koşulunda yönetimsel etkinsizliğin koşullu tahminleyeni olan $\hat{E}[u_{ni} | v_{ni} - u_{ni}]$ hesaplanır. Böylece, istatistiksel gürültünün koşullu tahminleyeni olan $\hat{E}[v_{ni} | v_{ni} - u_{ni}]$ ise,

$$\hat{E}[v_{ni} | v_{ni} - u_{ni}] = s_{ni} - z_i \hat{\beta}^n + \hat{E}[u_{ni} | v_{ni} - u_{ni}] \quad (4)$$

eşitliği ile hesaplanabilmektedir.

3. Aşama: Elde edilen düzeltilmiş veriye tekrar VZA uygulanması

Bu aşama, x_{ni} gözlenen girdi değerleri yerine, x_{ni}^A düzeltilmiş girdi değerlerinin alınması ile yani çevresel etkilerin ve istatistiksel gürültünün girdi değerlerinden ayıklanması ile birinci aşama VZA'nın tekrar uygulanmasından ibarettir. Bu analiz sonucunda elde edilen işletme performans değerlerinin artık yönetimsel etkinsizlik kaynaklı olduğu söylenebilir (Zeng vd. 2020).

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. 2018 Yılı Etkinlik Analizi Sonuçları

2018 yılı verileri ile yapılan uygulamanın birinci aşamasında, Tablo 1'de verilen girdi ve çıktılar kullanılarak girdi odaklı klasik BCC VZA modeli oluşturulmuş, Win4Deap2 programı ile etkinlik değerleri ve girdi aylak değerler tespit edilmiş; kullanılan havalimanı kısaltmaları Tablo 5'de, sonuçlar da Tablo 6'nın "Klasik VZA" sütununda sunulmuştur. Buna göre,

İstanbul Atatürk, İstanbul Sabiha Gökçen, Adana, Kahramanmaraş ve Muş Sultan Alparslan havalimanları olmak üzere toplam 5 havalimanının tam etkin olduğu görülmektedir. Bu havalimanlarını sırasıyla Antalya, Trabzon, İzmir Adnan Menderes, Kayseri ve Samsun Çarşamba havalimanları izlemektedir. İlk 21 havalimanı ortalama etkinlik değerinin üzerinde iken, geriye kalan 25 havalimanı bu değer altında kalmıştır. Etkinlikleri en düşük olan 5 havalimanı ise Tekirdağ Çorlu Atatürk, Kocaeli Cengiz Topel, Isparta Süleyman Demirel, Bursa Yenişehir ve Uşak havalimanlarıdır. İstanbul Atatürk, İstanbul Sabiha Gökçen, Ankara Esenboğa, Muğla Dalaman, Adana, Gaziantep, Kahramanmaraş ve Muş Sultan Alparslan havalimanları ölçeğe göre sabit getiriye sahiptir, başka bir ifadeyle girdiler aynı oranda arttırıldığında çıktılar da aynı oranda artmaktadır. Sadece Antalya havalimanının ölçeğe göre azalan getiriye sahip olduğu görülmektedir. Diğer tüm havalimanları ise ölçeğe göre artan getiriye sahiptir.

İkinci aşamada, girdi aylak değerlere, çevresel faktörler dikkate alınarak STATA 15 programı ile SSA uygulanmış ve Tablo 3'teki katsayılar elde edilmiştir (ApBuySlack, UcParkSlack ve YolTerSlack sırasıyla ApBuy, UcPark ve YolTer parametrelerine karşılık gelen aylak değerlerdir). Wald Ki-kare değerleri, modellerin anlamlı olduğunu göstermektedir. Böylece aylak değerlerin, çevresel faktörler, yönetimsel etkinsizlik ve ölçüm hatalarında kaynaklanan istatistiksel gürültü olarak belirtilen üç etkiye göre ayrıştırılması sağlanmış, (3) ve (4) nolu eşitliklerden yararlanılarak düzeltilmiş girdi değerleri elde edilmiştir.

