



Ardahan Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi

<https://dergipark.org.tr/pub/aruibfdergisi>



ARIMA modeli ile Covid-19 salgınının Türkiye hava taşımacılığı sektörü üzerindeki etkilerinin analizi

Analysis of the effects of the Covid-19 epidemic on the Turkish air transport sector with the ARIMA model

Atilla Aydın^{a*}

^a Öğretim Görevlisi, İstanbul Gelişim Üniversitesi, İstanbul Gelişim Meslek Yüksekokulu, Hava Lojistiği Bölümü, İstanbul, Türkiye, ataydin@gelisim.edu.tr, ORCID: 0000-0002-9265-5930

MAKALE BİLGİSİ

Makale geçmişi:

Başvuru: 4 Ağustos 2021

Kabul: 9 Eylül 2021

Anahtar kelimeler:

Havacılık,
Yolcu Taşımacılığı,
Yük Taşımacılığı,
Covid-19,
ARIMA Modeli

Makale türü:

Araştırma makalesi

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 4 August 2021

Accepted: 9 September 2021

Keywords:

Aviation,
Passenger Transport,
Freight Transport,
Covid-19,
ARIMA Model

Article type:

Research article

ÖZET

Günümüzün küreselleşen dünyasında uluslararası ticaret hacmi her geçen yıl artmaktadır. Bununla birlikte sosyal, kültürel, iktisadi gelişmeler, uluslararası ve ulusal insan hareketliliğini hızlandırmaktadır. Yaşanan bu gelişmeler nedeniyle hız önem kazanmakta ve havayolu taşımacılığı sektörü her geçen yıl büyümektedir. Ancak 2019 yılı sonunda Çin'de ortaya çıkan ve tüm dünyaya hızla yayılan Covid-19 salgını nedeniyle havacılık sektörü büyük bir krize girmiştir. Havacılık sektörünün salgından en fazla etkilenen sektörlerden biri olduğu düşünülmektedir. Bu çalışmanın amacı, Covid-19 salgınının havacılık sektörüne olan olumsuz etkilerini nicel olarak ortaya koymaktır. Bu çerçevede 2020 yılı hiç yaşanmamış varsayılarak ARIMA modeliyle 2020, 2021 ve 2022 yıllarına ait tahminler yapılmıştır. Böylece 2020 yılında gerçekleşen taşımacılık verileri bu tahminlerle karşılaştırılarak yaşanan krizin nicel boyutları ortaya çıkarılmıştır. Ayrıca hava taşımacılığı sektörü, yolcu taşımacılığı ve yük taşımacılığı olarak iki bileşene ayrılmıştır. Salgının yolcu taşımacılığını yük taşımacılığına göre çok daha fazla etkilediği sonucuna ulaşılmıştır.

ABSTRACT

In today's globalizing world, the volume of international trade is increasing every year. However, social, cultural and economic developments accelerate international and national human mobility. Due to these developments, speed gains importance and the air transport sector is growing every year. However, due to the Covid-19 epidemic, which emerged in China at the end of 2019 and spread rapidly all over the world, the aviation industry entered a major crisis. The aviation sector is thought to be one of the sectors most affected by the epidemic. The aim of this study is to quantitatively reveal the negative effects of the Covid-19 epidemic on the aviation industry. In this context, assuming that 2020 never happened, predictions for 2020, 2021 and 2022 were made with the ARIMA model. Thus, the quantitative dimensions of the crisis experienced were revealed by comparing the transportation data in 2020 with these estimates. In addition, the air transport sector is divided into two components as passenger transport and freight transport. It has been concluded that the epidemic affects passenger transportation much more than freight transportation.

* Sorumlu yazar / Corresponding author

E-posta / E-mail: ataydin@gelisim.edu.tr

Atf / Citation: Aydın, A. (2021). ARIMA modeli ile Covid-19 salgınının Türkiye hava taşımacılığı sektörü üzerindeki etkilerinin analizi. *Ardahan Üniversitesi İİBF Dergisi*, 3(2), 118-127.

1. Giriş

Sivil havacılığın dünyada ortaya çıkışının temelleri 1900'li yılların başlarında atılmıştır. Ancak sivil havacılığın askeri havacılıktan ayrılarak bir sektör haline gelmesi İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra gerçekleşmiştir. Askeri uçakların revize edilerek yolcu ve yük taşımacılığı alanlarında değerlendirilmesiyle birlikte sivil havacılık sektörü, karlı bir iş alanına dönüşmüş ve eşzamanlı olarak pek çok ülkede gelişim göstermeye başlamıştır. 1950'li yıllardan itibaren lojistik kavramının işletme literatürüne girmesiyle birlikte hava kargo taşımacılığı da önem kazanmış ve yolcu taşımacılığının yanı sıra havayolu işletmeleri için önemli bir gelir kaynağı haline gelmiştir. Günümüzde işletmelerin lojistik maliyetleri ayrıştırıldığında maliyetlerin %45'inin taşımacılık faaliyetlerinden kaynaklandığı görülmektedir (Bezirci ve Dündar, 2011). Havacılık sektörü, bazı dönemler krize girerek küçülme dönemleri yaşamış olmakla birlikte 1950'lerden itibaren hızlı bir gelişme yaşamıştır. Havacılık sektörünün etkilendiği önemli krizler; 1973 ve 1980 petrol krizleri, körfez savaşları, 2008 küresel krizi, ikiz kulelere yapılan terör saldırısı gibi çeşitli iktisadi ve sosyal olaylar olarak açıklanabilir. Ancak 2019 yılında ortaya çıkan ve 2020 Mart ayında Dünya Sağlık Örgütü tarafından pandemi olarak ilan edilen Covid-19 salgını, sivil havacılık sektörünün yaşadığı en büyük kriz olmuştur. Covid-19 salgınının ortaya çıkmasıyla birçok ülke sınırlarını kapatmış ve özellikle havayolu yolcu taşımacılığı durma noktasına gelmiştir (Craig vd, 2020). Türkiye de salgınla mücadele çerçevesinde önlemler almış ve birçok ülke ile uçuşları durdurmuştur. Bu çalışmanın amacı, Türkiye'de Covid-19 salgınının hava taşımacılığı sektörüne etkilerini nicel olarak ortaya koymaktır. Yöntem olarak ARIMA modeli kullanılmıştır. 2020 yılı hiç yaşanmamış varsayılarak 2020, 2021 ve 2022 yıllarına ait dinamik bir tahmin modeli geliştirilmiştir. Böylece salgının yaşandığı 2020 yılının salgının yaşanmadığı koşullarla karşılaştırması yapılabilmektedir. 2021 ve 2022 yıllarına ait tahminlerin amacı ise sektörün tekrar toparlanma ve krizden çıkış dinamiklerinin ortaya konabilmesidir. Ayrıca havacılık sektörü, yolcu taşımacılığı ve yük taşımacılığı şeklinde ikiye ayrılarak Covid-19 salgınının etkilerinin ayrıştırılması amaçlanmıştır. Çalışmanın girişten sonraki ikinci bölümünde dünyada salgın kapsamında alınan önlemler ve bu önlemlerin sektöre yansımaları açıklanmıştır. Üçüncü bölümde konu, Türkiye havacılık sektörü özelinde incelenmiştir. Dördüncü bölümde literatür taraması yapılmıştır. Beşinci bölümde çalışmanın yöntemi olması bakımından ARIMA modeli ana hatlarıyla açıklanmıştır. Altıncı bölümde çalışmanın bulguları özetlenmiştir. Yedinci bölüm ise sonuç kısmına ayrılmıştır.

2. Dünyada Covid-19 Salgını ve Havayolu Taşımacılığı Sektörü

Covid-19 salgını nedeniyle alınan tedbirlerin havacılık sektörünü direkt etkilediği görülmektedir. Salgın kapsamında alınan ilk önlem, salgının merkezi olan Çin'den diğer ülkelere uçuşların durdurulması olmuştur. Salgın öncelikle Çin'e yakın olan Güney Kore, Hong Kong, Japonya gibi Asya ülkelerine yayılmıştır. Bu çerçevede bu ülkelere yapılan uçuşlara da kısıtlamalar getirilmiştir. Ancak alınan önlemler, salgının yayılmasını engelleyememiş ve salgın kısa süre içinde başta İtalya, İran ve İspanya olmak üzere tüm dünyaya yayılarak havayolu taşımacılığını durma noktasına getirmiştir (Wilson ve Chen, 2020).

