

**COVID 19'UN TÜRK HAVALİMANLARININ VERİMLİLİĞİNE  
TAHMİNİ ETKİSİ: MALMQUIST TOPLAM FAKTÖR VERİMLİLİK  
ENDEKSİ UYGULAMASI**

*THE ESTIMATED EFFECT OF COVID 19 ON THE EFFICIENCY OF TURKEY'S  
AIRPORTS: APPLICATION OF THE MALMQUIST TOTAL FACTOR  
EFFICIENCY INDEX*

**Serdar ALNİPAK\*, Sudi APAK\*\***

*Geliş Tarihi: 15.08.2021  
(Received)*

*Kabul Tarihi: 22.11.2021  
(Accepted)*

**ÖZ:** Küresel ekonomi üzerinde önemli etkilere sahip olan havalimanları yolcuların ve yüklerin transferlerini, uçakların iniş ve kalkış yapmalarını sağlayan tesislerdir. 2009- 2019 yılları arasında küresel havacılık endüstrisindeki gelir % 5,3 oranında artarak 838 milyar ABD dolarına ulaşmış ve tarifeli yolcu sayısı 4,54 milyarı aşmıştır. Ancak COVID-19 salgınına ve bu tehlikeye karşı alınan önlemler nedeniyle havayolu taşımacılığına olan talep düşmüştür. Bu düşüş hava taşımacılığı endüstrisindeki birçok firmanın etkinliğini ve sürdürülebilirliğini tehdit etmektedir. Bu süreçten havalimanlarının etkinliği büyük ölçüde etkilenmiştir. Bu çalışmada ülkemizde oluşan yolcu trafiğinin %95'ini oluşturan 16 ildeki havalimanlarının etkinlik değişimleri Malmquist Toplam Faktör Verimlilik (MTFV) endeksi ile analiz edilmiştir. Bu analizde 2020 yılı için gerçek veriler ve tahmini (beklenen) değerler kullanılmıştır. Tahmini değerlerin hesaplanmasına yönelik olarak çalışmaya dahil edilen havalimanlarının 2007-2019 yılları arasındaki istatistikleri doğrultusunda Double Exponential Smoothing yöntemi ile 2020 yılı için yolcu ve uçak trafikleri tahmin edilmiştir. Bulunan tahmini değerler ve 2020 yılında gerçekleşen reel değerler kullanılarak ayrı ayrı MTFV endeksleri (5 yıllık periyot için) hesaplanmış ve aradaki farklar analiz edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre havalimanlarında yıllık %6'lık toplam verimlilik artışı beklenirken, pandemi etkisi ile % 41 oranında düşüş gerçekleştiği gözlemlenmiştir. İller bazında yapılan değerlendirmede etkinlik değişiminde en çok artış göstermesi beklenen Antalya, İzmir, Muğla ve Hatay gibi turistik yolcuların yoğun olduğu illerde pandeminin etkisi ile dramatik düşüşler yaşanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Havalimanı Yönetimi, COVID-19, Malmquist Toplam Faktör Verimlilik Endeksi (MTFVE), Lojistik Yönetimi

**ABSTRACT:** Airports, which have significant effects on the global economy, are the facilities that enable the transfer of passengers and cargo, and the landing and taking off of aircrafts. Between 2009 and 2019, revenue in the global aviation industry increased by 5.3% to US \$ 838 billion, and the number of scheduled passengers exceeded 4.54 billion. However, due to the COVID-19 epidemic and the precautions taken against this danger, the demand for airline transportation has decreased. This decline threatens the efficiency and sustainability of many companies in the air transport industry. The efficiency of airports are

\* Dr. Öğr. Üyesi, Nişantaşı Üniversitesi, ORCID: 0000-0002-5722-9960.

\*\* Prof. Dr., İstanbul Esenyurt Üniversitesi, ORCID: 0000-0003-4333-8266.

greatly affected by this process. In this study, the efficiency changes of the airports in 16 provinces, which generate 95% of the passenger traffic of our country, have been analyzed with the Malmquist Total Factor Productivity Index (MTFPI). Actual data and estimated (expected) values for 2020 are used in this analysis. Passenger and airplane traffic were estimated for 2020 with the Double Exponential Smoothing method in line with the statistics of the airports between 2007-2019 included in the study for the calculation of estimated values. By using the estimated values and real values realized in 2020, individual MTFV indices (for a 5-year period) were calculated and the differences between them were analyzed. According to the findings, while an annual total productivity increase of 6 % is expected at airports, it has been observed that there has been a 41 % decrease due to the pandemic effect. According to the evaluation made on the basis of provinces, dramatic declines have been experienced with the effect of the pandemic in provinces such as Antalya, Izmir, Muğla and Hatay, which are expected to show the highest increase in activity change.

**Key Words:** Airport Management, COVID-19, Malmquist Total Factor Productivity Index (MTFPI), Logistics Management.

#### **EXTENDED ABSTRACT**

Airports are one of the most important components of the rapidly growing airline industry in recent years. The efficiency of airports, which have large economic and social contributions at both macro and micro levels, is of great importance both in terms of industry and academia. One of the fastest developing countries in the global airline industry is Turkey with advantageous geographical position in the world. However, the COVID epidemic that emerged at the end of 2019 and the measures taken against this danger significantly affected the demand for airline transport and the efficiency of airports. According to the report published by ICAO in 2021, it is estimated that there will be a 60% decrease in the total passenger traffic expected last year and a loss of approximately 371 billion USD. Our country has also been adversely affected by this situation. Depending on this period the analysis of the change in the efficiencies of the airports has gained more importance.

In the light of this information, the aim of this study is to investigate to what extent the efficiencies of the 16 cities with the highest passenger traffic and 95% of the total traffic are affected by the pandemic process. For this purpose, Malmquist Total Factor Productivity method, which is accepted as one of the best methods in measuring efficiency change, was used. In order to analyze the effects of the pandemic process, firstly the passenger and plane traffic forecasts for 2020 (expected values for 2020) were calculated by using the passenger and plane traffic statistics of the airports in these 16 provinces between 2007-2019. For this estimation, the STATA program was used and the Double Exponential Smoothing method was applied. It is aimed to increase the predictive power by using 13 years of data (2007-2019) for estimated values. In this analysis, the average MAPE (Mean Absolute Percentage Error) values which are used to measure the accuracy of the model for regression and time series were found to be 5.6% for passenger numbers and 6% for aircraft traffic. MAPE's being below 10% indicates that the method used has a "high accuracy" degree. Expected MTFP Indexes (MTFPI) for 2020 were calculated with these estimated values. In order to see the effects of the pandemic period on the change of

efficiencies, actual MTFPI were calculated with the actual number of passengers and aircraft realized in 2020 and compared with the expected MTFPI.

According to the findings, the estimated decrease in the number of passengers was 63% in total, while the decrease in flight traffic was 53%. These rates are in line with the estimates announced in different national and international sources. Also an increase has been observed for MTFPI every year until the pandemic on the basis of the relevant provinces. In this context, the highest rise was occurred in the period of 2016-2017 at 11%. Technological progress made the biggest contribution to this rise by an increase rate of 9%. With the estimated data, it could be predicted that this trend would continue in 2019-2020 (if there was no pandemic) and an increase of 3% would be observed. Depending on the pandemic this trend reversed and a decrease at 41% was experienced. When the average of all years is examined, an increase at 5% can be expected, while a decrease at 2% has been realized. When the findings are assessed in terms of the components of MTFPI, it was determined that the highest progress in technical efficiency was realized in the pandemic period at 19%. It is evaluated that the greatest increase in technological change (in line with the estimated values calculated with the assumption that the pandemic does not happen) could occur at 12% in the 2019-2020 period. The biggest decrease in technological change was observed in pandemic period at 45%. Also, in terms of MTFPI, while an average annual productivity increase at 6% is expected in the relevant provinces in the 2015-2020 period, a 41% decrease has occurred due to the pandemic. In the same period, while the change in technology is expected to increase at 3%, a decrease at 54% was occurred. Also the change in technical efficiency was expected to increase at 6% but it was observed that it was increased at 34%. In this context, the main reason for the 41% decrease in MTFPI is the 54% decrease observed in Technological Change.