Üçüncü aşamada, düzeltilmiş girdiler ve orijinal çıktılar kullanılarak birinci aşamada olduğu gibi girdi odaklı klasik BCC VZA modeli oluşturulmuş ve böylece çevresel faktörlerden ve şans faktöründen arındırılmış etkinlik değerleri elde edilmiş ve Tablo 6'da verilmiştir. Sonuçlar, sadece İstanbul Atatürk havalimanının tam etkin olduğunu göstermektedir. Bu havalimanını sırasıyla İstanbul Sabiha Gökçen, Antalya, Ankara Esenboğa, İzmir Adnan Menderes ve Adana havalimanları izlemektedir. İlk 9 havalimanı ortalama etkinlik değerinin üzerinde iken geriye kalan 37 havalimanının etkinlik değerleri bu değer altında kalmıştır. Etkinlikleri en düşük olan 5 havalimanı ise Uşak, Kocaeli Cengiz Topel, Tekirdağ Çorlu Atatürk, Kastamonu ve Isparta Süleyman Demirel havalimanlarıdır. Sadece İstanbul Atatürk havalimanı ölçeğe göre sabit getiriye sahip iken, diğer tüm havalimanlarının ölçeğe göre artan getiriye sahip olduğu görülmektedir.

Klasik VZA ile üç aşamalı VZA sonucu elde edilen etkinlik değerleri incelendiğinde her iki analiz sonucunda da sadece İstanbul Atatürk havalimanı tam etkindir. İstanbul Sabiha Gökçen havalimanı ikincilikteki yerini korumuş fakat tam etkinliğini kaybetmiştir. Klasik VZA ile tam etkin olan havalimanlarından Adana havalimanı 6'ncı, Kahramanmaraş havalimanı 31'inci, Muş Sultan Alparslan havalimanı ise 29'uncu olmuştur. Klasik VZA etkinlik sıralamasında ilk 10 havalimanı arasında kendine yer bulamayan Ankara Esenboğa, Muğla Dalaman, Muğla Milas-Bodrum ve Gaziantep havalimanları üç aşamalı VZA etkinlik sıralamasında ilk 10 havalimanı arasında kendilerine yer bulabilmişlerdir. Bu durum, çevresel faktörler ve istatistiksel gürültünün verilerden ayrıştırılmasıyla, yani havalimanlarının benzer çevresel koşullar altında incelenmesiyle etkinlik sıralamalarının ne denli değişebileceğinin bir göstergesidir.

Tablo 3. SSA sonucu elde edilen katsayılar (2018 yılı) (Table 3. Coefficients obtained as a result of SSA (2018))

	ApBuySlack	UcParkSlack	YolTerSlack
GSYİH	1.000738	0.0005182	0.6747846
HizSek	446968.4	43.71059	179853
TurSay	-0.0007644	-1.47E-06	-0.0031383
Wald Ki-kare İstatistiği	8.75	12.51	7.10
P değeri	0.0328	0.0058	0.0688

Tablo 4. SSA sonucu elde edilen katsayılar (2020 yılı) (Table 4. Coefficients obtained as a result of SSA (2020))

	ApBuySlack	UcParkSlack	YolTerSlack
GSYİH	1.04947	0.0003783	0.4304788
HizSek	419602.9	44.14563	178084.9
TurSay	-0.0007388	-3.52E-06	-0.009012
Wald Ki-kare İstatistiği	6.58	10.78	10.82
P değeri	0.0867	0.0130	0.0121

Tablo 5. Havalimanları için kullanılan kısaltmalar (Table 5. Abbreviations for airports)