2020 yılı mart ayından itibaren seyahat kısıtlamalarının başlamasıyla birlikte uçuş sayılarında tarihte görülmemiş düşüşler ortaya çıkmıştır. IATA verilerine göre 2020 Nisan ayı başında uçuşlar %80 seviyesinde azalma göstermiştir (IATA, 2020). Covid-19 hastalığının en fazla insan

hareketliliği ile yayıldığı tespit edilmesi ve insan hareketliliğinin en fazla havayolu taşımacılığı yoluyla gerçekleşmesi nedeniyle havacılık sektörü, kısıtlamalardan en fazla etkilenen sektör olmuştur. Günümüzün küreselleşen dünyasında salgının yayılması daha kolay olduğundan, insan hareketliliğinin kısıtlanması zorunlu görülmekle birlikte insan hareketliliğinin daha az olduğu hava kargo taşımacılığının da kısıtlamalardan etkilendiği görülmektedir. Hava kargo taşımacılığı, lojistik ve hızın önem kazandığı dünyada artık vazgeçilmez bir taşıma yöntemi olarak öne çıkmaktadır. 2008 yılında tüm dünyada hava kargo ile taşınan yük miktarı 42,3 milyon ton iken, bu rakam 2019 yılında 61,2 milyon ton düzeyine çıkmıştır (Statista, 2020). Covid-19 salgınından önce yolcu uçağı maliyetlerinin ortalama %20'sini kargo ile karşılayan havayolu işletmeleri, salgının başlamasından sonra tüm uçak maliyetlerini kargo gelirleri ile karşılamak durumunda kalmışlardır (UTIKAD, 2021). Havayolu işletmeleri, dünya ölçeğinde 2020 yılında toplam 118 milyar dolar gelir kaybına uğramıştır. Yapılan tahminlere göre 2021 yılı sonunda gelir kaybının 38,7 milyar düzeyinde olacağı düşünülmektedir (IATA, 2021).

Havayolu yolcu ve yük taşımacılığı birbirinden ayrıştırılarak incelendiğinde yük taşımacılığında, bir başka ifadeyle hava kargo pazarında düşüşün yolcu taşımacılığına oranla daha düşük olduğu görülmektedir (Pearce, 2020). Yolcu uçaklarının da önemli bir kargo kapasitesi olmasına rağmen bu kapasitenin pandemi sürecinde kullanılmaması, toplam hava kargo pazarındaki düşüşün kaynağını oluşturmaktadır. Yolcu uçaklarının kargo hacmindeki düşüş, kargo uçaklarının yük hacmindeki artış ile karşılanamamış, 2019 yılında 61,2 milyon ton olan hava kargo yük miktarı, 2020 yılında 54,2 milyon tona inmiştir (IATA, 2020). Bu çerçevede hava kargo sektörünün esasen salgın boyunca kapasitesini arttırdığını, ancak yolcu uçaklarının havalanmaması nedeniyle kargo hacminin düştüğü ortaya çıkmaktadır. EUROCONTROL tarafından yapılan çalışmada havacılık sektörünün 2019 yılı seviyesine 2024 yılında döneceği tahmin edilirken hava kargo için 2021 sonunda tekrar 2019 yılı seviyesini yakalayacağı düşünülmektedir (EUROCONTROL, 2020).

Havayolu işletmeleri, salgının yarattığı kriz koşullarına karşı iktisadi tepkiler vermektedir. Air Canada havayolu işletmesi yönetimi, 1.300 yöneticisi ve 15.200 personeli ile yollarını ayırma kararı almıştır. Çalışmaya devam edecek olanların ise maaşlarında kesinti yapacağını açıklamıştır (CBC, 2020). ABD havayolu işletmesi American Airlines'ta 2.500 pilot işten çıkarılmış, kalan pilotlar, %23 daha az ücretle çalışmaya razı olmuşlardır (Aratami, 2020). Ortadoğu'nun en büyük havayolu firması olan Emirates, çalışanların maaşlarında %25 ile %50 arasında kesintiye gitmek zorunda kalmıştır (Emirates, 2020). British Airways, Lufthansa gibi dev firmalar da benzer açıklamalar yaparak salgın sürecinin etkilerini ortaya koymuşlardır (Karakavuz, 2020). Tüm dünyada devletler, havayolu işletmelerine destek programları uygulayarak iflasları engellemeye çalışmaktadır. Krediler, maaş desteği, vergi muafiyetleri, nakit yardımlar gibi destekler hemen hemen tüm devletler tarafından uygulanmıştır (IATA, 2020). Salgın koşullarında büyük bir belirsizliğin yaşandığı piyasada havayolu işletmelerinin bu destekler olmadan ayakta kalması olanaklı görünmemektedir.

3. Türkiye'de Covid-19 Salgını ve Havayolu Taşımacılığı Sektörü

Türkiye, konumu itibarıyla gerek turizm açısından gerekse uluslararası ticaret açısından seyahat hareketliliğinin yüksek olduğu bir ülkedir. Bu nedenle salgın vakalarının bildirilmesiyle birlikte Türkiye de tedbirler almaya başlamıştır. Uluslararası havayolu taşımacılığı kapsamında alınan

ilk tedbir, salgının merkezi olan Çin'e yapılan uçuşların ve Çin'den Türkiye'ye yapılan uçuşların durdurulması olmuştur. 11 Mart 2020'de Türkiye'de ilk vakanın görülmesiyle birlikte tedbirler arttırılmış, 13 Mart itibariyle Çin'in ardından Güney Kore, İran, İtalya, Irak, İspanya, Almanya, Fransa, Norveç, Danimarka, Avusturya, Belçika, İsveç ve Hollanda'yla da uçuşlar durdurulmuştur. Ayrıca umre ziyaretinden dönen vatandaşlara da karantina uygulanmış ve bu vatandaşlar 14 gün süreyle öğrenci yurtlarında misafir edilmiştir. 17 Mart'ta Avrupa Birliği ülkelerinin sınırlarını kapatmasıyla Avrupa ile yapılan tüm uçuşlar durmuştur. 26 Mart'ta Rusya'nın da sınırlarını kapatmasıyla Rusya uçuşları da durmuştur (Macit ve Macit, 2020). 27 Mart'ta ise Bilim Kurulu'nun önerisiyle tüm dış hat uçuşlar durdurulmuş, iç hatlarda yolculuk yapacak olanlara seyahat izin belgesi kuralı getirilmiştir (SHGM, 2020). Ayrıca iç hat uçuşlarda THY, tek yetkili havayolu işletmesi olarak belirlenmiştir ve diğer havayolu işletmelerinin tüm uçakları yere inmek zorunda kalmıştır. THY, seyahat belgesi olan yolculara yönelik uçuşları gerçekleştirmek üzere çeşitli tedbirler almıştır. Uçuş ekiplerine, uçaklara ve uçak içi malzemelere yönelik olarak tedbirlerin yanı sıra yurt dışından dönen sağlık personellerinin sağlık kontrolleri de THY tarafından yapılmıştır (THY, 2020).

Dış hat seferlerinin tamamen durdurulması ve iç hat seferlerinin THY tekeline verilmesi sonucunda diğer havayolu işletmeleri darboğaza girmiştir. Hava kargo taşımacılığı yapan firmaların uçakları dışında kalan uçaklar yere inmek zorunda kalmıştır. Tablo 1'de 2020 Mart itibariyle havayolu işletmelerinin toplam uçak sayıları ve yerdeki uçak sayıları verilmiştir.

Tablo 1. Türkiye'deki havayolu işletmelerinin 2020 Mart itibariyle yerdeki uçak sayıları

Havayolu	Filo Büyüklüğü	Yerdeki Uçak
THY	357	255
Pegasus	82	82
SunExpress	51	48
Onur Air	27	27
Corendon Group	22	21
Freebird	10	10
Tailwind	5	3
MNG	6	1
ULS	3	0
ACT	5	2
Toplam	568	449

Kaynak: www.airporthaber.com (2020)

Tablo 1'den görüldüğü gibi 2020 yılının mart ayında toplam 568 uçağın 449'u, bir başka ifadeyle toplam uçak filosunun %79'u yere inmiştir. THY için bu oran %71 iken Pegasus, Onur Air ve Freebird firmaları için %100 seviyesindedir. Bu oranlar, sektörün içinde olduğu büyük krizi yansıtmaktadır. MNG, ULS, ACT gibi hava kargo taşımacılığı yapan firmaların ise yolcu taşımacılığı yapan firmalar kadar etkilenmediği de Tablo 1'den görülmektedir.

4. Literatür Taraması

Covid-19 salgınının Türkiye havacılık sektörüne etkileri konusunda sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar, aşağıda kısaca ele alınmıştır. Salgının sonuçları netleştikçe bu çalışmaların sayısının da artacağı öngörülebilir.

Akça (2020), yaptığı çalışmada Covid-19 salgını nedeniyle havacılık sektöründe ortaya çıkan gelişmeleri açıklamış, önceki dönemlerle yolcu sayısı, uçak sayısı, taşınan yük miktarı gibi göstergeleri karşılaştırarak salgının Türkiye havacılık sektörüne etkilerini incelemiştir. Ayrıca salgın karşısında havayolu işletmelerinin aldıkları tedbirler hakkında kapsamlı bilgi verilmiştir.

Macit ve Macit (2020), yaptıkları çalışmada Türkiye sivil havacılık sektöründe Covid-19'a karşı alınan tedbirleri incelemişlerdir. Ayrıca sektördeki firmaların salgının yol açtığı krizi yönetim süreçleri araştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda Covid-19 salgınının küresel havacılığın yaşadığı en büyük kriz olabileceği ve Türkiye havacılık sektörünün bu krizden olumsuz etkileneyeceği saptanmıştır. Veri yetersizliği nedeniyle ampirik bir çalışma yapılamamış ve alınan önlemlerin etkileri konusundaki belirsizliği vurgulanmıştır.