According to the evaluation on the basis of provinces, dramatic declines were experienced with the effect of the pandemic in provinces with high tourist passengers such as Antalya (122%), İzmir (75%), Muğla (24%), Hatay (43%), which were expected to show the highest increase for efficiency change in the relevant period. Considering the actual data in the relevant period, it was observed that the MTFPI decreased in all provinces. In this context, the provinces that experienced the highest decrease in terms of productivity were respectively; İstanbul, Ankara and Antalya. When an evaluation has been made on the basis of provinces in line with the actual data, all provinces except İstanbul did not experience decreases in terms of technical efficiency. According to the analysis in terms of technological change, decreases were observed in all provinces including the provinces (Muğla, İzmir, Kayseri, İstanbul, Antalya) where increases were particularly expected. The provinces with the highest decrease in terms of technological change are respectively Ankara (71%), Erzurum (67%) and İstanbul (64%).

## 1. GİRİŞ

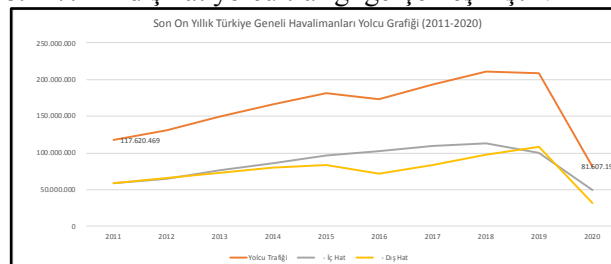
Havacılık endüstrisi dünya çapında hızlı bir şekilde büyümektedir (Kumar, Aswin ve Gupta, 2020: 103941). 2009- 2019 yılları arasında, küresel havacılık endüstrisindeki gelir yüzde 5,3 oranında artarak 838 milyar ABD dolarına ulaşmış ve tarifeli yolcu sayısı 4,54 milyarı aşmıştır (Statista, 2020). Havalimanı endüstrisi, küresel ekonomi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Baltazar vd., 2018:

790–799). Havalimanları yolcuların ve yüklerin karadan- havaya, havadan-karaya transferini ve uçakların kalkış ve iniş yapmalarını sağlayan havacılık endüstrisinin en önemli tesisleridir (Ngo ve Tsui, 2020:1-10). Yolcuların ve uçakların zamanında ve güvenli hareketleri için terminaller, kapılar, apron, pist ve taksi yollarından oluşan bu tesislerde verilen çok sayıda hizmet verimli ve etkin bir şekilde karşılanmalıdır (Kılış ve Kılış, 2016:248-250). COVID-19 salgını ve bu tehlikeye karşı alınan önlemler havayolu taşımacılığına (özellikle yolcu ve daha az ölçüde kargo taşımacılığında) olan talebi düşürmüştür. Bu düşüş sektördeki pek çok firmanın sürdürülebilirliğini tehdit etmektedir. 2019 yılına kıyasla 2020 yılı için tüm dünyada planlanan yolcu trafiği üzerindeki COVID-19 etkisi hizmete sunulan koltuk sayısında %50, yolcu sayısında %60 azalma ve havayollarının brüt 371 milyar USD işletme geliri kaybı olarak tahmin edilmektedir (ICAO, 2021). Aynı gerileme ülkemiz için de geçerlidir. 2020 yılında ülkemizdeki yolcu trafiği geçtiğimiz yıla göre %61, uçak trafiği %45 ve yük trafiği %41 oranlarında azalmıştır (DHMI, 2021). Pek çok nedenle havalimanlarının verimlilik ölçümü önemli bir konudur ve hava taşımacılığı ile ilgili akademik literatürün önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Havaalanı performans ölçümleri 1970'lerde sektörün ticarileştirilmesinin ilk aşamalarından, 1990'ların sonlarında ve sonrasındaki özelleştirme dönemine kadar pek çok açıdan ele alınmıştır (Chaouk vd., 2020:1-11). Havaalanlarının performansı genellikle etkinlik veya verimlilik açısından analiz edilmektedir (Wanke vd., 2016:9). Havalimanı endüstrisi ile ilgili olarak, çoğu Karar Verme Birimi (KVB) çok girdili ve çok çıktılı olarak kabul edildiğinden, verimliliği değerlendirmek için çeşitli ve karmaşık yöntemler kullanılmaktadır (Diana, 2010:310). Etkinlik ve verimlilik çalışmalarında kökleri doğrusal programlamaya dayanan Veri Zarflama Analizi (VZA) bu grupta ilk akla gelen yöntemdir. Bu çalışmada halen devam etmekte olan pandemi sürecinin 2020 yılında ülkemiz havalimanlarının etkinlik değerlerine etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaca yönelik olarak 2019 yılı verilerine göre toplam yolcu trafiğinin %95,22'sini oluşturan ve en çok yolcu trafiğine sahip 16 ilin 2015-2020 yıllarındaki etkinlik değişimleri Malmquist yöntemi ile analiz edilmiştir. Bu analizde, 2020 yılı için gerçek veriler ve ilgili yıla ait tahmini (beklenen) değerlere göre ayrı ayrı hesaplanan etkinlik değişimleri ortaya konmuş ve yorumlanmıştır. Çalışmanın konusunu oluşturan illerdeki havalimanlarının 2020 yılı için tahmini yolcu ve uçuş sayıları, bu havalimanlarının 2007-2019 yılları arasındaki verilerine Double Exponential Smoothing yönteminin uygulanması ile hesaplanmıştır. Çalışmamızın sonraki bölümleri sırası ile Türkiye'deki havacılık sektörü, literatür araştırması, metodoloji, uygulama, bulgular, sonuçlar ve önerilerden oluşmaktadır.

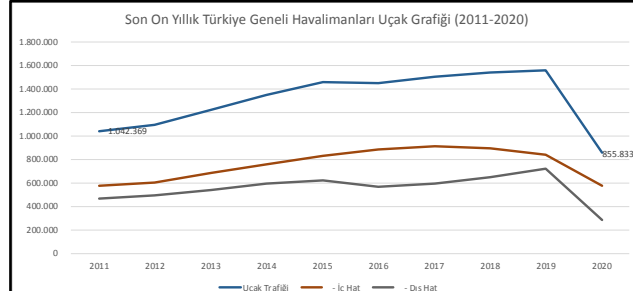
## 2. TÜRKİYE'DE HAVACILIK SEKTÖRÜ

Globalleşmeye bağlı olarak hızla artan ticaret hacmi, pek çok sektörü olduğu gibi ulaştırma ve ona bağlı olarak havacılık sektörünü de çok önemli bir konuma