Kısaltma	Havalimanı Adı	Kısaltma	Havalimanı Adı
Ada	Adana Havalimanı	İstSab	İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı
Adı	Adıyaman Havalimanı	İzm	İzmir Adnan Menderes Havalimanı
Ağr	Ağrı Ahmed-i Hani Havalimanı	Kah	Kahramanmaraş Havalimanı
Ama	Amasya Merzifon Havalimanı	Kap	Kapadokya Havalimanı
Ank	Ankara Esenboğa Havalimanı	Kar	Kars Harakani Havalimanı
Ant	Antalya Havalimanı	Kas	Kastamonu Havalimanı
Bal	Balıkesir Koca Seyit Havalimanı	Kay	Kayseri Havalimanı
Bat	Batman Havalimanı	Koc	Kocaeli Cengiz Topel Havalimanı
Bin	Bingöl Havalimanı	Kon	Konya Havalimanı
Bur	Bursa Yenişehir Havalimanı	Mal	Malatya Havalimanı
Çan	Çanakkale Havalimanı	Mar	Mardin Havalimanı
Dal	Muğla Dalaman Havalimanı	MilBod	Muğla Milas-Bodrum Havalimanı
Den	Denizli Çardak Havalimanı	Muş	Muş Sultan Alparslan Havalimanı
Diy	Diyarbakır Havalimanı	Ord	Ordu Giresun Havalimanı
Ela	Elazığ Havalimanı	Sam	Samsun Çarşamba Havalimanı
Erzi	Erzincan Yıldırım Akbulut Havalimanı	Sii	Siirt Havalimanı
Erzu	Erzurum Havalimanı	Sin	Sinop Havalimanı
Esk	Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı	Siv	Sivas Nuri Demirağ Havalimanı
Gaz	Gaziantep Havalimanı	Şan	Şanlıurfa GAP Havalimanı
GazAla	Antalya Gazipaşa-Alanya Havalimanı	Şır	Şırnak Şerafettin Elçi Havalimanı
Hak	Hakkari Yüksekova Selahaddin Eyyubi Havalimanı	Tek	Tekirdağ Çorlu Atatürk Havalimanı
Hat	Hatay Havalimanı	Tra	Trabzon Havalimanı
İğd	İğdır Şehit Bülent Aydın Havalimanı	Uşa	Uşak Havalimanı
Isp	Isparta Süleyman Demirel Havalimanı	Van	Van Ferit Melen Havalimanı
İst	İstanbul Havalimanı	Zaf	Zafer Havalimanı
İstAta	İstanbul Atatürk Havalimanı	Zon	Zonguldak Çaycuma Havalimanı

Tablo 6. 2018 yılı etkinlik değerlerine göre sıralamalar (Table 6. Rankings according to 2018 efficiency values)

Sıra Sayısı	Havalimanı	Klasik VZA	Havalimanı	Üç aşamalı VZA	Sıra Sayısı	Havalimanı	Klasik VZA	Havalimanı	Üç aşamalı VZA
1	İstAta	1	İstAta	1	24	Den	0.390	Bat	0.028
2	İstSab	1	İstSab	0.763	25	Hat	0.372	Kar	0.025
3	Ada	1	Ant	0.706	26	Ela	0.352	Siv	0.025
4	Kah	1	Ank	0.468	27	Şan	0.326	Bal	0.023
5	Mus	1	İzm	0.421	28	Iğd	0.321	Erzi	0.021
6	Ant	0.937	Ada	0.200	29	Kon	0.306	Muş	0.018
7	Tra	0.837	Dal	0.175	30	Bin	0.278	Şır	0.018
8	İzm	0.818	MilBod	0.164	31	Kar	0.247	Kah	0.016
9	Kay	0.769	Tra	0.154	32	Dal	0.204	Kap	0.016
10	Sam	0.675	Gaz	0.107	33	Bal	0.191	Ağr	0.014
11	Gaz	0.654	Kay	0.090	34	Siv	0.179	Adı	0.012
12	Ama	0.588	Diy	0.085	35	Erzi	0.178	Iğd	0.012
13	Van	0.553	Sam	0.071	36	Kas	0.169	Bur	0.011
14	Ord	0.538	Van	0.065	37	Ağr	0.161	Bin	0.010
15	Şır	0.517	Hat	0.057	38	Sin	0.151	Çan	0.010
16	MilBod	0.491	Erzu	0.055	39	Adı	0.139	Sin	0.009
17	Bat	0.484	Kon	0.050	40	Hak	0.139	Ama	0.008
18	Ank	0.461	Ord	0.046	41	Çan	0.129	Hak	0.008
19	Mal	0.447	Ela	0.044	42	Uşa	0.117	Isp	0.007
20	Erzu	0.445	Mal	0.037	43	Bur	0.112	Kas	0.005
21	Diy	0.442	Şan	0.035	44	Isp	0.098	Tek	0.005
22	Kap	0.433	Mar	0.030	45	Koc	0.077	Koc	0.002
23	Mar	0.391	Den	0.029	46	Tek	0.057	Uşa	0.001
					Ortalama		0.439		0.112