Şen ve Bütün (2021), çalışmalarında Covid-19 salgını nedeniyle krizde bulunan havayolu işletmelerinin krizden çıkış koşullarını araştırmışlardır. Çalışanların işverenler ile kısa süreli sözleşme yaptıkları piyasalar olarak tanımlanan GIG ekonomisinin havacılık sektörü için uygun bir model olacağı, çalışmanın çıktısını oluşturmuştur.

Saban ve Trabzon (2021), yaptıkları çalışmada Covid-19 salgınının havayolu işletmelerinin performanslarını ne şekilde etkilediğini karşılaştırmalı oran analizi yöntemiyle araştırmışlardır. THY özelinde yapılan çalışmada işletmenin akaryakıt maliyetlerinden olumlu yönde etkilendiği, hava trafiğinin yarı yarıya düşüşü yaşadığı, kargo ve posta kalemlerinin olumsuz etkilenmediği sonuçlarına varılmıştır.

Canlı ve Özdemir (2021), yaptıkları çalışmada BIST100 endeksinde yer alan havayolu işletmelerinin Covid-19 sürecinde 2019-2020 yıllarına ait ara dönem finansal raporlarını kullanarak firmaların finansal performanslarını ve sektöre özgü göstergelerini kıyaslamışlardır. Çalışmanın sonucunda Covid-19 salgınının Türkiye havacılık sektöründe olumsuz etkilere yol açtığı ve bu olumsuz etkilerin daha çok ikinci ve üçüncü çeyrekte hissedildiği sonucuna ulaşmışlardır. Ayrıca içerik analizi yöntemiyle finansal dipnotlar incelenmiş, işletmelerin finansal raporlarında Covid-19'a ilişkin açıklamaların yer aldığı, ancak işletmeler arasında farklılıklar olduğu tespit edilmiştir.

Literatürdeki çalışmalar genel olarak göstergeler üzerinden yapılan analizler ve havayolu işletmelerinin verdiği tepkiler üzerinde yoğunlaşmaktadır. Ayrıca Covid-19 salgınına karşı alınan tedbirlerin yol açtığı hasarlara da çalışmalarda yer verilmiş, firmaların bu süreci yönetim biçimleri irdelenmiştir. Bu çalışmanın farkı, nicel bir model ortaya koyarak sektördeki küçülmenin boyutlarını ortaya koymasındadır. Bu çerçevede ARIMA yöntemiyle bir modelleme yapılmıştır. Ayrıca bu çalışmada literatürdekilerden farklı olarak havayolu yolcu taşımacılığı ve yük taşımacılığı ayrı ayrı ele alınmıştır. Böylece daha geniş bir perspektif yakalanmaya çalışılmış ve salgının havayolu taşımacılığına etkisi ayrıştırılabilmektedir.

5. Veri Seti ve Yöntem

Bu çalışmada kullanılan veriler, TÜİK tarafından havaalanlarındaki yolcu ve yük trafiği tablolarından elde edilmiştir. Tablo 2, 1980 yılı sonrası için yolcu ve yük trafiği verilerini özetlemektedir. Analizde seriler ait verilerin logaritmik değerleri kullanılmıştır. Bu çalışmada öncelikle 2020 yılı ve dolayısıyla Covid-19 yılı yaşanmamış varsayılmıştır. Bu çerçevede 1980-2019 yılları arası veriler kullanılarak 2020 yılına yönelik tahmin çalışması yapılmıştır. Tahmin yöntemi olarak ARIMA modeli kullanılmıştır. Böylece eğer Covid-19 salgınının yaşandığı 2020 yılının

gerçek değerleri ile tahmin değerleri karşılaştırılarak Covid-19 salgınının etkileri nicel olarak ortaya konmaya çalışılmıştır.

Tablo 2. Türkiye havaalanlarında toplam yolcu ve yük trafiği (1980-2020)

Yıl	Yolcu (Kişi)	Yük (Ton)
1980	3.458.165	75.442
1981	4.641.772	95.068
1982	4.669.648	92.279
1983	5.387.791	98.404
1984	6.132.361	121.568
1985	6.323.448	133.082
1986	6.869.986	153.349
1987	8.903.699	188.489
1988	10.840.179	226.813
1989	11.843.563	270.983
1990	13.629.965	301.403
1991	11.019.464	245.123
1992	16.495.118	363.992
1993	20.674.531	461.836
1994	22.334.286	491.750
1995	27.767.379	576.920
1996	30.780.662	652.565
1997	34.396.334	791.780
1998	34.199.679	725.910
1999	30.011.658	686.014
2000	34.972.534	796.627
2001	33.620.448	763.156
2002	33.755.452	880.133
2003	34.424.340	931.191
2004	45.034.589	1.123.108
2005	55.545.473	1.249.555
2006	61.684.203	1.346.989
2007	70.352.867	1.546.025
2008	79.438.289	1.644.014
2009	85.508.508	1.726.345
2010	102.800.392	2.021.076
2011	117.620.469	2.249.474
2012	130.351.620	2.249.133
2013	149.430.421	2.595.316
2014	165.720.234	2.893.000
2015	181.074.531	3.072.831
2016	173.743.537	3.076.914
2017	193.045.343	3.481.211
2018	210.498.164	3.855.231
2019	208.373.696	4.090.168
2020	81.616.140	2.490.521

Kaynak: TÜİK (2020)

Tablo 2'deki 2020 değerleri yok sayılarak 2020, 2021 ve 2022 değerleri ARIMA yöntemiyle tahmin edilecektir. Böylece 2020 itibarıyla hava taşımacılığı sektöründeki pandemi etkisinin nicel boyutunun gözlemlenebilmesi hedeflenmektedir. 2021 ve 2022 tahminleri ile de sektörün krizden çıkış süreci ile ilgili önsel bir bilgi ortaya konması amaçlanmaktadır.

Zaman serisi analizinin temelini oluşturan Otoregresif Hareketli Ortalamalar Modeli (ARMA), otoregresif (AR) ve hareketli ortalama (MA) olmak üzere iki ayrı bileşenden oluşmaktadır. Otoregresif süreçlerin genel biçimi olan p. dereceden otoregresif süreç, yani AR (p) süreci aşağıdaki gibi gösterilmektedir (Hamilton, 1994: 56):

$$r_t = \phi_0 + \phi_1 r_{t-1} + \phi_2 r_{t-2} + \phi_3 r_{t-3} + \dots + \phi_p r_{t-p} + \varepsilon_t \quad (1)$$

Yukarıdaki (1) numaralı denklemde p değeri AR sürecinin gecikme uzunluğunu ifade etmektedir. Literatüre Yule (1927) tarafından kazandırılan otoregresif modelde sadece tek bir değişken bulunmamaktadır. Bu değişkenin cari dönem değeri, aynı değişkenin geçmiş dönem değerleri ile şokları ifade eden saf hata teriminin doğrusal bir fonksiyonu olarak tanımlanmaktadır (Brooks, 2008). Modelde şokları ifade eden (ε_t), hata terimi olarak da adlandırılmakta ve sıfır ortalama ve sabit varyansla bağımsız ve normal dağılan saf hata sürecine sahip bir seri olarak varsayılmaktadır. Zayıf durağan r_t serisi için AR (p) modelinin ortalaması aşağıdaki gibidir (Tsay, 2010):

$$E(r_t) = \mu = \frac{\phi_0}{1 - \phi_1 - \phi_2 - \dots - \phi_p} \quad (2)$$

Zayıf durağanlık, stokastik sürecin sadece ilk iki momentinin zamandan bağımsız olmasını gerektirmektedir. Zaman serisi verisinin ortalaması ile varyansı zaman içinde sabit ve serinin iki değeri arasındaki otokovaryans, ortak varyansın hesaplandığı zamana değil, iki zaman arasındaki uzaklığa bağlıysa zaman serisi zayıf durağan olarak adlandırılmaktadır (Enders, 2010: 54). AR (p) modelinin durağan olması, $\phi_1 + \phi_2 + \phi_3 + \dots + \phi_p < 1$ sınırlamasının gerçekleşmesi ile mümkün olmaktadır. AR (p) sürecinin otokovaryans fonksiyonu ise aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır:

$$\gamma_l = \phi_1 \gamma_{l-1} + \phi_2 \gamma_{l-2} + \phi_3 \gamma_{l-3} + \dots + \phi_p \gamma_{l-p} \quad (3)$$

AR (p) sürecinin varyansı ise aşağıdaki gibidir:

$$\gamma_0 = \phi_1 \gamma_1 + \phi_2 \gamma_2 + \phi_3 \gamma_3 + \dots + \phi_p \gamma_p + \sigma^2 \quad (4)$$

(3) numaralı denklemdeki otokovaryans fonksiyonu, (4) numaralı denklemdeki varyans değerine bölünerek AR (p) sürecinin otokorelasyon fonksiyonunun elde edilmesi mümkündür. Bu durumda otokorelasyon fonksiyonu, aşağıdaki gibi elde edilebilmektedir:

$$\rho_l = \phi_1 \rho_{l-1} + \phi_2 \rho_{l-2} + \phi_3 \rho_{l-3} + \dots + \phi_p \rho_{l-p} \quad (5)$$