getirmiştir. Türkiye son yıllarda sivil hava taşımacılık faaliyetlerinde büyük bir gelişim içindedir ve 2019 yılında Avrupa ağına (network) en çok katkıda bulunan ülke olmuştur. Bulduğumuz konumun avantajları ülkemizin hava ulaşım networkü içerisindeki önemini daha da arttırmıştır. Son dönemde yayınlanan göstergeler de bu yöndedir (DHMİ, 2019:4-24). Toplam uçuş hacmi 2019'da 20.344.300 değerine yükselmiş ve 2010 yılına göre yüzde 67,7 oranında artış göstermiştir. En büyük büyüme oranı yüzde 9,9 ile 2018 yılındaki dış hat uçuşlarında gerçekleşmiştir. 2019 yılında Türkiye'deki uçuşların %41'i iç hat, %35'i dış hat ve kalan bölümü ise over-flight uçuşlardan oluşmuştur. Ülkemizin 2003 ve 2019 yılları arasındaki havayolu yolcu trafiğindeki büyüme istatistikleri Şekil 1'de belirtilmiştir. Ülkemizde 55 adet sivil havalimanı faaliyet göstermekte ve bunların 23'ünde uluslararası uçuşlar gerçekleştirilmektedir. Güncel verilere göre 2018 yılında hizmete alınan İstanbul Havalimanı ülkemizde en çok yolcuya hizmet verilen havalimanıdır. 2018 ve 2019 yılları arasında Türkiye'nin başlıca havalimanlarına ait uçuş trafiği Şekil 2'de gösterilmiştir. 2016 yılında 102,5 milyon adet olan iç hat yolcu sayısı her sene artarak 2018 yılında 113 milyon adet olmuştur. Aynı artış trendi dış hat yolcu sayılarında da görülmektedir. 2016 yılında 71 milyon adet olan dış hat yolcu trafiği 2018'de 97,5 milyon adede çıkmıştır. Bu artış trendi 2019 yılında %11,1'lik değer ile devam etmiş ve 108,5 milyon adet dış hat yolcu hacmine ulaşmıştır. Aynı yıl iç hat yolcu sayılarında %11,5'lik düşüş gerçekleşmiştir. Direkt transit yolcular da dahil edildiğinde 2019 yılında yaklaşık 209 milyon adetlik yolcu trafiği oluşmuştur. 2019 yılında iç hat yolcu trafiğinin önemli bir bölümü İstanbul Sabiha Gökçen (%22), İstanbul (%13), Ankara Esenboğa (%11), İzmir Adnan Menderes (%9), Antalya (%7), İstanbul Atatürk (%4) ve Adana (%4) havalimanlarından gerçekleşmiştir. 2019 yılında, en fazla toplam dış hat yolcu trafiği, İstanbul (%36), Antalya (%26), İstanbul Sabiha Gökçen (%13), İstanbul Atatürk (%11), Muğla Dalaman (%3), İzmir Adnan Menderes (%3), Esenboğa (%2) ve Milas-Bodrum (%2) havalimanlarında gerçekleşmiştir. 2019 Yılında ise 85.315.082 tarifeli ve 23.112.042 tarifersiz olmak üzere toplam 108.427.124 dış hat yolcu trafiği gerçekleşmiştir.

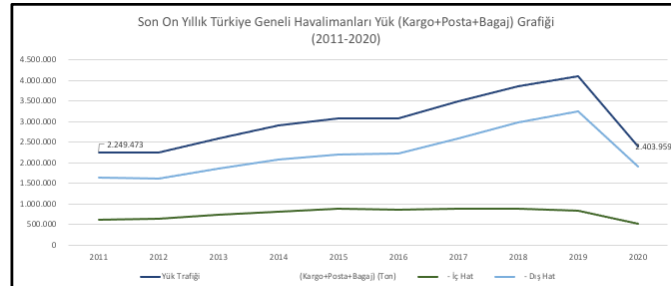


Şekil 1. 2011-2020 Yılları Arasında Türkiye Geneli Havalimanları Yolcu Trafiği (Adet) (DHMİ, 2021)

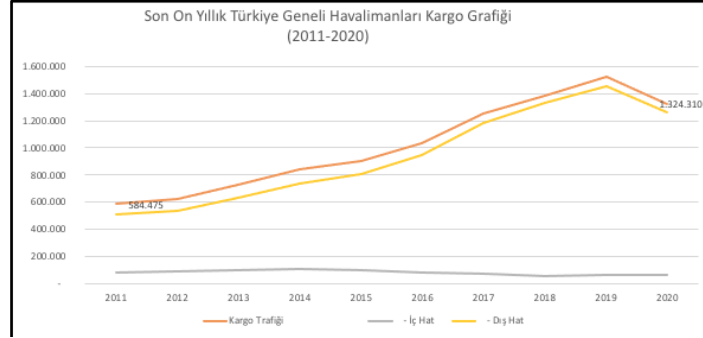


**Şekil 2.** 2011-2020 Yılları Arasında Türkiye Geneli Havalimanları Uçak Trafik (Adet) (DHMI, 2021)

Kargo taşımaları 2019 yılında, iç hatlarda 65.667 ton ve dış hatlarda 1.456.737 ton olmak üzere toplamda %9,6 artış (2018 yılına göre) ile 1.522.404 ton olarak gerçekleşmiştir. Taşınan kargonun çok önemli bir kısmı İstanbul Atatürk Havalimanı ve İstanbul Havalimanı odaklıdır. Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM) verilerine göre, 2018 yıl sonu itibarı ile Türkiye’de yolcu ve kargo taşımacılığı yapan 11 havayolu şirketinin toplam 515 olan uçaklarının 486’sı yolcu, 29’u ise kargo uçağıdır. 29 kargo uçağına ait toplam kargo kapasitesi 2.194.450 kilogramdır. Türkiye’nin, dünya coğrafyasındaki avantajlı konumu, Dünya hava ulaşım ağı içerisinde etkin ve söz sahibi olabilme avantajını da beraberinde getirmektedir (SHGM, 2019). 2011-2020 yılları arasında Türkiye geneli havalimanları yük (kargo+posta+bagaj) ve kargo trafikleri sırası ile Şekil 3 ve 4’te gösterilmiştir.



**Şekil 3.** 2011-2020 Yılları Arasında Türkiye Geneli Havalimanları Yük (Kargo+Posta+Bagaj) Trafik (Ton) (DHMI, 2021)



**Şekil 4.** 2011-2020 Yılları Arasında Türkiye Geneli Havalimanları Kargo Trafik (Ton) (DHMI, 2021)

2019 Aralık ayında başlayan salgının en fazla etkilediği sektörlerden bir olan havayolu taşımacılığı ülkemizi de derinden etkilemiştir. 2020 yılında ülkemizin yolcu trafiği geçtiğimiz yıla göre %61, uçak trafiği %45 ve yük trafiği %41 azalmıştır (DHMI,2021). Bu düşüşler özellikle turist yoğunluğu yüksek havalimanlarımızda daha da fazla hissedilmiştir. En büyük düşüş % 73 ile Antalya’da yaşanmıştır. İstanbul ilimizde bu düşüşler %66 ile İstanbul Havalimanında ve % 52 ile Sabiha Gökçen Havalimanlarında gerçekleşmiştir. 2019-2020 yılları arasında havalimanlarımızda oluşan trafiğin karşılaştırılması Tablo 1’de gösterilmiştir.

**Tablo 1.** 2019-2020 Yıllarında Türkiye Geneli Havalimanları Uçak, Yolcu Ve Yük Trafikinin Karşılaştırılması (DHMI, 2021).

YILLAR	2019	2020	Bir Önceki Yıla Göre Değişim (2020/2019)
Yolcu Trafik (Direk Transit Dahil) (Adet)	208.911.338	81.657.070	-61%
Yolcu Trafik (Adet)	208.373.696	81.607.199	-61%
- İç Hat (Adet)	99.946.572	49.621.174	-50%
- Dış Hat (Adet)	108.427.124	31.986.025	-70%
Direk Transit Yolcu (Adet)	537.642	49.871	-91%
Tüm Uçak (Overflight Dahil)	2.034.430	1.057.247	-48%
Uçak Trafik (Adet)	1.556.417	855.833	-45%
- İç Hat (Adet)	839.894	575.262	-32%
- Dış Hat (Adet)	716.523	280.571	-61%
Overflight Uçak Trafik (Adet)	478.013	201.414	-58%
Yük Trafik (Kargo+Posta+Bagaj) (Ton)	4.090.168	2.403.959	-41%
- İç Hat (Ton)	833.768	502.265	-40%
- Dış Hat (Ton)	3.256.399	1.901.694	-42%
Kargo Trafik (Ton)	1.522.404	1.324.310	-13%
- İç Hat (Ton)	65.667	62.589	-5%
- Dış Hat (Ton)	1.456.737	1.261.722	-13%