3.2. 2020 Yılı Etkinlik Analizi Sonuçları

2020 yılı verileri ile yapılan uygulamanın birinci aşamasında, 2018 yılına ait analiz ile aynı girdi ve çıktılar kullanılarak girdi odaklı klasik BCC VZA modeli oluşturulmuştur. Etkinlik ve girdi aylak değerler tespit edilmiş, Tablo 7'nin "Klasik VZA" sütununda gösterilmiştir. Buna göre 5 havalimanının tam etkin olduğu görülmektedir (İstanbul, İstanbul Sabiha Gökçen, Adana, Kayseri ve Zonguldak). Bu havalimanlarını sırasıyla Gaziantep, Trabzon, Van Ferit Melen, Samsun Çarşamba ve Ordu Giresun havalimanları izlemektedir. İlk 21 havalimanının etkinlik değerleri, ortalama etkinlik değerinin üzerinde iken, geriye kalan 30 havalimanının etkinlik değerleri bu değer altında kalmıştır. Etkinlikleri en düşük olan 5 havalimanı ise Zafer, Kocaeli Cengiz Topel, Bursa Yenişehir, Isparta Süleyman Demirel ve Uşak havalimanlarıdır. İstanbul, İstanbul Sabiha Gökçen, Adana, Diyarbakır, Kayseri ve Zonguldak havalimanları ölçeğe göre sabit getiriye sahip iken İzmir Adnan Menderes ve Antalya havalimanları ölçeğe göre azalan getiriye sahiptir. Geriye kalan havalimanlarının ise ölçeğe göre artan getiriye sahip oldukları görülmektedir.

İkinci aşamada, girdi aylak değerlere, çevresel faktörler dikkate alınarak SSA uygulanmış ve Tablo 4'teki katsayılar elde edilmiştir. Wald Ki-kare değerlerine göre modeller anlamlı bulunmuştur. Bu modeller yardımı ile düzeltilmiş girdiler elde edilmiştir.

Üçüncü aşamada, düzeltilmiş girdiler ve orijinal çıktılar kullanılarak birinci aşamada olduğu gibi girdi odaklı klasik BCC VZA modeli oluşturularak etkinlik değerleri elde edilmiş ve Tablo 7'de sunulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre, sadece İstanbul ve İstanbul Sabiha Gökçen havalimanlarının tam etkin olduğu görülmektedir. Bu havalimanlarını sırasıyla Antalya, İzmir Adnan Menderes, Ankara Esenboğa ve Adana havalimanları izlemektedir. İlk 12 havalimanının etkinlik değerleri, ortalama etkinlik değerinin üzerinde iken geriye kalan 39 havalimanının etkinlik değerleri bu değer altında kalmıştır. Etkinlikleri en düşük olan 5 havalimanı ise Uşak, Kocaeli Cengiz Topel, Zonguldak, Zafer ve Kastamonu havalimanlarıdır. İstanbul ve İstanbul Sabiha Gökçen havalimanı ölçeğe göre sabit getiriye sahip olup, diğer tüm havalimanlarının ölçeğe göre artan getiriye sahip olduğu görülmektedir.