AR (p) süreci için uygulamada modelin derecesi (p) bilinmemektedir. Ancak modelin başarısı, gecikme uzunluğunun (p) doğru tespit edilmesine bağlı olmaktadır. Gecikme uzunluğunun tespiti için modele ait kısmi otokorelasyon fonksiyonu veya bilgi kriterleri kullanılmaktadır. Kısmi otokorelasyonlar, r_t ile r_{t-p} arasındaki otokorelasyonu bu iki gözlem arasındaki gecikmelerin etkisinden arındırarak hesaplamaktadır. AR (p) modelinde $l > p$ için r_t ile r_{t-l} arasında doğrudan ilişki bulunmamaktadır. AR (p) sürecinin p'den büyük gecikmeler için kısmi otokorelasyon katsayıları sıfır olacaktır. Kısmi otokorelasyon katsayılarının bu özelliği, AR (p) modelinin gecikme derecesinin belirlenmesinde yardımcı olmaktadır. Durağan bir AR (p) sürecinin örnek otokorelasyon fonksiyonu, sonuç olarak p. gecikmede kesilmektedir (Çil, 2018). Otoregresif modelin gecikme derecesinin belirlenmesinde kullanılan diğer bir yöntem ise bilgi kriterlerinin kullanılmasıdır. Bilgi kriterleri; Akaike (1973), Schwarz-Bayesian (1978) ve Hannan-Quinn (1979) bilgi kriterleri olarak bilinmektedir. Bilgi kriterleri, iki bileşeni içermektedir. Bunlardan ilki, kalıntıların karelerinin toplamı, ikincisi ise ilave edilen her parametrenin neden olduğu serbestlik derecesi kaybı için modelin tabi tutulduğu ceza bileşeni olarak açıklanmaktadır. Böylece modele ilave edilen her yeni gecikme, kalıntıların karelerinin değerini düşürürken ceza teriminin

değerini arttırmaktadır (Brooks, 2008). AR (p) modelinin uygun gecikme derecesinin belirlenmesinden sonraki aşama, modelin tahmin edilmesidir. Otoregresif modellerin tahmin edilmesinde genellikle En Küçük Kareler Yöntemi kullanılmaktadır. Tahminin uygulamasına (p+1) gözlemden başlanmaktadır. AR (p) modeli, En Küçük Kareler Yöntemi yanı sıra Koşullu Benzerlik Yöntemi ile de tahmin edilebilmektedir. Normallik varsayımı altında her iki tahmin yöntemi de aynı sonucu verecek, modelin parametre tahminleri değişmeyecektir. Ancak hata teriminin varyansının tahmini farklı olacaktır (Tsay, 2010).

Hareketli ortalamalar (MA) süreci de otoregresif modeller gibi oldukça kullanışlı modeller olarak bilinmektedir. Otoregresif süreçlerin durağanlığı, parametrelere getirilen kısıtlamalara bağlıyken hareketli ortalamalar süreçleri için böyle kısıtlamalar söz konusu olmayıp, hareketli ortalamalar süreçlerinin tamamı durağandır (Çil, 2018). MA (q) süreci aşağıdaki gibi ifade edilmektedir (Hamilton, 1994: 64):

$$r_t = \phi_0 + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \theta_2 \varepsilon_{t-2} + \theta_3 \varepsilon_{t-3} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q} + \varepsilon_t \quad (6)$$

Burada ϕ_0 ve θ_1 , modelin bilinmeyen parametreleri, ε_t ise saf hata süreci olarak ifade edilmektedir. r_t, ε_t 'nin ağırlıklı ortalaması olup, ağırlıklı ortalama zaman içinde hareket ettiği için süreç hareketli ortalamalar olarak tanımlanmaktadır (Agung, 2009). Bu sürece göre r_t 'nin cari dönemdeki değeri hem cari dönemdeki şoka hem de önceki dönemdeki şoka bağlı olmaktadır. Yüksek dereceli hareketli ortalamaların istatistiksel özellikleri aşağıdaki gibi ifade edilmektedir (Sevütekin ve Çınar, 2017).

Burada ϕ_0 ve θ_1 , modelin bilinmeyen parametreleri, ε_t ise saf hata süreci olarak ifade edilmektedir. r_t, ε_t 'nin ağırlıklı ortalaması olup, ağırlıklı ortalama zaman içinde hareket ettiği için süreç hareketli ortalamalar olarak tanımlanmaktadır (Agung, 2009). Bu sürece göre r_t 'nin cari dönemdeki değeri hem cari dönemdeki şoka hem de önceki dönemdeki şoka bağlı olmaktadır. Yüksek dereceli hareketli ortalamaların istatistiksel özellikleri aşağıdaki gibi ifade edilmektedir (Sevütekin ve Çınar, 2017):

$$E(r_t) = \phi_0 = \mu \quad (7)$$

Burada ϕ_0 ve θ_1 , modelin bilinmeyen parametreleri, ε_t ise saf hata süreci olarak ifade edilmektedir. r_t, ε_t 'nin ağırlıklı ortalaması olup, ağırlıklı ortalama zaman içinde hareket ettiği için süreç hareketli ortalamalar olarak tanımlanmaktadır (Agung, 2009). Bu sürece göre r_t 'nin cari dönemdeki değeri hem cari dönemdeki şoka hem de önceki dönemdeki şoka bağlı olmaktadır. Yüksek dereceli hareketli ortalamaların istatistiksel özellikleri aşağıdaki gibi ifade edilmektedir (Sevütekin ve Çınar, 2017).

Yukarıdaki (7) numaralı denklemden görüldüğü gibi MA (q) sürecinin ortalaması, sürecin sabit parametresine eşit olmaktadır. Sürecin varyansı ise şu şekildedir:

$$\gamma_0 = (1 + \theta_1^2 + \theta_2^2 + \theta_3^2 + \dots + \theta_q^2) \sigma_\varepsilon^2 \quad (8)$$

MA (q) modelinin kovaryans fonksiyonu ise aşağıdaki gibi elde edilmektedir:

$$\gamma_k = \begin{cases} (\theta_k + \theta_{k+1}\theta_1 + \theta_{k+2}\theta_2 + \theta_{k+3}\theta_3 + \dots + \theta_q\theta_{q-k})\sigma_\varepsilon^2 & k = 1, 2, 3, \dots, q \\ 0 & k > q \end{cases} \quad (9)$$

Son olarak MA (q) sürecinin otokorelasyon fonksiyonu aşağıdaki gibi bulunmaktadır:

$$\rho_k = \begin{cases} \frac{\theta_k + \theta_{k+1}\theta_1 + \theta_{k+2}\theta_2 + \theta_{k+3}\theta_3 + \dots + \theta_q\theta_{q-k}}{1 + \theta_1^2 + \theta_2^2 + \theta_3^2 + \dots + \theta_q^2} & k = 1, 2, 3, \dots, q \\ 0 & k > p \end{cases} \quad (10)$$

Yukarıdaki (10) numaralı denklemden otokorelasyon fonksiyonu q gecikmeden sonra sıfır değerini almaktadır. MA (q) modelinde gecikme derecesinin belirlenmesinde örneklem otokorelasyon fonksiyonundan yararlanılmaktadır. Sıfırdan farklı ve çok uzun olmayan gecikmelerde hesaplanan otokorelasyonlar, MA sürecinin derecesini belirlemeye yardımcı olmaktadır (Pindyck ve Rubinfeld, 1991). MA (q) modellerin tahmini, AR (p) modellerinden farklı olmaktadır. En Küçük Kareler Yöntemi ile tahmin edilen bir regresyon modelinde bir bağımlı değişken ve bu bağımlı değişkeni açıklayan bir veya birden fazla açıklayıcı değişken bulunmaktadır. AR (p) modellerde bağımsız değişkenler, bağımlı değişkenin gecikmeli değerleridir. MA (q) modelinde ise bağımsız değişkenler (6) numaralı denklemden de görüldüğü gibi saf hata terimleridir. Ancak saf hata dizisinin değerleri bilinmemektedir. Bu nedenle MA (q) modeli doğrudan tahmin edilememektedir. MA (q) modeli doğrudan tahmin edilemeyeceği için Koşullu En Çok Benzerlik Yöntemi ile tahmin edilebilmektedir (Çil, 2018).

Zaman serisinin dinamik yapısının belirlenebilmesi için AR ve MA modelinin kullanıldığı durumlarda çok sayıda parametreye ihtiyaç duyulabilmektedir. Bu durum, modellerin derecesinin yükselmesine neden olmaktadır. Bu engeli aşabilmek için Otoregresif Hareketli Ortalamalar Modeli (ARMA) önerilmektedir (Tsay, 2010). Hem otoregresif hem de hareketli ortalamalar terimlerini içeren bu süreç ARMA (p, q) olarak adlandırılmakta ve aşağıdaki gibi ifade edilmektedir (Nolte ve Voev, 2007).

$$r_t = \phi_0 + \phi_1 r_{t-1} + \phi_2 r_{t-2} + \dots + \phi_p r_{t-p} + \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \theta_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (11)$$

Zaman serisinin dinamik yapısının belirlenebilmesi için AR ve MA modelinin kullanıldığı durumlarda çok sayıda parametreye ihtiyaç duyulabilmektedir. Bu durum, modellerin derecesinin yükselmesine neden olmaktadır. Bu engeli aşabilmek için Otoregresif Hareketli Ortalamalar Modeli (ARMA) önerilmektedir (Tsay, 2010: 64). Hem otoregresif hem de hareketli ortalamalar terimlerini içeren bu süreç ARMA (p, q) olarak adlandırılmakta ve aşağıdaki gibi ifade edilmektedir (Nolte ve Voev, 2007).