### 3. HAVALİMANI ETKİNLİK ANALİZİ LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

VZA, havalimanı etkinliğinin ölçümünde yaygın olarak uygulanan, birden çok girdi ve çıktının kullanılmasına olanak veren doğrusal programlama temelli bir yöntemdir. Murillo-Melchor (1999) çalışmasında girdi odaklı VZA ve Malmquist indeksi yöntemlerini kullanarak 1992 ile 1994 yılları arasında 33 İspanyol havalimanındaki ölçek etkinliğini ve teknolojik değişiklikleri araştırmıştır. Bulgular, sadece iki havalimanının ölçek verimliliğine sahip olduğunu ve diğer iki havalimanının ölçeğe göre azalan getiri altında faaliyet gösterdiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca Malmquist indeksi, 1992-1994 yılları arasında toplam üretkenliğin düştüğünü göstermektedir. Barros ve Weber (2009)'da 2000/01 - 2004/05 döneminde 27 Birleşik Krallık havalimanı için girdi odaklı Malmquist toplam faktör etkinliği endeksini belirlemek için VZA'yı kullanılmıştır. Çalışmanın bulguları, belirtilen zaman aralığında havalimanlarında etkinlik düşüşü yaşandığını, daha az etkin hale geldiğini ve teknolojik gerilemeyle karşı karşıya olduğunu göstermiştir. Bu çalışmada sahiplik, üretkenlik artışı ve düzenlemeler (regulations) arasında net bir ilişkinin varlığını gösteren bir sonuç ortaya çıkmamıştır. Kirankabes ve Arıkan (2011) çalışmasında, 2009 yılında 36 Türk havalimanının verilerine CCR ve BCC VZA yöntemleri uygulanmıştır. Elde ettikleri sonuçlar, havaalanlarının pek çoğunun teknik olarak etkin olduğunu ancak ölçek etkinsizliği problemi yaşadığını göstermiştir. Psaraki-Kalouptsidi ve Kalakou (2011), 2004-2007 döneminde Yunan havalimanlarının verimliliğini değerlendirmek için VZA'yı kullanmış ve önce hava tarafı ve kara tarafı altyapısını ve ardından ekonomik etkinliğini analiz etmiştir. Wanke (2013) Brezilya havalimanlarının verimliliğini ölçmek için VZA yaklaşımını uygulayarak fiziksel altyapı, uçak operasyonları ve trafik hacimleri açısından uçuş konsolidasyon etkinliğini incelemiştir. Chang vd. (2013)'te 41 Çin havalimanının teknik etkinliğini incelemek için VZA'yı kullanmış ve ardından coğrafi özelliklerin ve hizmet stratejilerinin Çin havalimanlarının etkinliğini etkileyip etkilemediğini incelenmiştir. Baltazar vd. (2014)'te üç İber havalimanına MACBETH ve VZA yöntemlerini uygulayarak etkinlik açısından sonuçlarını karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, MACBETH yaklaşımının, geleneksel olarak kullanımda olanlarla (VZA tabanlı modeller) karşılaştırıldığında elverişli görüldüğünü göstermiştir. Abbott (2015), Yeni Zelanda havalimanlarının etkinliklerini yapısal reformlar bağlamında incelemiştir. Malmquist Veri Zarflama Analizi, çalışmasının ilk bölümünde 1991/92 ve 2011/12 dönemlerinde ülkenin en büyük üç havalimanının verimlilik değişimini belirlemek için kullanılmıştır. Bulgular, büyük havalimanlarının küçük havalimanlarından daha etkin olduğunu ve ortak mülkiyetli (kamu-özel) havalimanlarının daha az etkin olduğunu göstermiştir. Çalışmada, en büyük üç havalimanında etkinlik ve üretkenliğin zaman içinde arttığı tespit edilmiştir. Ülku (2015)'te, AENA ve DHMI içindeki havalimanlarının 2009 ve 2011 yılları arasındaki nispi etkinliklerini karşılaştırmak



için VZA kullanılmıştır. Elde edilen etkinlik değerlerine göre, çeşitli yönetim stratejileri ve diğer dış faktörlerin verimsizliğe sebep olduğu görülmüştür. İspanyol havalimanlarında etkinliğin daha yüksek olduğu ancak özel sektör sermayeli Türk havalimanlarının etkinliği arttırdığı belirlenmiştir. Aynı çalışmada İspanya ve Türkiye'deki havalimanlarının çoğunun, artan ölçek getirisi altında faaliyet gösterdiği ortaya konulmuştur. Wanke vd. (2016)'da Nijerya havalimanları için girdi ve çıktı ölçümlerindeki belirsizliği tespit etmek için Bulanık-VZA yöntemi kullanılmıştır. Bu sonuçlar daha sonra, örneklere özgü rastgelelik etkilerini kontrol etmek için Bootstrapping regresyon analizine tabi tutulmuştur. Sonuçlar, kapasite maliyetinin tek önemli değişken olduğunu ve yüksek sabit maliyetlerin Nijerya havalimanlarının düşük etkinliğini açıkladığını göstermiştir. Fragoudaki ve Giokas (2016)'da veri zarflama analizi ile 38 havalimanının etkinliği ölçülmüştür. Bu çalışmada ayrıca Tobit regresyon modeli ile havalimanlarının verimliliğini etkileyen faktörler belirlenmeye çalışılmıştır. Pist uzunluğu, apron ve terminal alanı gibi değişkenler girdi olarak belirlenirken toplam kargo miktarı, toplam yolcu ve uçuş sayıları çıktılar olarak kabul edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre 11 havalimanının etkin olduğu tespit edilmiştir. Bulgular ülkede yaşanan ekonomik krizin havalimanı etkinliğini ve üretkenliğini -turizm sektöründeki büyümeye bağlı olarak- etkilemediğini göstermiştir. Lai vd. (2015)'te 24 büyük uluslararası havalimanı için girdi ve çıktı değişkenlerinin önem ağırlıkları AHP ile belirlenmiş ve bu değerler VZA-AR (Assured Region-Güven Bölgesi Yaklaşımı) yönteminde kullanılmıştır. Değişken setinde kullanılan girdiler; çalışan sayısı, kapı sayısı, pist sayısı, terminal alanı boyutu, pist uzunluğu, operasyonel harcamalar iken çıktılar; yolcu sayısı, kargo ve posta miktarı, uçak hareketleri ve operasyonel harcamalar'dır. Makalede önerilen AHP / DEA-AR modelindeki ayrıştırıcı gücün, havalimanlarının etkinliğini ölçerken temel DEA modellerinden daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ennen ve Batool (2018)'de Pakistan'daki 12 büyük havalimanı potansiyel maliyet verimsizlikleri açısından incelenmiştir. Bulgular, birçok havalimanında personel ve kapasiteye aşırı yatırımdan kaynaklanan maliyet verimsizlikleri olduğunu göstermektedir. Ayrıca çoğu havalimanının operasyonel ölçek verimliliğinin düşük olduğu, bu nedenle trafikteki artışların birim maliyetlerin düşmesine neden olacağı tespit edilmiştir. Hong ve Domergue (2018)'de Koreli düşük maliyetli taşıyıcıların panel veriler formunda göreceli etkinliğini hesaplamak için VZA-Pencere Analizini kullanılmıştır. Carlucci vd. (2018) bölgesel havalimanlarının etkinliği ve ekonomik sürdürülebilirliği üzerinde bir dizi faktörün nasıl etki ettiğini araştırmak için 2006-2016 döneminde 34 İtalyan havalimanının genel teknik, saf teknik ve ölçek etkinliğini analiz etmiştir. Bulgular; havaalanı büyüklüğünün, düşük maliyetli taşıyıcıların varlığının ve kargo trafiğinin İtalyan havalimanlarının teknik ve ölçek verimliliği üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymuştur. Aynı çalışmada hava taşımacılığının

özelleştirilmesi ve deregülasyonunun, bölgesel havaalanı etkinliğini ve sürdürülebilirliğini olumlu yönde etkilediği belirtilmiştir. Chaouk vd. (2020) çalışmasında havaalanı etkinliğinin ulusal makro-çevresel faktörlerden ne ölçüde etkilendiği araştırılmıştır. Avrupa ve Asya-Pasifik bölgelerindeki 59 uluslararası havalimanı iki aşamalı analize tabi tutulmuştur. İlk aşamada, VZA yöntemi ile ilgili havalimanlarının etkinliği ölçülmüştür. İkinci aşamada, bir dizi makro-çevresel faktörün havaalanı etkinliğini ne ölçüde etkilediğini test etmek için Simar ve Wilson Truncated tekniğini içeren Bootstrapping Regresyon modeli kullanılmıştır. Sonuçlar; kurumsal kalite ve sağlamlığın, makro-ekonomik ortamın, emniyet ve güvenliğin ve insani gelişmenin havalimanlarının performansı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymuştur.