Klasik VZA ile Üç Aşamalı VZA sonucu elde edilen etkinlik değerleri incelendiğinde her iki analiz sonucunda da sadece İstanbul ve İstanbul Sabiha Gökçen havalimanları tam etkindir. Klasik VZA ile tam etkin olan havalimanlarından Adana havalimanı 6'ncı, Kayseri havalimanı 11'inci, Zonguldak havalimanı ise 49'uncu olmuştur. Klasik VZA etkinlik sıralamasında ilk 10 havalimanı arasında kendine yer bulamayan Antalya, İzmir Adnan Menderes, Ankara Esenboğa, Muğla Dalaman ve Muğla Milas-Bodrum havalimanları üç aşamalı VZA etkinlik sıralamasında ilk 10 havalimanı arasında kendilerine yer bulabilmişlerdir.

Tablo 7. 2020 yılı etkinlik değerlerine göre havalimanlarının sıralamaları (Table 7. Ranking of airports based on the efficiency values in 2020)

Sıra Sayısı	Havalimanı	Klasik	Üç aşamalı		Sıra Sayısı	Havalimanı	Klasik	Üç aşamalı	
		VZA	Havalimanı	VZA			Havalimanı	VZA	VZA
1	İst	1	İst	1	27	Bin	0.378	Den	0.033
2	İstSab	1	İstSab	1	28	Ank	0.364	Muş	0.033
3	Ada	1	Ant	0.744	29	Şan	0.364	Tek	0.030
4	Kay	1	İzm	0.498	30	Iğd	0.344	Erzi	0.028
5	Zon	1	Ank	0.497	31	Kon	0.343	Şır	0.027
6	Gaz	0.923	Ada	0.273	32	Muş	0.307	Ağr	0.025
7	Tra	0.916	Tra	0.195	33	Tek	0.305	Bal	0.021
8	Van	0.860	Dal	0.176	34	Ağr	0.269	Kah	0.020
9	Sam	0.843	MilBod	0.165	35	Siv	0.247	Kap	0.018
10	Ord	0.716	Gaz	0.158	36	Erzi	0.200	Adı	0.016
11	Ama	0.710	Kay	0.141	37	Bal	0.183	Bin	0.016
12	Ant	0.670	Diy	0.127	38	Hak	0.183	Iğd	0.016
13	Bat	0.666	Van	0.112	39	Dal	0.181	Hak	0.013
14	Sii	0.642	Sam	0.100	40	MilBod	0.178	Ama	0.012
15	GazAla	0.606	Hat	0.080	41	Sin	0.171	Çan	0.012
16	Mal	0.596	Ord	0.066	42	Kah	0.166	Sin	0.012
17	Şır	0.590	Erzu	0.065	43	Adı	0.162	Esk	0.009
18	Mar	0.581	Ela	0.064	44	Çan	0.142	Bur	0.007
19	Diy	0.554	Kon	0.061	45	Esk	0.142	Isp	0.007
20	İzm	0.469	Mal	0.057	46	Kas	0.128	Sii	0.006
21	Hat	0.460	Şan	0.048	47	Uşa	0.105	Kas	0.004
22	Ela	0.441	Mar	0.047	48	Isp	0.087	Zaf	0.002
23	Erzu	0.437	Kar	0.045	49	Bur	0.051	Zon	0.002
24	Kar	0.409	Bat	0.044	50	Koc	0.050	Koc	0.001
25	Den	0.404	Siv	0.037	51	Zaf	0.033	Uşa	0.001
26	Kap	0.389	GazAla	0.037	Ortalama		0.450		0.122