Bu denklemden ε_t saf hata sürecini ifade etmektedir, p ve q ise negatif olmayan tam sayılardır. Eğer ARMA modelin karakteristik denkleminde hesaplanan köklerinden bir veya birden fazlasının mutlak değeri 1'e eşitse, bu model Otoregresif Bütünleşik Hareketli Ortalamalar Modeli olarak adlandırılmakta ve ARIMA (p, d, q) olarak gösterilmektedir. Burada d, 1'e eşit birim köklerin sayısını ifade etmektedir. Bu model durağan olmayan bir süreç olup, d defa farkı alınarak durağan hale getirilebilmektedir (Çil, 2018). Örneğin ARIMA (1, 1, 1) modeli aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$\Delta^d r_t = \phi_0 + \phi_1 \Delta^d r_{t-1} + \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} \quad (12)$$

Bu denklemden d, 1'e eşittir. Dolayısıyla r_t serisinin bir kez farkı alınarak durağan hale getirilmesi mümkün olmaktadır. Zaman serisi modelinin seçiminde Box ve Jenkins tarafından önerilen yöntem, en yaygın kullanılan yöntemdir. Bu çalışmada da modelin belirlenmesi Box-Jenkins yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Box-Jenkins'in model seçimi için önerdiği iki kriter, modelin en az parametreye sahip olması ve çevrilebilirlik özelliğinin gerçekleşmesidir (Çil, 2018). Box-Jenkins yöntemi; tanımlama, tahmin ve tanımlayıcı testler olmak üzere üç aşamadan oluşmaktadır

(Rachev vd, 2007). İlk aşamada zaman serisinin durağanlığı araştırılmaktadır. Seri durağan ise serinin otoregresif ve hareketli ortalamalar dereceleri (p ve q) belirlenmektedir. Seri durağan değilse kaç kez fark alındığında durağanlaştığı araştırılır, bir başka ifadeyle d değeri tespit edilmektedir. Ardından d defa fark alınmış serinin otoregresif derecesi ve hareketli ortalamalar derecesi belirlenmektedir (Enders, 2010). Gecikme değerleri (p ve q) belirlendikten sonra dönüştürülen modellerin otokorelasyon özelliklerine göre aday ARIMA modelleri belirlenmektedir. Böylece her bir aday model için ana kütle hata teriminin varyansı ve modelin parametreleri tahmin edilmektedir. Son aşama ise aday modeller arasından en uygun modelin seçilmesidir. Modelin tahmininden elde edilen kalıntıların temiz dizi olması, modelin başarısı için önem arz etmektedir. Tahmin edilen model, tanımlayıcı testlerden geçemezse alternatif modeller değerlendirilmektedir (Çil, 2018).

6. Bulgular

Bu çalışmada hava taşımacılığı sektörü, yolcu taşımacılığı ve yük taşımacılığı olarak ikiye ayrılmıştır. Bu nedenle bulgular iki ayrı başlık altında incelenmiştir.

6.1. Yolcu Taşımacılığı

Öncelikle yolcu taşımacılığı serisinin durağanlığını araştırmak gerekmektedir. Serinin yapısı incelendiğinde modelin sabitli olduğu ve trend içerdiği tahmin edilmiştir. Bu nedenle durağanlığın tespiti için yapılan birim kök testlerinde hem sabitli model hem de sabit ve trendli model kullanılmıştır. Tablo 3, uygulanan birim kök testlerinin sonuçlarını göstermektedir. Tabloda test istatistikleriyle birlikte köşeli parantez içinde alt alta sırasıyla %1 ve %5 düzeyinde kritik değerler verilmiştir. Hem ADF hem de PP birim kök testlerinde düzey değerleri için test yapıldığında test istatistiklerinin kritik değerlerden büyük olduğu görülmektedir. Bu durumda düzey değerleri için serinin birim köklü olduğunu söyleyen H_0 temel hipotezi reddedilememektedir. Dolayısıyla seri durağan değildir. Ancak serinin bir kere fark alındığında her iki birim kök testine göre de seri durağan hale gelmektedir. Bu çalışma için buradan elde edilecek sonuç ARIMA (p, d, q) modeli için d değerinin 1 olduğudur. Bir başka ifadeyle seri birinci dereceden bütünseliktir.

Tablo 3. Logyolcu serisinin birim kök testi sonuçları

Test	Düzye		Birinci Fark	
	Sabitli Model	Sabit ve Trendli Model	Sabitli Model	Sabit ve Trendli Model
ADF	-1.292343	-2.500302	-6.846161(*)	-6.820430(*)
	[-3.610453]	[-4.211868]	[-3.615588]	[-4.219126]
	[-2.938987]	[-3.529758]	[-2.941145]	[-3.533083]
PP	-1.292343	-2.560793	-6.835062(*)	-6.820430(*)
	[-3.610453]	[4.211868]	[-3.615588]	[-4.219126]
	[-2.938987]	[-3.529758]	[-2.941145]	[-3.533083]

*Serinin %1 anlamlılık düzeyinde durağan olduğunu göstermektedir.

Serinin birinci farkı alındığında durağan olduğu belirlendikten sonra Box-Jenkins yöntemine göre ikinci aşamada, farkı alınmış serinin otoregresif ve hareketli ortalamalar derecesinin (p ve q) belirlenmesi gerekmektedir. Modelin derecelerini belirlemek amacıyla AR (1) modelinden başlayarak aday modeller belirlenmiştir. Tüm aday modellerin

tahmininde Koşullu En Küçük Kareler Yöntemi kullanılmıştır. Tablo 4'te AR (1) modeline ait parametre tahmin değerleri verilmiştir.

Tablo 4. Birinci farkı alınmış logyolcu serisi AR (1) modeli

Değişken	Katsayı	Standart Hata	t İstatistiği	Olasılık
C	0.043813	0.007170	6.130514	0.0000
AR (1)	-0.106714	0.161655	-0.660136	0.5134

Tablo 4'ten görüldüğü gibi AR (1) modelinde AR (1) katsayısı istatistiksel olarak anlamsızdır. Uygun modelin belirlenmesi için ardından AR (2) modeli denenmiştir. AR (2) modeli sonuçları Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Birinci farkı alınmış logyolcu serisi AR (2) modeli

Değişken	Katsayı	Standart Hata	t İstatistiği	Olasılık
C	0.044679	0.007367	6.064766	0.0000
AR (1)	-0.079220	0.172723	-0.458656	0.6494
AR (2)	-0.034942	0.166321	-0.280089	0.8349

Tablo 5'ten görüldüğü gibi hem AR (1) hem de AR (2) katsayısı istatistiksel olarak anlamsızdır. Sonraki aşamada MA (1) modeli denenmiş ve sonuçları Tablo 6'da özetlenmiştir.

Tablo 6. Birinci farkı alınmış logyolcu serisi MA (1) modeli

Değişken	Katsayı	Standart Hata	t İstatistiği	Olasılık
C	0.045526	0.007000	6.503309	0.0000
MA (1)	-0.129347	0.165229	-0.782837	0.4387

Tablo 6'daki değerler incelendiğinde MA (1) katsayısının istatistiksel olarak anlamsız olduğu görülmektedir. Denemeye MA (2) modeli ile devam edilmiştir. MA (2) modeli sonuçları Tablo 7'de özetlenmiştir.

Tablo 7. Birinci farkı alınmış logyolcu serisi MA (2) modeli

Değişken	Katsayı	Standart Hata	t İstatistiği	Olasılık
C	0.045532	0.007051	6.457807	0.0000
MA (1)	-0.127158	0.169062	-0.752140	0.4569
MA (2)	-0.008951	0.169260	-0.052884	0.9581

Tablo 7'deki MA (2) modeli değerlerine göre gerek MA (1) gerekse MA (2) katsayıları istatistiksel olarak anlamsızdır. Bu durumda ARMA (1,1) modeli denenmiştir ve sonuçları Tablo 8'de özetlenmiştir. Bu model, Logyolcu serisi için ARIMA (1, 1, 1) modelidir.

Tablo 8. Birinci farkı alınmış logyolcu serisi ARMA (1,1) modeli

Değişken	Katsayı	Standart Hata	t İstatistiği	Olasılık
C	0.044051	0.007711	5.713031	0.0000
AR (1)	-0.349822	0.478964	-0.730373	0.4700
MA (1)	0.301951	0.512342	0.589355	0.5594

Tablo 8'den görüldüğü gibi AR (1) ve MA (1) katsayıları istatistiksel olarak anlamsızdır. Bu model de elenmiş ve ARMA (2, 1) modeline geçilmiştir. Birinci farkı alınmış seriye ait ARMA (2, 1) modeli, Logyolcu serisi için ARIMA (2, 1, 1) modelini ifade etmektedir. Bu modele ait değerler Tablo 9'da özetlenmiştir.