#### 4. YÖNTEM

Veri zarflama analizi (VZA), ilk olarak Charnes vd. (1978) tarafından geliştirilmiştir. Parametrik olmayan yöntemler içinde sık kullanılan yöntemlerden biri olan VZA, birden çok girdi ve çıktının mevcut olduğu durumlarda, karar birimlerinin göreceli etkinliklerinin ölçülmesinde kullanılan doğrusal programlama tabanlı bir analiz metodudur (Özdemir, 2019:33-45). VZA, birbirine benzeyen, karar birimlerinin etkinliklerinin ölçülebilmesi için ortaya çıkarılmış olan parametresiz bir etkinlik modelidir (Akyüz, Yıldız ve Kaya, 2013:117). VZA metodu, girdiye ve çıktıya yönelik olarak iki yönlü kullanılabilme özelliğine sahiptir. Girdiye yönelik VZA modelleri, belirli bir çıktı bileşimini en etkin bir şekilde üretebilmek amacıyla, kullanılacak en uygun girdi bileşiminin nasıl olması gerektiğini araştırır. Çıktıya yönelik VZA modelleri ise belirli bir girdi bileşimi ile en fazla ne kadar çıktı bileşimi elde edilebileceğini araştırmaktadır (Kula, Kandemir ve Özdemir, 2009:191). Temel VZA modelleri; CCR (Charnes, Cooper ve Rhodes) ve BCC (Banker, Charnes ve Cooper) modelleri olmak üzere iki grupta sınıflandırılabilir (Şahin, 2019:37). CCR modeli; ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında uygulanırken, BCC modeli ölçeğe göre değişen getiri durumunu ifade etmektedir. CCR ve BCC modellerinde her biri için girdiye ve çıktıya yönelik olarak uygulama yapılabilir. VZA ile her bir karar biriminin her bir dönem için teknik etkinlik değerleri hesaplanmaktadır. Teknik etkinlik, saf teknik etkinlik ve ölçek etkinliğinin bileşimidir. Saf teknik etkinlik yönetsel etkinliği, ölçek etkinliği ise firmanın uygun ölçekte üretim yapma düzeyini ifade etmektedir (Özdemir, 2019:33-45). VZA, statik bir analiz şekli olup, tek bir dönemde karar birimlerinin verilerini kullanarak bir yatay kesit analizi yapar. VZA ile etkinliği saptanmış bir karar birimi daha sonraki dönemlerde etkinliğini yitirebilir ve referans olma özelliğini kaybedebilir. Oysaki etkinlik değerlendirme sürecinde, zaman içinde etkinliğin nasıl gelişmekte olduğunu incelemek de önem taşımaktadır. Bunun için zaman boyutunu da içeren Malmquist Toplam Faktör Verimliliği (MTFV) Endeksi geliştirilmiştir (Sevim ve Bali, 2008:21-39).

#### 4.1. Malmquist Toplam Faktör Verimliliği (MTFV) İndeksi

1953 yılında S. Malmquist tarafından ortaya konan Malmquist endeksi kavramı; çoklu girdi-çıktılı karar birimlerinin toplam faktör verimliliklerinin hesaplanmasında kullanılmaktadır. Bu endeks belli bir zaman aralığında karar birimlerindeki etkinlik/verimlilik değişimini incelemekte ve karşılaştırma sunabilmektedir. Belirli girdi seviyesinde, iki dönem arasındaki maksimum çıktı, çıktı odaklı verimlilik endeksini; belirli çıktı için minimum girdi gereksinimi, girdi odaklı verimlilik endeksini oluşturmaktadır. Bu yöntemde, bir karar biriminin verimliliğindeki toplam değişmeyi görmek için sınırdaki göreceli değişimle birlikte karar birimlerinin sınıra olan uzaklıkları kullanılmaktadır. Verimlilikteki değişim iki bileşenin, “yakalama” ve “sınır kayması” çarpımına eşittir. Yakalama, etkinlikteki iyileşmeyi ve kötüleşmeyi, sınır kayması, karar birimini saran etkin sınırdaki (yenilik, teknolojik gelişme vs) değişmeyi ifade etmektedir (Kale, 2009:113-114). Malmquist toplam faktör verimliliği (TFV) endeksi, ortak teknolojiye göre her bir veri noktasının farklarının oranlarını hesaplayarak, iki veri noktası arasındaki toplam faktör verimliliğindeki değişmeyi ölçer. Bu ölçüm için uzaklık fonksiyonu kullanılmaktadır. Çıktıya göre uzaklık fonksiyonu  $x$  ile üretilebilecek mümkün  $y$  lerin kümesi  $S$  ile gösterilmek üzere,

$$D_o^s(x, y) = \min\{\delta: (y/\delta) \in S\}$$

olarak tanımlanmaktadır. Uzaklık fonksiyonu  $D_o^s(x, y)$  ‘nin alacağı değerler,  $y$  vektörü  $S$  sınırı (üretim sınırı) üzerinde ise 1.0;  $y$  vektörü  $S$  içindeki teknik etkin olmayan bir noktayı tanımlıyorsa  $>1.0$ ; ve  $y$  vektörü  $S$  dışındaki mümkün olmayan bir noktayı tanımlıyorsa  $<1.0$ ’dir. Bu bağlamda  $t$  ile  $t+1$  dönemleri arasında belirlenen çıktılara göre Malmquist TFV değişim endeksi;

$$M_O(x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1}) = \sqrt{\frac{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)} * \frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^{t+1}(x^t, y^t)}}$$

olarak hesaplanır.

Bu gösterimde,  $D_o^t(x, y)$ ,  $t+1$  dönemi gözleminin  $t$  dönemi teknolojisinden olan uzaklığını ifade eder.  $M_O$  fonksiyonunun değerinin 1.0’den büyük olması  $t$  döneminden  $t+1$  dönemine TFV’de büyüme olduğunu, 1.0’den az olması ise aynı dönemler dikkate alındığında TFV’de azalma olduğunu göstermektedir. Denklem aşağıdaki gibi ifade edilebilmektedir;

$$M_O(x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1}) = \frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)} * \sqrt{\frac{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} * \frac{D_o^t(x^t, y^t)}{D_o^{t+1}(x^t, y^t)}}$$

Bu denklemde karekök dışındaki oran  $t$  ve  $t+1$  dönemleri arasındaki çıktı odaklı teknik etkinlik değişiminin ölçüsüdür. Karar birimlerinin kendi başarısı sonucu elde ettiği ve catch-up (yakalama etkisi) olarak tanımlanan etkinlik değişimlerini ifade etmektedir. Karakök içindeki ifade ise teknolojiye meydana gelen değişimi açıklamaktadır ki bu bütün birimleri etkileyen etkin sınırdaki

değişimi gösterir. Etkin sınırdaki kayma genellikle teknolojiye atfedilse de gerçekte bütün birimleri aynı şekilde etkileyen çalışma ortamını tanımlamaktadır. Buna göre;

$$\text{Etkinlikteki Değişim} = \frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)}$$

$$\text{Teknolojik (Etkin Sınırdaki) Değişim} = \sqrt{\left[ \frac{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} * \frac{D_o^t(x^t, y^t)}{D_o^{t+1}(x^t, y^t)} \right]}$$

olarak hesaplanmaktadır (Kula, Kandemir ve Özdemir, 2009:193-194).