3.3. 2018 ve 2020 Yılları Etkinlik Analizi Sonuçlarının Karşılaştırılması

2018 ve 2020 yılları arasında pandeminin ve yeni açılan havalimanlarının sebep olduğu değişen şartlar dikkate alındığında en etkin havalimanı 2018 yılında İstanbul Atatürk Havalimanı iken bu havalimanının kapatılmasıyla 2020 yılında İstanbul Havalimanının onun yerini aldığı görülmektedir. Ayrıca 2020 yılında İstanbul Sabiha Gökçen havalimanı da İstanbul Havalimanı gibi tam etkin havalimanı olmuştur. Antalya Havalimanının sıralamadaki yerini koruduğu, Ankara Esenboğa ve İzmir Adnan Menderes'in ise sıralamalarının yer değiştiği görülmektedir. Adana, Trabzon, Muğla Dalaman, Muğla Milas-Bodrum ve Gaziantep Havalimanlarının ilk 10 havalimanı arasındaki yerlerinin korunduğu görülmektedir. Her iki yılda da Uşak, Kocaeli Cengiz Topel ve Kastamonu havalimanları etkinliği en düşük havalimanları arasındadır. 2020 yılı verileri incelendiğinde 2018 yılına göre 6 yeni havalimanının eklendiği görülmektedir. Bu havalimanları, İstanbul havalimanı dışında Gazipaşa-Alanya, Eskişehir Hasan Polatkan, Siirt, Zafer ve Zonguldak havalimanlarıdır. Yeni faaliyete başlayan bu havalimanlarından Eskişehir Hasan Polatkan, Siirt, Zafer ve

Zonguldak havalimanları alt sıralarda sırasıyla 43, 46, 48 ve 49'uncu sıradadırlar. Yine faaliyetine yeni başlamış olan Gazipaşa-Alanya havalimanı 26'ncı sıra ile orta sıralarda kendine yer bulmuştur. Bu havalimanının yeni faaliyete başlayan diğer havalimanlarına göre daha etkin bir şekilde kullanıldığı görülmektedir. En belirgin değişimin Tekirdağ Çorlu Atatürk Havalimanı'nda olduğu tespit edilmiştir. 2018 yılı verilerine göre 44'üncü sırada olan havalimanı, 2020 verilerine göre 29'uncu sıraya yükselmiştir. Genel olarak etkinlikler karşılaştırıldığında 2018 yılına göre 2020 yılında göreceli etkinlik değerlerinin arttığı ortaya çıkmaktadır.

4. Sonuç

2018 ve 2020 yılları arasında COVID-19 pandemisinden kaynaklı sosyal ve ekonomik anlamda çok ciddi farklılıklar yaşanmıştır. Bu farklılıklar, sivil havacılıkta da kendini göstermiştir. ICAO'dan elde edilen bilgilere göre, 2020 yılında dünyada toplam yolcu trafiği bir önceki yıla nazaran %60 oranında azalmış ve 1945'ten bu yana sürekli yükselişte olan bu parametrenin 2000'li yılların başındaki duruma geri döndüğü görülmüştür. Aynı zamanda havayolu şirketlerinin gelir kaybı

yaklaşık olarak 372 milyar dolara ulaşmıştır. Havalimanlarının gelirleri %66.3, uluslararası turizm gelirleri 1.3 trilyon dolar ve dünyada toplam GSYİH ortalama %3.4 azalmıştır. Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de önemli oranda değişimler yaşanmıştır. Geçen iki yıl içinde Türkiye’de toplam yolcu sayısının %60.94, toplam uçuş trafiğinin %55.52 ve toplam kargo miktarının %56.74 oranında düştüğü görülmüştür. Çalışmamızda, bu olağandışı değişimlerin havalimanı etkinlikleri ve sıralamaları üzerine olan etkisi araştırılmıştır.