Tablo 9. Birinci farkı alınmış logyolcu serisi ARMA (2, 1) modeli

Değişken	Katsayı	Standart Hata	t İstatistiği	Olasılık
C	0.044462	0.007226	6.153377	0.0000
AR (1)	-0.742196	0.700317	-1.059801	0.2969
AR (2)	-0.156279	0.172498	-0.905974	0.3715
MA (1)	0.665978	0.693359	0.960509	0.3438

Tablo 9 incelendiğinde sabit dışındaki tüm katsayıların istatistiksel olarak anlamsız olduğu görülmektedir. Bundan sonraki aday model, birinci farkı alınmış seriye ait ARMA (1, 2) modelidir. Bir başka ifadeyle Logyolcu serisi için aday model, ARIMA (1, 1, 2) modelidir. Bu modelin değerleri, Tablo 10'da özetlenmiştir.

Tablo 10. Birinci farkı alınmış logyolcu serisi ARMA (1, 2) modeli

Değişken	Katsayı	Standart Hata	t İstatistiği	Olasılık
C	0.044352	0.007096	6.250587	0.0000
AR (1)	-0.434327	0.501197	-0.866580	0.3922
MA (1)	0.378952	0.523003	0.724571	0.4737
MA (2)	-0.119640	0.173334	-0.690227	0.4947

Tablo 10'dan görüldüğü gibi bu modelde de sabit terim dışındaki tüm katsayılar istatistiksel olarak anlamsızdır. Bir sonraki aday model, birinci farkı alınmış Logyolcu serisine ait ARMA (2, 2) modelidir. Tablo 11'de bu modelin değerleri görülmektedir.

Tablo 11. Birinci farkı alınmış logyolcu serisi ARMA (2, 2) modeli

Değişken	Katsayı	Standart Hata	t İstatistiği	Olasılık
C	0.042895	0.008618	4.977489	0.0000
AR (1)	-1.587011	0.097223	-16.32348	0.0000
AR (2)	-0.780695	0.099806	-7.822125	0.0000
MA (1)	1.752315	0.053803	32.56899	0.0000
MA (2)	0.895520	0.049171	18.21233	0.0000

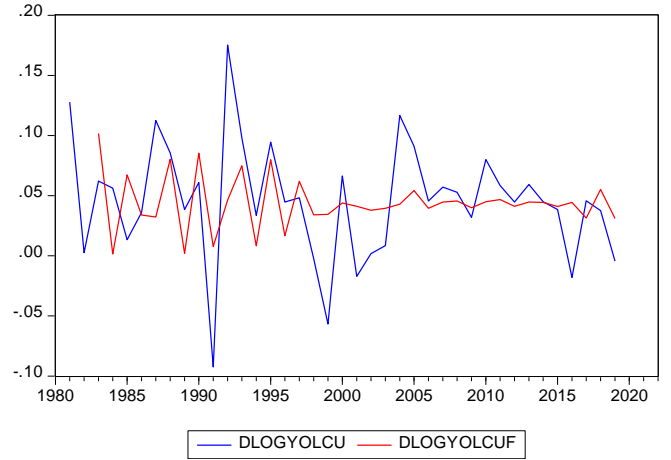
Tablo 11 incelendiğinde tüm katsayıların istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Box-Jenkins yöntemine göre en az sayıda parametre esas olduğu için daha üst gecikmelerdeki modeller denenmemiştir. Böylece modelin otoregresif (p) ve hareketli ortalamalar (q) dereceleri belirlenmiştir. Daha önce d değeri 1 olarak belirlendiğine göre kullanılacak tahmin modeli ARIMA (2, 1, 2) modeli olarak tespit edilmiştir. Modelin doğrulanması için kalıntılarda otokorelasyon problemi olmaması gerekmektedir. Durbin-Watson istatistiğinin 2 değerine yakın olması, otokorelasyon olmadığına dair fikir vermektedir. ARIMA (2, 1, 2) modeli için Durbin Watson istatistiği 2.162354 olarak bulunmuştur. Bir başka ifadeyle otokorelasyon problemi gözükmemektedir. Ancak modelin kalıntılarının temiz diziyeye sahip olması önem arz etmektedir. Modele ait korelogram incelenmiş, otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon değerleri Tablo 12'de özetlenmiştir.

Tablo 12. Modele ait kalıntıların otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon değerleri

Otokorelasyon	Kısmi Otokorelasyon	Q İstatistiği	Olasılık
1	-0.101	-0.101	0.4090
2	-0.009	-0.019	0.4120
3	0.058	0.056	0.5561

4	-0.101	-0.091	1.0001	0.910
5	-0.008	-0.026	1.0030	0.962
6	-0.102	-0.113	1.4877	0.960
7	-0.274	-0.295	5.0878	0.649
8	0.255	0.203	8.3302	0.402
9	-0.214	-0.204	10.697	0.297
10	-0.036	-0.063	10.765	0.376
11	-0.087	-0.213	11.185	0.428
12	-0.005	-0.009	11.186	0.513
13	-0.001	-0.133	11.186	0.595
14	-0.107	-0.207	11.905	0.614
15	-0.052	-0.074	12.081	0.673
16	0.097	-0.186	12.729	0.692

Tablo 12 incelendiğinde olasılık değerlerinin 0.01'den büyük olduğu görülmektedir. Bir başka ifadeyle kalıntıların temiz diziyeye sahip olduğu anlaşılmaktadır. Tahmin edilen model, tanımlayıcı testlerden geçtiğine göre bu aşamada öngörünün yapılmasına geçilmiştir. Öncelikle modelin statik öngörüsü yapılmış, ileriye yönelik öngörü yapılmamıştır. Statik öngörü, 1980-2019 arasındaki değerlerin tahmin modelinin gerçekleşmiş değerlere uyumunu göstermektedir. Şekil 1'de seriye ait gerçekleşmiş değerler ile tahmin modeli değerleri birlikte verilmiştir.



Şekil 1. Seriyeye ait gerçekleşmiş değerler ve statik öngörü değerleri

Şekil 1'de mavi grafik gerçekleşmiş değerleri, kırmızı grafik ise statik öngörü değerlerini ifade etmektedir. Grafiklerin yapısı incelendiğinde modelin gerçekleşmiş değerlerle uyumlu olduğu görülmektedir. Ayrıca modelin denenmesi açısından 2018 yılı da tahmin edilmiş ve 213.409.623 ton olarak bulunmuştur. 2018 yılının gerçekleşen değeri 210.498.164 olarak bilindiğine göre model gerçeğe uygun görünmektedir. Modelin uyumlu olduğu ve tanımlayıcı testlerden geçtiği görüldükten sonra dinamik öngörü aşamasına geçilmiştir. Bu aşamada ARIMA (2, 1, 2) modeline göre 2020, 2021 ve 2022 yıllarına ait öngörüler hesaplanmıştır. 2020 yılı hiç yaşanmamış varsayılarak 2020, 2021 ve 2022 yıllarına ait ARIMA (2, 1, 2) modeli tahminleri Tablo 13'te verilmiştir.

Tablo 13. Yolcu sayılarının ARIMA (2, 1, 2) tahminleri

Yıl	Tahmin
-----	--------

2020	210.498.013
2021	234.051.808
2022	254.799.165

Tablo 13, Covid-19 salgınının yaşanmadığı varsayılarak yapılan tahminleri ifade etmektedir. DHMİ (2021) verilerine göre 2020 yılı toplam yolcu sayısı 81.616.140 olarak gerçekleşmiştir. Bu çerçevede bakıldığında Türkiye’de havayolu yolcu taşımacılığı sektörünün salgın nedeniyle yaşadığı krizin boyutları net olarak ortaya çıkmaktadır. Eğer pandemi süreci yaşanmasaydı tahmini olarak 210.498.013 yolcuya hizmet verilecekken pandemi koşullarında bu sayı 81.616.140 olarak gerçekleşmiştir. 2021 yılı için de sektör açısından yine bir kriz yılı olacağı anlaşılmaktadır. DHMİ istatistiklerine göre 2021 yılı haziran sonu toplam yolcu sayısı 40.215.841 olarak kayda geçmiştir. Hâlbuki tahmin modeline göre salgın süreci yaşanmasaydı 2021 yılı sonu tahmini yolcu sayısı 234.051.808 olarak hesaplanmıştır. Havayolu yolcu taşımacılığı alanındaki krizin nicel boyutu böylece ortaya konmuştur. Bu aşamadan sonra yük taşımacılığı için bir ARIMA modeli kurularak benzer yöntemle havayolu yük taşımacılığının salgından nasıl etkilendiği analiz edilecektir.