#### 4. BULGULAR

Bu çalışmanın amacı, 2020 yılında başlayan pandemi sürecinin, en çok havayolu yolcu sayısına sahip illerdeki toplam faktör verimliliği endeksi ve bileşenlerine etkilerini belirlemektir. Çalışmada, en çok yolcu sayısına sahip ilk 16 il (ilgili illerdeki havalimanlarına ait istatistiklerin genel toplamı) dikkate alınmıştır. Bu 16 ilde oluşan yolcu ve uçak trafiği, 2007-2020 yılları arasında Türkiye'deki genel yolcu sayısının ortalama %95,3'ünü; toplam uçak trafiğinin ortalama %89,5'ünü oluşturmaktadır. Bu çalışmada öncelikle analize konu olan illerdeki havalimanlarının 2007-2019 yılları arasındaki yolcu ve uçak trafiği istatistikleri kullanılarak 2020 yılına yönelik olarak yolcu ve uçak trafiği tahminleri (2020 yılı için beklenen değerler) hesaplanmıştır. Bu tahminleme çalışması için STATA programı kullanılarak Double Exponential Smoothing yöntemi uygulanmıştır. Tahmini değerler hesaplanırken 13 senelik (2007-2019) verinin kullanılması ile tahmin gücünün artırılması amaçlanmıştır. Bulunan bu tahmini (beklenen) değerler ile 2020 yılı için tahmini TFVD (MTFVI)'ler hesaplanmıştır. Yaşanan pandemi sürecinin etkinlik değişimine etkilerinin görülebilmesi için 2020 yılında gerçekleşen yolcu ve uçak sayıları ile gerçek TFVD'ler de hesaplanarak, beklenen ve gerçek TFVD'lerin karşılaştırılması yapılmıştır. TFVD'lerin hesaplanmasında DEA-SOLVER PRO 15.1 kullanılmıştır. Bu çalışmada havalimanlarının etkinlik ölçümü için kullanılan girdi ve çıktılar; ilgili literatürde sıklıkla kullanılan parametrelere ve verilerin bulunabilirliğine bağlı olarak belirlenmiş ve Tablo 2'de belirtilmiştir. Analizlerde DHMİ'nin yayınladığı sektör raporları ve istatistikler kullanılmıştır.

**Tablo 2.** Çalışmada Kullanılan Girdi ve Çıktı Değişkenleri

Karar Birimleri (İller)			Girdiler	Çıktılar
1. İstanbul (Atatürk, Sabiha Gökçen ve İstanbul Havalimanlarının verilerini içermektedir)	6. Adana	7. Trabzon	<input type="checkbox"/> Pist Sayısı	<input type="checkbox"/> Yolcu Trafığı
2. Antalya (Antalya ve Gazipaşa Havalimanlarının verilerini içermektedir)	8. Gaziantep	9. Diyarbakır	<input type="checkbox"/> Personel Sayısı	<input type="checkbox"/> Uçak Trafığı
3. Ankara	10. Kayseri	11. Samsun	<input type="checkbox"/> Check In Sayısı	
4. İzmir	12. Van	13. Hatay	<input type="checkbox"/> Yolcu Terminali Alanı	
5. Muğla (Dalaman ve Bodrum Havalimanlarının verilerini içermektedir)	14. Konya	15. Ordu	<input type="checkbox"/> Yolcu Biniş Kapıları Sayısı	
	16. Erzurum	16. Erzurum	<input type="checkbox"/> Apron Sayısı	

İlgili illerdeki havalimanlarının 2007-2019 yılları arasındaki yolcu ve uçak trafiği verileri doğrultusunda Double Exponential Smoothing yöntemi ile elde edilen tahminler ve 2020 yılında gerçekleşen reel değerler Tablo 3'te belirtilmiştir. Bu analizde regresyon ve zaman serilerine yönelik olarak modelin doğruluğunu ölçmede kullanılan ortalama MAPE (Mean Absolute Percentage Error - Ortalama Mutlak Yüzde Hatası) değerleri, yolcu sayıları için %5.6 iken uçak trafiği için %6 olarak bulunmuştur. MAPE'nin %10'un altında olması kullanılan yöntemin "yüksek doğruluk" derecesine sahip olduğunu göstermektedir (Gökcel, 2009).

**Tablo 3.** 2020 Yılı Gerçekleşen ve Tahmini Uçak Ve Yolcu Trafığı Değerleri

İLLER	2020 Yılı Gerçekleşen Yolcu Sayısı (Adet)	2020 Yılı Tahmini (Beklenen) Yolcu Sayısı (Adet)	Yolcu Sayısındaki Tahmini Azalış (%)	2020 Yılı Gerçekleşen Uçak Trafığı (Adet)	2020 Yılı Tahmini (Beklenen) Uçak Trafığı (Adet)	Uçak Trafığındaki Tahmini Azalış (%)
İstanbul	40.375.704	108.061.311	63%	349.407	737.615	53%
Antalya	10.046.062	39.761.523	75%	73.818	246.575	70%
Ankara	5.056.451	13.207.947	62%	50.375	95.449	47%
İzmir	5.459.358	12.667.683	57%	45.997	86.982	47%
Muğla	3.120.157	9.987.270	69%	42.026	87.006	52%
Adana	2.506.995	4.799.666	48%	27.540	42.999	36%
Trabzon	1.789.153	4.044.467	56%	14.150	28.172	50%
Gaziantep	1.379.253	2.646.188	48%	14.586	22.201	34%
Diyarbakır	1.119.020	2.393.868	53%	7.972	12.396	36%
Kayseri	1.161.561	2.453.248	53%	9.297	18.961	51%
Samsun	868.141	1.728.832	50%	11.914	17.026	30%
Van	976.311	1.497.579	35%	13.368	16.717	20%
Hatay	635.458	1.262.396	50%	6.233	8.227	24%
Konya	495.861	1.248.978	60%	4.356	7.730	44%
Ordu	556.432	1.167.015	52%	5.005	8.837	43%
Giresun						
Erzurum	563.048	528.057	-7%	4.899	6.072	19%
TOPLAM	76.108.965	207.456.018	63%	680.943	1.442.965	53%

Tablo 3'te görüldüğü üzere yolcu sayısındaki tahmini azalış toplamda % 63 olarak gerçekleşirken uçuş trafiğindeki azalış % 53 olmuştur. Gerek tahmini yolcu sayısı gerek ise uçak trafiğinde en çok azalış Antalya, Muğla ve İstanbul illerinde gerçekleşmiştir. Pandemi sürecinde yolcu sayısı açısından sadece Erzurum ilinde artış görülmüştür. Tablo 4'te toplam faktör verimliliği endekslerinin dönemlere göre değişimi belirtilmiştir. Tahmini ve gerçek değerler ile hesaplanan iller bazındaki Malmquist TFV Endeksleri ve karşılaştırması Tablo 5'te gösterilmiştir. Tablolarda görülen kısaltmaların anlamları; TED: Teknik Etkinlikteki Değişim,

TD: Teknolojik Değişme ve TFVD: Toplam Faktör Verimliliğindeki Değişme şeklindedir. Tablodaki değerler yorumlanırken; değişim değeri>1 ise performans artmış, değişim değeri=1 ise performans sabit kalmış, değişim değeri<1 ise performans azalmış olarak kabul edilmektedir.