COVID-19 salgınının yaşanması, analizde kullanılan çıktıların (yolcu trafiği, ticari uçak trafiği ve yük trafiği) önemli ölçüde azalmasına sebep olmuştur. Ayrıca İstanbul Atatürk Havalimanının yerini İstanbul Havalimanına bırakması ve yeni faaliyete geçen diğer havalimanları Türkiye’deki havalimanları atmosferini değiştirmiştir. Havalimanları buldukları şehirlerin ekonomik ve sosyal yapılarından etkilenmektedirler. Şehrin nüfusu; turizm, sanayi ve ticaretinin gelişmişlik durumu havalimanlarının performansları üzerinde etkilidirler. Havalimanı performansı değerlendirmede en çok kullanılan yöntem VZA’dır. Birden fazla girdi ve çıktının aynı anda değerlendirilmesine fırsat vermesi sayesinde VZA performans değerlendirmede ön plana çıkmıştır. Ancak girdi ve çıktıların yanısıra çevresel etkilerin de araştırılması istendiği için bu çalışmada Üç Aşamalı VZA kullanılmıştır. Bu analiz sayesinde etkinlik değerleri elde edilirken etkinlik üzerinde etkisi olan çevresel faktörlerin, yönetsel etkisizliğin ve şans faktörünün birbirinden ayrıştırılarak analizin daha eşit şartlarda yapılması ve böylece yorumların daha gerçekçi olması sağlanmıştır.

Pandemi öncesi ve pandemi dönemindeki durumu yansıtması için 2018 ve 2020 yılı verilerine klasik VZA ve Üç Aşamalı VZA yöntemleri uygulanmıştır. Üç Aşamalı VZA ile elde edilen etkinlik değerlerinin klasik VZA yöntemine göre daha düşük olduğu ve her iki yıl için de etkinlik değerlerine göre yapılmış olan sıralamaların birbirinden çok farklı olduğu görülmüştür. 2018 yılında sadece İstanbul Atatürk Havalimanı her iki analizde de tam etkin iken 2020 yılında İstanbul Atatürk Havalimanının yerini alan İstanbul Havalimanı ve Sabiha Gökçen Havalimanı her iki analizde tam etkindir. 2018 ve 2020 yıllarına ait Üç Aşamalı VZA sonuçlarına göre, COVID-19 pandemi şartları Türkiye’de havalimanlarının görece etkinlik sıralamalarında önemli değişime neden olmamıştır. Gazipaşa-Alanya Havalimanı haricinde 2020 yılında veri üretmeye başlayan diğer havalimanları alt sıralardan sıralamaya giriş yapmışlardır.

Gelecek çalışmalar adına, Türkiye’de yapılması planan ve yapımı devam eden havalimanlarının da faaliyet göstermesi ile birlikte performans analizlerinin devam ettirilmesi planlanmaktadır. Ayrıca performans değerlendirmesine finansal verilerin de katılmasıyla analize finansal bir bakış açısı da katılabilir.

Kaynakça

- Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management science*, 30(9), 1078-1092.
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European journal of operational research*, 2(6), 429-444.
- Chen, Q., & Liu, H. (2019). Evaluation of the Dynamic Efficiency of China's Airports under the Country's New Normal Economy: Based on Three-stage DEA and the Malmquist

Index. *Evaluation of the Dynamic Efficiency of China's Airports under the Country's New Normal Economy: Based on Three-stage DEA and the Malmquist Index*, 47-76.