6.2. Yük Taşımacılığı

Havayolu yük taşımacılığı verileri de yolcu taşımacılığında olduğu gibi logaritmik değerleriyle analize tabi tutulmuştur. Box-Jenkins yaklaşımı çerçevesinde öncelikle serinin durağanlığı araştırılmış ve yapılan birim kök testlerinin sonuçları Tablo 14’te verilmiştir. Tablo içinde her gözde test istatistiği ile kritik değerler alt alta verilmiştir. Köşeli parantez içindeki değerler, sırasıyla %1 ve %5 düzeyindeki kritik değerleri ifade etmektedir. Tablodan görüldüğü gibi düzey değerleriyle her iki birim kök testine göre de istatistik değerleri kritik değerlerden büyük olduğundan serinin birim köklü olduğunu söyleyen sıfır hipotezi reddedilememektedir. Ancak serinin bir defa farkı alındığında her iki birim kök testine göre de seri durağan hale gelmektedir. Serinin bir defa farkı alındığı için ARIMA (p, d, q) modelinde d değerinin 1 olduğu anlaşılmaktadır. Bundan sonraki aşamada serinin otoregresif ve hareketli ortalamalar derecelerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Tablo 14. Logyüklü serinin birim kök testi sonuçları

Test	Düzye		Birinci Fark	
	Sabitli Model	Sabit ve Trendli Model	Sabitli Model	Sabit ve Trendli Model
ADF	-1.435859 [-3.610453] [-2.938987] -1.853438	-2.207059 [-4.211868] [-3.529758] -2.139960	-7.312087(*) [-3.615588] [-2.941145]	-7.394288(*) [-4.219126] [-3.533083] -7.655155(*)
PP	[-3.610453] [-2.938987]	[-4.211868] [-3.529758]	[-3.615588] [-2.941145]	[-4.219126] [-3.533083]

*Serinin %1 anlamlılık düzeyinde durağan olduğunu göstermektedir.

Bir defa farkı alınmış olan seri için Box-Jenkins yöntemi çerçevesinde yolcu taşımacılığında olduğu gibi aday ARIMA modelleri denenmiş ve uygun modelin ARIMA (1, 1, 2) olduğu belirlenmiştir. Tablo 15, ARIMA (1, 1, 2) modeline ait bilgileri özetlemektedir.

Tablo 15. Birinci farkı alınmış logyüklü serisi ARMA (1, 2) modeli

Değişken	Katsayı	Standart Hata	t İstatistiği	Olasılık
C	0.043197	0.005343	8.084214	0.0000

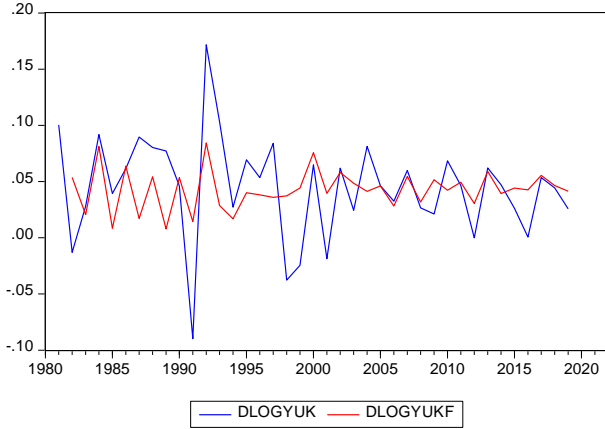
AR (1)	-0.815509	0.100675	-8.100437	0.0000
MA (1)	0.667024	0.175119	3.808968	0.0006
MA (2)	-0.309232	0.172550	-1.792126	0.0820

Tablo 15’ten tüm katsayıların 0.1 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Tahmin modeli ARIMA (1, 1, 2) olarak belirlendikten sonra modelin tanımlayıcı testlerden de geçmesi gerekmektedir. Kalıntılarda otokorelasyon probleminin araştırılması gerekmektedir. Modele ait Durbin-Watson istatistiği 1.772951 olarak bulunmuştur. İstatistik değerinin 2’ye yakın olması otokorelasyon problemi olmadığına dair bir kanıt oluşturmaktadır. Ancak modelin kalıntılarının temiz diziyeye sahip olması modelin doğrulanması açısından önem arz etmektedir. Bu nedenle modele ait korelogram incelenmiş, korelasyon ve otokorelasyon değerleri Tablo 16’da verilmiştir.

Tablo 16. Modele ait kalıntıların otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon değerleri

	Otokorelasyon	Kısmi Otokorelasyon	Q İstatistiği	Olasılık
1	0.077	0.077	0.2448	0.621
2	-0.061	-0.067	0.4011	0.818
3	0.080	0.091	0.6772	0.879
4	0.025	0.006	0.7046	0.951
5	-0.047	-0.039	0.8045	0.977
6	-0.293	-0.296	4.8701	0.561
7	0.030	0.078	4.9153	0.670
8	0.177	0.153	4.4996	0.591
9	0.042	0.088	6.5939	0.679
10	0.010	0.007	6.5995	0.763
11	-0.151	-0.238	7.8885	0.723
12	-0.096	-0.207	8.4295	0.751
13	-0.090	-0.061	8.9256	0.779
14	-0.103	0.075	9.6035	0.791
15	-0.037	0.065	9.6939	0.839
16	0.002	-0.014	9.6940	0.882

Tablo 16 incelendiğinde tüm olasılık değerlerinin 0.01’den büyük olduğu görülmektedir. Bir başka ifadeyle modele ait kalıntıların temiz dizi özelliğine sahip olduğu anlaşılmaktadır. Tanımlayıcı testler sonrasında öngörü aşamasına geçilmiş, öncelikle statik öngörü yapılmıştır. Böylece tahmin modelinin gerçekleşmiş değerlerle uyumu gözlemlenmiştir. Şekil 2’de gerçekleşmiş değerler ile statik öngörüye ait değerlerin grafiği bir arada verilmiştir.



Şekil 2. Serie ait geçmiş değerler ve statik öngörü değerleri

Şekil 2’de mavi grafik gerçekleşmiş değerleri, kırmızı grafik ise statik öngörü değerlerini göstermektedir. Grafiklerin yapısı incelendiğinde tahmin modelinin gerçekleşmiş değerlerle uyumlu olduğu görülmektedir. Bu aşamadan sonra dinamik öngörüye geçilerek 2020, 2021 ve 2022 yük taşımacılığı verileri tahmin edilmiş ve tahmin değerleri Tablo 17’de verilmiştir.

Tablo 17. Yük taşımacılığı verilerinin ARIMA (1, 1, 2) tahminleri (ton)

Yıl	Tahmin
2020	4.564.171
2021	5.056.173
2022	5.501.703

Tablo 17’deki veriler Covid-19 salgınının yaşanmadığı varsayılarak yapılan tahminleri göstermektedir. DHMİ (2020) verilerine göre 2020 yılındaki toplam havayolu yük taşımacılığı hacmi 2.490.521 ton olarak gerçekleşmiştir. Dinamik ARIMA (1, 1, 2) modelinin 2020 yılı tahmininin 4.564.171 ton olduğu görülmektedir. Bu çerçevede salgının havayolu yük taşımacılığına olan olumsuz etkisi nicel olarak ortaya konmuştur. 2021 yılının da kriz yılı olmaya devam edeceği öngörülebilmektedir. Nitekim 2021 yılı haziran sonu itibariyle 1.355.252 tonluk bir taşımacılık gerçekleşmiştir.

7. Sonuç

Bu çalışmada havayolu taşımacılığı sektörü iki bileşene ayrılarak yolcu taşımacılığı ve yük taşımacılığı şeklinde ayrı ayrı ele alınmıştır. Böylece Covid-19 salgınının sektöre olan olumsuz etkilerinin ayrıştırılması sağlanmıştır. Literatürde genellikle mevcut göstergelerin ışığında karşılaştırmalar yapılmış ve genel olarak salgına karşı havayolu işletmelerinin aldığı tedbirler analiz edilmiştir. Bu çalışma ile Covid-19 salgınının havacılık sektörüne olan etkilerinin net ve nicel bir model olarak ortaya konmasıyla literatüre katkı sağlanması hedeflenmiştir. Ayrıca yolcu ve yük taşımacılığının ayrıştırılması da literatüre sağlanacak diğer bir katkıyı oluşturmaktadır. Salgının en fazla etkilediği sektörlerden biri olduğu düşünülen sivil havacılık sektöründe bu etkilerin nicel boyutlarını ortaya çıkarmak bu çalışmanın çıktısını oluşturmaktadır. Bu amaçla 2020 yılı hiç yaşanmamış varsayılarak 2019 yılı sonuna kadar olan taşımacılık verilerinden hareketle ARIMA modeli ile 2020, 2021 ve 2022 yılına ait tahminler yapılmıştır. Yolcu taşımacılığı için 2020 yılında gerçekleşen taşıma hacmi, model tahmininin %39’unu oluşturmaktadır. Bir başka ifadeyle beklenen yolcu sayısı, Covid-19 nedeniyle %61 oranında

düşmüştür. 2021 Haziran sonu itibariyle gerçekleşen hacim ise 2021 toplam ARIMA tahmininin sadece %17’si düzeyindedir. Yük taşımacılığı için de 2020 yılı kriz yılı olmakla birlikte sorunun yolcu taşımacılığı kadar olmadığı saptanmıştır. Yük taşımacılığı için 2020 yılında gerçekleşen taşıma hacmi, ARIMA model tahmininin %55’ini oluşturmuştur. 2021 Haziran sonu itibariyle gerçekleşen yük taşımacılığı miktarı ise, dinamik model öngörüsünün %27’si seviyesindedir. Ayrıca yük taşımacılığı veri setindeki değerlerin içinde yolcu bagajlarının da olduğu dikkate alırsa salgının yük taşımacılığına etkisinin bu değerlerden biraz daha düşük olduğu söylenebilir. Sonuç olarak, havacılık sektörü krizden bütün olarak etkilenmiştir, ancak salgının yolcu taşımacılığına etkisi çok daha yüksektir.