**Tablo 4.** Dönemlere Göre Ortalama Malmquist TFV Endeksi

DÖNEMLER	TED	TD	TFVD
2015-2016	1,13	0,93	1,03
2016-2017	1,02	1,09	1,11
2017-2018	1,12	0,96	1,04
2018-2019	1,04	1,01	1,05
2019-2020 (Beklenen)	0,92	1,12	1,03
ORTALAMA	1,05	1,02	1,05
2019-2020 (Gerçekleşen)	1,19	0,55	0,65
ORTALAMA	1,10	0,91	0,98

Tablo 4'e göre pandemi sürecine kadar her sene TFVD'de artış gözlenmiştir. Bu bağlamda en fazla artış %11 ile 2016-2017 döneminde gerçekleşmiştir. Bu artışta en büyük katkıyı %9'luk artış oranı ile teknolojik ilerleme sağlamıştır. Tahmini veriler ile bu trendin 2019-2020 yılında (pandemi olmasa idi) da süreceği ve %3'lük artış gözleneceği öngörülebilirdi. Ancak pandemi sürecine bağlı olarak bu trend tersine dönmüş ve %35'lik düşüş yaşanmıştır. Tüm yılların ortalaması incelendiğinde ise %5'lik artış beklenebilecek iken %2'lik azalış gerçekleşmiştir. Bulgular TFVD'nin bileşenleri açısından değerlendirildiğinde ise teknik etkinlikteki en fazla ilerlemenin %19 ile pandemi döneminde gerçekleştiği saptanmıştır. Teknolojik değişimdeki en büyük artışın (pandeminin gerçekleşmediği varsayımı ile hesaplanan tahmini değerler doğrultusunda) 2019-2020 döneminde %12 ile gerçekleşebileceği değerlendirilmiştir. Teknolojik değişimdeki en büyük azalış ise %55 ile pandemi döneminde gözlemlenmiştir.

**Tablo 5.** Gerçek Ve Tahmini (Beklenen) Değerler İle Hesaplanan Değerler (2015-2020)

İLLER	BEKLENEN DEĞERLER İLE HESAPLANAN			GERÇEK DEĞERLER İLE HESAPLANAN		
	TED	TD	TFVD	TED	TD	TFVD
İstanbul	0,50	1,19	0,60	0,76	0,36	0,28
Antalya	1,95	1,14	2,22	1,21	0,40	0,49
Ankara	0,91	0,99	0,90	1,35	0,29	0,40
İzmir	1,39	1,26	1,75	1,94	0,41	0,80
Muğla	0,68	1,83	1,24	1,16	0,44	0,51
Adana	0,95	0,84	0,80	1,12	0,45	0,50
Trabzon	1,47	0,78	1,15	1,81	0,39	0,70
Gaziantep	1,00	0,90	0,90	1,10	0,50	0,55
Dişarbakır	1,00	1,00	1,00	1,13	0,65	0,74
Kayseri	0,67	1,22	0,82	1,00	0,86	0,86
Samsun	0,96	1,05	1,01	1,31	0,47	0,62
Van	0,96	0,73	0,70	1,73	0,38	0,66
Hatay	2,03	0,70	1,43	2,03	0,38	0,77
Konya	1,00	1,00	1,00	1,00	0,56	0,56
Ordu-Giresun	1,00	1,00	1,00	1,00	0,46	0,46
Erzurum	0,55	0,85	0,47	1,83	0,33	0,60
<b>ORTALAMA</b>	1,06	1,03	1,06	1,34	0,46	0,59

Tablo 5'te görüldüğü üzere TFVD endeksine göre 2015-2020 döneminde ilgili illerdeki havalimanlarında yıllık ortalama %6 verimlilik artışı beklenirken, pandemi etkisi ile % 41 düşüş gerçekleşmiştir. Aynı dönemde teknolojideki değişimin %3 artış göstermesi beklenirken %46 azalış; teknik etkinlikteki değişimin ise %6 artış yerine % 34 artış gösterdiği gözlenmiştir. Bu bağlamda TFVD endeksindeki %41'lik düşüşün temel sebebi Teknolojik Değişimde gözlemlenen %54'lük düşüştür. İller bazındaki değerlendirmeye göre ilgili dönemde etkinlik değişiminde en çok artış göstermesi beklenen Antalya (%122), İzmir (%75), Muğla (%24), Hatay (%43) gibi turistik yolcuların yoğun olduğu illerde pandeminin etkisi ile dramatik düşüşler yaşanmıştır. İlgili dönemde gerçek veriler dikkate alındığında tüm illerde TFVD endeksinin düştüğü gözlenmiştir. Bu bağlamda verimliliğinde en çok azalış yaşayan iller sırası ile; İstanbul, Ankara ve Antalya olmuştur. Gerçekleşen veriler doğrultusunda iller bazında değerlendirme yaptığımızda İstanbul dışındaki tüm iller teknik etkinlikte azalma göstermemiştir. Teknolojik değişim açısından incelendiğinde ise en çok artış beklenen iller (Muğla, İzmir, Kayseri, İstanbul, Antalya) dahil olmak üzere tüm illerde düşüş olduğu gözlenmiştir. Teknolojik değişim açısından en fazla düşüş yaşayan iller sırası ile Ankara (%71), Erzurum (%67) ve İstanbul (%64)'dur.

#### 4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Son yıllarda hızla büyüyen havayolu endüstrisinin en önemli bileşenlerinden birisi havalimanlarıdır. Hem makro hem de mikro düzeyde ekonomik ve sosyal katkıları büyük olan havalimanlarının etkinliği sektörel ve akademik olarak önem taşımaktadır. 838 milyar ABD doları toplam hacime ulaşmış küresel havayolu endüstrisinin en hızlı gelişen ülkelerinden birisi Dünya coğrafyasındaki avantajlı

konumu ile Türkiye'dir. Ancak 2019 yılının sonunda ortaya çıkan COVID salgını ve bu tehlikeye karşı alınan önlemler havayolu taşımacılığına yönelik talebi ve havalimanlarının etkinliğini önemli ölçüde etkilemiştir. 2021 yılında ICAO tarafından yayınlanan rapora göre geçtiğimiz yıl beklenen toplam yolcu trafiğinde % 60 oranında azalma ve yaklaşık 371 milyar ABD dolarlık kayıp olduğu tahmin edilmektedir. Ülkemiz de bu süreçten olumsuz etkilenmiştir. Yaşanan bu süreçte havalimanlarının etkinliklerindeki değişimin analizi daha da önem kazanmıştır. Bu bilgiler ışığında bu çalışmanın amacı, en çok yolcu trafiğine sahip ve toplam trafiğin % 95 'ini oluşturan 16 ildeki havalimanlarının etkinliklerinin pandemi sürecinden ne ölçüde etkilendiğini araştırmaktır. Buna yönelik olarak etkinlik değişiminin ölçümünde en iyi yöntemlerden birisi olarak kabul edilen Malmquist Toplam Faktör Verimliliği yöntemi kullanılmıştır. Pandemi sürecinin etkilerini analiz etmek amacıyla öncelikle bu 16 ildeki havalimanlarının 2007-2019 yılları arasındaki yolcu ve uçak trafiği istatistikleri kullanılarak 2020 yılına yönelik olarak yolcu ve uçak trafiği tahminleri (2020 yılı için beklenen değerler) hesaplanmıştır. Bu tahmin için STATA programı kullanılmış ve Double Exponential Smoothing yöntemi uygulanmıştır. Tahmini değerler için 13 senelik (2007-2019) verinin kullanılması ile tahmin gücünün artırılması amaçlanmıştır. Bulunan bu tahmini (beklenen) değerler ile 2020 yılı için tahmini TFVD'ler hesaplanmıştır. Bu çalışmada TFVD'nin kullanılmasının ana sebebi bu yöntemin zaman içindeki etkinlik değişimlerini ölçmede kullanılan en iyi yöntem olmasıdır. Yaşanan pandemi sürecinin etkinlik değişimine etkilerinin görülebilmesi için 2020 yılında gerçekleşen yolcu ve uçak sayıları ile gerçek TFVD'ler de hesaplanarak, beklenen ve gerçek TFVD'lerin karşılaştırılması yapılmıştır. Elde edilen bulgulara göre yolcu sayısındaki tahmini azalış toplamda % 63 olarak gerçekleşirken uçuş trafiğindeki azalış % 53 olmuştur. Bu oranlar hem Dünya hem de ülkemiz için farklı kaynaklarda açıklanan tahminler ile uyumludur. Ayrıca TFVD'ne göre 2015-2020 döneminde ilgili illerde yıllık ortalama %6 verimlilik artışı beklenirken, pandemi etkisi ile % 41 düşüş gerçekleşmiştir. Endeksteki %40'luk düşüşün temel sebebi teknolojik değişimde gözlemlenen %54'lük düşüştür. İller bazındaki değerlendirmeye göre ilgili dönemde etkinlik değişiminde en çok artış göstermesi beklenen Antalya (%122), İzmir (%75), Muğla (%24), Hatay (%43) gibi turistik yolcuların yoğun olduğu illerde pandeminin etkisi ile dramatik düşüşler yaşanmıştır. İlgili dönemde gerçek veriler dikkate alındığında tüm illerde TFVD endeksinin düştüğü tespit edilmiştir. Verimliliğinde en çok azalış yaşayan iller sırasıyla İstanbul, Ankara ve Konya'dır. Bu çalışmada 2020 yılı için havalimanlarının maliyet ve gelirleri henüz açıklanmadığı için ilgili değerler analize dahil edilememiştir. Yakın gelecekte bu verilerin de açıklanması ile çalışmanın kapsamı genişletilecektir.