- Demir, M., Günaydın, Y. & Demir, Ş. Ş. (2020). Koronavirüs (Covid-19) salgınının Türkiye’de turizm üzerindeki öncülleri, etkileri ve sonuçlarının değerlendirilmesi. *International Journal of Social Sciences and Education Research*, 6 (1), 80-107.
- DHMİ, 2018. Devlet Hava Meydanları İşletmesi 2018 Faaliyet Raporu.
- DHMİ, 2020. Devlet Hava Meydanları İşletmesi 2020 Faaliyet Raporu.
- Fernández, X. L., Coto-Millán, P., & Díaz-Medina, B. (2018). The impact of tourism on airport efficiency: The Spanish case. *Utilities Policy*, 55, 52-58.
- Fried, H. O., Lovell, C. K., Schmidt, S. S., & Yaisawarng, S. (2002). Accounting for environmental effects and statistical noise in data envelopment analysis. *Journal of productivity Analysis*, 17(1), 157-174.
- Gillen, D., & Lall, A. (1997). Developing measures of airport productivity and performance: an application of data envelopment analysis. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 33(4), 261-273.
- Hooper, P. G., & Hensher, D. A. (1997). Measuring total factor productivity of airports—an index number approach. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 33(4), 249-259.
- IATA (2019), International Air Transport Association Annual Review. 75th Annual General Meeting, Seoul. Retrieved from <https://www.iata.org/en/publications/annual-review/>, Erişim tarihi: 12.05.2019
- IATA (2020), International Air Transport Association Annual Review. 76th Annual General Meeting, Amsterdam. Retrieved from <https://www.iata.org/en/publications/annual-review/>, Erişim tarihi: 02.02.2022
- ICAO (2018), Air Navigation Report, International Civil Aviation Organization. Retrieved from <https://www.icao.int/annual-report-2018/Pages/the-world-of-air-transport-in-2018.aspx>, Erişim tarihi:10.04.2019
- ICAO (2020), Annual Report, International Civil Aviation Organization. Retrieved from <https://www.icao.int/annual-report-2020/Pages/default.aspx>, Erişim tarihi: 02.02.2022
- İnan, A., Tolga, T., & Gökmen, R. (2021). The Determination of the Factors Affecting Air Transportation Passenger Numbers. *International Journal of Aviation, Aeronautics, and Aerospace*, 8(1), 4.
- Iyer, K. C., & Jain, S. (2019). Performance measurement of airports using data envelopment analysis: A review of methods and findings. *Journal of Air Transport Management*, 81, 101707.
- Jondrow, J., Lovell, C. K., Materov, I. S., & Schmidt, P. (1982). On the estimation of technical inefficiency in the stochastic frontier production function model. *Journal of econometrics*, 19(2-3), 233-238.
- Kartal, M. (2021). Covid-19 Salgınının BIST-100 Endeksi Üzerindeki Etkisi: Türkiye Özelinde Ampirik Bir Araştırma. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, Ejosat 2021 Ek Sayı 1, 815-822.
- Pehlivanlı, E. A. (2020). Covid-19’un Havalimanları Performansları Üzerine Etkisinin Değerlendirilmesi: Türkiye Havalimanları Örneği. *Electronic Turkish Studies*, 15(4).

- SHGM (2018), Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü 2018 Faaliyet Raporu. <http://web.shgm.gov.tr/documents/sivilhavacilik/files/pdf/kurumsal/faaliyet/2018.pdf>. Erişim Tarihi: 18/05/2019
- SHGM (2020), Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü 2020 Faaliyet Raporu. <https://web.shgm.gov.tr/tr/kurumsal/4006-faaliyet-raporlarimiz>. Erişim Tarihi: 02.02.2022
- Song, M., Jia, G., & Zhang, P. (2020). An evaluation of air transport sector operational efficiency in China based on a three-stage DEA analysis. *Sustainability*, 12(10), 4220.
- Yeşilyurt, C. (2018). Performans ölçümünde kullanılan parametrelili ve parametresiz etkinlik ölçüm yöntemlerinin karşılaştırılması. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 22(Özel Sayı 3), 2941-2953.
- Yetiz, F. (2021). COVID-19 Pandemi Sürecinin Türk Bankacılık Sektörü Çalışanlarına ve Müşterilerine Etkileri: Swot Analizi . *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* , Ejosat 2021 Ocak , 109-117
- Yolalan, O. R. (1990). "Efficiency measurement and data envelopment analysis". Ph.D. Dissertation, Université Laval, Canada.
- Yu, M. M. (2010). Capacity efficiency measurement using a three-stage DEA approach: evidence from domestic airports in Taiwan. *Transportation Planning and Technology*, 33(2), 221-235.
- Zeng, Z., Yang, W., Zhang, S., & Witlox, F. (2020). Analysing airport efficiency in East China using a three-stage data envelopment analysis. *Transport*, 35(3), 255-272.