Türkiye’de günümüzde kademeli olarak normalleşme adımları atılmaktadır. Normalleşme politikalarının havacılık sektörü için krizden çıkış mekanizmalarının dinamiğini sağlayıp sağlamayacağı da önem arz etmektedir. Bu bağlamda çalışmada 2021 ve 2022 tahminleri de yapılarak kriz koşullarından ne ölçüde uzaklaşıldığının göstergeleri de ortaya konmaya çalışılmıştır. Bu açıdan bakıldığında 2021 Haziran sonu verilerine göre yük taşımacılığının krizden çıkış hızının da yolcu taşımacılığına göre daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır.

Günümüzün küreselleşen dünyasında havacılık sektörü, içinde barındırdığı hız faktörü nedeniyle bütün taşımacılık sektörü içinde en fazla öne çıkan sektör olarak bilinmektedir. İktisadi faktörlerin yanı sıra sosyal ve kültürel gelişmeler de turizmi etkileyerek uluslararası hareketliliği arttırmaktadır. Ancak sosyal ve kültürel faktörlere bağlı havayolu taşımacılığı talebi, iktisadi kaynaklı talebe göre daha esnek olduğu için sektörün yolcu taşımacılığı tarafındaki kriz çok daha derin yaşanmaktadır. Bu bağlamda krizden çıkış sürecinde havayolu işletmelerinin çabalarının yanında uygulanacak iktisadi politikalar da önem arz etmektedir. Sadece yolcu taşımacılığı yapan firmalara direkt olarak destek verilmeli ve yaşanabilecek iflasların önüne geçilmelidir. Vergi muafiyetleri, düşük faizli ve uzun vadeli kredi destekleri, pandemi sonrası turizm sektörünü canlandırmaya yönelik politikalar, istihdamın azalmasını önleyecek destek ve teşvikler, özellikle yolcu taşımacılığı sektörü için uygulanması gereken başlıca politikalarlardır. Havayolu yük taşımacılığının salgından daha az etkilenmesi ve krizden çıkış sürecinin daha hızlı seyretmesinden hareketle yük taşımacılığı tarafına dolaylı olarak destek verilebilir. Özellikle ihracatı artırma politikaları, ekonomik yapı içinde sanayinin payını arttırmaya yönelik iktisat politikaları, havayolu yük taşımacılığı hacmini arttırmaya yönelik dolaylı destekler olarak öne çıkmaktadır.

Yazar Katkı Oranı Beyanı

Tüm süreç sorumlu yazar Atilla Aydın tarafından yürütülmüştür.

Çatışma Beyanı

Çalışmada yazarlar arasında çıkar çatışması yoktur.

Destek Beyanı

Bu çalışma için herhangi bir kurumdan destek alınmamıştır.

Kaynaklar

- Akaike, H. (1973), *Information theory and an extension of the minimum likelihood principle*, in Petrow, B.N. and Csaki, B.F., Second International Symposium on Information Theory, Academiai Kiado, Budapest, 267-281
- Akca, M. (2020). Covid19’un havacılık sektörüne etkisi. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 7(4), 45-64. Retrieved from: <https://dergipark.org.tr/en/pub/asead/issue/54055/723434>

- Aratani, L. (2020). *American Airlines says as many as 25,000 employees could be furloughed*, Washingtonpost, Retrieved from (02.08.2021): https://www.washingtonpost.com/local/trafficandcommuting/americanairlines-says-as-many-as-25000-employees-could-be-furloughed/2020/07/15/3cc8c7e2-c6e8-11ea-b037-9711f89ee46_story.html
- Bezirci, M. ve Dündar, A. O. (2011). Lojistik köylerin işletmelere sağladığı maliyet avantajları, *Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 13(1), 292-307.
- Canlı, S.N.U ve Özdemir, M. (2021). Covid-19 pandemisinin finansal etkilerinin belirlenmesi: Türkiye havayolu sektörü üzerine bir uygulama, *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi*, 56, (2), 657-681.
- CBC, (2020, Mart 30). *Air Canada to lay off 16,500 employees amid pandemic-related flight cancellations*, Retrieved from (30.03.2021): <https://www.cbc.ca/news/business/air-canada-layoffs-1.5515197>
- Craig, A. T., Heywood, A. E., & Hall, J. (2020). Risk of COVID-19 importation to the pacific islands through global air travel, *Epidemiology & Infection*, 1-16.
- Çil, N. (2018). *Finansal Ekonometri*, Der Yayınları, İstanbul
- DHMİ (2021). *İstatistikler*. Retrieved from (03.06.2021): <https://www.dhmi.gov.tr/Sayfalar/Istatistikler.aspx>
- Emirates, (2020). *The Emirates Group's business response to Covid-19*. Retrieved from (05.09.2021): <https://www.emirates.com/media-centre/the-emirates-groups-business-response-to-covid19-updated/>
- Enders, W. (2010). *Applied econometric time series*, Third Edition, New York, Wiley
- EUROCONTROL (2020). *Five-year forecast 2020-2024. European flight movements and service units three scenarios for recovery from Covid-19* (Report). Retrieved from (09.08.2021): <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2020-11/eurocontrol-five-year-forecast-europe-2020-2024.pdf>
- Hamilton, J.D. (1994). *time series analysis*, Princeton University Press, Princeton, New Jersey
- Hannan, E.J. ve Quinn, B.G. (1979), The Determination of the Order of an Autoregression, *Journal of the Royal Statistical Society*, 41, (2) 190-195
- IATA (2021). *Deep losses continue into 2021*. Retrieved from (20.08.2021): <https://www.iata.org/en/pressroom/pr/2020-11-24-01/>
- IATA (2020). *COVID-19 updated impact assessment*, Retrieved from (20.11.2020): <https://www.iata.org/en/iataarepository/publications/economic-reports/covid-fourth-impact-assessment/>
- Karakavuz, H. (2020). Covid19'un Türk havayolu işletmeleri üzerindeki etkilerine ilişkin bir SWOT analizi, *Turkish Studies*, 3573-3591
- Macit, A & Macit, D. (2020). Türk sivil havacılık sektöründe Covid-19 pandemisinin yönetimi. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 7 (4), 100-116. Retrieved from: <https://dergipark.org.tr/en/pub/asead/issue/54055/717678>
- Nolte, I., Pohlmeier, W. & Voev, V. (2007). *Financial Econometrics*, WS
- Pearce, B. (2020). *Air travel slows in September, but cargo speeding up*, IATA.
- Pindyck, R.S. & Rubinfeld, D.L. (1991), *Econometric models and economic forecast*, Third Edition, McGraw-Hill International Edit
- Rachev, S.T., Mittnik, S., Fabozzi, F.J., Focardi, S.M. & Jasic, T. (2007), *Financial Econometrics from basics to advanced modelling techniques*, John Wiley & Sons
- Saban, M. & Trabzon, O. (2021). Covid-19 salgınının havacılık sektöründeki şirket performansları üzerindeki etkileri: Türk Hava Yolları örneği. *International Review of Economics and Management*, 9 (1), 64-79 . DOI: 10.18825/iremjournal.928303
- Schwarz, G. (1978), Estimating the dimension of a model, *Annals of Statistics* 6 (2), 461-464
- Sevütekin, M. ve Çınar, M. (2017), *Ekonometrik zaman serileri analizi*, Dora Yayıncılık, Bursa
- Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM), (2020). *Notam for Turkish Aerodromes*, 27 Mart, Erişim adresi (30.03.2020): <http://web.shgm.gov.tr/documents/sivilhavacilik/files/Covid-19/27-03-2020-NOTAM-COVID-19.pdf>
- Şen, G., Bütün, E. (2021). Covid-19'un pandemi salgınının havacılık sektörüne etkisi: Gig ekonomisi alternatifi. *Journal of Aviation Research*, 3 (1), 106-127. doi: 10.51785/jar.857243
- Tsay, R.S. (2010), *Analysis of financial time series*, Third Edition, John Wiley & Sons
- TÜİK (2020), Havalanlarında toplam yolcu ve yük trafiği, Erişim adresi (29.09.2020): <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=ulastirma-ve-haberlesme-112&dil=1>
- Türk Hava Yolları (THY), (2020). *Yeni koronavirüs (COVID-19) için alınan önlemler*. Erişim adresi (01.04.2020): <https://www.turkishairlines.com/tr-int/duyurular/coronavirus-salgini/hijyentedbirleri/>
- UTİKAD (2021). *Lojistik Sektörü Raporu (2020)*. Erişim adresi (29.09.2020): <https://www.utikad.org.tr/images/HizmetRapor/utikadlojistiksektoruraporu-2020-53923.pdf>
- Wilson, M. E., & Chen, L. H. (2020). Travellers give wings to novel coronavirus (2019- nCoV). *Journal of Travel Medicine*, 27 (2),
- Yule, G. (1927), On a method of investigating periodicities in disturbed series with special reference to Wolfer's Sunspot Numbers, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 226, 267-298