### KAYNAKÇA

- Abbott, M. (2015). Reform and efficiency of New Zealand's airports, *Utilities Policy*, 36, s.1-9.
- Akyüz, Y., Yıldız, Y. ve Kaya, Z. (2013). Veri Zarflama Analizi (VZA) Ve Malmquist Endeksi İle Toplam Faktör Verimlilik Ölçümü: Bist'te İşlem Gören Mevduat Bankaları Üzerine Bir Uygulama, *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 27(4), s.110-130.
- Baltazar, M.E., Jardim, J., Alves, P. ve Silva, J. (2014). Air transport performance and efficiency: MCDA vs. DEA approaches, *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 111, s.790-799. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.113>. (10.03.2021).
- Barros, C.P. ve Weber, W.L. (2009). Productivity growth and biased technological change in UK airports, *Transportation Research Part E*, 45, s.642-653.
- Carlucci, F., Cira, A. ve Coccorese, P. (2018). Measuring and Explaining Airport Efficiency and Sustainability: Evidence from Italy, *Sustainability*, 10 (400), s.1-17.
- Chang, Y.-C., Yu, M.-M. ve Chen, P.-C. (2013). Evaluating the performance of Chinese airports, *Journal of Air Transport Management*, 31, s.19-21.
- Chaouk, M., Pagliari, R. ve Moxon, R. (2020) The impact of national macro-environment exogenous variables on airport efficiency, *Journal of Air Transport Management*, 82, s. 1-11.
- DHMI, (2020). Annual Reports, <https://www.dhmi.gov.tr/Sayfalar/FaaliyetRaporlari.aspx>. (07.05.2021).
- DHMI, (2021). İstatistikler, <https://www.dhmi.gov.tr/Sayfalar/Istatistikler.aspx>. (07.05.2021).
- Diana, T. (2010). Can we explain airport performance? A case study of selected New York airports using a stochastic frontier model, *Journal Air Transportation Management*, 16(6), s.310-314.
- Ennen, D. ve Batool, I. (2018). Airport efficiency in Pakistan-A Data Envelopment Analysis with weight restrictions, *Journal of Air Transport Management*, 69, s.205-212.
- Fragoudaki, A., Giokas, D. ve Glyptou, K. (2016). Efficiency and productivity changes in Greek airports during the crisis years 2010-2014, *Journal of Air Transport Management*, 57, s.306-315.
- Gokcel, D. (2009). Perakende Sektöründe Kategori Bazlı Talep Tahmin Ve Sipariş Sistemi Uygulaması, Yayınlanmamış Y.Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi FBE Endüstri Mühendisliği ABD, İstanbul.
- Hong, S. J. ve Domergue, F. (2018). Estimations viability of LCCs business model in Korea, *Journal of International Logistics and Trade*, 16(1), s.11-20.
- ICAO (2021). Economic Impacts of COVID-19 on Civil Aviation, <https://www.icao.int/sustainability/Pages/Economic-Impacts-of-COVID-19.aspx>. (07.05.2021).
- Kale, S. (2009). Veri Zarflama Analizi İle Banka Şubelerinin Performansının Ölçülmesi, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Kadir Has Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Finans Ve Bankacılık Doktora Programı, İstanbul.

- Kılış, Ş. ve Kılış, Ş. (2016). Benchmarking airports based on a sustainability ranking index, *Journal of Cleaner Production*, 130, s.248-259.
- Kirankabes, A. ve Arikan, F. (2011). Devlet hava Meydanlarının Etkinliğinin Veri Zarflama Analizi (VZA) ile Ölçülmesi, *Proceedings of the 12th International Symposium on Econometrics Statistics and Operations Research*, Pamukkale University, s. 39-50.
- Kula, V., Kandemir, T. ve Özdemir, L. (2009). VZA Malmquist Toplam Faktör Verimlilik Ölçüsü: İmkb'ye Koteli Çimento Şirketleri Üzerine Bir Araştırma, *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 9(17), s.186 – 202.
- Kumar, A., Aswin, A ve Gupta, H. (2020). Evaluating green performance of the airports using hybrid BWM and VIKOR methodology, *Tourism Management*, 70, s.1-16.
- Lai, P-L., Potter, A., Beynon, M. ve Beresford, A. (2015). Evaluating the performance of airports using an integrated AHP/DEA-AR technique, *Transport Policy*, 42, s. 75-85.
- Murillo-Melchor, C. (1999). An analysis of technical efficiency and productivity changes in Spanish airports using the Malmquist index, *Int. Journal Transport Economics*, 16 (2), s.271-292.
- Ngo, T. ve Tsui, W.H. (2020). A data-driven approach for estimating airport efficiency under endogeneity: An application to New Zealand airports, *Research in Transportation Business & Management*, 34, s.1-10.
- Özdemir, L. (2019). BİST Sürdürülebilirlik Endeksinde Yer Almanın Verimlilik Üzerine Etkisi: VZA Malmquist Toplam Faktör Verimlilik Analizi, *Uşak Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Yıl: XII Sayı:Haziran-2019, s.33-45.
- Psaraki-Kalouptsidi, V. ve Kalakou, S. (2011). Assessment of efficiency of Greek airports, *Journal of Air Transport Management*, 5 (2), s.170-186.
- Şahin, İ.E. (2019) Türkiye'deki Havalimanlarının Veri Zarflama Analizi ve Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Endeksleri İle Finansal Etkinliklerinin Analizi, *Selçuk Ün. Sos. Bil. Ens. Der.*, (42), s.33-47.
- Sevim, C. ve Bali, Ö. (2008). Avrupa Birliği Üyesi Ve Aday Ülkelerin Tarımsal Etkinliklerinin Karşılaştırılması, *Verimlilik Dergisi*, 3, 21-39.
- SHGM, (2020). Annual Reports, <http://web.shgm.gov.tr/en>. . (07.05.2021)
- STATISTA, (2020).<https://www.statista.com/statistics/564717/airline-industry-passenger-traffic-globally/>. (07.05.2021)
- Ülkü, T. (2015). A comparative efficiency analysis of Spanish and Turkish airports, *Journal of Air Transport Management*, 46, s. 56-68.
- Wanke, P.F. (2013). Physical infrastructure and flight consolidation efficiency drivers in Brazilian airports: a two-stage network-DEA approach, *Journal of Air Transport Management*, 31, s.1-5.
- Wanke, P., Barros, C.P. ve Nwaogbe, O.R. (2016). Assessing productive efficiency in Nigerian airports using Fuzzy-DEA, *Transport Policy*, 49, s.9-19.